UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Engenharia Química

ANDERSON TADEU SILVA RAMOS

PROPOSTA DE NOVAS DISCIPLINAS PARA O CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

PROPOSAL OF NEW SUBJECTS FOR THE CHEMICAL ENGINEERING COURSE

CAMPINAS - SP

2022

ANDERSON TADEU SILVA RAMOS

PROPOSTA DE NOVAS DISCIPLINAS PARA O CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Orientador: PROF. DR. ANTONIO CARLOS LUZ LISBÔA

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO ANDERSON TADEU SILVA RAMOS, E ORIENTADA PELO PROF. DR. ANTONIO CARLOS LUZ LISBÔA.

CAMPINAS - SP

2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Rose Meire da Silva - CRB 8/5974

Ramos, Anderson Tadeu Silva, 1987-
R147p Proposta de novas disciplinas para o curso de engenharia química / Anderson Tadeu Silva Ramos. – Campinas, SP : [s.n.], 2022.

Orientador: Antonio Carlos Luz Lisbôa.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química.

1. Fluxogramas. 2. Engenharia química - Ensino. I. Lisbôa, Antonio Carlos Luz, 1954-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Proposal of new subjects for the chemical engineering course
Palavras-chave em inglês:
Flowsheets
Chemical engineering - Education
Área de concentração: Engenharia Química
Titulação: Mestre em Engenharia Química
Banca examinadora:
Antonio Carlos Luz Lisbôa [Orientador]
Roger Josef Zemp
Marcello Nitz da Costa
Data de defesa: 31-03-2022
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Química

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)
- ORCID do autor: https://orcid.org/0000-0002-7551-5864
- Currículo Lattes do autor: http://lattes.cnpq.br/0641911646568049

Folha de Aprovação da Defesa de Dissertação de Mestrado defendida por **ANDERSON TADEU SILVA RAMOS** e aprovada em 31 de março de 2022 pela Comissão Examinadora constituída pelos doutores:

Prof. Dr. Antonio Carlos Luz Lisbôa – Presidente e Orientador
FEQ / UNICAMP
Videoconferência

Prof. Dr. Roger Josef Zemp
FEQ / UNICAMP
Videoconferência

Prof. Dr. Marcello Nitz da Costa
Instituto Mauá de Tecnologia
Videoconferência

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação e na secretaria do programa da Unidade.

À todos os estudantes de escolas públicas que tiveram a oportunidade de ingressar em um curso superior e que, assim como eu, transformaram suas vidas por meio da Educação.

AGRADECIMENTOS

À minha família, por todo apoio e compreensão.

Aos meus amigos que, assim como eu, valorizam Ciência, Educação e Tecnologia. Seguimos na jornada por uma vida com mais propósito e significado.

Ao Professor Antonio Carlos Luz Lisbôa pela orientação e pela amizade que levarei por toda a vida.

À Unicamp e à Faculdade de Engenharia Química por sempre acolher os estudantes de braços abertos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Estamos sendo convidados a perceber que não existe chegada, existe apenas o caminho.”

(Patrick Santos)

RESUMO

O Engenheiro Químico no início de carreira se depara com vários desafios. Após conquistar uma vaga de Trainee ou Engenheiro Júnior em uma empresa, o egresso do curso de engenharia entra em contato com problemas e demandas que exigem conhecimentos não estudados na universidade. Essa experiência foi vivenciada pelo Autor e serviu de motivação para este trabalho, com o propósito de aproximar academia e indústria por meio da educação. O objetivo central foi propor novas disciplinas para o curso de Engenharia Química, com temas relevantes para o engenheiro que inicia sua carreira nas áreas de projetos, processos químicos ou produção para o setor industrial. Por meio de revisão bibliográfica, experiências do Autor, pesquisa de vagas e estudo da legislação do Ministério da Educação foi possível verificar as competências esperadas para o egresso do curso de engenharia e identificar os conteúdos exigidos pelo mercado de trabalho. Duas relações foram geradas para mostrar a importância dos temas propostos neste estudo. Na sequência foram elaborados quatro planos de ensino e seus respectivos planejamentos de aulas para as disciplinas de desenvolvimento de fluxogramas, utilidades industriais, normas técnicas para Engenharia Química e engenharia de produto. Essas disciplinas foram classificadas como obrigatórias e poderiam ser oferecidas no final do curso de graduação. As análises e conclusões finais mostraram que é possível implementar as quatro disciplinas em um curso de Engenharia Química por meio da atuação do Núcleo Docente Estruturante.

Palavras-chave: plano de ensino, fluxogramas, utilidades, normas técnicas, engenharia de produto.

ABSTRACT

The Chemical Engineer at the beginning of his career is faced with several challenges. After conquering a position as a Trainee or Junior Engineer in a company, the engineering graduate comes into contact with problems and demands that require knowledge not studied at university. This experience was lived by the author and served as a motivation for this work, with the purpose of bringing school and industry together through education. The main objective was to propose new disciplines for the Chemical Engineering course, with relevant themes for the engineer who starts his career in the areas like design, chemical processing or production for the industrial sector. By means of a literature review, the Author's experiences, an available position survey and a study of the legislation of the Brazil Education Ministry, it was possible to verify the competencies expected for the graduate of the engineering course and to identify the contents demanded by the job market. Two relations were generated to show the importance of the themes proposed in this study. Next, subjects and their syllabus were drawn up for four disciplines: flowchart development, industrial utilities, technical norms for Chemical Engineering and product engineering. These subjects were classified as required and could be offered at the end of the undergraduate course. The analyses and final conclusions showed that it is possible to implement the four disciplines in a Chemical Engineering course through the actions of the structuring teaching nucleus.

Keywords: educational plan, flowsheets, utilities, technical standards, product engineering.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo de transformação....20
Figura 2 - Organograma do curso de Engenharia Química....23
Figura 3 - Salário de um profissional graduado em Engenharia Química de acordo com a experiência....29
Figura 4 - Caminhos do ensino e pesquisa....32
Figura 5 - Diagrama de blocos do processo de hidrodealquilação do Tolueno (HDA)....48
Figura 6 - Diagrama de blocos da produção de 1,2 Dicloroetano (EDC)....49
Figura 7 - Fluxograma do processo de produção de Ácido Nítrico....50
Figura 8 - Interfaces do fluxograma de engenharia com outros documentos de projeto....51
Figura 9 - Fluxograma de Engenharia....52
Figura 10 - Fluxograma em Autocad 2D....53
Figura 11 - Interface de um fluxograma com maquete eletrônica....54
Figura 12 - Fluxograma em Microsoft Visio....55
Figura 13 - Fluxo de dados de um objeto durante todo o seu ciclo de vida e integração com as áreas....56
Figura 14 - Fluxograma em COMOS....57
Figura 15 - Fluxograma em COMOS....57
Figura 16 - Rede de distribuição elaborada no software FNESS....60
Figura 17 - Rede de distribuição elaborada no software FluidFlow....60
Figura 18 - Relatório gerado a partir de uma simulação elaborada no software Pipe Flow....61
Figura 19 - Curvas de performance de uma bomba geradas no software FluidFlow....62

Quadro 1 - Conteúdos referentes à Engenharia Química....21
Quadro 2 - Atividades sob a responsabilidade do Engenheiro Químico de acordo com a área....24
Quadro 3 - Competências do egresso do curso de Engenharia....34
Quadro 4 - Relação entre disciplina proposta e competências do egresso de Engenharia Química....36
Quadro 5 - Relação entre disciplina proposta e conteúdo exigido em vagas para Engenharia Química....44
Quadro 6 – Hierarquia de decisões para o desenvolvimento de processos....47
Quadro 7 - Sistemas de utilidades de uma instalação industrial....58

Quadro 8 – Principais códigos e normas utilizados por Engenheiros Químicos.....63
Quadro 9 - Exemplos de produtos químicos 65

Quadro A. 1 - Planejamento de aulas para a disciplina de Desenvolvimento de Fluxogramas90
Quadro A. 2 - Planejamento de aulas para a disciplina de Utilidades Industriais.....92
Quadro A. 3 - Planejamento de aulas para a disciplina de Normas Técnicas para Engenharia Química 94
Quadro A. 4 - Planejamento de aulas para a disciplina de Engenharia de Produto.....96

NOMENCLATURA

Siglas

ABEQ – Associação Brasileira de Engenharia Química
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIChE - American Institute of Chemical Engineers
API - American Petroleum Institute
APR – Análise Preliminar de Risco
ASME - American Society of Mechanical Engineers
CAD - Computer Aided Design
CAPEX - Capital Expenditure
CES – Câmara de Educação Superior
CLT - Consolidação das Leis do Trabalho
CNE – Conselho Nacional de Educação
CONAES – Comissão Nacional de Avaliação da Educação Superior
CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CRQ – Conselho Regional de Química
EPA - Environmental Protection Agency
EQ – Engenharia Química
FEI – Centro Universitário FEI
HAZOP – Hazard and operability study
IES – Instituição de Ensino Superior
INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
ISA - International Society of Automation
ISO - International Organization for Standardization
LOPA - Layers of Protection Analysis
MEC – Ministério da Educação
NDE – Núcleo Docente Estruturante
NFPA - National Fire Protection Association
NR - Normas Regulamentadoras
OPEX - Operational Expenditure
PCP – Planejamento e Controle da Produção

P&ID – Piping and Instrumentation Diagram

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PFD – Process Flow Diagram

PJ - Pessoa Jurídica

PPC – Projeto Pedagógico de Curso

PSV – Pressure Safety Valve

QSSMA – Qualidade, Saúde, Segurança e Meio Ambiente

RCA – Análise de Causa Raiz

SEPRO – Segurança de Processos

SSMA – Saúde, Segurança e Meio Ambiente

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UFF – Universidade Federal Fluminense

UFG – Universidade Federal de Goiás

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFTM – Universidade Federal do Triângulo Mineiro

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS 18
1.1 Objetivo geral 19
1.2 Objetivos específicos 19
2 CONTEXTO 20
2.1 Legislação e conteúdo de curso 21
2.2 Atividades do Engenheiro Químico 24
2.3 Mercado de trabalho para o Engenheiro Químico 27
2.4 Experiências do Autor 29
2.4.1 Experiência 1 30
2.4.2 Experiência 2 30
2.4.3 Experiência 3 30
2.5 Cenário atual 31
3 COMPETÊNCIAS E MERCADO 34
3.1 Competências esperadas do egresso de Engenharia Química 34
3.2 Pesquisa de mercado 37
3.2.1 Exemplo de vaga 1 37
3.2.2 Exemplo de vaga 2 37
3.2.3 Exemplo de vaga 3 38
3.2.4 Exemplo de vaga 4 39
3.2.5 Exemplo de vaga 5 40
3.2.6 Exemplo de vaga 6 41
3.2.7 Exemplo de vaga 7 42
3.2.8 Exemplo de vaga 8 43
4 RELEVÂNCIA DAS DISCIPLINAS PROPOSTAS 47
4.1 Desenvolvimento de fluxogramas 47
4.1.1 Diagrama de Blocos 47

4.1.2 Fluxogramas de Processo 49
4.1.3 Fluxogramas de Engenharia 50
4.1.4 Softwares para elaboração de fluxogramas 52
4.1.4.1 Autocad 2D 52
4.1.4.2 Microsoft Visio 54
4.1.4.3 Fluxogramas de engenharia inteligentes 55
4.2 Utilidades industriais 57
4.2.1 Simulação de processos para escoamento de fluidos 58
4.3 Normas técnicas para Engenharia Química 62
4.4 Engenharia de produto 64
5 DETALHAMENTO DAS DISCIPLINAS PROPOSTAS 66
5.1 Plano de ensino – Desenvolvimento de fluxogramas 66
5.1.1 Identificação 66
5.1.2 Ementa 66
5.1.3 Objetivos 67
5.1.4 Programa 67
5.1.5 Metodologia 68
4.1.6 Recursos 68
4.1.7 Avaliação 68
4.1.8 Bibliografia 69
5.2 Plano de ensino – Utilidades industriais 69
5.2.1 Identificação 69
5.2.2 Ementa 70
5.2.3 Objetivos 70
5.2.4 Programa 70
5.2.5 Metodologia 71
5.2.6 Recursos 71

5.2.7 Avaliação 71
5.2.8 Bibliografia 72
5.3 Plano de ensino – Normas técnicas para Engenharia Química 72
5.3.1 Identificação 73
5.3.2 Ementa 73
5.3.3 Objetivos 73
5.3.4 Programa 73
5.3.5 Metodologia 74
5.3.6 Recursos 75
5.3.7 Avaliação 75
5.3.8 Bibliografia 75
5.4 Plano de ensino – Engenharia de produto 75
5.4.1 Identificação 76
5.4.2 Ementa 76
5.4.3 Objetivos 76
5.4.4 Programa 76
5.4.5 Metodologia 78
5.4.6 Recursos 78
5.4.7 Avaliação 78
5.4.8 Bibliografia 78
6 CONCLUSÃO 79
7 PERSPECTIVAS FUTURAS 80
REFERÊNCIAS 81
APÊNDICE A – PLANEJAMENTO DE AULAS PARA A DISCIPLINA DE DESENVOLVIMENTO DE FLUXOGRAMAS 90
APÊNDICE B – PLANEJAMENTO DE AULAS PARA A DISCIPLINA DE UTILIDADES INDUSTRIAIS 92
APÊNDICE C – PLANEJAMENTO DE AULAS PARA A DISCIPLINA DE NORMAS TÉCNICAS PARA ENGENHARIA QUÍMICA 94

APÊNDICE D – PLANEJAMENTO DE AULAS PARA A DISCIPLINA DE ENGENHARIA DE PRODUTO 96
APÊNDICE E – ARTIGO “ENGENHARIA QUÍMICA: REFLEXÕES” 98
ANEXO A – DISCIPLINAS QUE COMPÕEM A ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA FEI 102
ANEXO B – DISCIPLINAS QUE COMPÕEM A ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNICAMP 107
ANEXO C – DISCIPLINAS QUE COMPÕEM A ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UFRJ 111
ANEXO D – CARGA HORÁRIA MÍNIMA E PROCEDIMENTOS RELATIVOS À INTEGRALIZAÇÃO E DURAÇÃO DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO, BACHARELADOS, NA MODALIDADE PRESENCIAL 118
ANEXO E – DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA 121
ANEXO F – REFERENCIAL DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DE ACORDO COM O MEC 130

1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Este trabalho foi elaborado a partir da necessidade de fortalecer a ligação entre a academia e a indústria através da Educação. Embora o curso de Engenharia Química também prepare profissionais para docência e pesquisa, grande parte das disciplinas presentes no currículo pleno do curso são voltadas para o exercício profissional do Engenheiro Químico nas empresas.

Com a constante evolução das ferramentas e métodos de trabalho na área de Engenharia, surge a necessidade de incluir novos conceitos nos cursos de graduação para que os estudantes estejam preparados para uma posição profissional logo no início de carreira. Este cenário foi vivenciado pelo Autor do trabalho, que se deparou com temas não estudados na universidade em seu primeiro emprego como Engenheiro.

Diante desta realidade enfrentada por muitos egressos de cursos de graduação, o próximo passo foi determinar quais temas deveriam ser abordados durante a graduação, tendo como base a própria experiência profissional do Autor. Nesta etapa foram analisados os currículos dos cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia Química de universidades brasileiras públicas e privadas, além de universidades estrangeiras. Essas informações foram confrontadas com o conhecimento exigido nas posições de Engenheiros Químicos em início de carreira.

Foi identificada a carência de quatro temas relevantes para o exercício profissional dos Engenheiros Químicos, que são ministrados apenas em poucos cursos após a graduação. A proposta deste estudo é abordar essas disciplinas no final do curso de graduação em Engenharia Química para que o aluno possua o conhecimento prévio para aplicar em seu futuro trabalho.

Este estudo foi guiado pelas reflexões do Autor ao longo de 10 anos de experiência, além dos questionamentos abaixo:

- Como desenhar um fluxograma de um novo processo na empresa em que trabalho? Qual software posso utilizar para fazer esse documento?
- Como aquecer ou resfriar produtos na indústria? Como fazer para projetar uma rede de distribuição de produtos?
- Quais referências devo utilizar para dimensionar um equipamento, dispositivo de segurança ou sistema?
- Como desenvolver novos produtos que atendam às necessidades da sociedade?

- O Engenheiro Químico, possuidor dos registros que regulamentam a profissão, pode trabalhar de maneira autônoma?
- Qual o futuro da Engenharia Química? Quais as tendências para o curso e a profissão?

Diante desses questionamentos e pesquisas, foi observado que o mercado de trabalho continua exigindo habilidades práticas em vagas para jovens engenheiros e que poucas universidades abordam esses temas em suas estruturas curriculares durante o curso de Engenharia Química. Com isso, surgiu a motivação para desenvolver este trabalho e explorar assuntos relevantes que ajudarão os profissionais em seu início de carreira em um mundo cada vez mais veloz e que busca cada vez mais produtividade.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é propor novas disciplinas com temas relevantes para o Engenheiro Químico em seu início de carreira, em posições como Trainee ou Engenheiro Júnior nas áreas de projetos, processos ou produção para o segmento químico.

1.2 Objetivos específicos

Elaborar os planos de ensino de quatro novas disciplinas obrigatórias para o curso de Engenharia Química, conforme indicados abaixo:

- Desenvolvimento de Fluxogramas;
- Utilidades Industriais;
- Normas Técnicas para Engenharia Química;
- Engenharia de Produto.

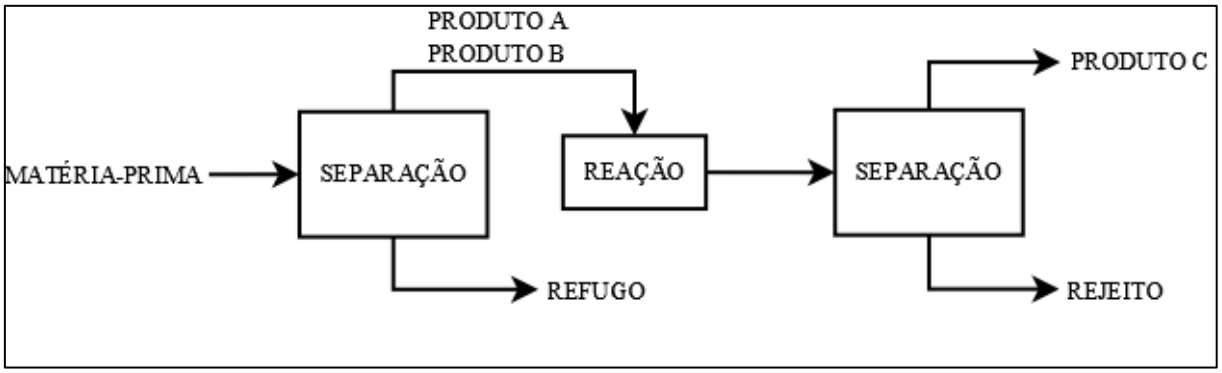
2 CONTEXTO

A engenharia, de um modo geral, busca aplicar conhecimentos empíricos, técnicos e científicos para a criação ou modificação de produtos e processos para a sociedade, a partir de recursos naturais e não-naturais. O engenheiro deve ser capaz de captar e desenvolver novas tecnologias, considerando aspectos sociais, políticos, ambientais, culturais e econômicos para atender às demandas do mercado. Essas definições se aplicam para qualquer ramo da engenharia, uma vez que a resolução de problemas diversificados exige um grau de especialização em determinado assunto. Por exemplo, o engenheiro que constrói uma ponte estuda temas diferentes de um engenheiro que lidera a produção de gasolina (CREMASCO, 2005).

A Engenharia Química é um ramo da engenharia que trabalha com processos industriais, em que matérias-primas sofrem modificações para que o produto resultante atenda a um determinado objetivo ou necessidade. As matérias-primas sofrem modificações em sua composição, conteúdo energético ou estado físico e para isso o engenheiro químico emprega seus conhecimentos em ciências e operações físico-químicas. Essas etapas de produção também são chamadas de processamento. A Engenharia Química também está ligada à inovação e ao desenvolvimento de produtos com características específicas. Isso faz com que o engenheiro químico esteja sempre envolvido com projetos de produtos e projetos de processos (CREMASCO, 2005).

A Figura 1 mostra um exemplo de processo básico de transformação de matéria-prima em produtos. Neste caso a matéria-prima passa por um processo de separação física para gerar os produtos A e B. Em seguida esses produtos reagem quimicamente para formar o produto C. Por fim, a última etapa separa o produto de interesse C dos demais produtos que não reagiram.

Figura 1 - Processo de transformação



2.1 Legislação e conteúdo de curso

O Conselho Nacional de Educação, representado pela Câmara de Educação Superior, dispõe sobre a carga horária mínima e procedimentos relativos à integralização e duração dos cursos de graduação (bacharelados) na modalidade presencial no Brasil. A Resolução N° 2 de 18 de junho de 2007 determina que os cursos de Engenharia possuam carga horária mínima entre 3.600 e 4.000 horas distribuídas em um período de integralização mínimo de 5 anos. Para o detalhamento de cada modalidade de Engenharia o MEC criou os Referenciais Nacionais dos Cursos de Engenharia que trazem também o curso de Engenharia Química. Esses documentos podem ser consultados nos Anexos D e F (BRASIL; MEC, 2007).

O mesmo Conselho Nacional de Educação, representado pela Câmara de Educação Superior, também institui as Diretrizes Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Por meio da Resolução N° 2 de 24 de abril de 2019, o Ministério da Educação oferece diretrizes para os cursos de graduação em Engenharia de qualquer modalidade nas instituições de ensino brasileiras. Essa Resolução define o perfil e competências esperadas para o egresso do curso de Engenharia, além de informar como deve ser estruturado o curso de graduação. O Art. 9° informa que os cursos de Engenharia devem indicar em seu projeto pedagógico os conteúdos básicos, profissionais e específicos que estejam relacionados com as competências que se pretendem desenvolver (BRASIL; MEC, 2019). O Anexo E mostra essa Resolução. O Quadro 1 relaciona os conteúdos para o curso de Engenharia na modalidade Química.

Quadro 1 - Conteúdos referentes à Engenharia Química

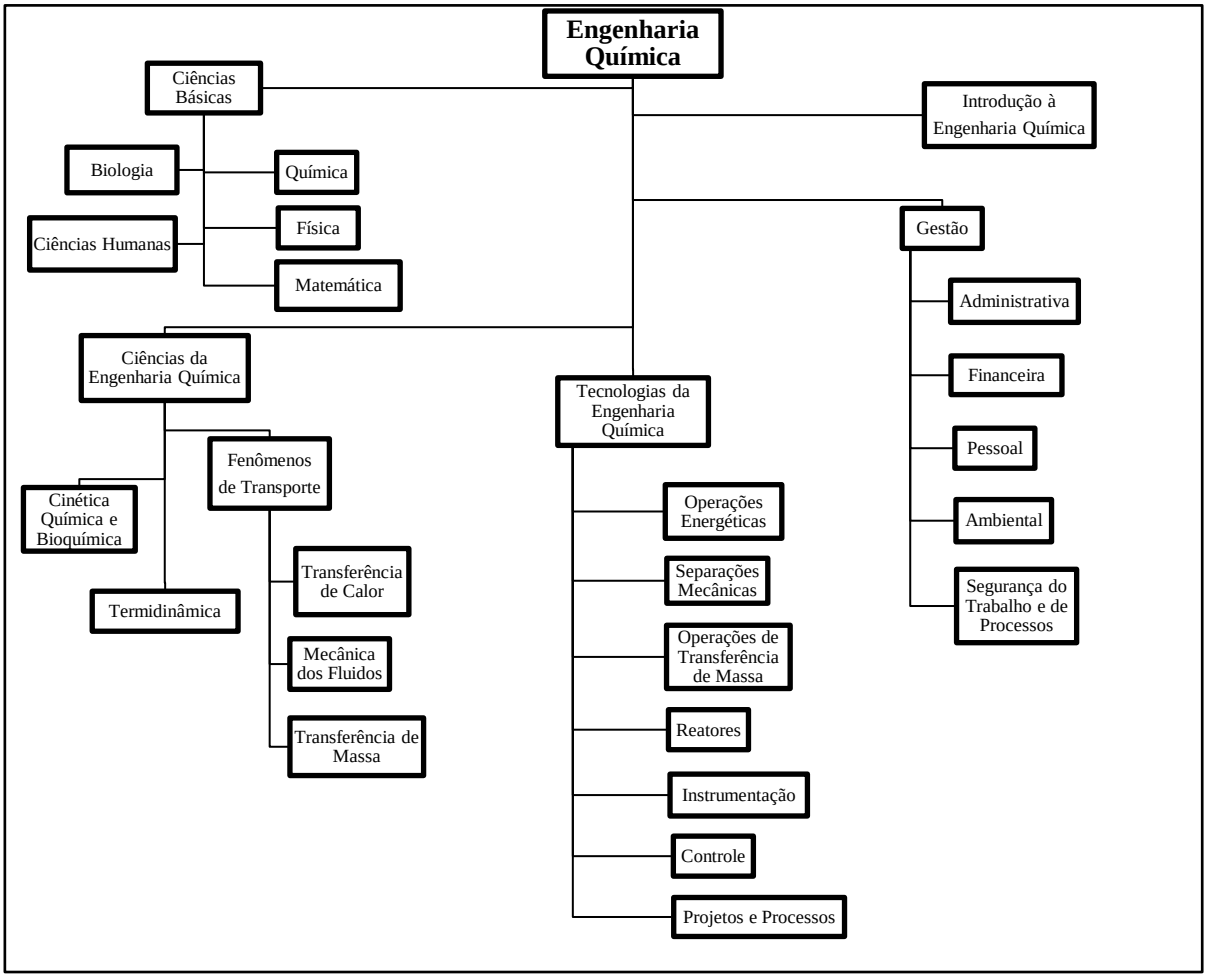
Núcleo de conteúdos básicos	**Núcleo de conteúdos profissionais**	**Núcleo de conteúdos específicos**
Metodologia científica e tecnológica; Comunicação e expressão; Informática; Expressão Gráfica; Matemática; Física; Química; Fenômeno de Transportes; Mecânica dos Sólidos; Eletricidade Aplicada; Ciência e	Bioquímica; Controle de Sistemas Dinâmicos; Engenharia do Produto; Físico-Química; Gestão Ambiental; Instrumentação; Matemática Discreta; Métodos Numéricos; Microbiologia; Modelagem; Análise e Simulação de	Extensões e aprofundamentos dos conteúdos do núcleo profissional, bem como outros conteúdos destinados a caracterizar a modalidade. São conhecimentos científicos, tecnológicos e instrumentais necessários

Tecnologia dos Materiais; Administração; Economia; Ciência do Ambiente; Humanidades; Ciências Sociais e Cidadania.	Sistemas; Operações Unitárias; Processos Químicos e Bioquímicos; Qualidade; Química Analítica; Química Orgânica; Reatores Químicos e Bioquímicos; Termodinâmica Aplicada.	para a definição da modalidade de Engenharia Química.

Fonte: Adaptado de CREMASCO, 2005, p. 27

Os tópicos abordados no curso de Engenharia Química mostrados no Quadro 1 são oferecidos aos estudantes ao longo de todo o curso de graduação e podem ser estruturados em formato de organograma, como mostra a Figura 2. Cada célula do organograma representa exemplos de tópicos ou disciplinas abordados em um curso de Engenharia Química oferecido no Brasil. Cada Instituição de Ensino Superior pode definir as suas disciplinas e ementas de acordo com suas necessidades, levando em consideração a legislação recomendada pelo MEC (CREMASCO, 2005). As estruturas curriculares do curso de Engenharia Química de algumas universidades brasileiras podem ser consultadas nos Anexos A, B e C.

Figura 2 - Organograma do curso de Engenharia Química



Fonte: Adaptado de CREMASCO, 2005, p. 27

Todo o conteúdo, bem como sua atualização e interface com a legislação educacional, deve estar previsto no Projeto Pedagógico de Curso (PPC). Neste documento estão presentes a proposta pedagógica do curso, currículo, integralização, diretrizes curriculares, corpo docente e estratégias de melhoria do curso de graduação (FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNICAMP, 2013).

A gestão do curso de Engenharia é feita basicamente pelo Coordenador do Curso em conjunto com o Núcleo Docente Estruturante (NDE) e alguma Comissão de Graduação. A Comissão Nacional de Avaliação da Educação Superior normatiza o Núcleo Docente Estruturante e dá outras providências. A Resolução N° 01 de 17 de junho de 2010 informa que o NDE é o órgão responsável pela elaboração, implementação e atualização do projeto pedagógico (BRASIL; MEC, 2010). O Núcleo é formado por membros do corpo docente do curso e possui também a função de acompanhamento do curso, incluindo propostas de

melhorias e aderência de práticas acadêmicas e de currículo aos objetivos do curso para o perfil do egresso (CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI, 2020).

2.2 Atividades do Engenheiro Químico

O Engenheiro Químico é um profissional de formação generalista que atua no desenvolvimento de processos para a produção de produtos químicos. Dentro deste escopo de trabalho estão o projeto, elaboração, supervisão e manutenção de processos industriais e sistemas. Desenvolve também novas tecnologias limpas que não prejudiquem o meio ambiente. Coordena equipes de trabalho e elabora estudos de viabilidade técnica e econômica. Também executa e fiscaliza obras e serviços técnicos industriais (SOUZA; MACEDO, 2016).

A atuação do Engenheiro Químico ocorre basicamente nas fábricas em geral, ocupando posições de trabalho em diversos setores produtivos da Economia. Além do setor industrial, o profissional de Engenharia Química também pode trabalhar com docência, pesquisa, perícia, finanças e segurança do trabalho. O Quadro 2 mostra as diversas atividades do Engenheiro Químico em cada área de atuação.

Quadro 2 - Atividades sob a responsabilidade do Engenheiro Químico de acordo com a área

Área	**Atividades do Engenheiro Químico**
Produção	- Responsável por comandar sua equipe na unidade industrial de forma a receber a(s) matéria prima(s) e conduzir os processos químicos dentro das normas de segurança, higiene, meio ambiente e qualidade, transformando-as em produto final. O trabalho é desenvolvido na unidade industrial e requer liderança e capacidade de realizar trabalho em equipe; - Tem grande interação com outras áreas como processos, logística, comercial, projetos, treinamento e com outros profissionais como Eng. Mecânicos e Eletricistas, devido as atividades de manutenção da unidade industrial.
Processos	- Desenvolve suas atividades junto ao Eng. de Produção, contribuindo para a melhoria e otimização dos processos de produção;

	- Faz uso de programas computacionais de simulação e cálculos de equipamentos; - Sugere e acompanha ensaios e testes na área de produção.
Projetos	- Elabora projetos básicos e dimensionamento de equipamentos (de operações unitárias, reatores químicos ou bioquímicos) usados em empreendimentos industriais diversos.
Pesquisa e Desenvolvimento	- Atividades são desenvolvidas em laboratórios ou plantas piloto, realizando experimentos com fins internos da empresa, ou atendendo à solicitação de clientes externos relacionados à aplicação do produto; - A atividade requer habilidade para laboratório, pesquisa bibliográfica, relacionamento com equipes, interação com marketing, projeto e produção.
Operação e Supervisão	- Controle e supervisão de montagens e do funcionamento de instalações e fábricas; - Verifica as diferentes etapas operacionais, inspeciona e coordena atividades dos trabalhadores encarregados dos equipamentos e sistemas químicos.
Higiene Industrial Segurança Meio Ambiente	- Desenvolve normas e políticas de Higiene Industrial da unidade produtora (riscos e limites de exposição a um agente), implementa os programas de segurança dos colaboradores, de acordo com a legislação específica e a política da empresa; - Estabelece procedimentos de modo a evitar a contaminação ambiental por uma unidade ou ações a serem tomadas em caso de contaminação; - Pode atuar junto a atividade de projetos na solução e cálculo de equipamentos de proteção ao meio ambiente.
Comercial	- Pode atuar na área de vendas, como vendedor técnico de produtos ou serviços; - Na área de marketing, com a análise de mercado dos produtos e estratégias de comercialização;

	- Na área de logística está envolvido com a armazenagem, transporte do produto de acordo com as normas de segurança e meio ambiente.
Relações Humanas	- Pode representar a empresa politicamente junto a órgãos governamentais para obter licenças e autorizações para produtos ou instalação de unidades, bem como em relações de exportação e importação; - Recentemente algumas empresas têm se utilizado do Engenheiro Químico para atuar na área de recursos humanos por entender que este profissional estaria melhor capacitado para desenvolver os planos de carreira, treinamento e seleção, tendo em vista o fato deste ter vivenciado a atividade principal da empresa e suas políticas.
Gestão	- Gestão dos empreendimentos industriais; - Assume o papel de gerência/coordenação/liderança; - O perfil do engenheiro que ocupa o campo da gestão inclui uma ampla gama de aptidões sociais, econômicas e profissionais que demonstrem capacidade de empreendedorismo, negociação e trabalho em grupos interdisciplinares.
Docência	- Normalmente este profissional realiza cursos de pós-graduação (mestrado/doutorado) no país ou exterior; - As atividades desenvolvidas estão relacionadas ao ensino de nível superior e pós-graduação, pesquisa e extensão.

Fonte: Adaptado de UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, 2021; SOUZA; MACEDO, 2016

Para exercer a Engenharia Química de maneira legal o profissional egresso de Instituição de Ensino Superior deve cumprir as exigências do sistema educacional e solicitar ao CRQ / CREA o registro formal para o exercício da profissão. Abaixo estão as atividades que competem ao Engenheiro Químico ou ao Engenheiro Industrial Modalidade Química de acordo com as Resoluções do CONFEA (SOUZA; MACEDO, 2016):

- Gestão, supervisão, coordenação, orientação técnica;
- Coleta de dados, estudo, planejamento, anteprojeto, projeto, detalhamento, dimensionamento e especificação;

- Estudo de viabilidade técnico-econômica e ambiental;
- Assistência, assessoria, consultoria;
- Direção de obra ou serviço técnico;
- Vistoria, perícia, inspeção, avaliação, monitoramento, laudo, parecer técnico, auditoria, arbitragem;
- Desempenho de cargo ou função técnica;
- Treinamento, ensino, pesquisa, desenvolvimento, análise, experimentação, ensaio, divulgação técnica, extensão;
- Elaboração de orçamento;
- Padronização, mensuração, controle de qualidade;
- Execução de obra ou serviço técnico;
- Fiscalização de obra ou serviço técnico;
- Produção técnica e especializada;
- Condução de serviço técnico;
- Condução de equipe de produção, fabricação, instalação, montagem, operação, reforma, restauração, reparo ou manutenção;
- Execução de produção, fabricação, instalação, montagem, operação, reforma, restauração, reparo ou manutenção;
- Operação, manutenção de equipamento ou instalação;
- Execução de desenho técnico, nas indústrias químicas e petroquímicas e de alimentos, produtos químicos, tratamento de água e instalações de tratamento de água industrial e de rejeitos industriais, seus serviços afins e correlatos.

2.3 Mercado de trabalho para o Engenheiro Químico

O mercado de trabalho para Engenheiros Químicos possui oportunidades em diversos segmentos da indústria. A sua formação ampla permite atuação em qualquer etapa do processo produtivo. É desejável que o egresso do curso de Engenharia Química adquira experiências em estágios, se especialize em alguma área e aprimore seu inglês. Os campos mais promissores para o Engenheiro Químico estão ligados ao meio ambiente, química verde e tratamento de resíduos, além da área de Gestão para profissionais que possuem mais de 10 anos de experiência em sua área de atuação (GUIA DA CARREIRA, 2021).

Os Engenheiros Químicos podem trabalhar por meio de contrato da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) ou Pessoa Jurídica (PJ). O cargo a ser atribuído dependerá das responsabilidades da posição e do tempo de experiência exigido pelo contratante. Em geral é possível contratar um Engenheiro Químico para os seguintes cargos: Trainee, Analista, Engenheiro, Coordenador, Gerente, Pesquisador, Vendedor, Consultor, Técnico, Especialista. Atualmente as empresas contratam Engenheiros Químicos em início de carreira para os cargos de Trainee ou Engenheiro Júnior. Esses cargos geralmente são definidos para profissionais com até 5 anos de formação.

Abaixo segue um exemplo de vaga para Engenheiro de Processo Júnior com formação em Engenharia Química (ORIGEM ENERGIA, 2021):

Vaga:

- Engenheira (o) de Processo Júnior.

Descrição:

- Realizar tarefas de engenharia de processos em novos projetos e plantas existentes relacionadas as áreas de construção & montagem, operação, manutenção e modificação de acordo com as especificações técnicas, normas e procedimentos da Origem e parceiros;

- Atuar na especificação de sistema de processos em diferentes fases de projeto: conceitual, básico, FEED e detalhamento;

- Elaborar e analisar simulações de processo, balanço de material, fluxograma de processo (PFD), fluxograma de engenharia (P&ID), lista de linhas, matriz de causa e efeito e memoriais descritivos;

- Projetar, dimensionar e analisar memórias de cálculo e folhas de dados de tubulações, equipamentos e instrumentos;

- Analisar e verificar condições existentes no campo, trabalhando em conjunto com projetistas e operadores na execução de projetos;

- Gerenciar projetos junto a empresas de engenharia terceirizadas.

Experiência:

- Plantas de processamento de óleo e gás;

- Plantas de geração de energia.

Requisitos:

- Pacote Office;
- Simulador de processo (Hysys, Pro II, Symmetry ou similares);
- Inglês;
- Residir no Rio de Janeiro;
- Disponibilidade para viagens.

A remuneração de profissionais graduados em Engenharia Química pode variar de acordo com os cargos. A Figura 3 mostra valores médios de referência para um profissional graduado em Engenharia Química de acordo com os níveis de trainee, júnior, pleno e sênior praticados pelo mercado (VAGAS, 2021). Posições de coordenação, gerência ou diretoria podem ter remunerações maiores.

Figura 3 - Salário de um profissional graduado em Engenharia Química de acordo com a experiência

Fonte: VAGAS, 2021

2.4 Experiências do Autor

Formado em Engenharia Química em dezembro de 2010, o Autor reúne aproximadamente 10 anos de experiência como Engenheiro de Processos atuando em projetos industriais. Abaixo estão as experiências vividas no início de carreira. As atribuições sublinhadas se referem aos conteúdos não explorados durante o curso de Engenharia Química

do Autor e serviram de motivação para a escolha dos temas das novas disciplinas propostas neste trabalho.

2.4.1 Experiência 1

- Empresa: Cosmed (Indústria de cosméticos)
- Cargo: Estagiário de Engenharia
- Período: De maio de 2010 até dezembro de 2010
- Atribuições:

- Apoio aos projetos de engenharia da fábrica;
- Definição de layouts e especificação de equipamentos;
- Levantamento de dados da produção;
- Interface com as áreas de Manutenção, P&D, Qualidade e PCP.

2.4.2 Experiência 2

- Empresa: Genpro Engenharia (Empresa de Engenharia)
- Cargo: Trainee de Processos e Engenheiro de Processos
- Período: De fevereiro de 2011 até julho de 2013
- Atribuições:

- Elaboração de documentos para projetos industriais, tais com fluxogramas de processo (PFD) e de engenharia (P&ID), folha de dados e listas em geral;
- Utilização da ferramenta COMOS para elaboração de documentos de projeto;
- Dimensionamento de equipamentos, tubulações e instrumentos com base em normas técnicas;
- Cálculos de engenharia e balanços de massa e de energia;
- Interface com clientes e fornecedores.

2.4.3 Experiência 3

- Empresa: Ultracargo (Empresa de armazenagem de produtos químicos)
- Cargo: Engenheiro de Projetos e Processos
- Período: De janeiro de 2014 até março de 2018

- Atribuições:

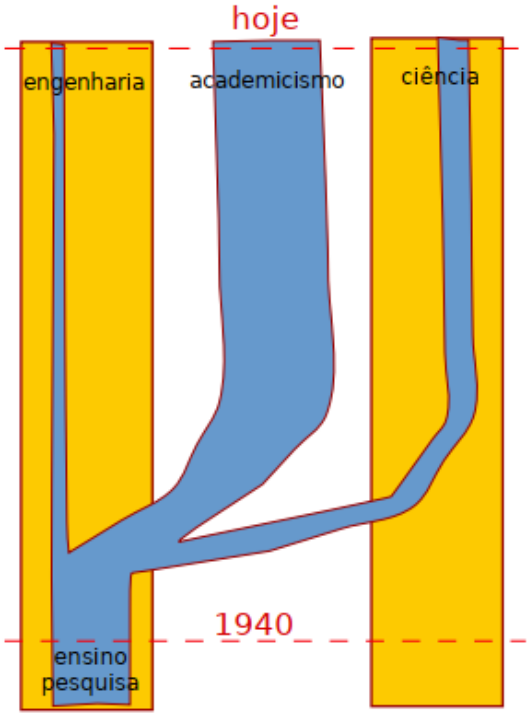
- Atuação no departamento de Engenharia;
- Elaboração de estimativas de investimentos para novas instalações, layouts, fluxogramas, estudos e simulações de processos;
- Dimensionamento de equipamentos e redes de utilidades;
- Contato com fornecedores e levantamentos de campo;
- Coordenação de projetos junto às empresas de engenharia;
- Suporte técnico para as unidades industriais.

2.5 Cenário atual

Atualmente os cursos de Engenharia Química não estão alinhados com as expectativas do mercado de trabalho. Os egressos do curso estão sendo mal preparados para ocupar posições de Engenheiro de Processos, uma atividade que se encontra na interface entre a academia e a sociedade. Além disso, grande parte dos alunos está insatisfeita com o ensino e as empresas não conseguem aproveitar a produção gerada nas universidades (LISBÔA, 2021). O ensino de engenharia ainda forma profissionais com currículos pouco flexíveis e com grande distanciamento entre disciplinas cursadas e as necessidades das empresas do ramo químico (FURINI et al., 2020).

Ao longo do tempo, uma grande parte dos egressos dos cursos de engenharia encontraram nas universidades a única oportunidade de trabalho. Isso fez com que surgisse o conceito de Academicismo, ou seja, uma prática distante da Ciência e da Engenharia e que trouxe grandes consequências para a pesquisa e o ensino em engenharia. A Figura 4 mostra esse processo ao longo do tempo. As universidades precisam aproximar as atividades de ensino e pesquisa ao escopo de trabalho de um Engenheiro de Processos para eliminar gradualmente o Academicismo. Seria interessante para o desenvolvimento dos estudantes que Engenheiros que atuam no mercado de trabalho fizessem parte do corpo docente. Essa prática poderia proporcionar o desenvolvimento assertivo de processos e produtos para a sociedade (LISBÔA; MORATORI, 2021).

Figura 4 - Caminhos do ensino e pesquisa



Fonte: LISBÔA; MORATORI, 2021

Os projetos pedagógicos dos cursos de engenharia atuais sugerem conteúdos para a formação de um profissional diferente do necessário atualmente. O mercado de trabalho de hoje exige um profissional com perfil humano, inovador e empreendedor. Para isso, é necessário proporcionar a interdisciplinaridade no curso de Engenharia Química e mostrar que o todo faz sentido para a profissão (LIMA et al., 2020). O ensino de engenharia precisa ser modificado para acompanhar as mudanças sociais e tecnológicas da atualidade e o conteúdo precisa estar relacionado com o contexto social para ser efetivo (ZANROSSO et al., 2017 apud BAZZO, 2001).

Para atender as necessidades do mercado de trabalho, algumas instituições oferecem cursos de extensão ou pós-graduação com conteúdos relevantes. Geralmente essa modalidade é chamada de *lato sensu* e oferece programas de especialização com carga horária mínima de 360 horas. Já as modalidades *stricto sensu* compreendem os programas de mestrado e doutorado; a maioria desses cursos são mais voltados para a área acadêmica (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2018).

A UNICAMP oferece o curso de Engenharia de Processos Químicos com 448 horas e as seguintes disciplinas (EXTECAMP, 2022):

- Introdução aos processos químicos;

- Relações termodinâmicas e equilíbrio de fases;
- Transferência de quantidade de movimento;
- Escoamento de fluidos não newtonianos;
- Dimensionamento e seleção de bombas e compressores;
- Fluidização, ciclones e transporte pneumático;
- Ciência dos polímeros – Fundamentos;
- Trocadores de calor sem combustão;
- Avaliação econômica de processos e gestão de projetos;
- Controle e instrumentação de processos químicos;
- Processos de separação: destilação, extração e absorção;
- Vasos, tanques e materiais para equipamentos de processo;
- Utilidades da indústria química;
- Projeto de final de curso;
- Engenharia das reações químicas;
- Gerenciamento de risco de processo na indústria química;
- Dispositivos de segurança e NR 13;
- Elementos de refinação e petroquímica.

Diante de todo o contexto apresentado é possível mostrar a relevância deste trabalho. As experiências do Autor, o cenário atual e a forma de trabalho exigida pelas empresas para um Engenheiro Químico no início de sua carreira, mostram evidências de que é preciso criar novos conteúdos para suprir os conhecimentos solicitados.

3 COMPETÊNCIAS E MERCADO

Este trabalho possui um caráter exploratório e foi desenvolvido por meio das considerações descritas a seguir. O objetivo foi buscar conteúdo relevante para inclusão no curso de Engenharia Química, visando à preparação dos alunos. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica com a utilização de livros, artigos científicos, periódicos e páginas de internet que abordam o tema deste trabalho ou assuntos relacionados.

3.1 Competências esperadas do egresso de Engenharia Química

As Diretrizes Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, por meio da Resolução N° 2 de 24 de abril de 2019, definem os cursos de graduação em Engenharia de qualquer modalidade nas instituições de ensino brasileiras. Essa Resolução pode ser verificada no Anexo E, o qual define as competências esperadas para o egresso do curso de Engenharia. O Quadro 3 mostra essas competências, que se aplicam também para a Engenharia Química.

Quadro 3 - Competências do egresso do curso de Engenharia

Item	Competência
C-1	Formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto: a) Ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos; b) Formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas.
C-2	Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação: a) Ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras; b) Prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;

	c) Conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo; d) Verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas.
C-3	Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos: a) Ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas; b) Projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia; c) Aplicar conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de Engenharia.
C-4	Implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia: a) Ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia; b) Estar apto a gerir, tanto a força de trabalho quanto os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação; c) Desenvolver sensibilidade global nas organizações; d) Projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas; e) Realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental.
C-5	Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica: a) Ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis.
C-6	Trabalhar e liderar equipes multidisciplinares: a) Ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva; b) Atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede; c) Gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;

	d) Reconhecer e conviver com as diferenças socioculturais nos mais diversos níveis em todos os contextos em que atua (globais/locais); e) Preparar-se para liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado.
C-7	Conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão: a) Ser capaz de compreender a legislação, a ética e a responsabilidade profissional e avaliar os impactos das atividades de Engenharia na sociedade e no meio ambiente; b) Atuar sempre respeitando a legislação, e com ética em todas as atividades, zelando para que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando.
C-8	Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação: a) Ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias; b) Aprender a aprender. Parágrafo único. Além das competências gerais, devem ser agregadas as competências específicas de acordo com a habilitação ou com a ênfase do curso.

Fonte: BRASIL; MEC, 2019

As disciplinas propostas neste trabalho contribuem para o desenvolvimento das competências C-1 a C-8, conforme mostra a relação no Quadro 4.

Quadro 4 - Relação entre disciplina proposta e competências do egresso de Engenharia Química

Disciplina	**C-1**	**C-2**	**C-3**	**C-4**	**C-5**	**C-6**	**C-7**	**C-8**
Desenvolvimento de Fluxogramas			X	X				
Utilidades Industriais		X						X

Normas Técnicas para Engenharia Química		X					X	
Engenharia de Produto	X	X	X					X

3.2 Pesquisa de mercado

Foram exploradas ofertas de vagas para Engenheiros Químicos oferecidas pelo mercado de trabalho atual, nas áreas de projetos, processos ou produção para o segmento químico. Com essa pesquisa foi possível verificar as habilidades exigidas pelas empresas e relacionar com o conteúdo dos cursos de Engenharia Química. As frases em negrito e com numeração entre colchetes representam essas habilidades ou conteúdos que serão relacionadas com as disciplinas propostas neste trabalho.

3.2.1 Exemplo de vaga 1

- Empresa: A1 Engenharia (Empresa de Engenharia)
- Cargo: Estagiário de Processos
- Data de publicação: Agosto de 2021
- Atribuições:

- Atuação na área de Processos, em projetos de plantas de fabricação para o segmento de Papel e Celulose e Óleo e Gás;

- Requisitos:

- Conhecimento em softwares de fluxogramas [1].
- Cursando Engenharia Química;
- Domínio do pacote Office;
- Facilidade em manusear ferramentas de apresentações;
- Pro-atividade e organização;
- Disponibilidade para trabalhar em Araucária/PR.

3.2.2 Exemplo de vaga 2

- Empresa: Genpro Engenharia (Empresa de Engenharia)
- Cargo: Trainee de Processos
- Data de publicação: Janeiro de 2021
- Atribuições:

- Atuação na área de Processos, em projetos de plantas químicas.

- Requisitos:

- Cursando Engenharia Química ou recém formado

- Conhecimento no software COMOS [2].

3.2.3 Exemplo de vaga 3

- Empresa: Rhodia (Indústria Química)
- Cargo: Engenheiro de Processos Pleno
- Data de publicação: Janeiro de 2021
- Atribuições:

- Trabalhar no desenvolvimento e implantação de projetos industriais de melhoria de processos, buscando o aumento da eficiência das unidades de produção, **redução do consumo de matérias-primas e utilidades [3]** e aumento de capacidade, objetivando o cumprimento das metas de *Road Map*. Dar suporte à produção visando à manutenção da melhoria contínua da qualidade e das operações além de realizar estudo na área de segurança e meio ambiente (QSSMA).

- Realização de balanços de massa e energia das unidades produtivas.

- Realizar estudos e conduzir a execução de **projetos de melhoria de processo com foco na redução de consumos específicos de vapor [4]** e matéria prima das unidades, envolvendo operações de destilação, trocadores de calor, decantação e reações químicas.

- Estudos de melhoria de qualidade e de aumento da capacidade produtiva das instalações.

- Simulação e validação de processos em Aspen Plus / HYSYS e Aspen EDR (HTFS) para trocadores de calor.

- **Cálculo de tubulações [5]** e equipamentos de processos, tais como bombas, trocadores de calor, colunas de destilação, reatores, etc.

- Assistência à fabricação na solução de problemas operacionais.

- Participação em estudos de segurança (HAZOP), **cálculo de PSV´s e eliminação de cenários de risco [6].**

- Levantamento de dados de processo e elaboração de *data sheets* de equipamentos e instrumentos (projeto de equipamentos).
- Planejamento e realização de ensaios industriais necessários para obtenção de dados de base para projetos industriais.
- Interface com fornecedores de equipamentos e tecnologias.
- Habilidade para resolução de problemas.

- Requisitos:

- Curso superior em Engenharia Química;
- Sólido conhecimento técnico nas operações unitárias da engenharia química;
- Inglês Avançado;
- Conhecimento nas ferramentas de simulação de processos Aspen Plus / HYSYS e Aspen EDR (HTFS) para trocadores de calor;
- Compromisso com as regras de segurança do site;
- Boa comunicação, organização, planejamento e perfil de execução de projetos.

3.2.4 Exemplo de vaga 4

- Empresa: Braskem (Indústria Química)
- Cargo: Reaction Engineer & Scale up
- Data de publicação: Julho de 2021
- Atribuições:

- Braskem is seeking a research reaction engineering specialist with focus on reactor technology screening, selection, design and scale up from bench to industrial assets, as well support on optimization of chemical reaction and design experiments for laboratory trials. **Prefered knowledge and experience in organic and polymers reactions, green and renewable chemistry [7]**. We are seeking strong skills in the area of process and technology development to help identify disruptive opportunities to improve existing assets and pave the way for new assets and businesses, in close collaboration with other areas inside Braskem as well as with universities, national research laboratories and startups;
- Screening and selection of best chemical reactors;
- Reactor design and scale up, from bench to industrial scale;
- Support studies and optimization of chemical reactions;
- **Support new routes for processes laboratory development [8];**

- Develop technical reports and presentations to summarize results;
- Conceptual design, feasibility studies, business cases and other engineering steps.

- Requisitos:

- Ph.D. in Chemical Engineering or another related scientific field;
- Strong background in scale-up from laboratory to pilot plant, demo and industrial assets;
- Strong background in chemical reactor selection and available Technologies;
- Strong fundamental knowledge of, reaction engineering, process design and interactions of flow phenomena, mass transfer, heat transfer and reaction kinectis applying this knowledge to the development of disruptive technologies;
- Strong technical skills with the ability to work both independently and collaboratively with internal and external teams/entities;
- Excellent communication and presentation skills with a good understanding of business concepts;
- Enthusiastic drive to learn new things and teach others new concepts in your field of expertise;
- Polymers, Petrochemical, green technologies knowledge are desirable [9];
- Solids flow and handling are desirable.

3.2.5 Exemplo de vaga 5

- Empresa: Método Engenharia (Empresa de Engenharia e Construção)
- Cargo: Engenheiro de Processos
- Data de publicação: Maio de 2021
- Atribuições:

- Estudos de balanços de massa e energia;
- Dimensionamento de equipamentos de processos (vasos, bombas etc);
- Elaboração/revisão/verificação fluxogramas de processo e de engenharia (PFD e P&ID) [10];
- Dimensionamento e especificação de sistemas de alívio (válvulas de segurança e alívio; discos de ruptura) [11];
- Elaborar folhas de dados de processo de instrumentos, equipamentos e tubulação;
- Participação eventual de estudos de HAZOP.

- Requisitos:

- Formação em Engenharia Química.

3.2.6 Exemplo de vaga 6

- Empresa: Oxiteno (Indústria Química)
- Cargo: Engenheiro Químico de Processos Pleno
- Data de publicação: Agosto de 2020
- Atribuições:

- Acompanhar e avaliar continuadamente as tecnologias existentes e o desenvolvimento de novos processos/produtos sugerindo e participando na definição rota a ser empregada na elaboração das novas unidades, sob o ponto de vista de rendimentos, custos energéticos, segurança, custo dos equipamentos e qualidade dos produtos [12];

- Solicitar pesquisas bibliográficas, identificando e avaliando artigos e patentes, a fim de obter informações tecnológicas que possibilitem a concepção de processo para novos projetos/produtos e/ou aprimoramento dos já existentes [13];

- Selecionar de livros e artigos técnicos métodos para dimensionamento e simulação de equipamentos e processos avaliando sua exatidão e adequação;

- Participar na coordenação e definição de programa de experimentos para confirmação/seleção de processos e materiais a serem empregados, de modo a permitir a avaliação final de tecnologia e/ou do projeto de processo/produto [14];

- Elaborar balanços materiais e energéticos, desenvolver simulações de processos (utilizando o ASPEN ou outros simuladores de processos disponíveis na área), dimensionar e realizar projetos de processo de equipamentos (tais como reatores, colunas, bombas, compressores, trocadores de calor, etc.);

- Dimensionar e selecionar materiais de tubulações [15], definir a instrumentação requerida para controle e acompanhamento do processo, **efetuar o balanço de utilidades requeridas [16]** emitindo respectivas folhas de dados e/ou especificações de processo;

- Efetuar balanço de efluentes e elaborar documentação necessária para obtenção de licença de operação junto ao órgão ambiental competente;

- Realizar a concepção e elaboração de fluxogramas de processo, fluxogramas de engenharia, fluxogramas de distribuição de utilidades[17], descritivo de processo, manuais de operação, manuais descritivos dos sistemas de utilidades e facilidades, estudos

para "lay-out", lista de fontes de risco, dados básicos de instrumentos e tubulação, descritivos de controle, intertravamento e sequenciamento, diagramas lógicos de intertravamento, matriz de causa-e-efeito, **descritivo para proteção e combate a incêndio [18]**, dentre outros documentos de processo que possam ser demandados pelo projeto;

- Participar e conduzir reuniões de segurança operacional, em conjunto com as áreas afins, analisando através de técnicas específicas (HAZOP, APR), a operação das unidades tanto em fase de projeto como em modificação de planta existente, propondo soluções;

- Realizar análise técnica de equipamentos ou pacotes de fornecimento, analisando aspectos de qualidade, segurança e custo de equipamentos, de forma a atender as necessidades tecnológicas determinadas pelo processo, participar junto com outras áreas de reuniões técnicas com fornecedores.

- Requisitos:

- Ensino Superior em Engenharia Química;

- Experiência anterior na área de Engenharia de Processos com foco em projetos (corporativo, industrial e/ou consultorias);

- Conhecimentos gerais em processos químicos (operações unitárias) em indústria.

- Inglês Avançado;

- Pacote Office Intermediário;

- Desejável: Experiência com Análise de Risco (Hazop);

- Conhecimento em no sistema Aspen ou Software de simulação de processos.

3.2.7 Exemplo de vaga 7

- Empresa: A1 Engenharia (Empresa de Engenharia)
- Cargo: Engenheiro de Processos
- Data de publicação: Maio de 2021
- Atribuições:

- Estabelecer critérios de projeto;

- Realizar balanço de massa e energia do processo e cálculo de propriedades termodinâmica de fluidos;

- **Realizar dimensionamento básico de equipamentos e tubulações [19]**, bem como **estudos de transferência de calor para determinar especificação de isolamento térmico [20]**;

- Fornecer especificação técnica de compra e dados de processo para instrumentação;
- Estruturar e conduzir procedimentos de partida e de parada da unidade;
- Assegurar qualidade e conformidade às normas técnicas específicas de cada atividade [21] e realizar demais atividades pertinentes à posição.

- Requisitos:

- Formação em Engenharia Química;
- Foco em resultados e resiliência.

3.2.8 Exemplo de vaga 8

- Empresa: Braskem (Indústria Química)
- Cargo: Engenheiro de Processos Químicos Sênior (Utilidades)
- Data de publicação: Agosto de 2021
- Atribuições:

- Elaboração de estudos de engenharia – solução de problemas críticos e crônicos;
- Desenvolvimento de simulações e modelos de processos [22];
- Suporte técnico às Plantas Industriais;
- Condução de Análise de RCA;
- Coordenação de equipes técnicas locais;
- Consolidação de melhores práticas de gestão e acompanhamento de processos;
- Desenvolvimento de projetos conceituais e implementação de investimentos, com foco: aumento de eficiência energética, balanço de energéticos e sustentabilidade; mitigação de cenários de risco relacionados a SEPRO.

- Requisitos:

- Diferencial – **conhecimento de Utilidades (torres de resfriamento, caldeiras, redes de água e condensado, tratamento de águas, caldeiras e sistemas de vapor) [23]**;
- Sólida formação acadêmica em Engenharia Química;
- Visão ampla de SSMA;
- Inglês avançado;
- Conhecimento em simuladores de processo, Aspen, Hysys;
- Conhecimentos de ferramentas Microsoft Office;
- Desejável conhecimento em Power BI;
- Conhecimento de metodologias ágeis, vivência é um diferencial;

- Conhecimento em processos de polimerização – diferencial;
- Condução de grupos de trabalho transversais e condução de projetos;
- Organização e capacidade analítica;
- Espírito criativo e tecnicamente curioso;
- Pro atividade e disponibilidade;
- Facilidade de aprendizado;
- Senso crítico, de urgência e comprometimento com prazos;
- Objetividade, determinação, dinamismo e maturidade;
- Relacionamento interpessoal;
- Facilidade de adaptação;
- Disposição para expor sua opinião em qualquer situação, adversa ou não;
- Autoconhecimento;
- Valoriza diversidade;
- **Visão inovadora [24].**

O Quadro 5 mostra uma relação entre alguns conteúdos solicitados por vagas para Engenheiros Químicos e as disciplinas propostas neste trabalho.

Quadro 5 - Relação entre disciplina proposta e conteúdo exigido em vagas para Engenharia Química

Disciplina proposta neste trabalho	**Habilidade ou conteúdo solicitado pelo mercado de trabalho**
Desenvolvimento de Fluxogramas	[1] Conhecimento em softwares de fluxogramas. [2] Conhecimento no software COMOS. [10] Elaboração/revisão/verificação fluxogramas de processo e de engenharia (PFD e P&ID). [17] Realizar a concepção e elaboração de fluxogramas de processo, fluxogramas de engenharia, fluxogramas de distribuição de utilidades.
Utilidades Industriais	[3] Redução do consumo de matérias-primas e utilidades. [4] Projetos de melhoria de processo com foco na redução de consumos específicos de vapor.

	[5] Cálculo de tubulações. [15] Dimensionar e selecionar materiais de tubulações. [16] efetuar o balanço de utilidades requeridas. [18] Descritivo para proteção e combate a incêndio. [19] Realizar dimensionamento básico de equipamentos e tubulações. [22] Desenvolvimento de simulações e modelos de processos. [23] Conhecimento de Utilidades (torres de resfriamento, caldeiras, redes de água e condensado, tratamento de águas, caldeiras e sistemas de vapor).
Normas Técnicas para Engenharia Química	[6] Cálculo de PSV´s e eliminação de cenários de risco. [11] Dimensionamento e especificação de sistemas de alívio (válvulas de segurança e alívio; discos de ruptura). [19] Estudos de transferência de calor para determinar especificação de isolamento térmico. [21] Assegurar qualidade e conformidade às normas técnicas específicas de cada atividade.
Engenharia de Produto	[7] Prefered knowledge and experience in organic and polymers reactions, green and renewable chemistry. [8] Support new routes for processes laboratory development. [9] Polymers, Petrochemical, green technologies knowledge are desirable. [12] Acompanhar e avaliar continuadamente as tecnologias existentes e o desenvolvimento de novos processos/produtos sugerindo e participando na definição rota a ser empregada na elaboração das novas unidades, sob o ponto de vista de rendimentos,

	custos energéticos, segurança, custo dos equipamentos e qualidade dos produtos. [13] Solicitar pesquisas bibliográficas, identificando e avaliando artigos e patentes, a fim de obter informações tecnológicas que possibilitem a concepção de processo para novos projetos/produtos e/ou aprimoramento dos já existentes. [14] Participar na coordenação e definição de programa de experimentos para confirmação/seleção de processos e materiais a serem empregados, de modo a permitir a avaliação final de tecnologia e/ou do projeto de processo/produto. [24] Visão inovadora.

4 RELEVÂNCIA DAS DISCIPLINAS PROPOSTAS

4.1 Desenvolvimento de fluxogramas

A natureza da síntese e análise de processos químicos compreende o projeto de processos industriais em que operações coordenadas transformam física e quimicamente matérias-primas em produtos desejados. O projeto de plantas industriais é uma atividade criativa, na qual são geradas ideias para produzir matérias-primas, gerar novos produtos, utilizar resíduos e desenvolver novos materiais. Para desenvolver um novo processo o Engenheiro Químico pode utilizar a metodologia de hierarquia ou níveis de decisões, conforme mostra o Quadro 6 (DOUGLAS, 1988).

Quadro 6 – Hierarquia de decisões para o desenvolvimento de processos

Nível 1	Batelada ou contínuo
Nível 2	Estrutura de entradas e saídas
Nível 3	Estrutura de reciclo
Nível 4	Estrutura geral dos sistemas de separação: a. Sistema de recuperação de vapores b. Sistema de recuperação de líquidos
Nível 5	Integração energética

Fonte: DOUGLAS, 1988

Durante o desenvolvimento de processos, surgem os fluxogramas que representam as etapas e operações que geram os produtos para a sociedade. Os fluxogramas são importantes em todas as etapas do ciclo de vida de uma unidade industrial. Seja no projeto, montagem e operação, os fluxogramas fazem parte da vida profissional do Engenheiro Químico.

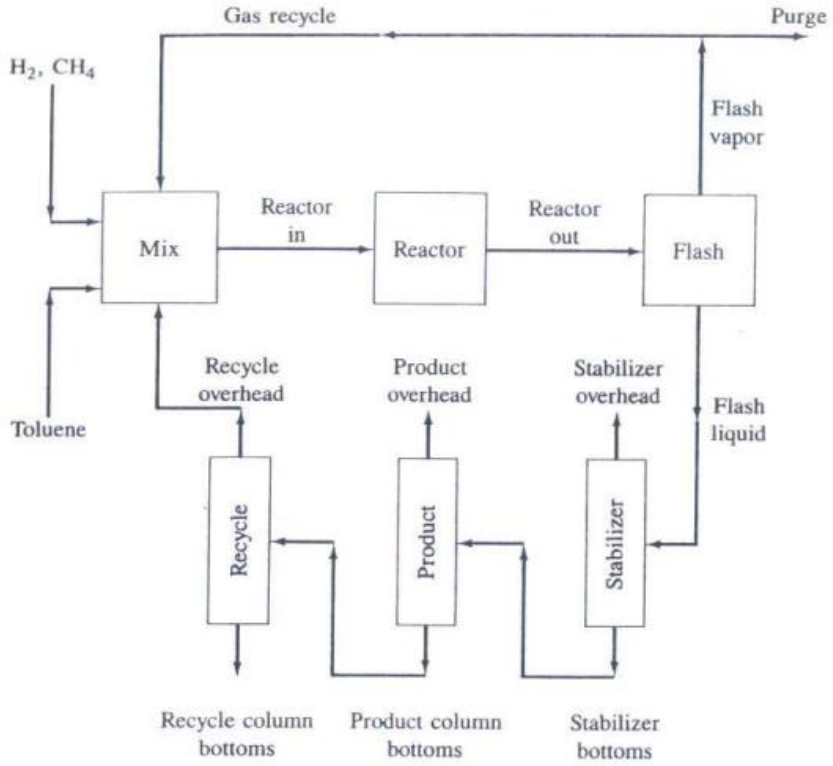
4.1.1 Diagrama de Blocos

O diagrama de blocos de um processo industrial consiste em uma representação simplificada da sequência de operações para a produção de determinado produto. Basicamente o diagrama de blocos contém retângulos ligados por linhas. Os retângulos representam os sistemas presentes na indústria e as linhas indicam o fluxo. Em um diagrama de blocos, estão presentes as seguintes informações (TAMIETTI, 2009):

- Retângulos com os nomes dos sistemas;
- Interação entre os retângulos;
- Nome dos produtos que entram e saem do processo;
- Direção dos fluxos dos produtos.

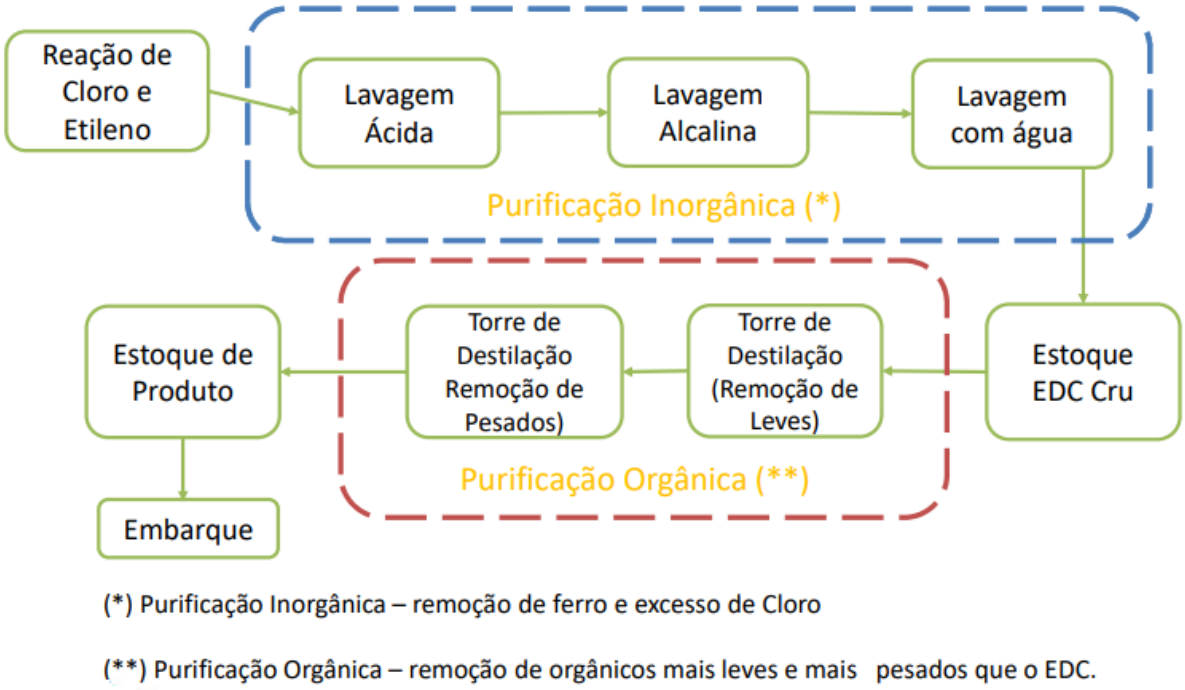
Além de oferecer uma visão geral de um processo complexo de uma indústria, os diagramas de blocos também representam processos individuais ou grupos de operações em cada retângulo. As Figuras 5 e 6 mostram exemplos de diagramas de blocos.

Figura 5 - Diagrama de blocos do processo de hidrodealquilação do Tolueno (HDA)



Fonte: DOUGLAS, 1988

Figura 6 - Diagrama de blocos da produção de 1,2 Dicloroetano (EDC)



Fonte: UNIPAR, 2021

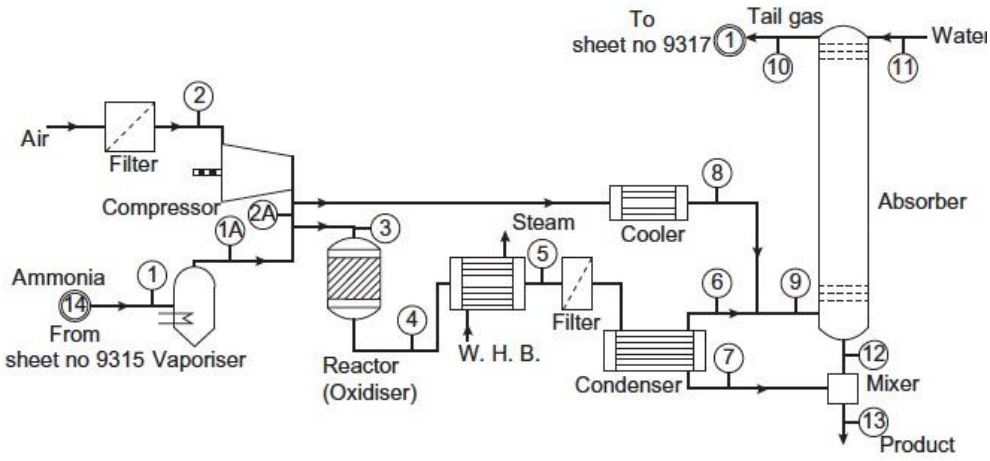
4.1.2 Fluxogramas de Processo

O Fluxograma de Processo (Process Flow Diagram - PFD) é uma evolução ou expansão do diagrama de blocos. Este documento consiste na representação diagramática de um processo ou planta industrial e mostra símbolos gráficos interligados por linhas. Os símbolos gráficos representam as operações unitárias ou equipamentos e as linhas representam as correntes ou fluxos do processo. Esse fluxograma indica as matérias-primas, produtos intermediários, produtos finais, controles principais, além de parâmetros físicos, químicos e termodinâmicos dos processos. Em um Fluxograma de Processo estão presentes as seguintes informações (TAMIETTI, 2009):

- Principais equipamentos da planta (símbolos e códigos);
- Balanços de massa;
- Balanços de energia;
- Fluxos, linhas ou correntes de processo (sinalizadores e sentido);
- Tabelas com dados de processo.

A Figura 7 mostra um exemplo de Fluxograma de Processo.

Figura 7 - Fluxograma do processo de produção de Ácido Nítrico



Flows kg/h pressures nominal

Line no. Stream component	1 Ammonia feed	1A Ammonia vapor	2 Filtered air	2A Oxidiser air	3 Oxidiser feed	4 Oxidiser outlet	5 W.H.B. outlet	6 Condenser gas	7 Condenser acid	8 Secondary air	9 Absorber feed	10 Tail(2) gas	11 Water feed	12 Absorber acid	13 Product acid
NH_3	731.0	731.0	—	—	731.0	Nil	—	—	—	—	—	—	—	—	—
O_2	—	—	3036.9	2628.2	2628.2	935.7	(935.7)(1)	275.2	Trace	408.7	683.9	371.5	—	Trace	Trace
N_2	—	—	9990.8	8644.7	8644.7	8668.8	8668.8	8668.8	Trace	1346.1	10,014.7	10,014.7	—	Trace	Trace
NO	—	—	—	—	—	1238.4	(1238.4)(1)	202.5	—	—	202.5	21.9	—	Trace	Trace
NO_2	—	—	—	—	—	Trace	(?)(1)	967.2	—	—	967.2	(Trace)(1)	—	Trace	Trace
HNO_3	—	—	—	—	—	Nil	Nil	—	850.6	—	—	—	—	1704.0	2554.6
H_2O	—	—	Trace	—	—	1161.0	1161.0	29.4	1010.1	—	29.4	26.3	1376.9	1136.0	2146.0
Total	731.0	731.0	13,027.7	11,272.9	12,003.9	12,003.9	12,003.9	10,143.1	1860.7	1754.8	11,897.7	10,434.4	1376.9	2840.0	4700.6
Press bar	8	8	1	8	8	8	8	8	1	8	8	1	8	1	1
Temp. °C	15	20	15	230	204	907	234	40	40	40	40	25	25	40	43

Fonte: TOWLER; SINNOTT, 2013

4.1.3 Fluxogramas de Engenharia

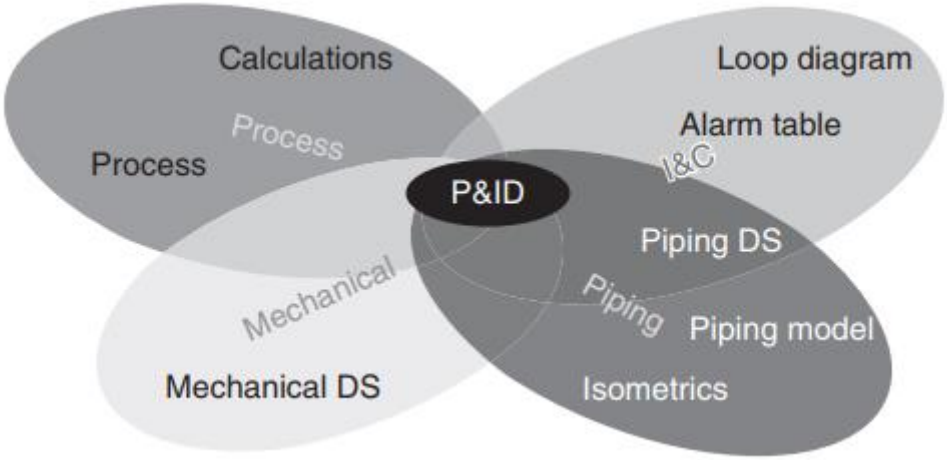
O Fluxograma de Engenharia (Piping and Instrumentation Diagram - P&ID) é uma evolução do fluxograma de processo. Este documento técnico representa de maneira esquemática as tubulações de processo, equipamentos, motores, malhas de controle e medições de variáveis de processo (pressão, vazão, temperatura, nível, etc.). As principais bases para a construção do Fluxograma de Engenharia são as normas ISA 5.1: Instrumentation Symbols and Identification, para a simbologia de instrumentação e controle e a norma ISO 5807: Information processing — Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts. Em um Fluxograma de Engenharia, estão presentes as seguintes informações (TAMIETTI, 2009):

- Equipamentos principais e auxiliares ao processo (inclusive reservas);
- Tubulações principais, válvulas e acessórios;
- Interação funcional entre todos os equipamentos e tubulações;
- Instrumentos de medição, malhas de controle e motores;

- Diâmetros, isolamentos e dimensões.

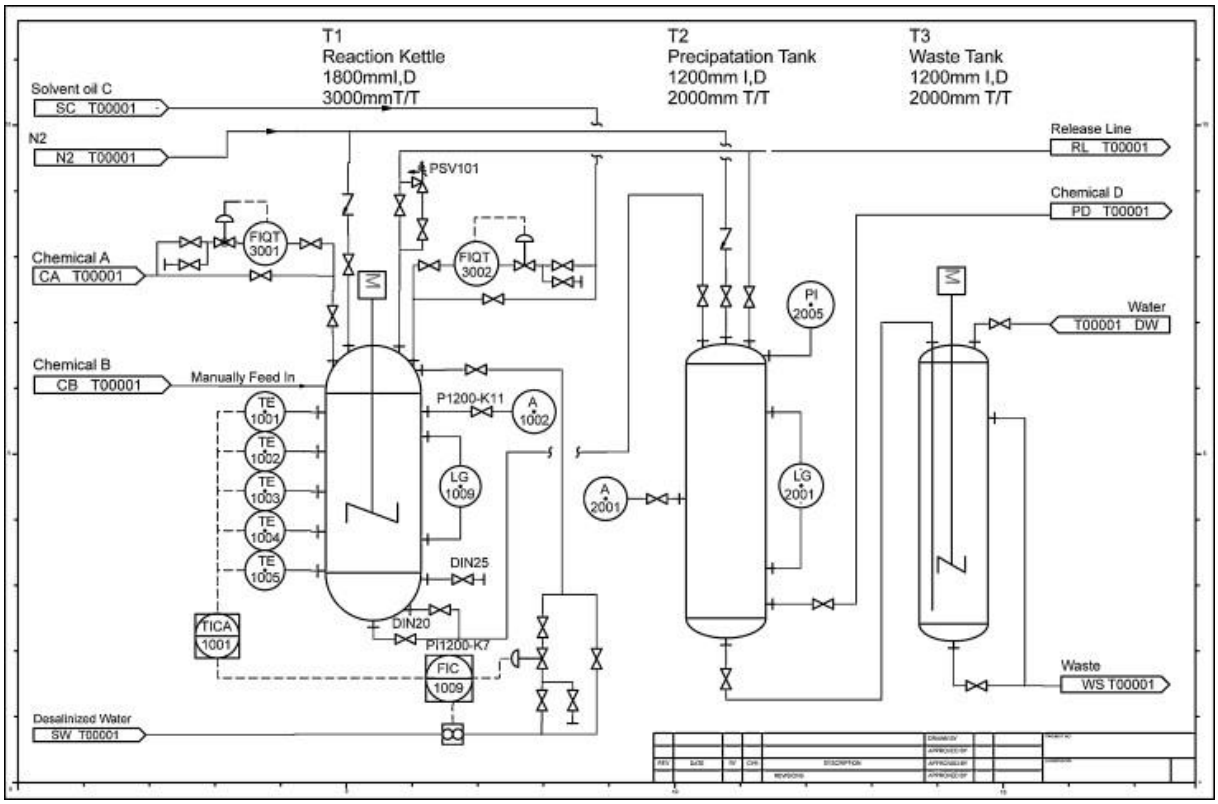
O Fluxograma de Engenharia é um documento multidisciplinar utilizado em todas as fases de uma unidade industrial, do projeto conceitual até a operação. É um desenho utilizado por fornecedores de equipamentos e sistemas, planejamento do projeto e reuniões de análises de risco, por exemplo HAZOP (Hazard and operability study). Além disso, várias áreas da engenharia industrial utilizam este fluxograma como base para outros documentos (TOGHRAEI, 2019). A Figura 8 mostra a interação do Fluxograma de Engenharia com outras disciplinas de engenharia e a Figura 9 mostra um exemplo deste documento.

Figura 8 - Interfaces do fluxograma de engenharia com outros documentos de projeto



Fonte: TOGHRAEI, 2019

Figura 9 - Fluxograma de Engenharia



Fonte: CHEMENG BRASIL, 2021

4.1.4 Softwares para elaboração de fluxogramas

4.1.4.1 Autocad 2D

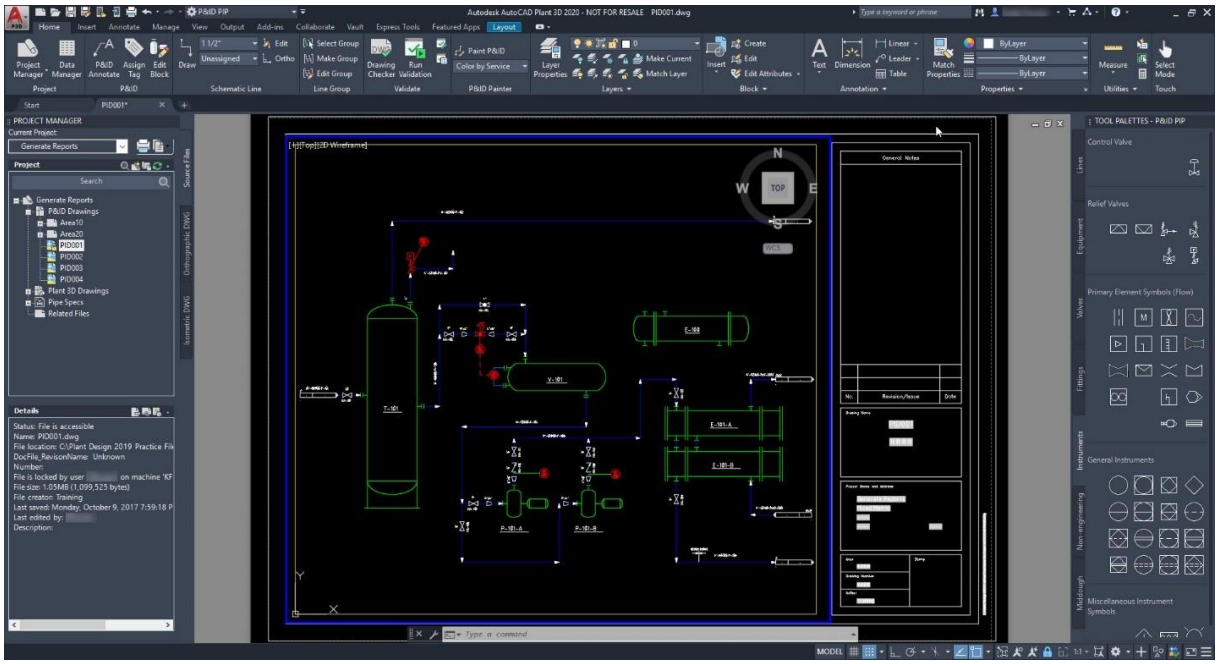
O Autocad é um software do tipo CAD (Computer Aided Design), ou seja, desenho assistido por computador. O módulo 2D é utilizado por arquitetos, engenheiros e projetistas para gerar desenhos em duas dimensões. Este programa é comercializado pela empresa Autodesk e possui as seguintes vantagens (AUTODESK, 2021):

- Projetar, desenhar e documentar sistemas em duas dimensões com precisão;
- Acessar um grande conjunto de ferramentas de edição, desenho, ou anotações;
- Trabalhar de maneira rápida e intuitiva em uma interface personalizável.

Para elaborar diagramas de blocos, fluxogramas de processo ou fluxogramas de engenharia, as empresas e profissionais do segmento químico utilizam o Autocad 2D. Esta ferramenta pode ser considerada a mais difundida no mercado, devido à sua interface amigável e facilidade de integração entre as diversas disciplinas de engenharia (elétrica, mecânica, civil, instrumentação, tubulação e processos). A Figura 10 ilustra o Autocad 2D aplicado a um

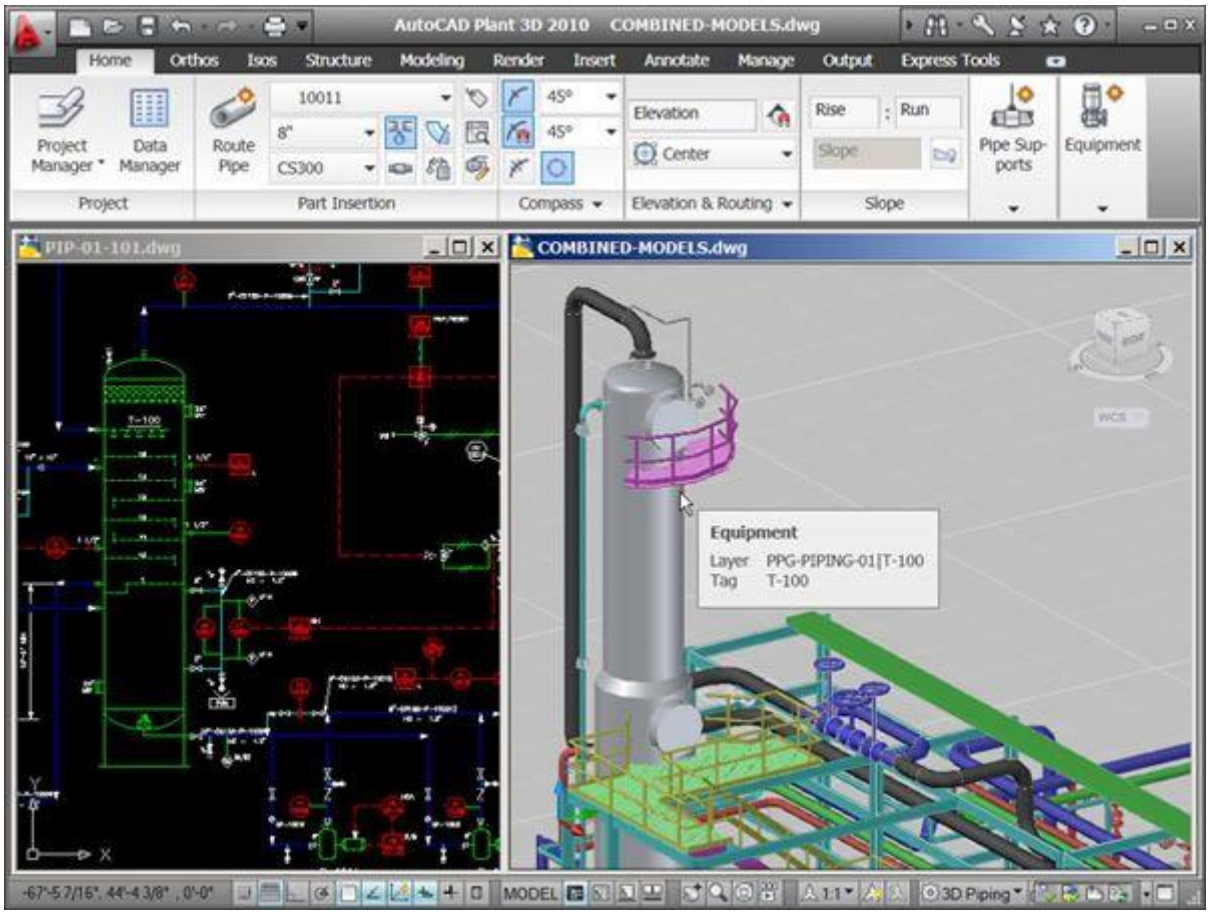
fluxograma e a Figura 11 mostra a interface de um fluxograma com a maquete eletrônica de uma instalação industrial.

Figura 10 - Fluxograma em Autocad 2D



Fonte: ASTI, 2021

Figura 11 - Interface de um fluxograma com maquete eletrônica



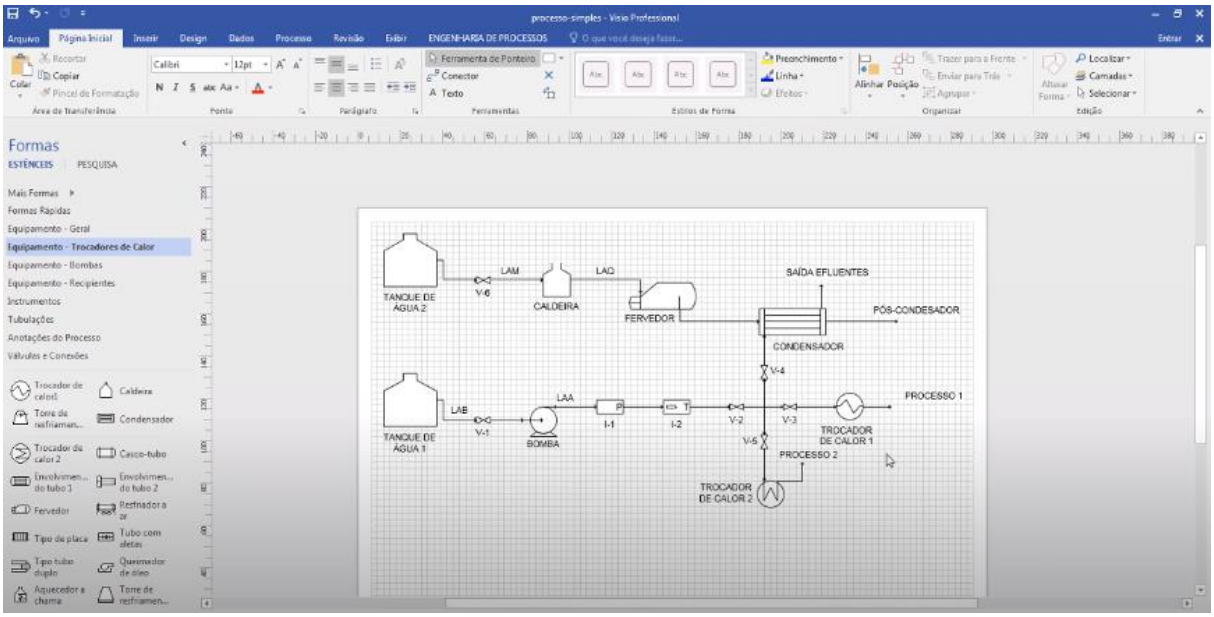
Fonte: NAZÁRIO, 2021

4.1.4.2 Microsoft Visio

O Microsoft Visio é um software comercializado como um complemento do Microsoft Office. É um programa utilizado para desenhar uma grande variedade de diagramas, por exemplo fluxogramas, organogramas, plantas, diagramas de fluxos, modelagens e projetos em geral. O Microsoft Visio oferece uma biblioteca de templates com símbolos e formas para vários tipos de fluxogramas e gráficos, além de compartilhar algumas funcionalidades com o Word e o Excel (LUCIDCHART, 2021).

Os símbolos presentes nas biblioteca do Microsoft Visio atendem à diversas áreas do conhecimento e uma delas é a Engenharia de Processos Químicos. Com este programa é possível elaborar diagramas de blocos, fluxogramas de processo e fluxogramas de engenharia a partir da biblioteca de simbologias para tubulações, válvulas, equipamentos, instrumentação e controle.

Figura 12 - Fluxograma em Microsoft Visio



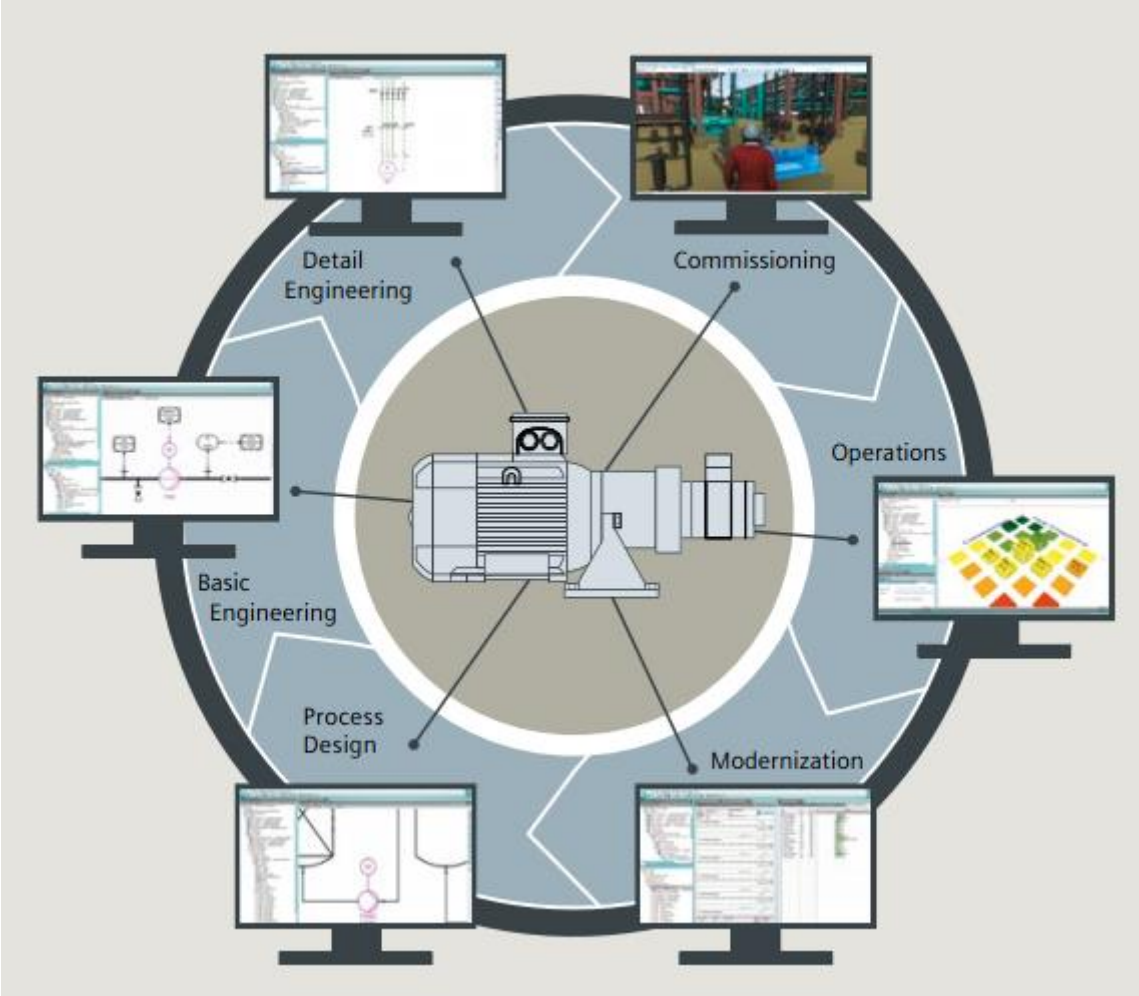
Fonte: NASCIMENTO, 2019

4.1.4.3 Fluxogramas de engenharia inteligentes

Os fluxogramas de engenharia oferecem grande quantidade de informação para outras disciplinas de engenharia durante o projeto de uma unidade industrial. A Figura 12, mostrada anteriormente, ilustra a interface do P&ID com as demais áreas técnicas. Diante desta funcionalidade foi criado o conceito de fluxograma inteligente, o qual é possível representar o processo e armazenar os dados pertinentes à ele. Os fluxogramas inteligentes podem ser elaborados em plataformas que permitem gerenciar os dados de todas as disciplinas de um projeto.

Geralmente estes softwares possuem uma abordagem sistemática orientada a objetos. A ênfase principal desses programas é o fluxo de dados de determinado objeto durante todo o seu ciclo de vida e isso ocorre de maneira integrada com as demais áreas técnicas do projeto, de acordo com a Figura 13. Esse conceito permite que todos os dados relacionados à um componente, por exemplo uma bomba, fiquem armazenados em um banco de dados. Cada objeto é único, ou seja, não existe duplicidade no banco de dados. Desta forma, qualquer alteração efetuada neste objeto poderá ser visualizada em tempo real por qualquer disciplina de engenharia que necessite consultar os dados deste componente (SIEMENS, 2021).

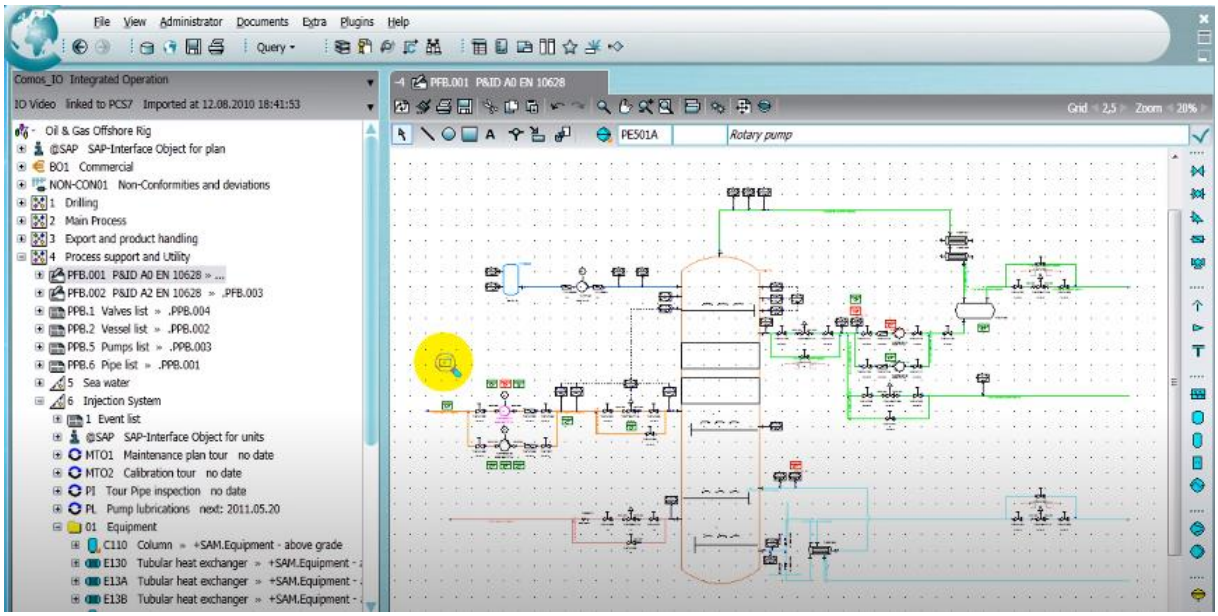
Figura 13 - Fluxo de dados de um objeto durante todo o seu ciclo de vida e integração com as áreas



Fonte: SIEMENS, 2021

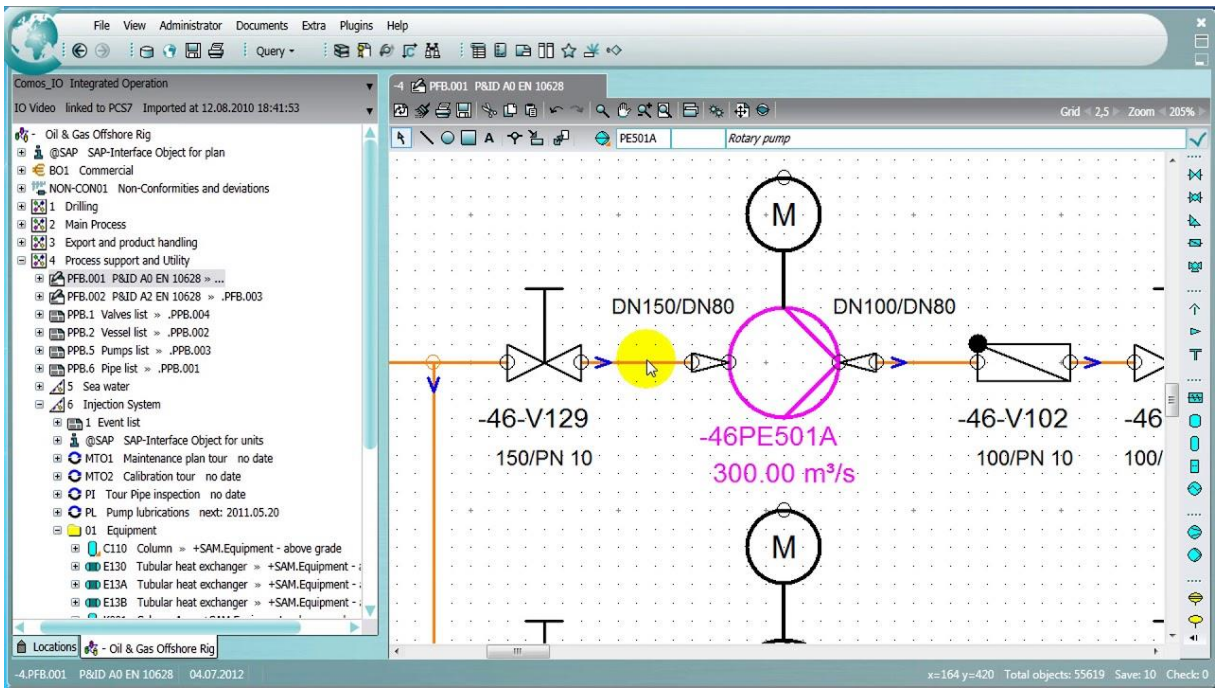
Além de acompanhar os dados de um equipamento durante todo o seu ciclo de vida, os fluxogramas de engenharia inteligentes também são as bases para a elaboração de diversos documentos de projeto. Quando um determinado dado de um componente é inserido no software é possível extrair essa informação de diversas maneiras diferentes. Por exemplo, as dimensões de uma coluna de destilação quando inseridas no objeto podem ser extraídas em uma folha de dados do equipamento. Ou o diâmetro e o fluido de uma tubulação quando inseridos nesse objeto também migram para o template de uma lista de linhas presente no software. As Figuras 14 e 15 ilustram o software COMOS, que é utilizado por diversas indústrias químicas, inclusive Petrobras.

Figura 14 - Fluxograma em COMOS



Fonte: SIEMENS, 2018

Figura 15 - Fluxograma em COMOS



Fonte: SIEMENS, 2018

4.2 Utilidades industriais

Uma indústria química basicamente recebe e prepara matérias-primas que serão transformadas em produtos finais. As unidades de processamento necessitam de diversas

formas de energias que são fornecidas por meio de combustíveis e utilidades. De um modo geral as utilidades são geradas, transformadas e distribuídas por meio de sistemas e compreendem energia elétrica, água, combustíveis, vapor, ar comprimido, Oxigênio E Nitrogênio.

Em uma instalação industrial as áreas responsáveis pelo processamento de produtos são usuárias de utilidades. Essas utilidades devem ser fornecidas com qualidade, quantidade e disponibilidade de acordo com os requisitos dos processos químicos. Já as áreas fornecedoras de utilidades são responsáveis por atender as unidades de processo nas condições requeridas, garantindo a geração, estocagem e distribuição das utilidades para garantir a regularidade do fornecimento (TAMIETTI, 2009).

O Engenheiro Químico é o profissional que atua diretamente com os processos industriais e deve possuir bom conhecimentos em utilidades. Ele atua na concepção, projeto, operação e melhoria de sistemas de utilidades. O Quadro 7 mostra estes sistemas.

Quadro 7 - Sistemas de utilidades de uma instalação industrial

Utilidade	**Sistema**
Energia elétrica	Energia
Ar comprimido	Geração e distribuição de ar comprimido
Água bruta	Captação e distribuição de água bruta
Água potável	Tratamento e distribuição de água potável
Água para incêndio	Detecção, alarme e combate a incêndio
Água industrial	Tratamento de água
Ar condicionado	Ventilação e ar condicionado
Vapor	Geração e distribuição de vapor
Óleo combustível	Armazenamento e distribuição de óleo combustível
Gás combustível	Armazenamento e distribuição de gás combustível
Água gelada	Refrigeração e resfriamento de água
Oxigênio	Geração e distribuição de Oxigênio
Nitrogênio	Geração e distribuição de Nitrogênio

Fonte: Adaptado de TAMIETTI, 2009, p. 97

4.2.1 Simulação de processos para escoamento de fluidos

Atualmente a simulação de processos químicos é umas das ferramentas mais importantes da Engenharia Química. As simulações são efetuadas nas indústrias e nas universidades e são utilizadas por engenheiros, alunos, professores e pesquisadores para a otimização e validação de processos, fins educacionais ou de pesquisa, treinamento de operadores e programação da produção (REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2018).

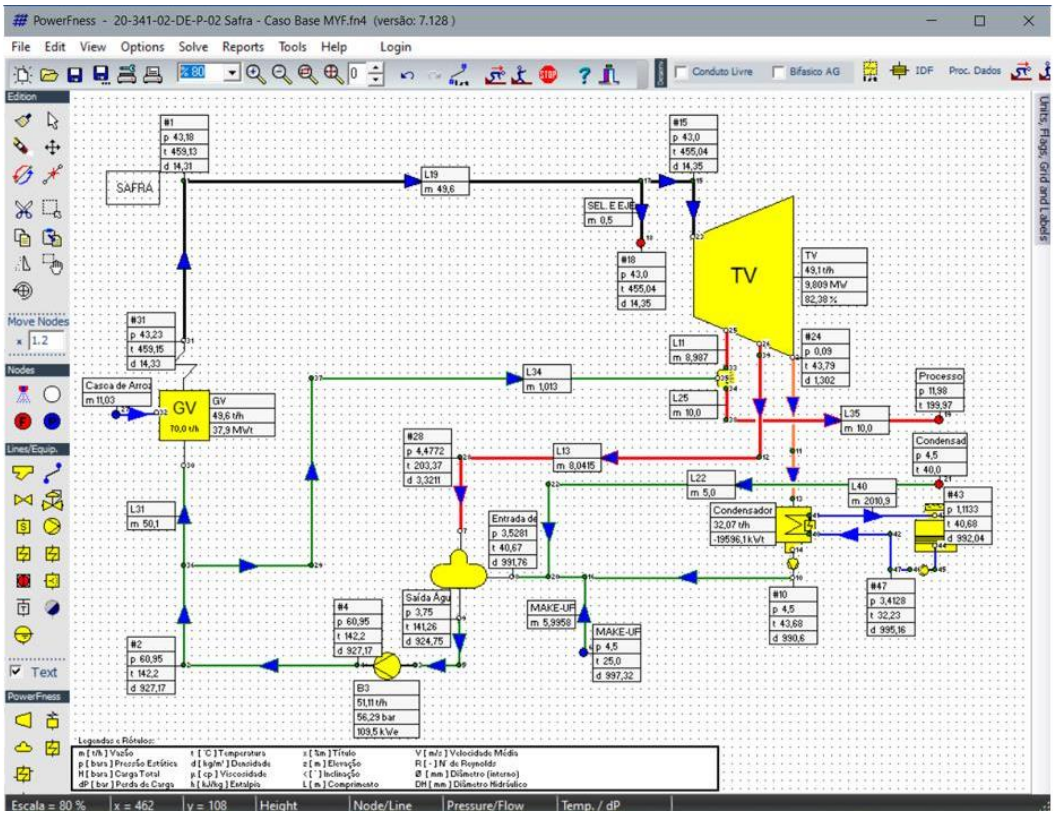
Os simuladores comerciais conseguem resolver equações que representam o processo químico. Essa prática utiliza relações fenomenológicas, como balanços de massa e de energia, relações de equilíbrio e de transferência (massa, energia e quantidade de movimento) para predizer vazões, composições, propriedades de fluxos e condições operacionais. As principais vantagens de uma simulação são: reduzir o tempo de dimensionamento de uma unidade, testar várias alternativas, determinar condições operacionais ótimas e pontos de estrangulamento dos processos existentes (FERREIRA, 2017).

Ao longo de sua vida profissional, o Engenheiro Químico precisará de bons conhecimentos de mecânica de fluidos e fenômenos de transporte para trabalhar com movimentação e escoamento de fluidos em rede. Seja em um projeto novo, ampliação ou melhoria de um sistema existente, fluidos de processo ou redes de utilidades.

A planilha de Excel é a ferramenta mais difundida para os cálculos de perda de carga, porém muitos profissionais relatam que gastam grande quantidade de tempo para analisar sistemas de escoamento e os seus respectivos cenários durante o dimensionamento de uma rede de distribuição de utilidades. Diante disso os softwares facilitam esse trabalho, pois oferecem uma interface intuitiva, banco de dados para fluidos (líquidos ou gases), tubulação e equipamentos (FLUIDFLOW, 2021).

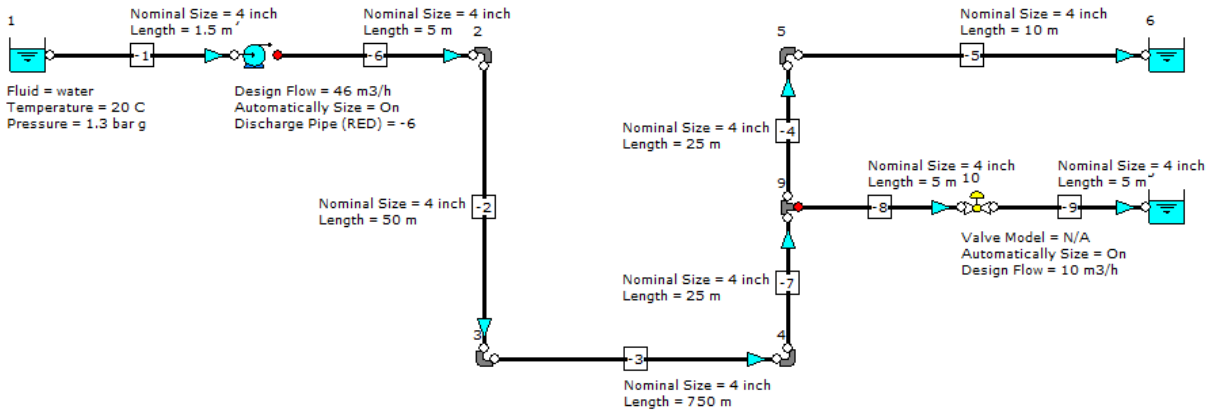
A interface gráfica desses softwares permite o desenho da rede de distribuição na qual ocorre o escoamento dos fluidos. A partir de um fluxograma de processo é possível incluir no simulador os fluidos e suas condições de processo (vazão, pressão e temperatura), as tubulações, reservatórios, tanques pressurizados, bombas, válvulas manuais e de controle, trocadores de calor e outros componentes que podem afetar o escoamento dos fluidos em rede. O usuário pode utilizar o banco de dados do simulador ou incluir fluidos e materiais de tubulação de seu interesse. As Figuras 16 e 17 mostram estes ambientes de simulação.

Figura 16 - Rede de distribuição elaborada no software FNESS



Fonte: FIGENER, 2021

Figura 17 - Rede de distribuição elaborada no software FluidFlow



Fonte: FLUIDFLOW, 2021

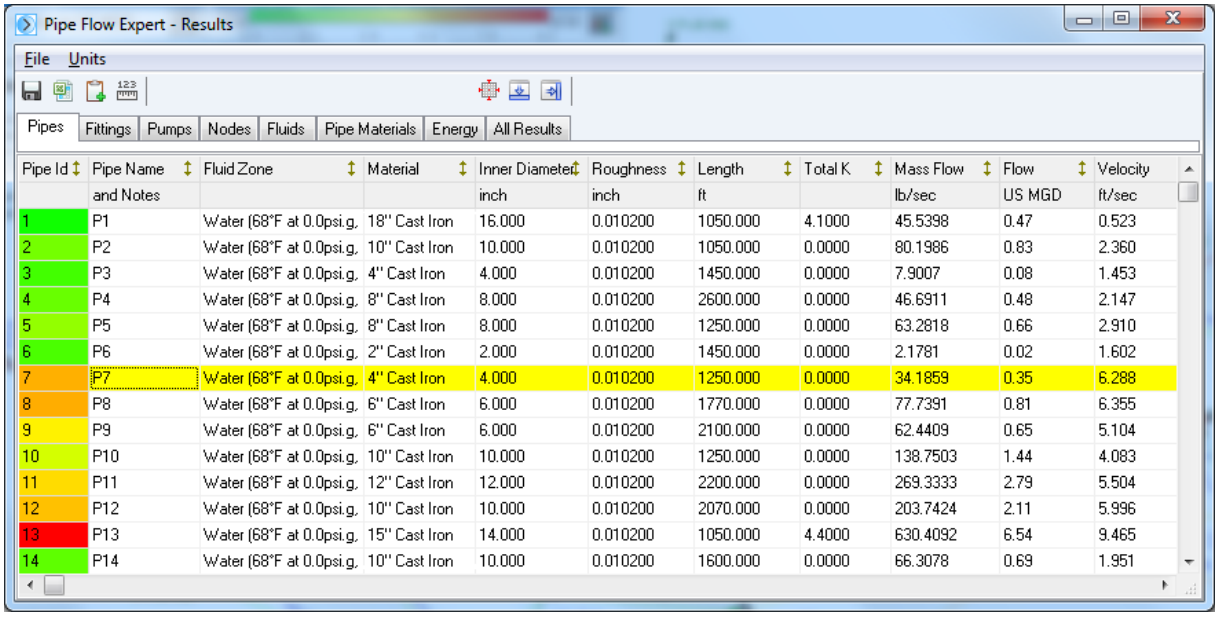
Os modelos construídos nos softwares geralmente utilizam o método de Darcy Weisbach para o cálculo da perda de carga e os métodos de Moody ou Colebrook-White para a estimativa do fator de atrito. Além disso, a simulação também considera os seguintes dados físicos do sistema (PIPEFLOW, 2021):

- Elevação do tanque;

- Nível de líquido do tanque;
- Pressão da superfície do tanque;
- Diâmetro do tubo;
- Rugosidade do tubo;
- Comprimento do tubo;
- Elevação do Tubo;
- Conexões de tubos;
- Componentes e válvulas;
- Demandas de vazão;
- Pressões na origem e destino;
- Densidade e viscosidade do fluido;
- Desempenho da bomba.

Os resultados da simulação podem ser mostrados diretamente na fluxograma construído na interface gráfica do software, indicando os resultados de pressão, vazão, temperatura, velocidade e sentido do escoamento. Os simuladores também geram relatórios detalhados referentes ao sistema modelado, criados na forma de fluxogramas, curvas ou tabelas que podem ser exportadas para planilhas de Excel (FIGENER, 2021). As Figuras 18 e 19 mostram essas funcionalidades.

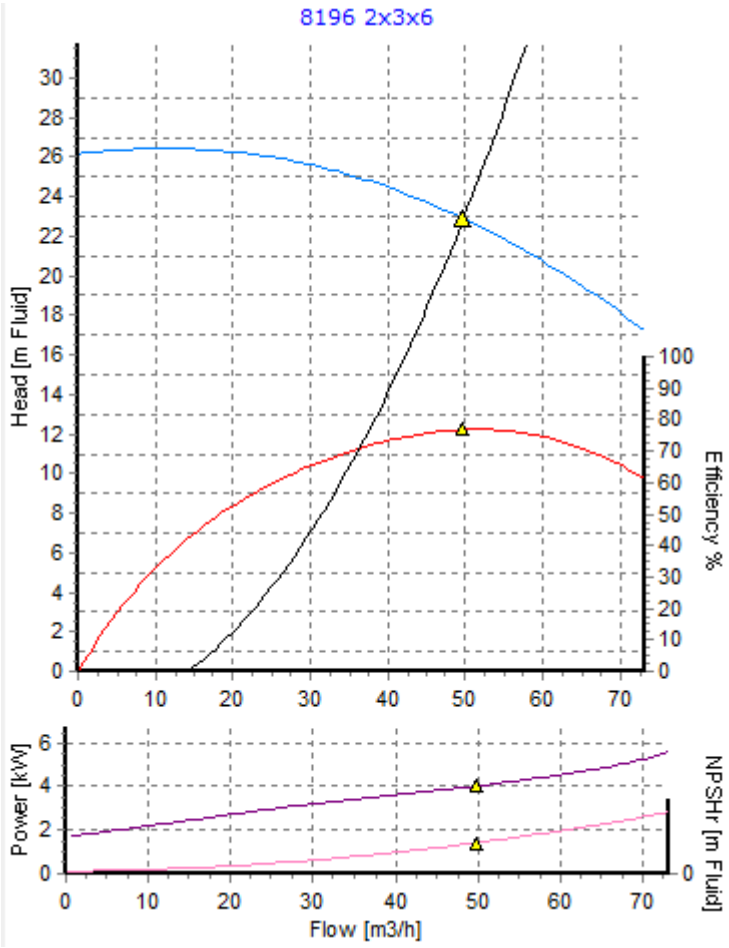
Figura 18 - Relatório gerado a partir de uma simulação elaborada no software Pipe Flow



Pipe Id	Pipe Name and Notes	Fluid Zone	Material	Inner Diameter inch	Roughness inch	Length ft	Total K	Mass Flow lb/sec	Flow US MGD	Velocity ft/sec
1	P1	Water (68°F at 0.0psi.g,	18" Cast Iron	16.000	0.010200	1050.000	4.1000	45.5398	0.47	0.523
2	P2	Water (68°F at 0.0psi.g,	10" Cast Iron	10.000	0.010200	1050.000	0.0000	80.1986	0.83	2.360
3	P3	Water (68°F at 0.0psi.g,	4" Cast Iron	4.000	0.010200	1450.000	0.0000	7.9007	0.08	1.453
4	P4	Water (68°F at 0.0psi.g,	8" Cast Iron	8.000	0.010200	2600.000	0.0000	46.6911	0.48	2.147
5	P5	Water (68°F at 0.0psi.g,	8" Cast Iron	8.000	0.010200	1250.000	0.0000	63.2818	0.66	2.910
6	P6	Water (68°F at 0.0psi.g,	2" Cast Iron	2.000	0.010200	1450.000	0.0000	2.1781	0.02	1.602
7	P7	Water (68°F at 0.0psi.g,	4" Cast Iron	4.000	0.010200	1250.000	0.0000	34.1859	0.35	6.288
8	P8	Water (68°F at 0.0psi.g,	6" Cast Iron	6.000	0.010200	1770.000	0.0000	77.7391	0.81	6.355
9	P9	Water (68°F at 0.0psi.g,	6" Cast Iron	6.000	0.010200	2100.000	0.0000	62.4409	0.65	5.104
10	P10	Water (68°F at 0.0psi.g,	10" Cast Iron	10.000	0.010200	1250.000	0.0000	138.7503	1.44	4.083
11	P11	Water (68°F at 0.0psi.g,	12" Cast Iron	12.000	0.010200	2200.000	0.0000	269.3333	2.79	5.504
12	P12	Water (68°F at 0.0psi.g,	10" Cast Iron	10.000	0.010200	2070.000	0.0000	203.7424	2.11	5.996
13	P13	Water (68°F at 0.0psi.g,	15" Cast Iron	14.000	0.010200	1050.000	4.4000	630.4092	6.54	9.465
14	P14	Water (68°F at 0.0psi.g,	10" Cast Iron	10.000	0.010200	1600.000	0.0000	66.3078	0.69	1.951

Fonte: PIPE FLOW, 2021

Figura 19 - Curvas de performance de uma bomba geradas no software FluidFlow



Fonte: FLUIDFLOW, 2021

4.3 Normas técnicas para Engenharia Química

O engenheiro ao longo de sua vida profissional precisará de referências técnicas para conduzir seu trabalho. Seja na fase de projeto, análise ou melhoria de sistemas. Diante de um serviço de engenharia da área industrial, o engenheiro tem como recursos os critérios de projeto e as normas técnicas. Os critérios de projeto são referências internas das industrias e possuem caráter não-normativo. Já as normas técnicas são utilizadas para projetar, construir, analisar e regulamentar sistemas complexos. Geralmente as atividades de projeto no Brasil seguem as orientações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e para assuntos específicos e não tratados por essa entidade, deverão ser consultados outros códigos ou normas (TAMIETTI, 2009).

Embora as normas técnicas sejam importantes para o desenvolvimento tecnológico, muitos engenheiros recém formados não possuem o conhecimento sobre os códigos e normas

utilizados em sua área de atuação. Esse cenário é consequência da falta de conteúdo sobre normas técnicas nos cursos de graduação em engenharia. Diante disso, existe um movimento de algumas instituições para incorporar esse conhecimento nos currículos das escolas de engenharia brasileiras. Algumas associações estão propondo um processo de credenciamento para que as universidades e os alunos possuam acesso às normas. Além disso, alguns projetos pedagógicos visam a familiarização dos estudantes com o processo de normalização, introduzindo o tema de normas técnicas no trabalho de fim de curso (MARCATO, 2010).

Os Engenheiros Químicos estão envolvidos com projeto, construção, operação e análise de processos químicos e para desempenhar essas atividades no meio industrial é necessário utilizar normas técnicas nacionais ou internacionais para determinados sistemas. Além de garantir maior segurança aos processos, as normas garantem respaldo jurídico para as indústrias químicas. O Quadro 8 indica os principais códigos e normas utilizados por Engenheiros Químicos no setor industrial.

Quadro 8 – Principais códigos e normas utilizados por Engenheiros Químicos

Sigla	**Norma**	**Exemplo de aplicação em Engenharia Química**
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis
AIChE	American Institute of Chemical Engineers	Segurança de Processos
API	American Petroleum Institute	Dispositivos de segurança e alívio
ASME	American Society of Mechanical Engineers	Tubulações e trocadores de calor
EPA	Environmental Protection Agency	Emissões atmosféricas de sistemas
ISO	International Organization for Standardization	Fluxogramas de engenharia
ISA	International Society of Automation	Instrumentação e controle
NFPA	National Fire Protection Association	Sistema de combate a incêndio
N	Normas Petrobras	Isolamento térmico de sistemas
NR	Normas Regulamentadoras	Caldeiras e vasos de pressão

4.4 Engenharia de produto

Ao longo do tempo, o curso de Engenharia Química sofreu diversas modificações para atender às demandas da sociedade. Fenômenos de transporte, fluidodinâmica, biotecnologia e computação foram alguns dos temas que foram agregados aos cursos de Engenharia Química nas últimas décadas. Mesmo com todas as modificações, o tema de processos químicos manteve a sua relevância nos cursos de graduação. As operações unitárias são as bases dos processos químicos e a produção em grande escala de produtos intermediários garantiu a importância deste tema para manter a eficiência da produção industrial.

Com o passar do tempo, as operações unitárias se consolidaram e se tornaram práticas dominadas, proporcionando uma grande variedade de produtos químicos no mercado. Com isso o foco não é mais o processo, mas sim o produto. No início desse século surgiram os primeiros estudos sobre a engenharia de produto químico no mundo, porém a maioria das universidades brasileiras ainda não incorporaram esse tema em seus cursos de graduação em Engenharia Química.

A indústria química pode produzir um produto de diversas formas (líquidos, gases, sólidos, espuma, gel) para proporcionar um desempenho específico ao cliente final. Esses produtos são chamados de especialidades químicas ou formulações. Embora a engenharia de produto químico seja considerada a evolução natural das disciplinas que formam as bases dos processos químicos, os temas de engenharia de produto e engenharia de processos são complementares (BERNARDO, 2021).

O projeto de um produto químico pode ser realizado em quatro etapas (CUSSLER; WEI, 2003):

- Identificação da necessidade do cliente;
- Geração de ideias para atender a necessidade do cliente;
- Seleção de ideias para desenvolvimento do produto;
- Definição do modo de fabricação do produto: Projeto de processos químicos.

As indústrias de processos químicos devem estar preparadas para produzir diversos tipos de produtos. O Quadro 9 mostra as diferentes categorias de produtos. A produção de commodities químicas tem evoluído para especialidades nos últimos tempos. Essas especialidades químicas possuem alto valor agregado, são produzidas em pequenas quantidades e em bateladas, diferente dos produtos químicos básicos (BERNARDO, 2021).

Quadro 9 - Exemplos de produtos químicos

Categoria de produto	Classe de produto	Exemplo	Atributo chave
Intermediários	Combustível	Etanol	Pureza
Especialidades	Surfactante	Lauril sulfato de amônio	Estrutura molecular
Formulações	Cosmético	Gel esfoliante	Microestrutura
Conceitos de base biológica	Medicamento	Sinvastatina	Atividade biológica
Dispositivos	Dispositivo biomédico	Oxigenador de sangue	Materiais e montagem
Produtos químicos virtuais	Simulador de processos	Aspen Plus	Desempenho computacional
Bens de consumo baseados em tecnologia	Produtos de cuidados pessoais	Fralda descartável	Materiais e montagem

Fonte: BERNARDO, 2021 apud COSTA; MOGGRIDGE; SARAIVA, 2006

Diante dessa nova abordagem, o ensino de Engenharia Química deve se modificar para oferecer aos alunos esses novos conceitos de engenharia de produto. A grade do curso deverá abordar temas sobre substâncias iônicas, polímeros, softwares de modelagem molecular e fluidodinâmica computacional, cristalização, adsorção, reações em batelada e empreendedorismo (CUSSLER; WEI, 2003).

5 DETALHAMENTO DAS DISCIPLINAS PROPOSTAS

Abaixo serão apresentados os planos de ensino das novas disciplinas obrigatórias para o curso de Engenharia Química que foram propostas neste trabalho. Os planos de ensino terão a estrutura conforme abaixo, além dos planejamentos mostrados nos Apêndices A, B, C e D.

- Identificação;
- Ementa;
- Objetivos;
- Programa;
- Metodologia;
- Recursos;
- Avaliação;
- Bibliografia.

5.1 Plano de ensino – Desenvolvimento de fluxogramas

A disciplina de Desenvolvimento de Fluxogramas permitirá ao aluno elaborar diagramas de blocos, fluxogramas de processo e fluxogramas de engenharia, utilizando ferramentas disponíveis para essas atividades.

5.1.1 Identificação

Componente curricular: Desenvolvimento de fluxogramas

Período/série: 4° ou 5° ano

Atividade teórica (horas semanais): 01

Atividade prática (horas semanais): 01

Pré-requisito(s): Desenho Técnico; Operações Unitárias; Instrumentação; Controle de Processos

Carga horária total: 30 horas

5.1.2 Ementa

Diagramas de Blocos. Fluxogramas de Processo (Process Flow Diagram - PFD). Fluxogramas de Engenharia (Piping and Instrumentation Diagram - P&ID). Softwares para elaboração de fluxogramas.

5.1.3 Objetivos

Objetivo geral: Elaborar diagramas de blocos, fluxogramas de processo e fluxogramas de engenharia.

Objetivo específico: Apresentar ao aluno as ferramentas necessárias para a elaboração de diagramas de blocos, fluxogramas de processo e fluxogramas de engenharia utilizados na indústria química.

5.1.4 Programa

1 – Introdução (Tempo sugerido: 2 horas)
1.1 – Apresentação da disciplina
1.2 – Síntese, análise e desenvolvimento de processos
1.3 – Níveis de decisão

2 – Diagramas de blocos (Tempo sugerido: 2 horas)
2.1 – Documentação de projeto na disciplina de Processos
2.2 – Identificação e formatos de fluxogramas
2.2 – Simbologia para diagramas de blocos

3 – Fluxogramas de Processo - PFD (Tempo sugerido: 4 horas)
3.1 – Simbologia para fluxogramas de processo – Balanços, correntes e equipamentos
3.2 - Simbologia para fluxogramas de processo – Controles principais

4 – Fluxogramas de Engenharia – P&ID (Tempo sugerido: 6 horas)
4.1 - Simbologia para fluxogramas de engenharia – Tubulações e equipamentos
4.2 – Simbologia para fluxogramas de engenharia – Elétrica, instrumentação e controle

5 – Softwares para elaboração de fluxogramas (Tempo sugerido: 10 horas)
5.1 – Microsoft Visio

5.2 – Autocad 2D

6 – As Built de instalações – “Como construído” (Tempo sugerido: 2 horas)
6.1 – Levantamento de campo
6.2 – Revisão de fluxogramas

7 – Fluxogramas de engenharia inteligentes (Tempo sugerido: 4 horas)
7.1 – Dados de projetos multidisciplinares
7.2 – Extração de documentos de projeto
7.3 – Autocad P&ID
7.4 – COMOS

5.1.5 Metodologia

As aulas serão teóricas, expositivas e dialogadas, na modalidade presencial e ministradas em laboratório de informática para possibilitar a utilização de softwares específicos. Em cada aula será feita uma apresentação de slides com os conteúdos curriculares teóricos. Esses materiais serão disponibilizados no formato PDF para estudo dos alunos.

4.1.6 Recursos

Laboratório de informática, quadro branco ou de giz, projetor de multimídia, softwares Microsoft Visio e Autocad 2D.

4.1.7 Avaliação

As avaliações serão realizadas por meio de quatro trabalhos com entregas previamente agendadas. A média final será composta da seguinte forma:

$$MF = 0,1.T1 + 0,3.T2 + 0,4.T3 + 0,2.T4$$

Em que:

MF é a média final.

T1 é um trabalho envolvendo um diagrama de blocos elaborado em qualquer software ou ferramenta.

T2 é um trabalho envolvendo um fluxograma de processo elaborado em Microsoft Visio.

T3 é um trabalho envolvendo um fluxograma de engenharia elaborado em Autocad 2D.

T4 é um trabalho envolvendo um fluxograma “As Built” de uma instalação elaborado em Autocad 2D.

Os itens serão avaliados e será atribuída uma nota entre 0 e 10. Caso necessário, o aluno poderá realizar uma prova final para substituir qualquer um dos itens da avaliação para gerar a maior média final. Para ser aprovado, o aluno deverá obter a média final igual ou superior a 5 e 75% de presença nas aulas.

4.1.8 Bibliografia

- CAMPOS, Mario Cesar M. Massa de; TEIXEIRA, Herbert C.G. **Controles Típicos de Equipamentos e Processos Industriais.** 2. ed. São Paulo: Blucher-Petrobras, 2010.
- DOUGLAS, James M. **Conceptual Design of Chemical Processes.** 1. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1988.
- TOGHRAEI, Moe. **Piping and Instrumentation Diagram Development.** 1. ed. Nova York: Wiley-Aiche, 2019.

5.2 Plano de ensino – Utilidades industriais

A disciplina de Utilidades Industriais permitirá ao aluno conhecer, selecionar e dimensionar utilidades para a indústria química.

5.2.1 Identificação

Componente curricular: Utilidades industriais
Período/série: 4° ou 5° ano
Atividade teórica (horas semanais): 02
Atividade prática (horas semanais): 01
Pré-requisito(s): Fenômenos de Transporte; Termodinâmica; Operações Unitárias

Carga horária total: 45 horas

5.2.2 Ementa

Tratamentos de água. Utilidades na indústria química. Sistema de combate a incêndio. Softwares para escoamento de fluidos em rede.

5.2.3 Objetivos

Objetivo geral: Conhecer, selecionar e dimensionar sistemas de utilidades empregados nos processos químicos.

Objetivo específico: Projetar redes de utilidades e de sistema de combate a incêndio utilizando softwares para escoamento de fluidos.

5.2.4 Programa

1 – Introdução (Tempo sugerido: 3 horas)
1.1 – Apresentação da disciplina
1.2 – Utilidades em processos químicos
1.3 – Balanços de energia

2 – Tratamento de água (Tempo sugerido: 6 horas)
2.1 – Captação de água
2.2 – Tratamentos de água para fins potáveis
2.3 – Tratamentos de água industrial

3 – Utilidades na indústria química I (Tempo sugerido: 9 horas)
3.1 – Torres de resfriamento e trocadores de calor
3.2 - Água de resfriamento: suprimento e retorno
3.3 – Desmineralizadores: troca iônica e osmose reversa
3.4 – Água desmineralizada
3.5 - Água potável

4 – Utilidades na indústria química II (Tempo sugerido: 9 horas)

4.1 – Desaeradores e caldeiras
4.2 – Vapor e condensado
4.3 – Compressores e vaso pulmão
4.4 – Ar comprimido para serviço e instrumentos
4.5 – Vasos criogênicos e vaporizadores
4.6 – Nitrogênio

5 – Sistema de combate a incêndio (Tempo sugerido: 3 horas)
5.1 – Água para sistema de combate a incêndio
5.2 - Bombas de incêndio: principal, diesel ou elétrica e jockey
5.3 – Sistemas de hidrantes e sprinklers

6 – Softwares para escoamento de fluidos (Tempo sugerido: 15 horas)
6.1 – Redes de distribuição de utilidades
6.2 – FluidFlow
6.3 – FNESS
6.4 – Pipe Flow

5.2.5 Metodologia

As aulas serão teóricas, expositivas e dialogadas, na modalidade presencial e ministradas em laboratório de informática para possibilitar a utilização de softwares específicos. Em cada aula será feita uma apresentação de slides com os conteúdos curriculares teóricos. Esses materiais serão disponibilizados no formato PDF para estudo dos alunos.

5.2.6 Recursos

Laboratório de informática, quadro branco ou de giz, projetor de multimídia e software FluidFlow.

5.2.7 Avaliação

As avaliações serão realizadas por meio de duas provas e um trabalho, com entregas previamente agendadas. A média final será composta da seguinte forma:

$$MF = 0,3.P1 + 0,5.P2 + 0,2.T$$

Em que:

MF é a média final.

P1 é uma prova escrita, individual e sem consulta.

P2 é uma prova escrita, individual e sem consulta.

T é um trabalho envolvendo uma rede de distribuição de utilidades dimensionada no FluidFlow.

Os itens serão avaliados e será atribuída uma nota entre 0 e 10. Caso necessário, o aluno poderá realizar uma prova final para substituir qualquer um dos itens da avaliação para gerar a maior média final. Para ser aprovado, o aluno deverá obter a média final igual ou superior a 5 e 75% de presença nas aulas.

5.2.8 Bibliografia

- GOMIDE, Reynaldo. **Operações Unitárias Volume II - Fluidos na indústria.** 1. ed. São Paulo: Reynaldo Gomide, 1993.
- MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas – Prediais e Industriais.** 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- ROTAVA, Oscar. **Aplicações Práticas em Escoamento de Fluidos – Cálculo de Tubulações, Válvulas de Controle e Bombas Centrífugas.** 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- TELLES, Pedro C. Silva. **Tubulações industriais – Materiais, Projetos e Montagem**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

5.3 Plano de ensino – Normas técnicas para Engenharia Química

A disciplina de Normas Técnicas para Engenharia Química permitirá ao aluno conhecer os principais códigos e normas utilizados no meio industrial e dimensionar os dispositivos de segurança necessários para os processos químicos.

5.3.1 Identificação

Componente curricular: Normas técnicas para Engenharia Química

Período/série: 4° ou 5° ano

Atividade teórica (horas semanais): 02

Atividade prática (horas semanais): 00

Pré-requisito(s): Fenômenos de Transporte; Termodinâmica; Operações Unitárias; Instrumentação; Controle de Processos

Carga horária total: 30 horas

5.3.2 Ementa

Principais códigos e normas utilizados pelo Engenheiro Químico. Dimensionamento de dispositivos de segurança.

5.3.3 Objetivos

Objetivo geral: Conhecer os principais códigos e normas utilizados por Engenheiros Químicos nas indústrias.

Objetivo específico: Dimensionar e selecionar dispositivos de segurança para processos químicos.

5.3.4 Programa

1 – Introdução (Tempo sugerido: 10 horas)

1.1 – Apresentação da disciplina

1.2 – Apresentação geral dos principais códigos e normas utilizados por Engenheiros Químicos:

- ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AIChE: American Institute of Chemical Engineers
- API: American Petroleum Institute
- ASME: American Society of Mechanical Engineers
- EPA: Environmental Protection Agency
- ISO: International Organization for Standardization

- ISA: International Society of Automation
- NFPA: National Fire Protection Association
- Normas Petrobras
- NR: Normas Regulamentadoras

2 – Normas ABNT (Tempo sugerido: 4 horas)
2.1 – ABNT NBR 17505: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis
2.2 – ABNT NBR 13714: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio

3 – Normas API (Tempo sugerido: 8 horas)
3.1 – API 520: Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries
3.2 – API 521: Pressure-Relieving and Depressurizing Systems
3.3 – API 2000: Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks

4 – Normas ISO (Tempo sugerido: 2 horas)
4.1 – ISO 5807: Information processing — Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts

5 – Normas NFPA (Tempo sugerido: 2 horas)
5.1 – NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection

6 – Normas Petrobras (Tempo sugerido: 2 horas)
6.1 – N-0058: Símbolos gráficos para fluxogramas de processo e de engenharia
6.2 – N-0550: Projeto de isolamento térmico a alta temperatura

7 – Normas Regulamentadoras - NRs (Tempo sugerido: 2 horas)
7.1 – NR-13: Caldeiras, vasos de pressão e tubulações e tanques metálicos de armazenamento

5.3.5 Metodologia

As aulas serão teóricas, expositivas e dialogadas, na modalidade presencial e ministradas em sala comum. Em cada aula será feita uma apresentação de slides com os

conteúdos curriculares teóricos. Esses materiais serão disponibilizados no formato PDF para estudo dos alunos.

5.3.6 Recursos

Sala de aula, quadro branco ou de giz, projetor de multimídia e software Excel.

5.3.7 Avaliação

As avaliações serão realizadas por meio de uma prova e dois trabalhos, com entregas previamente agendadas. A média final será composta da seguinte forma:

$$MF = 0,3.P + 0,3.T1 + 0,4.T2$$

Em que:

MF é a média final.

P é uma prova escrita, individual e sem consulta.

T1 é um trabalho envolvendo o dimensionamento de um dispositivo de segurança conforme API 520 e API 521, em Excel.

T2 é um trabalho envolvendo o dimensionamento de um sistema de proteção de tanques conforme API 2000 e ABNT NBR 17505, em Excel.

Os itens serão avaliados e será atribuída uma nota entre 0 e 10. Caso necessário, o aluno poderá realizar uma prova final para substituir qualquer um dos itens da avaliação para gerar a maior média final. Para ser aprovado, o aluno deverá obter a média final igual ou superior a 5 e 75% de presença nas aulas.

5.3.8 Bibliografia

- Normas ABNT.
- Normas API.
- Normas Petrobras.

5.4 Plano de ensino – Engenharia de produto

A disciplina de Engenharia de Produto permitirá ao aluno liderar projetos de produtos químicos de acordo com as novas demandas do mercado, além de fornecer ferramentas para atuação como Engenheiro Químico autônomo.

5.4.1 Identificação

Componente curricular: Engenharia de Produto

Período/série: 4° ou 5° ano

Atividade teórica (horas semanais): 03

Atividade prática (horas semanais): 00

Pré-requisito(s): Processos Químicos; Operações Unitárias; Reatores Químicos; Controle de Processos

Carga horária total: 45 horas

5.4.2 Ementa

Engenharia de processo e de produto. Categorias de produtos. Operações para Engenharia de Produto. Projeto de produto químico. Empreendedorismo.

5.4.3 Objetivos

Objetivo geral: Conhecer e diferenciar produtos e processos de acordo com as novas demandas do mercado.

Objetivo específico: Apresentar ao aluno as ferramentas necessárias para o desenvolvimento de projetos de novos produtos, para empreendedorismo e atuação autônoma.

5.4.4 Programa

1 – Introdução (Tempo sugerido: 3 horas)

1.1 – Apresentação da disciplina

1.2 – História da Engenharia Química e o foco em processos químicos

1.3 – Nova abordagem para Engenharia Química: Foco no cliente, no produto e suas aplicações

2 – Categorias de produtos químicos (Tempo sugerido: 6 horas)

2.1 – Intermediários

2.2 – Especialidades

2.3 – Formulações

2.4 – Conceitos de base biológica

2.5 – Dispositivos

2.6 – Produtos químicos virtuais

2.7 – Bens de consumo baseados em tecnologia

3 – Química para Engenharia de Produto (Tempo sugerido: 9 horas)

3.1 – Química de polímeros

3.2 – Química de produtos iônicos

3.3 – Softwares de modelagem molecular

4 – Operações para Engenharia de Produto (Tempo sugerido: 9 horas)

4.1 – Processos em batelada e seu controle

4.2 - Cristalização

4.3 – Adsorção

4.4 – Agitação e mistura

4.5 – Reatores em batelada isotérmica e batelada alimentada

4.6 – Softwares de fluidodinâmica computacional

5 – Projeto de produto químico (Tempo sugerido: 9 horas)

5.1 – Identificação da necessidade do cliente

5.2 – Geração de ideias para atender a necessidade do cliente

5.3 – Seleção de ideias para desenvolvimento do produto

5.4 – Definição do modo de fabricação do produto: Projeto de processos químicos

6 – Exercício profissional na Engenharia de Produto (Tempo sugerido: 9 horas)

6.1 – Sistemas CREA e CRQ e possibilidades profissionais para o Engenheiro Químico

6.2 – Produtos químicos não intermediários com baixa escala de produção

6.3 – Atuação profissional do Engenheiro Químico como Consultor ou Empreendedor

6.4 – Inovação, propriedade intelectual e empresas startup

5.4.5 Metodologia

As aulas serão teóricas, expositivas e dialogadas, na modalidade presencial e ministradas em sala comum. Em cada aula será feita uma apresentação de slides com os conteúdos curriculares teóricos. Esses materiais serão disponibilizados no formato PDF para estudo dos alunos.

5.4.6 Recursos

Sala de aula, quadro branco ou de giz e projetor de multimídia.

5.4.7 Avaliação

As avaliações serão realizadas por meio de duas provas e um trabalho, com entregas previamente agendadas. A média final será composta da seguinte forma:

$$MF = 0{,}3.P1 + 0{,}5.P2 + 0{,}2.T$$

Em que:

MF é a média final.

P1 é uma prova escrita, individual e sem consulta.

P2 é uma prova escrita, individual e sem consulta.

T é um trabalho envolvendo o projeto de um produto químico.

Os itens serão avaliados e será atribuída uma nota entre 0 e 10. Caso necessário, o aluno poderá realizar uma prova final para substituir qualquer um dos itens da avaliação para gerar a maior média final. Para ser aprovado, o aluno deverá obter a média final igual ou superior a 5 e 75% de presença nas aulas.

5.4.8 Bibliografia

- CUSSLER, E. L.; MOGGRIDGE, G. D. **Chemical Product Design.** 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

6 CONCLUSÃO

A elaboração de quatro planos de ensino para as disciplinas propostas neste trabalho foi concluída. Ao longo deste estudo foram explorados os temas de fluxogramas, utilidades industriais, normas técnicas e engenharia de produto. Além dos planos de ensino, foram desenvolvidos os respectivos planejamentos de aulas de cada disciplina e um artigo com a experiência do Autor.

Estas quatro novas disciplinas foram planejadas para compor a estrutura curricular obrigatória de um curso de Engenharia Química em uma universidade brasileira e poderiam ser ministradas no final da graduação. Estes temas se mostraram relevantes para o início de carreira de estudantes em posições como Trainee ou Engenheiro Júnior com até 5 anos de formação nas áreas de projetos, processos ou produção para o segmento químico.

Com base na revisão bibliográfica, competências dos egressos do curso de engenharia definidas pelo MEC, experiências do Autor e pesquisa de mercado foi possível elaborar duas relações importantes. A primeira, mostrou que as disciplinas propostas neste trabalho proporcionam algumas competências esperadas pelo MEC aos egressos do curso de Engenharia Química. Já a segunda relação trouxe a necessidade do mercado por meio dos requisitos exigidos em vagas de Engenharia Química e que podem ser supridos pelas disciplinas recomendadas neste estudo. Estas análises mostraram que é possível implantar as quatro disciplinas em um curso de Engenharia Química após uma avaliação do Núcleo Docente Estruturante (NDE).

Diante do cenário atual enfrentado pelos estudantes do curso de Engenharia Química, podemos verificar que a ligação entre academia e indústria ainda precisa ser fortalecida. No entanto, também é possível distribui novos conteúdos em disciplinas já existentes, para complementar a formação dos alunos. Com esta alternativa, os profissionais em início de carreira poderiam desempenhar as suas atividades de maneira mais assertiva, com mais propósito e significado, atendendo assim, a demanda da sociedade.

7 PERSPECTIVAS FUTURAS

A partir das conclusões obtidas ao longo deste estudo, foi verificado que os temas abordados neste trabalho podem ser melhorados ou aprofundados. Seguem abaixo algumas sugestões para o andamento do trabalho:

- Desenvolver ferramentas computacionais para as disciplinas que possuem cálculos, por exemplo Utilidade Industriais e Normas Técnicas para Engenharia Química;
- Avaliar a aquisição de licenças acadêmicas ou parcerias com fornecedores dos softwares apresentados neste trabalho;
- Apresentar os temas em formato de palestras ou oficinas para verificar o interesse e reação dos alunos;
- Avaliar as estruturas curriculares dos cursos de Engenharia Química para possível substituição de conteúdos, considerando as disciplinas propostas;
- Implementar as novas disciplinas em caráter piloto nos cursos de Engenharia Química.

É importante também pesquisar novas tendências econômicas e ambientais para criar ou atualizar conteúdos que ajudem os futuros Engenheiros Químicos em suas primeiras oportunidades no mercado de trabalho. Seguem alguns exemplos:

- Segurança de processos e análises de risco, por exemplo Hazop (Hazard and Operability Studies), APR (Análise Preliminar de Riscos) e LOPA (Layers of Protection Analysis);
- Processos com matérias-primas renováveis;
- Energia;
- Química verde;
- Estimativas de investimentos para novas instalações industriais, CAPEX (Capital Expenditure) e OPEX (Operational Expenditure);
- Ciência e engenharia de dados aplicados à engenharia;
- Inteligência emocional, comunicação, gestão de pessoas, liderança e inglês técnico.

REFERÊNCIAS

ARGUS PRODUTOS E SISTEMAS CONTRA INCÊNDIO. 2021. Disponível em: https://www.argus-engenharia.com.br. Acesso em: 26 jun. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2021. Disponível em: http://www.abnt.org.br. Acesso em: 02 jul. 2021.

ASTI. **Applied software's guide to plant 3D.** 2021 Disponível em: https://www.asti.com/applied-software-guide-to-plant-3d/. Acesso em: 20 nov. 2021.

AUTODESK. **Autocad LT.** 2021. Disponível em: https://www.autodesk.com.br/products/autocad-lt/overview#what-is-autocad-lt. Acesso em: 20 nov. 2021.

A1 ENGENHARIA. **Cadastre seu currículo.** 2021. Disponível em: https://sistema.rh1000.com.br/rh1000/app/externo/login/1000000091265340#. Acesso em: 10 nov. 2021.

BERNARDO, André. **Engenharia de processos ou engenharia de produto?.** 2021. Disponível em: https://www.quimica.com.br/engenharia-de-processos-ou-engenharia-de-produto. Acesso em: 11 jul. 2021.

BERNARDO, André. **Para onde vai a Engenharia Química?.** 2021. Disponível em: https://www.quimica.com.br/para-onde-vai-a-engenharia-quimica-abeq. Acesso em: 31 out. 2021.

BOJORGE, Ninoska. **Simbologia e nomenclatura de instrumentação e controle.** Rio de Janeiro: UFF, 2014. 51 slides. Disponível em: https://www.professores.uff.br/ninoska/wp-content/uploads/sites/57/2017/08/Aula02_Instrumen_Nomenclat_2sem2014.pdf. Acesso em: 07 nov. 2021.

BOX UFSCAR. **Especialização em processos químicos industriais.** 2021. Disponível em: https://box.ufscar.br/61-especializa%C3%A7%C3%A3o-em-processos-qu%C3%ADmicos-industriais. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL (MEC). Resolução CNE/CES n. 2, de 18 de junho de 2007. Carga horária mínima e procedimentos relativos à integralização e duração dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial. **Diário oficial da União,** Brasília, 17 set. 2007. Seção 1, p. 23.

BRASIL (MEC). Resolução CNE/CES n. 2, de 24 de abril de 2019. Diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em Engenharia. **Diário oficial da União,** Brasília, 26 abr. 2019. Seção 1, p. 43-44.

BRASIL (MEC). Resolução CONAES n. 1, de 17 de junho de 2010. **Núcleo docente estruturante e outras providências.** Brasília, 17 jun. 2010.

BRASKEM. **Carreira.** 2021. Disponível em: https://www.braskem.com.br/carreira. Acesso em: 10 nov. 2021.

BUCKA INDÚSTRIA E COMÉRCIO. 2021. Disponível em: https://www.bucka.com.br. Acesso em: 26 jun. 2021.

CATÁLOGO DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO DA UNICAMP. **Engenharia Química.** Campinas, 2021. Disponível em: https://www.dac.unicamp.br/sistemas/catalogos/grad/catalogo2021/cursos/9g/index.html. Acesso em: 21 set. 2021.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI. **Engenharia Química.** São Bernardo do Campo, 2021. Disponível em: https://portal.fei.edu.br/engenharia-quimica. Acesso em: 21 set. 2021.

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI. **Projeto pedagógico do curso de Engenharia Química.** São Bernardo do Campo, 2020. Disponível em: https://portal.fei.edu.br/engenharia-quimica. Acesso em: 21 set. 2021.

CHEMENG BRASIL. **Fluxograma de processos químicos.** 2021. Disponível em: https://chemengbrasil.wixsite.com/index/single-post/2017/04/04/fluxograma-de-processos-qu%C3%ADmicos. Acesso em: 20 nov. 2021.

CORDEIRO, J. S. et al. Um futuro para a educação em engenharia no Brasil: Desafios e oportunidades. **Revista de Ensino de Engenharia,** v. 27, n. 3, p. 69 – 82, 2009.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **IT 25**: Instrução Técnica para líquidos combustíveis e inflamáveis. São Paulo, 2019. Disponível em: http://www.ccb.policiamilitar.sp.gov.br/dsci_publicacoes2/_lib/file/doc/IT-25-19.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

COSTA, R.; MOGGRIDGE, G. D.; SARAIVA, P. M.. Chemical Product Engineering: an emerging paradigm within chemical engineering. **Aiche Journal,** v. 52, n. 6, p. 1976-1986, June 2006.

CREMASCO, Marco Aurélio. Engenharia química no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Química,** v. 31, n. 1, p. 15 – 17, jan./abr. 2015.

CREMASCO, Marco Aurélio. **Vale a pena estudar Engenharia Química**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

CUSSLER, E. L.; MOGGRIDGE, G. D. **Chemical Product Design.** 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

CUSSLER, E. L.; WEI, James. Chemical product engineering. **AIChE Journal**, v. 49, n. 5, p. 1072-1075, May 2003.

DIONISI, Fabio. **Engenharia de Processos Químicos Aplicada em Projetos Industriais**: Tomo 1. São Paulo: Dionisi, 2018.

DIONISI, Fabio. **Engenharia de Processos Químicos Aplicada em Projetos Industriais**: Tomo 2. São Paulo: Dionisi, 2018.

DOUGLAS, James M. **Conceptual Design of Chemical Processes.** 1. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1988.

EXTECAMP. **Engenharia de processos químicos.** 2022. Disponível em: https://www.extecamp.unicamp.br/dados.asp?sigla=%81g%C8%C2%5F%E2%DD%9E&of=%F7%13%A8. Acesso em: 04 jan. 2022.

FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNICAMP. 2021. Disponível em: https://www.feq.unicamp.br. Acesso em: 20 jun. 2021.

FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNICAMP. **Projeto pedagógico do curso de Engenharia Química.** Campinas, 2013. Disponível em: https://www.feq.unicamp.br/images/stories/documentos/Graduacao/ProjetoPedagogico.pdf. Acesso em: 21 set. 2021.

FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. **Planos de ensino**. 2021. Disponível em: http://www.feq.ufu.br/graduacao/engenharia-quimica/planos-de-ensino. Acesso em: 02 jul. 2021.

FERREIRA, Newton Libanio. **Introdução ao uso do Aspen Plus.** São Paulo: USP, 2017. 304 slides.

FIGENER. **Fness.** 2021. Disponível em: https://www.figener.com.br/softwares/calculo-de-escoamento/#fness. Acesso em: 26 jun. 2021.

FLUIDFLOW. **FluidFlow.** 2021. Disponível em: https://fluidflowinfo.com/products. Acesso em: 10 nov. 2021.

FURINI, Thais Gama et al. Avaliação da formação em Engenharia Química pela percepção de egressos da UFTM (2014-2019). **Regae – Revista de gestão e avaliação educacional,** v. 9, n. 18, p. 1 – 16, 2020.

GENPRO ENGENHARIA. **Trabalhe conosco.** 2021. Disponível em: https://www.genpro.com.br/trabalhe-conosco. Acesso em: 10 nov. 2021.

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL. **Normas regulamentadoras.** 2021. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs. Acesso em: 02 jul. 2021.

GUIA DA CARREIRA. **Como está o mercado de trabalho para Engenharia Química?.** 2021. Disponível em: https://www.guiadacarreira.com.br/carreira/mercado-de-trabalho-engenharia-quimica. Acesso em: 24 nov. 2021.

HEXAGON. **Intergraph Smart P&ID Software.** 2021. Disponível em: https://hexagonppm.com/pt-br/offerings/products/intergraph-smart-pid. Acesso em: 12 dez. 2021.

HILL, Michael. **Chemical Product Design**: What is it? Why is it important? How is it done?. New York: Slides, [2012?]. Color. Disponível em: https://www.aiche.org/sites/default/files/community/446171/aiche-community-site page/448906/chemicalproductdesign-hill.pdf. Acesso em: 11 jul. 2021.

INSTITUTO PRÓ ENGENHARIA E ARQUITETURA. 2021. Disponível em: https://ipeasp.com.br. Acesso em: 20 jun. 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 2021. Disponível em: https://www.iso.org/home.html. Acesso em: 02 jul. 2021.

LIMA, Lisandra Ferreira de; VIEIRA, Admilson Lopes; DUTRA, Alessandra. Utilização de mapas conceituais para a elaboração de projeto de curso de Engenharia Química. **Revista de Ensino de Engenharia,** v. 39, p. 463 – 471, 2020.

LISBÔA, Antonio Carlos Luz. **Certo ou errado.** Campinas: UNICAMP, 2021.

LISBÔA, Antonio Carlos Luz. **Diga o que quiser.** Campinas: UNICAMP, 2020.

LISBÔA, A. C. L.; MORATORI, C. C.. Publique e Pereça. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 23., 2021, Gramado. **Anais...** Gramado: Faurgs, 2021.

LOPES, Carmen Silvia Gonçalves et al. Uso da tecnologia de informação e comunicação em disciplinas de cursos de Engenharia Química e Engenharia de Computação. **Revista de Ensino de Engenharia,** v. 30, n. 1, p. 15 – 23, 2011.

LUCIDCHART. **Tudo sobre o Microsoft Visio para diagramas.** 2021. Disponível em: https://www.lucidchart.com/pages/pt/visio/o-que-e-microsoft-visio. Acesso em: 05 dez. 2021.

MARCATO, Miracyr Assis. **A importância das normas técnicas na Engenharia.** 2010. Disponível em: https://www.institutodeengenharia.org.br/site/2010/08/12/a-importancia-das-normas-tecnicas-na-engenharia. Acesso em: 31 out. 2021.

MÉTODO ENGENHARIA. **Carreiras.** 2021. Disponível em: https://jobs.kenoby.com/metodo. Acesso em: 10 nov. 2021.

MICROSOFT. **Criar um PFD no Visio.** 2021. Disponível em: https://support.microsoft.com/pt-br/office/criar-uma-id-p-ou-pfd-1867e7bd-7bef-4dec-b4c4-28d1c6d954ee. Acesso em: 12 dez. 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Qual a diferença entre pós-graduação lato sensu e stricto sensu?.** 2018. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=13072:qual-a-diferenca-entre-pos-graduacao-lato-sensu-e-stricto-sensu. Acesso em: 05 jan. 2022.

NASCIMENTO, Felipe. **Como fazer fluxogramas no Visio 2016.** 2019. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=nM5wI18t-dg. Acesso em: 12 dez. 2021.

NAKAMURA, Juliana. **As Built**: o que é e para que serve?. 2019. Disponível em: https://www.buildin.com.br/as-built/. Acesso em: 20 jun. 2021.

NAZÁRIO, Edvaldo Oliveira. **Utilizando base de dados de fluxogramas em modelagem 3D.** 2021. Disponível em: https://patriaprojetos.com.br/utilizando-base-de-dados-de-fluxogramas-em-modelagens-3d. Acesso em: 20 nov. 2021.

NEW SAFETY SISTEMAS CONTRA INCÊNDIO. **Sistema de bombas de incêndio.** 2021. Disponível em: https://www.newsafety.com.br/bombasincendio. Acesso em: 26 jun. 2021.

ORIGEM ENERGIA. **Trabalhe conosco.** 2021. Disponível em: https://www.origemenergia.com/trabalhe_conosco.asp. Acesso em: 10 nov. 2021.

OXITENO. **Carreiras.** 2021. Disponível em: https://oxiteno.com/br/pt-br/sobre-a-oxiteno/carreiras. Acesso em: 10 nov. 2021.

PETROBRAS. **Catálogo de normas técnicas.** 2020. Disponível em: https://canalfornecedor.petrobras.com.br/media/filer_public/8f/34/8f340bca-36ee-43a2-996e-3bc393cb9be8/catalogo-normas-janeiro.pdf. Acesso em: 02 jul. 2021.

PIPE FLOW. **Pipe Flow Expert Software:** Model Pipe Networks, Calculate Flow & Pressure. 2021. Disponível em: https://www.pipeflow.com/pipe-flow-expert-software. Acesso em: 12 dez. 2021.

REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA QUÍMICA. São Paulo: ABEQ, v. 34, n. 1, jan./abr. 2018. Quadrimestral.

RHODIA. **Carreiras.** 2021. Disponível em: https://www.rhodia.com.br/carreiras. Acesso em: 10 nov. 2021.

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Referenciais nacionais dos cursos de Engenharia**. Brasília, [201-?]. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/referenciais.pdf. Acesso em: 21 set. 2021.

SELEÇÃO ENGENHARIA. **Como está o mercado de trabalho para Engenheiros Químicos?.** 2019. Disponível em: https://selecaoengenharia.com.br/blog/como-esta-o-mercado-para-engenheiros-quimicos. Acesso em: 20 nov. 2021.

SIEMENS. **Integrated Operations with COMOS Walkinside.** 2018. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=O3dCag94sIQ. Acesso em: 12 dez. 2021.

SIEMENS. **Software para Indústria COMOS.** 2021. Disponível em: https://new.siemens.com/br/pt/produtos/software/industria/comos.html. Acesso em: 12 dez. 2021.

SILVA, Rosenir Rita de Cássia Moreira da; MAINIER, Fernando Benedicto; PASSOS, Fabio Barboza. A contribuição da disciplina de introdução à engenharia química no diagnóstico da evasão. **Ensaio: Avaliação e políticas públicas em Educação,** v. 14, n. 51, p. 261 – 277, abr./jun. 2016.

SOUZA, José Guilherme Pascoal de; MACEDO, André Casimiro de. **Engenharia Química:** Os profissionais e as suas atribuições. Brasília: Confea, 2016. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads/cartilha_eng_quim_PDFsite_compact.pdf. Acesso em: 26 set. 2021.

TAMIETTI, Ricardo Prado. **Engenharia de Projetos Industriais**. Belo Horizonte: Engeweb, 2009. (Disciplina de Projetos Industriais). Disponível em: http://www.eq.ufrj.br/docentes/per/APOSTILA_PROJETOS_INDUSTRIAIS(1).pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

TOGHRAEI, Moe. **Piping and Instrumentation Diagram Development.** 1. ed. Nova York: Wiley-Aiche, 2019.

TOWLER, Gavin; SINNOTT, Ray. **Chemical Engineering design:** Principles, practice and economics of plant and process design. 2. ed. Oxford: Elsevier, 2013.

UNIPAR. **Dicloroetano.** 2021. Disponível em: https://www.unipar.com/dicloretano. Acesso em: 09 nov. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. **Áreas de atuação do Engenheiro Químico.** 2021. Disponível em: https://eq.quimica.ufg.br/p/2299-area-de-atuacao. Acesso em: 24 nov. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Ementas e planos de ensino do curso de Engenharia Química.** 2021. Disponível em: http://www.tecnologia.ufpr.br/portal/cceq/ementas-e-planos. Acesso em: 02 jul. 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. **Engenharia Química.** Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: http://www.eq.ufrj.br/graduacao/cursos/engenharia-quimica. Acesso em: 21 set. 2021.

VAGAS. **Engenheiro Químico.** 2021. Disponível em: https://www.vagas.com.br/cargo/engenheiro-quimico#salary. Acesso em: 20 nov. 2021.

WINTERMANTEL, K.. Process and product engineering - Achievements, present and future challenges. **Chemical Engineering Science 54**, p. 1601-1620, 1999.

WONG, Tammy. **Process flow diagram.** 2015. Disponível em: https://processdesign.mccormick.northwestern.edu/index.php/Process_flow_diagram. Acesso em: 20 nov. 2021.

ZANROSSO, Crissiê Dossin et al. Operação café passado: Uma perspectiva didático-pedagógica para o ensino em Engenharia Química. **Química Nova,** v. 40, n. 8, p. 957 – 962, 2017.

APÊNDICE A – PLANEJAMENTO DE AULAS PARA A DISCIPLINA DE DESENVOLVIMENTO DE FLUXOGRAMAS

Quadro A. 1 - Planejamento de aulas para a disciplina de Desenvolvimento de Fluxogramas

Aula	Duração (h)	Conteúdo	Material de apoio
01	2	1. Apresentação da disciplina; 2. Síntese, análise e desenvolvimento de processos; 3. Níveis de decisão.	- Slides com conteúdo.
02	2	1. Documentação de projeto na disciplina de Processos; 2. Identificação e formatos de fluxogramas; 3. Simbologia para diagramas de blocos.	- Slides com conteúdo.
03	2	1. Simbologia para fluxogramas de processo – Balanços, correntes e equipamentos.	- Slides com conteúdo.
04	2	1. Simbologia para fluxogramas de processo – Controles principais.	- Slides com conteúdo.
05	2	1. Simbologia para fluxogramas de engenharia – Tubulações e equipamentos.	- Slides com conteúdo.
06	2	1. Simbologia para fluxogramas de engenharia – Tubulações e equipamentos (continuação).	- Slides com conteúdo.
07	2	1. Simbologia para fluxogramas de engenharia – Elétrica, instrumentação e controle.	- Slides com conteúdo.
08	2	1. Microsoft Visio.	- Slides com conteúdo; - Software Microsoft Visio.
09	2	1. Microsoft Visio (continuação).	- Slides com conteúdo; - Software Microsoft Visio.
10	2	1. Autocad 2D.	- Slides com conteúdo; - Software Autocad 2D.
11	2	1. Autocad 2D (continuação).	- Slides com conteúdo;

			- Software Autocad 2D.
12	2	1. Autocad 2D (continiação).	- Slides com conteúdo; - Software Autocad 2D.
13	2	1. Levantamento de campo; 2. Revisão de fluxogramas.	- Slides com conteúdo; - Visita à um laboratório de Operações Unitárias.
14	2	1. Dados de projetos multidisciplinares; 2. Extração de documentos de projeto.	- Slides com conteúdo.
15	2	1. Autocad P&ID; 2. COMOS.	- Slides com conteúdo; - Vídeos.

APÊNDICE B – PLANEJAMENTO DE AULAS PARA A DISCIPLINA DE UTILIDADES INDUSTRIAIS

Quadro A. 2 - Planejamento de aulas para a disciplina de Utilidades Industriais

Aula	Duração (h)	Conteúdo	Material de apoio
01	3	1. Apresentação da disciplina; 2. Utilidades em processos químicos; 3. Balanços de energia.	- Slides com conteúdo; - Exercícios em grupo.
02	3	1. Captação de água; 2. Tratamentos de água para fins potáveis.	- Slides com conteúdo.
03	3	1. Tratamentos de água industrial.	- Slides com conteúdo.
04	3	1. Torres de resfriamento e trocadores de calor.	- Slides com conteúdo.
05	3	1. Água de resfriamento: suprimento e retorno.	- Slides com conteúdo; - Exercícios em grupo.
06	3	1. Desmineralizadores: troca iônica e osmose reversa; 2. Água desmineralizada; 3. Água potável.	- Slides com conteúdo; - Exercícios em grupo.
07	3	1. Desaeradores e caldeiras; 2. Vapor e condensado.	- Slides com conteúdo; - Exercícios em grupo.
08	3	1. Compressores e vaso pulmão; 2. Ar comprimido para serviço e instrumentos.	- Slides com conteúdo; - Exercícios em grupo.
09	3	1. Vasos criogênicos e vaporizadores; 2. Nitrogênio.	- Slides com conteúdo; - Exercícios em grupo.
10	3	1. Água para sistema de combate a incêndio; 2. Bombas de incêndio: principal, diesel ou elétrica e jockey; 3. Sistemas de hidrantes e sprinklers.	- Slides com conteúdo.
11	3	1. Redes de distribuição de utilidades.	- Slides com conteúdo.
12	3	1. FluidFlow; 2. FNESS;	- Slides com conteúdo; - Vídeos;

		3. Pipe Flow.	- Software FluidFlow.
13	3	1. FluidFlow (continuação).	- Slides com conteúdo; - Software FluidFlow.
14	3	1. FluidFlow (continuação).	- Slides com conteúdo; - Software FluidFlow.
15	3	1. FluidFlow (continuação).	- Slides com conteúdo; - Software FluidFlow.

APÊNDICE C – PLANEJAMENTO DE AULAS PARA A DISCIPLINA DE NORMAS TÉCNICAS PARA ENGENHARIA QUÍMICA

Quadro A. 3 - Planejamento de aulas para a disciplina de Normas Técnicas para Engenharia Química

Aula	Duração (h)	Conteúdo	Material de apoio
01	2	1. Apresentação da disciplina; 2. ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas; 3. AIChE: American Institute of Chemical Engineers.	- Slides com conteúdo.
02	2	1. API: American Petroleum Institute; 2. ASME: American Society of Mechanical Engineers.	- Slides com conteúdo
03	2	1. EPA: Environmental Protection Agency; 2. ISO: International Organization for Standardization.	- Slides com conteúdo.
04	2	1. ISA: International Society of Automation; 2. NFPA: National Fire Protection Association.	- Slides com conteúdo.
05	2	1. Normas Petrobras; 2. NR: Normas Regulamentadoras.	- Slides com conteúdo.
06	2	1. ABNT NBR 17505: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis.	- Slides com conteúdo; - Software Excel.
07	2	1. ABNT NBR 13714: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.	- Slides com conteúdo.
08	2	1. API 520: Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries.	- Slides com conteúdo; - Vídeos; - Software Excel.
09	2	1. API 520: Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries (continuação);	- Slides com conteúdo; - Software Excel.

		2. API 521: Pressure-Relieving and Depressurizing Systems.	
10	2	1. API 2000: Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks.	- Slides com conteúdo; - Vídeos; - Software Excel.
11	2	1. API 2000: Venting Atmospheric and Low-pressure Storage Tanks (continuação).	- Slides com conteúdo; - Software Excel.
12	2	1. ISO 5807: Information processing — Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts.	- Slides com conteúdo.
13	2	1. NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection.	- Slides com conteúdo.
14	2	1. N-0058: Símbolos gráficos para fluxogramas de processo e de engenharia; 2. N-0550: Projeto de isolamento térmico a alta temperatura.	- Slides com conteúdo.
15	2	1. NR-13: Caldeiras, vasos de pressão e tubulações e tanques metálicos de armazenamento.	- Slides com conteúdo.

APÊNDICE D – PLANEJAMENTO DE AULAS PARA A DISCIPLINA DE ENGENHARIA DE PRODUTO

Quadro A. 4 - Planejamento de aulas para a disciplina de Engenharia de Produto

Aula	Duração (h)	Conteúdo	Material de apoio
01	3	1. Apresentação da disciplina; 2. História da Engenharia Química e o foco em processos químicos; 3. Nova abordagem para Engenharia Química: Foco no cliente, no produto e suas aplicações.	- Slides com conteúdo.
02	3	1. Intermediários; 2. Especialidades; 3. Formulações.	- Slides com conteúdo.
03	3	1. Conceitos de base biológica; 2. Dispositivos; 3. Produtos químicos virtuais; 4. Bens de consumo baseados em tecnologia.	- Slides com conteúdo. - Vídeos.
04	3	1. Química de polímeros.	- Slides com conteúdo.
05	3	1. Química de produtos iônicos.	- Slides com conteúdo.
06	3	1. Softwares de modelagem molecular.	- Slides com conteúdo; - Vídeos.
07	3	1. Processos em batelada e seu controle; 2. Cristalização.	- Slides com conteúdo.
08	3	1. Adsorção; 2. Agitação e mistura.	- Slides com conteúdo.
09	3	1. Reatores em batelada isotérmica e batelada alimentada; 2. Softwares de fluidodinâmica computacional.	- Slides com conteúdo; - Vídeos.
10	3	1. Identificação da necessidade do cliente; 2. Geração de ideias para atender a necessidade do cliente.	- Slides com conteúdo.

11	3	1. Seleção de ideias para desenvolvimento do produto; 2. Definição do modo de fabricação do produto: Projeto de processos químicos.	- Slides com conteúdo.
12	3	1. Definição do modo de fabricação do produto: Projeto de processos químicos (continuação).	- Slides com conteúdo.
13	3	1. Sistemas CREA e CRQ e possibilidades profissionais para o Engenheiro Químico.	- Slides com conteúdo.
14	3	1. Produtos químicos não intermediários com baixa escala de produção; 2. Atuação profissional do Engenheiro Químico como Consultor ou Empreendedor.	- Slides com conteúdo.
15	3	1. Inovação, propriedade intelectual e empresas startup.	- Slides com conteúdo.

APÊNDICE E – ARTIGO “ENGENHARIA QUÍMICA: REFLEXÕES”

No ano de 2020 eu completei 10 anos de formado em Engenharia Química. No total, são mais de 15 anos de dedicação a essa área que começou a despertar meu interesse ainda no ensino médio. Muita coisa aconteceu durante esse período e ao longo do tempo fiz algumas reflexões e tirei conclusões com base nas experiências que eu vivi.

Não escolhi a minha área de atuação

Processos químicos, projetos industriais, produção, qualidade, segurança, pesquisa, vendas, compras, laboratório, docência, etc. Todas essas opções, aplicadas em indústrias de tintas, papel e celulose, açúcar e álcool, petroquímica, refinarias, farmacêuticas, alimentos e bebidas... Temos inúmeras áreas e ramos de atuação. Eu fiquei fascinado por tudo isso durante a graduação e tinha interesse por algumas áreas. O problema é que eu não tinha nenhuma ação sobre isso. Procurei estágio durante 1 ano e me senti “filtrado” nos processos seletivos. Perdi a conta do número de entrevistas, dinâmicas, painéis, e apresentações que eu fiz. Em um processo de uma indústria química multinacional, fiz inscrição, teste online, entrevista, dinâmica, redação em inglês, entrevista em inglês por telefone, painel com gestores, entrevista final e... não fui aprovado. Tudo isso durou 5 meses. Até que consegui um estágio na área de Engenharia de Projetos em uma indústria de cosméticos. E o fato de eu ter sido “escolhido” para essa vaga, definiu todo o meu futuro profissional e os empregos que eu consegui na sequência.

A essência da profissão

A Universidade nos prepara para sermos Engenheiros de Processos em grandes indústrias químicas, refinarias e centrais petroquímicas. Entendo que a essência da profissão seja aplicar de forma integrada as ciências (Termodinâmica, Cinética Química, fenômenos de transporte) e tecnologias (Reatores Químicos e Operações Unitárias) da Engenharia Química para resolver problemas relacionados ao processamento de produtos. Cabe a nós a otimização dos processos utilizando simuladores e cálculos.

Sendo esse o escopo principal de nossa profissão, ficamos com um campo de trabalho bastante restrito quando comparamos o que aprendemos em um curso de Engenharia Química e o que o mercado de trabalho oferece em suas vagas.

O mercado de trabalho

Será que o mercado (ainda) precisa do que aprendemos na Universidade? Vejo pouquíssimas vagas com o escopo de Engenharia de Processos conforme fomos treinados durante o curso de graduação. Basta uma busca no Linkedin ou no site Vagas. Quantas posições em aberto temos para Engenheiro de Processos Químicos?

Poucas pessoas sabem o que fazemos e alguns ramos industriais nem possuem a vaga de Engenheiro de Processos. Sem contar que alguns sistemas também são ensinados na Engenharia Mecânica (bombas, caldeiras e trocadores de calor). Com isso também surge concorrência. Tenho a impressão de que somos valorizados em indústrias que trabalham com operações que somente um Engenheiro Químico estuda e dimensiona (destilação, por exemplo).

Bom, mas antes de qualquer especialidade somos Engenheiros. E isso abre muita porta! Podemos trabalhar em praticamente qualquer área. Tenho amigos em Marketing, Bancos, Finanças e até RH. Isso é bom e ruim. Temos muitas oportunidades, porém não usamos a essência da profissão.

O que não aprendi na Universidade

Para começar, não tive aulas de Autocad na graduação. Vimos somente desenho técnico "na mão". Não sei se isso mudou porque me formei em 2010. O fato é que para desenhar um quadrado em qualquer empresa é necessário saber Autocad. E no nosso caso, precisamos dessa ferramenta para desenhar fluxogramas de processo ou de engenharia (P&ID).

Não tive uma matéria que abordasse as normas de cálculo de sistemas, por exemplo API. O meio industrial exige uma referência para dimensionamento de alguns sistemas, principalmente dispositivos de segurança.

Vi o tema Utilidades (água, vapor, ar comprimido, nitrogênio, etc.) de maneira muito superficial. Não aprendi como calcular redes de distribuição dessas utilidades.

Simuladores é um assunto importante. São ferramentas que otimizam nosso tempo, porém é preciso cautela para usar. É preciso entender o sistema que se deseja simular e analisar de forma crítica os resultados obtidos. Na Universidade eu tive maior contato com o Aspen, mas existem inúmeros simuladores para vários sistemas. Os softwares para redes de escoamento são muito utilizados, porém quase nunca abordados na graduação.

Comunicação, escrita, relacionamento, liderança, inteligência emocional. Esses fatores são importantíssimos dentro do mundo corporativo.

Excel, Word, Power Point e E-mail também são ferramentas de uso diário na vida de um engenheiro em uma empresa. Parece básico, mas eu por exemplo não sabia da importância da comunicação por e-mail quando entrei no estágio.

Inglês é uma habilidade muito solicitada pelo mercado de trabalho. Embora as empresas entendam que seja responsabilidade do profissional, acho que as Universidades poderiam proporcionar maior contato com a língua por meio de cursos regulares para explorar o inglês técnico.

O que eu já fiz na minha vida

É possível fazer muita coisa como Engenheiro Químico. No meu caso, minhas experiências determinaram minha área de atuação. Fiz estágio em uma indústria de cosméticos, na área de projetos. Em seguida, entrei em uma empresa de Engenharia. Com essas duas experiências, que somaram aproximadamente 3 anos, foi natural que eu seguisse na área de Projetos industriais. E assim foi em um Terminal de Produtos Químicos e recentemente na Agroindústria para produção de açúcar e etanol.

Fiz um MBA em Gerenciamento de Projetos. Eu procurei alguns cursos na área técnica, porém nenhum me interessou. Seguir com esse curso de gestão foi muito bom para minha vida pessoal e profissional. É interessante estudar uma área administrativa depois de um curso de Engenharia, pois de cada 8 matérias no semestre apenas 1 (ou nenhuma) aborda ciências humanas. Resultado? Eu saí da Universidade sem saber escrever um texto coerente.

Profissionalmente já fiz cálculos, reuniões técnicas, estudos, documentos, levantamentos de campo, viagens, visitas, orçamentos, treinamentos, análises de risco, planejamento, finanças, etc. Já trabalhei com outras áreas da Engenharia... Até navego bem com mecânica, tubulação e instrumentação. Mas civil e elétrica, prefiro pedir ajuda aos meus colegas de profissão.

Infelizmente, fiz muito menos cálculos do que gostaria. O ambiente empresarial exige muitas vezes a resolução de conflitos, a negociação, o diálogo. Em 2020 ainda lidamos com ego e vaidade. Ainda enfrentamos as frases: “Não podemos mudar esse procedimento” ou “Ele é gerente/diretor e você não pode falar com ele”.

Trabalhar para quem?

Essa profissão foi criada para atender uma demanda de profissionais nas indústrias químicas. E ainda hoje (2020!) aprendemos isso na Universidade. Não somos ensinados a trabalhar de forma autônoma. E seu quiser abrir minha própria indústria de tintas? O que eu faço? Eu posso? Ou vou ter que ficar a vida inteira trabalhando no mundo corporativo seguindo o sonho de alguém? O fato é que as Universidades dão pouca importância para empreendedorismo, marketing, finanças ou "como abrir sua empresa". Hoje, sinto muita falta disso e acho que como Engenheiros temos total competência para montarmos um negócio próprio.

Finalizando...

Mais de 10 anos de profissão. O que esperar do futuro? É hora de reformular nosso curso! Deixar para trás o que não se aplica e aprender coisas práticas. Eliminar disciplinas, trazer profissionais da indústria para a sala de aula, simular situações reais, aumentar convênios com empresas, falar sobre empreendedorismo, ensinar a montar sua própria fábrica, criar um plano de negócios, discutir sobre inteligência emocional e gestão de pessoas, etc.

Afinal somos Engenheiros, gostamos de tecnologia, de inovação, de resultados. Gostamos de melhorar a vida das pessoas. Gostamos de ser criativos, propor soluções. Vamos começar a mudar nosso curso hoje!

ANEXO A – DISCIPLINAS QUE COMPÕEM A ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA FEI

1° Semestre

- Calculo Diferencial e Integral I
- Cálculo Vetorial e Geometria Analítica
- Física I
- Laboratório de Matemática
- Sociologia
- Desenho Técnico
- Práticas de Inovação I

2° Semestre

- Calculo Diferencial e Integral II
- Introdução à Computação
- Eletrônica Digital
- Física II
- Química Geral
- Filosofia
- Práticas de Inovação II
- Comunicação e Expressão

3° Semestre

- Cálculo Diferencial e Integral III
- Equações Diferenciais
- Física III
- Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais
- Mecânica Geral
- Ensino Social Cristão
- Introdução à Engenharia Química

- Química Inorgânica

4° Semestre

- Álgebra Linear e Aplicações
- Física Moderna
- Mecânica dos Sólidos
- Química Analítica e Instrumental
- Eletroquímica e Corrosão
- Fundamentos de Processos
- Mecânica dos Fluidos

5° Semestre

- Modelos Probabilísticos
- Cálculo Numérico
- Química Orgânica I
- Fenômenos de Transporte I
- Termodinâmica Química I
- Operações Unitárias I
- Físico-Química
- Engenharia Química Integrada I

6° Semestre

- Métodos Estatísticos
- Química Orgânica II
- Termodinâmica Química II
- Operações Unitárias II
- Fenômenos de Transporte II
- Engenharia das Reações Químicas
- Engenharia Química Integrada II
- Metodologia de Pesquisa

7° Semestre

- Segurança de Processos
- Operações Unitárias III
- Laboratório de Engenharia Química I
- Ética
- Modelagem e Simulação de Processos Químicos
- Engenharia Química Integrada III
- Tratamento de Águas e Efluentes
- Biotecnologia I

8° Semestre

- Custos
- Operações Unitárias IV
- Eletricidade Geral
- Laboratório de Engenharia Química II
- Controle e Instrumentação
- Biotecnologia II
- Engenharia Química Integrada IV

9° Semestre

- Economia
- Engenharia Econômica
- Laboratório de Engenharia Química III
- TCC I
- Optativa
- Eletiva

10° Semestre

- Ecologia e Sustentabilidade

- Estratégia e Gestão Organizacional
- Optativa
- TCC II

Disciplinas Optativas

- Desenvolvimento de Produto
- Engenharia da Qualidade I
- Ergonomia e Higiene e Segurança no Trabalho
- Estrutura e Propriedades de Polímeros
- Fenômenos de Transporte Computacional
- Gestão Estratégica da Tecnologia e Inovação
- Gestão da Manutenção
- Gestão da Qualidade
- Gestão de Projetos
- Instalações Elétricas
- Libras - Língua Brasileira de Sinais
- Liderança e Comportamento Organizacional
- Marketing
- Mercado Financeiro e de Capitais
- Negociação
- Pesquisa Operacional
- Teoria da Decisão
- Processamento de Polímeros
- Química dos Polímeros
- Sistema da Informação

Disciplinas Eletivas

As disciplinas eletivas são de livre escolha do aluno entre componentes curriculares diferentes das disciplinas obrigatórias e optativas, podendo ser cursadas pelo aluno em qualquer momento do curso, tanto na própria instituição como em outras instituições de ensino superior (IES) legalmente operantes. Essas disciplinas não constam da matriz curricular do curso e há a

indicação da carga horária mínima que o aluno deve cumprir. O objetivo das disciplinas eletivas é permitir o enriquecimento cultural e a atualização de conhecimentos da formação acadêmica, reforçando a aptidão específica de cada estudante.

ANEXO B – DISCIPLINAS QUE COMPÕEM A ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNICAMP

1° Semestre

- Introdução a Processos e Indústrias Químicas
- Física Geral I
- Física Experimental I
- Cálculo I
- Geometria Analítica e Vetores
- Química I
- Química Experimental I

2° Semestre

- Balanços de Massa e Energia
- Cálculo II
- Algoritmos e Programação de Computadores
- Estatística para Experimentalistas
- Química Inorgânica Teórica
- Química Inorgânica Experimental

3° Semestre

- Direito
- Física Geral III
- Física Experimental III
- Ciência, Tecnologia e Sociedade
- Cálculo III
- Química III (Engenharia Química)
- Química Orgânica I (Engenharia Química)

4° Semestre

- Desenho Técnico
- Termodinâmica I
- Aplicações dos Materiais em Engenharia Química
- Mecânica Geral I
- Cálculo Numérico
- Química Orgânica II (Engenharia Química)

5° Semestre

- Resistência dos Materiais
- Introdução à Análise de Processos
- Termodinâmica II
- Fenômenos de Transporte I
- Eletroquímica e Corrosão
- Eletrotécnica

6° Semestre

- Bioengenharia I
- Laboratório de Engenharia Química I
- Fenômenos de Transporte II
- Operações Unitárias I
- Cinética Química Aplicada
- Instrumentação na Indústria Química

7° Semestre

- Laboratório de Engenharia Química II
- Fenômenos de Transporte III
- Operações Unitárias II
- Análise Técnico-Econômica
- Reatores Químicos

- Controle de Processos

8° Semestre

- Laboratório de Engenharia Química III
- Operações Unitárias III
- Preservação do Meio Ambiente
- Bioengenharia II
- Análise e Simulação de Processos

9° Semestre

- Laboratório de Engenharia Química IV
- Projeto Químico
- Introdução ao Trabalho de Conclusão de Curso
- Eletivas

10° Semestre

- Estágio de Engenharia Química II
- Trabalho de Conclusão de Curso
- Eletivas

Disciplinas Eletivas

- Tópicos em Processos de Separação
- Tópicos em Engenharia das Reações Químicas
- Tópicos em Fenômenos de Transporte, Sistemas Particulados e Meios Porosos
- Tópicos em Tecnologia dos Materiais I
- Tópicos em Tecnologia dos Materiais II
- Tópicos em Engenharia de Bioprocessos I
- Tópicos em Engenharia de Bioprocessos II

- Tópicos em Engenharia Ambiental I
- Tópicos em Engenharia Ambiental II
- Tópicos em Engenharia de Processos I
- Tópicos em Engenharia de Processos II
- Tópicos em Engenharia de Processos III
- Tópicos em Projeto Químico
- Qualidade na Engenharia Química
- Tópicos em Automação de Processos Químicos I
- Tópicos em Automação de Processos Químicos II
- Tópicos em Processos Químicos I
- Tópicos em Processos Químicos II
- Tópicos em Engenharia de Produtos
- Tópicos em Ferramentas Computacionais para Engenharia Química
- Tópicos em Análise Técnico-Econômica
- Tópicos em Gestão Industrial
- Tópicos em Engenharia de Segurança
- Tópicos em Análise de Risco
- Tópicos em Engenharia de Processos
- Tópicos em Energia

ANEXO C – DISCIPLINAS QUE COMPÕEM A ESTRUTURA CURRICULAR DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UFRJ

1° Período

- Introdução aos Cálculos de Processos
- Cálculo Diferencial e Integral I
- Ciências Sociais e Humanas - Escolha Restrita I
- Química Geral - EQ
- Introdução aos Processos Químicos e Bioquímicos
- Fundamentos de Desenho Técnico

2° Período

- Cálculo Diferencial e Integral II
- Física I - A
- Física Experimental I
- Química Analítica
- Química Analítica Experimental I
- Química Orgânica I - EQ
- Química Orgânica Experimental I - EQ

3° Período

- Termodinâmica Clássica
- Cálculo Diferencial e Integral III
- Física III - A
- Física Experimental III
- Química Analítica Experimental II
- Química Experimental - EQ
- Química Orgânica II - EQ

4° Período

- Fenômenos de Superfície e Eletroquímica
- Cálculo Diferencial e Integral IV
- Álgebra Linear II - EQ
- Equilíbrio de Fases de Sistemas Multicompostos
- Bioquímica - EQ
- Química Orgânica Experimental II - EQ

5° Período

- Introdução à Química Quântica
- Físico-Química Experimental
- Mecânica dos Fluidos
- Termodinâmica
- Estatística
- Métodos Numéricos Aplicados aos Processos Químicos
- Microbiologia Industrial

6° Período

- Ciência dos Materiais
- Transferência de Calor
- Cinética Química e Reatores
- Análise Instrumental
- Química Inorgânica - EQ
- Fundamentos de Engenharia Bioquímica II
- Ciência Sociais e Introdução à Economia

7° Período

- Modelagem e Dinâmica de Processos
- Operações Unitárias I
- Transferência de Massa

- Processos Inorgânicos I
- Processos Inorgânicos - Experimental
- Processos Orgânicos
- Administração e Organização Industrial

8° Período

- Engenharia de Processos
- Controle e Instrumentação de Processos
- Operações Unitárias II
- Engenharia do Meio Ambiente
- Planejamento e Avaliação de Projetos
- Eletivas

9° Período

- Segurança de Processos e Prevenção de Perdas
- Laboratório de Engenharia Química
- Tecnologia Orgânica Experimental
- Ciências Sociais e Humanas - Escolha Restrita II
- Eletivas

10° Período

- Estágio Supervisionado
- Eletivas

Escolha Restrita I (História e Ciência)

- Introdução à Metodologia Científica
- Formação Industrial do Brasil

Escolha Restrita II (Economia e Administração)

- Introdução à Operações e Logística
- Gestão da Inovação

Escolha Condicionada

- Alternativas Tecnologicamente Sustentáveis no Processamento de Óleos Vegetais
- Análise Orgânica Instrumental
- Análise Térmica de Materiais e Processos
- Aproveitamento Biotecnológico de Recursos Naturais
- Arte Africana Afro-brasileira
- Atividade Complementar I
- Atividade Complementar II
- Atividade Complementar III
- Atividade Complementar IV
- Biocombustíveis e Biorefinaria
- Bioengenharia Tecidual
- Bioquímica Tecnológica
- Bioquímica Tecnológica II
- Biorreações e Biossistemas
- Biorreatores Conceitos Aplicações
- Biorreatores para Células Animais
- Biossegurança
- Biosensores e Sistemas de Análise Aplicados a Bioprocessos
- Biotecnologia Farmacêutica: Conceitos Básicos
- Caracterização Reológica de Materiais, Petróleo e Derivados
- Caracterização Tecnológica para Análise Térmica
- Comercialização na Indústria Química
- Catalisadores: Caracterização e Avaliação
- Cinética de Reações Heterogêneas
- Cinética Química e Bioquímica
- Comércio Exterior

- Compósitos Poliméricos: Modelagem dos Processos de Obtenção
- Computação Científica Aplicada
- Condicionamento Industrial de Águas
- Controle Avançado de Processos
- Controle Simulação Processos Químicos e Bioquímicos
- Corrosão
- Cromatografia Industrial I
- Cultivo de Células Animais
- Curso de Extensão I
- Curso de Extensão II
- Curso de Extensão III
- Desenvolvimento de Células Animais Recombinantes e Bancos Celulares
- Desenvolvimento Não Clínico, Clínico e Registro de Produtos Biofarmacêuticos
- Dinâmica e Controle de Processos Químicos e Bioquímicos
- Ecologia Industrial
- Empreendedorismo
- Engenharia Bioquímica
- Engenharia de Biossistemas
- Engenharia de Processos
- Engenharia do Meio Ambiente Experimental
- Engenharia Metabólica
- Enzimologia Aplicada
- Estágio Supervisionado - 01
- Estágio Supervisionado - 02
- Estrutura da Indústria Química
- Estrutura da Linguagem Brasileira de Sinais I
- Estudos no Exterior I
- Estudos no Exterior II
- Estudos no Exterior III
- Estudos no Exterior IV
- Eventos de Extensão I
- Eventos de Extensão II

- Eventos de Extensão III
- Fenômenos de Transporte Avançado
- Fenômenos Interfaciais
- Fermentações em Estado Sólido
- Física II - A
- Física Experimental II
- Física IV - A
- Física Experimental IV
- Fluidodinâmica Computacional
- Fluidodinâmica Computacional
- Fundamentos de Biomineralização
- Fundamentos de Nanotecnologia
- Gestão Ambiental
- Imobilização de Biomoléculas, Células e Tecidos
- Imobilização de Biomoléculas, Células e Tecidos aplicada a Bioprocessos
- Incêndio Industrial: Modelagem, Simulação Prevenção Comb.
- Instrumentação e Automação Industrial de Processos
- Introdução à Bioinformática
- Introdução à Nanotecnologia
- Mecanismos de Desenvolvimento Limpo Inov. Indústria do Petróleo e Gás
- Métodos Matemáticos
- Microbiologia Industrial Experimental
- Microorganismos e o Ambiente
- Monitoria I
- Monitoria II
- Otimização
- Otimização em Engenharia Química
- Planejamento e Análise de Experimentos
- Planejamento e Análise Estatística de Dados
- Princípios da Indústria de Alimentos
- Processamento Microbiológico de Alimentos
- Processos de Separação por Membranas

- Processos Oxidativos Avançados aplicados ao Tratamento de Águas e Efluentes
- Programas e Projetos de Extensão I
- Programas e Projetos de Extensão II
- Programas e Projetos de Extensão III
- Projeto e Empreendedorismo Setor Biofarmacêutico
- Propriedade e Aplicação de Polissacarídeos
- Redes Neuronais aplicadas a Processos Químicos e Bioquímicos
- Relações Interétnicas
- Requerimentos Regulatórios Relacionados Produtos e Processos
- Reuso de Águas e Efluentes Industriais
- Separação e Purificação de Produtos Biofarmacêuticos
- Simulação e Otimização de Processos Químicos
- Tecnologia de Biocombustíveis II
- Tecnologia de Bioprodutos
- Tecnologia de Polímeros
- Tecnologia dos Processos Fermentativos Experimental
- Tecnologia em Biocombustíveis I
- Termodinâmica Aplicada
- Termoprocessamento e Reciclagem de Rejeitos Sólidos e Gasosos
- Tópicos Especiais I
- Tópicos Especiais II
- Tópicos Especiais III
- Tópicos Especiais IV
- Tratamento de Efluentes Industriais
- Tratamento de Resíduos Industriais
- Utilidades e Projeto de Plantas Biofarmacêuticas
- Viabilidade Econômica de Projetos no Setor Biofarmacêutico
- Visitas em Tecnologias Inorgânicas

ANEXO D – CARGA HORÁRIA MÍNIMA E PROCEDIMENTOS RELATIVOS À INTEGRALIZAÇÃO E DURAÇÃO DOS CURSOS DE GRADUAÇÃO, BACHARELADOS, NA MODALIDADE PRESENCIAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO
CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR

RESOLUÇÃO Nº 2, DE 18 DE JUNHO DE 2007

O Presidente da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, tendo em vista o disposto no art. 9º, do § 2º, alínea "c", da Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961, com redação dada pela Lei nº 9.131, de 25 de novembro de 1995, e com fulcro no Parecer CNE/CES nº 8/2007, homologado por Despacho do Senhor Ministro de Estado da Educação, publicado no DOU de 13 de junho de 2007, RESOLVE:

Art. 1º Ficam instituídas, na forma do Parecer CNE/CES nº 8/2007, as cargas horárias mínimas para os cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial, constantes do quadro anexo à presente.

Parágrafo único. Os estágios e atividades complementares dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial, não deverão exceder a 20% (vinte por cento) da carga horária total do curso, salvo nos casos de determinações legais em contrário.

Art. 2º As Instituições de Educação Superior, para o atendimento do art. 1º, deverão fixar os tempos mínimos e máximos de integralização curricular por curso, bem como sua duração, tomando por base as seguintes orientações:

I – a carga horária total dos cursos, ofertados sob regime seriado, por sistema de crédito ou por módulos acadêmicos, atendidos os tempos letivos fixados na Lei nº 9.394/96, deverá ser dimensionada em, no mínimo, 200 (duzentos) dias de trabalho acadêmico efetivo;

II – a duração dos cursos deve ser estabelecida por carga horária total curricular, contabilizada em horas, passando a constar do respectivo Projeto Pedagógico;

III – os limites de integralização dos cursos devem ser fixados com base na carga horária total, computada nos respectivos Projetos Pedagógicos do curso, observados os limites estabelecidos nos exercícios e cenários apresentados no Parecer CNE/CES nº 8/2007, da seguinte forma:

a) Grupo de Carga Horária Mínima de 2.400h: Limites mínimos para integralização de 3 (três) ou 4 (quatro) anos.

b) Grupo de Carga Horária Mínima de 2.700h: Limites mínimos para integralização de 3,5 (três e meio) ou 4 (quatro) anos.

c) Grupo de Carga Horária Mínima entre 3.000h e 3.200h: Limite mínimo para integralização de 4 (quatro) anos.

d) Grupo de Carga Horária Mínima entre 3.600 e 4.000h: Limite mínimo para integralização de 5 (cinco) anos.

e) Grupo de Carga Horária Mínima de 7.200h: Limite mínimo para integralização de 6 (seis) anos.

IV – a integralização distinta das desenhadas nos cenários apresentados nesta Resolução poderá ser praticada desde que o Projeto Pedagógico justifique sua adequação.

Art. 3º O prazo para implantação pelas IES, em quaisquer das hipóteses de que tratam as respectivas Resoluções da Câmara de Educação Superior do CNE, referentes às Diretrizes Curriculares de cursos de graduação, bacharelados, passa a contar a partir da publicação desta.

Art. 4º As Instituições de Educação Superior devem ajustar e efetivar os projetos pedagógicos de seus cursos aos efeitos do Parecer CNE/CES nº 8/2007 e desta Resolução, até o encerramento do ciclo avaliativo do SINAES, nos termos da Portaria Normativa n° 1/2007, bem como atender ao que institui o Parecer CNE/CES nº 261/2006, referente à hora-aula.

Art. 5º As disposições desta Resolução devem ser seguidas pelos órgãos do MEC nas suas funções de avaliação, verificação, regulação e supervisão, no que for pertinente à matéria desta Resolução.

Art. 6º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Antônio Carlos Caruso Ronca

Presidente da Câmara de Educação Superior

ANEXO

Carga horária mínima dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial	
Curso	***Carga Horária Mínima***
Administração	*3.000*
Agronomia	*3.600*
Arquitetura e Urbanismo	*3.600*

Arquivologia	*2.400*
Artes Visuais	*2.400*
Biblioteconomia	*2.400*
Ciências Contábeis	*3.000*
Ciências Econômicas	*3.000*
Ciências Sociais	*2.400*
Cinema e Audiovisual	*2.700*
Computação e Informática	*3.000*
Comunicação Social	*2.700*
Dança	*2.400*
Design	*2.400*
Direito	*3.700*
Economia Doméstica	*2.400*
Engenharia Agrícola	*3.600*
Engenharia de Pesca	*3.600*
Engenharia Florestal	*3.600*
Engenharias	*3.600*
Estatística	*3.000*
Filosofia	*2.400*
Física	*2.400*
Geografia	*2.400*
Geologia	*3.600*
História	*2.400*
Letras	*2.400*
Matemática	*2.400*
Medicina	*7.200*
Medicina Veterinária	*4.000*
Meteorologia	*3.000*
Museologia	*2.400*
Música	*2.400*
Oceanografia	*3.000*
Odontologia	*4.000*
Psicologia	*4.000*
Química	*2.400*
Secretariado Executivo	*2.400*
Serviço Social	*3.000*
Sistema de Informação	*3.000*
Teatro	*2.400*
Turismo	*2.400*
Zootecnia	*3.600*

ANEXO E – DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO
CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR

RESOLUÇÃO Nº 2, DE 24 DE ABRIL DE 2019

O Presidente da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, no uso de suas atribuições legais, com fundamento no art. 9º, § 2º, alínea "e", da Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961, com a redação dada pela Lei nº 9.131, de 25 de novembro de 1995, e nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), elaboradas pela Comissão das Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCNs de Engenharia), propostas ao CNE/CES pela Secretaria de Regulação e Supervisão da Educação Superior do Ministério da Educação (SERES/MEC), e com fundamento no Parecer CNE/CES nº 1/2019, homologado por Despacho do Senhor Ministro de Estado da Educação, publicado no DOU de 23 de abril de 2019, resolve:

CAPÍTULO I
DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º A presente Resolução institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCNs de Engenharia), que devem ser observadas pelas Instituições de Educação Superior (IES) na organização, no desenvolvimento e na avaliação do curso de Engenharia no âmbito dos Sistemas de Educação Superior do país.

Art. 2º As DCNs de Engenharia definem os princípios, os fundamentos, as condições e as finalidades, estabelecidas pela Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação (CES/CNE), para aplicação, em âmbito nacional, na organização, no desenvolvimento e na avaliação do curso de graduação em Engenharia das Instituições de Educação Superior (IES).

CAPÍTULO II
DO PERFIL E COMPETÊNCIAS ESPERADAS DO EGRESSO

Art. 3º O perfil do egresso do curso de graduação em Engenharia deve compreender, entre outras, as seguintes características:

I - ter visão holística e humanista, ser crítico, reflexivo, criativo, cooperativo e ético e com forte formação técnica;

II - estar apto a pesquisar, desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias, com atuação inovadora e empreendedora;

III - ser capaz de reconhecer as necessidades dos usuários, formular, analisar e resolver, de forma criativa, os problemas de Engenharia;

IV - adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática;

V - considerar os aspectos globais, políticos, econômicos, sociais, ambientais, culturais e de segurança e saúde no trabalho;

VI - atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável.

Art. 4º O curso de graduação em Engenharia deve proporcionar aos seus egressos, ao longo da formação, as seguintes competências gerais:

I - formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, analisando e compreendendo os usuários dessas soluções e seu contexto:

a) ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos;

b) formular, de maneira ampla e sistêmica, questões de engenharia, considerando o usuário e seu contexto, concebendo soluções criativas, bem como o uso de técnicas adequadas;

II - analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e outros, verificados e validados por experimentação:

a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras.

b) prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos;

c) conceber experimentos que gerem resultados reais para o comportamento dos fenômenos e sistemas em estudo.

d) verificar e validar os modelos por meio de técnicas adequadas;

III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos:

a) ser capaz de conceber e projetar soluções criativas, desejáveis e viáveis, técnica e economicamente, nos contextos em que serão aplicadas;

b) projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia;

c) aplicar conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de Engenharia;

IV - implantar, supervisionar e controlar as soluções de Engenharia:

a) ser capaz de aplicar os conceitos de gestão para planejar, supervisionar, elaborar e coordenar a implantação das soluções de Engenharia.

b) estar apto a gerir, tanto a força de trabalho quanto os recursos físicos, no que diz respeito aos materiais e à informação;

c) desenvolver sensibilidade global nas organizações;

d) projetar e desenvolver novas estruturas empreendedoras e soluções inovadoras para os problemas;

e) realizar a avaliação crítico-reflexiva dos impactos das soluções de Engenharia nos contextos social, legal, econômico e ambiental;

V - comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica:

a) ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDICs), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis;

VI - trabalhar e liderar equipes multidisciplinares: a) ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva;

b) atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede;

c) gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos;

d) reconhecer e conviver com as diferenças socioculturais nos mais diversos níveis em todos os contextos em que atua (globais/locais);

e) preparar-se para liderar empreendimentos em todos os seus aspectos de produção, de finanças, de pessoal e de mercado;

VII - conhecer e aplicar com ética a legislação e os atos normativos no âmbito do exercício da profissão:

a) ser capaz de compreender a legislação, a ética e a responsabilidade profissional e avaliar os impactos das atividades de Engenharia na sociedade e no meio ambiente.

b) atuar sempre respeitando a legislação, e com ética em todas as atividades, zelando para que isto ocorra também no contexto em que estiver atuando; e

VIII - aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação:

a) ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias.

b) aprender a aprender. Parágrafo único. Além das competências gerais, devem ser agregadas as competências específicas de acordo com a habilitação ou com a ênfase do curso.

Art. 5º O desenvolvimento do perfil e das competências, estabelecidas para o egresso do curso de graduação em Engenharia, visam à atuação em campos da área e correlatos, em conformidade com o estabelecido no Projeto Pedagógico do Curso (PPC), podendo compreender uma ou mais das seguintes áreas de atuação:

I - atuação em todo o ciclo de vida e contexto do projeto de produtos (bens e serviços) e de seus componentes, sistemas e processos produtivos, inclusive inovando-os;

II - atuação em todo o ciclo de vida e contexto de empreendimentos, inclusive na sua gestão e manutenção; e

III - atuação na formação e atualização de futuros engenheiros e profissionais envolvidos em projetos de produtos (bens e serviços) e empreendimentos.

CAPITULO III
DA ORGANIZAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

Art. 6º O curso de graduação em Engenharia deve possuir Projeto Pedagógico do Curso (PPC) que contemple o conjunto das atividades de aprendizagem e assegure o desenvolvimento das competências, estabelecidas no perfil do egresso. Os projetos pedagógicos dos cursos de graduação em Engenharia devem especificar e descrever claramente:

I - o perfil do egresso e a descrição das competências que devem ser desenvolvidas, tanto as de caráter geral como as específicas, considerando a habilitação do curso;

II - o regime acadêmico de oferta e a duração do curso;

III - as principais atividades de ensino-aprendizagem, e os respectivos conteúdos, sejam elas de natureza básica, específica, de pesquisa e de extensão, incluindo aquelas de natureza prática, entre outras, necessárias ao desenvolvimento de cada uma das competências estabelecidas para o egresso;

IV - as atividades complementares que se alinhem ao perfil do egresso e às competências estabelecidas;

V - o Projeto Final de Curso, como componente curricular obrigatório;

VI - o Estágio Curricular Supervisionado, como componente curricular obrigatório;

VII - a sistemática de avaliação das atividades realizadas pelos estudantes;

VIII - o processo de autoavaliação e gestão de aprendizagem do curso que contemple os instrumentos de avaliação das competências desenvolvidas, e respectivos conteúdos, o processo de diagnóstico e a elaboração dos planos de ação para a melhoria da aprendizagem, especificando as responsabilidades e a governança do processo;

§ 1º É obrigatória a existência das atividades de laboratório, tanto as necessárias para o desenvolvimento das competências gerais quanto das específicas, com o enfoque e a intensidade compatíveis com a habilitação ou com a ênfase do curso.

§ 2º Deve-se estimular as atividades que articulem simultaneamente a teoria, a prática e o contexto de aplicação, necessárias para o desenvolvimento das competências, estabelecidas no perfil do egresso, incluindo as ações de extensão e a integração empresa-escola.

§ 3º Devem ser incentivados os trabalhos dos discentes, tanto individuais quanto em grupo, sob a efetiva orientação docente.

§ 4º Devem ser implementadas, desde o início do curso, as atividades que promovam a integração e a interdisciplinaridade, de modo coerente com o eixo de desenvolvimento curricular, para integrar as dimensões técnicas, científicas, econômicas, sociais, ambientais e éticas.

§ 5º Os planos de atividades dos diversos componentes curriculares do curso, especialmente em seus objetivos, devem contribuir para a adequada formação do graduando em face do perfil estabelecido do egresso, relacionando-os às competências definidas.

§ 6º Deve ser estimulado o uso de metodologias para aprendizagem ativa, como forma de promover uma educação mais centrada no aluno.

§ 7º Devem ser implementadas as atividades acadêmicas de síntese dos conteúdos, de integração dos conhecimentos e de articulação de competências.

§ 8º Devem ser estimuladas as atividades acadêmicas, tais como trabalhos de iniciação científica, competições acadêmicas, projetos interdisciplinares e transdisciplinares, projetos de

extensão, atividades de voluntariado, visitas técnicas, trabalhos em equipe, desenvolvimento de protótipos, monitorias, participação em empresas juniores, incubadoras e outras atividades empreendedoras.

§ 9º É recomendável que as atividades sejam organizadas de modo que aproxime os estudantes do ambiente profissional, criando formas de interação entre a instituição e o campo de atuação dos egressos.

§ 10 Recomenda-se a promoção frequente de fóruns com a participação de profissionais, empresas e outras organizações públicas e privadas, a fim de que contribuam nos debates sobre as demandas sociais, humanas e tecnológicas para acompanhar a evolução constante da Engenharia, para melhor definição e atualização do perfil do egresso.

§ 11 Devem ser definidas as ações de acompanhamento dos egressos, visando à retroalimentação do curso.

§ 12 Devem ser definidas as ações de ensino, pesquisa e extensão, e como contribuem para a formação do perfil do egresso.

Art. 7º Com base no perfil dos seus ingressantes, o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) deve prever os sistemas de acolhimento e nivelamento, visando à diminuição da retenção e da evasão, ao considerar:

I - as necessidades de conhecimentos básicos que são pré-requisitos para o ingresso nas atividades do curso de graduação em Engenharia;

II – a preparação pedagógica e psicopedagógica para o acompanhamento das atividades do curso de graduação em Engenharia; e

III – a orientação para o ingressante, visando melhorar as suas condições de permanência no ambiente da educação superior.

Art. 8º O curso de graduação em Engenharia deve ter carga horária e tempo de integralização, conforme estabelecidos no Projeto Pedagógico do Curso (PPC), definidos de acordo com a Resolução CNE/CES nº 2, de 18 de junho de 2007.

§ 1º As atividades do curso podem ser organizadas por disciplinas, blocos, temas ou eixos de conteúdos; atividades práticas laboratoriais e reais, projetos, atividades de extensão e pesquisa, entre outras.

§ 2º O Projeto Pedagógico do Curso deve contemplar a distribuição dos conteúdos na carga horária, alinhados ao perfil do egresso e às respectivas competências estabelecidas, tendo como base o disposto no *caput* deste artigo

§ 3º As Instituições de Ensino Superior (IES), que possuam programas de pós-graduação *stricto sensu*, podem dispor de carga horária, de acordo com o Projeto Pedagógico do Curso, para as atividades acadêmicas curriculares próprias, que se articulem à pesquisa e à extensão.

Art. 9º Todo curso de graduação em Engenharia deve conter, em seu Projeto Pedagógico de Curso, os conteúdos básicos, profissionais e específicos, que estejam diretamente relacionados com as competências que se propõe a desenvolver. A forma de se trabalhar esses conteúdos deve ser proposta e justificada no próprio Projeto Pedagógico do Curso.

§ 1º Todas as habilitações do curso de Engenharia devem contemplar os seguintes conteúdos básicos, dentre outros: Administração e Economia; Algoritmos e Programação; Ciência dos Materiais; Ciências do Ambiente; Eletricidade; Estatística. Expressão Gráfica; Fenômenos de Transporte; Física; Informática; Matemática; Mecânica dos Sólidos; Metodologia Científica e Tecnológica; e Química.

§ 2º Além desses conteúdos básicos, cada curso deve explicitar no Projeto Pedagógico do Curso os conteúdos específicos e profissionais, assim como os objetos de conhecimento e as atividades necessárias para o desenvolvimento das competências estabelecidas.

§ 3º Devem ser previstas as atividades práticas e de laboratório, tanto para os conteúdos básicos como para os específicos e profissionais, com enfoque e intensidade compatíveis com a habilitação da engenharia, sendo indispensáveis essas atividades nos casos de Física, Química e Informática.

Art. 10. As atividades complementares, sejam elas realizadas dentro ou fora do ambiente escolar, devem contribuir efetivamente para o desenvolvimento das competências previstas para o egresso.

Art. 11. A formação do engenheiro inclui, como etapa integrante da graduação, as práticas reais, entre as quais o estágio curricular obrigatório sob supervisão direta do curso.

§ 1º A carga horária do estágio curricular deve estar prevista no Projeto Pedagógico do Curso, sendo a mínima de 160 (cento e sessenta) horas.

§ 2º No âmbito do estágio curricular obrigatório, a IES deve estabelecer parceria com as organizações que desenvolvam ou apliquem atividades de Engenharia, de modo que docentes e discentes do curso, bem como os profissionais dessas organizações, se envolvam efetivamente em situações reais que contemplem o universo da Engenharia, tanto no ambiente profissional quanto no ambiente do curso.

Art. 12. O Projeto Final de Curso deve demonstrar a capacidade de articulação das competências inerentes à formação do engenheiro.

Parágrafo único. O Projeto Final de Curso, cujo formato deve ser estabelecido no Projeto Pedagógico do Curso, pode ser realizado individualmente ou em equipe, sendo que, em qualquer situação, deve permitir avaliar a efetiva contribuição de cada aluno, bem como sua capacidade de articulação das competências visadas.

CAPÍTULO IV
DA AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES

Art. 13. A avaliação dos estudantes deve ser organizada como um reforço, em relação ao aprendizado e ao desenvolvimento das competências.

§ 1º As avaliações da aprendizagem e das competências devem ser contínuas e previstas como parte indissociável das atividades acadêmicas.

§ 2º O processo avaliativo deve ser diversificado e adequado às etapas e às atividades do curso, distinguindo o desempenho em atividades teóricas, práticas, laboratoriais, de pesquisa e extensão.

§ 3º O processo avaliativo pode dar-se sob a forma de monografias, exercícios ou provas dissertativas, apresentação de seminários e trabalhos orais, relatórios, projetos e atividades práticas, entre outros, que demonstrem o aprendizado e estimulem a produção intelectual dos estudantes, de forma individual ou em equipe.

CAPÍTULO V
DO CORPO DOCENTE

Art. 14. O corpo docente do curso de graduação em Engenharia deve estar alinhado com o previsto no Projeto Pedagógico do Curso, respeitada a legislação em vigor.

§ 1º O curso de graduação em Engenharia deve manter permanente Programa de Formação e Desenvolvimento do seu corpo docente, com vistas à valorização da atividade de ensino, ao maior envolvimento dos professores com o Projeto Pedagógico do Curso e ao seu aprimoramento em relação à proposta formativa, contida no Projeto Pedagógico, por meio do domínio conceitual e pedagógico, que englobe estratégias de ensino ativas, pautadas em práticas interdisciplinares, de modo que assumam maior compromisso com o desenvolvimento das competências desejadas nos egressos.

§ 2º A instituição deve definir indicadores de avaliação e valorização do trabalho docente nas atividades desenvolvidas no curso.

CAPÍTULO VI
DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 15. A implantação e desenvolvimento das Diretrizes Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia devem ser acompanhadas, monitoradas e avaliadas pelas Instituições de Ensino Superior (IES), bem como pelos processos externos de avaliação e regulação conduzidos pelo Ministério da Educação (MEC), visando ao seu aperfeiçoamento.

Art. 16. Os cursos de Engenharia em funcionamento têm o prazo de 3 (três) anos a partir da data de publicação desta Resolução para implementação destas Diretrizes Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.

Parágrafo único. A forma de implementação do novo Projeto Pedagógico do Curso, alinhado a estas Diretrizes Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia poderá ser gradual, avançando-se período por período, ou imediatamente, com a devida anuência dos alunos

Art. 17. Os instrumentos de avaliação de curso com vistas à autorização, reconhecimento e renovação de reconhecimento, devem ser adequados, no que couber, a estas Diretrizes Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.

Art. 18. Esta Resolução entra em vigor a partir da data de sua publicação, revogadas a Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002 e demais disposições em contrário.

ANTONIO DE ARAUJO FREITAS JÚNIOR

ANEXO F – REFERENCIAL DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DE ACORDO COM O MEC

Carga horária mínima:

3.600 h

Perfil do egresso:

O Engenheiro Químico é um profissional de formação generalista, que atua no desenvolvimento de processos para a produção de produtos diversos, em escala industrial nas áreas de: alimentos, cosméticos, biotecnologia, fertilizantes, fármacos, cimento, papel e celulose, nuclear, tintas e vernizes, polímeros, meio ambiente, entre outras. Projeta, supervisiona, elabora e coordena processos industriais; identifica, formula e resolve problemas de engenharia relacionados à indústria química; supervisiona a manutenção e operação de sistemas. Desenvolve tecnologias limpas, processos de reciclagem e de aproveitamento dos resíduos da indústria química que contribuem para a redução do impacto ambiental. Coordena e supervisiona equipes de trabalho, realiza estudos de viabilidade técnico econômica, executa e fiscaliza obras e serviços técnicos e efetua vistorias, perícias e avaliações, emitindo laudos e pareceres técnicos. Em suas atividades, considera aspectos referentes à ética, à segurança, à segurança e aos impactos ambientais.

Temas abordados na formação:

Atendidos os conteúdos do núcleo básico da Engenharia, os conteúdos profissionalizantes do curso de Engenharia Química são: Direito; Legislação; Processos de Transferência de Calor, Massa e Quantidade de Movimento; Termodinâmica e Cinética Química; Reatores Químicos e Bioquímicos; Operações Unitárias; Processos Industriais e Projeto da Indústria Química (Técnico e Econômico).

Áreas de atuação:

O Engenheiro Químico é habilitado para trabalhar no setor industrial, com alimentos, cosméticos, biotecnologia, fertilizantes, fármacos, cimento, papel e celulose; nos setores

nuclear, automobilístico, de polímeros, de meio ambiente; nas áreas administrativa e comercial como engenheiro de produto, de processo, de pesquisa e de desenvolvimento; em instituições de pesquisa, em consultorias e no magistério superior.

Infraestrutura recomendada:

Laboratório de química geral; Laboratório de química orgânica e química analítica; Laboratório de física; Laboratório de fenômenos de transporte; Laboratório de Operações Unitárias; Laboratório de Unidade Industrial em Escala Piloto; Laboratório de Informática.

Legislação pertinente:

Lei 5.194/1966.
Lei 2.800/1956.