



# 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO & GÁS

## ELABORAÇÃO DE PROJETOS, UMA ABORDAGEM DIDÁTICA PARA ALUNOS DE FINAL DE CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Marco Antonio Gaya de Figueiredo<sup>1</sup>, João Manuel da Costa<sup>2</sup>, Ricardo Izidoro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Química, Departamento de Operações e Projetos Industriais, Av. São Francisco Xavier, 540, mgaya@uerj.br

<sup>2</sup> Centro de Pesquisas Leopoldo Miguez de Melo, Ilha do Fundão, Quadra 7

**Resumo** – Neste trabalho será apresentada, a sistemática adotada pelo Departamento de Operações e Projetos Industriais, do Instituto de Química da Universidade do Estado do Rio de Janeiro para a disciplina de Projetos II onde, um grupo de alunos formandos em engenharia química, elabora um projeto de final de curso. Como peculiaridade, esta disciplina foi estruturada de forma a exigir do aluno não apenas associação de todas as disciplinas apresentadas durante a realização do curso de engenharia química (e.g. transferência de calor, operações unitárias, etc.) como também aproxima-los ao máximo do formato de laboração de um projeto de processo para as empresas que elaboram a engenharia básica ou mesmo a engenharia de detalhamento, com grande aplicação na indústria de petróleo e gás, especialmente no refino e processamento de petróleo.

Palavras-Chave: Desenvolvimento, Projetos, Processo.

**Abstract** – This paper presents the adopted approach by the Department of Industrial Operations and Projects of the Institute of Chemistry in the graduation course Design II, where a group of chemical engineering students elaborates a project to finish their graduation. The differential of our proposal consists in the integration of the previous chemical engineering courses (e.g. heat transfer, unit operations, etc.) and to take the student to an activity with a structure similar to those found in the engineering companies, with large application in the oil and gas industries, especially in the petroleum processing and refining.

Keywords: Development, Designs, Process.

## 1. Introdução

Acompanhando a atual necessidade de absorção, pelo mercado de trabalho, na área de engenharia química, principalmente no campo do petróleo e gás, o Departamento de Operações e Projetos Industriais do Instituto de Química da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, analisando as observações dos ex-alunos quanto aos problemas que vinham encontrando no mercado, verificou que, além da necessidade de rever a grade de disciplinas de forma a adequá-la às atuais necessidades, seja na área de processos industriais, quanto na área de operações unitárias, existia uma carência quanto à associação destas disciplinas de forma a possibilitar que o graduando conseguisse entender de forma mais clara a sistemática de apresentação de um projeto de processo, de entender a elaboração de uma estratégia de controle e, principalmente de agrupar em um projeto de processo todas as informações necessárias para o bom entendimento de um projeto.

Dentre as dúvidas existentes no desenvolvimento da atividade, as perguntas mais frequentes observadas são:

- Como organizar as informações geradas no projeto?
- O que deve ser apresentado no projeto de processo?
- Quais os dados que devem ser incluídos na elaboração de uma folha de especificação dos equipamentos?
- Como apresentar o balanço de energia?
- Como apresentar o balanço de massa?
- Onde colocar os dados básicos utilizados na elaboração do projeto?
- Quais os fluxogramas que devem compor o projeto?
- Como elaborar uma estratégia de controle?
- É necessário incluir informações obtidas em visitas técnicas geradas durante o desenvolvimento da atividade?
- Quais e como as folhas de dados devem ser preenchidas?

Embora algumas empresas tenham normas específicas para a apresentação de um projeto, deve-se ter em mente que, de uma forma geral, um formando nem sempre tem acesso a estas informações, o fato do recém formado ter estas informações no curso de graduação irá reduzir em muito o tempo dependido pelas empresas no treinamento do profissional.

Partindo da experiência dos docentes na área de projetos industriais e, tomando como base as informações obtidas com ex-alunos e considerando que o objetivo da disciplina é o de avaliar os conhecimentos adquiridos pelo aluno ao longo do curso de Engenharia Química, nas diversas cadeiras apresentadas (Processos orgânicos e inorgânicos, Operações Unitárias, etc.), foi elaborado uma nova abordagem na disciplina de forma a apresentar uma sistemática para a permita ao aluno associar todas as cadeiras, de forma a elaborar um projeto de processo, e a sua forma final de apresentação.

Em síntese, o objetivo é reduzir a lacuna normalmente encontrada na formação do aluno de engenharia química com as atividades que este deverá encontrar, uma vez formado, na indústria de processos em geral e na indústria do petróleo em particular, mais especificamente refino e plantas de pré-processamento em plataformas de petróleo. Em outras palavras, preparar recursos humanos que demandem menos tempo de adaptação na empresa, facilitando assim a sua absorção no mercado de trabalho.

## 2. Identificação do produto a ser estudado

Conforme apresentado na disciplina de projetos I, relacionada aos aspectos econômicos envolvidos no estudo da viabilidade técnica e econômica de projetos, de uma forma geral, o surgimento de uma idéia decorre de várias necessidades, dentre elas podemos identificar:

Necessidade da substituição de um produto importado  
 Modificação de uma tecnologia  
 Geração de um novo produto

Além destas, diversas outras podem ser identificadas (substituição de matérias primas, modificação de processos, etc.). Em qualquer situação a primeira informação necessária para o entendimento da atividade a ser realizada é o conhecimento da rota tecnológica ou seja do processo.

Esta informação poder ser obtida nas enciclopédias, em artigos técnicos ou em patentes as quais são mais adequadas por apresentar dados técnicos sobre o processo, tipo condições de obtenção pureza, tipos de contaminantes, etc.

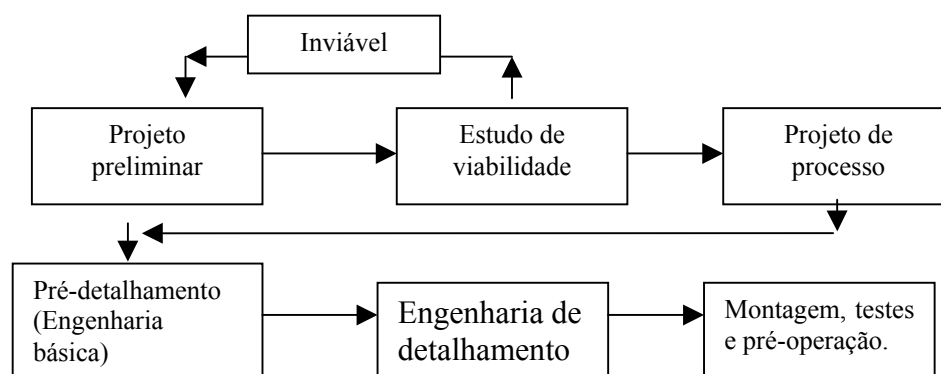
No caso do desenvolvimento de projeto, a proposta inicial de trabalho (ou projeto a ser executado) é apresentada na cadeira de projetos I. Nesta disciplina, é proposto, ao aluno uma série de produtos a critério do responsável pela disciplina, para que ele estude aspectos mercadológicos verificando a viabilidade econômica da implantação ou não do referido processo.

Ao final do curso de projetos 1, o aluno terá identificado o produto a ser alvo de um projeto, a capacidade a ser utilizada e a rota tecnológica disponível para produção do referido produto.

Terminada esta disciplina, o aluno sendo aprovado, ingressa na disciplina de projeto II onde, partindo do processo selecionado irá efetivamente elaborar o projeto da referida unidade industrial.

### 3. Qual o nível de Projeto a ser Realizado

Um aspecto observado em vários projetos elaborados durante o desenvolvimento desta disciplina, está no grau de detalhamento de deve ser realizado pelo aluno. O quadro 1 a seguir irá apresentar a seqüência natural para a implantação de um processo, partindo-se do conhecimento da rota tecnológica e da capacidade.



Quadro 1. Seqüência para implantação de um projeto.

Dentro desta estrutura, observa-se que o engenheiro de processo, embora participe do trabalho ao longo de toda as etapas, sua maior atuação vai desde a elaboração do projeto preliminar, ao estudo de viabilidade técnico econômico.

No caso da disciplina de projeto II, o projeto a ser apresentado seria o PROJETO DE PROCESSO ou seja, o aluno deverá elaborar um livro de projeto contendo todas as informações que permitam um pré-detalhamento da unidade por uma equipe de Engenharia Básica ou mesmo pela empresa responsável pelo detalhamento, se fosse o caso. Como literatura de suporte no desenvolvimento da atividade, são sugeridos aos alunos os livros indicados na seção de referências deste artigo.

### 4. Qual o Nível de Detalhamento a ser Realizado

Um problema encontrado ao longo do desenvolvimento da atividade de projeto 2 encontrado pelos alunos está no nível de detalhamento a ser realizado. Conforme apresentado, o curso de projetos 2 visa apresentar as bases para elaboração de um projeto, como associar as diversas disciplinas estudadas.

A sistemática apresentada na disciplina, está baseada na longa experiência na área de projetos dos orientadores, deste modo, é passado para os alunos, dentro da disponibilidade de tempo exigido para a disciplina, informações que irão possibilitar o aluno elaborar um projeto com um padrão mínimo necessário para o entendimento, por parte de uma equipe seja de engenharia básica como de detalhamento, das informações de processo, que permitirão terminar o desenvolvimento do projeto levando a término (avaliação econômica mais detalhada ou mesmo a implantação do referido projeto).

Como entendimento para a elaboração da atividade, o aluno é informado pelos orientadores que, caso o projeto seja remetido para as etapas subseqüentes (engenharia básica ou detalhamento) será dividido pelas diversas cadeiras, a saber: (Engenharia de processo, engenharia mecânica (equipamentos), Arranjo, elétrica, instrumentação, etc.) desta forma o grupo é orientado de forma a permitir sempre o melhor entendimento do processo apresentado.

Deve-se lembrar que com a aplicação de programas de simulação, a depender das informações disponíveis na literatura, o grupo responsável pelo projeto, é estimulado a utilizar um simulador, como por exemplo o "Hysis" porém exige-se que independente a utilização desta facilidade, existe a obrigatoriedade da verificação, seja por metodologia convencional de cálculo como por métodos resumidos, dos principais sistemas encontrados no projeto tais como, sistemas de destilação, sistemas de secagem etc.

### 5. Como o Trabalho é Organizado

Considerando que normalmente em um curso de engenharia química, não são passadas informações práticas sobre a elaboração do projeto, os orientadores da disciplina efetuam a seguinte abordagem:

### **5.1 Descrição do Processo**

Este item é passado para a equipe de processo que irá rever a descrição apresentada, de forma a adequá-la a um projeto mais detalhado, assim, em projeto 2, a descrição da unidade deverá ser objetiva, baseada em um diagrama de blocos geral, onde estão representadas todas as áreas que compõem a fábrica (Área de recebimento de matérias primas, Área de preparo de carga, Área de reação, etc.) um diagrama de blocos pouco detalhado do processo propriamente dito e do fluxograma de processo que basicamente compreende a apresentação dos equipamentos identificando a instrumentação mínima e as correntes com as informações obtidas no balanço de massa.

Com base no diagrama de blocos geral, será apresentada, inicialmente, uma descrição geral do projeto, sua capacidade / ciclo operacional, como foi concebido, uma proposta de efetivo operacional e demais informações que permitam um bom entendimento da proposta. Estas bases foram identificadas e estabelecidas durante o desenvolvimento da disciplina de Projetos 1.

No do fluxograma de processo, o aluno deve apresentar os principais equipamentos, acrescentando a numeração das correntes e os principais instrumentos de controle. Este fluxograma apresenta o balanço material da unidade.

Como seqüência de apresentação, o aluno deve apresentar o fluxograma de tubulação e instrumentação (P&I), este fluxograma deve conter todos os equipamentos, as linhas de processo e a instrumentação projetada para a referida unidade, ou seja, baseado neste fluxograma o aluno elabora a descrição detalhada do processo envolvendo todos os equipamentos e os controles sugeridos no processo.

### **5.2 Balanço de Utilidades**

Após a apresentação da descrição detalhada do processo, o aluno apresenta o diagrama unifilar, indicando o consumo de utilidades, e as condições de cada uma (temperatura, pressão, tensão e frequência (eletricidade)), etc.

### **5.3 Estratégia de Controle**

Na elaboração de um projeto, deve-se ter em mente que o controle de processo deve:

- Garantir a qualidade do produto permitindo atuações (automáticas ou manuais) que mantenham sempre o processo dentro dos parâmetros definidos no desenvolvimento da tecnologia
- Garantir o controle do consumo de todos os insumos envolvidos no processo (incluindo as utilidades)
- Garantir a segurança operacional, permitindo que (manualmente ou automaticamente) ocorram atuações que garantam a segurança, das pessoas, do meio ambiente e dos equipamentos.

Tendo com base estas premissas, o aluno deve descrever todas as propostas estabelecidas para cada item, de forma a permitir uma boa compreensão, pelos responsáveis pela engenharia de instrumentação, do que deverá ser especificado.

### **5.4 Bases de projeto**

Para a execução do projeto, diversas bases devem ser pré estabelecidas de forma a permitir que sejam efetuados os balanços de utilidades e o dimensionamento dos diversos equipamentos, assim o responsável pela execução do projeto deverá apresentar uma lista contendo as características de todas as utilidades usadas no processo, dos fatores climáticos (precipitação pluviométrica, ventos predominantes, etc).

### **5.5 Projeto de tubulação**

Uma atividade importante na engenharia de processo é o pré-dimensionamento das tubulações. O responsável pelo projeto deve estabelecer no P&I um diâmetro estimado das principais tubulações de processo e de utilidades.

Este dimensionamento tem como objetivo verificar, em função da escala usada, possíveis limitantes que virão a interferir no detalhamento do processo. Como exemplo pode-se verificar no caso do transporte de suspensão se o diâmetro definido é compatível com o tipo de produto transportado sem o risco de entupimentos.

## **6. Quais as Folhas de Dados que Devem ser Apresentadas e o que Preencher.**

O responsável por um projeto de processo deve ter sempre em mente, que ao especificar um equipamento (reator, bomba, centrífuga, torre (destilação, absorção, extração), etc.) cada um deles será encaminhado, na etapa de engenharia básica, para um grupo especialista que irá usar diversos recursos (programas específicos, experiências anteriores, etc.) para projetar e definir melhor o equipamento.

Este fato, não elimina do engenheiro de processo, o conhecimento de cada uma destas atividades, ou seja o engenheiro de processo deve ter a capacidade de discutir com cada um dos responsáveis da cada atividade (mecânica,

térmica, tubulação, elétrica, instrumentação, civil) aspectos pertinentes ao projeto e que nem sempre são definidos na etapa de engenharia de processo, como exemplo:

### **6.1. Mecânica:**

Deve-se ressaltar que normalmente nas disciplinas de operações unitárias, nem sempre é passado ao aluno a sistemática de preenchimento de uma folha de especificações, desta forma, no desenvolvimento do projeto, é passado para o aluno as principais informações que devem ser apresentadas num livro de projetos a saber:

#### **6.1.1. Silos e vasos**

Normalmente, ao projetarmos um vaso, olhamos apenas a sistemática de cálculo, porém no desenvolvimento do projeto, o lado operacional é fundamental, ou seja o aluno identifica a finalidade do equipamento e sua integração com toda a planta, assim todos os diversos bocais que não são comentados no projeto são identificados e inseridos no desenho e na folha de especificação tais como: boca de visita, bocais reservas, bocais de agitadores, bocais dos sistemas de controle, etc. Além destas informações, os tipos de tampos. As condições de operação e projeto e, caso seja um equipamento especial, informa-se detalhes que permitam um melhor entendimento do equipamento.

#### **6.1.2. Reatores e vasos agitados**

Nestes equipamentos, o processo deve informar, além dos dados já apresentados para silos e vasos, todas as demais características que são importantes na especificação do equipamento, a saber:

- Dimensões agitador, faixa de rotação, composição do fluido de processo, densidade e viscosidade (informações sobre suas variações quanto a variações de temperatura, etc.)
- Estimativa da potência – Este parâmetro, normalmente é de responsabilidade do fabricante do equipamento, porém o processo deve ter uma idéia da potência consumida no eixo para poder estimar uma previsão de consumo de utilidades.
- Internos – Em função do serviço do equipamento, o processo deve definir se o mesmo tem camisa de troca térmica, chicanas (defletores) dispersores de gás, trocadores de calor internos, etc.

## **7. Térmica**

No projeto de processo é definido, com base nas condições de processo: temperaturas, vazões, utilidades envolvidas e a área de troca térmica requerida.

Mesmo utilizando um simulador de processos, o grupo deve analisar o equipamento final para verificar se efetivamente, o equipamento especificado atende as necessidades do processo.

## **8. Instrumentação**

Esta área pode ser considerada como o mais importante de todo o desenvolvimento, dela serão elaboradas as especificações de todos os controles que irão garantir o perfeito funcionamento da unidade, incluindo todos os dispositivos de segurança (intertravamentos, válvulas de segurança, sistemas de atuação dos atuadores no caso da falha de utilidades).

Deve-se ressaltar que, em decorrência da informatização dos sistemas de controle, saindo dos digitais para os sistemas tipo "field-bus" é mostrado, ao aluno a função básica de cada elemento a partir da estratégia de controle, no livro o grupo apenas estabelece uma folha com todos os instrumentos que foram identificados como importantes na garantia do processo

As informações a serem passadas para este setor devem permitir uma especificação clara, sem margem de dúvidas sobre o que se espera do processo. Assim, as seguintes informações devem ser apresentadas:

Para as válvulas de controle o processo deve especificar além da vazão, as características do fluido na entrada e saída da válvula (pressão / temperatura máxima e mínima) e as propriedades físico-químicas do fluido.

Para os transmissores, grupo deve especificar a faixa de alcance, as propriedades do fluido e informações que possam auxiliar a escolha do instrumento (se o fluido de processo sofre endurecimento com redução de temperatura, etc.) No caso das válvulas de segurança e alívio, o grupo deve estudar o posicionamento, definir a vazão de alívio e estabelecer o critério de projeto em função do tipo de processo. Neste aspecto o processo deve estudar se o dimensionamento é por descarga bloqueada, falha em outro equipamento, fogo, reação disparada, etc.

## **9. Bombas e Compressores**

No caso das bombas, o processo deve apresentar as propriedades do fluido bombeado e as características do sistema e as demais informações que devem ser consideradas na especificação, a saber: a Pressão disponível no sistema, a pressão de sucção e de descarga, e o tipo de bomba (centrífuga, engrenagem ou dosadora, etc.). No caso de bombas centrífugas, o processo deve definir o tipo de rotor a ser utilizado (aberto, fechado, semi aberto).

Caso existência de material em suspensão deve definir a concentração e se há risco de erosão ou corrosão e no caso de fluidos viscosos devem ter o comportamento da viscosidade apresentado.

A potência da bomba e os bocais normalmente são de responsabilidade do fornecedor, porém o processo deve ter uma idéia para definir o consumo de utilidades, os bocais estão associados com o dimensionamento das tubulações.

No caso das bombas de deslocamento positivo (dosadoras, engrenagem etc.) o processo deve analisar a instalação de válvula de segurança e alívio.

Para os compressores, como são equipamentos normalmente de grande porte e fornecidos direto para instalação no sistema, o processo deve definir as características do fluido, sua composição, e a função do equipamento. Normalmente, os dispositivos de proteção são de responsabilidade dos fabricantes (controle de pressão / temperatura elevada, surge, vazamento por sistema de selagem etc.) o processo deverá definir qualquer ação adicional que seja importante.

Além dos equipamentos acima mencionados, existem uma diversidade de outros equipamentos que possuem características especiais e que devem ser informadas pelo processo, dentre eles destacam-se:

Secadores (rotativos, esteira, leito fluidizado, etc.) torres (destilação extração, adsorção, etc.). sopradores, ensacadoras, extrusoras, cristalizadores, evaporadores, decantadores, filtros (batelada, rotativos, etc.) entre outros. Nestes casos, o grupo responsável pelo processo deve definir, todas as características necessárias ao bom funcionamento do processo, informando sempre que possível dimensões principais (diâmetro, altura) e especificando em folha em anexo detalhes operacionais que são importantes para o bom desempenho da tarefa.

## 10. Apresentação do Livro de Projeto

Terminado o projeto, o grupo apresenta dois livros, um contendo a memória de cálculo e outro com as folhas padronizadas pelos orientadores contendo todas as informações geradas no processo, a saber:

1. Relação geral dos documentos
2. Dados de processo
  - 2.1 descrição geral do processo
  - 2.2 dados básicos de projeto
  - 2.3 estimativa do consumo de utilidades (por equipamento)
  - 2.2 fluxogramas de processo (balanço de massa)
  - 2.3 descrição detalhada do processo
  - 2.4 fluxograma tubulação e instrumentação (p&i)
  - 2.5 diagrama unifilar de distribuição de utilidades
3. Estratégia de controle
4. Lista de tubulação
5. Lista de equipamentos
6. Planta de arranjo
7. Folhas de especificação de: tanques, vasos, reatores, silos, bombas, trocadores de calor, torres, compressores, agitadores, secadores, transportadores
8. Lista de instrumentos
9. Lista de motores
10. Propriedades físico químicas
11. Fatores ambientais (análise de risco)

## 11. Conclusão

Passados cerca de três anos da implantação desta sistemática de desenvolvimento de projetos estar sendo praticada, a visão mostrada pelos alunos que ingressaram no mercado de trabalho seja na área de acompanhamento de processo como na área de projetos, os depoimentos efetuados pelos formados mostram que a aproximação da prática industrial associada ao desenvolvimento das disciplinas do curso de engenharia química facilitou o entendimento da função e diminuiu o tempo gasto pelas empresas no treinamento dos recém admitidos.

## 12. Referências

PERRY, GREEN, AND MALONEY, Perry's Chemical Engineering Handbook, Mc Graw-Hill, New York  
LUDWIG, Applied Process Design for Chemical and Petroleum Plants, Gulf, Houston 1977 – 1983  
STANLEY M. WALAS, Chemical Process Equipment, Selection and Design, Butterwoths Series in Chemical Engineering