

DESENVOLVIMENTO DE  
PROCESSOS INORGÂNICOS INDUSTRIAIS

1. MATÉRIAS-PRIMAS, FONTES DE ENERGIA, INDÚSTRIAS QUÍMICAS DE BASE E OUTRAS
2. PARTICIPAÇÃO DA ENGENHARIA QUÍMICA
3. ENGENHARIA DE PROCESSO
4. A ESCALA PILOTO
5. LABORATÓRIO PARA SÍNTESES INORGÂNICAS
6. LABORATÓRIO PARA TECNOLOGIA INORGÂNICA
7. ESTRUTURAS DE CENTROS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS
8. LABORATÓRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE
9. ELABORAÇÃO DO FLUXOGRAMA DO PROCESSO
10. ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS DE LABORATÓRIO, EQUIPAMENTOS E INSTRUMENTOS

Quem ouve, esquece.

Quem vê, lembra alguma coisa.

Quem faz, aprende.

Platão

## 1. MATÉRIAS PRIMAS, FONTES DE ENERGIA, INDÚSTRIA QUÍMICA DE BASE E OUTRAS

Os processos químicos inorgânicos industriais são desenvolvidos a partir / dos seguintes tipos de matérias-primas (excluídos os componentes biológicos e petro - químicos porventura existentes): minérios e insumos industriais , águas do mar, lagoas e rios; e o ar que respiramos. As principais fontes de energia capazes de promover as conversões químicas inorgânicas industrializadas são: os combustíveis sólidos, líquidos e gasosos; as formas de energia elétrica, solar e eólica.

As fábricas de produtos inorgânicos podem ser classificadas em:

indústrias de base (ácidos, álcalis, cloro amônia, gases industriais, cimento e cal),	cerâmicas, refratários e vidro,
carvão e derivados,	tintas e pigmentos,
indústrias eletrolíticas e eletrotérmicas,	agentes e explosivos e propelentes
fertilizantes e seus insumos (N, P, K e ácidos)	indústrias metalúrgicas e siderúrgicas
	indústrias nucleares

## 2. PARTICIPAÇÃO DA ENGENHARIA QUÍMICA

Qualquer processo químico em vias de industrialização é estudado inicialmente num laboratório ou centro de pesquisas (básicas ou aplicadas), para em seguida serem realizados o projeto, a montagem da fábrica, sua operação, e, finalmente, é complementado com um laboratório de controle de qualidade, que atua antes da distribuição e comercialização do(s) produto(s) químico(s) elaborado(s).

Cada setor ou etapa acima mencionados possui padrões, especificações, filosofia e estrutura próprios. Os padrões e especificações podem ser: internos (da entidade que os criou), comerciais (entre comprador e fornecedor), nacionais e internacionais (consagrados em congressos e entidades específicos).

A pesquisa ou desenvolvimento de aparelhos, máquinas, equipamentos e processos químicos pode ser efetuada nas escalas: bancada, semi-piloto, piloto, semi-industrial e industrial. A escala de bancada é aquela onde a montagem, os testes e experimentos do processo químico podem ser realizados sobre uma bancada de laboratório. A escala piloto requer o espaço mínimo de uma sala e equipamentos pequenos. A escala industrial requer um terreno, edifícios adequados e equipamentos de grande porte.

DPI

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS  
INORGÂNICOS INDUSTRIAIS

AZ

/Agosto/82

### 3. ENGENHARIA DE PROCESSO (DESENVOLVIMENTO, AVALIAÇÃO, PROJETO E OPERAÇÃO)

Uma evolução lógica de um processo pode ocorrer através das seguintes etapas:

1. Pesquisa de processo - obter dados científicos em bibliotecas e laboratórios
2. Avaliação da pesquisa - para indicar processos comerciais e não-comerciais.
3. Desenvolvimento inicial do processo - estabelecer os balanços materiais e de energia para as propriedades físico-químicas disponíveis.
4. Estudos preliminares de engenharia - especificar os equipamentos, utilidades e materiais de construção.
5. Planta-piloto (desenvolvimento complementar do processo) - para obter melhores dados de propriedades físico-químicas e também de operação de equipamentos e do sistema de controle.
6. Planta semicomercial - pequenas produções para testes de produção e mercado
7. Planta industrial (unidade industrial ou fábrica) - para comercialização

Muitas destas etapas podem ser executadas simultaneamente, especialmente os cinco primeiros itens, pois que o orçamento para estes trabalhos é geralmente menor que o custo de uma planta comercial.

Na escala de bancada de laboratório o objetivo mais importante é a reação química, isto é, o processo de transformação. A preparação das matérias primas, por exemplo, a trituração em geral, a dissolução em Becher, a filtração em papel, etc, são questões secundárias; como também o tratamento final do produto para armazenagem e transporte, como, por exemplo, purificação por destilação, secagem / em estufa, etc. Frequentemente, as considerações econômicas desempenham papéis / secundários.

Na unidade industrial a reação química pode ocorrer em reatores simples ou de construção complexa, incluindo ou não sistemas sofisticados de controle, ao passo que a preparação das matérias-primas e o tratamento final do produto requerem frequentemente uma considerável variedade de equipamentos.

#### 4. A ESCALA PILOTO

George E. Davis, autor do primeiro "Manual de Engenharia Química" / disse, em 1901:

- "Um pequeno experimento envolvendo algumas gramas de material (numa bancada de laboratório) não será muito útil na montagem de uma fábrica de grandes proporções; mas não restam dúvidas de que um experimento baseado em alguns quilogramas (numa planta piloto) fornecerá quase todos os dados necessários".

Uma planta piloto ou protótipo é completa, constituindo-se de unidades de processamento em escala mediana que contém todos os elementos essenciais à produção do produto desejado, inclusive o sistema de controle.

A engenharia química utiliza usinas em escala reduzida para dois objetivos:

- 1º - desenvolvimento do processo (fábrica ainda não-existente) - planta-piloto - para fornecer dados de projeto acurados para unidades em escala industrial.
- 2º - estudo do processo (unidade industrial existente) - modelo - para verificar os efeitos das mudanças de forma e condições de operação.

Para um processo comercial, a decisão entre omitir ou não a etapa / de planta piloto repousa num balanço econômico, no qual a economia no tempo e custo do seu desenvolvimento são confrontados contra a eficiência maior e custos de capital e partida menores. O ponto de equilíbrio será função do crescimento do conhecimento teórico de um lado e do outro pelos progressos alcançados nos métodos experimentais.

Os experimentos em escala piloto são particularmente caros e consomem muito tempo, exigindo-se para um projeto experimental uma análise estatística/capaz de reduzir o número de corridas ou testes, que de outro modo seriam necessários para produzir uma quantidade desejável de informações.

As vezes um processo que é satisfatório numa escala piloto apresenta problemas numa escala industrial e ocasionalmente ocorre o reverso. Para estes casos é necessário empregar a "teoria dos modelos", cujo objetivo é o de prever estes "efeitos de escala" e determinar as condições (se existentes) sob as quais o

desempenho de um modelo fornece uma previsão confiável do comportamento do protótipo. O tamanho, o tipo e a duração da operação em escala piloto variam enormemente, dependendo da qualidade e da quantidade de informações desejadas.

Às vezes, os dados químicos podem ser obtidos numa operação em batelada. Ocasionalmente um processo é tecnicamente viável mas é necessário criar uma mini-fábrica para demonstração destinada a convencer empresários leigos que possam investir numa planta em escala industrial.

Em termos práticos o funcionamento de uma planta piloto envolve compromissos quanto aos tamanhos e tipos de equipamentos, locação da planta, duração da operação e, particularmente, o custo da empreitada. Com alguma frequência, adia-se a execução dos cálculos detalhados do custo da planta, até quando, já em operação, verifica-se, de repente, que, seu custo real é maior do que o previsto, e que é necessário interromper prematuramente os trabalhos, antes mesmo de serem determinadas as condições ótimas de operação. Outra dificuldade reside no pessoal que controla os recursos financeiros disponíveis e os prazos de operação, que são frequentemente pessoas de grande visão empresarial, com a coragem de pioneiros, mas com paciência limitada e que, se não forem tecnicamente treinados, dificilmente compreenderão os atrasos e dificuldades que frequentemente ocorrem numa planta-piloto.

O projetista de uma planta-piloto deve:

- 1º - tentar prever os seus pontos problemáticos e propiciar uma capacidade de substituição de elementos ou caminhos alternativos de escoamento;
- 2º - insistir para que os operadores da planta-piloto sejam os melhores profissionais disponíveis.

É comum que se considere os profissionais especialistas, entusiastas e com capacidade de improvisação e, portanto, capazes de fazer a planta-piloto funcionar, como "muito bons para serem desperdiçados na sua operação". Entretanto, nas instalações previstas para operar em grandes corridas ou campanhas é economicamente vantajoso dispor de uma planta piloto comandada por pessoal de elite. Mesmo quando disponíveis, manter uma boa equipe é difícil porque a operação de uma planta piloto

não é sempre um trabalho agradável. O equipamento pode sempre "quebrar" no meio da noite. As revisões constantes e as alterações nos planos e projetos provocam atrasos frustrantes, e as limitações de tempo e dinheiro mantêm uma pressão constante sobre a equipe.

O pessoal contratado quando insuficiente poderá ter de trabalhar 24 horas diárias, sete dias semanais e sob condições perigosas. Se os resultados experimentais estiverem longe da real operação da planta, esta terá de ser conduzida através de intuição, conhecimento e sentimento do(s) operador(es) e de sorte. Isto pode parecer divertido ou excitante, mas é muito difícil ter de explicar tais situações num relatório.

Para projetarmos uma planta piloto devemos considerar cuidadosa e simultaneamente os seguintes itens:

- 1 - alimentação representativa da planta
- 2 - localização
- 3 - tamanho
- 4 - disponibilidade de equipamentos
- 5 - esquemas alternativos para escoamentos
- 6 - espaço para acessórios
- 7 - balanço material
- 8 - balanço térmico
- 9 - fluxograma de equipamentos
- 10 - layout, plano geral e elevações (cotas)
- 11 - tubulações
- 12 - instrumentação e controle
- 13 - capital estimado e custo de operação
- 14 - reagentes e produtos químicos
- 15 - pessoal de operação
- 16 - facilidades para manutenção
- 17 - segurança do trabalho
- 18 - desenhos
- 19 - coleção de dados adequados
- 20 - coordenação e supervisão
- 21 - execução de análises químicas adequadas
- 22 - interpretação e relatório dos dados
- 23 - transposição dos resultados para escala comercial (ampliação de escala)

- EQ/CT - UFRJ

DPI

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS

INORGÂNICOS INDUSTRIAIS

AZ agosto/198

6

não é sempre um trabalho agradável. O equipamento pode sempre "quebrar" no meio da noite. As revisões constantes e as alterações nos planos e projetos provocam atrasos frustrantes, e as limitações de tempo e dinheiro mantêm uma pressão constante sob a equipe.

O pessoal contratado quando insuficiente poderá ter de trabalhar 24 horas diárias, sete dias semanais e sob condições perigosas. Se os resultados experimentais estiverem longe da real operação da planta, esta terá de ser conduzida através de intuição, conhecimento e sentimento do(s) operador(es) e de sorte. Isto pode parecer divertido ou excitante, mas é muito difícil ter de explicar tais situações num relatório.

Para projetarmos uma planta piloto devemos considerar cuidadosa e simultaneamente os seguintes itens:

- 1 - alimentação representativa da planta.
- 2 - localização
- 3 - tamanho
- 4 - disponibilidade de equipamentos
- 5 - esquemas alternativos para escoamentos
- 6 - espaço para acessórios
- 7 - balanço material
- 8 - balanço térmico
- 9 - fluxograma de equipamentos
- 10 - layout, plano geral e elevações (cotas)
- 11 - tubulações
- 12 - instrumentação e controle
- 13 - capital estimado e custo de operação
- 14 - reagentes e produtos químicos
- 15 - pessoal de operação
- 16 - facilidades para manutenção
- 17 - segurança do trabalho
- 18 - desenhos
- 19 - coleção de dados adequados
- 20 - coordenação e supervisão
- 21 - execução de análises químicas adequadas
- 22 - interpretação e relatório dos dados
- 23 - transposição dos resultados para escala comercial (ampliação de escala)

A pouca utilização no Brasil de equipamentos em escala-piloto não estimula a criação de linhas de fabricação nas indústrias e sua comercialização

. As opções restantes são: fabricar os equipamentos em oficina própria, ou encomendar em serralherias, ou procurar adquirir em comerciantes de ferro-velho e sucatas . Nestes casos, a montagem dos equipamentos assume proporções de atividade artesanal, onde o engenheiro-projetista obrigatoriamente tem de acompanhar passo-a-passo os trabalhos de torneiro-mecânico, soldador, carpinteiro, eletricista, eletrônico e até mesmo de pedreiros e pintores.

Existem outras limitações ainda nas fases de aquisição e montagem:

os equipamentos mais complexos só podem ser construídos por empresas especializadas. É difícil encontrar equipamentos para baixas vazões e resistentes à corrosão e abrasão. As vezes existe um equipamento para um tipo de material parecido com aquele que será empregado e que exigirá diversas corridas de pré-oceração para que sejam elaboradas as curvas de calibração. A maioria das bombas dosadoras é micrométrica e é importada. Vários equipamentos empregados em Tecnologia Mineral são antigos, perderam a proteção das suas patentes e podem ser copiados, mas é necessário encontrar um fabricante tecnicamente capaz de fazer um bom serviço. As tubulações podem ser padronizadas. Vasos e tanques em diversas formas e materiais são fáceis de encontrar.

A primeira tentativa de concepção, projeto e montagem de uma unidade-piloto pode ser executada em 6 (seis) meses. Porém, surge de imediato a necessidade de efetuar modificações, remoções e complementações. Alguns processos contínuos precisam de tanques de estocagem e materiais capazes de dar a partida em batelada até que seja estabelecido o regime permanente.

Um problema, às vezes crítico, é o da distância "laboratório-unidade-piloto" pois o retorno dos dados de testes e análises físico-químicas pode prejudicar o controle da operação unitária e/ou conversão química.

Sempre é possível montar uma unidade multi-propósito de processo químico ou manter os equipamentos básicos em prateleira (do Centro de pesquisas) para rearranjos e montagens em escala piloto. No Brasil é possível encontrar fabricantes de equipamentos dispostos a fabricá-los em escala reduzida. Também é

- EQ/CT - UFRJ

DPI

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS  
INORGÂNICOS INDUSTRIAIS

AZ agosto/1982

7



possível contactar representantes de empresas estrangeiras. Um recurso válido é o de misturar em escala piloto pequenos equipamentos metálicos com vidrarias e cerâmicas empregados em laboratório para atender às baixas vazões de produção e favorecer a criatividade.

O projeto de um fluxograma de processamento de minérios em escala piloto envolve vários fatores: a amostragem, os exames mineralógicos e o programa de testes e ensaios em laboratório, incluídos a distribuição granulométrica e os testes de britagem e moagem, o efeito de substâncias químicas e do pH nos processos de separação de componentes; a taxa de alimentação será função do teor do componente visado presente no minério. As utilidades disponíveis. (água, vapor ar comprimido, vácuo, circuitos mono-, di- e trifásicos elétricos, etc.) também influenciam o projeto.

Quando se emprega a usina-piloto para estudar conversões químicas de minérios, é necessário reduzi-los previamente a uma distribuição granulométrica aceitável e, então, empregar no início dos estudos apenas reagentes p.a.; os dados obtidos servirão de base para o estudo das reações com o emprego de reagentes industriais de menor pureza.

Para exemplificar a utilização de instalações em escala piloto, apresentamos, em anexo, os fluxogramas para estudos de " Flotação de carvão de Santa Catarina em escala de bancada e piloto " e " Moagem autógena de itabirito em escala piloto ", ambos concebidos e empregados no CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, RJ. O primeiro trabalho visou estudar o processo de flotação para o carvão catarinense, pré-lavado e moído a 28 malhas, com o uso de vários reagentes, para avaliar o comportamento de variáveis influentes no processo: O circuito foi dimensionado a partir das informações colhidas nos ensaios descontinuos de bancada; seu fluxograma apresenta os equipamentos, a instrumentação e características. Os ensaios do segundo trabalho foram realizados num moinho Cascade de fabricação Koopers, em cuja saída instalou-se um trommel de 10 malhas para propiciar o retorno do material mais grosseiro diretamente à correia transportadora da alimentação, e, assim, proteger a tela da peneira ( de fabricação FAÇO, tipo vibratória com " deck " único, dotada de um forte chuveiro de água destinado a garantir a boa peneiração).

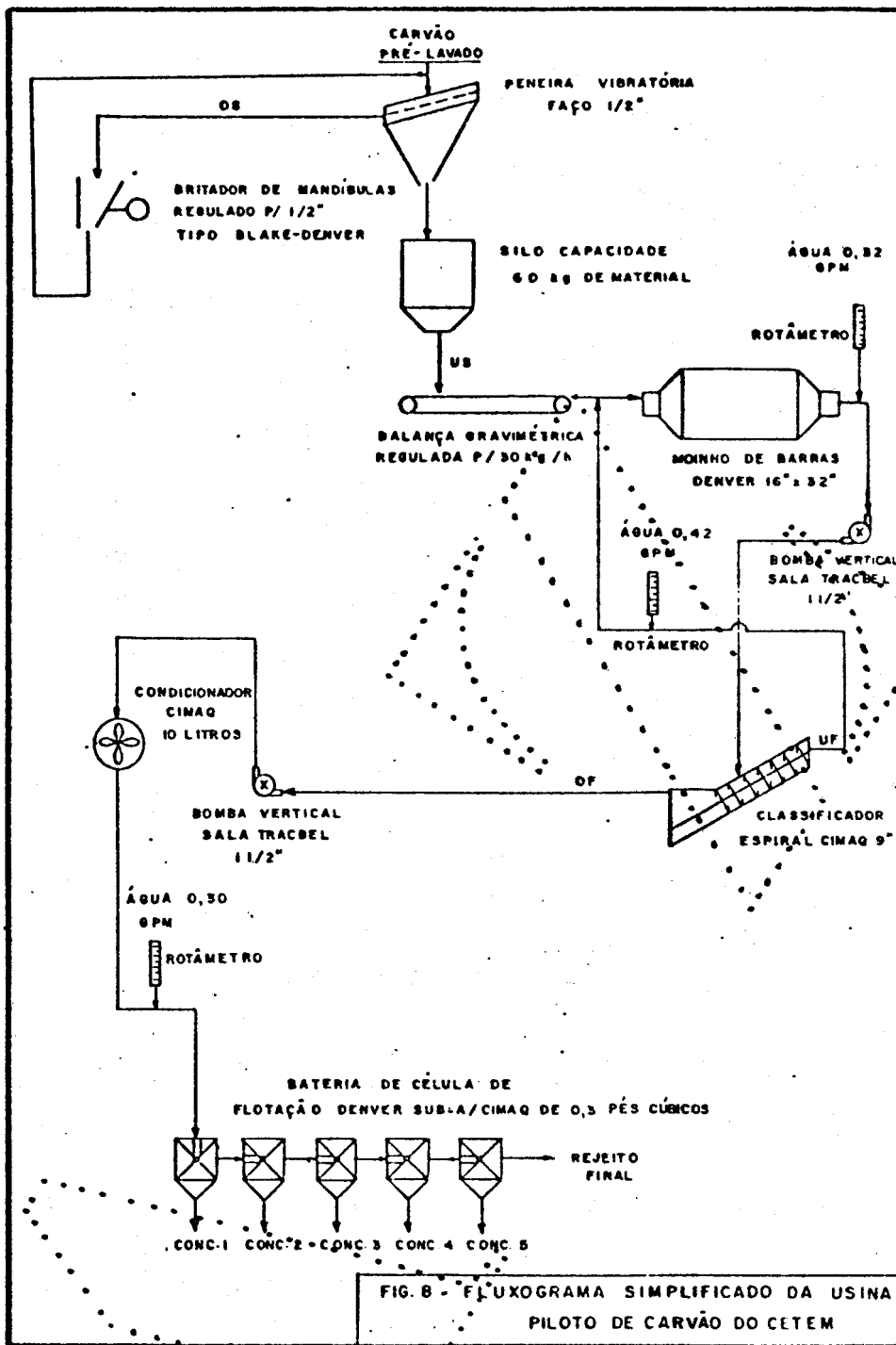
DPI

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS

INORGÂNICOS INDUSTRIAIS

AZ agosto/1982

8



Este processo foi empregado no estudo da cinética de flotação do carvão com o uso de reagentes: óleo de pinho, metil isobutil carbinol, querosene e óleo diesel. Estudou-se também, a influência dos depressores da pirita: óxido de cálcio, cloreto férrico e amido cáustico. Estabeleceu-se inicialmente as condições ideais do processo em escala de bancada, e com as conclusões obtidas, passou-se a fase piloto.

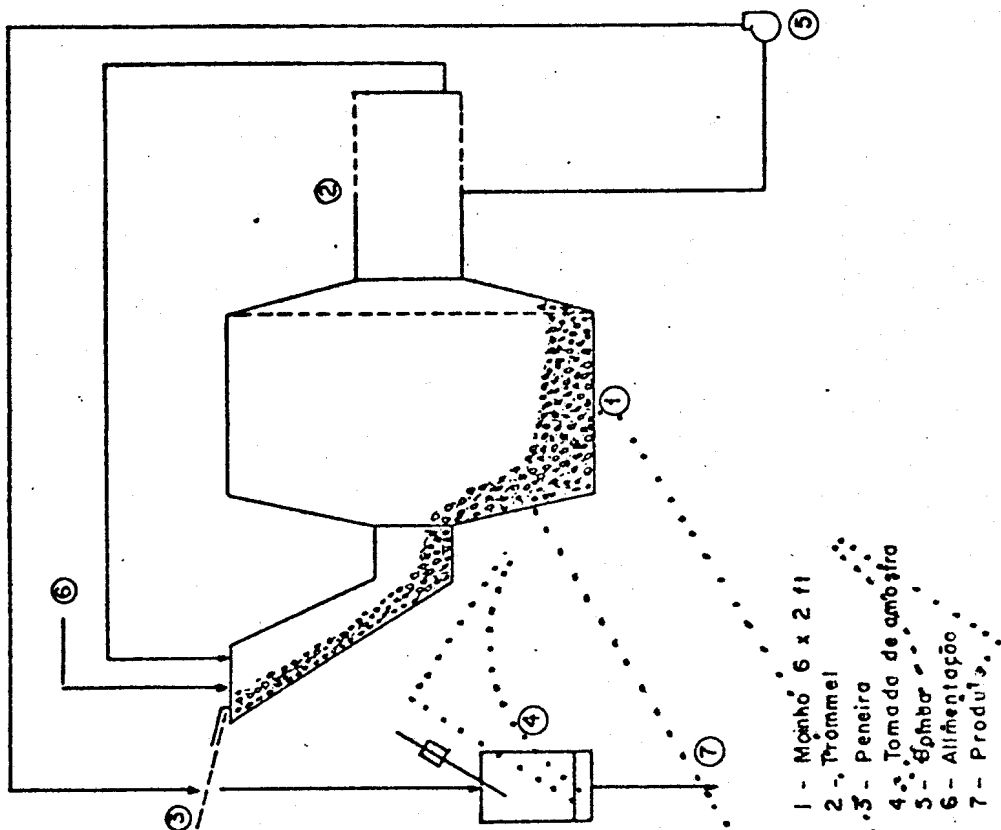


Fig. 1 - MOAGEM AUTÓGENA A ÚMIDO

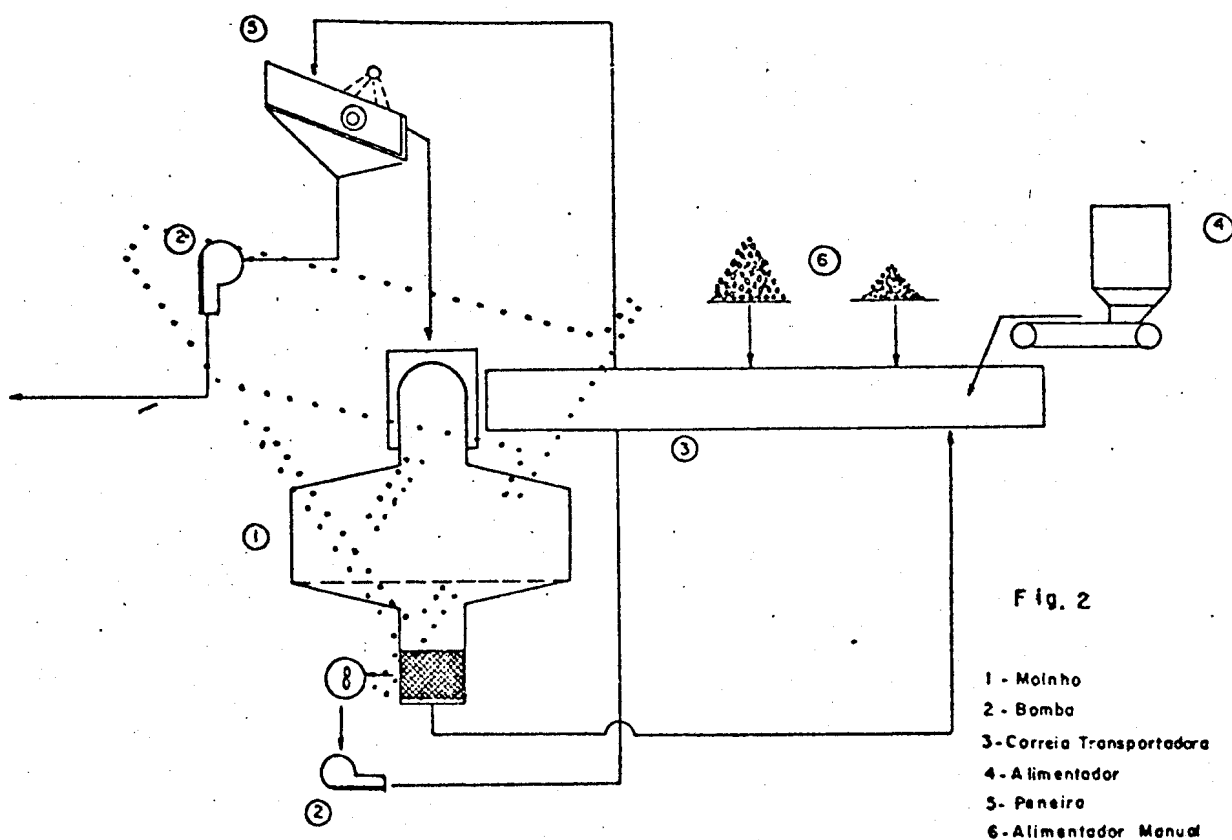


Fig. 2

Empregou-se um circuito controlador das distribuição granulométrica da alimentação.

## 5. LABORATÓRIO PARA SÍNTESE INORGÂNICA

O planejamento e a montagem de um laboratório de ensino e pesquisas de química inorgânica avançada deve abranger síntese, análises e estudos das propriedades físicas dos compostos sintetizados. O equipamento disponível deve ser capaz de produzir grandes variações nas condições de temperatura, pressão e atmosferas. As bancadas devem ser providas de linhas de água, gás, vácuo, ar comprimido e de eletricidade. As linhas de vácuo são indispensáveis na síntese de compostos sensíveis à umidade e ao oxigênio atmosférico e permitem destilar substâncias voláteis numa ampola de reação ou removê-las do sistema de reação. É desejável a existência de capelas dotadas de prateleiras internas, janelas com movimentação vertical, e exaustores potentes, para que seja possível trabalhar com substâncias voláteis e tóxicas. Uma capela especial (um pouco menor), para uso com ácido perclórico evaporado é necessária porque a condensação dos seus vapores aliadas a outras substâncias condensadas pode resultar em fogo ou explosão.

Muitas sínteses inorgânicas são executadas em temperaturas menores/ e maiores que as ambientais. As baixas temperaturas são obtidas empregando-se refrigeradores, ou líquidos e misturas líquidas com baixos pontos de ebulição. As temperaturas elevadas podem ser obtidas em vários tipos e tamanhos de reatores, estufas e fornos. Fornos tubulares de vários diâmetros e comprimentos são os mais usados. O uso de fornos de resistência é comum, mas estes requerem nas temperaturas elevadas o uso de atmosferas protetoras (por exemplo, empregando um gás inerte).

Por outro lado, as resistências são relativamente lentas nas operações de aquecimento ou resfriamento. Alguns destes problemas são superados com o uso de fornos de indução.

Os aparelhos controladores de temperatura e os registradores teoricamente deveriam ser instalados num painel de controle na sala, embora seja conveniente possuir pelo menos uma unidade portátil.

DPI

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS

INORGÂNICOS INDUSTRIAIS

AZ agosto/1982

11

Equipamentos para produzir baixas e altas pressões devem ser adquiridos, desde a mais simples trompa de vácuo até bombas mecânicas, bombas de mercúrio e difusão de óleo para uso nas linhas de vácuo, inclusive uma destas instaladas num carrinho, que permita movimentações rápidas de um ponto a outro do laboratório.

Para reações que sejam conduzidas sob pressões elevadas, é necessário construir uma câmara especial no laboratório, ocupando, p. ex., uma área de  $2 \times 1,5 \text{ m}^2$  ao nível do solo junto à uma parede externa. Deve ser construída de modo que as observações e ajustes do equipamento possam ser efetuadas de fora da mesma. Deve ser bem ventilada e dotada de equipamento automático de extinção de incêndio.

Uma bancada especial para colunas trocadoras de íons deverá ser dotada de prateleiras que se estendam até o teto, porque geralmente são longas. Um sistema de drenagem no assoalho deverá ser projetado de modo a facilitar a descarga dos resíduos. Algumas prateleiras deverão ser capazes de suportar os grandes volumes contidos nos recipientes dos agentes elutriadores e também para outros contendo os fluidos coletados. Tais colunas podem ser usadas para separação de íons, análises químicas e sínteses, especialmente nas trocas aniônicas e na separação de isômeros.

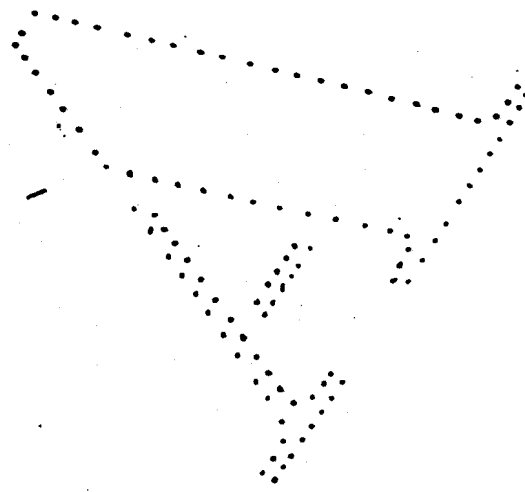
As preparações envolvendo oxidação-redução são geralmente executadas por meio de eletrolises. Além do suprimento de vários tipos de eletrodos e materiais - diafragma, devemos fornecer corrente contínua, através de um retificador portátil associado a um amperímetro e um voltímetro. Aparentemente, não é necessário dotar o laboratório com linhas especiais de corrente contínua.

Para as sínteses que envolvam isótopos radioativos é necessário tomar precauções em todas as dependências do laboratório, de acordo com a natureza e a intensidade da radiação envolvida. Também uma câmara especial, dotada de antessala, deverá ser projetada. As utilidades deverão ser conectadas pela frente ou pelo lado da câmara, através de conectores constituídos de materiais fáceis de limpar. A estocagem e o despejo de materiais radioativos, como o local de construção deste

setor deverão ser cuidadosamente escolhidos, devendo ser previstos aparelhos contadores de espécies radioativas, inclusive um portátil.

Finalmente, deverão ser especificados aparelhos de análises químicas e físicas, como, por exemplo, espectroscopia de absorção, fontes de raios-X e câmaras apropriadas, instrumentos para determinação de propriedades magnéticas, determinações polarimétricas e calorimétricas, bem como outros que envolvam / operações em escala de bancada como pulverização, dissolução, cristalização por dissolução e evaporação, cristalização por fusão e solidificação, centrifugação, / decantação e sifonagem, filtração simples, destilação fracionada, destilação seca, combustão, calcinação e ustulação.

Para o projeto da arquitetura e montagem de laboratórios já existem empresas brasileiras com experiência no setor. Para a venda dos materiais acima indicados também existem firmas e fabricantes brasileiros, bem como representantes de fornecedores estrangeiros. As bibliotecas do Centro de Tecnologia da UFRJ e dos Centros de Pesquisa e Desenvolvimento de Processo do Rio de Janeiro possuem os catálogos de diversos dos fabricantes nacionais e estrangeiros e podem ser consultados pelos seus leitores e outros interessados.



## 6. LABORATÓRIO PARA TECNOLOGIA INORGÂNICA

Qualquer centro de desenvolvimento de processos e produtos inorgânicos envolve trabalhos em escalas de bancada e piloto, englobando sínteses, análises e determinações associadas com separações físico-químicas, misturas e reações químicas entre gases, líquidos e sólidos bem como moagem e aglomeração de sólidos.

Podemos obter os produtos desejados a partir das matérias-primas mencionadas (minérios, águas e ar) através de separações físico-químicas, sem que ocorram conversões químicas, dentre as quais se destacam as seguintes:

MISTURAS	SEPARAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS
Líquido-Líquido	Destilação, Extração, Decantação, Troca Iônica, Carvão-Ativo, Diálise, Eletrólise e Bombeamento Paramétrico
Líquidos com Sólidos Dissolvidos	Filtração em Membranas, Extração Hidrometalúrgica, Evaporação, Cristalização, Separação de Espumas.
Mistura de Gases (Vapores)	Adsorção em Fase Gasosa e Absorção, Criogenia (Compressão-Resfriamento-Expansão-Liquefação)
Misturas Sólido-Líquido	Filtração, Centrifugação, Sedimentação, Uso de Hidrociclones, Secagem
Misturas Sólidas	Lixiviação e Flotação
Misturas Gás-Sólidos	Sedimentação, Colisão em Chicanas, Uso de Ciclones, Filtração, Lavagem, Precipitação Eletrostática Seca e Úmida.

- EQ/CT - UFRJ

Nos processos inorgânicos que envolvam reações químicas podemos destacar:

REAÇÕES NUMA FASE

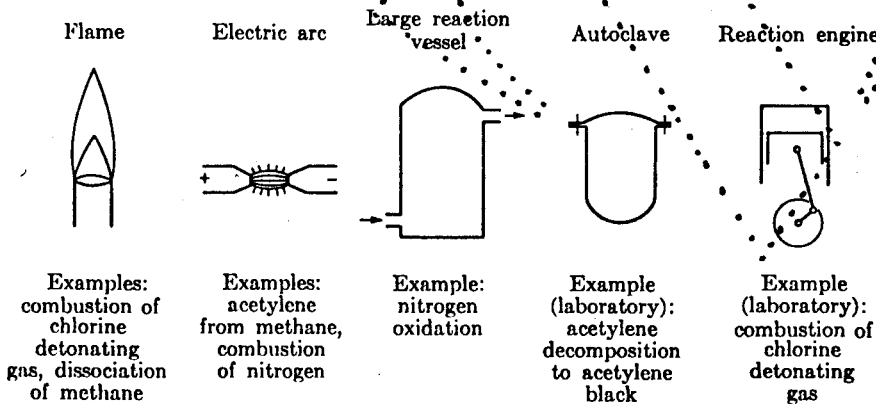
Gasosa ou Líquida

REAÇÕES ENTRE FASES

Gasosa-Líquida, Gasosa-Sólida, Líquida-Sólida

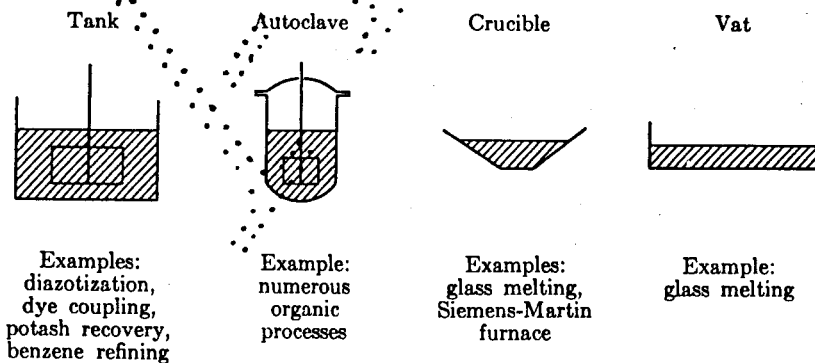
Gasosa-Líquida-Sólida

As reações em fase gasosa são conduzidas principalmente em operações contínuas. Se a taxa de reação for elevada, então esta pode ser conduzida num espaço / reduzido - é o caso dos processos de chama e arco voltaico - ao passo que para velocidades de conversão menores são necessários espaços maiores.



Reactors for gas-phase reactions.

Para reações em fase líquida predominam as operações em batelada. O tipo / mais comum de reator é o tacho aberto, frequentemente dotado de agitador, e os menos frequentes são as autoclaves, os cadinhos e as cubas de fundição.



Reactors for liquid-phase reactions.

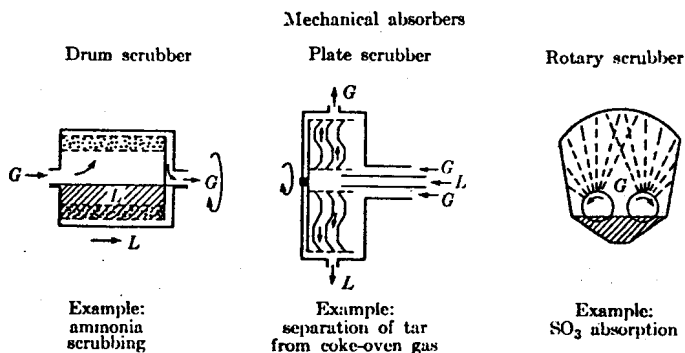
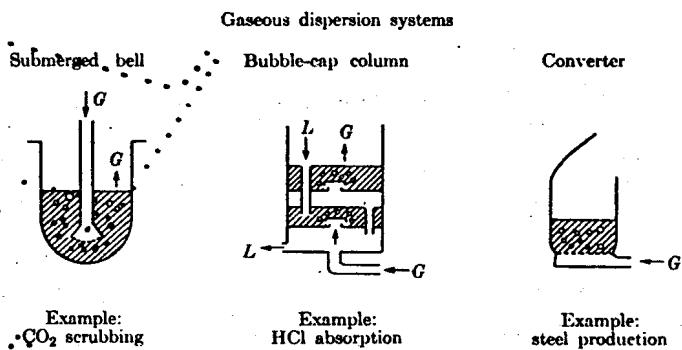
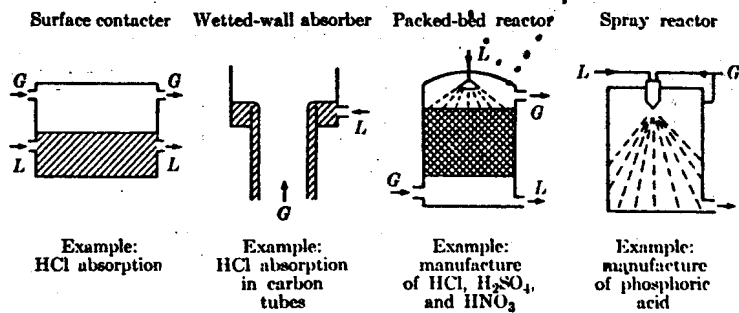
- EQ/CT - UFRJ



Nas reações entre gases e líquidos os resultados desejados podem ser:

- (1) o produto final é uma combinação de gás e líquido; exemplos: a absorção de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl(g)}$ ,  $\text{NO}_2$  em água ou soluções diluídas, respectivamente, de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$  ou  $\text{HNO}_3$ , ou a redução de compostos orgânicos;
- (2) a purificação de um gás; exemplo: a absorção de  $\text{H}_2\text{S}$  (oriundo de gás de síntese) em líquidos orgânicos;
- (3) a expulsão de um produto gasoso por meio de outro gás; a expulsão de  $\text{H}_2\text{S}$  de uma solução de sulfeto com o emprego de  $\text{CO}_2$ .

Todos estes processos geralmente são conduzidos em operações contínuas e é necessário empregar contactores de um dos tipos: de superfície, dispersão gasosa e mecânico.



Contacting devices for reactions between gases and liquids.

- EQ/CT - UFRJ

No contactor de superfície mais simples o líquido tanto pode permanecer em repouso quanto escoar bem lentamente, sendo que o gás flui acima de camada de líquido. A área interfacial assim como a mistura dentro do líquido é, entretanto, relativamente pequena. Outros contactores de superfície são os de parede-molhada, leito recheado e o de nebulização. No absorvedor de parede molhada o líquido escorre por uma parede vertical enquanto o gás passa sobre a superfície do líquido, tanto em escoamento paralelo quanto contra-corrente. O reator de leito recheado, muito usado em indústrias, opera com o líquido distribuído tão uniformemente quanto possível na seção reta do leito à medida que escoar através do recheio (anéis de Rashig ou Selas de Berl). O gás pode escoar em paralelo ou em contra-corrente com o líquido. No reator de nebulização o líquido é dispersado em gotas muito finas de modo a criar uma grande área interfacial entre as gotas e o gás circunvizinho.

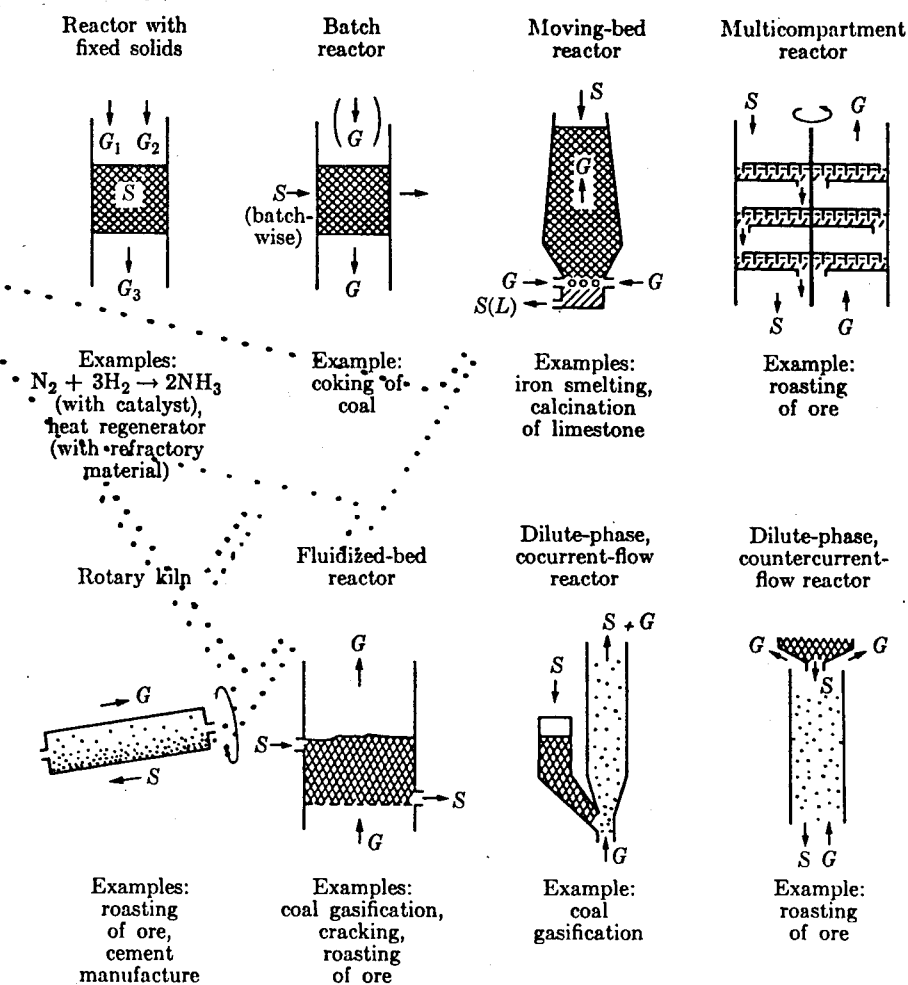
Entre os contactores de dispersão gasosa está o borbulhador simples ("sino submerso"), no qual o gás é injetado no líquido através de pequenos orifícios; a coluna de borbulhadores em campânulas, no qual o líquido permanece distribuído em bandejas superpostas, bem como o sistema de placa perfurada usada na indústria siderúrgica.

Os absorvedores mecânicos incluem os tambores de lavagem/arraste que consistem de dois cilindros concêntricos, um dos quais gira enquanto o outro permanece estacionário. O cilindro de rotação interna é constituído de material de enchimento dentro de uma tela. Durante a rotação do tambor o recheio é continuamente umedecido com líquido fresco, de modo que no espaço acima da camada de líquido, o gás e o líquido aderente reajam entre si. Os lavadores centrífugos também pertencem a este grupo, bem como os lavadores de placas, nos quais o líquido se projeta e pulveriza devido à rotação, proporcionando uma boa mistura de gás e líquido.

Para reações entre gases e sólidos podemos adotar os seguintes critérios de classificação de reatores:

- 1º - conversão estequiométrica do material sólido - este não é convertido estequiometricamente quando atua como catalisador ou meio de transferência de calor para uma reação de um gás;
- 2º - movimento do material sólido dentro do reator - estático ou cinético / (alimentação em batelada ou contínua);
- 3º - características térmicas das reações - exotérmicas ou endotérmicas, e temperaturas de operação elevadas ou moderadas.

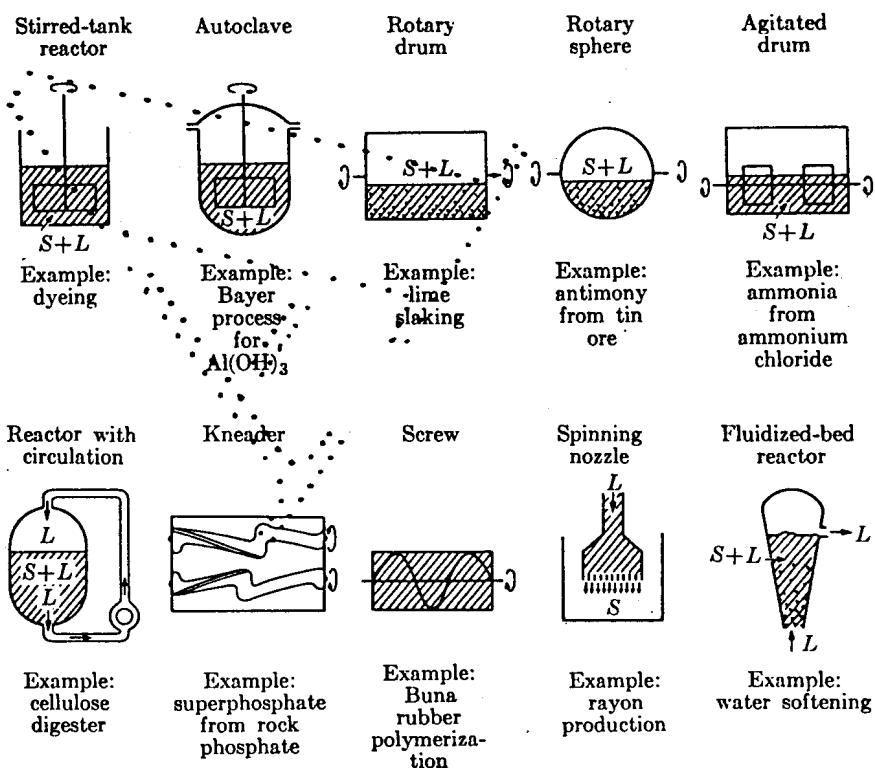
A figura seguinte inclui dois grupos de reatores (pelo segundo critério):



Reactores for reactions between gases and solids.











































Nas reações entre líquidos e sólidos também ocorre predominância de reatores operados em batelada. Isto é particularmente verdadeiro quando a conversão / ocorre lentamente devido à uma pequena taxa de reação, ou porque um processo de dissolução precede a reação. Tais reatores também são os preferidos para operação em série. Os reatores mais versáteis disponíveis para sistemas líquido-sólido são os tanques com agitador e as autoclaves. A mistura de ambas as fases pode ocorrer / pelo movimento do próprio vaso de reação, que é o caso do tambor rotatório e da esfera rotatória. Uma boa transferência de massa entre as fases líquida e sólida pode ser obtida também pela recirculação da fase fluida. As pastas podem ser convertidas quimicamente quando se empregam amassadeiras ou parafusos misturadores. Os extrusores ou bicos de fiação, nos quais são formados materiais sólidos, e os reatores de leito fluidizado também pertencem a este grupo.

Para reações industriais envolvendo sistemas gasoso-líquido-sólido podemos empregar os reatores vistos para sistemas gás-sólido e líquido-sólido.

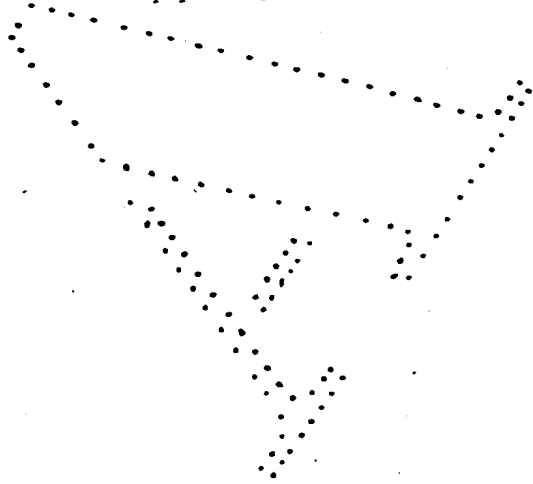


Reactors for reactions between liquids and solids.



 Heat exchanger	 Pumps piston or plunger and centrifugal	 Filters-Kelly, Sweetland or Vallez	 Sprays & inlets gas or liquid
 Water cooler	 Compressors piston and turbo types	 Rotary filters open and enclosed	 Absorber
 Steam heater	 Injector, jet blower, or ejector	 Wax press or filter	 Stripper
 Reboiler	 Piping crosses	 Plate and frame filter press	 Fractionating tower (and many modifications)
 Condensers water and air	 Valve or cock	 Percolation or troy filter	 Bubble trays or plates
 Cooling coils water and air	 3-way valve	 Centrifuge	 Side-to-side pans
 Jet condenser	 Liquid mixers and mixer tanks	 Agitator	 Gas and/or water separator
 Heater coil	 Tanks Vertical cyl.	 Jacketed kettle	 Settlers or vessels vertical and horizontal
 Shell still	 Horiz. cyl.	 Reaction or catalyst chambers	 Pressure gages
 Pipestills 1 & 2 coils (and many other modifications)	 Pressure	 Barometric and steam jets	 Level indicators
	 Boiler		
	 Wax sweater		

Equipment symbols.



Crushers, primary

- Jaw
- Gyratory
- Single-roll
- Sluggler-roll
- Toothed-roll
- Hammer mill
- Bradford breaker
- Sledge

Crushers, secondary

- Standard cone
- Reduction gyratory
- Short-head cone
- Spring rolls
- Stamp
- 3-roll crusher

Grinding mills

- Rod mill
- Ball mill
- Pebble mill
- Tube mill
- Compartment mill
- Roller or race mill
- Chilian mill
- Amalgamating barrel
- Grinding pan

Scrubbers

- Tumbling scrubber
- Screen scrubber
- Spiral scrubber
- Washing screen

Screens

- Fixed grizzly
- Shaking grizzly
- Vibrating grizzly

Products

- Concentrate
- Tailing
- Middling
- W** Water
- A** Amalgam

Screens (Continued)

- Roll grizzly
- Fixed screen
- Revolving screen
- Shaking screen
- Vibrating screen
- Traveling-bell screen
- Wet filter
- Dry filter
- Amalgam press

Classifiers

- Trough-type, mechanism undesignated
- Rake-type
- Spiral-type; Akins
- Internal spiral; Hardinge
- Bowl rake
- Drag
- Hydro-bowl
- Desliming cone
- Cone with hydraulic water
- Multispigot hydraulic classifier
- Cyclone-type (air)
- Centrifugal (wet)

Dewatering

- Thickener
- Settling tank or pond
- Dewatering cone
- Basket centrifugal
- Drier, stationary
- Drier, revolving

Concentrators (see Staging)

- Picking belt or table
- Mechanical shape picker
- Suspended magnet

Concentrators (Continued)

- Drum magnet
- Pulley magnet
- Dry-belt magnet
- Wet-belt magnet
- Electrostatic separator
- Log washer
- Sluice; blanket table
- Rheolaveur
- Sink-float, Chance
- Sink-float, heavy-medium
- Menzies' cone
- Hydrator
- Jig, mechanical; one-stage
- Jig, air-operated; one-stage
- Shaking table; one-stage
- Buddle; strake
- Table flotation; one-stage
- Froth flotation; one-stage
- Gold pan (manual)
- Hydraulic gold trap
- Amalgamating plate

Miscellaneous

- Flotation conditioner
- Air agitator
- Impeller agitator
- Storage bin
- Open storage
- Wet storage (tank)
- Blending
- Sampler
- Alternative flow
- Crucible
- Retort
- Kiln, stationary
- Kiln, rotary
- Cooler, undesignated
- Cooler, rotary
- Heater for liquids
- Cooler for liquids

B, C, etc. for special products, defined in a note on the flowsheet.

Symbols for shorthand flowsheets.

- EQ/CT - UFRJ

A estrutura de qualquer laboratório de desenvolvimento tecnológico baseia-se nas prioridades estabelecidas pelas empresas e/ou entidades de fomento à pesquisa. Por outro lado, verifica-se na prática que os processos químicos inorgânicos interfaceiam frequentemente os processos orgânicos e, por vezes, os bioquímicos, físicos e outros. Tais fatores influenciam desde a elaboração do organograma da instituição até a construção das instalações e compra de aparelhos, equipamentos e demais materiais necessários, bem como a montagem de bibliotecas e outros recursos de informação.

Durante os anos 70 foram iniciadas as atividades de duas importantes entidades brasileiras de pesquisa, ambas no Rio de Janeiro, que atuam em assuntos pertinentes aos processos químicos industriais inorgânicos:

1º - CETEM - Centro de Tecnologia Mineral - DNPM/CPRM

2º - CENPES - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento

Leopoldo A. Miguez de Mello - PETROBRÁS

Objetivos do CETEM: seguir as diretrizes do Ministério das Minas e Energia, através do Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e da sua sócia executiva, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), bem como das indústrias minerais do Brasil, no sentido de elaborar a matéria-prima mineral, de forma tal a manter sua competitividade nos mercados doméstico e internacional, e de melhorar as condições de operação das inúmeras usinas do País, assim como aumentar a proteção do meio-ambiente junto às minas.

Objetivos do CENPES (outubro/81): atender às necessidades tanto da Petrobrás quanto de suas subsidiárias, além de desenvolver pesquisas e projetos que servirão para atender à demanda dos setores de petróleo e petroquímico, bem como, no desenvolvimento de um equipamento motivar a empresa nacional para sua fabricação com o maior índice de nacionalização possível de seus componentes, e alcançar níveis de qualidade em condições de concorrer no mercado externo. O primeiro organograma do CENPES, visto a seguir, atende a estas metas. O segundo (elaborado em 1982) apresenta a nova estrutura de pessoal e atividades referente à prioridade de desenvolver a exploração

DPI

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS  
INORGÂNICOS INDUSTRIAIS

AZ agosto/1982



e a produção de petróleo.

Na área internacional, apresentamos a seguir, as metas e a estrutura do CIMM - Centro de Investigacion Minera y Metalurgica, situado no Chile, conforme seu relatório de atividades realizadas em 1977.

Objetivos do CIMM: converter-se numa arma de defesa tecnológica e de desenvolvimento nacional e de ser um organismo onde sejam planejadas e desenvolvidas estratégias de uso racional da riqueza mineral chilena e sejam formados recursos humanos altamente especializados, com o propósito de enfrentar com êxito as condições econômicas e tecnológicas cada vez mais complexas impostas pelos mercados internacionais.

Qualquer instituição de pesquisa depende do apoio de equipes próprias de montagem e manutenções mecânica, elétrica e eletrônica; bem como de vidreiros, carpinteiros, desenhistas, bibliotecários e arquivistas, compradores de material, programadores de computadores, analistas de sistemas e pessoal administrativo.



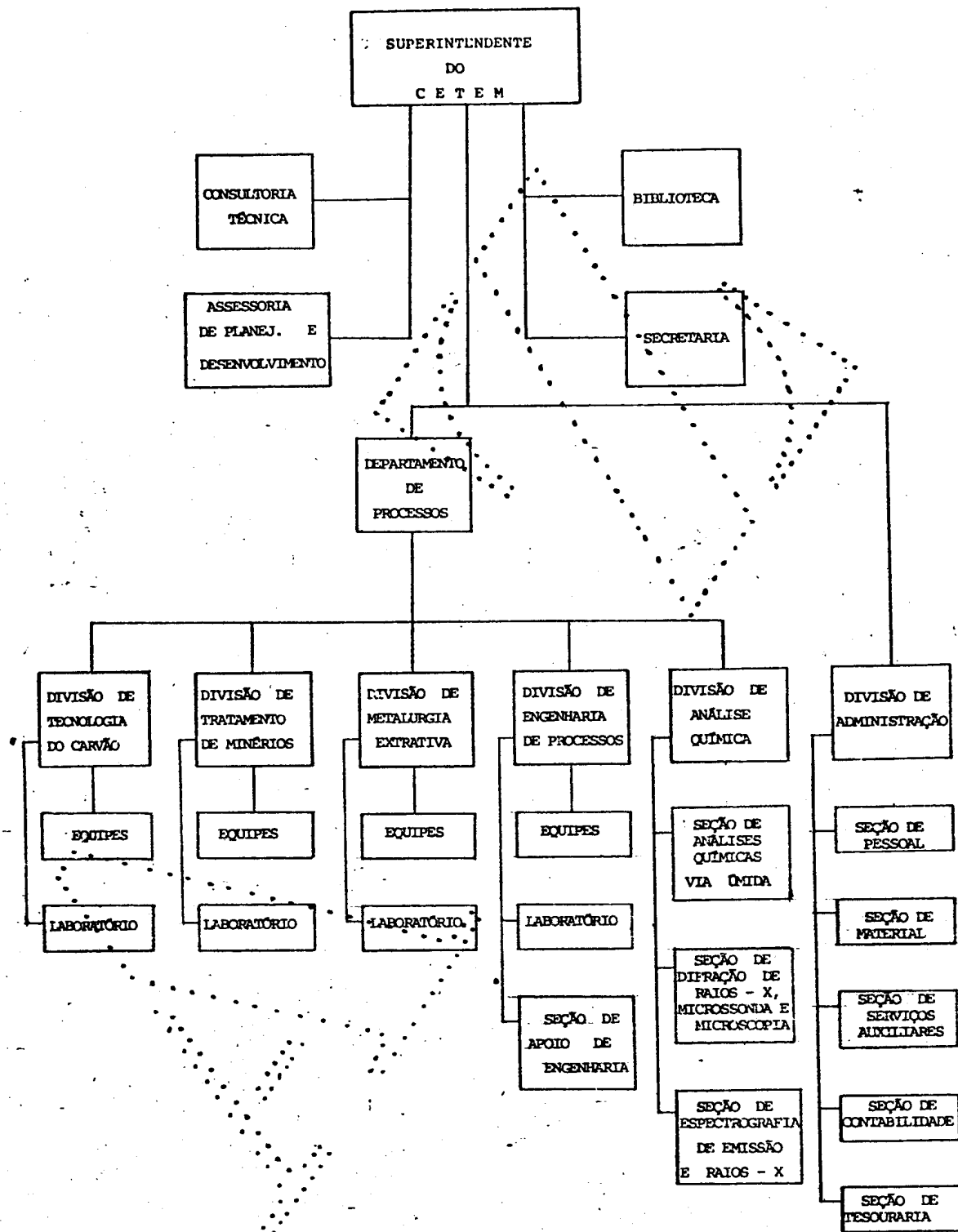
- EQ/CT - UFRJ

DPI

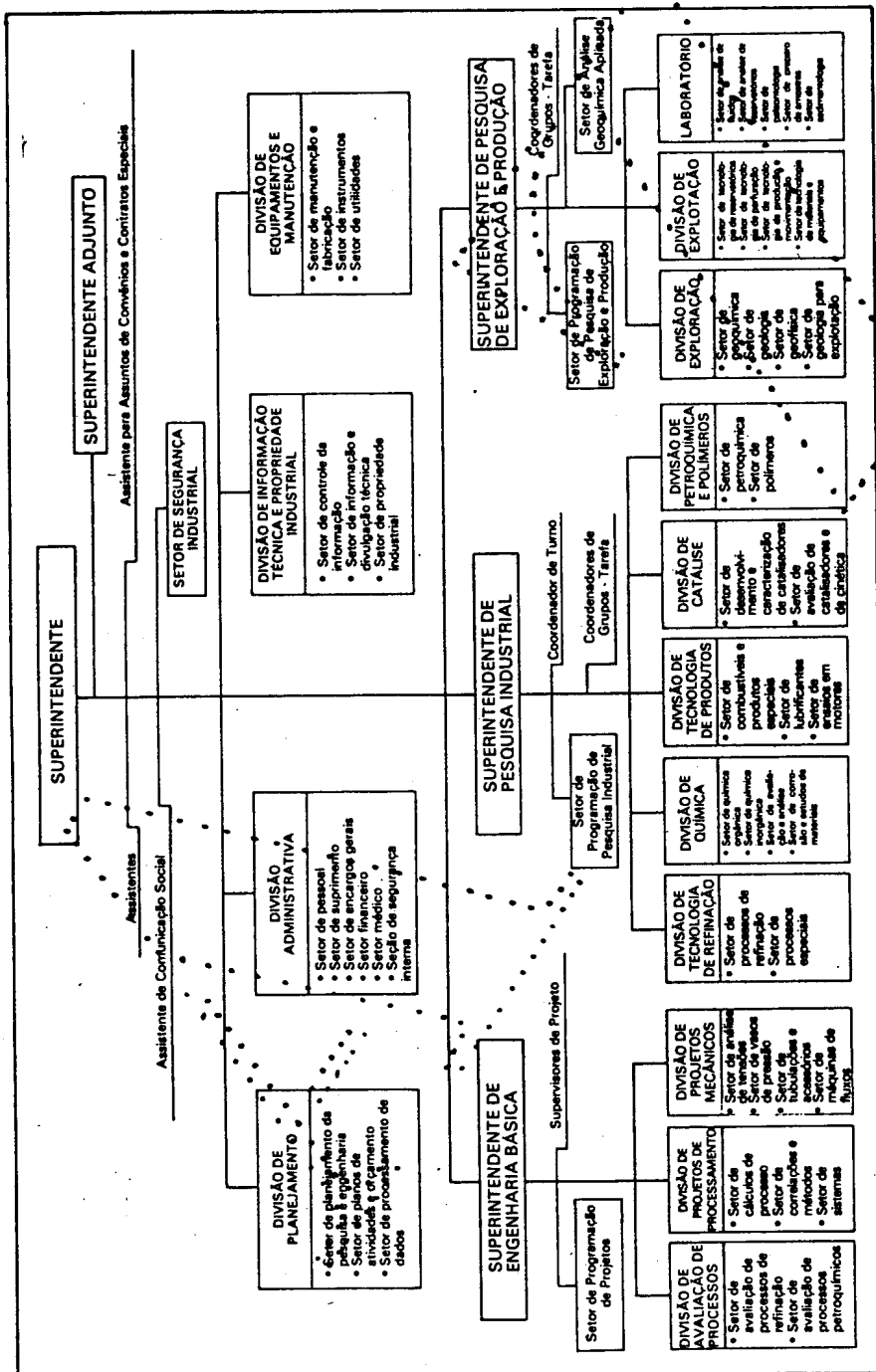
DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS  
INORGÂNICOS INDUSTRIAIS

AZ agosto/1982

24



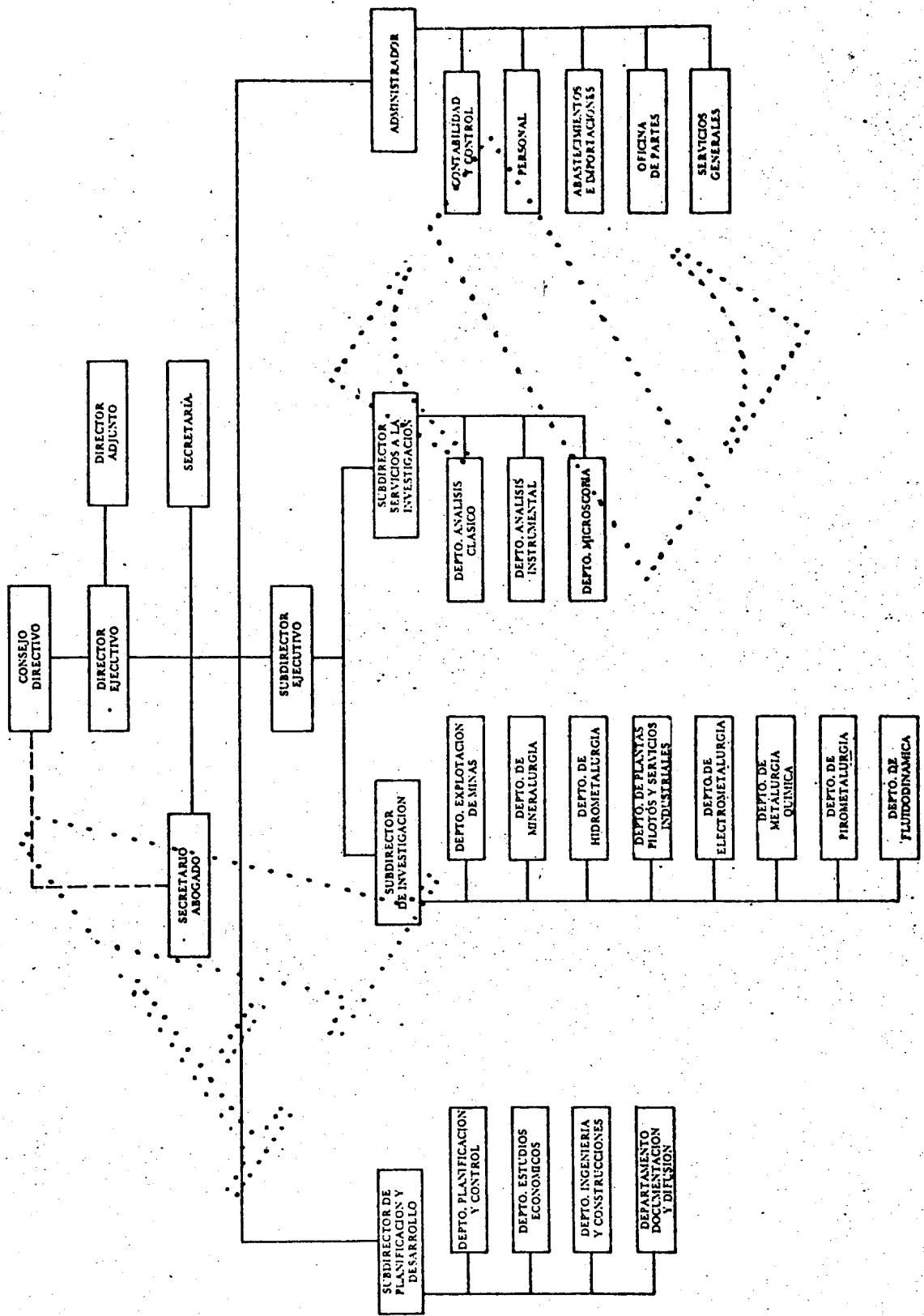
ORGANOGRAMA DO CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM  
 DNPM/CPRM - RIO DE JANEIRO - 1982



PETRO & QUÍMICA - OUTUBRO/81

ORGANOGRAMA DO CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO  
LEOPOLDO A. MIGUEZ DE MELLO - CENPES  
PETROBRÁS - RIO DE JANEIRO - 1981





ORGANOGRAMA DO CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA - CIMM SANTIAGO DE CHILE - 1978

## 8. LABORATÓRIO PARA CONTROLE DE QUALIDADE

A necessidade de manter a manufatura de produtos dentro de padrões comerciais e/ou técnicos gerou dentro de várias indústrias a existência de laboratórios de controle de qualidade, cujos analistas efetuam inspeções e testes analíticos e físico-químicos para matérias-primas, produtos intermediários e finais dos processos químicos destinados a garantir também a própria estabilidade e desempenho do processo fabril.

A montagem de tais laboratórios é sempre compatível com suas exigências técnicas, fiscais e legais que se fizerem necessárias, pois até mesmo as embalagens são registradas nos ministérios públicos, para que seja emitido o alvará ou licença de fabricação.

Os laboratórios de controle de qualidade são necessários para os processos pouco instrumentados, onde o controle das operações unitárias ou conversões químicas é complementado por determinações realizadas por analistas especializados em grupos de testes e análises. Torna-se necessário completar a equipe de analistas de bancada com inspetores de qualidade, que geralmente são especializados em colher amostras de matérias-primas, produtos intermediários e finais de forma criteriosa e dentro de padrões de segurança de trabalho.

Algumas indústrias dependem das análises das matérias-primas para poderem programar as condições de operação de seus equipamentos e a produção de turno ou diária, bem como calcular estequiometricamente as quantidades de aditivos a serem misturadas aos produtos finais ou mesmo nas etapas intermediárias.

## 9. ELABORAÇÃO DO FLUXOGRAMA DO PROCESSO

A origem de um processo químico industrial geralmente é a pesquisa realizada em escala de bancada. A descrição dos trabalhos de laboratório revela atividades executadas por pessoas e máquinas com o objetivo de concretizar operações unitárias e conversões químicas. Uma característica marcante desta etapa do desenvolvimento do processo é que as pessoas empregam seus próprios movimentos e sentidos sensoriais (visão, tato, olfato, audição e gustação) para controlá-lo. Assim, torna-se difícil para um químico sem os conhecimentos de engenharia industrializar o processo elaborado em escala de bancada.

Uma das atribuições pertinentes ao engenheiro químico consiste em estabelecer a correspondência entre atividades, manipulações e utilidades empregadas em escala de bancada e a escala industrial, conforme os exemplos do QUADRO I.

QUADRO I

EXEMPLOS DE CORRESPONDÊNCIA ENTRE ESCALAS DE BANCADA E INDUSTRIAL

ATIVIDADE	ESCALA	BANCADA	PILOTO/INDUSTRIAL
1. ESTOCAGEM gases líquidos sólidos		bujões e cilindros garrafas, reservatórios frascos, sacos, bandejas, caixas, caixotes	bujões, cilindros e esferas tanques, tambores, reservatórios tambores, sacos, vagões ferroviários, pátios cobertos e descobertos
2. TRANSPORTE DE SÓLIDOS		frascos, sacos, bandejas, caixas, caixotes, papel de pesagem, vidro de relógio, espátulas, colheres, funis	vagões ferroviários, caminhões, transportadores-parafuso, correias ou esteiras rolantes, elevadores de caçamba ou canecos, transportadores vibratórios, oscilatórios e pneumáticos
3. BOMBAMENTO DE GASES E LÍQUIDOS		pipetas, peras de borracha conta-gotas, trompa de vácuo sucção e sopro humanos, tubos de vidro, borracha e plástico	compressores, ventiladores e scoradores bombas, ejetoras, sistemas de vácuo tubulações de plástico e metálicas mangueiras de borracha
4. REDUÇÃO DE TAMANHOS		gral e pistilo, facas e martelos	britadores, moinho e galgas.
5. FILTRAÇÃO		papel, algodão, areia por gravidade e a vácuo	tortas e meios filtrantes por gravidade, pressão ou vácuo
6. CONTROLE DO PROCESSO		amostragem, medição e controle semi-automático de propriedades, regularidades e anormalidades; registro manual em cadernos	deteção, medição, registro e controle automático; amostragem, e análise por inspetores e analistas de controle de qualidade é opcional
7. UTILIDADES		linhas de corrente alternada baterias e pilhas elétricas águas de torneira, destilada banhos-maria e mantas elétricas bicos de chama gás combustível ar comprimido direto gelo, geladeiras, congeladores	subestações transformadoras, retificadores de corrente, sistema de tratamento d'água, caldeiras a vapor e fluidos térmicos queimadores, fornalhas e incineradores carvão, óleos e gás combustível ar comprimido em rede de tubos sistemas de refrigeração
8. CALCINAÇÃO		bicos de gás, cadinhos e fornos	fornos e calcinadores

A elaboração do fluxograma do processo inicia-se pela obtenção de uma descrição detalhada dos trabalhos realizados em escala de bancada, da qual são listadas as transformações físico-químicas (sínteses, decomposições, agregações, etc); as determinações e análises; os tipos de registro de dados; o transporte de matérias-primas, produtos e sub-produtos; armazenagem de materiais; utilidades e facilidades; e opcionalmente o pessoal empregado. Desta lista devem ser destacadas as operações unitárias, as conversões químicas essenciais, as matérias-primas, os produtos e os sub-produtos.

A etapa seguinte consiste na elaboração de uma tabela de correspondência entre as escalas de bancada e industrial, utilizando-se para isto o "Manual de Engenharia Química", para iniciar a escolha dos equipamentos e sistemas. Sempre é possível encontrar no mercado interno aparelhos, máquinas e equipamentos capazes de executar a transformação, o transporte e a armazenagem, bem como o controle do processo, pois nos últimos anos ocorreu um desenvolvimento industrial satisfatório. Quando for necessário utilizar algum componente inédito no processo é possível lançar mão de importação ou desenvolvê-lo e patentear-lo (opção atualmente estimulada pelos órgãos governamentais).

A concepção do processo industrial pode ser representada em dois níveis fundamentais para os empresários e engenheiros: o diagrama de blocos e o fluxograma do processo.

A representação mais simples de um processo químico industrial é o diagrama de blocos (retangulares). Dentro de cada bloco é indicada a operação unitária ou conversão química pertinente. Cada seta que entra ou sai do bloco representa um material. É facultativo especificar as condições termodinâmicas de operação (variação, temperatura, pressão, composição, estado físico) em cada linha considerada.

O fluxograma de processo é representado por blocos e símbolos específicos de equipamentos e instrumentos (ver figuras anteriores) e deve conter os dados termodinâmicos em cada linha ou símbolo principal, que permita relacioná-los com os balanços de massa e energia da unidade industrial considerada. Geralmente, são incluídas também as linhas referentes às utilidades empregadas.



Para o profissional que se defronta com o problema de montar um laboratório químico ou bioquímico, ou escolher um método de análise, um dos pontos de partida é a consulta a livros de análises quantitativa e qualitativa. A etapa seguinte pode ser a de buscar nas coleções da "A.S.T.M" e "A.B.N.T.", bem como nas farmacopéias, no "Índice Merck" e no "Handbook of Dangerous Materials" as técnicas e métodos relacionadas com reagentes e produtos químicos e até mesmo equipamentos, aparelhos e instrumentos científicos padronizados de aceitação internacional. Outro texto de extraordinário valor é o manual "Farmacia Práctica de Remington", bem como vários manuais de química. Outro recurso consiste em buscar nos catálogos de fabricantes de aparelhos e materiais de laboratório, nacionais e internacionais, as informações básicas para seleção das técnicas, pois tais livros e folhetos são fartamente ilustrados e os itens apresentados são referenciados aos métodos já consagrados.

Freqüentemente, a mesma aparelhagem de bancada que serve para laboratório de sínteses ou pesquisas serve para testes e análises de controle de qualidade.

10.1. A especificação dos materiais de laboratório poderá ser efetuada através de um formulário apropriado (vide modelo em anexo) agrupados sob a seguinte classificação:

aparelhos e instrumentos;

vidrarias e cerâmicas;

reagentes e papéis;

utensílios;

higiene e limpeza;

segurança industrial e

pronto-socorro.

10.2. As especificações de equipamentos devem, sempre que possível, conduzir a seleção e projeto de unidades padronizadas, pois nesta condição é possível que o fabricante tenha o equipamento desejado em estoque. Em qualquer caso, um equipamento padronizado apresenta melhores condições de preço e garantia de funcionamento do que um equipamento especial.

ESCOLA DE QUÍMICA - UFRJ  
DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INORGÂNICOS  
DISCIPLINA: \_\_\_\_\_  
TRABALHO : \_\_\_\_\_

DATA / /  
PÁG. \_\_\_\_ DE \_\_\_\_  
GRUPO/AUTOR: \_\_\_\_\_

FOLHA DE ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS

ITEM	QUANT.	UNID.	DISCRIMINAÇÃO	CATÁLOGO/ REFERÊNCIA

- EQ/CT - UFRJ

DPI

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS  
INORGÂNICOS INDUSTRAIS

AZ /Agosto/82

O engenheiro químico não pode ser um especialista em todos os tipos de equipamentos usados em plantas de processos químicos. Ele deve fazer uso da experiência de outros profissionais. Muitas informações valiosas podem ser obtidas junto aos fabricantes dos equipamentos que se especializam em tipos particulares.

Uma consulta às coleções "Registro Industrial Brasileiro" e "Catálogo Composto Petrobrás" é sempre oportuno.

Antes de um contato com um fabricante o engenheiro deve avaliar suas necessidades de projeto e preparar pelo menos uma "folha de especificações preliminares" para o equipamento, que servirá de base para as especificações finais. Com tais informações é possível solicitar ao fabricante sugestões e informações sobre suas condições de fabricação. As especificações preliminares para o equipamento podem seguir o seguinte roteiro:

1. Identificação
2. Função
3. Regime de operação (batelada, contínuo, intermitente, etc)
4. Materiais processados
5. Dados básicos de projeto
6. Controles necessários
7. Isolamentos necessários
8. Tolerâncias permitidas
9. Informações especiais e detalhes pertinentes ao equipamento particular, tais como materiais de construção, incluídas gaxetas e juntas, local e modo de instalação, data de entrega necessária, suportes e/ou sapatas e detalhes ou comentários especiais.

DPI

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS  
INORGÂNICOS INDUSTRIAIS

AZ 09/Agosto/82

34

HEAT EXCHANGER	
<b>Identification:</b> Item <u>Condenser</u> Item No. <u>H-5</u> No. required <u>1</u>	<b>Date</b> <u>1-1-67</u> <b>By</b> <u>JRL</u>
<b>Function:</b> To condense the overhead vapors from methanol fractionation column	
<b>Operation:</b> Continuous	
<b>Type:</b> Horizontal Fixed tube sheet Expansion ring in shell Duty <u>3,400,000. Btu/hr.</u> Outside area <u>470 sq ft</u>	
<b>Tube side:</b> Fluid handled <u>Cooling water</u> Flow rate <u>380 gpm</u> Pressure <u>20 psig</u> Temperature <u>15°C to 25°C</u> Head material <u>Carbon steel</u>	<b>Tubes:</b> <u>1</u> in. Diam. <u>14</u> BWG <u>1.25"</u> Centers <u>Δ</u> Pattern <u>225</u> Tubes each <u>8'</u> long <u>2</u> Passes Tube material <u>Carbon steel</u>
<b>Shell side:</b> Fluid handled <u>Methanol vapors</u> Flow rate <u>7000 lb/hr</u> Pressure <u>0 psig</u> Temperature <u>65°C to (constant temp.)</u>	<b>Shell:</b> <u>22</u> in. Diam. <u>1</u> Passes (Transverse baffles <u>Tube support</u> Req'd) (Longitudinal baffles <u>0</u> Req'd) Shell material <u>Carbon steel</u>
<b>Utilities:</b> Untreated cooling water <b>Controls:</b> Cooling-water rate controlled by vapor temperature in vent line <b>Insulation:</b> 2-in. rock cork or equivalent; weatherproofed <b>Tolerances:</b> Tubular Exchangers Manufacturers Association (TEMA) standards <b>Comments and drawings:</b> Location and sizes of inlets and outlets are shown on drawing	

Specification sheet for heat exchangers.

BUBBLE-CAP COLUMN			
<b>Identification:</b> Item _____ Item No. _____ No. required _____	<b>Date</b> _____ <b>By</b> _____		
<b>Function:</b> _____ <b>Operation:</b> _____			
<b>Materials handled:</b> Quantity _____ Composition _____ Temperature _____	<b>Feed</b> _____ <b>Overhead</b> _____ <b>Reflux</b> _____ <b>Bottoms</b> _____		
<b>Design data:</b> No. of trays _____ <b>Reflux ratio</b> _____ Pressure _____ <b>Tray spacing</b> _____ Functional height _____ <b>Skirt height</b> _____ Material of construction _____ <b>Diameter:</b> Liquid density _____ lb/cu ft Vapor density _____ lb/cu ft Maximum allowable vapor velocity (superficial) _____ ft/sec Maximum vapor flow rate _____ cu ft/sec Recommended inside diameter _____			
<b>Utilities:</b> _____ <b>Controls:</b> _____ <b>Insulation:</b> _____ <b>Tolerances:</b> _____ <b>Comments and drawings:</b> _____			

Specification sheet for bubble-cap distillation column.



**TABLE 1. EQUIPMENT SPECIFICATION SUMMARY SHEET FOR  
PRECONSTRUCTION COST ESTIMATING**

1. Code No. \_\_\_\_\_ on Flow Sheet No. \_\_\_\_\_ 2. Date \_\_\_\_\_
3. Name of equipment: \_\_\_\_\_
4. Type: \_\_\_\_\_
5. Number required: \_\_\_\_\_
6. Process materials handled (type, composition): \_\_\_\_\_
7. Operating conditions: Temp. \_\_\_\_\_ Pressure \_\_\_\_\_  
Design throughput (mass or volume/unit time): \_\_\_\_\_
8. Volumetric capacity (gal or ft<sup>3</sup>): \_\_\_\_\_
9. Dimensions: Ht. \_\_\_\_\_ Width or diam. \_\_\_\_\_ Length \_\_\_\_\_ Floor area \_\_\_\_\_
10. Principal design dimension (filtering, heat transfer, on screening area, conveyor length, etc.): \_\_\_\_\_
11. Recommended materials of construction: \_\_\_\_\_
12. Piping requirements: Inlet size (NPS) \_\_\_\_\_ Outlet size (NPS) \_\_\_\_\_  
Other fittings: \_\_\_\_\_  
Special piping hardware (relief and check valves, snubbers, etc.): \_\_\_\_\_  
Materials of construction: \_\_\_\_\_
13. Instrumentation requirements: \_\_\_\_\_  
Estimated cost (installed) \_\_\_\_\_
14. Utility requirements:  
Electric motors: type \_\_\_\_\_ hp \_\_\_\_\_ kva \_\_\_\_\_  
Other electrical equip.: type \_\_\_\_\_ kva \_\_\_\_\_  
Steam: \_\_\_\_\_ psi \_\_\_\_\_ lb/hr \_\_\_\_\_  
Gas: \_\_\_\_\_ ft<sup>3</sup>/hr \_\_\_\_\_ Compressed Air \_\_\_\_\_ ft<sup>3</sup>/hr \_\_\_\_\_  
Cooling water: \_\_\_\_\_ °F max temp. \_\_\_\_\_ gph \_\_\_\_\_
15. Construction details: \_\_\_\_\_
16. Possible suppliers: \_\_\_\_\_
17. Estimated operating labor required: \_\_\_\_\_
18. Cost estimation summary [see Eq. (6-1)]  
Reference source \_\_\_\_\_  
Date of reference \_\_\_\_\_ Price index type \_\_\_\_\_  
Price index value (I<sub>k</sub>) \_\_\_\_\_  
Their cost (C<sub>k</sub>) \_\_\_\_\_ Basis—purchased or installed \_\_\_\_\_  
Present cost calculation: \_\_\_\_\_  
Date computed \_\_\_\_\_ Price index value (I<sub>r</sub>) \_\_\_\_\_  
Your computed cost \_\_\_\_\_ Basis—purchased or installed \_\_\_\_\_  
Installation cost \_\_\_\_\_ Total installed cost \_\_\_\_\_
19. Remarks \_\_\_\_\_

PROCESS SPECIFICATION FOR PUMPING EQUIPMENT		PLANT	CPLA-2
PROCESS DESIGN	PJC	SPEC. NO.	BR-000
CHECKED BY	RLJ	ITEM NO.	P-105
DATE	3/20/52		
<b>GENERAL</b>			
SERVICE		Furnace Feed	
NO. OF PUMPS REQUIRED	IN REGULAR USE		1
	AS SPARES		1
<b>PROCESS REQUIREMENTS PER PUMP</b>			
FLUID HANDLED	Gas Oil		
QUALITY OF FLUID	Slightly corrosive		
	Sulfur		
	None		
QUANTITY HANDLED G/H AT 60°F AND 760 MM.	18,350		
SPECIFIC GRAVITY AT 60°F AND 760 MM	0.882		
PUMPING TEMPERATURE	°F 150		
VISCOSITY—CENTIPOISES AT PUMPING TEMP.	2.5		
<b>SUCTION CONDITIONS (AT PUMP)</b>			
PRESSURE	P. S. I. (ABS. OR GA.) 0 psig		
VAP. PRES. AT PUMP TEMP.	P. S. I. (ABS. OR GA.) Negligible		
SP. GR. AT PUMP TEMP. AND SUCTION PRESS.	0.840		
NET POSITIVE HEAD ABOVE VAP. PRESS. FT.	40.4		
<b>DISCHARGE CONDITIONS (AT PUMP)</b>			
PRESSURE	P. S. I. (ABS. OR GA.) 220 psig		
SP. GR. AT PUMP TEMP. AND SUCTION PRESS.	0.840		
CAPACITY AT DISCH. COND.	GPM 294		
<b>DESIGN CONDITIONS</b>			
DIFFERENTIAL PRESSURE	P. S. I. 220 psig		
LIQUID HORSE POWER	FT. 605		
MAXIMUM TEMPERATURE	°F 250		
MAX. SUCTION PRESS. P. S. I. (ABS. OR GA.)	10 psig		
MAX. ALLOWABLE PUMP ΔP, P.S.I.	290.2		
<b>REMARKS</b>			
(SPECIAL REQUIREMENTS OF PUMPS OR DRIVERS, ETC.)			
TYPE OF PUMP RECOMMENDED			
Centrifugal			
TYPE OF DRIVER RECOMMENDED			
REGULAR Motor			
SPARE Turbine			

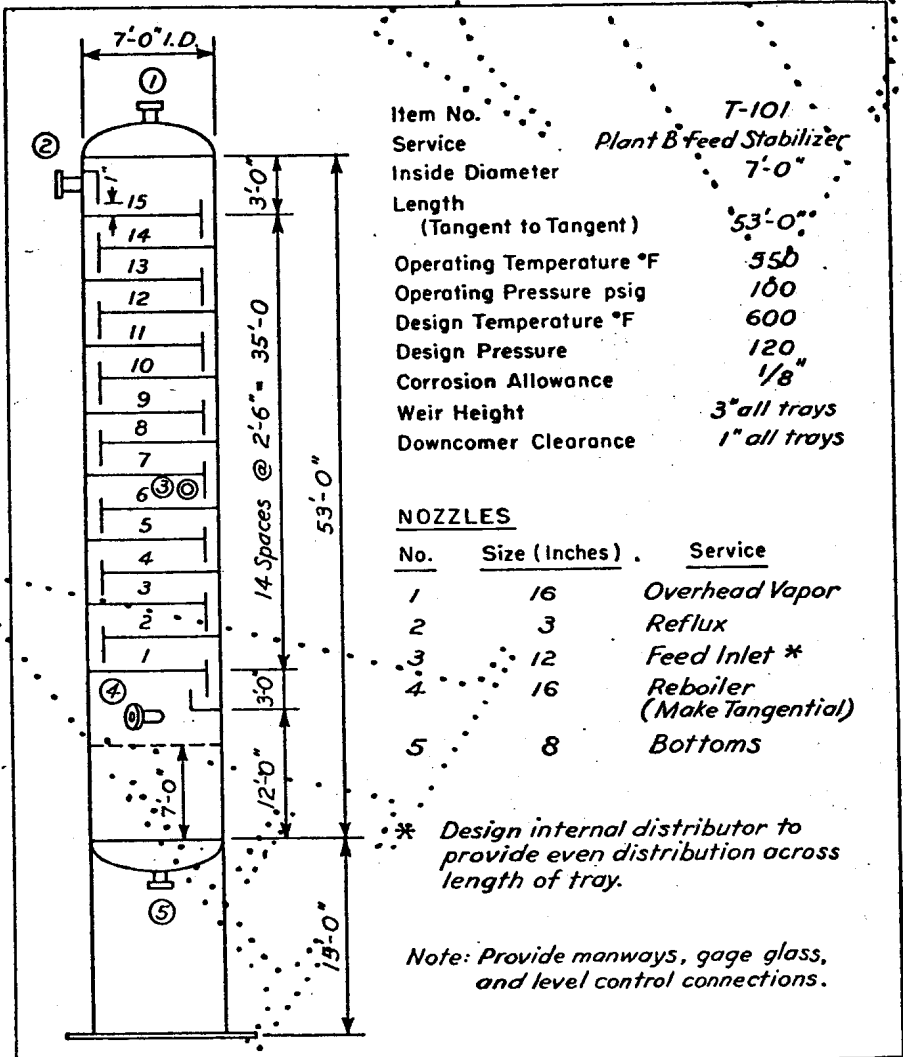
Process specification form for pumping equipment.

DPI

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS  
INORGANICOS INDUSTRAIS

AZ /Agosto/82

Nem todas as folhas de especificações de equipamentos, conhecidas também pela expressão "data sheet" apresentam espaços nos seus formulários para conter desenhos esquemáticos. Em certos casos, podemos anexar uma nova folha só para "sketch", de acordo com a figura abaixo:



Process vessel sketch.

- EQ/CT - UFRJ

10.3. PARA INSTRUMENTOS DE CONTROLE

A. ELABORAR O FLUXOGRAMA DE INSTRUMENTAÇÃO (roteiro em anexo)

B. CONSULTAR:

Manual de Engenharia Química

" Process Instruments and Controls Handbook "

" Handbook of Applied Instrumentation "

" Handbook of Automation, Computation, and Control, Vol.3 "

Registro Industrial Brasileiro

Revistas Controle e Instrumentação e Química e Derivados

Catálogos de fabricantes

C. ESPECIFICAR:

Sensores ou Medidores

Mostradores e Registradores

Controladores Automáticos (Mecânicos, Pneumáticos,

Elétricos, Eletrônicos,

Hidráulicos, Especiais)

Amplificadores (quando necessário)

Atuadores e Ajustadores

Toda seleção, pedido e compra de instrumentos de processo deve ser efetuada por um engenheiro especialista em instrumentação. É impossível para um engenheiro projetista ou de processo manter-se atualizado neste campo.

Para especificar adequadamente a instrumentação o engenheiro especialista deverá estar familiarizado com todas as fases do processo, suas principais características e a utilização ou função de todos os equipamentos envolvidos. Portanto, em contra-partida, é sempre útil para o engenheiro projetista ou de processo possuir um conhecimento geral sobre instrumentação industrial.

O Controle das variáveis de um processo químico industrial pode ser efetuado pela execução de quatro funções básicas através do uso de instrumentos apropriados, respeitados os princípios da Teoria de Controle de Processo:

Funções Básicas	Grupos de Instrumentos
1 <sup>ª</sup> - Medição	Sensores ou Medidores (Elementos Primários)
2 <sup>ª</sup> - Comparação	Mostradores e Registradores (Instrumentos de Leitura)
3 <sup>ª</sup> - Computação	Controladores Automáticos (Mecânicos, Pneumáticos, Hidráulicos, Elétricos, Eletrônicos, Especiais)
4 <sup>ª</sup> - Correção	Atuadores e Ajustadores (Elementos Finais de Controle)

O "Manual de Engenharia Química" apresenta uma descrição sucinta dos principais tipos de instrumentos pertinentes a cada grupo mencionado, sendo que o texto "Process Instruments and Controls Handbook" é o básico dos especialistas.

A centralização do controle numa sala e/ou painel só é possível através do uso de dispositivos de telemetria e transmissão. O sinal emitido pelo sensor num determinado ponto do processo industrial é transportado/enviado para a sala de controle onde os mostradores, registradores e controladores estão localizados. Após a computação cabível, um sinal de correção é enviado para o elemento final de controle montado dentro da área de processo. Para isto, empregam-se transmissores dos tipos eletrônicos ou pneumáticos. A telemetria por telefone, fios ou microondas é usada para controle remoto.

EQ/CT - UFRJ

DPI

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS  
INORGÂNICOS INDUSTRIAIS

AZ agosto/1982

39



## PROCEDIMENTO PARA ELABORAÇÃO DO FLUXOGRAMA DE INSTRUMENTAÇÃO

1. Dividir a unidade de processo químico industrial nas suas menores etapas possíveis de conversão química e operação unitária.
2. Listar as variáveis de processo - temperatura, pressão, vazão, composição, nível, etc, que possam afetar cada operação ou conversão.
3. Acrescentar as variáveis ambientais possíveis - temperatura e umidade ambientes, pressão barométrica, incidência solar, vento, chuva e poluição.
4. Dividir as variáveis listadas em quatro grupos:
  - 4.1 - variáveis a serem controladas automaticamente;
  - 4.2 - variáveis a serem medidas continuamente;
  - 4.3 - variáveis a serem medidas periodicamente;
  - 4.4 - variáveis não-medidas e não-controladas.
5. Para cada variável do grupo de controle automático, selecionar:
  - 5.1 - o método de medição mais indicativo do desempenho do processo;
  - 5.2 - a forma de indicação, registro e controle;
  - 5.3 - o modo de controle para garantir o desempenho dinâmico desejado.
6. Para cada variável do grupo de medições contínuas, decidir:
  - 6.1 - o método de medição mais indicativo;
  - 6.2 - se é desejável sinalizar, indicar ou registrar dados;
  - 6.3 - se é necessário instalar na sala de controle ou na própria unidade de processo os dispositivos sinalizadores, indicadores e registradores.
7. Para cada variável do grupo de medições periódicas, decidir o método de execução e a frequência das medições.
8. Elaborar um fluxograma, tão simples e esquemático quanto possível, para descrever a unidade física ou química do processo, indicando:
  - 8.1 - material a ser controlado;
  - 8.2 - tamanho dos vasos e equipamentos;
  - 8.3 - comprimento e tamanho das tubulações;
  - 8.4 - localização do equipamento de controle;
  - 8.5 - pressões, temperaturas, composições, vazões e níveis de líquido, etc em cada ponto importante;
  - 8.6 - empregar símbolos alfanuméricos para denominar os parâmetros visados.

NOTA: A partir do fluxograma de instrumentação é possível construir os diagramas de blocos usados para desenvolver-se a análise dinâmica do processo (destinada ao projeto final da malha de controle automático).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. SHREEVE, R.N. e BRINK, Jr., J.A.  
"Indústrias de Processos Químicos, 4<sup>a</sup> ed"  
Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980
02. NORMAS TÉCNICAS DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)
03. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING OF MATERIALS  
"1969 Book of ASTM Standards"
04. STANIAR, W.E.  
"Plant Engineering Handbook, 2<sup>nd</sup> Ed."  
McGraw-Hill Book Company, Inc, New York, 1959
05. RASE, H.F. e BARROW, M.H.  
"Project Engineering of Process Plants"  
John Wiley & Sons, Inc, New York, 1957
06. VILBRANDT, F.C. e DRYDEN, C.E  
"Chemical Engineering Plant Design, 4<sup>th</sup> Ed."  
McGraw-Hill e Kogakusha, Tokyo, 1959
07. PETERS, M.S. e TIMMERHAUS, K.D.  
"Plant Design and Economics for Chemical Engineering, 2<sup>nd</sup> Ed."  
McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, Tokyo, 1968
08. TEGEDER, F. e MAYER, L.  
"Métodos de la Indústria Química"  
Editorial Reverté, S.A., Barcelona, 1967
09. JOHNSTONE, R.E. e THRING, M.W.  
"Pilot Plants, Models, and Scale-up Methods in Chemical Engineering"  
McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957
10. MACDONALD R.D. e STEPHENS, Jr., R.D.  
"Designing Ore-Treatment Pilot Plants"  
Annual Meeting of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Chicago, February 14 - 17, 1955
11. CAMPOS, A.R. e ALMEIDA, S.L.M.  
"Flotação de Carvão de Santa Catarina em Escala de Bancada e Piloto"  
Série Tecnologia Mineral, (15), MME - DNPM, Brasília, 1981
12. FIGUEIRA, H.E. e SAMPAIO, J.A.  
"Moagem Autógena de Itabirito em Escala Piloto"  
Série Tecnologia Mineral, (9), MME - DNPM, Brasília, 1980
13. LEWIS, H.F. (Editor)  
"Laboratory Planning for Chemistry and Chemical Engineering"  
Reinhold Publishing Corporation - Chapman & Hall, Ltd, New York, 1962
14. SCHWEITZER, P.A. (Editor - in - chief)  
"Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers"  
McGraw-Hill Book Company, New York, 1979
15. BRÖTZ, W.  
"Fundamentals of Chemical Reaction Engineering"  
Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts, 1965.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. SHREEVE, R.N. e BRINK, Jr., J.A.  
"Indústrias de Processos Químicos, 4<sup>a</sup> ed"  
Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980
02. NORMAS TÉCNICAS DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)
03. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING OF MATERIALS.  
"1969 Book of ASTM Standards"
04. STANIAR, W.E.  
"Plant Engineering Handbook, 2<sup>nd</sup> Ed."  
McGraw-Hill Book Company, Inc, New York, 1959
05. RASE, H.F. e BARROW, M.H.  
"Project Engineering of Process Plants"  
John Wiley & Sons, Inc, New York, 1957
06. VILBRANDT, F.C. e DRYDEN, C.E.  
"Chemical Engineering Plant Design, 4<sup>th</sup> Ed."  
McGraw-Hill e Kogakwsha, Tokyo, 1959
07. PETERS, M.S. e TIMMERHAUS, K.D.  
"Plant Design and Economics for Chemical Engineering, 2<sup>nd</sup> Ed."  
McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, Tokyo, 1968
08. TEGEDER, F. e MAYER, L.  
"Métodos de la Indústria Química"  
Editorial Reverté, S.A., Barcelona, 1967
09. JOHNSTONE, R.E. e THRING, M.W.  
"Pilot Plants, Models, and Scale-up Methods in Chemical Engineering"  
McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957
10. MACDONALD R.D. e STEPHENS, Jr., R.D.  
"Designing Ore-Treatment Pilot Plants"  
Annual Meeting of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Chicago, February 14 - 17, 1955
11. CAMPOS, A.R. e ALMEIDA, S.L.M.  
"Flotação de Carvão de Santa Catarina em Escala de Bancada e Piloto"  
Série Tecnologia Mineral, (15), MME - DNPM, Brasília, 1981
12. FIGUEIRA, H.E. e SAMPAIO, J.A.  
"Moagem Autógena de Itabirito em Escala Piloto"  
Série Tecnologia Mineral, (9), MME - DNPM, Brasília, 1980
13. LEWIS, H.F. (Editor)  
"Laboratory Planning for Chemistry and Chemical Engineering"  
Reinhol Publishing Corporation - Chapman & Hall, Ltd, New York, 1962
14. SCHWEITZER, P.A. (Editor - in - chief)  
"Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers"  
McGraw-Hill Book Company, New York, 1979
15. BRÖTZ, W.  
"Fundamentals of Chemical Reaction Engineering"  
Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts, 1965.

16. "CENPES: Onde a ciência e a indústria se encontram"  
Petro & Química, 4, (38): 21 - 36, outubro, 1981
17. CIMM - Centro de Investigacion Minera & Metalúrgica  
"Investigaciones Mineras & Metalurgicas, 1977"  
CIMM, Santiago de Chile, 1978
18. PERRY, R.H. e CHILTON, C.H.  
"Manual de Engenharia Química"  
Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980
19. LUDWIG, E.F.  
"Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Vol. 1"  
Gulf Publishing Company, Houston, 1967
20. STECHER, P.G., WINDHOLZ, M., LEAHY, D.S., BOLTON, D.M., EATON, L.G.  
"The Merck Index, 8<sup>th</sup> Ed."  
Merck & Co., Inc., N.J., 1968
21. SAX, N.I.  
"HANDBOOK OF DANGEROUS MATERIALS"  
Reinhold Publishing Corporation, New York, 1951
22. MARTIN, E.W., COOK, E.F., LEUALLEN, E.E., OSOL, A., TICE, L.F., VAN MEIER, C.T.  
"Farmacia Practica de Remington"  
Union Tipografica Editorial Hispano Americana, México, 1965
23. "CATÁLOGO COMPOSTO PETROBRÁS"  
Petrobrás, Rio de Janeiro, 1978
24. CONSIDINE, D.M. (Editor)  
"Process Instruments and Controls Handbook"  
McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1957
25. CONSIDINE, D.M. e ROSS, S.D. (Editors)  
"Handbook of Applied Instrumentation"  
McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1964
26. GRABE, E.M., RAMO, S. e WOOLDRIDGE, D.E.  
"Handbook of Automation, Computation, and Control", Vol. 3  
John Wiley & Sons, New York, 1961
27. MULAR, A.L. e BHAPPU, R.B.  
"Mineral Processing Plant Design, 2<sup>nd</sup> Ed."  
Society of Mining Engineers, New York, 1980
28. TAGGART, A.F.  
"Handbook of Mineral Dressing"  
John Wiley & Sons, New York, 1945