



**CRIATIVIDADE TECNOLÓGICA  
NA  
ENGENHARIA DE PROCESSOS INORGÂNICOS**

**ABRAHAM ZAKON**

**Prof. Associado  
Eng<sup>o</sup> Químico, M. Sc., D. Eng.**

**Laboratório de Cimentos e Cerâmicos  
Departamento de Processos Inorgânicos  
Escola de Química - Centro de Tecnologia  
Universidade Federal do Rio de Janeiro**

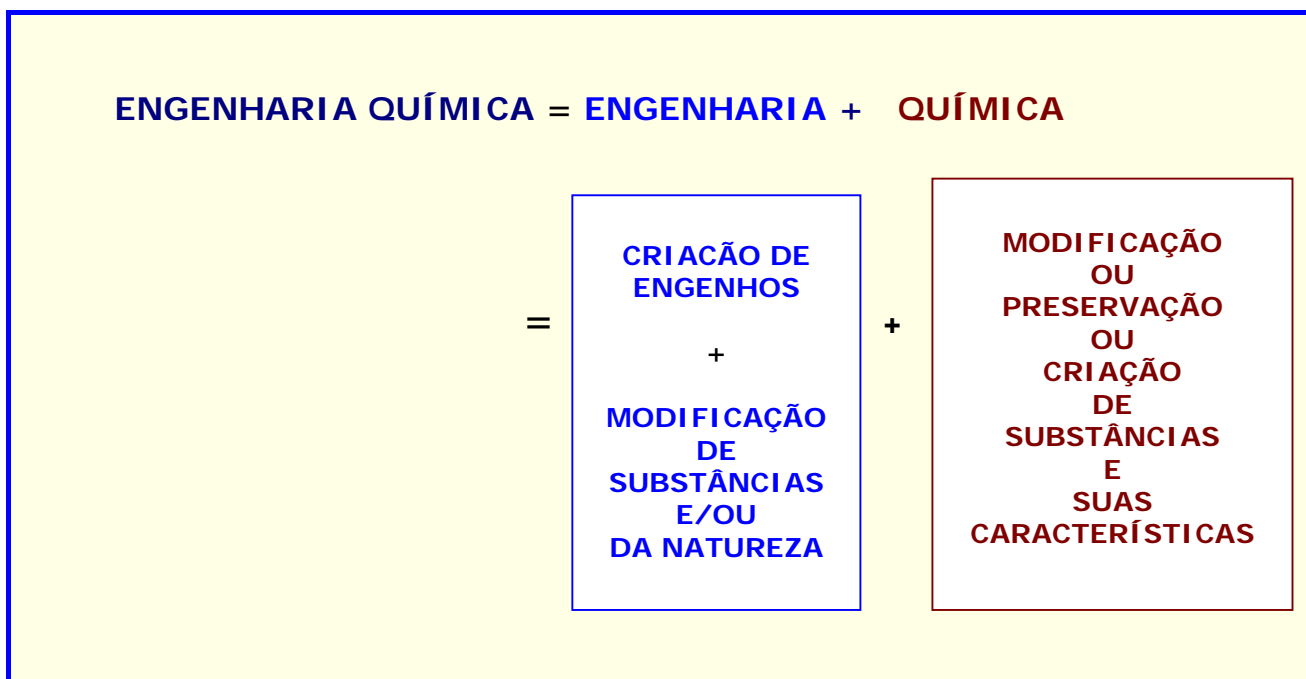


**Arequipa - Outubro de 2008**

**PARTE 1.2**

**FUNDAMENTOS E ÁREAS DA ENGENHARIA QUÍMICA**

## COMPONENTES DA ENGENHARIA QUÍMICA E DA TECNOLOGIA

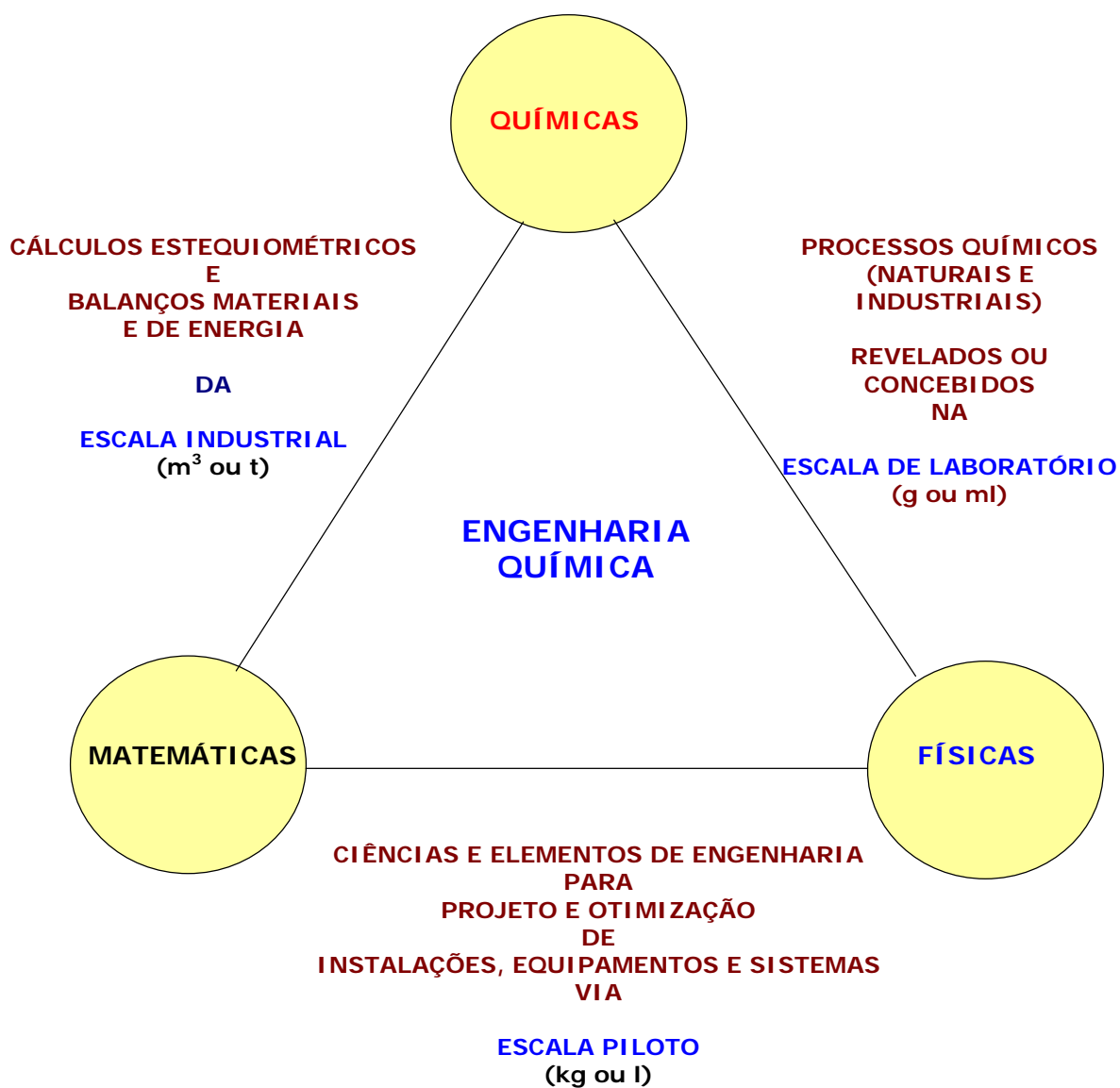


**ENGENHARIA QUÍMICA CLÁSSICA = ENGENHARIA + QUÍMICA.**

**ENG. QUÍMICA COMPUTACIONAL = ENGENHARIA + QUÍMICA + COMPUTAÇÃO**

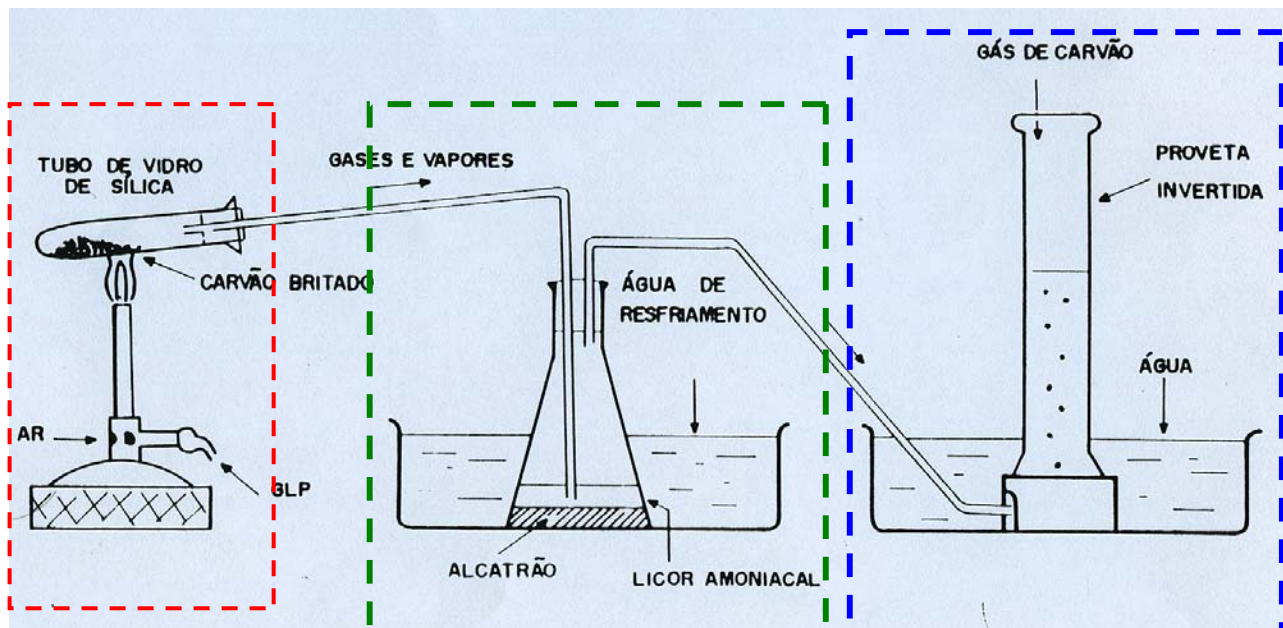
**TECNOLOGIA =  $\Sigma$  (TÉCNICAS + RECURSOS MATERIAIS + PESSOAS)**

## AS BASES DA ENGENHARIA QUÍMICA CLÁSSICA

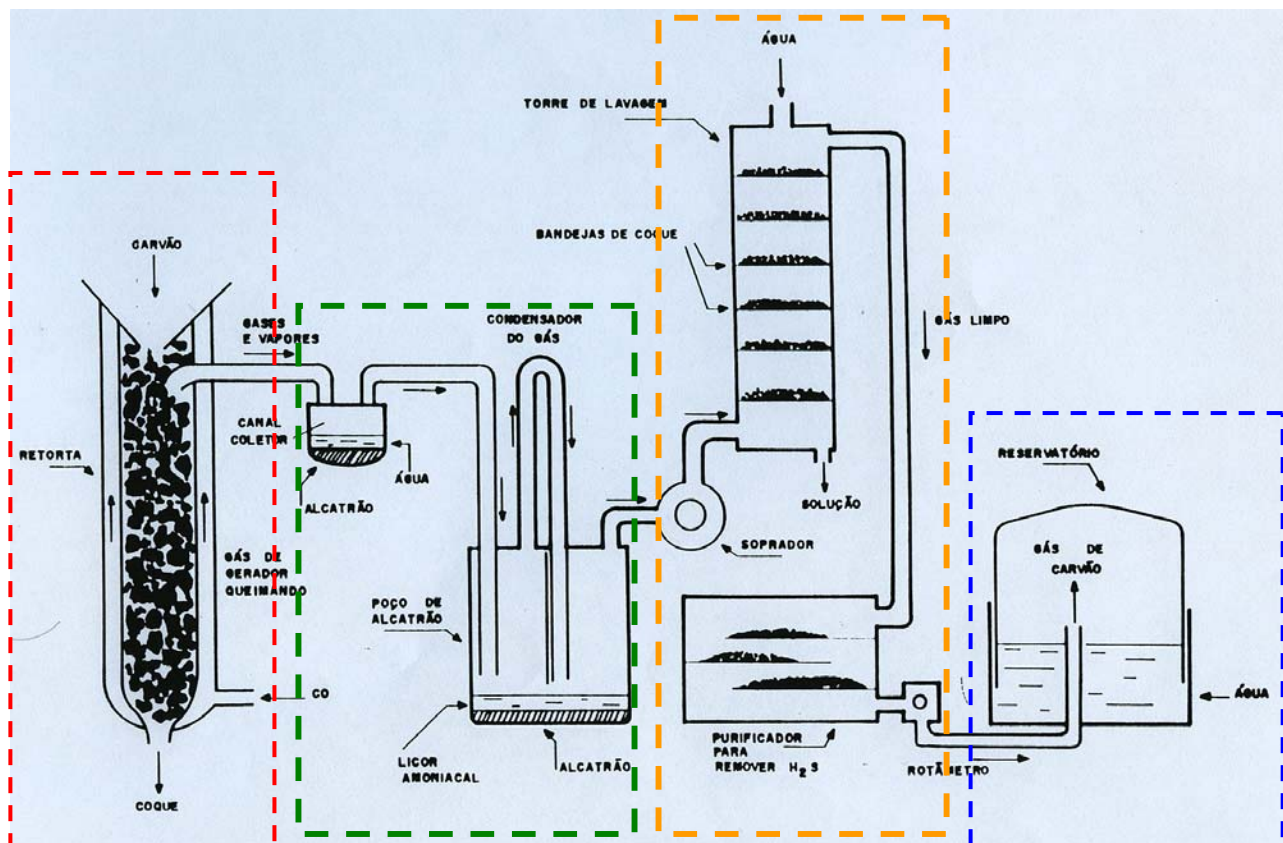


## A DESTILAÇÃO SECA (COQUEIFICAÇÃO) DO CARVÃO

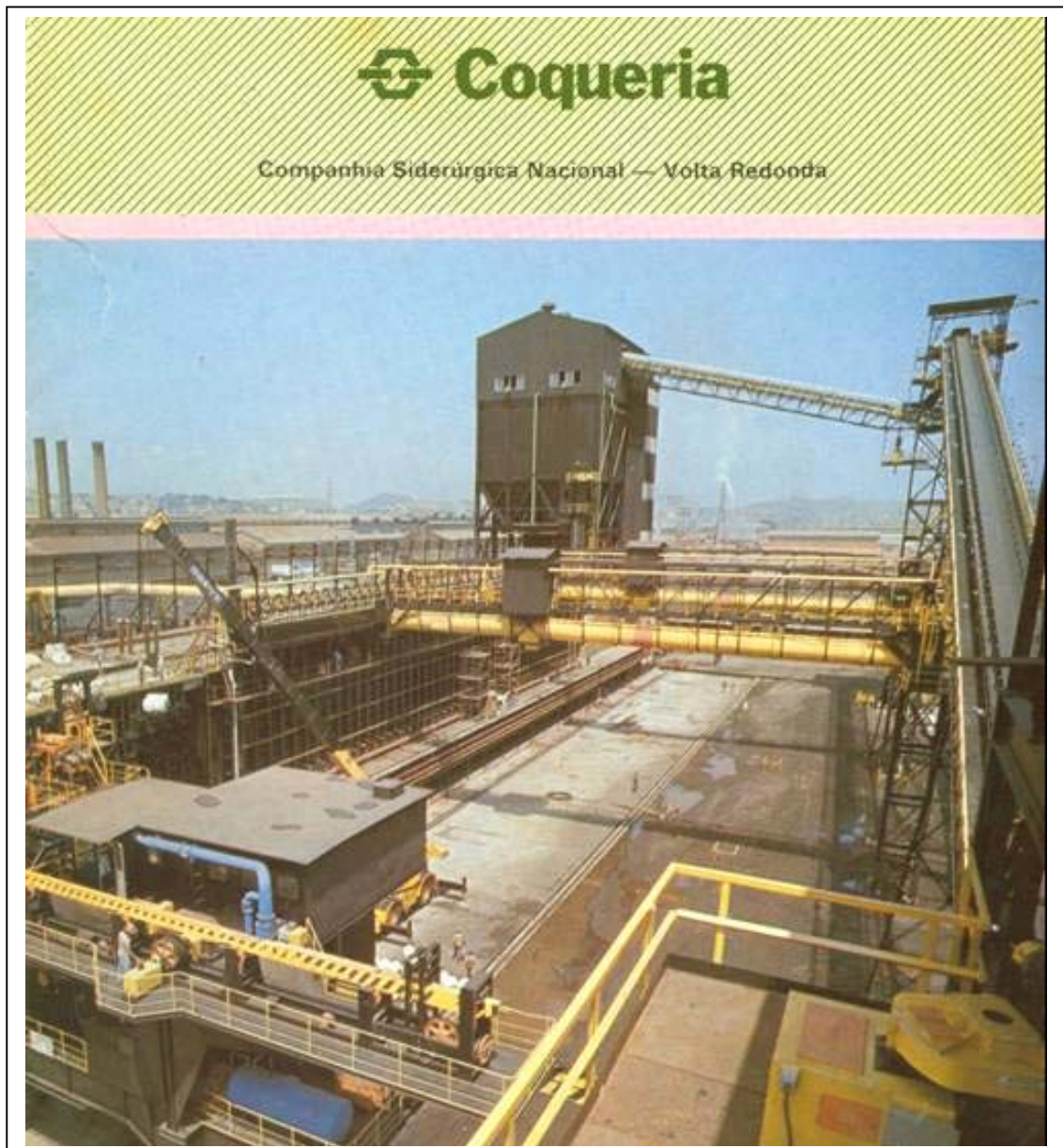
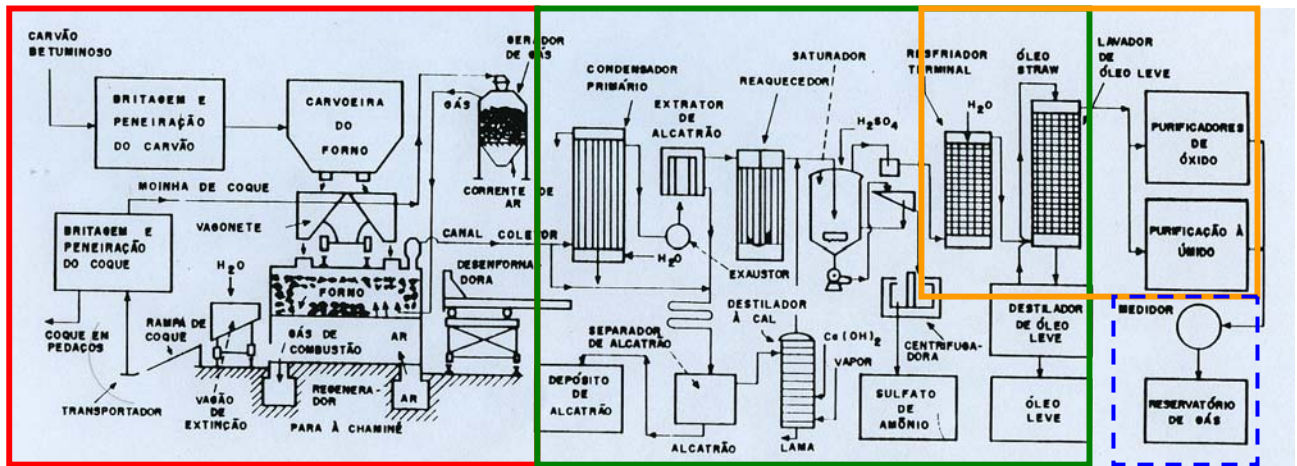
### A – ESCALA LABORATORIAL DE BANCADA (g, ml)



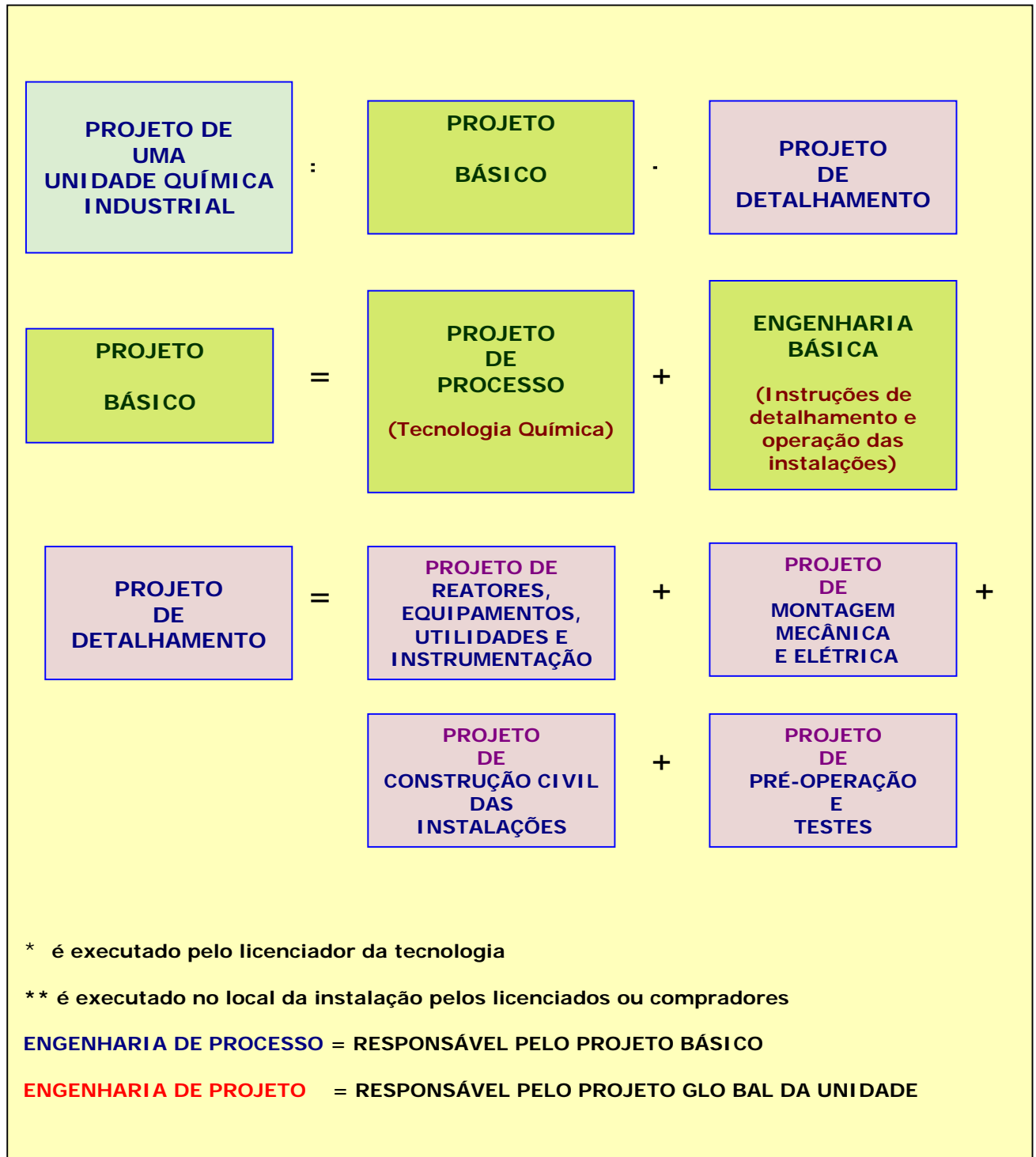
### B – ESCALA PILOTO (kg, l)



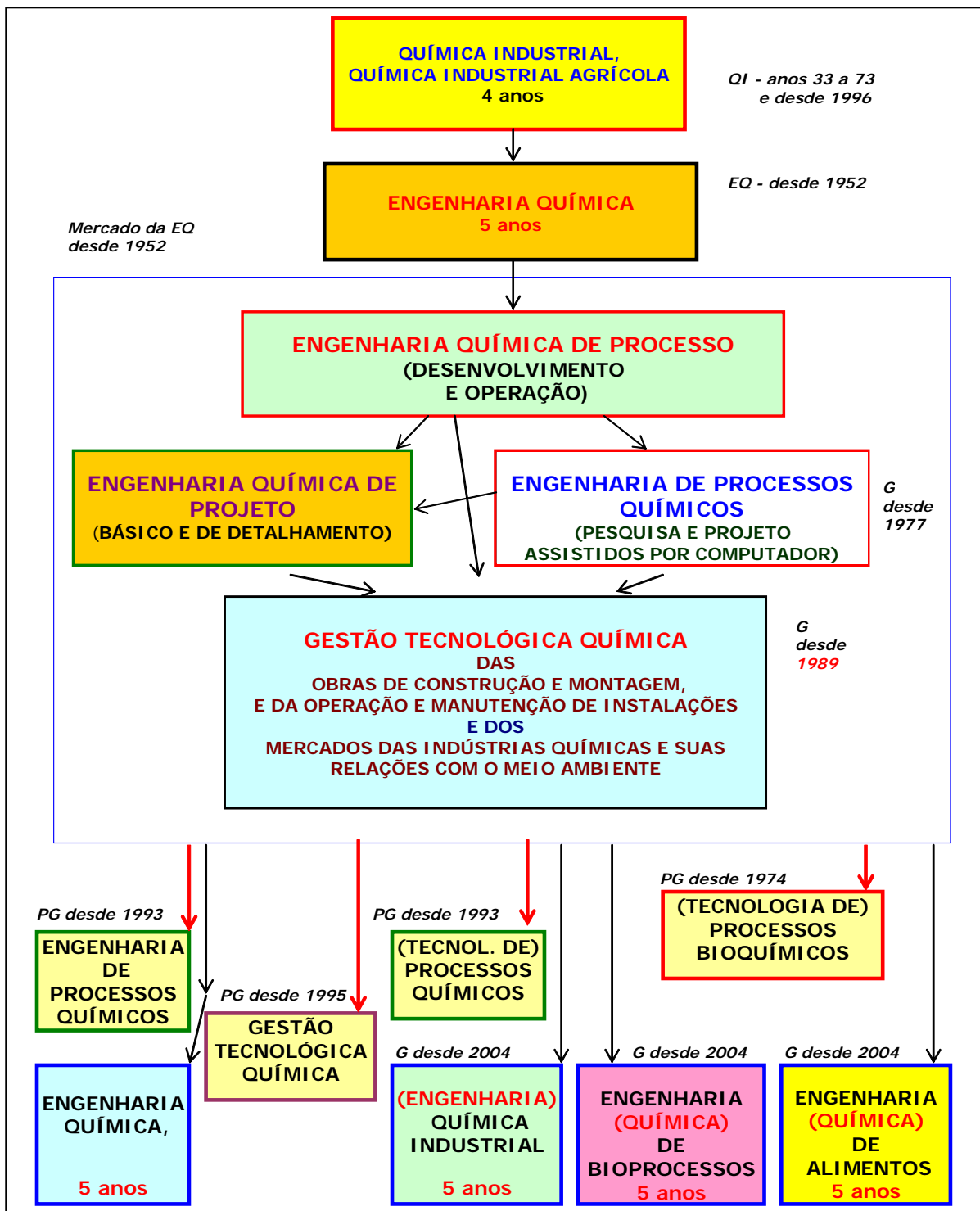
## C – ESCALA INDUSTRIAL (t, m<sup>3</sup>)



(adaptado de Simas e Legey, 1983)

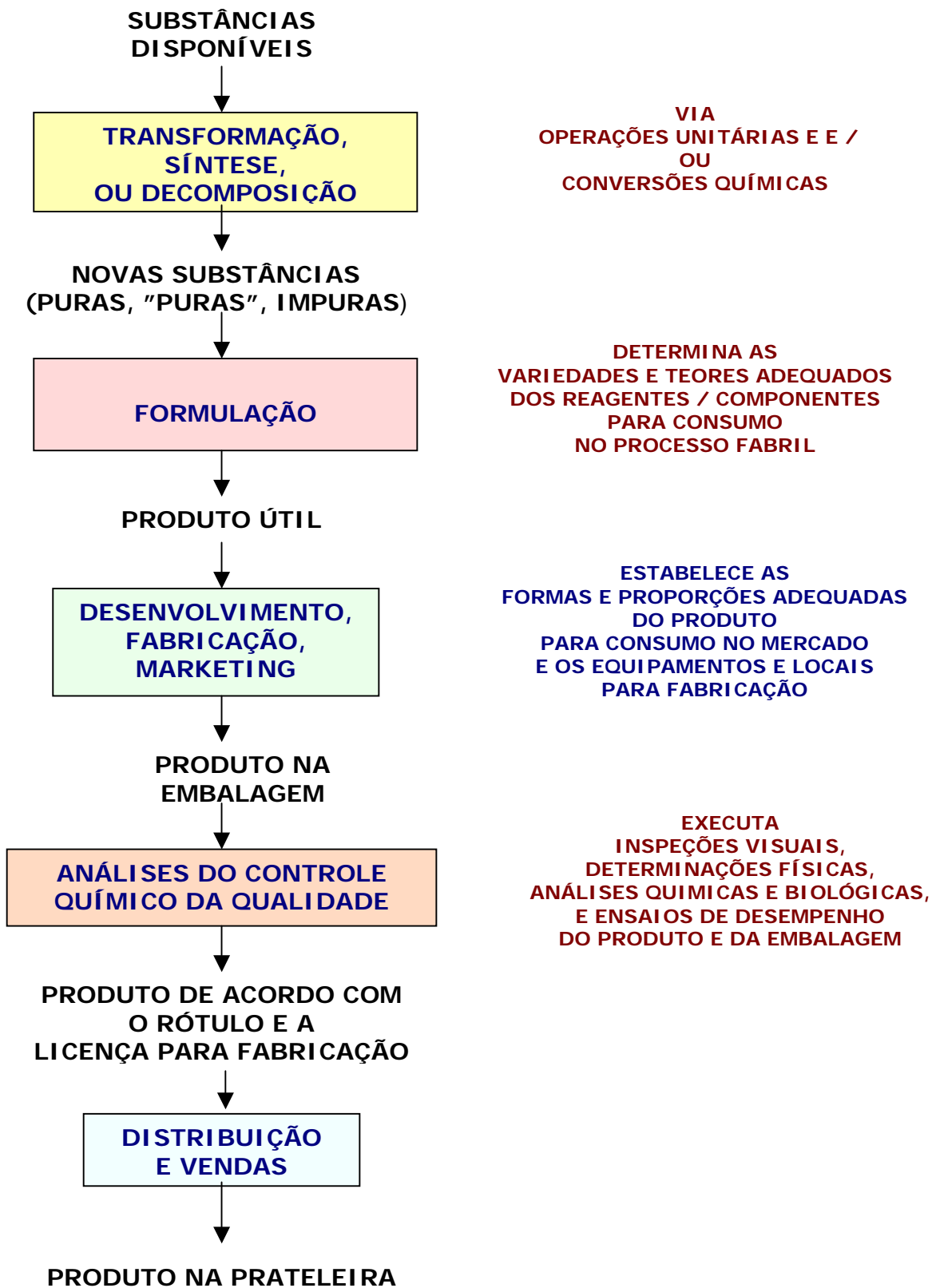


## AS ETAPAS EVOLUTIVAS DO ENSINO NA EQ-UFRJ



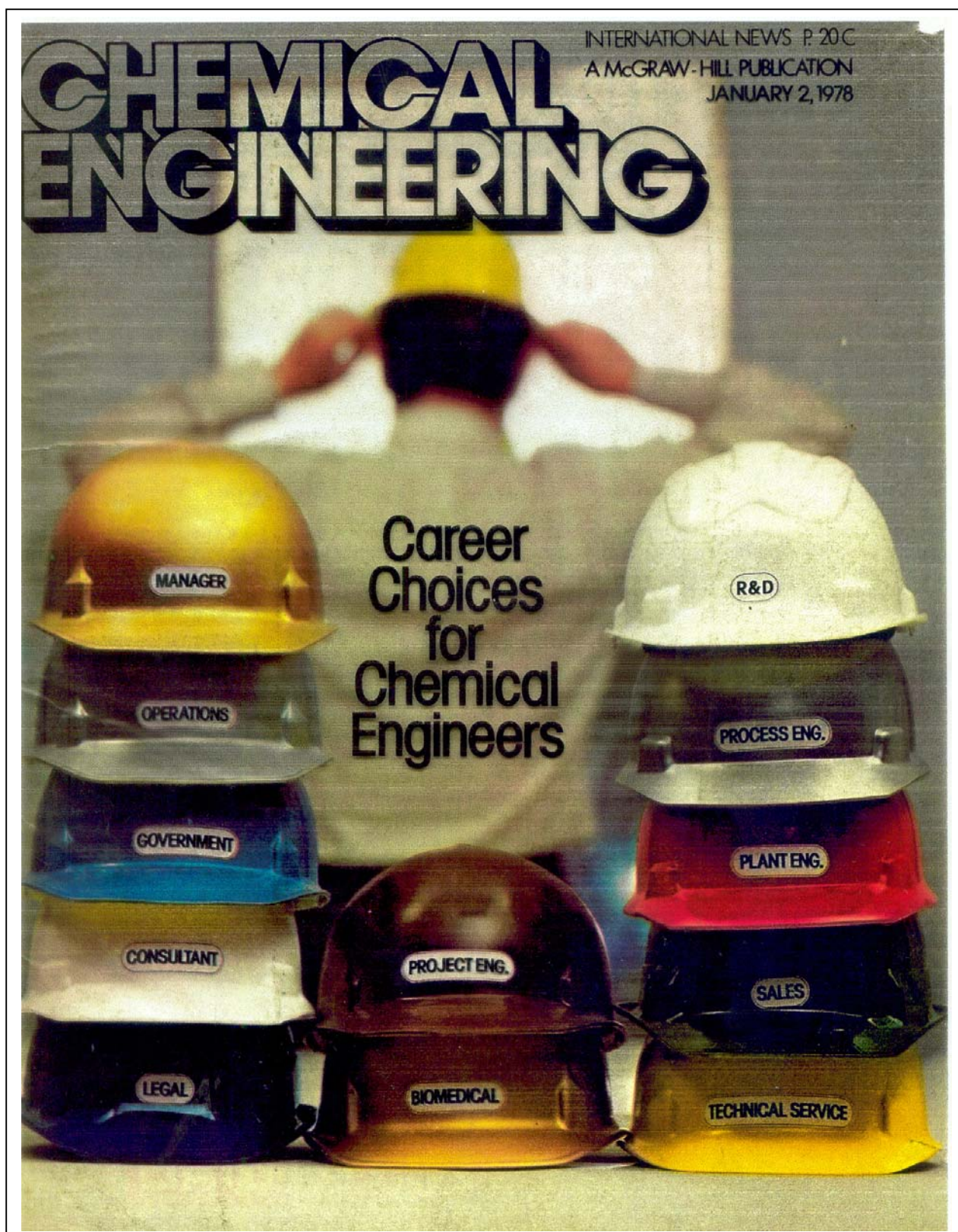
## DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO QUÍMICO QUALQUER

(adaptado de Wiseman, 1985)





## ESPECIALIDADES NA ENGENHARIA QUÍMICA EM 1978

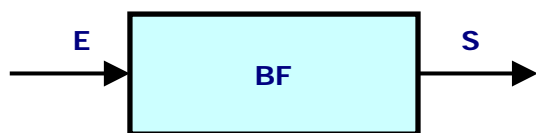


## SISTEMAS E EQUIPAMENTOS ANÁLOGOS

(Zakon, 1992)

SUA ATUAÇÃO PODE SER DESCRITA PELA PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA .

### MATEMÁTICO OU FÍSICO

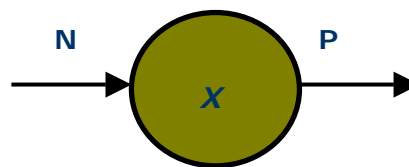


**BF** - bloco funcional ou sistema, onde ocorre uma transformação ou transfêrencia executada por uma função matemática ou física

**E** - valor de entrada ou da perturbação ou do estímulo.

**S** - valor de saída ou do desempenho.

### BIOLÓGICO

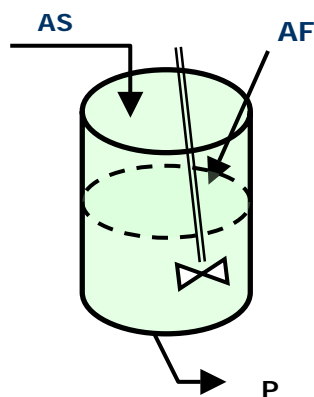


**X** - célula ou microorganismo transformador.

**N** - nutriente.

**P** - produto liberado ou excretado

### REATOR QUÍMICO ou BIOQUÍMICO



**R** - REATOR QUÍMICO EM AMBIENTE LÍQUIDO

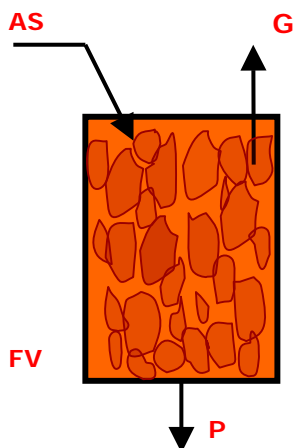
**A** - ALIMENTAÇÃO

**F** - FLUIDO

**S** - SÓLIDO OU SUBSTRATO

**P** - PRODUTO REMOVIDO

### REATOR TERMOQUÍMICO



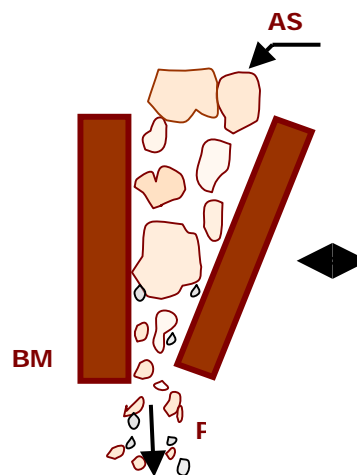
**FV** - forno vertical\*

**AS** - alimentação sólida

**P** - produto sólido ou fundido

**G** - produto gasoso ou vaporizado

### BRITADOR INDUSTRIAL



**BM** - britador de mandíbulas

**AS** - alimentação de rochas ou artefatos ou britas graúdas

**P** - minério ou artefato britado

## **OBJETIVOS DAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS**

### **NUM PROCESSO QUÍMICO INDUSTRIAL:**

- (a) - *separar ou concentrar, por ação física, as substâncias químicas desejáveis nas matérias-primas visando melhorar uma reação química e seu rendimento;*
- (b) - *purificar por ação física o produto químico final ou modificar seu estado ou forma física.*
- (c) - *transferir energia entre fases distintas, para aquecer, resfriar ou recuperar calor.*

## **CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO PARA AS OPERAÇÕES UNITÁRIAS:**

### **1º - QUANTO AOS OBJETIVOS OU FUNÇÕES:**

(adaptado de Williams e Johnson, 1958;  
Ludwig, 1964)

- (a) - *escoamento de fluidos, pastas e sólidos particulados;*
- (b) - *transmissão de calor entre sólidos e fluidos,*
- (c) - *separação de fases por ação mecânica, magnética, eletrostática, térmica, físico-química;*
- (d) - *mistura e agitação de fluidos; para dispersar uma fase ou promover reações químicas;*
- (e) - *manipulação de sólidos, para reduzir ou aumentar suas dimensões.*

### **2º - EM GRUPOS DE MODELOS DE SEMELHANÇAS FÍSICAS**

(adaptado de Brown e colaboradores, 1955;  
Foust, Wenzel, Clump, Maus, Andersen, 1982)

#### **(a) - operações em estágios de equilíbrio ou contatos ideais:**

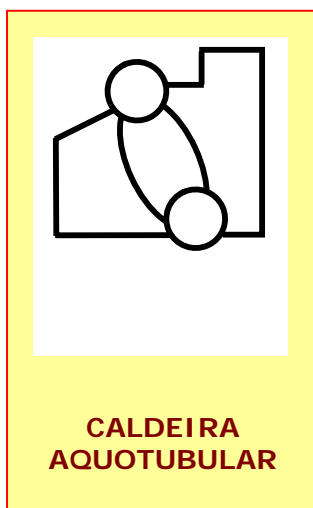
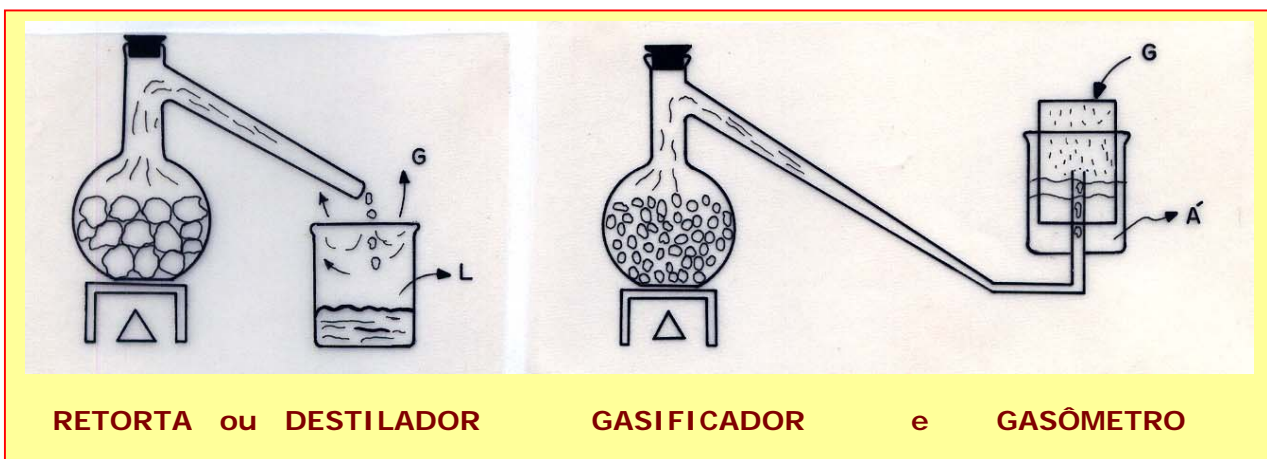
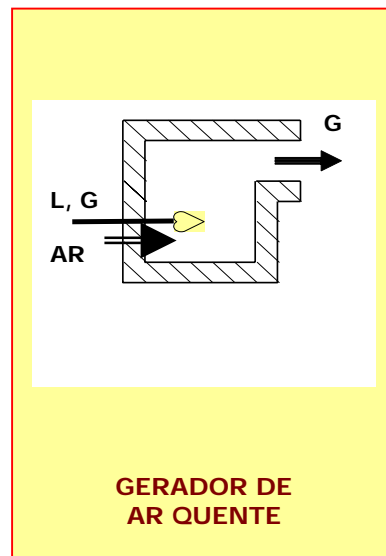
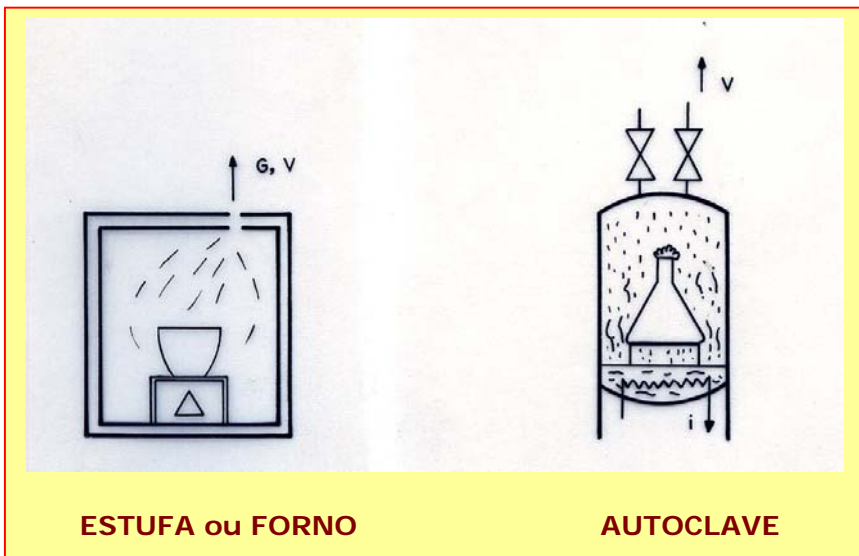
*Ex.: destilação, extração, absorção, lixiviação.*

#### **(b) - operações de transporte ou em regime cinético ou de velocidade de transferência.**

*Ex.: transferência de calor entre duas correntes separadas;  
transferência de calor e massa como na ebulição, evaporação,  
condensação, cristalização,  
umidificação e desumidificação.*

## EQUIPAMENTOS TERMOQUÍMICOS

(Zakon, 1992-2005)



## PIROPROCESSAMENTO DE MINÉRIOS E INSUMOS SÓLIDOS

### PRINCIPAIS GRUPOS DE APLICAÇÕES TERMOQUÍMICAS

- REFINO E PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS
- CERÂMICA
- GERAÇÃO E USO DE VAPOR
- PIROMETALURGIA
- INCINERAÇÃO DE DESCARTES
- PIROGENIA DE CARGAS INORGÂNICAS

### EQUIPAMENTOS TERMOQUÍMICOS

- FORNOS METALÚRGICOS
- FORNOS CERÂMICOS
- FORNOS PARA REFINO DE PETRÓLEO
- RETORTAS
- GASIFICADORES
- CALDEIRAS E AUTOCLAVES
- SECADORES E ESTUFAS

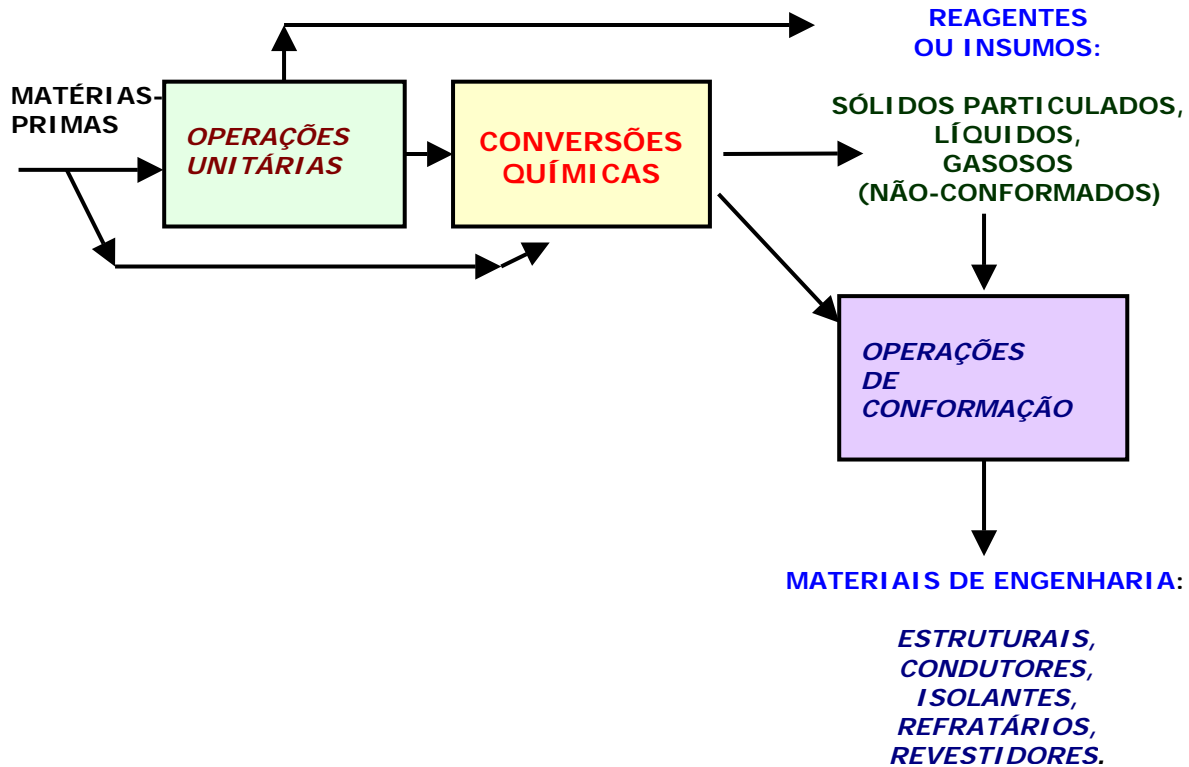
### FONTES TERMICAS

- QUEIMADORES: DE GASES  
DE LÍQUIDOS  
DE SÓLIDOS  
PARA MISTURAS DE COMBUSTÍVEIS
- ELÉTRICAS: RESISTORES  
ARCO VOLTAICO.  
SISTEMAS DE INDUÇÃO  
DIELÉTRICOS
- ÓPTICOS: SOLARES
- PLASMA

### INSTRUMENTOS DE PIROMETRIA

- TERMOPARES
- CONES PIROMÉTRICOS
- PIRÔMETROS ÓPTICOS

## PROCESSO QUÍMICO INDUSTRIAL: UMA REPRESENTAÇÃO GENÉRICA SIMPLIFICADA



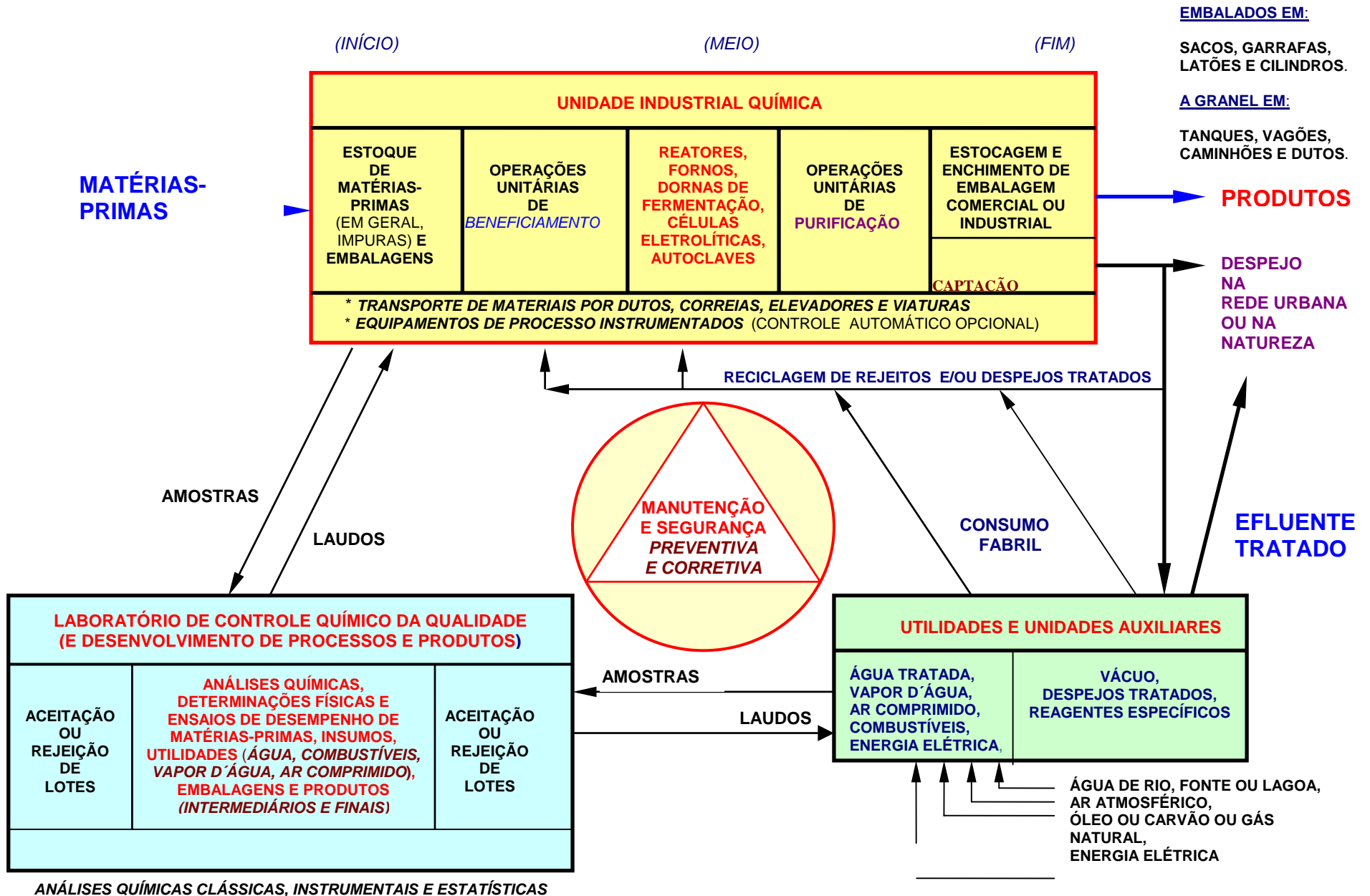
$$\text{TRATAMENTOS} = \Sigma (\text{OPERAÇÕES UNITÁRIAS}) + \Sigma (\text{PROCESSOS QUÍMICOS})$$

**REAGENTES:** NEM SEMPRE EXIGEM CONFORMAÇÃO PARA VENDA;  
PODEM SER PARTICULADOS OU FLUIDOS;  
EXIGEM ESPECIFICAÇÕES.

**MATERIAIS DE ENGENHARIA:** USADOS PARA EQUIPAMENTOS, ESTRUTURAS  
EDIFICAÇÕES, VIAS DE TRANSPORTE,  
PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE;  
EXIGEM ESPECIFICAÇÕES.

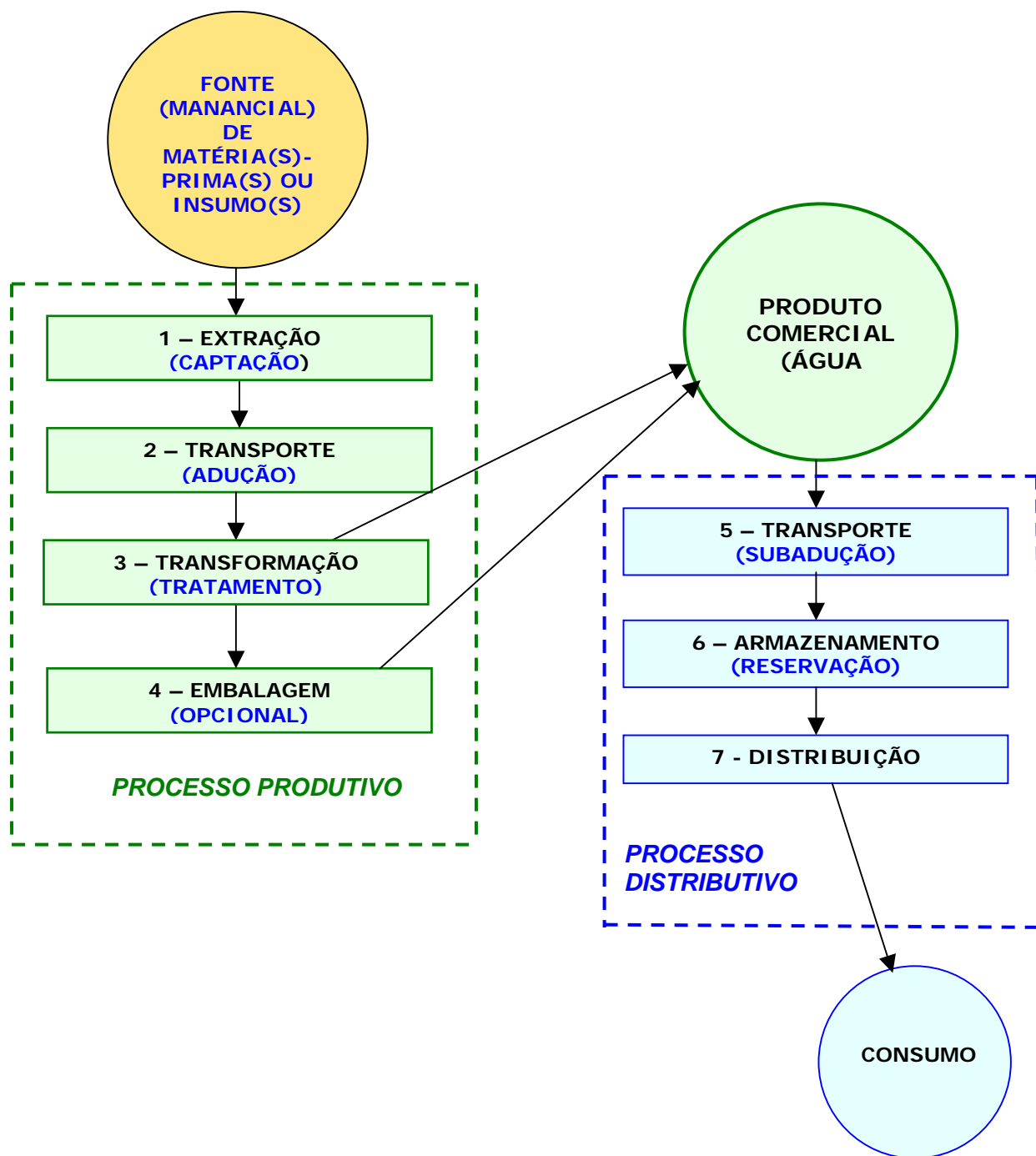
$$\begin{aligned} \text{ESPECIFICAÇÕES} = & \Sigma (\text{PROPRIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, BIOLÓGICAS,} \\ & \text{MINERAIS; ECOLÓGICAS}) + \\ & \Sigma (\text{CONDIÇÕES DE MANIPULAÇÃO E USO}) + \\ & \Sigma (\text{CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO DESEJÁVEIS}). \end{aligned}$$

## ESTRUTURA OPERACIONAL DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA



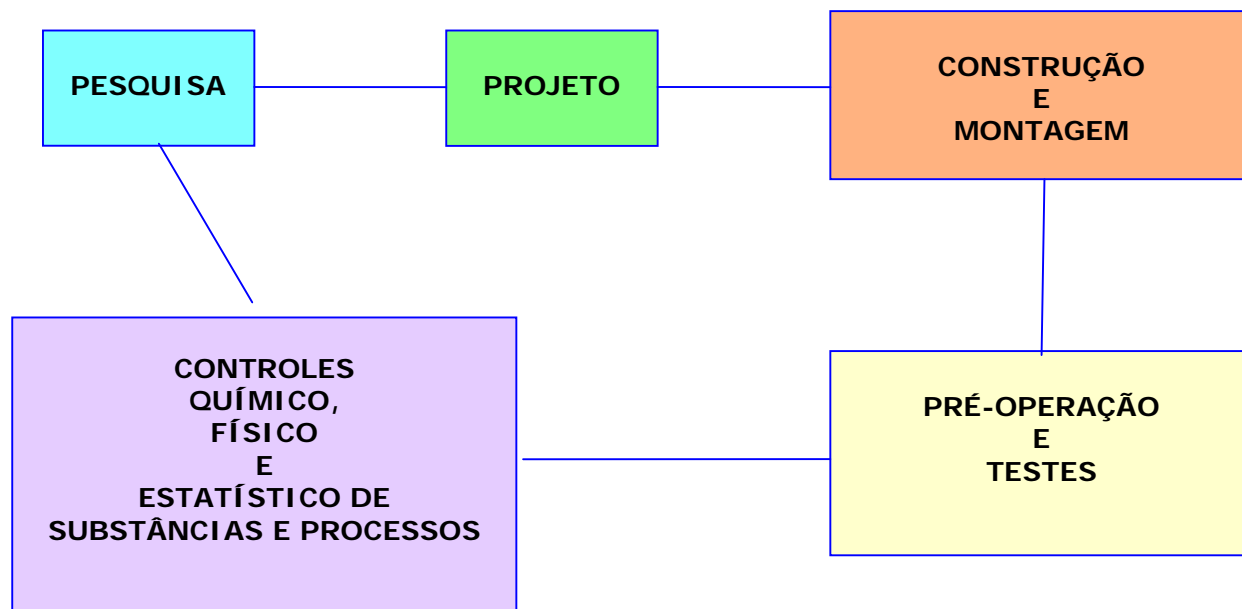
## AS ETAPAS DE PRODUÇÃO FABRIL E DISTRIBUIÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS E COMERCIAIS APLICADA ÀS AGUAS MUNICIPAIS OU POTÁVEIS

(adaptado de Batalha e Parlatore, 1977)

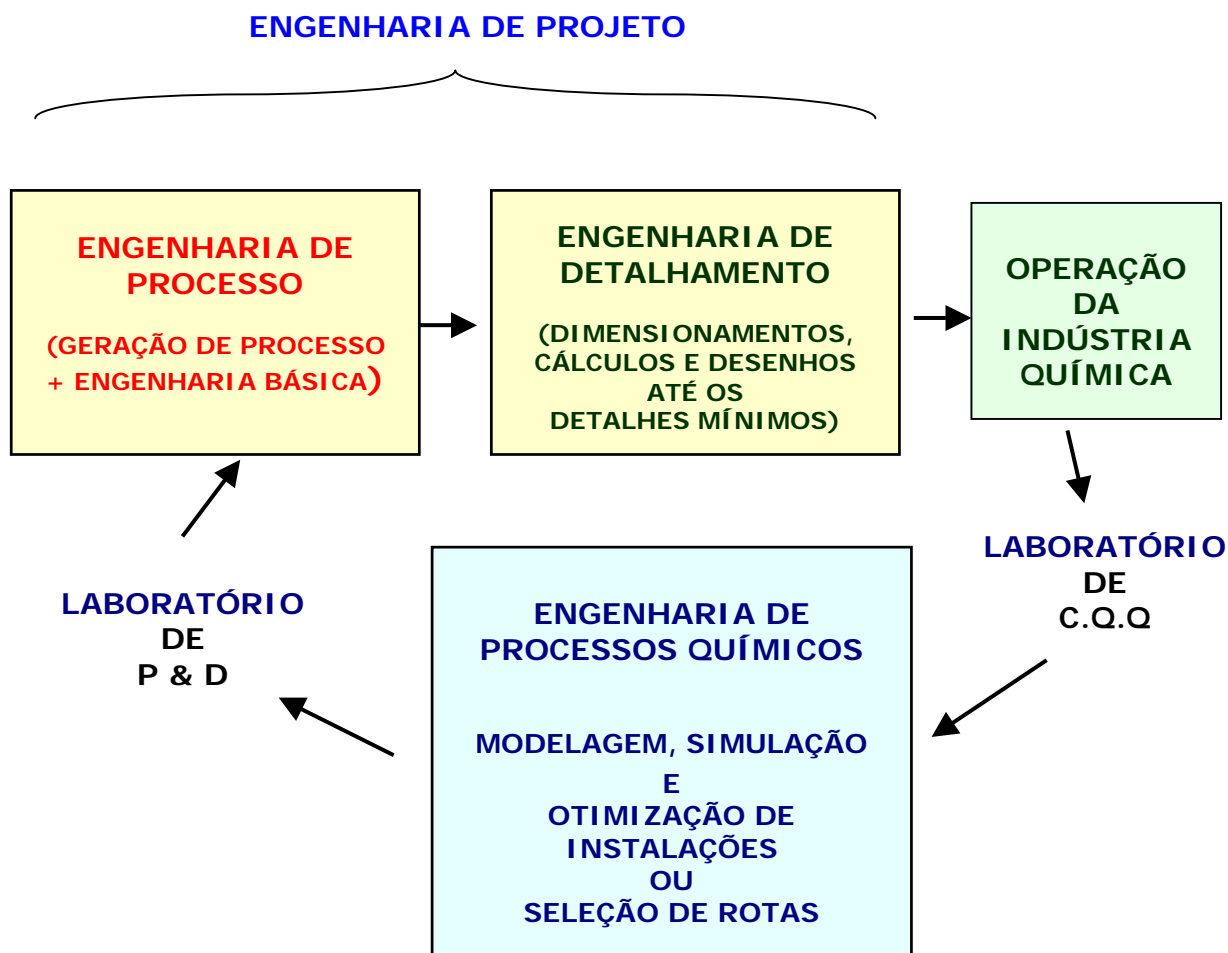




**CICLO  
DE  
PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO  
DE UMA  
INDÚSTRIA QUÍMICA**

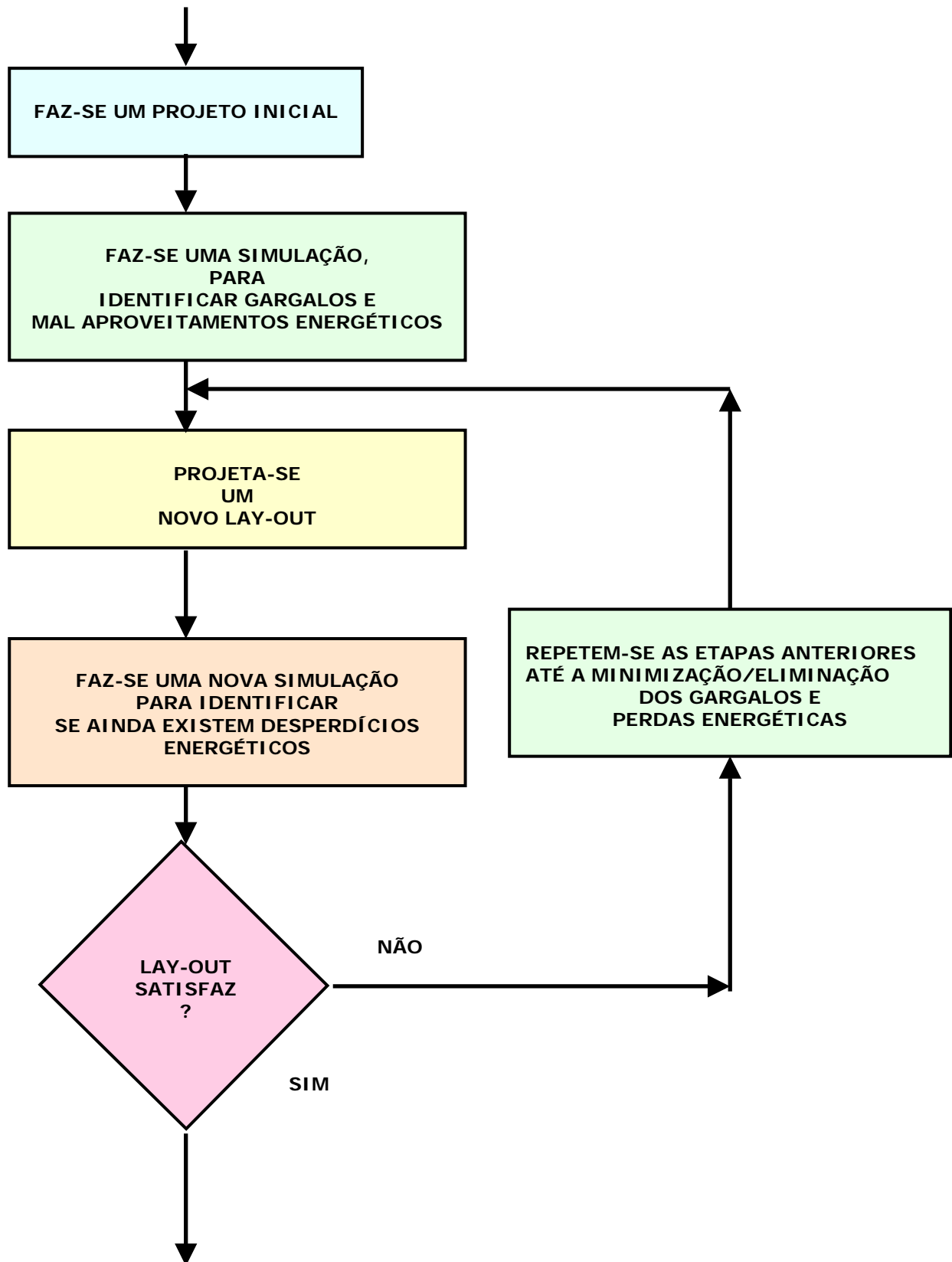


**AS ENGENHARIAS  
NO PROCESSO DE  
CRIAÇÃO E OPERAÇÃO  
DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA**

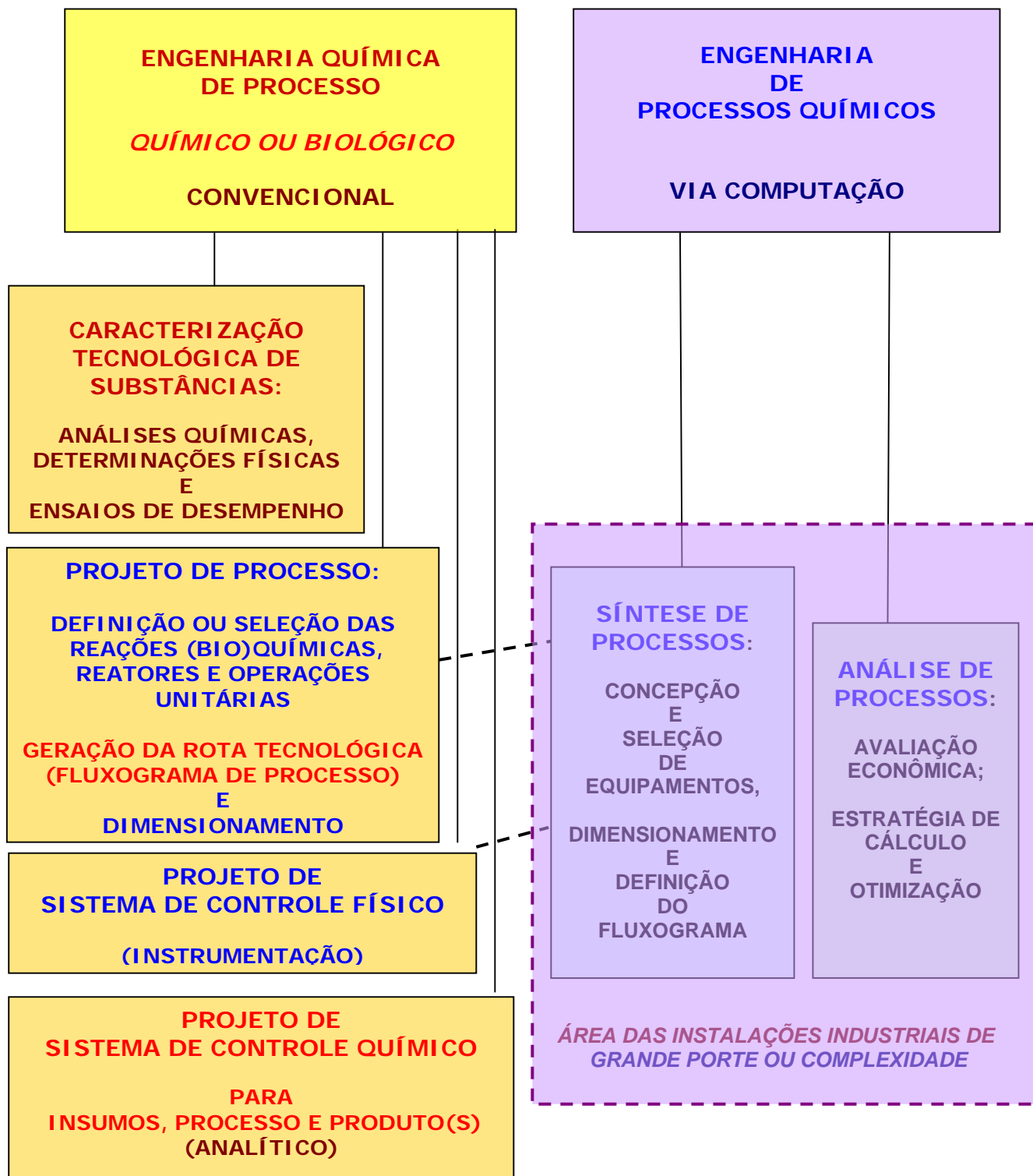


## TIPOS DE PROJETOS PARA UMA PLANTA QUÍMICA ETAPAS DA OTIMIZAÇÃO POR SIMULAÇÃO DOS PROJETOS DE PROCESSOS QUÍMICOS

(adaptado de Satyro, Alves e Picolli Filho, 1986)



## ANALOGIAS ENTRE AS ENGENHARIAS DE PROCESSO E DE PROCESSOS QUÍMICOS



## DIFERENÇAS ENTRE OS PROFISSIONAIS FORMADOS NA EQ-UFRJ

### QUÍMICO INDUSTRIAL

- **conhece:** as químicas básicas e vários processos e tecnologias químicas, matérias-primas e produtos e métodos analíticos químicos;
- **pode:** selecionar equipamentos e criar uma inovação industrializável: uma nova fábrica ou um novo produto.

### ENG<sup>o</sup> QUÍM. PROCESSO

- **conhece:** as químicas básicas e vários equipamentos, instrumentos de controle e recursos computacionais;
- **pode:** projetar/selecionar equipamentos; e otimizar a operação e instalações de uma unidade industrial pequena ou média.

### ENG<sup>o</sup> PROCESSOS QUÍMICOS

- **conhece:** vários equipamentos, instrumentos de controle e recursos computacionais;
- **pode:** projetar/selecionar ou otimizar equipamentos e sistemas de controle, unidades químicas industriais complexas empregando computadores.

## A GESTÃO DE UMA TECNOLOGIA QUÍMICA

