

# **Departamento de Engenharia Química**

**PQI-2407 Controle de Processos Químicos  
(obrigatória)**

**Carga horária: 60h**

**Segundo semestre do 4o ano**

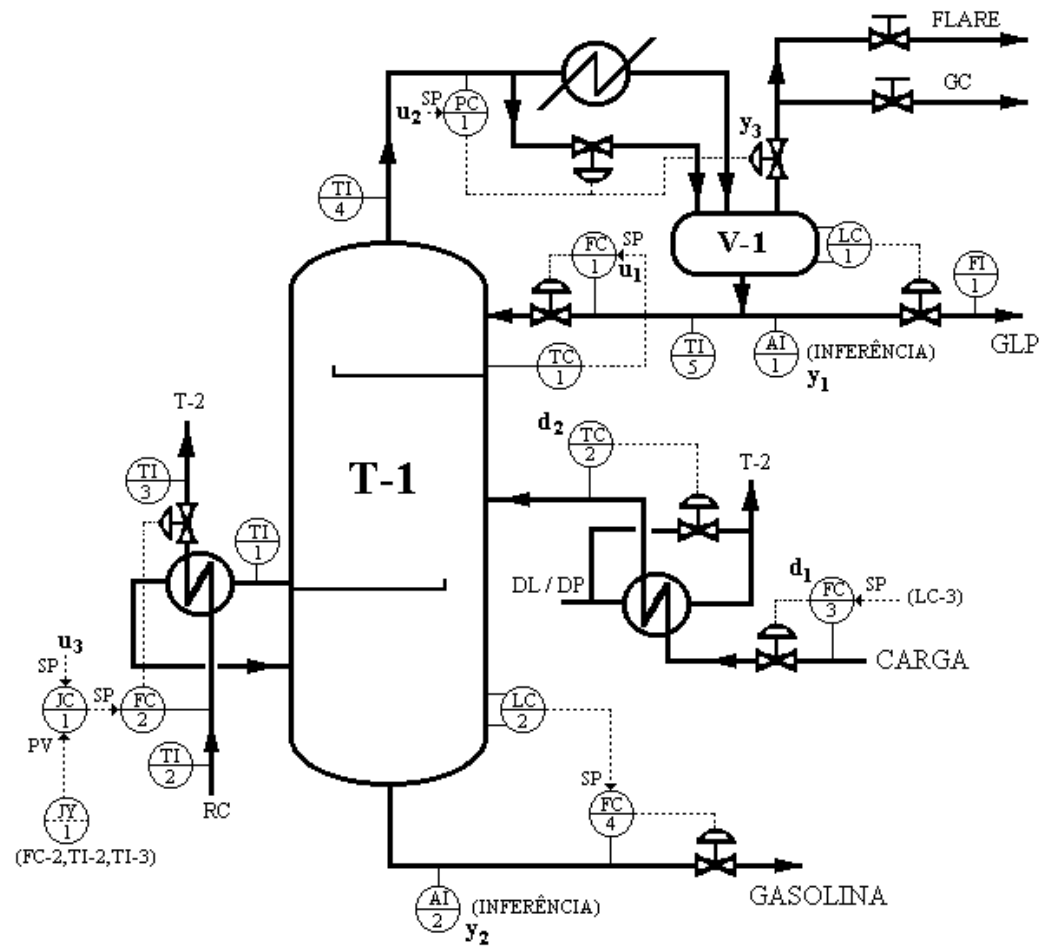
**PQI-2530 Controle Avançado de Processos  
(optativa)**

**Carga horária: 60h**

**Primeiro semestre do 5o ano**



## Exemplo: Coluna debutanizadora



## **PQI-2407 CONTROLE DE PROCESSOS QUÍMICOS**

Necessidade e objetivos do controle de processos. Elementos da malha de controle. Exemplos de malhas de controle. Modelos dinâmicos de processos. Linearização de modelos. Modelos em variáveis de estado.

Matemática para controle: Transformadas de Laplace, definição propriedades, transformadas de funções comuns. Transformada inversa de Laplace. Modelo tipo entrada – saída, função de transferência. Sistemas com tempo morto. Resposta ao degrau de sistemas de primeira e segunda ordem.

Elementos da malha de controle. Controle em “feedback”. Tipos de controladores. Função de transferência do controlador. Representação da malha de controle em diagrama de blocos. Função de transferência da malha fechada. Caracterização das perturbações.



## **PQI-2407 CONTROLE DE PROCESSOS QUÍMICOS (cont.)**

Controlador Proporcional. Offset na variável controlada. Efeito da ação de controle integral. Controlador PI. Efeito da ação derivativa. Controlador PID.

Sintonia do controlador, método de Cohen-Coon. Sistemas com tempo morto. Resposta em frequência de sistemas lineares. Estabilidade da malha de controle. Critério de estabilidade de Bode. Principais malhas de controle da indústria química. Controladores típicos.

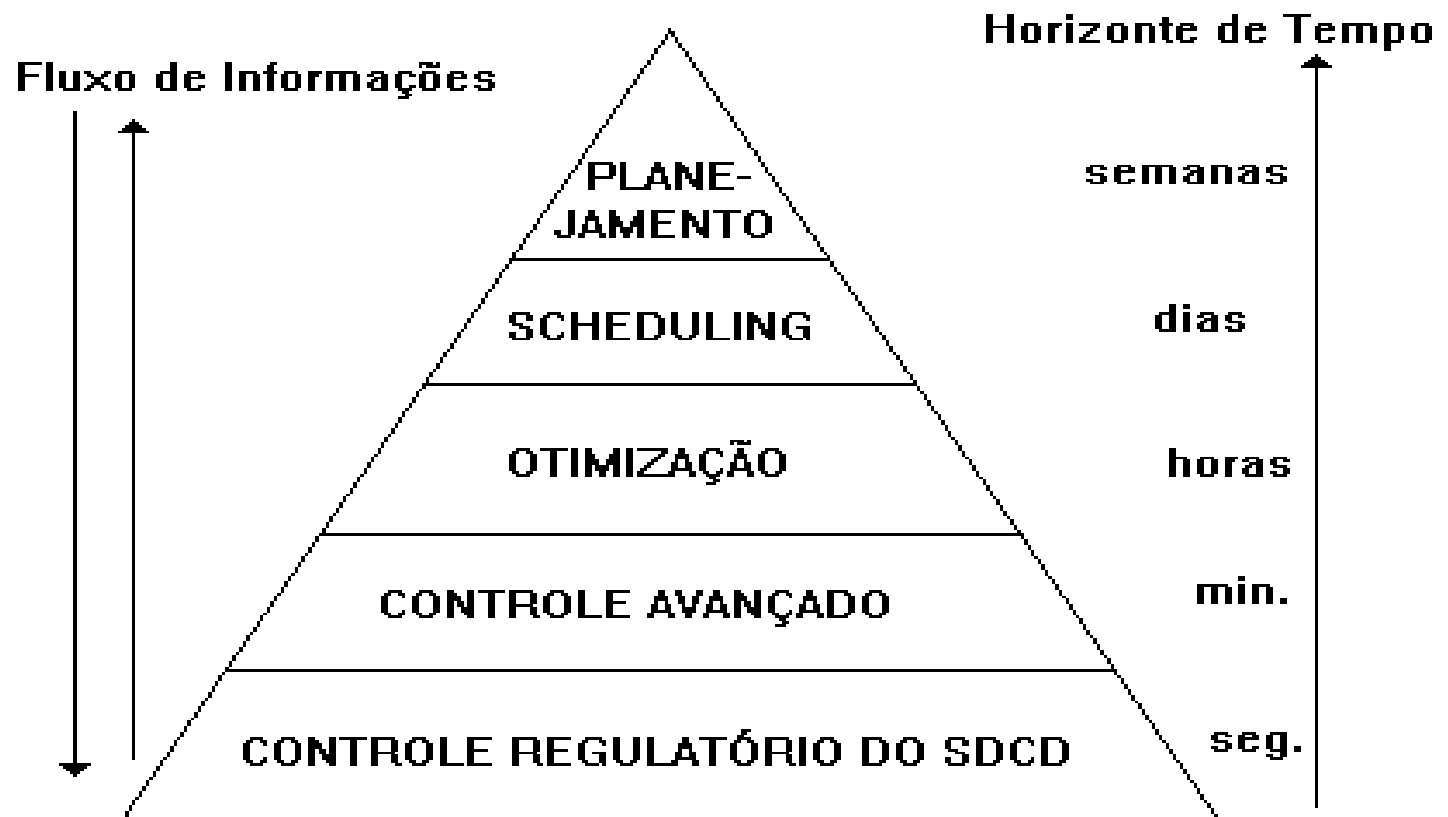
Funções do Matlab para análise de malhas de controle. Aspectos práticos das malhas de controle. Filtragem de sinais. “Reset wind-up”. Efeito de tempo morto e resposta inversa. Análise da performance e sintonia do controlador via simulação.

Malhas em cascata e malhas de razão. Exemplos. Compensação de tempo morto e resposta inversa. Controle em “feedforward”. Aplicações na indústria química. Controle multi-malhas de sistemas multivariáveis. Exemplo da coluna de destilação.

Noção elementar de controlabilidade. Interação entre malhas de controle. Matriz de ganhos relativos. Análise de estruturas de controle de alguns sistemas industriais importantes.



# Estrutura de controle



# O Problema de CA de Processos

## Características dos processos:

- São normalmente multivariáveis, com forte interação entre as variáveis manipuladas e controladas.**
- Uso intensivo de energia: Ex.: sistemas de separações com equilíbrio líquido-vapor. Viabilizam esquemas de otimização.**
- Produção simultânea de vários produtos com diferentes valores de mercado. Necessidade de um sistema automatizado que busque a produção ótima continuamente**
- Restrições: qualidade dos produtos, capacidade dos equipamentos, segurança dos sistemas e materiais, emissão de poluentes, etc. Na maioria dos casos práticos, o ponto ótimo de operação localiza-se sobre uma ou mais restrições do sistema.**

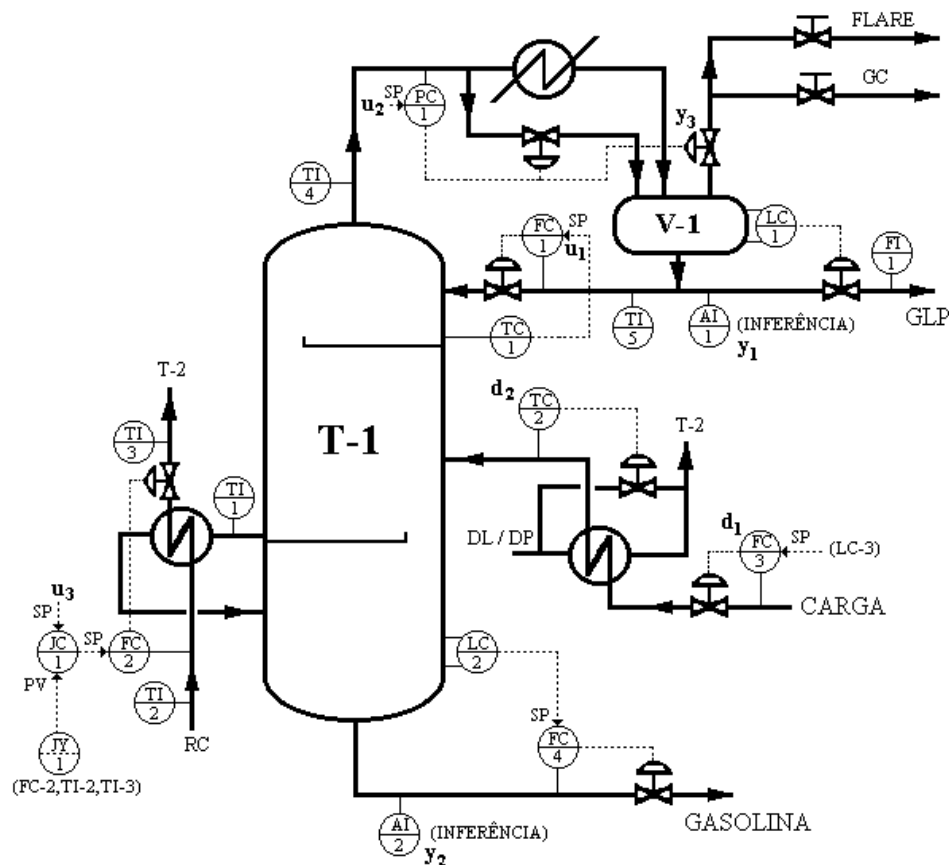


# Coluna debutanizadora

## Controle Multivariável:

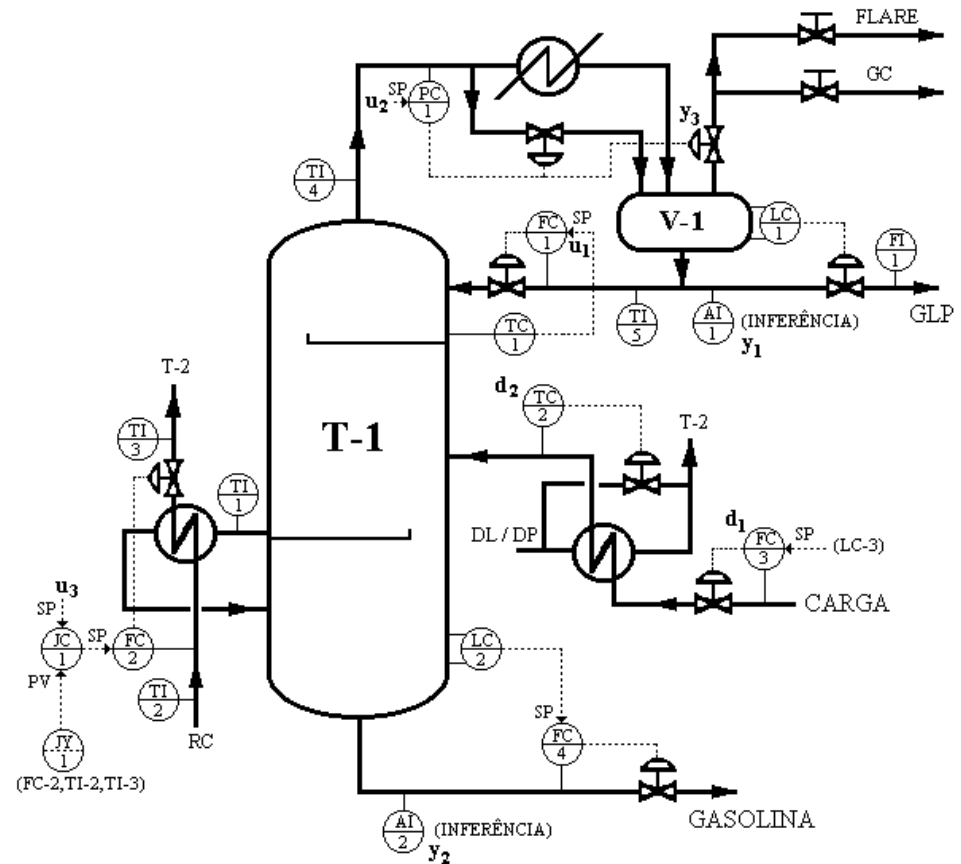
### Objetivos usuais:

- Maximizar a produção de GLP (max intemperismo)
- Maximizar a produção de gasolina (max PVR)



## Coluna debutanizadora- Manipuladas e Distúrbios

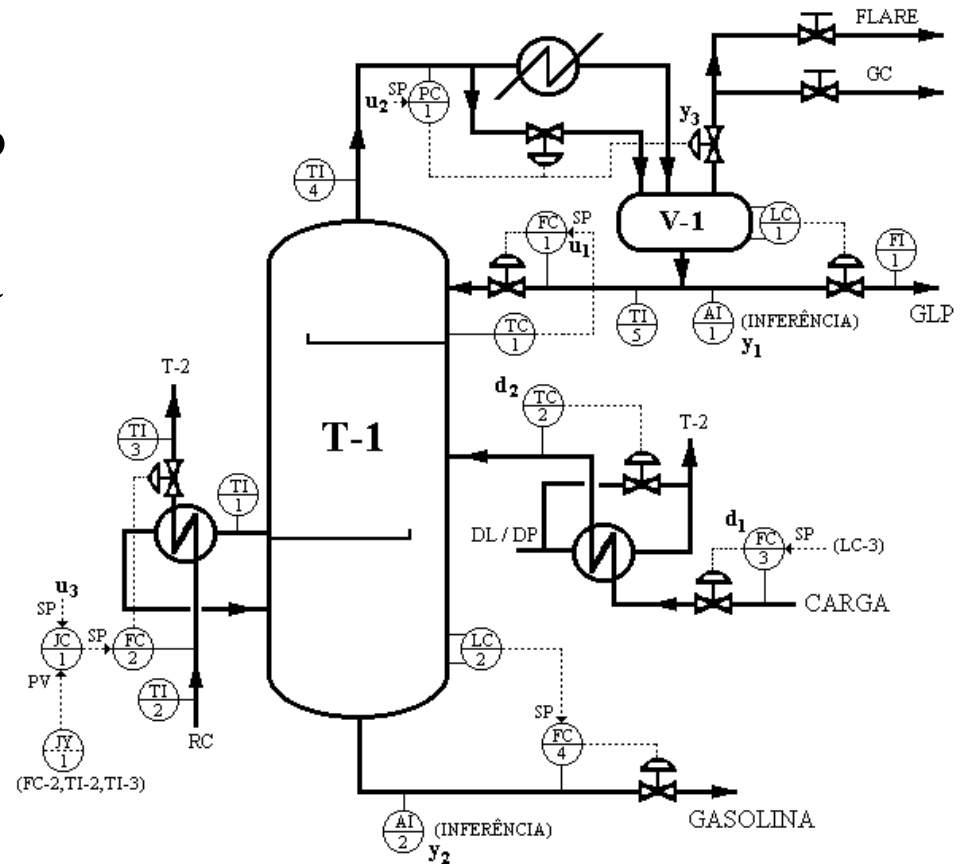
- **MV1 - Vazão de refluxo de topo** (FC-1, sp - m<sup>3</sup>/d)
- **MV2 - Pressão de topo** (PC-1, sp - Kgf/cm<sup>2</sup>)
- **MV3 - Carga térmica do refulvedor** (JC-1, sp - Gcal/h)
- **DV1 - Vazão de carga para a torre** (FC-3, pv - m<sup>3</sup>/d )
- **DV2 - Temperatura da carga** (TC-2, pv - °C)





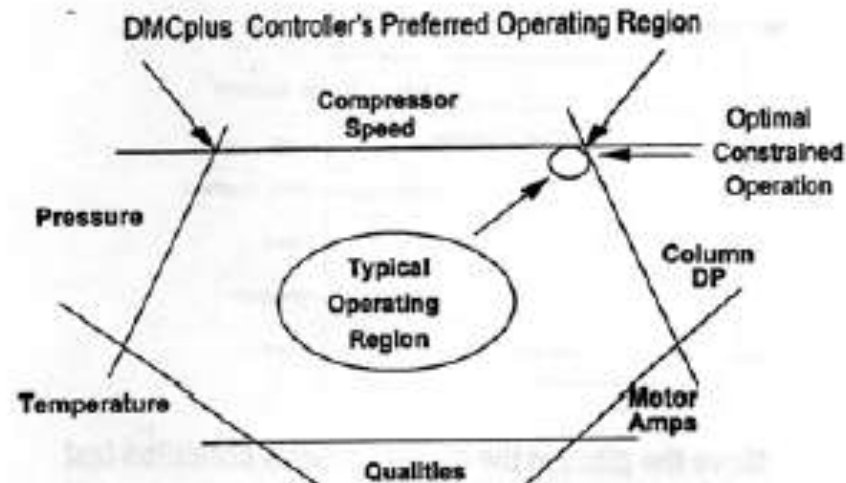
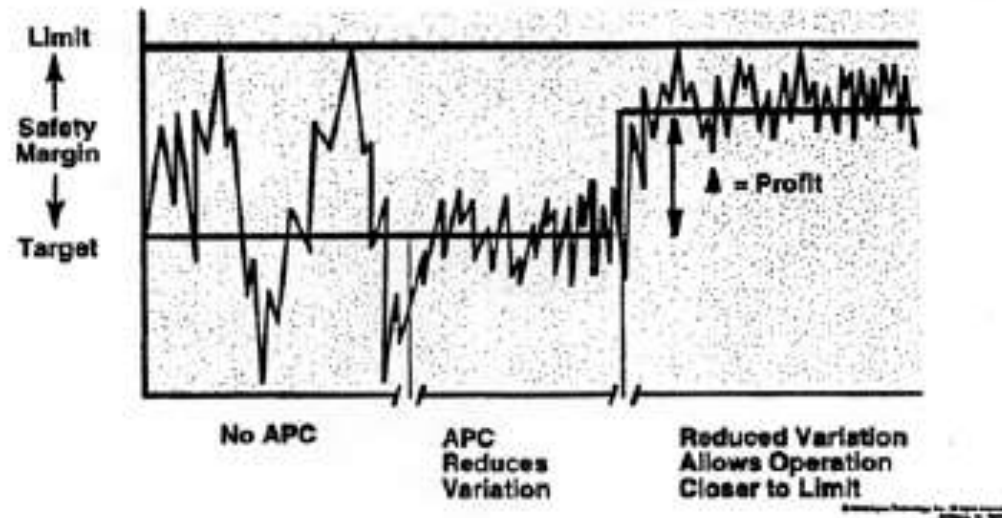
## Coluna debutanizadora – Variáveis controladas

- CV1 - Máximo intemperismo do GLP (AI-1, pv - °C)
- CV2 - Máxima PVR da gasolina (AI-2, pv - Kgf/cm2)
- CV3 - Máxima abertura da válvula de envio de gás (PC-1, mv - %)



# Motivação: constrained control

## Conflict / Synergy Between Optimization and Control



# Motivação: benefícios (CAV+RTO)

Refining Unit	Benefit c/bbl	Typical unit size, 1,000 b/d	Typical benefits, \$ million/yr
Crude/Vacuum	5-10	135	2.5-5.0
FCCU	20-40	38	2.8-5.6
Reformer	5-25	25	0.5-2.3
Hydrocracker	10-30	26	1.0-2.9
Alkylation	5-35	10	0.2-1.3
Delayed Coker	10-40	31	1.1-4.5
Light Ends	10-20	40	1.5-2.9
Isomerization	5-15	30	0.5-1.6
Lubes Vacuum	10-40	10	0.4-1.5
Aromatics	15-20	15	0.8-1.1
MTBE Refinery	28-40	4	0.4-0.6
MTBE World-scale	50-80	15	2.7-4.4

# PQI-2530 Controle Avançado de Processos

## Conteúdo

**Controle clássico digital.** Sistemas amostrados. Transformadas Z e função de transferência de pulsos. Controlador PID digital. Sintonia de PID por otimização dos parâmetros. Controladores de modelo interno.

**Controle avançado multivariável.** O problema de controle de processos químicos contínuos. Modelos dinâmicos lineares. Modelos de função de transferência. Modelos em variáveis de estado. Controladores MPC. O problema de controle preditivo com restrições. Parâmetros de sintonia do controlador.. MPC em duas camadas.

**Identificação de modelos para controle de processos.** Modelos ARX, ARMAX. Uso do toolbox do Matlab.

**Exemplo de controlador MPC comercial.**



**Obrigado!**