



# CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

Estratégias modernas

CLAUDIO GARCIA

VOLUME 2

**Blucher**

Claudio Garcia

# CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

VOLUME 2 – ESTRATÉGIAS MODERNAS

*Controle de processos industriais – volume 2: estratégias modernas*

© 2019 Claudio Garcia

Editora Edgard Blücher Ltda.

---

# Blucher

---

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar  
04531-934 – São Paulo – SP – Brasil  
Tel.: 55 11 3078-5366  
**contato@blucher.com.br**  
**www.blucher.com.br**

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme  
5. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua  
Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras,  
março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por  
quaisquer meios sem autorização escrita da  
editora.

---

Todos os direitos reservados pela Editora  
Edgard Blücher Ltda.

---

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Angélica Ilacqua CRB-8/7057

---

Garcia, Claudio  
Controle de processos industriais : volume 2 :  
estratégias modernas / Claudio Garcia. — São Paulo :  
Blucher, 2019.  
418 p. : il.

Bibliografia  
ISBN 978-85-212-1417-5 (impresso)  
ISBN 978-85-212-1418-2 (e-book)

1. Automação industrial 2. Processos de fabricação 3.  
Controle de processo I. Título.

---

18-2292

CDD 681.7

---

Índice para catálogo sistemático:  
1. Automação industrial : controle de processo

# CONTEÚDO

<b>PARTE I – ESTRATÉGIAS EMPREGADAS NO CONTROLE DE PROCESSOS...</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 10 – ESTRATÉGIAS EMPREGADAS NO CONTROLE DE PROCESSOS .....</b>	<b>17</b>
10.1 Classificação das estratégias aplicadas no controle de processos.....	17
10.2 Aplicações do controle avançado na indústria de processos .....	20
Referências .....	20
<b>PARTE II – ESTRATÉGIAS CLÁSSICAS DE CONTROLE.....</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO 11 – CONTROLE DE RAZÃO OU RELAÇÃO .....</b>	<b>25</b>
11.1 Controle de razão para processos contínuos .....	27
11.2 Exemplos de aplicação do controle de relação .....	30
11.2.1 Adição de aditivo na gasolina .....	30
11.2.2 Adição de álcool na gasolina.....	30
11.2.3 Controle de razão estequiométrica entre componentes para formar amônia .....	32
11.2.4 Controle de diluição de hidróxido de sódio .....	33

11.2.5	Controle de composição aplicando duas filosofias de controle de razão .....	34
11.2.6	Controle da mistura ar/combustível em caldeiras .....	39
	Referências .....	43

## **CAPÍTULO 12 – CONTROLE EM CASCATA..... 45**

12.1	Diagrama de blocos e funções de transferência do controle em cascata .....	46
12.2	Sintonia das malhas no controle em cascata .....	48
12.3	Vantagens e aplicações do controle em cascata .....	49
12.4	Seleção da variável controlada secundária .....	55
12.5	Estabilidade das malhas em cascata .....	59
12.6	Tipos mais comuns de malhas secundárias.....	64
12.7	Ações de controle nas malhas em cascata .....	65
12.7.1	Saturação do modo integral.....	66
12.8	Posicionadores de válvulas e seus algoritmos de controle .....	67
12.8.1	Exemplo do comportamento de válvula de controle com conversor I/P e com posicionadores do tipo eletropneumático e digital.....	70
12.9	Exemplos de aplicação de controle em cascata .....	74
12.9.1	Controle de nível em tanque com posicionador na válvula .....	74
12.9.2	Malha de vazão com posicionador .....	80
12.9.3	Malha de controle de nível a três elementos em caldeiras aquatubulares.....	97
12.9.4	Controle de reator químico exotérmico.....	112
	Referências .....	118

## **CAPÍTULO 13 – CONTROLE POR PRÉ-ALIMENTAÇÃO.....121**

13.1	Controle por realimentação ( <i>feedback</i> ) .....	124
13.2	Controle por pré-alimentação ( <i>feedforward</i> ).....	125
13.2.1	Controle por pré-alimentação aplicado ao controle de nível de caldeiras.....	127
13.2.2	Formas de se projetar controladores por pré-alimentação .....	127
13.3	Controle por pré-alimentação com modelo estático do processo .....	127

13.3.1 Exemplo 1 (LIPTÁK, 2006).....	127
13.3.2 Exemplo 2 (SEBORG et al., 2011) .....	139
13.4 Controle por pré-alimentação usando modelo estático do processo mais compensação dinâmica .....	143
13.5 Controle por pré-alimentação usando modelo dinâmico aproximado da perturbação.....	148
13.5.1 Exemplo 1 .....	149
13.5.2 Exemplo 2 .....	154
13.5.3 Exemplo 3 .....	159
13.5.4 Exemplo 4 .....	165
13.6 Controle por pré-alimentação usando modelo dinâmico rigoroso do processo .....	170
13.7 Controle por pré-alimentação com modelos estático e dinâmico obtidos a partir de modelo rigoroso da planta .....	176
13.8 Controle por realimentação mais pré-alimentação.....	193
13.9 Exemplo de aplicação de controle por realimentação mais pré-alimentação a trocador de calor.....	194
Referências .....	199
<b>CAPÍTULO 14 – CONTROLE DE PROCESSOS BATELADA.....</b>	<b>201</b>
14.1 Classificação dos processos industriais .....	201
14.2 Principais características dos processos batelada .....	204
14.2.1 Aspectos comuns de processos contínuos e batelada .....	206
14.2.2 Aspectos diferentes de processos contínuos e batelada .....	206
14.2.3 Consolidação dos processos batelada na indústria – a norma S88..	207
14.3 Características do controle para processos batelada .....	208
14.4 Controle batelada.....	210
14.5 Elementos do controle batelada .....	212
14.5.1 Controle discreto .....	212
14.5.2 Controle regulatório.....	217
14.5.3 Controle das operações de unidades.....	232
14.5.4 Controle do ciclo de batelada .....	234

14.5.5 Otimização .....	237
14.6 Exemplo industrial de processo semibatelada .....	237
Referências .....	241

### **PARTE III – TÉCNICAS CLÁSSICAS DE CONTROLE AVANÇADO .....243**

#### **CAPÍTULO 15 – CONTROLE PID ADAPTATIVO .....245**

15.1 Tipos de controle adaptativo.....	246
15.2 Adaptação programada.....	247
15.2.1 Diferentes formas de adaptação programada .....	248
15.2.2 Exemplo de aplicação de controle PI e PID com adaptação programada .....	250
15.3 Controle autoadaptativo ou autoajustável ( <i>self-tuning</i> ) .....	255
15.3.1 Tipos de controle autoadaptativo ou autoajustável .....	256
15.3.2 Exemplo de aplicação de controle PI autoadaptativo ou autoajustável .....	259
15.4 Comparação entre sistemas com adaptação programada e autoajustáveis .....	275
Referências .....	276

#### **CAPÍTULO 16 – COMPENSAÇÃO DE TEMPO MORTO .....277**

16.1 Malha de controle com Preditor de Smith .....	277
16.2 Exemplo de malha de controle com e sem Preditor de Smith .....	281
16.2.1 Resposta do Preditor de Smith a uma variação no valor de referência – planta de primeira ordem .....	282
16.2.2 Resposta do Preditor de Smith a uma variação no valor de referência – planta de segunda ordem .....	284
16.2.3 Preditor de Smith com perturbação na carga – planta de primeira ordem .....	286
16.2.4 Preditor de Smith com perturbação na carga – planta de segunda ordem .....	287
16.2.5 Preditor de Smith com modelo incorreto do processo – planta de primeira ordem .....	288
16.2.6 Preditor de Smith com modelo incorreto do processo – planta de segunda ordem .....	290

16.2.7	Preditor de Smith aplicado a processo com tempo morto variável – planta de primeira ordem .....	292
16.2.8	Preditor de Smith aplicado a processo com tempo morto variável – planta de segunda ordem .....	293
16.2.9	Resposta do Preditor de Smith com método inadequado de sintonia do controlador PID – planta de primeira ordem .....	295
16.2.10	Resposta do Preditor de Smith com método inadequado de sintonia do controlador PID – planta de segunda ordem .....	296
16.3	Aplicação do Preditor de Smith a um trocador de calor com tempo morto na medição da variável controlada .....	297
	Referências .....	302
<b>CAPÍTULO 17 – CONTROLE SELETIVO .....</b>		<b>303</b>
17.1	Seleção do valor extremo dentre múltiplas variáveis ( <i>auctioneering</i> ) .....	303
17.2	Instrumentação redundante .....	304
17.3	Valor médio extraído de múltiplas medições .....	305
17.4	Controle <i>override</i> .....	305
17.5	Controle de faixa dividida ( <i>split range</i> ) .....	310
	Referências .....	316
<b>CAPÍTULO 18 – CONTROLE MULTIMALHA E CONTROLE MULTIVARIÁVEL POR DESACOPLAMENTO.....</b>		<b>317</b>
18.1	Interações no processo .....	318
18.2	Análise de estabilidade de sistemas multivariáveis.....	322
18.2.1	Análise de estabilidade para os pares $W_F$ com $m_V$ e $x_p$ com $m_p$ .....	323
18.2.2	Análise de estabilidade para os pares $W_F$ com $m_p$ e $x_p$ com $m_V$ .....	327
18.3	Projeto de controladores multimalha .....	327
18.3.1	Definição dos pares de variáveis controladas × manipuladas.....	328
18.3.2	Sintonia de controladores PID em sistemas multimalha.....	352
18.4	Controle multivariável por desacoplamento .....	365
18.4.1	Técnicas de desacoplamento .....	365



18.4.2	Desacoplamento de sistemas $2 \times 2$ .....	366
18.4.3	Desacoplamento de sistemas $n \times n$ .....	368
18.4.4	Exemplo de aplicação de controle multivariável por desacoplamento .....	369
18.4.5	Desacoplamento parcial .....	375
18.4.6	Desacoplamento estático de sistemas $2 \times 2$ .....	375
18.4.7	Desacoplamento estático de sistemas $3 \times 3$ .....	379
18.5	Controle multivariável – um caso industrial.....	380
	Referências .....	389

## **APÊNDICE B – CONCEITOS BÁSICOS SOBRE CONTROLE PREDITIVO MULTIVARIÁVEL.....393**

B.1	Estratégias empregadas no controle de processos industriais.....	393
B.2	Controle PID multimalha <i>versus</i> MPC .....	394
B.3	Evolução histórica do controle preditivo.....	395
B.4	Aplicações industriais do controle preditivo .....	396
B.5	Problemas em processos industriais complexos e sua solução via MPC.....	397
B.6	Características dos processos que justificam aplicar o MPC .....	398
B.7	Vantagens e desvantagens do MPC.....	400
B.8	Exemplo de controle preditivo executado manualmente .....	401
B.9	Princípio de funcionamento do controle preditivo .....	403
B.10	Estratégia do MPC.....	404
B.11	Elementos básicos do MPC .....	407
	B.11.1 Modelo de predição.....	407
	B.11.2 Função objetivo .....	412
	B.11.3 Obtenção da lei de controle.....	414
B.12	Exemplos de algoritmos MPC.....	415
	B.12.1 Controle por matriz dinâmica – DMC .....	415
	B.12.2 Controle por modelo algorítmico – MAC.....	416
B.13	Conclusões .....	416
	Referências .....	417

# CAPÍTULO 10

## ESTRATÉGIAS EMPREGADAS NO CONTROLE DE PROCESSOS

O Volume 1 desta coleção focou em estratégias convencionais de controle, como o controle *on/off* e o controle PID. Neste volume, expande-se a exposição das técnicas de controle empregadas na indústria.

Este capítulo visa apresentar um panorama das técnicas de controle existentes e sua aplicação em processos industriais.

### 10.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS APLICADAS NO CONTROLE DE PROCESSOS

Esta seção aborda as estratégias usadas no controle de processos. Para tal, considera-se a classificação das estratégias de controle proposta por Seborg (1994; 1999), arranjadas de acordo com seu grau de utilização na indústria, conforme o Quadro 10.1.

**Quadro 10.1** – Classificação das estratégias de controle de processos de acordo com seu grau de aplicação na indústria (SEBORG, 1994; 1999)

---

#### Categoria I – Estratégias convencionais

- controle manual
  - controle *on/off* (liga/desliga)
  - controle PID
  - controle de razão ou relação
  - controle em cascata
  - controle por pré-alimentação (*feedforward*)
- 

(continua)

**Quadro 10.1** – Classificação das estratégias de controle de processos de acordo com seu grau de aplicação na indústria (SEBORG, 1994; 1999) (continuação)

---

**Categoria II – Controle avançado: técnicas clássicas**

- escalonamento de ganho (*gain scheduling*)
  - compensação de tempo morto
  - controle seletivo/*override*
  - controle multivariável por desacoplamento
- 

**Categoria III – Controle avançado: técnicas amplamente utilizadas**

- controle preditivo baseado em modelo
  - controle estatístico de qualidade
  - controle por modelo interno
  - controle adaptativo
- 

**Categoria IV – Controle avançado: técnicas mais novas, com algumas aplicações industriais**

- controle ótimo (LQG – *Linear Quadratic Gaussian*)
  - sistemas especialistas
  - controle não linear
  - controladores baseados em redes neurais
  - controle nebuloso (*fuzzy*)
- 

**Categoria V – Controle avançado: estratégias propostas com pouquíssimas aplicações industriais**

- técnicas de controle robusto como  $H_{\infty}$  e síntese m
- 

A análise do Quadro 10.1 indica que, das cinco categorias propostas, quatro são ditas avançadas. Deve-se, no entanto, ressaltar que a grande maioria das malhas de controle industriais (~90%) ainda emprega o algoritmo de controle PID. Isso porque muitos problemas industriais de controle são simples, e, conseqüentemente, um controlador PI ou PID é uma solução satisfatória. As estratégias de controle avançado devem, então, ser usadas em problemas mais difíceis, nos quais elas podem prover um desempenho significativamente melhor que as técnicas convencionais de controle. Embora o número de problemas difíceis seja usualmente pequeno quando comparado ao número total de malhas de controle, eles tipicamente envolvem variáveis críticas do processo, que afetam fortemente objetivos importantes do controle, como qualidade do produto, consumo de energia, conformidade com normas ambientais etc. (SEBORG, 1994; 1999).

O termo “controle avançado de processos” não possui uma definição consagrada, representando significados diferentes para cada pessoa, dependendo de seu embasamento teórico e de sua experiência prática. Assim, o Quadro 10.1 é uma tentativa de classificar as estratégias de controle de processos. A categoria I consiste em estratégias convencionais de controle, bem conhecidas e que têm sido amplamente usadas há muitas décadas. As estratégias de controle avançado da categoria II são ditas clássicas por terem sido usadas na indústria a partir da década de 1970. Foram descritas em livros editados a partir dos anos 1960, como *Process Control Systems*, de F. G. Shinskey, publicado pela primeira vez em 1967 e pela quarta – e última – vez em 1996 (SHINSKEY, 1996); *Process Control and Optimization*, segundo volume de *Instrument Engineer's Handbook*, de Béla G. Lipták, publicado pela primeira vez em 1970 e atualmente na quarta edição (LIPTÁK, 2006); *Process/Industrial Instruments and Controls Handbook*,

em sua quinta edição (MCMILLAN; CONSIDINE, 1999); e *Principles and Practice of Automatic Process Control*, em sua terceira edição (SMITH; CORRIPIO, 2005).

As estratégias de controle de processos da categoria III têm sido bastante usadas na indústria e são descritas em livros como os de Deshpande e Ash (1988), Ogunnaike e Ray (1994), Friedmann e Stoltenberg (1996), Marlin (2000) e Seborg, Edgar, Melli-champ e Doyle III (2011).

A categoria IV contém estratégias de controle ainda não muito usadas na indústria, embora diversas aplicações bem-sucedidas de cada uma delas já tenham sido relata-das. A categoria V contém abordagens novas com pouquíssimas (ou mesmo nenhu-ma) aplicações industriais.

O grande número de variantes na área de controle deve-se à diversidade dos proble-mas práticos. Para a grande maioria das malhas de controle de processos indus-triais, o controlador PID é suficiente. Já para processos que eventualmente tenham variações muito grandes na carga, a filosofia de controle por pré-alimentação pode ser útil. Para malhas de controle múltiplas com interação, é recomendável empregar o controle multivariável por desacoplamento, ou então o controle preditivo. Já para malhas de controle em que a variável manipulada pode sofrer fortes perturbações e as constantes de tempo do processo controlado e das perturbações na variável mani-pulada são distintas, pode-se lançar mão do controle em cascata. Para processos com parâmetros variando ao longo do tempo, recomenda-se empregar o controle adaptati-vo. Em resumo: é necessário conhecer bem as estratégias de controle para poder julgar qual delas irá gerar melhor desempenho para cada tipo de processo.

Temas relevantes relacionados à área de controle de processos, como identificação de sistemas, modelagem e simulação de processos e sistemas computacionais para monito-ração e controle de processos não estão incluídos neste livro. Os dois primeiros assuntos, identificação e modelagem, são essenciais para gerar modelos de processos, sem os quais é inviável a aplicação das técnicas de controle avançado. No Capítulo 3 do Volume 1 desta coleção, foi abordada uma forma simples de obter modelos lineares aproximados de processos industriais, por meio de uma técnica básica de identificação de sistemas, que emprega a curva de reação (resposta ao degrau) aplicada a processos operando em malha aberta. Formas mais complexas de obtenção de modelos mais precisos por meio da identificação de sistemas podem ser encontradas em *Introdução à identificação de sis-temas – técnicas lineares e não lineares: teoria e aplicação* (AGUIRRE, 2015). Em termos de modelagem e simulação de processos, uma referência recomendada é *Modelagem e simulação de processos industriais e de sistemas eletromecânicos* (GARCIA, 2005).

Conhecer a instrumentação industrial é essencial para o controle de processos. Uma referência recomendada sobre este assunto é Bega (2011). Em uma analogia entre a malha de controle e o corpo humano, o controle equivale à mente (inteligência), en-quanto a instrumentação atua como sistema nervoso e muscular, coletando e enviando as informações das variáveis controladas para o sistema de controle e respondendo aos comandos deste, agindo sobre as variáveis manipuladas. Já o sistema computacional corresponde aos equipamentos e *softwares* básicos usados para que o *software* aplicati-

vo (algoritmos de controle) possa ser executado. Nesse caso, na analogia com o corpo humano, o sistema computacional equivale ao cérebro.

## 10.2 APLICAÇÕES DO CONTROLE AVANÇADO NA INDÚSTRIA DE PROCESSOS

Em 1961 foi implementado pela Foxboro o primeiro controle *feedforward* em uma coluna de destilação.

Desenvolvimentos independentes na Shell Oil Co. nos Estados Unidos (CUTLER; RAMAKER, 1979; PRETT; GILLETTE, 1979) e na França (RICHALET et al., 1978) resultaram em novas técnicas de controladores lineares preditivos: DMC (*Dynamic Matrix Control*) e MAC (*Model Algorithmic Control*), respectivamente. Os dois algoritmos baseiam-se em modelos não paramétricos do processo, função objetivo e restrições ativas no presente ou futuro. Cutler e Ramaker (1979) ilustram a técnica do DMC no controle de temperatura de saída de um forno de preaquecimento, manipulando a vazão de gás combustível e considerando quatro perturbações. Prett e Gillette (1979) aplicam o DMC multivariável com restrições em uma unidade de craqueamento catalítico envolvendo duas variáveis controladas, quatro manipuladas e duas restrições.

No início da década de 1980, começaram a ser desenvolvidas as tecnologias de inteligência artificial, redes neurais e controle difuso (*fuzzy*). As redes neurais, conjunto de várias camadas de neurônios imitando o funcionamento do cérebro humano, foram usadas principalmente na elaboração de modelos de processo. Sistemas especialistas, baseados na inteligência artificial, foram desenvolvidos para treinar novos operadores a partir do conhecimento de operadores experientes. O controle difuso, muito usado principalmente no Japão, utiliza a lógica difusa (variáveis linguísticas e regras “*if-then*”) em vez de equações matemáticas.

No Brasil, em 1991, a Petrobras implementou, com tecnologia própria, seu primeiro controlador preditivo multivariável em um complexo forno de destilação a vácuo da Refinaria Presidente Bernardes – Cubatão (RPBC). Em 1993, outros dois controladores multivariáveis foram comissionados: o sistema reator-regenerador da unidade de craqueamento catalítico em leito fluidizado (UFCC) da Refinaria Henrique Lage (Revap), em São José dos Campos, e uma fracionadora de petróleo da Refinaria de Paulínia (Replan), em Paulínia.

## REFERÊNCIAS

AGUIRRE, L. A. **Introdução à identificação de sistemas – técnicas lineares e não lineares:** teoria e aplicação. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2015.

BEGA, E. A. **Instrumentação industrial.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

CUTLER, C. R.; RAMAKER, B. C. Dynamic matrix control: a computer control algorithm. In: **Proceedings of the AIChE National Meeting.** Houston, 1979. Também: **Proceedings of the Joint Automatic Control Conference.** San Francisco, 1980, paper WP5-B.

- DESHPANDE, P. B.; ASH, R. H. **Computer Process Control with Advanced Control Applications**. 2. ed. Research Triangle Park: ISA – Instrument Society of America, 1988.
- FRIEDMANN, P. G.; STOLTENBERG, T. P. **Continuous Process Control** (Practical Guides for Measurement and Control). Research Triangle Park: ISA – Instrument Society of America, 1996.
- GARCIA, C. **Modelagem e simulação de processos industriais e de sistemas eletromecânicos**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2005.
- LIPTÁK, B. G. **Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis Group, 2006.
- MARLIN, T. E. **Process Control: Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.
- MCMILLAN, G. K.; CONSIDINE, D. M. **Process/Industrial Instruments and Controls Handbook**. 5. ed. New York: McGraw Hill, 1999.
- OGUNNAIKE, B. A.; RAY, W. H. **Process Dynamics, Modeling, and Control**. New York: Oxford University Press, 1994.
- PRETT, D. M.; GILLETTE, R. D. Optimization and constrained multivariable control of a catalytic cracking unit. In: **Proceedings of the AIChE National Meeting**. Houston, 1979. Também: **Proceedings of the Joint Automatic Control Conference**. San Francisco, 1980.
- RICHALET, J.; RAULT, A.; TESTUD, J. L.; PAPON, J. Model predictive heuristic control: application to industrial processes. **Automatica**, v. 14, n. 2, p. 413-428, 1978.
- SEBORG, D. E. A perspective on advanced strategies for process control. **Modeling, Identification and Control**, v. 15, n. 3, p. 179-189, 1994.
- \_\_\_\_\_. A perspective on advanced strategies for process control (revisited). In: FRANK, P. M. (Ed.). **Advances in Control – Highlights of ECC'99**. 1999. p. 103-134.
- SEBORG, D. E.; EDGAR, T. F.; MELLICHAMP, D. A.; DOYLE III, F. J. **Process, Dynamics and Control**. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011.
- SHINSKEY, F. G. **Process Control Systems: Application, Design and Tuning**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 1996.
- SMITH, C. A.; CORRIPIO, A. B. **Principles and Practice of Automatic Process Control**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.

**A área de controle de processos industriais é fundamental nas empresas que lidam com fluidos, onde a preocupação é controlar variáveis como vazão, pressão, nível, temperatura, pH, densidade etc. Para poder efetuar um controle eficiente, mantendo as variáveis em torno de seus valores de referência (*set points*), é necessário conhecer os algoritmos de controle instalados nos sistemas de controle, bem como saber ajustá-los.**

Este livro se propõe a fornecer os conhecimentos básicos sobre algoritmos de controle passíveis de serem aplicados em plantas industriais. São apresentados conceitos e aplicações de diversas técnicas: controle de razão ou relação, controle em cascata, controle por pré-alimentação, controle de processos batelada, controle PID adaptativo, compensação de tempo morto, controle seletivo, controle multimalha e controle multivariável por desacoplamento. Apresenta-se, ainda, um apêndice com conceitos básicos sobre controle preditivo multivariável.

Este livro é dedicado a engenheiros, tecnólogos e técnicos que lidem ou que queiram aprender a lidar com malhas de controle de processos industriais.

[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

ISBN 978-85-212-1417-5



**Blucher**



Clique aqui e:

**VEJA NA LOJA**

## **Controle de Processos Industriais - Vol. 2** *Estratégias modernas*

---

**Claudio Garcia**

ISBN: 9788521214175

Páginas: 418

Formato: 17 x 24 cm

Ano de Publicação: 2019

Peso: 0.675 kg

---