

066.3  
I59  
H

# CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA CERÂMICA

## MANUAL DE RECOMENDAÇÕES

SECRETARIA DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO-SEPLAN  
FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS-FINEP

*Coordenador geral*  
SABURO IKEDA

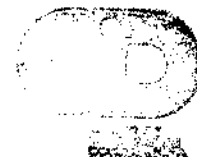
*Gerente técnico*  
ROBERTO D. LAJOLO

*Equipe de elaboração do manual*  
FAUSTO FURNARI  
ROBERTO D. LAJOLO  
MÁRIO SÉRGIO ROSSINI

*Colaboradores*  
CHEN TSU JIE  
ALEXANDRE R. ZANDONADI

*Apoio*  
MARTA MOSCARDINI  
ANTHERO A. M. FILHO

15 SET 1981



INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S/A - IPT  
DIVISÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
AGRUPAMENTO DE ENGENHARIA TÉRMICA

1980

©1980, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A – IPT.  
Cidade Universitária “Armando de Salles Oliveira” – CEP 05508 – São Paulo – Brasil – Caixa Postal 7141  
(CEP 01000) – Fone: 268-2211 – End. Telegráfico: TECNINST – Telex (011) 22831 INPT BR.

PUBLICAÇÃO IPT

Tiragem: 1 000 exemplares

# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	V
<i>Capítulo 1</i> INTRODUÇÃO .....	1
<i>Capítulo 2</i> PROCESSOS E DIAGNÓSTICOS .....	5
2.1 <i>O processo cerâmico</i> .....	8
Preparação das matérias-primas. Conformação. Processamento térmico. Algumas conclusões.	
2.2 <i>Cálculo do consumo específico</i> .....	18
Consumo específico do equipamento. Consumo específico global. Variação do consumo específico com os índices de rejeito. Consumo específico por linha. Observação final.	
2.3 <i>Diagnóstico</i> .....	23
Azulejo. Louça sanitária. Louça de mesa. Isoladores elétricos. Estrutural ou vermelha. Piso. Refratários.	
<i>Referências bibliográficas</i> .....	86
<i>Capítulo 3</i> COMO REALIZAR UM PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA .....	87
3.1 <i>Constituição do grupo interno</i> .....	89
3.2 <i>Levantamento energético da instalação</i> .....	90
3.3 <i>Estabelecimento de prioridades preliminares</i> .....	91
Potencialidades decorrentes da elaboração de matérias-primas. Potencialidades decorrentes da conformação. Potencialidades no processo térmico dos produtos. Potencialidades nos equipamentos auxiliares.	
3.4 <i>Análise técnica e econômica</i> .....	96
3.5 <i>Implantação e avaliação das modificações</i> .....	97
3.6 <i>Continuidade do programa</i> .....	97
<i>Referências bibliográficas</i> .....	98
<i>Capítulo 4</i> ASPECTOS DE UM LEVANTAMENTO ENERGÉTICO .....	99
4.1 <i>Descrição do processo produtivo</i> .....	102
Ladrilho cerâmico não esmaltado. Ladrilho cerâmico esmaltado.	
4.2 <i>Caracterização das operações e equipamentos</i> .....	104
Queima de biscoito. Queima de esmalte. Secagem de matérias-primas.	
4.3 <i>Medidas preliminares</i> .....	121
4.4 <i>Exemplos de análise técnica</i> .....	122
Fornos nºs 3 e 4 — Balanços de massa e energia. Redução da diluição dos gases de combustão. Utilização do ar de combustão pré-aquecido. Redução dos índices de rejeito.	
4.5 <i>Conclusão</i> .....	129
<i>Capítulo 5</i> POSSIBILIDADES DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA .....	131
5.1 <i>Queimadores</i> .....	132
5.2 <i>Circuitos de óleo</i> .....	134
Filtragem do óleo combustível. Isolamento e recirculação. Medidas no circuito de óleo.	

5.3	<i>Circuitos de ar</i> .....	138
5.4	<i>Excesso de ar</i> .....	142
	Cálculo do coeficiente de excesso de ar. Redução do excesso de ar. Aparelho de Orsat.	
5.5	<i>Perdas por radiação e convecção</i> .....	147
5.6	<i>Redução das infiltrações</i> .....	152
5.7	<i>Reduções devido a massas inertes</i> .....	153
5.8	<i>Pré-aquecimento de ar de combustão</i> .....	155
5.9	<i>Ar de resfriamento como ar de combustão</i> .....	157
5.10	<i>Gases de chaminé como ar de combustão</i> .....	158
5.11	<i>Redução ou eliminação de combustível em secadores</i> .....	159
5.12	<i>Caldeiras — algumas considerações</i> .....	161
	Controle de CO <sub>2</sub> . Recuperação de condensado. Limpeza de tubos.	
	<i>Referências bibliográficas</i> .....	166
<b>APÊNDICES</b> .....		173
<b>Apêndice A — NOÇÕES SOBRE COMBUSTÃO</b> .....		174
A.1	<i>Noções teóricas: reações de combustão e estequiometria</i> .....	175
A.2	<i>Noções teóricas: um modelo de combustão</i> .....	179
A.3	<i>Condições para uma boa combustão</i> .....	183
	<i>Referências bibliográficas</i> .....	188
<b>Apêndice B — BALANÇOS DE MASSA E ENERGIA</b> .....		189
B.1	<i>Balanço de massa</i> .....	190
B.2	<i>Balanço de energia</i> .....	195
	<i>Referências bibliográficas</i> .....	197
<b>Apêndice C — PROPRIEDADES</b> .....		198
C.1	<i>Calor específico médio de gases</i> .....	199
C.2	<i>Densidades do ar e gases de combustão</i> .....	201
C.3	<i>Viscosidade de óleos residuais</i> .....	202
C.4	<i>Densidades de óleos combustíveis</i> .....	204
C.5	<i>Propriedades de isolantes e refratários</i> .....	205
C.6	<i>Conversão de unidades</i> .....	206
	<i>Referências bibliográficas</i> .....	208
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....		209
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....		213