

São Paulo, 1986

CONSULTA
FT-262
v.2

Orientador: Prof. Dr. Boris Schneiderman

Tese apresentada à Escola
Politécnica da USP para
a obtenção do título de
Doutor em Engenharia

INFLUÊNCIA DA MATÉRIA-PRIMA E DOS FORNOS
DE CALCINAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DA CAL VIRGEM
VOLUME II

MARIA ALBA CINCOTTO
Química, Instituto de Química da USP, 1961
Mestre em Ciências, Escola Politécnica da USP, 1977

DADOS DE GEOLOGIA

ANEXO I

1957
1958
1959

1960

ATIVIDADE TECTÔNICA, OROGÊNISE - Designa o processo de formação das montanhas ou elevações terrestres.

CAMBRIANO - O primeiro período da era Paleozóica, admitida como tendo coberto o período de tempo entre 570 e 500 milhões de anos atrás; também, o sistema rochoso correspondente. O nome vem de Cambria, o nome Romano de Gales, onde estas rochas foram estudadas pela primeira vez. Chamado também período dos invertebrados marinhos.

CENOZÓICO - Era geológica mais recente que se inicia no período Terciário e prolonga-se até o presente. Alguns autores não incluem o Quaternário, considerando este uma era separada. É caracterizado, paleontologicamente, pela evolução e abundância de mamíferos, moluscos e pássaros, e paleobotanicamente, pelos angiospermas.

CONSOLIDAÇÃO, LITIFICAÇÃO - Qualquer processo pelo qual materiais líquidos ou soltos e moles tornam-se uma rocha firme e coerente; especificamente a solidificação do magma que dá origem a uma rocha ígnea ou a litificação de sedimentos soltos que dá origem a uma rocha sedimentar.

DIAGÊNESE - Todas as transformações químicas, físicas e biológicas, sofridas por um sedimento após a sua deposição, durante e após a sua litificação, excluindo-se a alteração superficial por intemperismo e metamorfismo. Inclui os processos que ocorrem sob condições de pressão (até um kb) e temperatura normais à superfície ou a parte mais externa da crosta terrestre (intervalo de temperatura máxima de 100°C a 300°C): compactação, cimentação, substituição, cristalização, lixiviação, hidratação, ação bacteriológica e formação de concreções; pode incluir alterações que ocorrem após litificação sob as mesmas condições de temperatura e pressão. Não há uma definição nem uma delimitação universalmente aceita, por exemplo, a linha que separa a diagênese e o metamorfismo.

SEDIMENTOS RECENTES - sedimentos do Holoceno - sedimentos de uma época do período Quaternário, do final do Pleistoceno, aproximadamente 8000 anos atrás até o presente.

PLATAFORMA CONTINENTAL - É a parte do litoral continental entre a linha costeira e o declive continental ou quando não há uma inclinação notável, até uma profundidade de 200m. É caracterizada por uma inclinação muito leve, de 0,1°.

PELÁGICO - a) refere-se ao oceano como meio ambiente; b) organismos marinhos cujo meio ambiente é o mar aberto, não seu fundo, nem a praia.

PALEOZOICO - Era geológica situada entre o final do Pré-cambriano e o início do Mesozóico, de 570 a 225 milhões de anos atrás.

OLITOS - Rocha sedimentar, comumente um calcário, formado de partículas oolíticas, ovoides, cimentadas.

METAMORFISMO - Transformações mineralógicas, químicas e estruturais de rochas sólidas em condições físicas e químicas características de profundidade abaixo da zona superficial de intemperismo e cimentação, que diferem das condições nas quais as rochas em questão se originaram.

MESOZOICO - Era geológica situada entre o final do Paleozóico e o início da era Cenozóica, ou de 225 a 65 milhões de anos atrás. É também a idade dos gínospermas e dos grandes répteis.

EVAPORITO - Rocha sedimentar, não clástica, composta basicamente de minerais formados de uma solução salina em consequência de uma evaporação extensiva ou total do solvente. São exemplos: anidrita, cloreto de sódio, dolomita primária, vários nitratos e boratos. Às vezes designa também rochas formadas por metamorfismo ou transporte de outros evaporitos. Também chamados: depósito salino, resíduo salino.

Eras	Períodos	Épocas	Duração (milhões de anos)	Início (milhões de anos)	
Cenozóico	Terciário	Plioceno	11	70	
		Mioceno	11		
	Oligoceno	12			
	Eoceno	20			
Mesozóico	Cretáceo	Paleoceno	15	220	
		Jurássico	45		
		Triássico	40		
Paleozóico	Permiano	-	50	600	
			Carbonífero		80
			Devoniano		50
			Siluriano		30
			Ordoviciano		60
			Cambriano		110
Pré-Cambriano	Pré-Cambriano	-	4000	4600	
Idade provável da Terra					

ESCALA DO TEMPO GEOLÓGICO (KULP, 1960)

Tabela I.1

JAZIDAS. FORNOS NACIONAIS.

ANEXO II

Foto 2 - Detalhe da zona de descarga e a cal em resfriamento. Forno vertical, descontinuo, de alvenaria, Município de Guapiara - SP.



Foto 1 - Forno vertical, descontinuo, de alvenaria. Vista geral do forno e do galpao de armazenamento de cal virgem. Pratacal, Município de Guapiara - SP.



Foto 4 - Pedreira de calcário magnésiano, metassedimento do Grupo São Roque, da Pratacal, Município de Guapiara - SP.



Foto 3 - Vista da boca de carga do forno vertical, descon-
tínuo, de alvenaria, sem chaminé, com tiragem natural.
Pratacal, Município de Guapiara - SP.



Foto 5 - Vista geral dos fornos verticais, contínuos, de alvenaria, da Companhia de Cimento Portland Itau, Município de Arcos - MG.



Foto 7 - Instalação de britagem da cal virgem, da Companhia de Cimento Portland Itau, Município de Arcos - MG.



Foto 6 - Vista geral dos mesmos fornos com o galpão de resfriamento da cal virgem.



Foto 9 - Vista geral dos fornos verticais, contínuos, metálicos, tipo Azbe, da Indústria Mineradora Pagliato, Município de Guapiara - SP.



Foto 8 - Fornos verticais, contínuos, de alvenaria, da Indústria Mineradora Pagliato, Município de Guapiara - SP.



Foto 11 - Mina de dolomito, me-
tassedimento do Grupo Sao Roque,
da Industria Mineradora Paglia-
to, Municipio de Guapiara - SP.

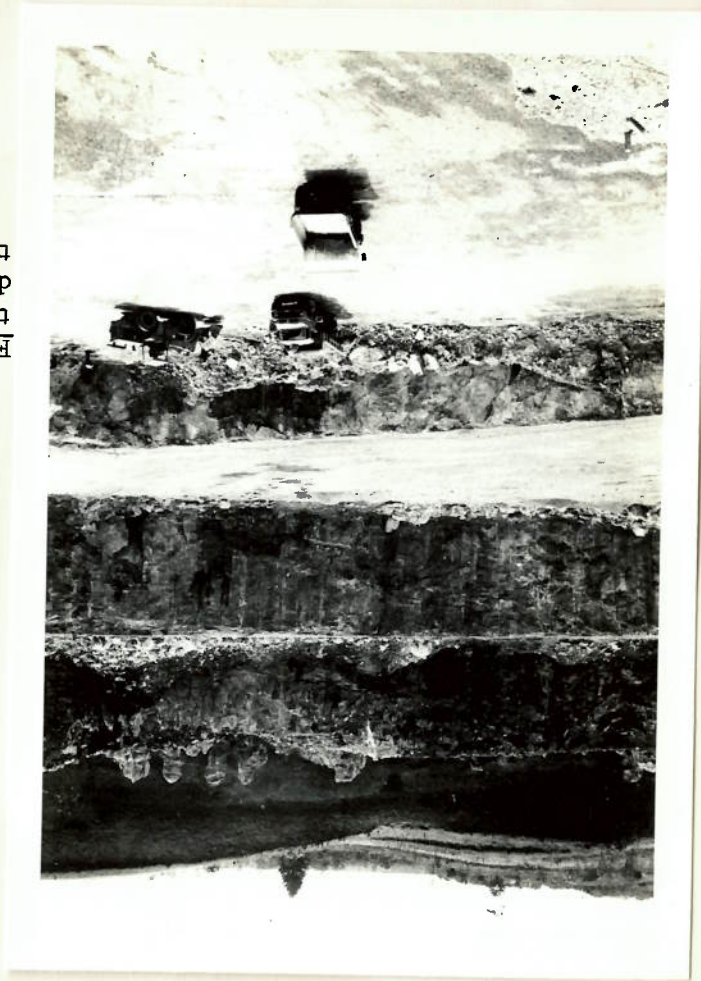


Foto 10 - Silos de cal virgem das instalações da Industria
Mineradora Pagliato, Municipio de Guapiara - SP.

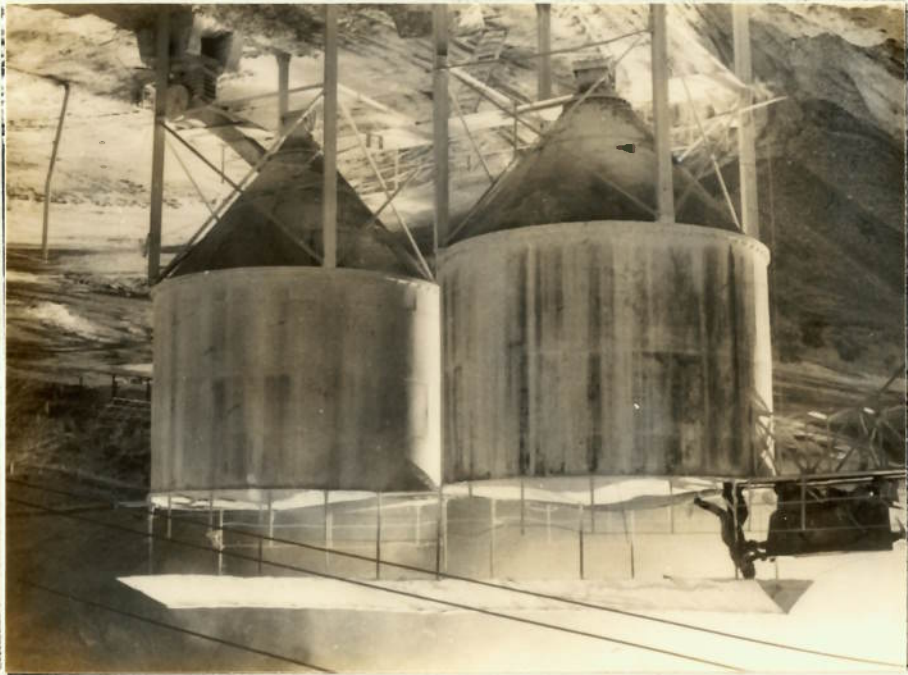


Foto 13 - Vista geral dos mesmos fornos e do pátio de combustível (lenha de eucalipto).



Foto 12 - Vista geral dos fornos verticais, metálicos, contínuos, tipo Azbe, da S.A. Indústrias Votorantim, Município de Itapeva - SP.

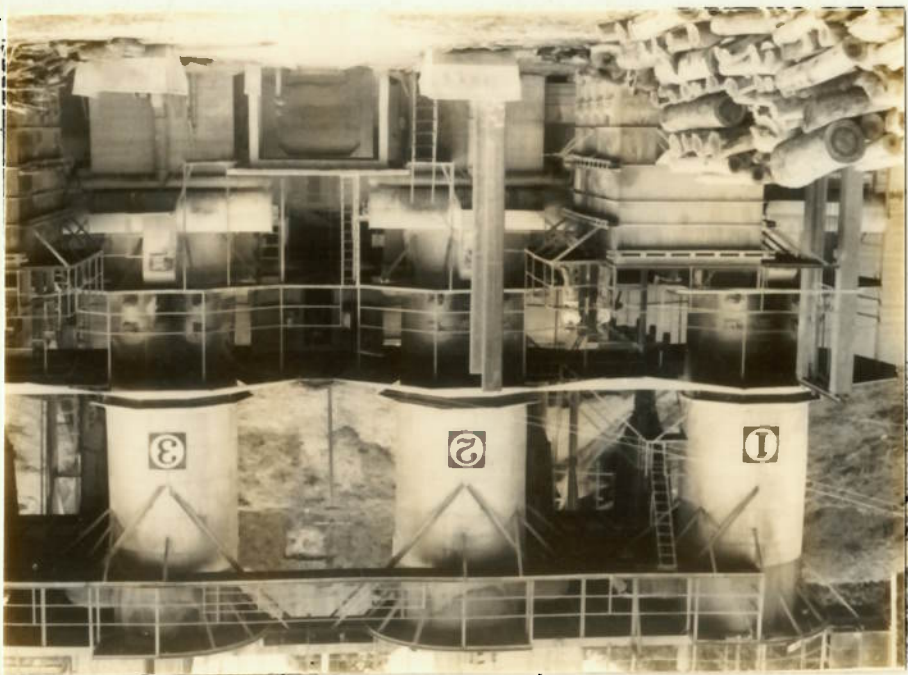


Foto 15 - Pedreira de dolomito (nº 4). Metassedimento do Grupo São Roque, da S.A. Indústrias Votorantim, Município de Itapeva - SP.



Foto 14 - Pedreira de dolomito (nº 10). Metassedimento do Grupo São Roque, da S.A. Indústrias Votorantim, Município de Itapeva - SP.



Foto 16 - Silo de "pó calcário" e vista parcial das pedreiras de dolomito (n^{os} 3 e 4), metassedimento do Grupo São Roque, da S.A. Indústrias Votorantim, Município de Itapeva - SP.

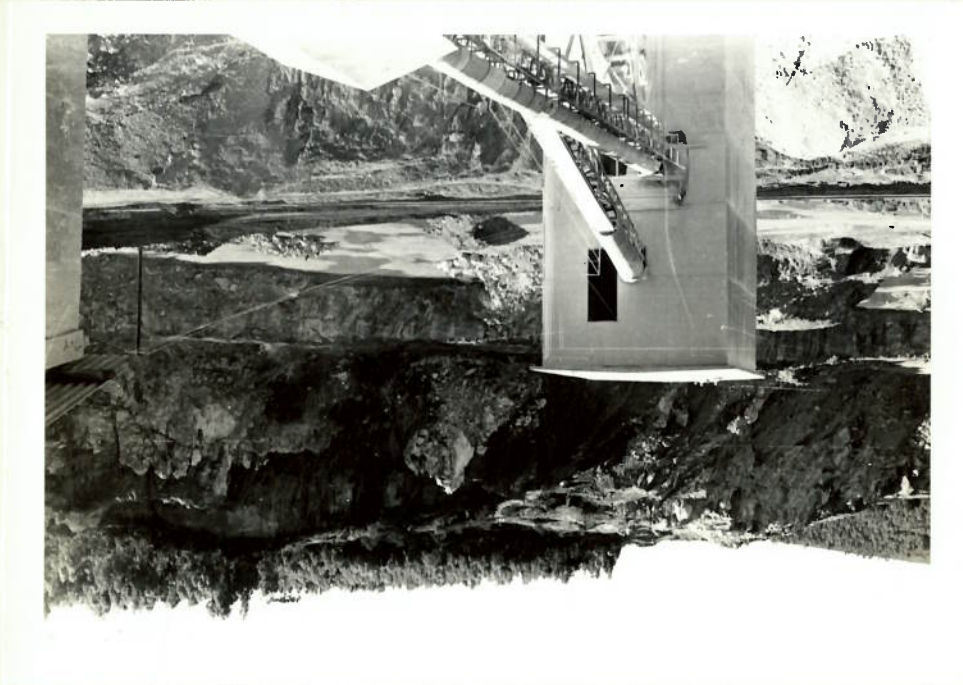


Foto 18 - Descarga de cal virgem dos fornos àzbe, das instalações da S.A. Industrias Votorantim, Município de Itapeva - SP.



Foto 17 - Entrada do silo de cal virgem, das instalações da S.A. Industrias Votorantim, Município de Itapeva - SP.

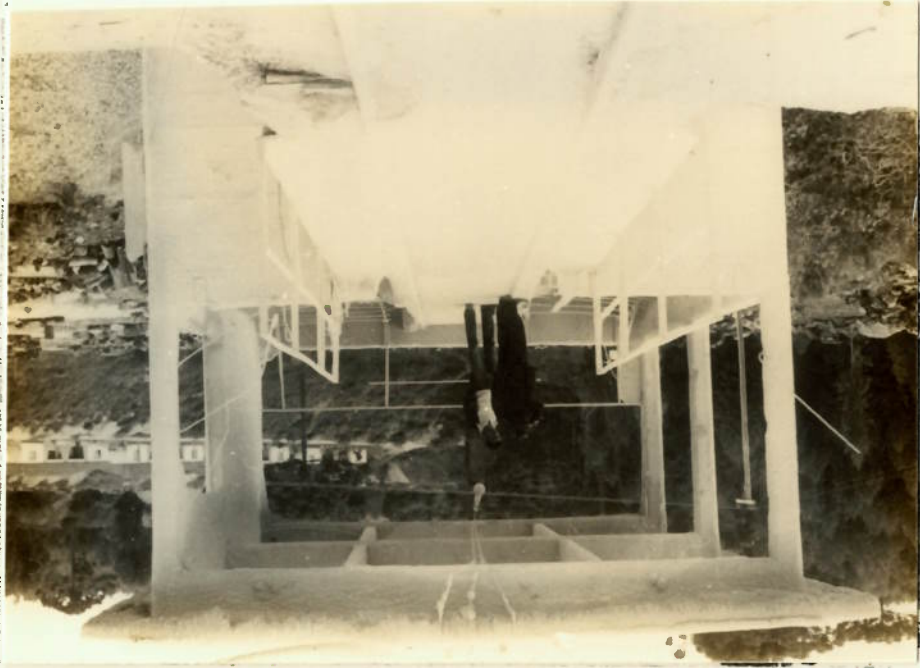


Foto 20 - Vista geral do silo de cal virgem e dos fornos verticais, metálicos, contínuos, tipo Azbe, da Cal Sete, Município de Sete Lagoas - MG.

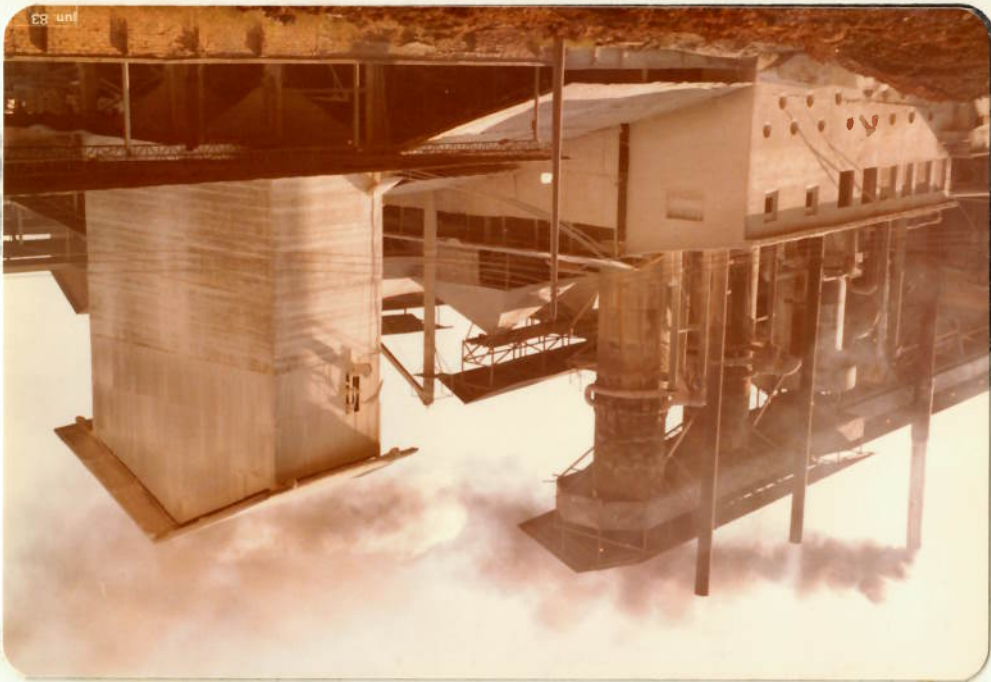


Foto 19 - Vista parcial da mina Lapa do Chumbo, de calcário, metassedimento do Grupo Bambuí, da Cal Sete, Município de Sete Lagoas - MG.



Foto 21 - Forno vertical, contínuo, metálico, tipo Azbe, da Cifercal - Cal Sete, Município de Sete Lagoas - MG.



Foto 23 - Vista geral das instalações de britagem e do "stock-piles" de calcário para a fabricação de brita e "po calcário", da Companhia de Cimento Portland Itau, Município de Vespasiano - MG.



Foto 22 - Vista geral das instalações da Companhia de Cimento Portland Itau, Município de Vespasiano - MG.



Foto 25 - Outra vista parcial do mesmo forno.



Foto 24 - Vista parcial do forno horizontal, rotativo, tipo Polysius, da Companhia de Cimento Portland Itau, Município de Vespasiano - MG.



Foto 27 - Vista parcial da mina de calcário, metassedimento do Grupo Bambuí, da Companhia de Cimento Portland Itau, Município de Vespasiano - MG.



Foto 26 - Vista parcial da mina de calcário, metassedimento do Grupo Bambuí, da Companhia de Cimento Portland Itau, Município de Vespasiano - MG.



Foto 29 - Silo de cal virgem, das instalações da Ical, Município de Vespasiano - MG.

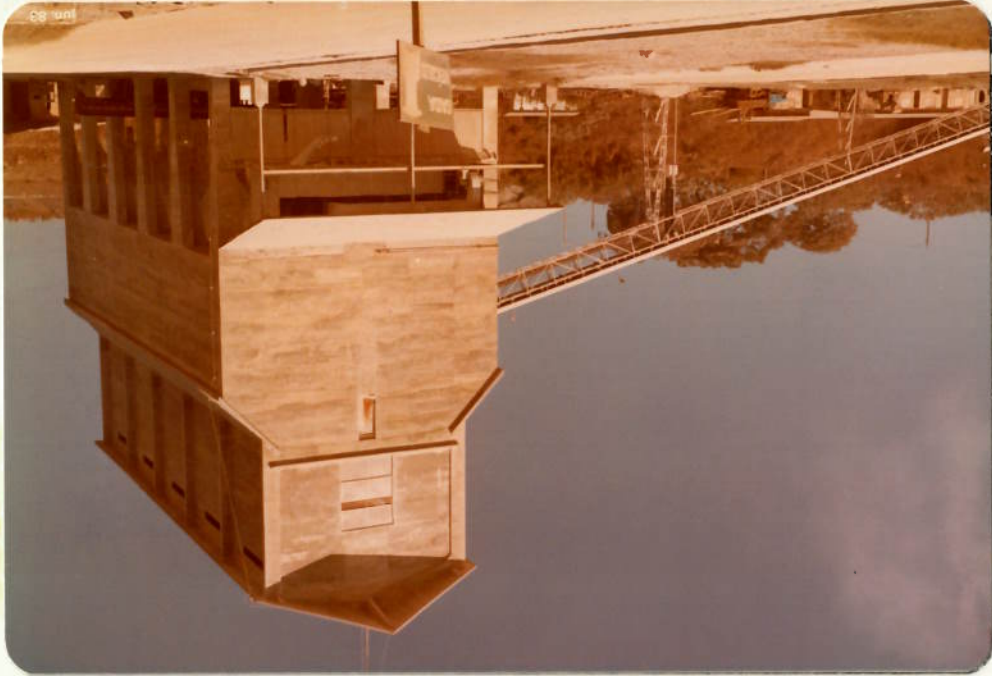


Foto 28 - Forno vertical, contínuo, de fluxo paralelo, tipo Maerz, e correia transportadora de alimentação, da Ical, Município de Vespasiano - MG.





Foto 30 - Vista geral da mina de calcário, metassedimento do Grupo Bambuí, da Ical, Município de Vespasiano - MG.

CARACTERÍSTICAS DA MATÉRIA-PRIMA

ANEXO III

Tabela III.1
ANÁLISE PETROGRÁFICA EXPEDITA DA MATÉRIA-PRIMA

Procedência	Referência	Cor	Textura	Composição Mineralógica (*) D Q 0	Observações
Itapeva/SP	Votorantim 3A	cinza-claro	inequigranular-granoblástica (granulometria fina e média)	100 tr tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita. Poucos cristais de quartzo, até centimétricos, alguns com extinção ondulante. Agregados de cristais de quartzo, submilimétricos e milimétricos, alguns com extinção ondulante, ocorrem dispersos. Vênulas e agregados de cristais de dolomita de granulometria maior, provavelmente originados por preenchimento de espaços formados após recristalização do carbonato depositados originalmente.
Itapeva/SP	Votorantim 3B	cinza-claro	inequigranular-granoblástica (granulometria fina)	100 tr tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita. Localmente agregados de cristais submilimétricos de quartzo que apresentam extinção ondulante. Pequenas lentes de vênulas de cristais de dolomita de granulometria maior, provavelmente originadas por preenchimento de espaços formados após recristalização do carbonato depositado originalmente.

Classificação: DOLOMITO
 Natureza: Sedimentar
 Estado de alteração: sa
 Estrutura: brechada

(*) D = dolomita
 Q = Quartzo
 0 = Opacos
 tr = traços

Tabela III.1a
ANÁLISE PETROGRÁFICA EXPEDITA DA MATÉRIA-PRIMA

Procedência	Referência	Cor	Textura	Composição Mineralógica (*) D Q O	Observações
Itapeva/SP	Votorantim 4B	cinza-claro	inequigranular-granoblástica (granulometria fina)	100 tr tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita. Raros agregados de cristais de quartzo, submilimétricos a milimétricos, ocorrem dispersos. Agregados de cristais de dolomita, de granulometria maior, ocorrem dispersos
Itapeva/SP	Votorantim 4B	cinza-claro	inequigranular-granoblástica (granulometria fina)	95-100 0-5 tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita. Cristais de quartzo, submilimétricos e milimétricos, alguns com extinção ondulante, ocorrem dispersos e formando agregados ou vênulas. Agregados, lentes e vênulas de cristais de dolomita de granulometria maior, ocorrem dispersos, provavelmente originados por preenchimento de espaços formados após recristalização do carbonato depositado originalmente.

Classificação: DOLOMITO
 Natureza: Sedimentar
 Estado de alteração: sa
 Estrutura: brechada

(*) D = dolomita
 Q = Quartzo
 O = Opacos
 tr = traços

Tabela III.1b
ANÁLISE PETROGRÁFICA EXPEDITA DA MATÉRIA-PRIMA

Procedência	Referência	Cor	Textura	Composição Mineralógica(*)			Observações	
				D	Q	tr		
Itapeva/SP	Votorantim 4C	cinza-claro	inequigranular-granoblástica (granulometria fina)	90	95	5-10	tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita. Cristais de quartzo, submilimétricos e milimétricos, com extinção ondulante, formam predominantemente agregados, lentes e vênulas, amplamente distribuídos na seção delgada analisada. Cristais de dolomita formam localmente agregados de granulometria maior, provavelmente ocupando espaços deixados pela recristalização do carbonato original.
Itapeva/SP	Votorantim 10A	cinza-claro amarelado	inequigranular-granoblástica (granulometria fina e média)	95	100	0-5	tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita e pequena quantidade de quartzo. A seção delgada estudada apresenta um veio centimétrico de cristais imbricados milimétricos, de quartzo com extinção ondulante. Localmente cristais submilimétricos de quartzo, com extinção ondulante, aparecem preenchendo provável microfatura ou constituem agregados dispersos.

Classificação: DOLOMITO
 Natureza: Sedimentar
 Estado de alteração: são
 Estrutura: brechada

(*) D = dolomita
 Q = Quartzo
 0 = Opacos
 tr = traços

Tabela III.1c
ANÁLISE PETROGRÁFICA EXPEDITA DA MATÉRIA-PRIMA

Procedência	Referência	Cor	Textura	Composição Mineralógica(*)	Observações
Itapeva/SP	Votorantim 10B	cinza-claro amarelado	inequigranular-granoblástica (granulometria fina)	D 100 Q 0 O 0	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita. Cristais raros de quartzo, submilimétricos, ocorrem dispersos. Localmente cristais de dolomito, de granulometria maior, formam agregados.
Itapeva/SP	Votorantim 10C	cinza-claro amarelado	inequigranular-granoblástica (granulometria fina)	D 100 Q tr O tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita. Localmente cristais submilimétricos de quartzo com orientação ondulante, aparecem orientados, preenchendo provavelmente microfaturas ou constituem raros agregados dispersos.

Classificação: DOLOMITO
 Natureza: Sedimentar
 Estado de alteração: sa
 Estrutura: brechada

(*) D= dolomita
 Q= Quartzo
 O= Opacos
 tr = traços

Tabela III.1d

ANÁLISE PETROGRÁFICA EXPEDITA DA MATÉRIA-PRIMA

Procedência	Referência	Cor	Textura	Composição Mineralógica(*)				Observações
				D	Q	M	O	
Guapiara/SP	Minercal	cinza-médio	inequigranular-granoblástica (granulometria fina e média)	100	tr	tr	tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita. Agregados de cristais de dolomita de granulção média e agregados de cristais de granulometria fina distribuem-se ao acaso

Classificação: DOLOMITO

(*) D= Dolomita

Natureza: Sedimentar

Q= Quartzo

Estado de alteração: são

M= Muscovita

Estrutura: compacta

O= Opacos

tr= traços

Tabela III.1 e
ANÁLISE PETROGRÁFICA EXPEDITA DA MATÉRIA-PRIMA

Procedência	Referência	Cor	Textura	Composição Mineralógica(*)						Observações
				D	C	Q	M	O	Cl	
Guapiara/SP	Pratacal A	cinza-médio branco	inequigranular- granoblástica (granulometria fina e média)	70	20-30	-	5	tr	tr	A análise por difração de raios-X revelou a predominância de dolomita sobre calcita. Pequenas placas de muscovita aparecem dispersas. Clorita é mais rara. A seção delgada estudada apresenta um veio centimétrico de cristais imbricados, milimétricos de calcita.
Guapiara/SP	Pratacal B	cinza-médio	inequigranular- granoblástica (granulometria fina e média)	95-100	0-5	-	-	tr	-	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita, com pequena porcentagem de calcita.
Guapiara/SP	Pratacal C	cinza-médio	inequigranular- granoblástica (granulometria fina e média)	90-90	5-10	tr	tr	-	-	A análise por difração de raios-X revelou a predominância de dolomita sobre calcita. Localmente agregados de cristais de carbonato de granulometria média, associados a poucos cristais de quartzo, formam lentes ou "venulas" irregulares.

Classificação: DOLOMITO
Natureza: Sedimentar
Estado de alteração: sã
Estrutura: compacta

(*) D= Dolomita
C= Calcita
Q= Quartzo
M= Muscovita
O= Opacos
Cl= Clorita
tr= traços

Tabela III.1 f
ANÁLISE PETROGRÁFICA EXPEDITA DA MATÉRIA-PRIMA

Procedência	Referência	Cor	Textura	Composição Mineralógica (*) D 0 Ms	Observações
Itararé/SP	Cal. Sinhã Fl2	cinza-claro amarelado	equigranular - grano- blástica (granulome- tria fina)	100 - tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita.
Itararé/SP	Cal. Sinhã Fl3	cinza-claro amarelado	equigranular - grano- blástica (granulome- tria fina)	100 tr -	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de dolomita. Localmente microfatu- ras preenchidas por cristais de carbonato mais límpidos e matéria orgânica e/ou opacos.

Classificação: DOLOMITO

(*) D= Dolomita

Natureza: Sedimentar

O= Opacos

Estado de alteração: sã

Ms= Muscovita sericita

Estrutura: compacta

tr= traços

Tabela III.1g

ANÁLISE PETROGRÁFICA EXPEDITA DA MATÉRIA-PRIMA

Procedência	Referência	Cor	Textura	Composição Mineralógica(*)	Observações
Vespasiano/ MG	Ical	cinza- escuro	equigranular-grano blástica (granulo- metria fina)	100 C tr Q tr O	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de calcita. Cristais raros ou agregados de cristais de quartzo, submilimétricos, dispersos. Pequenas vênulas de cristais de calcita de granulo metria maior, provavelmente originadas por preenchimento de espaços formados após recristalização do carbonato depositado originalmente.
Vespasiano/ MG	Itaú	cinza- escuro	equigranular-grano blástica (granulo- metria fina)	100 C tr Q tr O	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de calcita. Cristais raros submilimétricos de quartzo dispersos. Localmente, agregados de cristais de calcita de granulação maior em vênulas, provavelmente preenchendo espaços restantes após recristalização do carbonato depositado originalmente.

Classificação: CALCÁRIO (*) C= Calcita

Natureza: Sedimentar Q= Quartzo

Estado de alteração: sa O= Opacos

Estrutura: compacta tr= traços

Tabela III.1h

ANÁLISE PETROGRÁFICA EXPEDITA DA MATÉRIA-PRIMA

Procedência	Referência	Cor	Textura	Composição Mineralógica(*)			Observações
				C	Q	O	
Arcos/MG	Itaú	cinza-escuro	inequigranular-granoblástica (granulometria fina e média)	100	tr	tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de calcita. Cristais ou agregados de cristais de calcita de granulometria média estão espalhados entre cristais de calcita de granulometria fina.
Sete Lagoas/MG	Cal Sete	cinza-escuro	equigranular-granoblástica (granulometria fina)	100	tr	tr	A análise por difração de raios-X revelou a presença essencial de calcita. Poucos cristais, agregados de cristais ou agregados microcristalinos de quartzo ocorrem dispersos. Rocha com textura nitidamente orientada constituída por cristais alongados, onde bandas mais escuras correspondem a acamamento mais rico em opaco.

Classificação: CALCÁRIO (*) C= Calcita

Natureza: Sedimentar Q= Quartzo

Estado de alteração: sã O= Opacos

Estrutura: compacta tr = traços

1
2
1

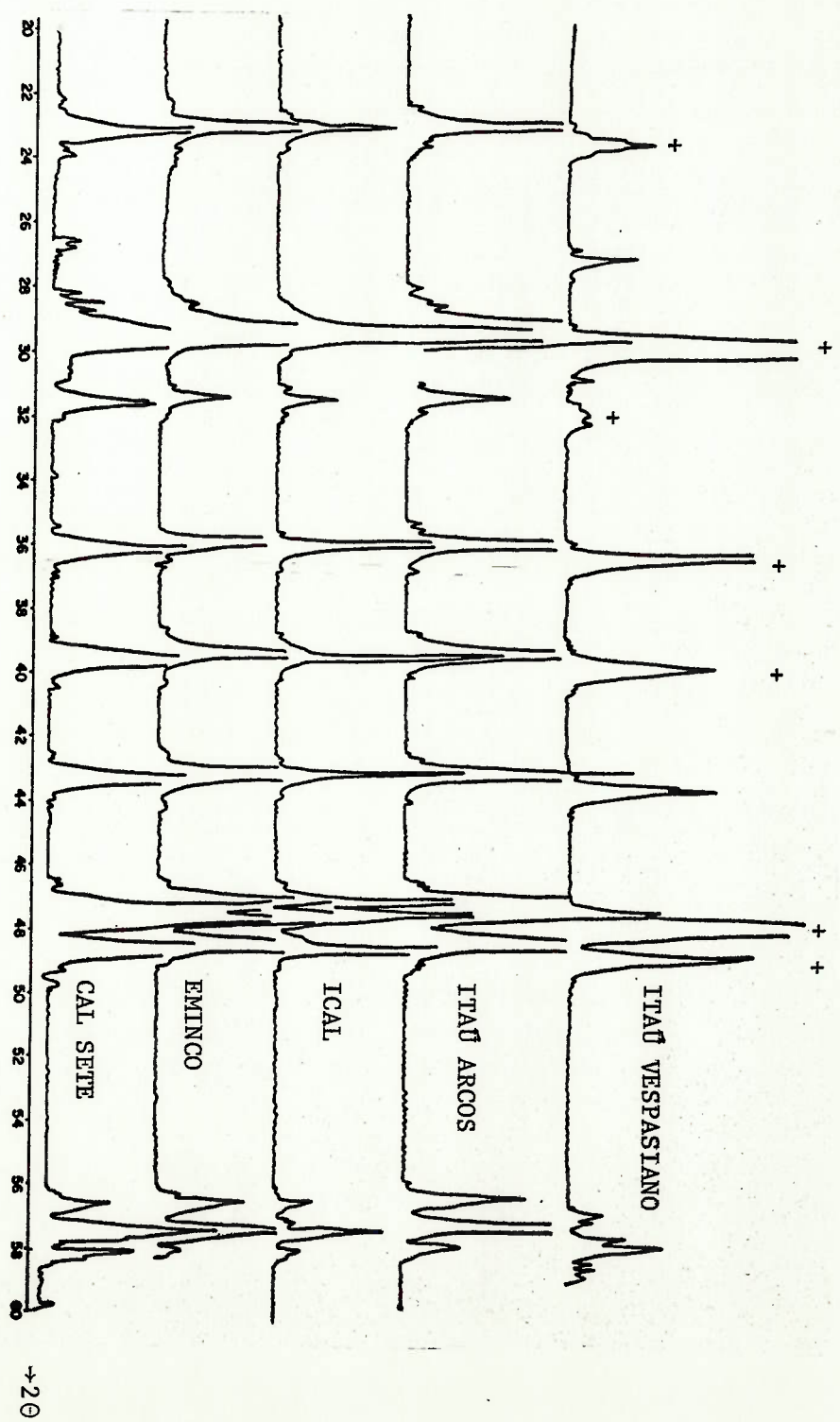


Fig. III.1a - Difratoograma de raios-X das matérias-primas.

(+) - calcita

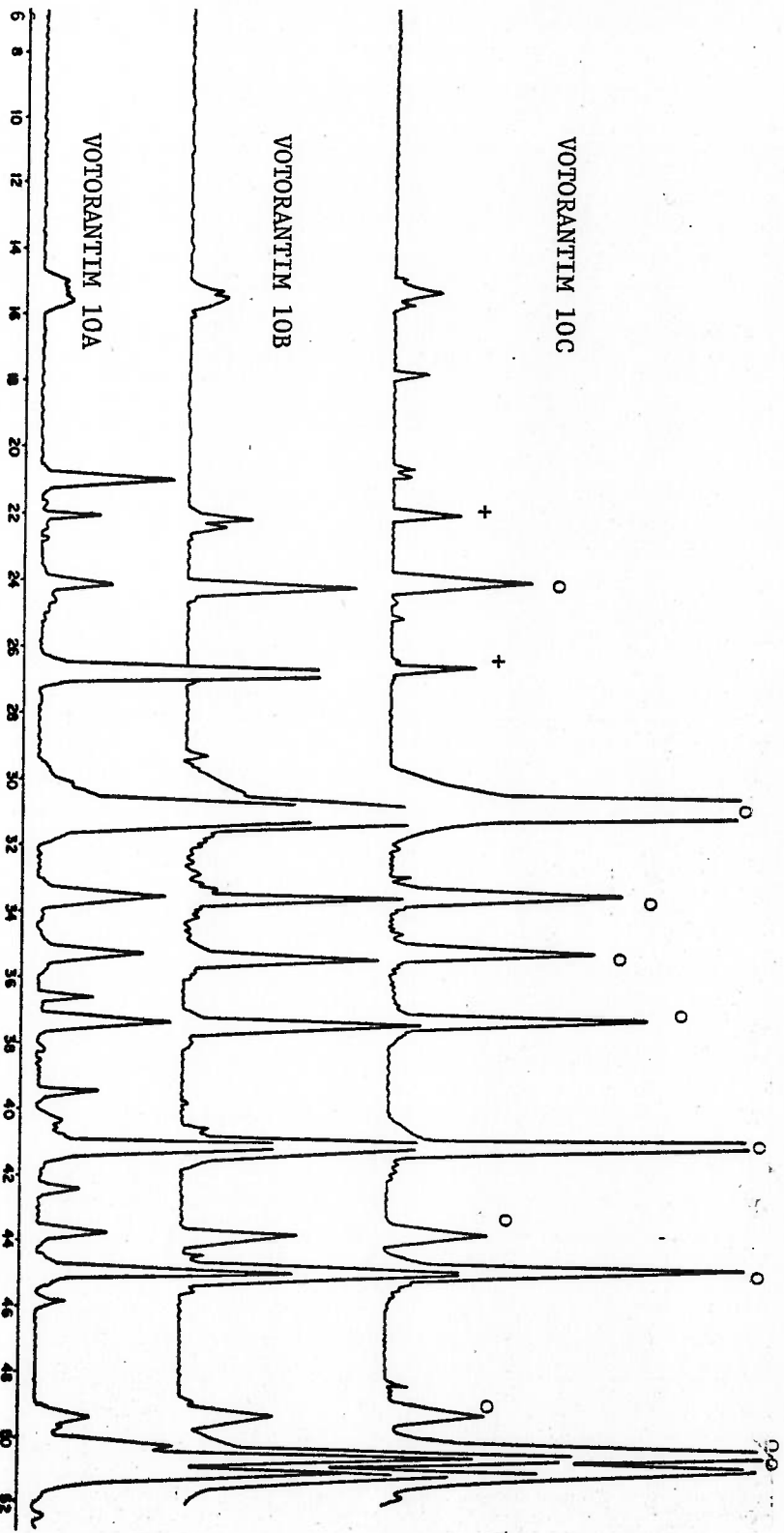


Fig. III.1b - Difratoograma de raios-X das matérias-primas.
(o) - dolomita
(+) - quartzo

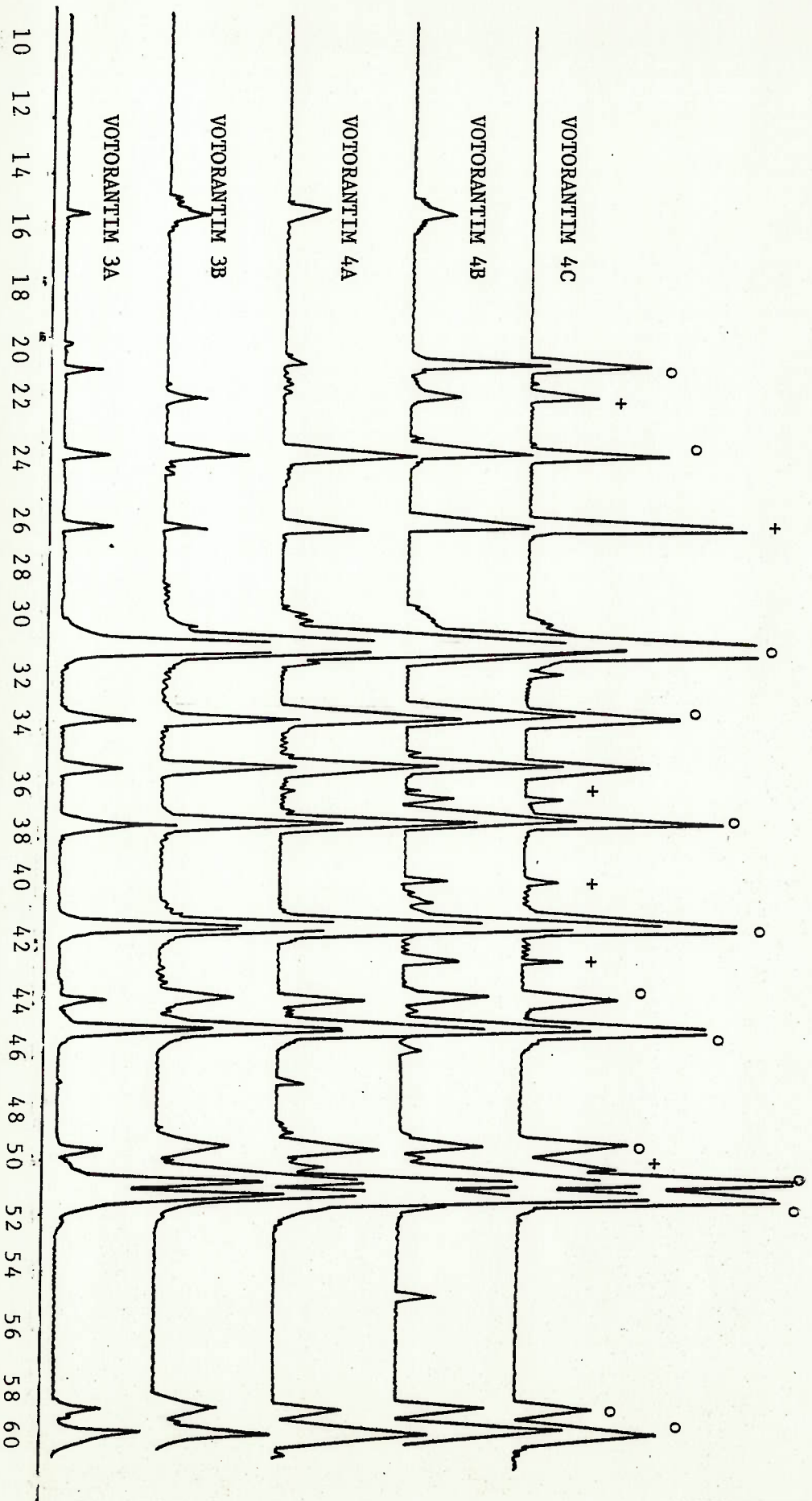


Fig. III.1c - Difractograma de raios-X das matérias-primas.

(o) - dolomita

(+) - quartzo

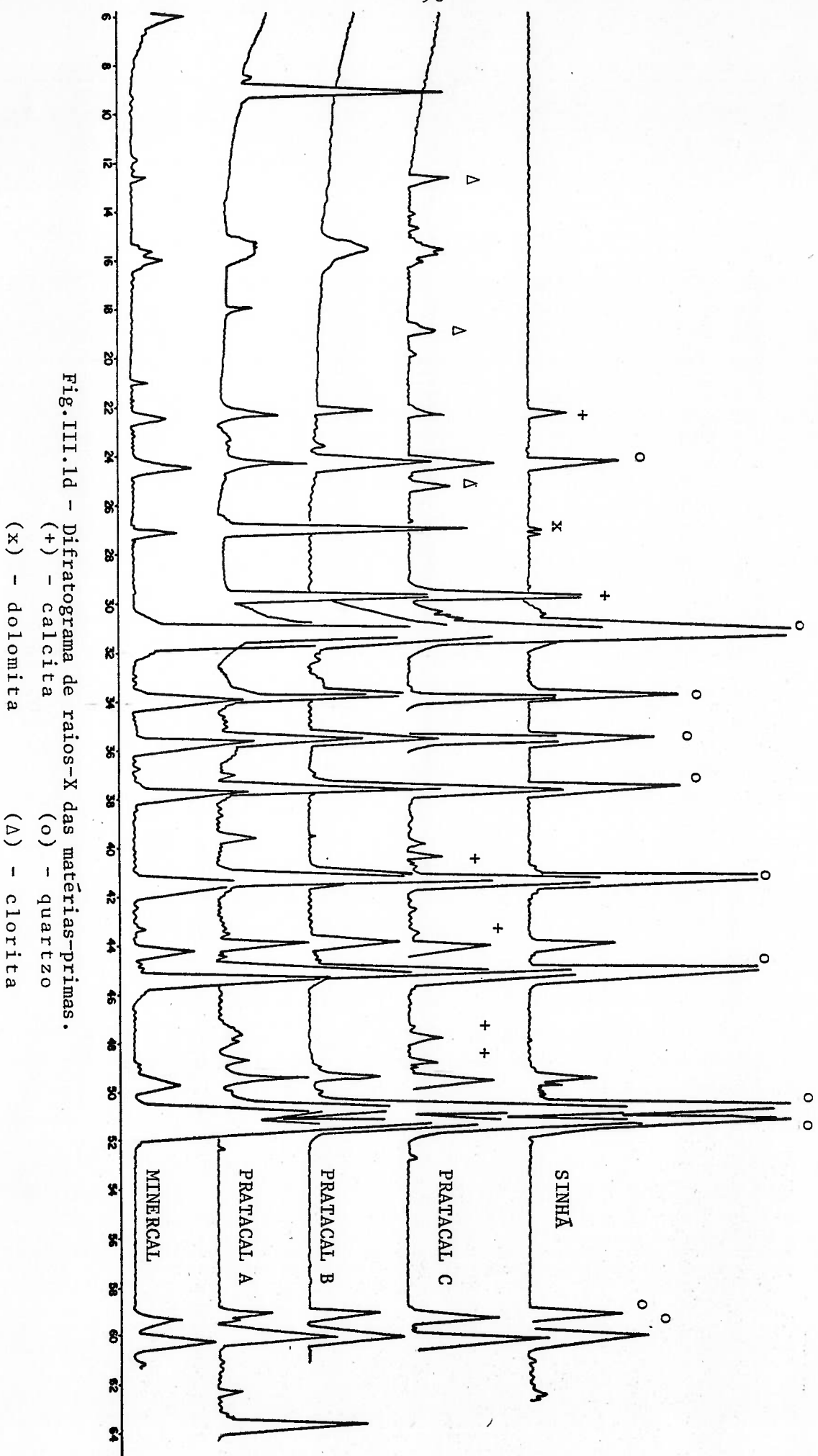


Fig. III.1d - Difractograma de raios-X das matérias-primas.

- (+) - calcita
- (o) - quartzo
- (Δ) - clorita
- (x) - dolomita

RESULTADOS DA ANÁLISE QUÍMICA DA CAL

ANEXO IV

Tabela IV.1

Determinação do erro da análise química

Determinações	Resultados (%)						\bar{X} *	S _x **
	1	2	3	4	5	6		
P.F.	1,72	1,77	1,75	1,76	1,74	1,72	1,74	0,02
CaO	57,88	57,88	57,84	57,86	57,91	57,92	57,88	0,03
MgO	39,15	39,03	39,13	39,17	39,12	39,11	39,12	0,05
R.I.	0,21	0,15	0,17	0,16	0,18	0,16	0,17	0,02
SiO ₂	0,70	0,74	0,69	0,68	0,68	0,67	0,69	0,03
Al ₂ O ₃	0,12	0,15	0,17	0,12	0,11	0,15	0,14	0,02
Fe ₂ O ₃	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,00
Mn ₂ O ₃	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-
TiO ₂	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-
P ₂ O ₅	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00
Na ₂ O	0,009	0,010	0,009	0,009	0,011	0,013	0,010	0,002
K ₂ O	0,014	0,015	0,014	0,014	0,015	0,015	0,014	0,001
SO ₃	tr	tr	tr	tr	tr	tr	-	-
Total	99,88	99,85	99,85	99,85	99,85	99,84	99,84	-
CO ₂	0,40	0,37	0,43	0,40	0,37	0,43	0,40	0,0268

(*) \bar{X} = valor médio tr = traços(**) S_x = desvio padrão n.d. = não determinável

Tabela IV.2a

Resultados da Análise Química das Gales Cálceas (*)

Determinações (%)	Designação das amostras e coletas					
	Cc		Dc			
	1ª	2ª	1ª	2ª	3ª	
P.F.	1,65	0,88	3,67	3,53	0,96	
CaO	97,52	98,38	93,98	93,23	97,01	
MgO	0,36	0,07	1,29	2,07	0,82	
R.I.	0,11	0,06	0,04	0,51	0,04	
SiO ₂	0,32	0,31	0,16	0,36	0,51	
Al ₂ O ₃	n.e.	0,11	0,17	0,04	0,20	
Fe ₂ O ₃	0,03	0,04	0,04	0,13	0,12	
Mn ₂ O ₃	n.e.	-	n.e.	-	-	
TiO ₂	0,01	-	n.e.	-	-	
P ₂ O ₅	0,12	-	0,11	-	-	
Na ₂ O	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	
K ₂ O	n.e.	0,12	0,04	n.e.	0,01	
SO ₃	0,02	n.e.	0,63	0,14	0,17	
Total	100,15	99,98	100,15	100,02	99,85	
CO ₂	0,20	0,62	0,10	0,12	0,87	

(*) As determinações de Mn₂O₃, TiO₂ e P₂O₅ restringiram-se às amostras da 1ª coleta.

Tabela IV.2b

Resultados da Análise Química das Cales Cálccicas(*)

Determinações (%)	Designação das amostras e coletas						
	Ac-L1			Ac-L0	Ac-0		
	1ª	2ª	3ª	1ª	1ª	2ª	3ª
P.F.	4,61	0,87	1,60	1,74	8,88	3,91	1,53
CaO	93,08	96,64	96,78	95,67	86,49	94,20	94,50
MgO	0,65	0,79	0,56	0,72	0,86	0,44	0,75
R.I.	0,22	0,26	0,08	0,60	0,37	0,06	0,06
SiO ₂	0,57	0,70	0,28	0,73	1,03	0,25	0,25
Al ₂ O ₃	0,16	0,23	0,41	0,09	0,33	0,17	0,35
Fe ₂ O ₃	0,14	0,24	0,11	0,16	0,19	0,20	0,10
Mn ₂ O ₃	n.e.	-	-	n.e.	n.e.	-	-
TiO ₂	0,01	-	-	0,01	0,01	-	-
P ₂ O ₅	0,24	-	-	0,26	0,22	-	-
Na ₂ O	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
K ₂ O	0,03	0,08	0,01	0,02	0,08	0,03	0,05
SO ₃	0,31	0,18	n.e.	0,10	1,37	0,58	2,24
Total	100,02	100,00	99,85	100,12	99,85	99,85	99,85
CO ₂	3,64	0,42	0,93	0,82	7,93	3,51	0,90

(*) As determinações de Mn₂O₃, TiO₂ e P₂O₅ restringiram-se às amostras da 1ª coleta.

Tabela IV.2c

Resultados da Análise Química das Cales Cálceicas (*)

Determinações (%)	Designação das amostras e coletas				
	1ª coleta				
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
P.F.	3,59	2,25	0,54	0,73	0,95
CaO	88,18	90,39	94,03	92,47	93,61
MgO	0,61	0,92	0,66	1,66	1,01
R.I.	1,09	0,96	0,21	0,71	0,63
SiO ₂	3,73	2,93	2,51	2,49	1,39
Al ₂ O ₃	1,33	1,14	0,90	0,88	0,62
Fe ₂ O ₃	0,44	0,39	0,28	0,35	0,23
Mn ₂ O ₃	0,01	-	-	-	-
TiO ₂	0,04	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0,24	-	-	-	-
Na ₂ O	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
K ₂ O	0,27	0,21	0,17	0,22	0,15
SO ₃	0,56	0,60	0,49	0,28	1,21
Total	100,15	99,85	99,85	99,85	99,85
CO ₂	0,94	1,16	0,07	0,17	0,46

(*) As determinações de Mn₂O₃, TiO₂ e P₂O₅ restringiram-se às amostras da 1ª coleta.

Tabela IV.2.d

Resultados da Análise Química das Cales Cálclicas (*)

Determinações (%)	Designação das Amostras e Coletas									
	2ª coleta					3ª coleta				
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
P.F.	0,57	3,17	0,31	0,71	0,53	0,89	1,99	1,67	1,26	1,04
CaO	93,74	90,39	93,95	92,97	91,15	94,64	93,65	94,69	95,56	95,46
MgO	0,87	0,76	0,62	0,78	0,87	0,50	0,34	0,61	0,58	0,51
R.I.	0,91	1,17	0,17	0,72	0,44	0,23	0,40	0,08	0,19	0,29
SiO ₂	1,98	2,29	3,02	2,68	4,26	1,89	1,72	1,88	1,35	1,70
Al ₂ O ₃	0,73	0,84	0,68	0,73	1,13	0,76	0,77	0,67	0,51	0,48
Fe ₂ O ₃	0,49	0,43	0,69	0,64	0,76	0,27	0,26	0,25	0,22	0,25
Na ₂ O ₃	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04
K ₂ O	0,13	0,19	0,11	0,20	0,19	0,09	0,11	0,01	0,07	0,03
SO ₃	0,39	0,56	0,25	0,36	0,48	0,67	0,59	0,14	0,20	0,14
Total	99,6	99,85	99,85	99,85	99,86	99,99	99,89	100,04	99,98	99,94
CO ₂	0,29	2,19	0,13	0,27	0,33	0,33	0,93	0,07	0,15	0,28

(*) As determinações de Mn₂O₃, TiO₂ e P₂O₅ restringiram-se às amostras da 1ª coleta.

Tabela IV.2e

Resultados da Análise Química das Cales Cálceas (*)

Determinações (%)	Designação das amostras e coletas				
	1ª coleta				
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
P.F.	4,73	3,86	6,25	4,78	5,15
CaO	89,85	91,35	89,69	90,46	87,97
MgO	0,76	0,85	0,67	0,71	0,83
R.I.	0,85	0,56	0,43	0,73	0,53
SiO ₂	2,08	1,65	1,62	1,67	3,20
Al ₂ O ₃	0,34	0,69	0,65	0,68	1,18
Fe ₂ O ₃	0,32	0,25	0,26	0,23	0,34
Mn ₂ O ₃	n.e.	-	-	-	-
TiO ₂	0,01	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0,24	-	-	-	-
Na ₂ O	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04
K ₂ O	0,17	0,13	0,13	0,14	0,22
SO ₃	0,49	0,46	0,39	0,45	0,39
Total	99,85	99,85	100,14	99,89	99,85
CO ₂	3,64	3,20	2,84	3,96	2,20

(*) As determinações de Mn₂O₃, TiO₂ e P₂O₅ restringiram-se às amostras da 1ª coleta.

Tabela IV.2f

Resultados da Análise Química das Cales Cálccicas (*)

Determinações (%)	Designação das Amostras e Coletas									
	2ª coleta					3ª coleta				
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
P.F.	2,81	3,49	3,85	4,99	3,86	8,23	4,09	2,64	3,78	4,87
CaO	93,80	93,46	92,98	91,87	92,48	86,08	91,31	92,40	90,75	91,01
MgO	0,65	0,55	0,65	0,55	0,62	0,56	0,57	0,56	0,44	0,29
R.I.	0,42	0,37	0,32	0,34	0,39	0,73	0,48	0,60	0,85	0,48
SiO ₂	1,06	0,94	0,98	1,11	1,37	2,29	1,87	2,00	2,22	1,65
Al ₂ O ₃	0,48	0,44	0,46	0,36	0,48	0,90	0,64	0,78	0,90	0,73
Fe ₂ O ₃	0,17	0,20	0,18	0,23	0,21	0,33	0,32	0,30	0,30	0,28
Na ₂ O	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04
K ₂ O	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09	0,16	0,14	0,15	0,15	0,12
SO ₃	0,33	0,28	0,32	0,28	0,31	0,53	0,37	0,38	0,41	0,38
Total	99,85	99,85	99,85	99,85	99,85	99,85	99,88	99,86	99,85	99,85
CO ₂	1,90	1,87	3,34	3,65	3,32	7,26	2,67	0,54	1,53	4,10

(*) As determinações de Mn₂O₃, TiO₂ e P₂O₅ restringiram-se às amostras da 1ª coleta.

Tabela IV.3a

Resultados da Análise Química das Cales Dolomíticas (*)

Determinações (%)	Designação das Amostras e Coletas															
	Dd			Cd			Ad-3			Ad-4			Ad-10		Ad	
	1ª	2ª	3ª	1ª	1ª	Ad-3	1ª	Ad-4	1ª	Ad-10	1ª	2ª	3ª			
P.F.	4,86	1,36	1,38	3,53	5,48	3,54	3,69	4,67	12,38							
CaO	56,00	58,61	57,25	56,27	53,72	55,19	53,09	56,19	46,93							
MgO	37,29	39,26	37,45	39,53	36,11	36,78	35,26	36,31	32,45							
R.I.	0,25	0,08	0,11	0,05	1,97	1,71	4,08	0,85	6,42							
SiO ₂	0,25	0,22	3,17	0,23	2,31	2,22	3,56	1,23	1,07							
Al ₂ O ₃	n.d.	0,42	0,39	0,09	0,26	0,32	0,30	0,25	0,43							
Fe ₂ O ₃	0,13	0,14	0,11	0,08	0,23	0,19	0,19	0,51	0,27							
Mn ₂ O ₃	n.d.	-	-	-	n.d.	0,01	n.d.	-	-							
TiO ₂	-	-	-	-	n.d.	0,01	0,01	-	-							
P ₂ O ₅	0,02	-	-	-	tr	tr	tr	-	-							
Na ₂ O	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03							
K ₂ O	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,13							
SO ₃	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,13	0,01	0,10	0,01							
Total	99,85	100,15	99,92	99,85	100,15	100,15	100,15	100,15	100,12							
CO ₂	2,54	0,13	1,10	1,77	4,29	1,63	2,03	3,72	10,89							

(*) As determinações de Mn₂O₃, TiO₂ e P₂O₅ restringiram-se às amostras da 1ª coleta.

n.d. = não determinável

tr = traços

Tabela IV.3b

Resultados da Análise Química das Cales Dolomíticas(*)

Determinações (%)	Designação das Amostras e Coletas								
	Cm			Am			Dm		
	1ª	2ª	3ª**	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
P.F.	1,51	0,86	1,31	5,21	0,54	7,11	8,48	8,01	1,28
CaO	60,59	58,97	78,23	56,02	59,52	51,52	53,58	53,37	59,50
MgO	36,70	37,66	19,04	37,36	37,24	34,60	35,31	4,46	38,18
R.I.	0,38	1,03	0,04	0,35	1,08	1,85	1,53	1,55	0,11
SiO ₂	0,34	0,86	0,73	0,63	0,67	2,84	0,69	1,25	0,60
Al ₂ O ₃	0,08	0,35	0,23	0,20	0,19	1,27	0,11	0,73	0,17
Fe ₂ O ₃	0,14	0,32	0,18	0,21	0,22	0,37	0,25	0,41	0,24
Mn ₂ O ₃	n.d.	-	-	n.d.	-	-	n.d.	-	-
TiO ₂	0,01	-	-	0,01	-	-	n.d.	-	-
P ₂ O ₅	0,03	-	-	0,05	-	-	0,05	-	-
Na ₂ O	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,24	0,01	0,02	0,02
K ₂ O	0,03	0,03	0,01	0,04	0,02	0,22	0,03	0,20	0,04
SO ₃	0,85	0,15	0,05	0,05	0,08	0,13	0,10	0,15	0,01
Total	99,56	100,26	99,85	100,15	100,15	100,15	100,15	100,15	100,15
CO ₂	0,36	0,22	0,90	2,55	0,12	5,49	6,61	2,15	0,41

(*) As determinações de Mn₂O₃, TiO₂ e P₂O₅ restringiram-se às amostras da 1ª coleta.

n.d. = não determinável

tr = traços

(**) Cal magnesiânica.

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE REALVIDADE

ANEXO V

(*) Não foi realizada a 3ª coleta por desativação do turno.

Amostra Cc*	ΔT (°C)		t (min)
	1ª coleta	2ª coleta	
1	3,0	4,5	0,5
2	2,5	4,0	1,0
3	2,0	3,0	2,0
m	2,5	3,8	3,0
1	5,0	7,0	5,5
2	5,0	7,0	7,0
3	5,5	12,0	11,7
m	5,5	19,3	19,7
1	3,0	31,0	30,7
2	3,5	35,5	35,2
3	3,5	39,5	39,2
m	3,5	42,7	42,7
1	4,5	46,0	45,7
2	4,5	48,5	48,3
3	4,5	50,0	50,0
m	4,5	51,8	51,8
1	5,0	52,5	52,8
2	5,0	53,0	53,0
3	5,0	53,5	53,5
m	5,0	54,0	54,0
1	5,0	54,5	54,5
2	5,0	54,5	54,5
3	5,0	54,5	54,5
m	5,0	54,5	54,5
1	5,0	54,5	54,5
2	5,0	54,5	54,5
3	5,0	54,5	54,5
m	5,0	54,5	54,5

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

Ensaio de Reatividade ASTM G-110-76a

Tabela V.1a

Tabela V.1b

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	Amostra Dc											
	1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	4,5	3,0	3,5	3,7	5,0	5,0	5,5	5,2	5,0	6,0	5,0	5,3
1,0	6,0	5,0	5,0	5,3	5,5	6,0	7,0	6,2	6,5	7,5	7,0	7,0
2,0	9,0	7,5	8,0	8,2	7,0	8,0	9,0	8,0	9,0	10,0	10,0	9,7
3,0	12,0	10,0	10,5	10,8	10,0	11,5	18,0	11,5	14,5	16,0	15,0	15,2
4,0	14,0	12,5	13,5	13,3	14,5	16,5	18,5	16,5	20,5	23,0	22,0	21,8
5,0	17,0	15,5	16,0	16,2	20,0	23,5	25,5	23,0	27,0	29,0	28,5	28,2
6,0	22,0	19,0	20,0	20,3	25,0	30,5	33,0	29,8	33,0	35,0	34,0	34,0
7,0	25,5	23,0	24,0	24,2	30,0	36,0	38,5	34,8	38,0	40,5	40,0	39,5
8,0	29,5	27,0	28,0	28,2	33,5	40,5	43,0	39,0	43,5	46,0	44,0	44,5
9,0	33,0	30,5	32,0	31,8	36,0	45,0	47,0	42,7	48,0	50,0	49,0	49,0
10,0	36,5	34,0	35,0	35,2	48,5	48,0	51,0	45,8	51,5	53,0	52,0	52,2
11,0	38,0	37,0	38,0	37,7	41,0	51,0	52,0	48,0	53,5	54,5	53,0	53,5
12,0	39,5	38,5	40,0	39,3	43,0	52,0	53,5	49,5	54,0	55,0	54,0	54,3
13,0	42,0	41,5	42,5	42,0	45,0	53,0	54,0	50,7	55,0	56,0	55,0	55,3
14,0	44,0	43,5	44,5	44,0	46,0	53,5	54,0	51,2	55,0	56,0	55,0	55,3
15,0	45,5	45,0	46,0	45,5	46,5	53,5	54,0	51,3	55,0	56,0	55,0	55,3
16,0	47,0	46,5	47,0	46,8	46,5	54,0	54,0					
17,0	48,0	47,5	48,0	47,8	47,0	54,0	54,0					
18,0	49,0	48,0	49,0	48,7	47,0	54,0	54,0					
19,0	50,0	49,0	50,0	49,7	47,0	54,0	54,0					
20,0	50,0	49,5	50,0	49,8								
25,0	51,0	50,0	50,5	50,5								
30,0	51,0	50,0	50,5	50,5								
35,0	51,0	50,0	50,5	50,5								

Tabela V.1c
Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a
Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	Amostra Ac-1 (*)											
	1ª coleta			2ª coleta			3ª coleta					
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	4,0	3,5	3,5	3,7	7,0	6,0	6,5	6,5	5,0	5,5	5,5	5,3
1,0	5,0	4,5	4,0	4,5	9,0	7,5	8,0	8,2	7,0	9,0	8,5	8,2
2,0	7,0	6,5	7,0	6,8	13,0	11,0	12,0	12,0	15,0	18,0	19,0	17,3
3,0	10,0	9,0	9,0	9,3	19,0	16,0	17,5	17,5	24,0	27,0	28,0	26,3
4,0	13,5	12,5	12,0	12,7	25,0	23,0	23,0	23,7	31,0	35,0	36,0	34,0
5,0	18,0	17,0	16,5	17,2	30,0	27,0	28,0	28,3	37,0	40,0	41,0	39,3
6,0	23,0	22,0	22,0	22,3	34,0	31,0	32,0	32,3	41,5	43,5	45,0	43,3
7,0	27,0	26,5	26,5	26,7	37,0	34,0	35,0	35,3	44,5	46,0	47,5	30,7
8,0	31,0	30,0	30,0	30,3	39,5	36,5	37,5	37,8	46,5	48,0	49,5	46,0
9,0	34,0	33,0	33,0	33,3	41,5	39,0	39,5	40,0	48,5	50,5	50,5	49,8
10,0	36,5	35,5	35,0	35,7	43,0	40,0	41,0	41,3	49,5	51,5	52,0	51,0
11,0	38,0	37,5	37,0	37,5	44,5	42,0	42,5	43,0	50,0	51,5	52,0	51,2
12,0	39,5	39,0	38,0	38,8	45,5	43,0	44,0	44,2	50,5	52,0	52,5	51,7
13,0	40,5	40,0	39,5	40,0	46,5	44,0	45,0	45,2	51,0	52,0	52,5	51,8
14,0	42,0	41,5	41,0	41,5	47,5	45,0	45,5	46,0	51,0	52,0	52,5	51,8
15,0	43,0	42,0	42,0	42,3	48,0	45,5	46,5	46,7	51,5	52,0	52,5	51,8
16,0	43,5	43,0	43,0	43,2	48,5	46,0	47,0	47,2	51,5	52,0	52,5	51,8
17,0	44,5	44,0	44,0	44,2	49,0	46,5	47,5	47,7	51,5	52,0	52,5	51,8
18,0	45,0	44,5	44,5	44,8	49,5	47,0	48,0	48,2	51,5	52,0	52,5	51,8
19,0	45,5	45,0	45,0	45,2	50,0	47,5	48,5	48,7	51,5	52,0	52,5	51,8
20,0	46,0	45,5	45,5	45,8	50,0	48,0	49,0	49,0	51,5	52,0	52,5	51,8
25,0	47,0	46,5	46,5	46,7	50,0	48,5	49,5	49,5	51,5	52,0	52,5	51,8
30,0	47,5	47,0	47,0	47,2	50,0	48,5	49,5	49,5	51,5	52,0	52,5	51,8
35,0	47,5	47,0	47,0	47,2	50,0	48,5	49,5	49,5	51,5	52,0	52,5	51,8
40,0	47,5	47,0	47,0	47,2	50,0	48,5	49,5	49,5	51,5	52,0	52,5	51,8

(*) Combustível. Lenha.

(*) Combustível: óleo + lenha - utilização restrita à época da 1ª coleta.

Amostra Ac-2(*)	1ª coleta	ΔT (°C)		t (min)
		1	2	
3,2	3,0	3,0	3,5	0,5
4,2	4,5	4,0	4,0	1,0
5,8	6,0	5,5	6,0	2,0
8,8	8,0	8,5	8,5	3,0
12,2	12,0	12,5	12,0	4,0
16,2	16,5	16,0	16,0	5,0
19,8	19,5	20,0	20,0	6,0
23,2	23,0	23,5	23,0	7,0
26,2	26,0	26,5	26,0	8,0
28,8	29,0	29,0	28,5	9,0
30,8	31,0	30,5	30,5	10,0
32,5	32,5	32,0	32,0	11,0
33,7	33,0	33,5	33,5	12,0
35,2	35,0	35,0	35,0	13,0
36,5	36,5	36,0	36,0	14,0
37,3	37,0	37,0	37,0	15,0
38,3	38,0	38,0	38,0	16,0
39,3	39,0	39,0	39,0	17,0
40,2	40,0	40,5	40,5	18,0
40,8	40,0	41,0	41,0	19,0
41,2	41,0	41,5	41,5	20,0
43,3	43,0	43,0	43,0	25,0
44,5	44,0	44,5	44,5	30,0
45,5	45,0	45,5	45,5	35,0
46,8	46,0	46,0	46,0	40,0
45,8	45,5	46,0	46,0	45,0
45,8	45,5	46,0	46,0	50,0

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Tabela V.1d

Tabela V.1e

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	Amostra Ac-3 (*)												
	1ª coleta			2ª coleta			3ª coleta						
	t (min)	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	7,5	7,0	7,0	7,2	8,0	7,5	7,5	7,7	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
1,0	9,5	9,0	9,0	9,2	10,0	9,5	9,5	9,8	8,0	7,0	8,0	8,0	8,3
2,0	13,0	12,5	12,0	12,5	14,0	13,0	13,0	13,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
3,0	16,0	15,5	15,0	15,5	18,0	17,0	17,0	17,3	12,0	11,5	12,0	12,0	11,8
4,0	19,0	18,0	17,5	18,2	22,0	20,0	20,0	20,7	14,0	13,5	14,0	14,0	13,8
5,0	21,0	20,0	19,5	20,2	25,0	23,5	23,5	24,0	16,0	15,0	16,0	16,0	15,8
6,0	23,0	22,0	21,5	22,2	28,5	26,5	26,5	27,0	18,0	17,0	18,0	18,0	17,8
7,0	24,5	23,0	23,0	23,5	31,0	29,0	28,5	29,5	19,5	19,0	19,5	19,5	19,3
8,0	25,5	24,5	24,5	25,0	33,0	31,0	31,0	31,7	21,0	20,5	21,0	21,0	20,8
9,0	26,5	25,0	25,5	25,7	35,0	33,0	33,0	33,7	22,5	22,0	22,5	22,5	22,3
10,0	27,5	26,0	26,5	26,7	37,0	34,5	34,5	35,3	24,0	23,0	24,0	24,0	23,7
11,0	28,5	27,0	27,0	27,5	38,5	36,0	35,5	36,7	25,0	24,5	25,0	24,5	24,7
12,0	29,0	28,0	28,0	28,3	39,5	37,5	37,5	38,0	26,0	25,5	26,0	25,5	25,5
13,0	30,0	28,5	29,0	29,2	40,5	38,5	38,0	39,0	27,0	26,5	27,0	26,5	26,3
14,0	30,5	29,0	29,5	29,7	42,0	39,5	39,0	40,3	28,5	27,0	28,5	27,5	27,3
15,0	31,0	29,5	30,0	30,2	43,0	40,5	40,0	41,2	29,5	28,0	29,5	28,0	28,2
16,0	31,5	30,0	30,5	30,7	43,5	41,5	41,0	42,0	30,0	29,0	30,0	29,0	29,0
17,0	32,0	30,5	31,0	31,2	44,5	42,0	42,0	42,8	31,0	30,0	31,0	30,0	30,0
18,0	32,0	30,5	31,0	31,3	45,0	43,0	43,0	43,5	31,0	31,0	31,0	31,0	31,3
19,0	32,5	31,0	32,0	31,8	45,5	43,5	43,5	44,2	32,0	32,0	32,0	31,0	31,7
20,0	33,0	31,0	33,0	32,3	46,0	44,0	44,0	44,7	32,0	32,0	32,0	31,0	31,7
25,0	34,5	32,5	33,5	33,5	48,0	46,0	46,0	46,7	32,0	32,0	32,0	31,0	31,7
30,0	35,0	33,0	34,0	34,0	48,0	47,0	47,0	47,2	32,0	32,0	32,0	31,0	31,7
35,0	35,0	33,0	34,0	34,0	48,0	47,0	47,0	47,2	32,0	32,0	32,0	31,0	31,7
40,0	35,0	33,0	34,0	34,0	48,0	47,0	46,5	47,2	32,0	32,0	32,0	31,0	31,7

(*) Combustível: óleo.

Tabela V.1f
Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a
Elevação da Temperatura em Função do Tempo

AT (°C)	Amostra Cm											
	1ª coleta			2ª coleta			3ª coleta					
t (min)	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	14,0	16,0	15,5	15,2	7,5	6,5	8,0	7,3	10,0	12,0	9,5	10,5
1,0	19,5	20,0	20,0	19,8	15,0	13,5	16,0	14,0	18,0	19,0	18,0	18,3
2,0	25,0	26,0	25,0	25,3	27,5	25,5	28,0	27,0	29,0	29,5	29,0	29,2
3,0	28,0	29,5	29,0	28,8	33,0	32,0	34,0	33,0	37,0	37,0	37,0	37,0
4,0	30,0	31,0	30,5	30,5	36,0	35,0	36,5	35,8	43,0	42,0	42,5	42,5
5,0	31,0	32,0	31,5	31,5	37,0	35,5	37,5	36,7	46,5	45,5	45,5	45,8
6,0	32,0	33,0	32,0	32,3	37,5	36,0	37,5	37,0	49,0	47,5	47,5	48,0
7,0	32,5	33,0	32,5	32,7	37,5	36,5	38,0	37,3	50,0	48,5	49,0	49,2
8,0	32,5	33,5	33,0	33,0	37,5	36,5	38,0	37,3	51,0	49,5	49,5	50,0
9,0	33,0	33,5	33,0	33,2					51,0	50,0	50,0	50,3
10,0	33,0	33,5	33,0	33,2					51,5	50,0	50,0	50,5
11,0									52,0	50,0	50,0	50,8
12,0									52,0	50,5	50,5	51,0
13,0									52,0	51,0	51,0	51,0
14,0									52,0	51,0	51,0	51,0
15,0									52,0	51,0	51,0	51,0
16,0									52,0	51,0	51,0	51,0

Tabela V.1g

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	Amostra Dm											
	1ª coleta			2ª coleta			3ª coleta					
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	11,0	7,0	10,0	9,3	8,5	8,0	9,0	8,5	31,0	30,0	30,5	30,5
1,0	15,5	12,0	15,5	14,3	14,0	14,0	15,0	14,3	37,0	36,5	37,0	36,8
2,0	21,5	18,0	20,0	19,8	20,0	19,5	20,0	19,8	39,5	39,5	40,0	39,7
3,0	23,5	21,5	22,0	22,3	22,0	21,5	22,0	21,8	39,5	40,0	40,0	39,8
4,0	24,0	22,5	23,0	23,2	23,0	22,5	23,5	23,0	39,5	40,0	40,0	39,8
5,0	24,5	23,0	23,0	23,5	24,5	24,0	24,0	24,2		40,0		40,0
6,0	24,5	23,0	23,0	23,5	24,5	24,0	24,5	24,3				
7,0	24,5				24,5	24,0	24,5	24,3				
8,0	24,5				24,5	24,0	24,5	24,3				

Tabela V.1h
Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a
Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	Amostra Am											
	1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	4,5	5,0	3,0	4,1	19,0	16,5	15,0	16,8	8,0	9,0	11,0	9,3
1,0	1,0	8,0	6,0	7,0	22,0	20,5	19,5	20,7	12,5	13,5	16,0	14,0
2,0	11,0	13,0	9,5	11,2	24,5	23,5	23,0	23,7	17,5	19,0	20,5	19,0
3,0	15,0	17,0	13,5	15,2	26,0	25,5	25,0	25,5	19,5	21,0	22,5	21,0
4,0	17,5	20,0	16,5	18,0	27,0	26,5	26,0	26,5	20,5	22,5	24,0	22,3
5,0	19,0	21,5	18,5	19,7	28,0	27,5	27,0	27,5	21,5	23,0	24,5	23,0
6,0	20,5	23,0	20,0	21,2	29,0	28,5	27,5	28,3	21,5	23,5	25,0	23,3
7,0	21,5	24,0	21,0	22,2	29,5	29,0	28,5	29,0	22,0	23,5	25,0	23,5
8,0	22,0	24,0	22,0	22,7	30,0	30,0	29,0	29,7	22,0	23,5	25,0	23,5
9,0	22,5	25,0	22,0	23,2	30,5	30,5	29,5	30,2	22,0			23,5
10,0	23,0	25,0	23,0	23,7	31,0	31,0	30,0	30,7				
11,0	23,0	25,0	23,0	23,7	31,5	32,0	30,5	31,3				
12,0	23,0		23,0	23,7	32,0	32,0	30,5	31,5				
13,0					32,0	32,0	31,0	31,7				
14,0					32,5		31,0	31,7				
15,0					32,5		31,0	31,7				
16,0					32,5		31,0	31,7				

1
5
5
1

(*) Não houve fornecimento pelo fabricante das duas amostras restantes.

Amostra Cd*	1ª coleta	t (min)		ΔT (°C)
		1	2	
23,2	22,5	23,0	29,0	30,0
29,3	29,0	29,0	34,0	35,0
34,2	33,5	34,0	35,0	36,0
35,2	34,5	35,0	35,5	36,5
35,7	35,0	35,5	36,0	37,0
36,0	35,0	36,0	36,5	37,5
36,5	35,5	36,5	37,0	38,0
36,7	36,0	37,0	37,5	38,5
37,2	36,5	37,5	38,0	39,0
37,3	36,5	37,5	38,0	39,0
37,8	37,0	38,0	38,5	39,5
38,3	37,5	38,5	39,0	40,0
38,7	38,0	39,0	39,5	40,5
39,2	38,5	39,5	40,0	41,0
39,7	39,0	40,0	40,5	41,5
40,2	39,5	40,5	41,0	42,0
40,5	40,0	41,0	41,5	42,5
41,2	40,5	41,5	42,0	43,0
41,5	41,0	42,0	42,5	43,5
41,7	41,0	42,0	43,0	44,0
42,0	42,0	43,0	43,5	44,5
43,8	43,0	44,0	44,5	45,0
44,7	44,0	45,0	45,5	46,0
45,0	44,0	45,0	46,0	46,0

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Tabela V.11

Tabela V.1j

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	Amostra Dd											
	1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	15,0	12,0	12,0	13,0	28,0	26,0	26,0	27,7	25,0	26,0	25,0	25,3
1,0	21,0	17,5	19,5	19,3	35,0	33,0	33,0	33,7	31,5	32,5	31,5	31,8
2,0	30,0	27,0	28,0	28,3	38,5	36,5	37,0	37,3	36,0	36,0	36,0	36,0
3,0	30,0	28,0	29,5	29,2	40,5	38,0	38,5	39,0	36,0	36,5	36,5	36,3
4,0	30,0	28,0	29,5	29,2	41,0	38,5	39,0	39,5	36,0	36,5	36,5	36,3
5,0		28,0	29,5		41,0	39,0	39,5	39,8		36,5	36,5	
6,0					41,5	39,0	30,5	40,0				
7,0					42,0	39,0	39,5	40,2				
8,0					42,0							
9,0					42,0							

Tabela V.1 l

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	Amostra Ad(*)											
	P ₃ -1ª coleta				P ₄ -1ª coleta				P ₁₀ -1ª coleta			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	6,0	5,5	5,0	5,5	4,0	4,5	5,5	4,7	5,0	4,0	3,5	4,2
1,0	10,5	11,0	10,0	10,5	10,5	11,0	13,0	11,5	8,0	7,5	6,0	7,2
2,0	16,5	18,0	16,0	16,8	19,5	21,0	20,5	20,3	15,0	14,5	13,0	14,2
3,0	20,0	21,5	20,0	20,5	24,0	25,5	25,0	24,8	21,0	20,5	18,0	19,8
4,0	22,5	23,5	22,5	22,8	26,5	28,0	28,0	27,5	25,0	25,0	24,0	24,7
5,0	24,0	25,0	24,0	24,3	27,5	29,0	29,0	28,5	27,0	26,5	26,0	26,5
6,0	25,0	26,0	25,0	25,3	28,0	29,0	29,5	28,8	27,5	27,0	26,5	27,0
7,0	26,0	26,5	26,0	26,2	28,0	29,0	29,5	28,8	27,5	27,5	27,0	27,3
8,0	26,0	26,5	26,5	26,3	28,0	29,0	29,5	28,8	27,5	27,5	27,0	27,3
9,0	26,5	26,5	26,5	26,5								
10,0	26,5		26,5									
11,0	26,5		26,5									

(*) P₃, P₄ e P₁₀ - designações das pedreiras de origem da matéria-prima.

Tabela V.1m

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	Amostra Ad (*)									
	2ª coleta					3ª coleta				
	1	2	3	m	1	2	3	m		
0,5	10,5	12,0	12,0	11,5	12,0	12,5	12,0	12,0	12,0	
1,0	17,5	18,5	19,0	18,3	14,0	14,5	14,0	14,2	14,2	
2,0	27,0	27,5	27,5	27,3	15,0	15,5	15,5	15,3	15,3	
3,0	32,0	32,0	32,0	32,0	15,0	15,5	15,5	15,3	15,3	
4,0	33,5	33,5	33,0	33,3	15,0	15,5	15,5	15,3	15,3	
5,0	34,0	34,0	33,5	33,8						
6,0	34,0	34,0	33,5	33,8						
7,0	34,0	34,0	33,5	33,8						

(*) Nas 2ª e 3ª coletas a cal é proveniente de mistura da matéria-prima das pedreiras P₃, P₄ e P₁₀.

Tabela V.1n

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	Ia coleta											
	Amostra M ₁			Amostra M ₂			Amostra M ₃					
t (min)	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,0	2,3	2,5	3,0	3,0	2,8
1,0	2,0	2,0	2,5	2,2	3,0	3,0	3,5	3,2	2,5	3,5	3,5	3,2
2,0	2,5	3,0	4,0	3,2	4,0	4,0	4,5	4,2	3,5	4,0	4,5	4,0
3,0	3,5	4,0	5,0	4,2	5,0	5,0	6,0	5,3	4,5	5,0	5,5	5,0
4,0	4,5	5,0	6,0	5,2	7,5	7,5	8,0	7,7	5,5	6,0	7,0	6,2
5,0	5,5	6,0	7,0	6,2	10,5	10,0	10,0	10,2	7,0	8,0	9,0	8,0
6,0	7,5	8,0	9,0	8,2	15,0	15,0	15,5	15,2	9,5	10,0	11,0	10,2
7,0	9,5	10,0	10,0	9,8	20,0	20,0	20,5	20,2	12,5	12,5	13,0	12,7
8,0	10,0	12,0	13,0	12,7	25,0	25,0	26,0	25,3	16,5	17,5	16,0	16,7
9,0	13,0	16,0	16,0	16,3	29,5	29,5	30,0	29,7	20,5	22,0	20,5	21,0
10,0	17,0	20,0	19,0	20,2	33,5	33,5	34,5	33,8	25,0	26,0	25,0	25,3
11,0	21,5	23,5	22,0	23,5	36,5	36,5	37,0	36,7	29,0	30,0	29,0	29,3
12,0	25,0	27,5	26,5	27,7	38,5	39,0	40,0	39,2	32,0	33,0	31,5	32,2
13,0	29,0	30,0	29,0	30,2	40,5	40,0	41,0	40,5	35,0	36,0	34,5	35,2
14,0	31,5	33,0	32,5	33,2	41,5	41,5	43,0	42,0	37,0	38,0	36,5	37,2
15,0	34,0	34,5	34,0	34,8	42,5	42,5	43,5	42,8	38,5	39,5	38,0	38,7
16,0	36,0	36,0	36,0	36,3	43,0	43,0	43,5	43,2	40,0	40,5	39,0	39,8
17,0	37,0	37,0	36,5	37,3	43,5	43,5	44,0	43,7	41,0	41,5	41,0	41,2
18,0	38,5	38,5	38,0	38,7	44,0	43,5	44,0	43,8	41,5	42,0	42,0	41,8
19,0	39,5	39,5	39,0	39,5	44,0	44,0	44,0	44,0	42,0	42,5	42,5	42,3
20,0	40,0	40,0	40,0	40,2	44,0	44,0	44,0	44,0	42,5	43,0	43,0	42,8
25,0	41,5	41,0	40,5	41,0	44,5	44,5	44,5	44,5	43,0	43,5	43,5	43,3
30,0	41,5	41,0	40,5	41,0	44,5	44,5	44,5	44,5	43,0	43,5	43,5	43,4
35,0	41,5	41,0	40,5	41,0	44,5	44,5	44,5	44,5	43,0	43,5	43,5	43,3

Tabela V.10

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a
Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	1ª coleta						
	Amostra M ₄			Amostra M ₅			
	1	2	3	1	2	3	
0,5	1,5	3,0	2,0	2,2	2,5	3,0	2,5
1,0	2,5	3,5	3,0	2,8	3,0	3,5	3,2
2,0	2,5	4,0	4,5	3,7	4,0	4,5	4,0
3,0	3,5	5,0	6,0	4,8	5,0	5,5	4,8
4,0	5,0	6,0	7,0	6,0	6,0	7,0	6,0
5,0	7,0	8,5	9,0	8,2	7,5	8,0	7,2
6,0	10,0	12,0	11,0	11,0	9,0	10,0	9,0
7,0	13,5	16,0	13,0	14,2	11,0	12,0	10,8
8,0	18,0	20,5	17,5	18,7	12,0	13,5	13,0
9,0	22,5	25,0	23,0	23,5	15,0	16,5	15,8
10,0	26,0	28,5	26,5	27,0	18,5	20,5	19,5
11,0	30,0	31,5	29,0	30,2	22,0	24,0	23,2
12,0	32,5	34,0	31,0	32,5	25,5	27,0	25,8
13,0	34,5	36,0	33,5	34,7	29,5	30,0	29,5
14,0	36,0	37,5	35,0	36,2	31,0	31,0	31,7
15,0	37,5	38,5	37,0	37,7	33,5	33,0	33,8
16,0	38,5	39,5	38,0	38,7	35,0	35,0	35,5
17,0	39,0	40,0	39,5	39,5	36,5	38,0	37,0
18,0	39,5	40,5	39,5	39,8	37,5	39,0	37,8
19,0	40,0	40,5	40,0	40,2	38,5	40,0	39,0
20,0	40,0	44,0	40,0	40,3	39,0	40,5	39,5
25,0	40,5	41,0	40,0	40,5	41,5	42,5	41,7
30,0	40,5	41,0	40,0	40,5	41,5	43,0	42,2
35,0	40,5	41,0	40,0	40,5	41,5	43,0	42,2
40,0	40,5	41,0	40,0	40,5	41,5	43,0	42,2

Tabela V.1p

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	2.ª coleta											
	Amostra M ₁				Amostra M ₂				Amostra M ₃			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	4,0	3,5	4,0	3,8	3,0	3,5	3,5	3,3	4,0	4,0	4,0	4,0
1,0	4,5	3,5	4,5	4,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	4,0	4,0	4,2
2,0	5,5	5,0	5,0	5,2	4,5	5,0	4,7	4,7	5,0	5,0	5,5	5,2
3,0	7,0	6,0	7,0	6,7	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	6,5	7,0	6,8
4,0	10,0	8,5	9,5	9,3	7,5	8,0	7,7	7,7	9,0	9,0	9,5	9,2
5,0	13,5	12,0	13,0	12,8	10,0	10,0	10,3	10,3	12,5	12,5	13,0	12,7
6,0	18,5	16,5	17,5	17,5	13,0	14,0	14,0	14,0	17,0	16,5	17,0	16,8
7,0	23,0	21,0	22,5	22,2	17,5	18,0	18,3	18,3	21,0	21,0	21,5	21,2
8,0	28,0	25,5	27,0	26,8	22,0	22,5	22,8	22,8	25,0	25,0	25,5	25,2
9,0	32,0	30,0	31,0	31,0	26,0	26,5	26,8	26,8	29,0	29,0	29,5	29,2
10,0	35,0	33,0	34,5	34,2	29,5	30,5	30,7	30,7	32,5	32,0	32,5	32,3
11,0	38,0	36,0	37,0	37,0	33,0	33,5	33,8	33,8	35,0	35,0	35,5	35,2
12,0	40,0	38,0	39,0	39,0	35,5	36,0	36,2	36,2	37,0	37,0	37,0	37,0
13,0	41,0	39,5	40,5	40,3	37,5	38,0	38,2	38,2	38,5	38,5	39,0	38,7
14,0	42,5	40,5	41,5	41,5	39,5	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
15,0	43,0	41,5	42,5	42,3	40,5	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0
16,0	44,0	42,0	43,0	43,0	41,5	42,2	42,0	42,0	41,5	41,5	41,5	41,5
17,0	44,5	43,0	44,0	43,8	42,5	43,0	42,8	42,8	42,5	42,0	42,5	42,3
18,0	45,0	43,5	44,0	44,2	43,0	43,5	43,0	43,0	43,0	43,5	43,0	43,2
19,0	45,0	43,5	44,5	44,3	43,5	44,0	43,8	43,8	43,5	43,0	43,5	43,3
20,0	45,5	44,0	45,0	44,8	44,0	44,0	44,2	44,2	43,5	43,5	44,5	43,5
25,0	46,0	44,5	45,0	45,2	45,0	45,0	45,0	45,0	44,5	44,5	44,5	44,5
30,0	46,0	44,5	45,0	45,2	45,0	45,0	45,0	45,0	44,5	44,5	44,5	44,5
35,0	46,0	44,5	45,0	45,2	45,0	45,0	45,0	45,0	44,5	44,5	44,5	44,5

Tabela V.1q

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a
Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	2ª coleta							
	Amostra M ₄				Amostra M ₅			
t (min)	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	4,0	3,5	3,5	3,7	3,5	3,5	4,0	3,7
1,0	4,0	3,5	3,5	3,7	4,0	4,0	4,5	4,2
2,0	5,0	4,5	4,5	4,7	5,0	5,0	5,5	5,2
3,0	6,5	6,0	6,0	6,2	7,0	6,5	7,0	6,8
4,0	9,0	8,0	8,0	8,3	9,5	9,7	9,5	9,3
5,0	12,0	11,5	11,0	11,5	13,0	12,0	13,0	12,7
6,0	16,5	16,0	15,0	15,8	17,5	16,5	17,5	17,2
7,0	21,0	25,0	20,0	25,0	22,0	21,0	22,0	21,7
8,0	25,5	25,0	24,0	24,8	26,5	25,0	26,0	25,8
9,0	30,0	29,0	28,5	29,2	30,0	28,5	30,0	29,5
10,0	33,5	32,5	32,0	32,7	33,0	32,0	33,0	32,7
11,0	36,0	35,0	35,0	35,3	35,5	34,5	35,5	35,2
12,0	38,0	37,5	37,5	37,3	37,5	31,5	37,5	35,5
13,0	39,5	39,0	38,5	39,0	39,0	38,0	39,0	38,5
14,0	41,0	40,0	40,0	40,3	40,0	49,5	40,0	39,8
15,0	42,0	41,0	41,0	41,3	41,0	40,5	41,0	40,8
16,0	42,5	42,0	42,0	42,2	41,5	41,0	41,5	41,3
17,0	43,0	42,5	42,5	42,7	42,0	42,0	42,0	42,0
18,0	43,5	43,0	43,0	43,2	42,5	42,5	42,5	42,5
19,0	44,0	43,5	43,5	43,7	43,0	43,0	43,0	43,0
20,0	44,0	43,5	43,5	43,7	43,5	43,0	43,5	43,3
25,0	44,5	44,0	44,0	44,2	44,0	44,0	44,0	44,0
30,0	44,5	44,0	44,0	44,2	44,0	44,0	44,0	44,0
35,0	44,5	44,0	44,0	44,2	44,0	44,0	44,0	44,0

Tabela V.1r

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a
Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	3ª coleta											
	Amostra M ₁				Amostra M ₂				Amostra M ₃			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	4,0	4,0	4,5	4,2	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0	5,0	4,8
1,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	4,5	5,0	4,5	5,0	5,5	6,0	5,5
2,0	6,0	6,5	6,0	6,2	5,0	5,5	6,0	5,5	6,0	6,5	7,0	6,5
3,0	7,5	8,0	7,5	7,7	7,0	7,5	7,0	7,2	7,5	8,0	8,0	7,8
4,0	10,5	10,5	11,0	10,5	9,0	10,0	9,0	9,3	9,5	10,0	10,0	9,8
5,0	13,5	14,0	14,0	13,8	12,0	13,5	12,5	12,7	12,0	13,5	12,5	12,7
6,0	18,0	18,0	18,0	18,0	16,5	18,5	17,5	17,5	15,5	17,0	16,0	16,2
7,0	22,5	22,5	22,5	22,5	22,0	25,0	24,0	23,7	21,0	23,0	22,5	22,2
8,0	27,0	27,0	26,5	26,8	28,0	30,0	28,5	28,8	26,0	29,0	27,0	27,3
9,0	31,0	30,5	30,0	30,5	32,0	34,0	32,0	32,7	31,0	33,0	30,0	31,3
10,0	34,0	33,0	32,5	33,2	36,0	37,5	36,0	36,5	35,0	37,0	36,5	36,2
11,0	35,0	34,5	34,0	34,5	39,0	39,0	39,0	39,0	36,0	39,5	37,0	37,5
12,0	36,0	35,5	35,0	35,5	41,0	41,0	41,0	41,0	37,5	41,0	38,0	38,8
13,0	37,5	37,0	36,5	37,0	42,0	42,0	41,5	41,8	38,5	42,5	40,0	40,3
14,0	38,5	38,0	37,5	38,0	43,0	43,0	42,0	42,7	39,5	43,0	41,0	41,2
15,0	39,5	39,0	38,5	39,0	43,5	44,0	43,0	43,5	41,0	44,0	42,0	42,3
16,0	39,5	39,0	38,5	39,0	44,0	44,0	43,0	43,7	42,0	44,5	43,0	43,3
17,0	40,0	39,5	39,0	39,5	44,0	44,0	43,0	43,7	42,5	44,5	43,5	43,5
18,0	40,0	40,0	39,0	39,7	44,0	44,0	43,0	43,7	43,0	44,5	43,5	43,5
19,0	40,0	40,0	39,0	39,7	44,0	44,0	43,0	43,7	43,0	44,5	43,5	43,7
20,0	40,0	40,0	39,0	39,7	44,0	44,0	43,0	43,7	44,0	44,0	43,5	43,7
25,0	40,0	40,0	39,0	39,7	44,0	44,0	43,0	43,7	44,0	44,0	43,5	43,7
30,0	40,0	40,0	39,0	39,7	44,0	44,0	43,0	43,7	44,0	44,0	43,5	43,7

Tabela V.1s

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	3ª coleta							
	Amostra M ₁				Amostra M ₅			
	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	4,5	5,0	4,0	4,5	3,5	3,0	3,0	3,2
1,0	5,0	5,5	4,0	4,8	4,0	4,0	3,5	3,8
2,0	5,5	7,0	5,0	5,8	6,0	6,0	5,0	5,7
3,0	7,0	8,5	6,5	7,3	9,5	9,0	8,5	9,0
4,0	9,0	10,0	8,5	9,2	15,0	14,0	13,5	14,2
5,0	11,5	11,5	11,0	11,3	22,5	20,0	20,0	20,8
6,0	15,5	15,0	15,5	15,3	28,5	27,0	27,0	27,5
7,0	20,5	19,5	20,5	20,2	34,0	32,0	32,0	32,7
8,0	25,0	24,0	25,0	24,7	38,0	36,5	36,5	37,0
9,0	29,5	28,0	28,0	28,5	40,5	39,5	39,5	39,8
10,0	33,0	31,5	31,0	31,8	42,0	41,5	41,5	41,7
11,0	34,5	34,0	33,0	33,8	43,0	43,0	42,5	42,8
12,0	35,5	35,0	34,0	34,8	44,0	43,5	43,5	43,7
13,0	36,5	36,0	35,0	35,8	45,0	44,0	44,0	44,3
14,0	38,0	37,0	36,5	37,2	45,0	45,0	44,5	44,8
15,0	39,5	39,0	37,0	37,5	45,0	45,0	45,0	45,0
16,0	40,5	40,0	38,0	39,5	45,0	45,0	45,0	45,0
17,0	41,0	41,0	40,0	40,7	45,0	45,0	45,0	45,0
18,0	42,0	41,0	40,5	41,2	45,0	45,0	45,0	45,0
19,0	42,0	41,0	41,0	41,3	45,0	45,0	45,0	45,0
20,0	42,0	41,0	41,0	41,3	45,0	45,0	45,0	45,0
25,0	42,0	41,0	41,0	41,3	45,0	45,0	45,0	45,0

Tabela V.1t

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	1ª coleta											
	Amostra R1				Amostra R2				Amostra R3			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	8,5	8,0	8,0	8,2	8,5	9,5	9,0	9,0	6,0	7,0	7,0	6,5
1,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	11,0	11,0	10,7	7,0	7,5	7,0	7,5
2,0	11,0	10,5	10,5	10,7	12,5	13,5	12,0	12,7	8,0	8,5	8,0	8,5
3,0	13,5	13,0	13,0	13,2	15,5	16,0	16,0	15,8	9,5	10,0	10,0	9,0
4,0	16,0	16,0	15,5	15,8	18,5	19,0	18,5	18,7	10,5	11,0	10,5	10,7
5,0	19,0	18,5	18,0	18,5	21,0	21,5	21,0	21,2	12,5	12,5	12,5	12,5
6,0	22,5	21,5	21,0	21,7	24,0	24,0	23,5	23,8	14,0	15,0	14,0	14,3
7,0	25,0	25,0	24,0	24,7	26,0	26,5	26,0	26,2	17,0	16,5	16,0	16,5
8,0	28,0	28,0	27,0	27,7	28,5	28,5	28,0	28,3	19,5	19,0	19,0	19,2
9,0	31,0	30,0	29,0	30,0	30,5	30,5	31,0	30,7	22,0	21,0	20,0	21,0
10,0	33,0	32,0	31,5	32,2	32,5	32,0	32,0	32,2	24,5	23,5	22,0	23,3
11,0	35,0	34,0	33,5	34,2	34,0	34,0	34,0	34,0	27,0	25,5	25,0	25,8
12,0	36,5	35,5	35,0	35,7	35,5	35,5	36,0	35,7	29,5	28,0	28,0	28,5
13,0	38,0	37,0	37,0	37,3	37,0	36,5	37,0	36,8	31,5	30,0	29,0	30,2
14,0	39,0	38,0	37,5	38,2	38,0	38,0	38,0	38,0	34,0	32,0	30,0	32,0
15,0	40,0	39,0	39,0	39,3	39,0	39,0	39,0	39,0	35,5	33,5	32,5	33,8
16,0	41,0	40,0	39,5	40,2	40,0	40,0	40,0	40,0	37,0	35,5	35,0	35,8
17,0	41,5	40,5	40,0	40,7	40,5	40,5	41,0	40,7	38,5	37,0	37,0	37,5
18,0	42,0	41,0	41,0	41,3	41,0	41,0	41,5	41,2	39,5	38,0	38,5	38,7
19,0	42,0	41,5	41,5	41,7	42,0	41,5	42,0	41,8	40,5	39,5	39,0	40,0
20,0	43,0	42,0	42,0	42,3	42,0	42,0	43,0	42,3	42,0	40,0	40,0	41,0
25,0	43,0	42,0	42,0	42,3	43,0	43,0	43,0	43,0	43,5	40,5	40,5	42,0
30,0	43,0	42,0	42,0	42,3	43,0	43,0	43,0	43,0	43,5	40,5	40,5	42,0
35,0	43,0	42,0	42,0	42,3	43,0	43,0	43,0	43,0	43,5	40,5	40,5	42,0

Tabela V.1u

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

T (°C)	1ª coleta							
	Amostra R ₄				Amostra R ₅			
	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	9,0	9,0	9,0	9,0	11,0	12,0	12,0	11,7
1,0	10,5	10,5	10,5	10,5	13,5	15,0	15,0	14,5
2,0	13,5	13,5	13,0	13,3	18,0	19,5	19,0	18,8
3,0	17,5	17,5	17,5	17,5	21,5	23,0	22,5	22,3
4,0	22,5	22,0	22,0	22,2	25,0	26,5	25,0	25,5
5,0	27,0	26,5	26,5	26,7	28,0	29,5	28,0	28,5
6,0	31,0	31,0	31,0	31,0	31,0	32,0	30,0	31,0
7,0	35,0	35,0	35,0	35,0	33,0	35,0	33,0	33,7
8,0	38,0	38,0	37,5	37,8	35,5	36,5	35,0	35,7
9,0	40,0	40,5	41,0	40,5	37,5	38,5	37,0	37,7
10,0	42,5	42,5	42,5	42,5	39,5	40,0	39,0	39,5
11,0	44,0	44,5	44,5	44,3	40,5	41,5	40,5	40,8
12,0	45,0	45,5	46,5	45,7	42,0	43,0	43,0	42,7
13,0	46,0	46,5	47,0	46,5	43,0	44,0	44,0	43,7
14,0	47,0	47,0	47,5	47,2	45,0	45,5	46,0	45,5
15,0	47,5	47,5	48,0	47,7	46,0	46,5	46,5	46,3
16,0	48,0	48,0	48,5	48,2	47,0	47,0	47,5	47,2
17,0	48,5	49,0	48,5	48,7	48,0	48,0	48,0	48,0
18,0	48,5	49,0	48,5	48,7	48,5	48,5	48,5	48,5
19,0	48,5	49,0	48,5	48,7	49,5	49,0	48,5	49,0
20,0					50,0	49,0	48,5	49,2
25,0					50,0			
30,0					50,0			

Tabela V.1v

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a
Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	2ª coleta											
	Amostra R ₁				Amostra R ₂				Amostra R ₃			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	6,5	9,0	8,0	7,8	10,0	10,0	11,0	10,3	6,5	6,5	6,5	6,5
1,0	8,5	11,0	10,0	9,8	11,5	11,0	12,5	11,7	7,5	7,0	7,5	7,3
2,0	12,5	15,5	14,0	14,0	14,5	13,5	15,0	14,3	9,5	9,5	9,5	9,5
3,0	17,0	21,0	18,5	18,8	17,0	15,5	17,0	16,5	11,5	11,0	12,0	11,5
4,0	21,0	25,5	23,0	23,2	19,0	17,5	19,5	18,7	14,5	13,0	15,0	14,2
5,0	25,0	30,0	27,0	27,3	21,0	19,5	21,5	20,7	18,0	17,0	19,0	18,0
6,0	29,0	34,0	30,0	31,0	23,5	21,5	23,5	22,8	21,5	20,0	22,0	21,2
7,0	32,0	37,0	33,0	34,0	25,0	23,0	25,0	24,3	25,0	23,5	25,0	24,5
8,0	34,5	39,5	35,5	36,5	26,5	24,0	27,0	25,8	27,5	26,0	28,0	27,2
9,0	36,5	41,0	37,5	38,3	28,0	26,0	28,5	27,5	30,0	28,5	30,5	29,7
10,0	38,0	42,5	39,0	39,8	29,5	27,0	30,0	28,8	32,5	31,5	33,5	32,5
11,0	39,5	44,0	40,5	41,3	30,5	28,0	31,0	29,8	34,5	33,0	35,0	34,2
12,0	40,5	45,0	41,5	42,3	31,5	29,5	32,0	31,0	36,0	35,5	36,0	35,8
13,0	41,5	46,0	42,5	43,3	32,5	30,5	33,0	32,0	37,5	36,5	37,5	37,2
14,0	42,5	46,5	43,0	44,0	33,5	31,5	34,0	33,0	38,5	38,5	39,0	38,7
15,0	43,0	47,0	44,0	44,7	34,0	32,5	34,5	33,7	39,0	39,5	40,0	39,5
16,0	43,5	48,0	44,0	45,2	35,0	33,0	35,0	34,3	40,0	40,0	41,0	40,3
17,0	44,0	48,0	45,0	45,7	35,5	33,5	36,0	35,0	40,5	40,5	41,0	40,7
18,0	44,0	48,0	45,0	45,7	36,0	34,0	36,5	35,5	41,1	41,0	41,0	41,0
19,0	44,0	48,0	45,0	45,7	36,0	34,0	36,5	35,5	41,5	41,0	41,0	41,0
20,0	44,0	48,0	45,0	45,7	36,0	34,0	36,5	35,5	41,5	41,0	41,0	41,0
25,0	44,0	48,0	45,0	45,7	36,0	34,0	36,5	35,5	41,5	41,0	41,0	41,0

Tabela V.1x

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	2ª coleta				Amostra R ₄				Amostra R ₅							
	1		2		3		m		1		2		3		m	
	t (min)		t (min)		t (min)		t (min)		t (min)		t (min)		t (min)		t (min)	
0,5	10,5	10,0	10,0	10,2	5,5	5,0	6,0	5,5	11,0	11,0	13,0	11,0	10,5	12,0	12,2	12,2
1,0	12,0	11,5	12,0	11,8	6,0	5,5	6,5	6,0	12,5	11,0	15,0	13,0	10,5	12,5	12,2	12,2
2,0	15,0	14,0	15,0	14,7	7,0	6,0	7,0	7,0	14,7	14,7	17,8	16,5	14,3	14,7	14,3	14,3
3,0	18,0	17,5	18,0	17,8	8,0	7,0	8,5	8,0	17,8	17,8	21,0	19,5	16,0	17,8	17,8	17,8
4,0	21,5	20,0	21,0	20,8	9,5	8,0	9,5	9,5	20,8	20,8	25,0	23,5	20,7	20,8	20,7	20,7
5,0	25,0	23,0	22,5	23,5	11,0	9,5	11,0	11,0	23,5	23,5	29,0	27,0	23,0	23,5	23,0	23,0
6,0	27,5	26,0	25,0	26,2	12,5	11,0	12,5	12,5	26,2	26,2	32,5	30,5	26,7	26,2	26,7	26,7
7,0	30,0	28,5	28,0	28,8	15,0	13,0	15,0	15,0	28,8	28,8	36,0	34,0	29,5	28,8	29,5	29,5
8,0	32,5	31,0	29,0	30,8	16,5	15,0	16,5	16,5	30,8	30,8	39,0	37,5	30,0	30,8	30,7	30,7
9,0	34,5	33,0	30,5	32,7	19,0	17,0	19,5	19,5	32,7	32,7	41,0	39,7	31,8	32,7	32,7	32,7
10,0	36,0	35,0	32,5	34,5	21,5	19,0	21,5	21,5	34,5	34,5	42,5	41,0	33,0	34,5	34,5	34,5
11,0	37,5	36,0	34,0	35,8	23,5	21,5	24,0	24,0	35,8	35,8	43,0	42,0	34,3	35,8	35,8	35,8
12,0	39,0	37,5	35,0	37,2	25,0	23,0	26,0	26,0	37,2	37,2	43,0	42,0	35,5	37,2	37,2	37,2
13,0	40,0	39,0	36,5	38,5	27,0	25,0	28,0	28,0	38,5	38,5	43,0	42,0	36,7	38,5	38,5	38,5
14,0	41,0	40,0	38,0	39,7	28,5	27,0	29,5	29,5	39,7	39,7	43,0	42,0	38,3	39,7	39,7	39,7
15,0	42,0	40,5	38,5	40,3	30,0	28,0	30,5	30,5	40,3	40,3	43,0	42,0	39,5	40,3	40,3	40,3
16,0	42,5	41,0	39,5	41,0	31,0	29,0	32,0	32,0	41,0	41,0	43,0	42,0	40,7	41,0	41,0	41,0
17,0	42,5	42,0	40,0	41,5	32,0	30,5	33,0	33,0	41,5	41,5	43,0	42,0	42,0	41,5	41,5	41,5
18,0	42,5	42,5	41,0	42,0	32,5	31,5	34,0	34,0	42,0	42,0	43,0	42,0	43,0	42,0	42,0	42,0
19,0	42,5	43,0	42,0	42,0	33,0	32,0	35,0	35,0	42,0	42,0	43,0	42,0	44,0	42,0	42,0	42,0
20,0	43,0	43,0	42,0	42,0	33,5	32,5	35,5	35,5	43,0	43,0	43,0	42,0	45,0	43,0	43,0	43,0
25,0	43,0	43,0	42,0	42,0	34,0	33,0	36,0	36,0	43,0	43,0	43,0	42,0	46,0	43,0	43,0	43,0
30,0	43,0	43,0	42,0	42,0	34,0	33,5	36,0	36,0	43,0	43,0	43,0	42,0	47,0	43,0	43,0	43,0
35,5	43,5	43,0	42,0	42,0	34,0	33,5	36,0	36,0	43,0	43,0	43,0	42,0	48,0	43,0	43,0	43,0

Tabela V.1y

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	3ª coleta											
	Amostra R ₁			Amostra R ₂			Amostra R ₃					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	m		
0,5	6,0	7,0	7,0	6,7	10,0	8,5	8,5	6,0	5,0	5,0	5,3	
1,0	9,0	8,5	8,0	8,5	12,0	10,5	10,3	6,5	6,5	6,0	6,3	
2,0	13,0	12,0	12,0	12,3	17,0	16,0	15,3	10,0	10,0	10,0	10,0	
3,0	18,0	15,0	16,0	16,3	22,0	20,5	19,5	14,0	14,0	14,0	14,0	
4,0	23,5	18,5	19,0	20,3	27,0	25,5	24,5	19,0	18,0	18,0	18,3	
5,0	28,5	22,5	22,0	24,3	30,5	30,0	28,5	23,0	22,5	23,0	22,8	
6,0	33,0	26,0	25,0	28,0	34,0	33,0	32,0	26,5	26,0	27,0	26,5	
7,0	35,0	29,5	28,0	30,8	36,5	36,0	34,5	30,5	30,0	30,5	30,3	
8,0	38,0	32,5	33,0	34,5	39,0	38,5	36,8	33,0	32,5	33,5	33,0	
9,0	40,0	35,0	36,0	37,0	40,5	40,5	39,0	36,0	35,5	36,0	35,8	
10,0	41,5	37,5	38,0	39,0	42,0	42,0	40,5	38,0	37,5	38,5	38,0	
11,0	43,0	38,5	39,0	40,2	43,0	43,0	42,0	39,0	38,5	39,5	39,0	
12,0	44,0	39,0	40,0	41,0	44,0	44,5	43,2	41,0	40,0	41,0	40,7	
13,0	45,0	40,5	41,0	42,2	46,0	45,0	44,7	42,0	40,5	43,0	41,8	
14,0	46,0	42,0	42,0	43,3	46,5	46,0	45,5	43,0	42,0	44,0	43,0	
15,0	47,0	43,0	42,5	44,2	47,0	47,0	46,3	44,0	42,5	44,0	43,8	
16,0	47,5	44,0	43,0	44,8	48,0	47,5	46,8	45,0	43,5	46,0	44,8	
17,0	48,0	45,0	44,0	45,7	48,5	48,0	47,8	46,0	44,0	47,0	46,0	
18,0	48,0	46,0	45,0	46,3	49,0	48,0	47,0	46,5	45,5	48,0	46,7	
19,0	48,0	46,5	45,5	46,7	49,0	48,5	47,8	47,0	45,5	48,0	46,8	
20,0	47,0	47,0	46,0	46,0	49,0	49,0	47,0	47,0	45,5	47,0	46,8	
25,0	47,0	47,0	46,0	46,0	49,0	48,0	47,0	47,0	45,5	47,0	46,8	
30,0	47,0	47,0	46,0	46,0	49,0	48,0	47,0	47,0	45,5	47,0	46,8	

Tabela V.1z

Ensaio de Reatividade ASTM C-110-76a

Elevação da Temperatura em Função do Tempo

ΔT (°C)	3ª coleta							
	Amostra R ₄				Amostra R ₅			
	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	8,5	8,0	8,0	8,2	5,0	5,0	5,0	5,0
1,0	12,5	11,0	11,0	11,5	6,0	5,5	6,0	5,8
2,0	21,0	18,0	19,0	19,3	9,0	7,0	8,0	8,0
3,0	28,5	25,0	26,0	26,5	13,0	10,0	10,0	11,0
4,0	34,0	31,0	31,0	32,0	16,5	13,5	14,0	14,7
5,0	38,5	36,0	36,0	36,8	21,0	17,0	16,0	18,0
6,0	41,5	39,5	39,0	40,0	24,5	20,0	21,0	21,8
7,0	44,0	42,0	43,0	43,0	27,5	24,0	24,0	25,2
8,0	46,0	44,0	45,5	45,2	31,0	27,0	27,5	28,5
9,0	47,0	46,0	47,0	46,7	33,5	30,0	31,0	31,5
10,0	48,0	47,0	48,5	47,8	36,0	33,0	34,0	34,3
11,0	49,0	47,5	49,0	48,5	38,0	35,5	35,0	36,2
12,0	49,5	49,0	49,5	49,3	39,5	37,5	37,0	38,0
13,0	50,0	49,5	50,0	49,8	41,0	39,5	38,5	39,7
14,0	50,5	50,0	50,0	50,2	42,5	41,0	40,0	41,2
15,0	50,5	50,0	50,0	50,2	43,5	42,0	41,0	42,2
16,0	50,5	50,5	50,5	50,5	44,5	43,0	42,0	43,2
17,0	50,5	50,5	50,5	50,5	45,0	44,0	44,0	44,3
18,0	50,5	50,5	50,5	50,5	46,0	45,0	45,0	45,3
19,0	50,5	50,5	50,5	50,5	46,0	45,5	46,0	45,8
20,0	50,5	50,5	50,5	50,5	47,0	46,0	46,0	46,3
25,0	50,5	50,5	50,5	50,5	47,0	46,0	46,0	46,3
30,0	50,5	50,5	50,5	50,5	47,0	46,0	46,0	46,3

(*) Não foi realizada a 3ª coleta por desativação do forno.

Amostra Cc (*)	V (ml)		t (min)		
	1	2	1	2	3
	12	15	10	12,3	8
	22	25	20	22,3	18
	32	36	34	34,0	38
	40	47	40	42,3	67
	55	55	58	56,0	90
	67	70	75	70,7	109
	80	90	83	84,3	133
	100	105	112	105,7	165
	115	140	125	126,7	195
	132	163	138	144,3	233
	150	185	150	161,7	267
	175	205	172	184,0	300
	190	225	195	203,3	330
	210	240	218	222,7	352
	230	255	225	236,7	375
	260	280	252	264,0	395
	275	303	280	286,0	408
	295	325	310	310,0	414
	315	345	325	328,3	417
	333	374	348	351,7	421
					414
					418

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

Ensaio de Reatividade Wührer

Tabela V.2a

Tabela V.2b

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (ml)	Amostra Dc											
	1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	5	7	5	5,7	5	7	5	5,7	7	8	7	7,3
1,0	15	12	12	13,0	8	10	8	8,7	12	12	10	11,3
1,5	40	30	25	31,7	10	15	12	12,3	17	18	14	16,3
2,0	55	47	42	48,0	15	20	17	17,3	23	25	20	22,7
2,5	65	60	55	60,0	25	34	28	29,0	42	40	36	39,3
3,0	80	70	70	73,3	40	52	40	44,0	78	65	65	69,3
3,5	98	85	85	89,3	75	75	70	73,3	125	100	105	110,0
4,0	115	100	105	106,7	98	115	100	104,3	172	135	155	154,0
4,5	135	115	122	124,0	120	135	137	130,7	210	210	185	201,7
5,0	155	135	135	141,7	145	160	165	156,7	255	275	220	250,0
5,5	180	157	150	162,3	175	195	190	186,7	295	300	295	296,7
6,0	205	180	185	190,0	198	225	220	214,3	330	328	335	331,0
6,5	228	205	210	214,3	225	255	255	245,0	370	360	385	371,7
7,0	250	225	235	236,7	248	282	282	270,7	400	390	395	395,0
7,5	270	250	260	260,0	280	310	310	300,0	412	402	405	406,3
8,0	290	270	280	280,0	310	334	335	326,3	415	410	410	411,7
8,5	305	285	302	297,3	333	362	352	349,0	418	412	412	414,0
9,0	320	300	315	311,7	348	378	365	363,7	419	414	413	415,3
9,5	325	315	327	322,3	365	388	378	377,0	420	415	414	416,3
10,0	335	325	335	331,7	376	394	385	385,0	421	416	415	417,3

Tabela V.2c

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (mL)	Amostra Ac-1 (*)											
	1ª coleta			2ª coleta			3ª coleta					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0,5	4	5	5	6	8	6	5	7	5	5	7	5,7
1,0	10	7	11	13	15	16	10	12	10	10	10	10,7
1,5	15	17	14	36	42	43	20	25	20	18	21	21,0
2,0	32	37	35	63	86	67	30	40	36	36	35,3	35,3
2,5	47	56	50	100	115	103	47	53	57	57	52,3	52,3
3,0	64	75	77	127	145	131	65	70	77	77	70,7	70,7
3,5	80	96	80	156	170	150	86	97	97	97	93,3	93,3
4,0	104	117	110	181	197	163	108	127	115	115	116,7	116,7
4,5	125	140	130	203	219	183	125	155	134	134	138,0	138,0
5,0	147	160	142	223	243	205	150	185	152	152	162,3	162,3
5,5	170	182	177	238	266	229	178	212	185	185	191,7	191,7
6,0	190	204	185	256	284	245	208	238	225	225	223,7	223,7
6,5	210	222	192	271	295	258	235	265	265	265	255,0	255,0
7,0	230	235	215	284	307	272	262	287	300	300	283,0	283,0
7,5	247	250	225	293	313	286	288	312	332	332	310,7	310,7
8,0	255	257	233	305	326	298	312	335	350	350	332,3	332,3
8,5	268	269	250	311	340	311	335	357	370	370	354,0	354,0
9,0	280	280	262	321	346	320	360	380	382	382	374,0	374,0
9,5	292	289	268	325	349	327	382	390	390	390	387,3	387,3
10,0	305	297	278	333	352	333	387	396	395	395	392,7	392,7

(*) Combustível: lenha

(*) Combustível: Óleo + lenha - utilização restrita à época da 1ª coleta.

V(ML)		t (min)		
		1	2	3
Amostra Ac-2 (*)		7	4	4
1ª coleta		260	267	260
0,5	10,0	250	267	260
1,0	10,0	238	250	240
1,5	9,0	230	234	231
2,0	8,5	215	215	213
2,5	8,0	202	198	196
3,0	7,5	190	182	185
3,5	7,0	175	174	173
4,0	6,5	162	155	160
4,5	6,0	147	136	137
5,0	5,5	132	118	120
5,5	5,0	120	96	98
6,0	4,5	95	78	76
6,5	4,0	74	64	65
7,0	3,5	60	52	50
7,5	3,0	44	40	39
8,0	2,5	30	29	28
8,5	2,0	20	22	21
9,0	1,5	15	14	13
9,5	1,0	10	7	8
10,0	0,5	7	4	5

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

Ensaio de Reatividade Wührer

Tabela V.2d

Tabela V.2e

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (mL)	Amostra Ac-3(*)											
	1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta			
t (min)	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	12	13	12	12,3	7	5	8	6,7	15	12	14	13,7
1,0	30	35	31	32,0	16	20	34	23,3	35	28	32	31,7
1,5	45	60	46	50,3	42	39	60	47,0	50	44	45	46,3
2,0	60	82	70	70,7	77	61	88	75,3	65	60	55	60,0
2,5	80	109	79	89,3	110	88	120	106,0	78	78	72	76,0
3,0	98	130	90	106,0	145	120	152	139,0	100	88	90	92,7
3,5	115	150	114	126,3	175	145	185	168,3	110	105	100	105,0
4,0	135	160	138	144,3	200	167	206	191,0	122	120	112	118,0
4,5	150	175	151	158,7	220	185	227	210,7	132	128	132	130,7
5,0	165	185	170	173,3	236	200	238	224,7	146	140	140	142,0
5,5	182	195	180	185,7	248	215	248	237,0	155	158	150	154,3
6,0	188	205	187	193,3	260	231	259	250,0	162	170	160	164,0
6,5	192	210	195	199,0	268	242	268	259,3	170	178	172	173,3
7,0	197	215	201	204,3	277	251	278	268,7	185	185	180	183,3
7,5	205	221	206	210,7	285	259	281	275,0	193	194	190	192,3
8,0	217	225	216	219,3	290	267	290	282,3	198	200	197	198,3
8,5	220	230	225	225,0	297	277	295	289,7	205	210	205	206,7
9,0	225	234	229	229,3	303	282	299	294,7	212	217	210	213,0
9,5	228	236	231	231,7	308	290	303	300,3	220	223	215	219,3
10,0	232	240	234	235,3	313	294	306	304,3	228	232	220	226,7

(*) Combustível: óleo.

Tabela V.2F

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido clorídrico Gasto em Função do Tempo

t (min)	V (mL)		Amostra Cm											
	1ª coleta			2ª coleta			3ª coleta							
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m		
0,5	8	8	9	8,3	16	20	14	16,7	16	11	9	12,0		
1,0	32	34	20	28,7	37	46	33	38,7	51	45	41	45,7		
1,5	45	58	44	49,0	69	71	47	62,3	67	62	60	63,0		
2,0	54	72	57	61,0	84	94	66	81,3	88	77	84	83,0		
2,5	63	77	65	68,3	105	112	98	105,0	109	98	106	104,3		
3,0	75	100	82	85,7	125	130	122	125,7	125	123	126	124,7		
3,5	90	117	94	100,3	144	148	143	145,0	152	146	150	149,3		
4,0	98	137	104	113,0	165	167	168	166,7	190	172	171	177,7		
4,5	110	145	109	121,3	181	186	196	187,7	209	194	195	199,3		
5,0	120	156	114	130,0	201	202	210	204,3	230	218	217	221,7		
5,5	132	175	125	144,0	220	219	224	221,0	247	231	238	238,7		
6,0	140	186	137	154,3	225	236	235	232,0	260	243	254	252,3		
6,5	154	188	146	162,7	235	248	243	242,0	272	256	266	264,7		
7,0	165	193	158	172,0	244	252	253	249,7	278	271	278	275,7		
7,5	170	197	180	182,3	253	257	258	256,0	285	283	289	285,7		
8,0	175	205	187	189,0	262	261	264	262,3	292	288	296	292,0		
8,5	190	213	204	202,3	268	268	273	269,0	298	298	301	299,0		
9,0	195	218	212	208,3	273	270	275	272,7	304	305	306	305,0		
9,5	198	230	222	216,7	277	274	281	277,3	307	309	310	308,7		
10,0	225	238	232	231,7	282	279	287	282,7	309	313	313	311,7		

Tabela V.2g

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (ml)	Amostra Dm											
	1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	15	9	12	12,0	32	33	21	28,7	8	18	25	17,0
1,0	43	30	36	36,3	57	58	58	57,7	38	72	77	62,3
1,5	62	47	46	51,7	80	77	78	78,3	105	145	128	126,0
2,0	79	60	55	64,7	105	90	92	95,7	139	174	178	163,7
2,5	91	68	62	73,7	122	117	101	113,3	174	198	208	193,3
3,0	96	77	67	80,0	139	128	116	127,7	200	213	218	210,3
3,5	101	86	79	88,7	145	139	128	137,7	215	224	227	222,0
4,0	104	95	93	97,3	151	152	139	147,3	228	235	236	233,0
4,5	106	105	101	104,0	156	160	150	155,3	238	241	243	240,7
5,0	107	114	109	110,0	161	166	158	161,7	240	245	250	245,0
5,5	112	122	119	117,7	172	172	162	168,7	245	250	255	250,0
6,0	123	131	121	125,0	182	179	167	176,0	252	255	260	255,7
6,5	132	138	131	133,7	188	190	173	183,7	255	258	264	259,0
7,0	136	143	144	141,0	191	196	180	189,0	260	260	268	262,7
7,5	142	151	153	148,7	195	202	186	194,3	273	263	271	265,7
8,0	158	160	160	159,3	197	208	192	199,0	266	268	273	269,0
8,5	169	178	170	169,0	200	213	198	203,7	269	270	277	272,0
9,0	181	179	180	179,7	205	217	200	207,3	271	275	281	275,7
9,5	188	190	191	189,7	210	222	202	211,3	275	278	284	279,0
10,0	193	200	201	198,0	214	225	207	215,3	218	282	287	282,3

Tabela V.2h

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

t (min)	V (mL)		Amostra Am											
			1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta			
			1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	5	12	14	10,3	42	38	39	39,7	19	21	18	19,3		
1,0	18	28	25	23,7	95	98	95	96,0	42	53	44	46,3		
1,5	30	46	40	38,7	115	125	118	119,3	66	77	65	69,3		
2,0	45	68	62	58,3	134	146	136	138,7	86	100	85	90,3		
2,5	65	84	72	73,7	148	162	147	152,3	106	119	104	109,7		
3,0	80	97	84	87,0	155	173	158	162,0	124	130	120	124,7		
3,5	93	110	99	100,7	166	185	169	173,3	133	143	134	136,7		
4,0	105	123	112	113,3	179	193	184	185,3	143	151	140	144,7		
4,5	115	132	122	123,0	186	200	190	192,0	152	159	147	152,7		
5,0	127	147	136	136,7	193	205	193	197,0	158	165	154	159,0		
5,5	137	160	148	148,3	199	210	205	204,7	164	172	160	165,3		
6,0	144	168	157	156,3	204	217	207	209,3	170	178	165	171,0		
6,5	157	170	167	164,7	212	225	215	217,3	175	183	170	176,0		
7,0	174	175	180	176,3	220	231	229	226,7	179	187	174	180,0		
7,5	183	187	193	187,7	224	239	230	264,3	183	190	179	184,0		
8,0	193	198	198	196,3	227	243	235	268,3	186	194	183	189,0		
8,5	203	205	204	204,0	232	245	239	272,0	190	198	188	192,0		
9,0	208	215	213	212,0	236	247	243	275,3	194	201	193	196,0		
9,5	214	220	220	218,0	241	248	246	278,3	198	205	197	200,0		
10,0	222	228	233	227,7	246	252	350	282,7	201	207	202	203,3		

(*) Não houve fornecimento pelo fabricante das duas amostras restantes.

V (mL)	1ª coleta			t (min)
	1	2	3	
0,5	42	43	26	37,0
1,0	102	105	95	100,7
1,5	137	146	131	138,0
2,0	162	172	153	162,3
2,5	188	192	172	184,0
3,0	207	210	183	200,0
3,5	224	219	199	214,0
4,0	240	231	220	230,3
4,5	249	240	237	242,0
5,0	253	252	245	250,0
5,5	258	263	255	258,7
6,0	262	266	263	263,7
6,5	267	270	271	269,3
7,0	271	277	275	274,3
7,5	275	288	282	281,7
8,0	280	292	288	286,7
8,5	284	296	295	291,7
9,0	288	299	301	269,0
9,5	292	301	304	269,0
10,0	297	303	307	302,3

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

Ensaio de Reatividade Wührer

Tabela V.21

Tabela V.2j

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (mL)	Amostra Dd											
	1ª coleta				2ª coleta				3ª coleta			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	16	5	21	14,0	20	22	32	24,7	10	14	25	16,3
1,0	46	48	37	43,7	47	50	58	51,7	108	79	98	95,0
1,5	80	65	56	67,0	84	79	87	83,3	140	135	136	137,0
2,0	100	93	75	89,3	133	102	135	123,3	162	159	155	158,7
2,5	130	108	98	112,0	158	142	165	155,0	179	173	167	173,0
3,0	155	128	127	136,7	185	177	189	183,7	190	184	181	185,0
3,5	182	142	160	161,3	205	196	210	203,7	198	195	195	196,0
4,0	206	153	186	181,7	224	215	226	221,7	205	202	204	203,7
4,5	214	170	203	195,7	230	226	233	229,7	212	208	212	210,7
5,0	229	184	218	210,3	240	240	243	241,0	218	214	215	215,7
5,5	232	202	225	219,7	250	260	249	253,0	225	219	219	221,0
6,0	236	212	230	226,0	259	271	256	262,0	229	225	222	225,3
6,5	240	220	236	232,0	268	275	263	268,7	233	231	226	230,0
7,0	243	225	245	237,7	276	280	270	275,3	237	236	229	234,0
7,5	245	234	255	244,7	286	285	288	286,3	240	242	232	238,0
8,0	247	242	262	250,3	298	291	310	299,7	244	247	236	242,3
8,5	249	250	269	256,0	315	296	313	308,0	248	252	240	246,7
9,0	250	256	272	259,3	332	301	320	317,7	251	255	243	249,7
9,5	253	263	275	263,7	348	314	328	330,0	255	258	246	253,0
10,0	254	270	278	267,3	358	323	345	342,0	258	261	250	256,3

Tabela V.22

Ensaio de Reatividade Wührer
 Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (mL)	Amostra Ad (*)											
	P ₃ - 1ª coleta				P ₄ - 1ª coleta				P ₁₀ - 1ª coleta			
	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	16	13	16	15,0	7	10	9	8,7	7	7	5	6,3
1,0	38	34	40	37,3	33	33	36	34,0	20	17	19	18,7
1,5	63	60	62	61,7	55	57	66	59,3	32	26	28	28,7
2,0	96	85	87	89,3	83	84	92	86,3	47	38	39	41,3
2,5	110	110	103	107,7	112	112	117	113,7	66	53	61	60,0
3,0	122	122	120	121,3	137	136	140	137,7	85	71	82	79,3
3,5	135	137	136	136,0	156	157	155	156,0	117	85	102	101,3
4,0	149	150	150	149,7	171	168	170	169,7	128	103	120	117,0
4,5	165	160	160	161,7	181	182	185	182,7	141	121	139	133,7
5,0	175	166	168	169,7	192	195	197	194,7	153	136	153	147,3
5,5	182	173	180	178,3	203	206	205	204,7	167	148	161	158,7
6,0	190	180	192	187,3	212	213	210	211,7	172	160	171	167,7
6,5	198	190	195	194,3	223	220	215	219,3	179	168	177	174,7
7,0	204	197	200	200,3	229	226	220	225,0	185	174	182	180,3
7,5	210	204	205	206,3	233	230	225	229,3	191	179	186	185,3
8,0	215	208	210	211,0	237	233	231	233,7	194	183	189	188,7
8,5	220	210	216	215,3	240	237	235	237,4	197	185	193	191,7
9,0	225	214	220	219,7	244	240	240	241,3	199	186	195	193,3
9,5	230	218	221	223,0	247	243	243	244,3	202	189	198	196,3
10,0	235	221	225	227,0	252	247	246	248,3	205	192	201	199,3

(*) P₃, P₄ e P₁₀ - designações das pedreiras de origem da matéria-prima.

Tabela V.2m

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (mL)	2ª coleta			3ª coleta		
	1	2	3	1	2	3
0,5	31	30	30	35	27	29
1,0	69	58	70	60	55	63
1,5	94	83	98	78	77	80
2,0	114	106	119	86	89	89
2,5	129	130	133	97	100	98
3,0	143	151	150	105	106	105
3,5	164	170	168	113	116	112
4,0	182	182	184	120	122	119
4,5	190	194	196	123	126	126
5,0	198	202	200	126	128	130
5,5	214	207	208	128	130	133
6,0	220	215	218	131	133	136
6,5	230	224	220	135	135	138
7,0	239	234	231	139	138	141
7,5	243	238	238	140	140	143
8,0	247	243	240	143	143	145
8,5	254	247	245	147	145	148
9,0	258	251	250	151	147	150
9,5	260	254	256	153	150	152
10,0	262	257	258	156	152	155

(*) Nas 2ª e 3ª coletas a cal é proveniente de mistura de matéria-prima das pedreiras P₃, P₄ e P₁₀.

Tabela V.2n

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

t (min)	V (mL)		1ª											
			M ₁				M ₂				M ₃			
			1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	4	5	5	4,7	7	6	5	6,0	4	3	4	3,7		
1,0	7	8	7	7,3	14	11	10	11,7	5	5	5	5,3		
1,5	11	12	10	11,0	23	18	12	17,7	10	7	7	8,3		
2,0	17	15	14	15,3	30	23	20	24,3	14	10	11	8,3		
2,5	25	22	20	22,3	40	30	28	32,7	18	14	14	16,7		
3,0	36	35	34	35,0	50	48	42	46,7	22	22	22	22,0		
3,5	50	48	49	48,0	59	56	64	59,7	32	31	31	31,3		
4,0	70	63	61	64,7	65	68	75	69,3	43	43	41	42,3		
4,5	91	78	78	82,3	77	79	92	82,7	58	56	58	57,7		
5,0	110	100	105	105,0	95	100	105	100,0	75	75	74	74,7		
5,5	133	115	113	120,3	110	118	120	116,0	83	95	91	89,7		
6,0	155	140	143	146,0	118	121	138	125,7	100	102	100	100,7		
6,5	175	160	159	164,7	130	138	150	139,3	117	113	114	114,7		
7,0	196	175	178	183,0	139	142	165	148,7	135	125	128	129,3		
7,5	220	200	205	208,3	150	160	180	170,0	152	145	149	148,7		
8,0	236	215	218	223,0	160	175	190	175,0	163	165	166	164,7		
8,5	250	234	230	238,0	170	181	202	184,3	175	185	178	179,3		
9,0	263	255	254	257,3	181	193	212	195,3	184	201	200	195,0		
9,5	275	272	270	272,0	192	203	224	206,3	196	212	203	203,7		
10,0	286	278	274	279,3	208	222	230	220,0	206	224	215	215,0		

Ensaio de Reatividade Wührer

Tabela V.20

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (mL)	M ₄				M ₅			
	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	5	5	4	4,7	5	7	5	5,7
1,0	10	9	9	9,3	10	18	18	15,3
1,5	12	12	11	11,7	15	22	17	18,0
2,0	24	19	20	21,0	22	26	20	22,7
2,5	35	28	20	30,7	28	33	30	30,3
3,0	46	42	43	43,7	35	42	35	36,7
3,5	57	56	57	56,7	44	54	46	48,0
4,0	72	69	69	70,0	52	65	56	57,7
4,5	92	83	84	86,3	67	77	68	70,7
5,0	110	100	101	103,7	83	88	83	84,7
5,5	127	120	125	124,0	97	100	97	98,0
6,0	136	140	136	137,3	110	108	106	108,0
6,5	148	168	167	161,0	125	120	121	122,0
7,0	155	180	173	169,3	137	129	130	132,0
7,5	160	188	180	176,0	156	137	139	144,0
8,0	168	190	181	179,7	175	146	150	157,0
8,5	172	193	187	126,7	195	155	160	170,0
9,0	178	199	190	189,0	208	172	181	187,0
9,5	181	202	195	192,7	218	194	190	200,7
10,0	187	210	202	199,7	222	212	205	213,0

Tabela V.2p

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

t (min)	V (mL)		2ª coleta											
			M ₁			M ₂			M ₃					
			1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	5	10	10	8	9	9,0	6	12	5	7,7				
1,0	10	16	15	14	14	14,7	12	20	10	14,0				
1,5	14	19	20	19	20	20,7	18	27	14	19,7				
2,0	20	25	30	27	25	26,0	26	39	20	28,3				
2,5	31	36	40	35	30	34,0	36	53	29	39,3				
3,0	43	48	51	48	41	46,0	53	75	40	56,0				
3,5	63	67	77	67	55	62,3	72	97	60	76,3				
4,0	86	90	104	90	77	84,0	95	132	85	104,0				
4,5	113	115	130	110	103	109,0	119	163	112	131,3				
5,0	138	143	158	136	127	135,7	150	180	138	156,0				
5,5	165	173	190	168	160	167,3	178	200	170	182,7				
6,0	199	196	219	197	193	196,3	206	222	200	209,3				
6,5	226	226	241	220	222	224,3	234	247	229	236,7				
7,0	250	247	267	245	250	248,7	255	270	256	260,3				
7,5	270	270	287	263	276	269,7	272	295	284	283,7				
8,0	285	284	305	283	302	292,3	288	315	309	304,0				
8,5	300	300	315	299	319	309,3	302	329	323	318,0				
9,0	311	311	325	310	331	321,3	312	337	335	328,0				
9,5	320	319	332	321	339	331,3	321	343	344	336,0				
10,0	326	326	339	325	348	337,7	328	349	350	342,3				

Ensaio de Reatividade Wührer

Tabela V.2g

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (mL)		2ª coleta		M ₄		M ₅	
		1	2	1	2	3	m
0,5	7	5	5,7	6	7	8	8
1,0	12	9	9,7	12	13	14	14
1,5	18	13	13,7	17	18	18	18
2,0	21	20	18,0	22	25	25	25
2,5	32	27	25,7	36	31	36	36
3,0	46	38	37,0	47	42	47	47
3,5	61	51	50,0	67	57	60	60
4,0	79	73	68,3	91	78	90	90
4,5	104	93	89,0	115	101	112	112
5,0	128	120	114,3	144	125	141	141
5,5	152	153	143,3	174	152	170	170
6,0	175	173	167,3	196	180	197	197
6,5	197	191	190,0	218	205	223	223
7,0	223	210	214,3	241	226	246	246
7,5	254	234	241,0	264	245	265	265
8,0	277	257	264,7	283	264	285	285
8,5	292	284	284,0	298	274	294	294
9,0	307	304	309,0	308	288	306	306
9,5	314	313	311,7	316	298	314	314
10,0	323	320	320,7	323	306	322	322

Tabela V.2r
Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (mL)	3ª coleta												
	M ₁			M ₂			M ₃						
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	m
0,5	5	8	5	5	10	8	8	5	8	150	132	102	128,0
1,0	13	12	10	8	12	11	15	12	15	180	174	130	161,3
1,5	18	18	15	15	20	20	25	15	25	210	210	178	199,3
2,0	25	25	20	20	28	27	38	28	38	240	240	210	228,3
2,5	35	38	30	25	40	42	58	42	58	265	265	232	252,3
3,0	50	55	45	40	52	50	85	60	90	290	290	250	274,0
3,5	60	73	68	60	78	58	118	60	118	305	310	282	299,0
4,0	74	92	90	82	100	80	150	90	150	325	326	305	318,7
4,5	87	125	112	110	122	112	180	114	180	345	335	318	332,7
5,0	105	140	135	138	143	138	210	139	210	366	360	328	341,3
5,5	122	155	155	168	168	164	235	166	235	363	357	338	349,3
6,0	140	172	185	195	190	190	260	191	260	366	360	345	355,0
6,5	165	198	208	220	210	220	282	216	282				
7,0	190	222	230	240	235	240	305	238	305				
7,5	212	245	250	272	260	272	325	268	325				
8,0	230	270	265	290	288	295	345	291	345				
8,5	250	278	275	300	313	318	353	310	343				
9,0	260	287	287	310	328	325	360	321	350				
9,5	265	298	292	322	335	334	363	330	357				
10,0	277	302	298	335	343	338	366	338	360				

Tabela V.2t

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (mL)	1ª coleta											
	R ₁			R ₂			R ₃					
t (min)	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	7	12	7	8,7	4	6	5	5,0	4	3	7	4,7
1,0	12	18	12	14,0	10	10	14	11,3	6	7	10	7,7
1,5	20	25	20	21,7	23	25	28	25,3	10	11	12	11,0
2,0	32	40	35	35,7	37	44	42	41,0	15	20	20	18,3
2,5	45	58	55	52,7	58	62	65	61,7	25	33	32	30,0
3,0	72	74	72	72,7	80	80	87	82,3	42	50	46	46,0
3,5	100	88	92	93,3	104	96	105	101,7	58	72	57	62,3
4,0	130	115	110	118,3	115	112	125	117,3	80	95	72	82,3
4,5	154	147	135	145,3	124	130	138	130,7	105	120	91	105,3
5,0	180	180	158	172,7	140	140	157	145,7	142	135	114	130,3
5,5	202	212	180	198,0	160	148	173	160,3	157	152	135	148,0
6,0	222	230	205	219,0	173	163	195	177,0	182	172	155	169,7
6,5	238	250	228	238,7	186	177	217	193,3	205	192	175	190,7
7,0	248	262	245	251,7	198	194	238	210,0	217	210	192	206,3
7,5	260	268	255	261,0	214	215	250	226,3	228	227	215	223,3
8,0	270	273	262	268,3	230	233	257	240,0	241	242	233	238,7
8,5	274	278	270	274,0	242	248	265	251,7	260	257	244	253,7
9,0	280	280	274	278,0	255	262	270	262,3	278	263	260	267,0
9,5	283	285	278	282,0	272	280	275	275,7	285	270	280	278,3
10,0	285	288	280	284,3	288	295	280	287,7	290	278	290	286,0

Tabela V.2u
Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico em Função do Tempo

V (ml.)	R ₄		R ₅		t (min)
	1	2	1	2	
0,5	5	2	6	4	5,3
1,0	12	10	14	7	7,7
1,5	20	25	32	20	26,7
2,0	33	44	52	40	46,3
2,5	39	57	73	66	69,7
3,0	41	66	92	80	87,3
3,5	45	74	109	107	105,7
4,0	52	82	126	125	123,3
4,5	57	90	143	144	141,3
5,0	67	97	152	154	153,3
5,5	77	105	165	165	164,0
6,0	84	112	174	174	174,0
6,5	90	119	185	180	181,7
7,0	100	126	190	187	188,0
7,5	115	133	197	192	194,0
8,0	128	140	200	196	197,3
8,5	142	147	204	202	202,0
9,0	154	153	207	204	205,3
9,5	165	156	210	208	208,3
10,0	172	174	215	210	211,7

Tabela V.2v
Ensaio de Reatividade Wührer
Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (ml.)	2ª coleta											
	R ₁			R ₂			R ₃			m		
t (min)	1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	12	13	12	12,3	10	15	9	11,3	7	7	5	6,3
1,0	23	30	28	27,0	20	25	24	23,0	12	10	7	9,7
1,5	40	54	40	44,7	40	48	40	42,7	15	17	10	14,0
2,0	62	83	55	66,7	60	68	60	62,7	20	28	15	21,0
2,5	87	110	78	91,7	82	85	78	81,7	32	42	22	32,0
3,0	108	136	95	113,0	108	112	90	103,3	42	60	38	46,7
3,5	135	162	117	138,0	130	140	115	128,3	55	85	55	65,0
4,0	164	185	145	164,7	148	162	138	149,3	72	103	75	83,3
4,5	190	205	170	188,3	170	190	165	175,0	95	122	100	105,7
5,0	215	225	215	218,3	190	220	190	200,0	118	140	125	127,7
5,5	240	247	265	250,7	210	235	215	220,0	160	160	165	161,6
6,0	263	268	288	273,0	224	245	232	233,7	205	178	182	188,3
6,5	287	288	310	295,0	237	255	240	244,0	222	200	204	208,7
7,0	308	305	320	311,0	245	264	248	252,3	245	218	225	229,3
7,5	327	325	330	327,3	252	270	255	259,0	260	240	240	246,7
8,0	345	343	338	342,0	258	275	262	265,0	280	260	262	267,3
8,5	352	350	344	348,7	265	277	268	270,0	290	280	280	286,7
9,0	357	354	348	353,0	270	280	272	274,0	297	290	300	295,7
9,5	360	356	350	355,3	272	285	275	277,3	308	298	310	305,3
10,0	362	360	355	359,0	275	288	278	280,3	314	302	315	310,3

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

Tabela V.2x

V (mL)		2ª coleta						
		R ₄			R ₅			
t (min)	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	5	10	10	8,3	3	4	2	3,0
1,0	20	18	22	20,0	5	5	4	4,7
1,5	35	37	43	38,3	8	8	6	8,0
2,0	50	58	62	56,7	12	12	10	11,3
2,5	65	78	80	74,3	20	17	18	18,3
3,0	85	100	100	95,0	34	28	32	31,3
3,5	110	125	128	121,0	50	42	44	45,3
4,0	130	160	160	150,0	67	57	55	59,7
4,5	150	190	188	176,0	90	72	68	76,7
5,0	168	220	215	201,0	112	87	86	95,0
5,5	185	250	245	226,7	125	110	105	113,3
6,0	205	275	270	250,0	140	122	122	128,0
6,5	230	295	295	273,3	155	135	140	143,3
7,0	255	305	302	287,3	170	148	156	158,0
7,5	275	320	308	301,0	182	162	165	169,7
8,0	295	325	320	313,3	190	174	173	179,0
8,5	315	330	324	323,0	200	180	182	187,3
9,0	326	335	330	330,3	205	190	190	195,0
9,5	330	340	334	334,7	210	198	197	201,7
10,0	335	342	338	338,3	217	202	208	209,0

Tabela V.2y

Ensaio de Reatividade Wührer

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

t (min)	V (mL)		3ª coleta											
			R ₁				R ₂				R ₃			
			1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m
0,5	4	5	5	4,7	5	4	4	4,3	5	4	5	4,7		
1,0	10	12	8	10,0	12	10	11,3	7	8	8	8	7,7		
1,5	25	28	23	25,3	18	17	18,3	12	12	12	12	12,0		
2,0	48	45	44	45,7	42	30	38,0	13	17	15	15,0			
2,5	73	70	60	67,7	65	45	58,3	17	22	25	21,3			
3,0	98	90	82	90,0	90	78	82,7	32	35	38	35,0			
3,5	122	108	105	111,7	113	102	107,3	60	50	58	56,0			
4,0	145	132	128	135,0	135	122	132,3	87	80	85	84,0			
4,5	162	158	150	156,7	158	142	155,0	120	112	118	116,7			
5,0	183	183	172	179,3	180	164	179,7	150	142	148	146,7			
5,5	200	206	195	200,3	200	188	203,7	192	175	180	182,3			
6,0	215	225	205	215,0	215	205	220,7	218	215	207	213,3			
6,5	225	242	220	229,0	222	220	232,3	240	238	228	235,3			
7,0	238	252	232	240,7	230	230	264,3	262	252	250	254,7			
7,5	250	260	238	249,3	235	242	249,3	280	270	270	279,3			
8,0	255	270	250	258,3	240	248	255,3	293	290	285	289,3			
8,5	265	282	258	268,3	245	252	260,0	305	305	303	304,3			
9,0	270	288	265	274,3	248	258	264,3	315	315	318	316,0			
9,5	275	295	270	280,0	252	263	269,0	324	330	328	327,3			
10,0	280	297	275	284,0	255	267	272,0	337	340	337	338,0			

Ensaio de Reatividade Wührer

Tabela V.2z

Volume de Ácido Clorídrico Gasto em Função do Tempo

V (mL)		3ª coleta					R ₄					R ₅				
		1	2	3	m	1	2	3	m	1	2	3	m			
0,5	10	8	7	8,3	8	7	8	8	10	15	12	7	10			
1,0	28	13	17	19,3	13	18	13	15	18	17	12	15	13,3			
1,5	55	35	38	42,7	35	38	35	18	17	17	18	18	17,7			
2,0	80	55	80	71,7	55	80	55	22	20	20	22	22	22,0			
2,5	122	70	120	104,0	70	120	70	35	27	27	35	35	31,3			
3,0	178	105	150	144,3	105	150	105	45	40	40	45	45	45,0			
3,5	220	178	178	192,0	178	178	178	74	68	68	74	74	74,0			
4,0	255	215	210	226,7	215	210	210	100	102	102	100	100	104,7			
4,5	278	255	252	261,7	255	252	252	128	135	135	128	128	138,3			
5,0	300	285	293	292,7	285	293	293	160	175	175	160	160	175,0			
5,5	323	315	314	317,3	315	314	314	190	225	225	190	190	208,3			
6,0	342	325	330	332,3	325	330	330	220	238	240	220	220	232,7			
6,5	358	344	340	347,3	344	340	340	250	260	262	250	250	257,3			
7,0	364	354	350	356,0	354	350	350	270	280	280	270	270	276,7			
7,5	370	364	355	363,0	364	355	355	285	290	305	285	285	293,3			
8,0	374	368	360	367,3	374	368	360	300	305	320	300	300	308,3			
8,5	378	372	367	372,3	378	372	367	315	325	336	315	315	325,0			
9,0	382	375	370	375,7	382	375	370	330	335	345	330	330	336,7			
9,5	385	378	374	379,0	385	378	374	340	347	355	340	340	347,3			
10,0	386	383	376	381,7	386	383	376	350	357	365	350	350	357,3			

RESUMO DOS MÉTODOS DE ANÁLISE QUÍMICA

ANEXO VI

- vidio e recolhido em balão volumétrico de 100ml.
- solução de vermelho de metila. O precipitado é lavado, dissolvido e manganes são precipitados em meio amoniacal, pH indicado por manganes eventualmente presente. Os elementos ferro, alumínio, titânio do R_{2O_3} : A solução é tratada com água de bromo para oxidação do do ao filtrado.
- resíduo é fundido com pirossulfato, solubilizado e acrescenta- tratamento da sílica insolubilizada, com a mistura HNO_3/HF . O cínada em cadinho de platina. As impurezas são determinadas por drica diluída (1:1). A sílica insolubilizada é filtrada e cal- secura em banho-maria; a secagem é repetida com solução clori- a
- Anidrido silícico: O filtrado da solução anterior é levado a e filtrado, calcinado e pesado. Massa de amostra: 2g.
- Dissolução da amostra: Realizada em béquer, a frio, com agita- dor magnético; a agitação é mantida por 30 minutos. O resíduo ra, em cadinho coberto.
- Perda ao fogo: Calcinação da amostra a $1000^{\circ}C$, durante uma ho-

Os procedimentos estão indicados em seguida:

(MILLET, 1975 ; VOINOVITCH, 1968).

impurezas da matéria-prima, os óxidos de cálcio e de magnésio zada, esta resultante da combinação entre o óxido de cálcio e as São solubilizados: os carbonatos e sulfatos, a fragação clínqueri- gões quartzosa ou argilosa não combinadas permanecem insolúveis. feita a frio, tendo sido observado que, nessas condições, as fra- 1:1, em volume, e a cal na proporção 1:20. A dissolução da cal é ria-prima é dissolvida em ácido clorídrico diluído na proporção prima como para a cal, diferindo no modo de dissolução. A maté- O esquema geral de análise é o mesmo tanto para a matéria-

Princípio do método

Análise química da matéria-prima e da cal virgem

- Oxido de cálcio: O filtrado obtido da filtração do R_2O_3 é recolhido em balão volumétrico de 200mL; o cálcio é precipitado em meio amoniacal, com solução saturada de oxalato de amônio, em uma alíquota de 50mL. Após filtração o cálcio é dosado com solução de permanganato de potássio 0,3N.
- Oxido de magnésio: Ao filtrado anterior é acrescentada a solução de monohidrogenofostato de amônio (concentração: 10%). O precipitado é filtrado após 8h de repouso a 50°C. Para as cales dolomíticas, cujo teor de magnésio é elevado, é feita uma reprecipitação.
- Oxido de alumínio: Da solução clorídrica do R_2O_3 é tomada uma alíquota de 20mL. A solução é neutralizada com hidróxido de amônio até pH 5,1 e tamponada com solução de ácido acético/acetato de amônio. Os sesquióxidos são complexados com solução de EDTA 0,05M e o excesso titulado com solução de cloreto de zinco tartarilado. Em seguida, o titânio é complexado com ácido tartarílico (20mg/L), mais estável do que o complexo com EDTA liberado por titulação com solução de cloreto de zinco. O alumínio, por sua vez, é liberado do seu complexo com EDTA por aquecimento da solução em presença de fluoreto de sódio (40g/L). O EDTA correpondente é titulado com solução de cloreto de zinco. O indicador empregado é o xileno-*l*-orange.
- Oxido de ferro: A solução clorídrica do R_2O_3 é diluída 10 vezes e lida a sua absorbância ao espectrofotômetro de absorção atômica no comprimento de onda de 248,3nm, chama *ar*-acetileno. A curva padrão de absorbância versus concentração é obtida com soluções de 1,0, 2,0, 3,0, 4,0 e 5,0 µg/L de ferro. Como solução mãe é empregado títrol Merck contendo 1000mg/L de ferro; desta solução são tomados 5mL e diluídos a 250mL. Para as leituras são tomadas alíquotas de 10, 20, 30, 40 e 50mL, diluídos a 200mL.

so titulado com solução 0,5N de ácido sulfúrico.

O precipitado é dissolvido com solução de soda 0,5N e o excesso do fosfomolibdato de amônio com nitromolibdato de amônio.

Os dois padrões são reunidos e nesta solução é precipitado e filtrado e também retomada com HNO_3 (1+1) e filtrada. O filtrado e o resíduo retomado com HNO_3 (1+1) e filtrado. A sílica insolubilizada é a sílica insolubilizada. Esta é filtrada e filtrada em HCl (1+1).

Oxidos de sódio e de potássio: A leitura das absorbanças é feita na solução obtida com 1g de amostra dissolvida em ácido clorídrico e diluída a 100ml em balão volumétrico. A curva padrão de absorbança versus concentração do sódio é obtida com soluções de cloreto de sódio, contendo 0,25, 0,5, 1,0 e 1,5 mg/L de sódio; comprimento de onda de 589nm, chama ar-acetileno. A curva padrão de absorbança versus concentração do potássio é obtida com soluções de cloreto de potássio, com concentrações de 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mg/L de potássio; comprimento de onda de 766,5nm, chama ar-acetileno.

Oxido de manganês: A leitura da absorbança é feita na solução clorídrica do K_2O_3 no comprimento de onda de 279,5nm, chama ar-acetileno. A curva padrão de absorbança versus concentração é obtida com soluções de 1,0, 2,0, 3,0, 4,0 e 5,0mg/L de manganês, obtidas por diluição da solução mãe contendo 1000mg/L de manganês; esta é preparada pela dissolução de manganês metálico em HNO_3 (1+1).

Oxido de titânio: A leitura da absorbança é feita na solução clorídrica do K_2O_3 no comprimento de onda de 365,3nm, chama oxido nítrico-acetileno. A curva padrão de absorbança versus concentração é obtida com soluções de 1,0, 2,0, 4,0, 7,0 e 10,0mg/L de titânio, obtidas por diluição da solução mãe contendo 1000mg/L; esta é preparada de tetrissol Merck.

Biblioteca da Escola Politécnica
São Paulo

- Anidrido sulfúrico: Determinação gravimétrica do sulfato precipitado com solução de cloreto de bário (10%), na solução clorídrica filtrada, de 6g de amostra.
- Anidrido carbônico: A amostra é calcinada a 1000°C em forno-mufa varrido com nitrogênio. O gás é recebido em bureta graduada, medido e transferido para um frasco absorvedor, contendo solução de hidróxido de potássio. Os gases voltam à bureta, e o volume de anidrido carbônico dado pela diferença entre as duas leituras é corrigido para condições normais de pressão e temperatura.

B I B L I O G R A F I C A S

R E F E R Ê N C I A S

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - Comitê Brasileiro de Mineração e Metalurgia (1977). Cal virgem para aciaria (Projeto de Norma).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1956). Análise petrográfica de rochas. (NB-48R)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE CAL (1979). III Reunião Aberta da Indústria da Cal. São Paulo, 175p. (Boletim nº 10).
- ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO (1984). Brasília, Departamento Nacional da Produção Mineral, v. 13.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1985). Standard Methods of Physical Testing of quicklime, hydrated lime and limestone. Philadelphia, 04.01, p. 80-98.
- AZBE, V. (1939). Fundamental mechanics of calcination and hydration of lime and methods of control. Philadelphia, American Society for Testing and Materials. p. 88-102. (Special Technical Publication, n. 40)
- BOYNTON, R.S. (1967). Chemistry and technology of lime and limestone. New York, Interscience. 520p.
- RISSEL, H.J. & CHILLINGAR, G.V. (1967). Classification of sedimentary rocks. In: CHILLINGAR, G.V. et alii (ed.) Carbonate rocks: origin, occurrence and classification. Amsterdam, Elsevier. p. 87-168. (Developments in Sedimentology, v. 9a)
- BATHURST, R.G.C. (1971). Carbonate sediments and their diagenesis. Amsterdam, Elsevier. 620p. (Developments in Sedimentology, v.12)
- BATES, R.L., ed. (1980). Glossary of geology. 2. ed. Virginia, American Geological Institute. 751p.

- BRITTON, H.T.S. et al. (1952). The calcination of dolomite. Part I: The kinetics of the thermal decomposition of calcite and of magnesite. Transaction of Faraday Society, 48:63-69.
- BRUNAUER, S. et al. (1938). Adsorption of gases in multimolecu- lar layers. Journal of American Chemical Society, 60:309-319.
- CINCOTTO, M.A. (1977a). Danos de revestimentos decorrentes da qualidade da cal hidratada. São Paulo, Associação Brasileira dos Produtores de Cal. p. 1-17. (Nota Técnica, 64)
- CINCOTTO, M.A. (1983). Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 20p. (Publicação IPT n. 1352 - Série Monografias, n. 8)
- CINCOTTO, M.A. et al. (1980a). Estudo das cales comercializadas em alguns Estados do Brasil. São Paulo, Associação Brasileira dos Produtores de Cal. p. 99-120. (Boletim n. 11)
- CINCOTTO, M.A. et al. (1980b). Estudo da composição química da cal hidratada produzida no Estado de São Paulo. São Paulo, Associação Brasileira dos Produtores de Cal. p. 67-94. (Boletim n. 11)
- CINCOTTO, M.A. (1977b). Estudo da composição química da cal hi- dratada produzida no Estado de São Paulo. [Dissertação de Mes- trado apresentada à Escola Politécnica da USP, sob a orienta- ção do Prof. Dr. Boris Schneiderman].
- CINCOTTO, M.A. (1979). Considerações sobre a reatividade da cal virgem. São Paulo, Associação Brasileira dos Produtores de Cal. p. 80-119. (Boletim n.10)
- CLARK, G.L. et al. (1940). Problems in lime burning : a new X-ray approach. Industrial and Engineering Chemistry, 32(7):972-976.

COCHRAN, W.G. & COX, G.M. (1966). Experimental designs. New York, John Wiley & Sons. 611p.

DAVIES, O.L., ed. (1954). The design and analysis of industrial experiments. London, Oliver & Boyd. 636p.

DE KEYSER, W.L. et al. (1969). The sintering of activated CaO. Journal of Materials Science, (4): 989-996.

EADES, J.L. & SANDBERG, P.A. (1969a). Characterization of the properties of commercial lime by surface area measurements and scanning electron microscopy. Philadelphia, American Society for Testing and Materials. p. 3-27. (Special Technical Publication, 472)

EADES, J.L. & SANDBERG, P.A. (1969b). Electron microscope study of development distribution of pore space in calcium oxide. In: ANNUAL SCANNING ELECTRON MICROSCOPE SYMPOSIUM, 2, Chicago, Illinois, April 29/May 1. Proceedings. Chicago, IIT Research Institute. p. 383-8.

EUBANK, W.R. (1951). Calcination studies of magnesium oxides. Journal of American Ceramic Society, 34(8):225-229.

FÜCHTBAUER, H. (1974). Sediments and sedimentary rocks. In: ENGELHARDT, W. ; FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G. Sedimentary petrology. Stuttgart, John Wiley & Sons. v.1, pt.2, 464p.

FAIRBRIDGE, R.W. ; CHILLINGAR, G.V. & BISSSEL, H.J. (1967). Introduction. In: Carbonate rocks : origin, occurrence and classification. Amsterdam, Elsevier. p. 1-28. (Developments in Sedimentology, v.9a)

FRIEDMAN, G.M. & SANDERS, J.E. (1967). Origin and occurrence of dolostones. In: CHILLINGAR, G.V. ; BISSSEL, H.J. & FAIRBRIDGE, R.W., (ed.). Carbonate rocks : origin, occurrence and classification. Amsterdam, Elsevier. p. 267-348 (Developments in Sedimentology, v.9a)

- FURNAS, C.C. (1931). Rate of calcination of limestone. *Industrial Engineering Chemistry*, 23:534-38, citado em HYATT, E.P. et al. (1958). Calcium carbonate decomposition in carbon dioxide atmosphere. *Journal of the American Ceramic Society*, 41(2):70-74.
- FISCHER, H.C. (1955a). Calcination of calcite : I. Effect of heating rate and temperature on bulk density of calcium oxide. *Journal of the American Ceramic Society*, 38(7):245-251.
- FISCHER, H.C. (1955b). Calcination of calcite : II. Size and growth rate of calcium oxide crystallites. *Journal of the American Ceramic Society*, 38(8):284-288.
- HEDIN, R. (1961). Structural processes in the dissociation of calcium carbonate. Washington, D.C., National Lime Association. 12p.
- HARTMANN, H. & WEGNER, W. (1964). Beitrag zum Lösungsverhalten von Weissskalk in Abhängigkeit von Brenntemperatur und chemischer Zusammensetzung (Reações de extinção da cal cálcica em relação a temperatura de calcinação e a composição química). *Zement - Kalk - Gips*, (6):229-240.
- HYATT, E.P. et al. (1958). Calcium carbonate decomposition in carbon dioxide atmosphere. *Journal of the American Ceramic Society*, 41(2):70-74.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA. (1982). Cal hidratada para argamassas. (NBR-7175).
- _____. (1980). Cal virgem para construção : especificação. (NBR-6453).
- _____. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (1980). Estudo da reatividade da cal virgem fabricada no Brasil. São Paulo. 3v. IPT - Relatório nº 13.849).

- JOSEPH, T.L. et al. (1943). Calcination rates and sizing of blast-furnace flux. Transaction AIME, 154:148-161.
- JAHN, F. (1982). Le four à chaux Maerz à échangeur et à courant parallèle. Ciments, Bétons, Plâtres-Chaux, 736(3):169-171.
- KLARUP, O. (1982). Preheaters for rotatory lime kilns. In: CONGRES INTERNATIONAL DE LA CHAUX, 5, Paris, 30 juin-2 juillet, 1982. Compte Rendu... Paris, Association Internationale de la Chaux. p. 31-47.
- KRUG, J.C. et al. (1974). Influence de l'évolution des procédés sidérurgiques sur la consommation de chaux. Rapport IRSID - RE 210. In: ARFELD, E.D.L. et al. (1976). Caractéristiques de cal para aciaria LD, 31, CONGRESSO ANUAL DA ABM, Belo Horizonte.
- LEPUC, E. (1925). Chaux et Ciments. 3.ed. Paris, L.b.J.B.Bailly et Fils. 464p.
- LEFORT, Y. & HALM, L. (1947). Contribution à l'étude de la cristallisation de la magnésie sous l'effet de températures croissantes. Mécanisme du frittage. Chimie et Industrie, 58(6):537-544.
- LADÉIRA, N.G. (1977). O emprego de óleos combustíveis residuais em fornos de cal. São Paulo, Associação Brasileira dos Produtores de Cal. (Boletim nº 2) p. 41-71. (Boletim nº 2)
- LUCIO, A. (1977). Calcinação : seus fornos e seus combustíveis. São Paulo, Associação Brasileira dos Produtores de Cal. p.7-40. (Boletim nº 2)
- MEHROTRA, M.N. et al. (1975). Physico-chemical behaviour of the carbonate rocks of western Son Valley Region, Indian. Journal of Thermal Analysis, 7:667-74.

- MAYER, R.P. & STOWE, R.A. (1964). Physical characterization of limestone and lime. Washington, D.C., National Lime Association. 26p.
- MILLET, J. et al. (1975). Influence de la température de cuisson et de la nature du calcaire sur la minéralogie des chaux vives. Bull. Liaison L.C.P.C., (79):45-50.
- McCLELLAN, G.H. & FADES, J.L. (1969a). The textural evolution of limestone calcines. Philadelphia, American Society for Testing and Materials. p. 209-227. (Special Technical Publication, 472)
- McCLELLAN, G.H. et al. (1969b). X-ray and electron microscope studies of calcined and sulfated limestones. Philadelphia, American Society for Testing and Materials. p. 32-66. (Special Technical Publication, 472)
- MULLINS, R.C. & HATFIELD, J.D. (1969). Effects of calcination conditions on the properties of lime. Philadelphia, American Society for Testing and Materials. p. 177-131. (Special Technical Publication, 472)
- MURRAY, J.A. et al. (1950). The effect of time and temperature of burning on the properties of quicklime prepared from calcite. Proceedings of American Society for Testing and Materials, 50:1263-1282.
- MYRBEIN, B. (1982). How to make fuel and feedstocks by wet-carbonizing peat. In: CONGRES INTERNATIONAL DE LA CHAUX, 5, Paris, 30 June-2 juillet, 1982. Compte rendu... Paris, Association Internationale de la Chaux. p. viii 1-5.
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO. Conselho de Desenvolvimento Industrial. (1981). Mercado brasileiro de cal. Brasília, D.F. 72p. (CDI/GS-IV/069/ES/81)

- OBST, K.H. et al. (1978). Zur Erzeugung von aktivem Branntkalk. Zement-Kalk-Gips, 31(8):373-385.
- Production of reactive quicklime. Zement-Kalk-Gips, 31(10):215-220.
- PASSOS GUIMARÃES, J.E. (1978). Calcários e dolomitos no Brasil: usos e mercados. São Paulo, Associação Brasileira dos Produtores de Cal. Boletim nº 9.
- _____. (1981). Epítome da História da mineração. São Paulo, Secretaria de Estado da Cultura, Art Editora.
- _____. (1983). A indústria da cal no Brasil. São Paulo, Associação Brasileira dos Produtores de Cal. 40p.
- SIERRA, R. et al. (1976). Etude de la réactivité des chaux par microcalorimétrie. Journées de Calorimétrie et d'Analyses thermiques. Bezançon.
- SCHIELE, B.E. & BERENS, L.W. (1972). Kalk: Herstellung Eigenschaften, Verwendung (Cal-fabricação, qualidade, emprego). Düsseldorf, Verlag Stahleisen MBH.
- SCHILLIT, W.J. & HEALY, G.W. (1969). A comparison and scaling down of the coarse grain titration test and ASTM slaking rate test. Philadelphia, American Society for Testing and Materials. p. 143-160. (Special Technical Publication, 472)
- SCHWARZKOPF, F. (1974). Are lime costs rising? Rock Products, 77(7):54-74.
- SEGAWA, K. et al (1982). Utilization of substitute fuels in various types of lime kilns in Japan and development of an efficient lime. In: CONGRES INTERNATIONAL DE LA CHAUX, 5, Paris, 30 juin/2 juillet, 1982. Compte Rendu... Paris, Association Internationale de la Chaux. p. I 17-24.
- TART, W.H. (1967). Modern carbonate sediments. In: CHILLINGAR, G.V. ; BISSSEL, H.J. & FAIRBRIDGE, R.W. Carbonate rocks: origin, occurrence and classification. Amsterdam, Elsevier. p. 29-50. (Developments in Sedimentology, v. 9a)

- VOGEL, A.I. et al. (1981). Análise inorgânica quantitativa. Trad. Aida Espínoia. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois. 690p.
- VOINOVITCH, I. et al. (1968). L'analyse rapide des ciments. Chimie Analytique, 50(6):334-348, juin.
- WEBB, T.L. & KRÜGER, J.E. (1972). Carbonates. In: MACKENZIE, R.C. Differential thermal analysis. London, Academic Press. v. 1, p. 303-341.
- WERNICK, J.H. (1954). Activation energies for the decomposition of limestone, dolomitic limestone and dolomite. Transactions AIME, July. p. 730-732.
- WÜHRER, J. (1965). On the reactivity of lime from different kiln systems. Washington, D.C., National Lime Association. 44p.
- ZAWADZKI, J. & BRETSJNAJDER, S. (1938). Some remarks on the mechanism of reactions of the type : solid = solid + gas. Transactions Faraday Society, 34:951-959.