



**CRIATIVIDADE TECNOLÓGICA
NA
ENGENHARIA DE PROCESSOS INORGÂNICOS**

ABRAHAM ZAKON

**Prof. Associado
Eng^o Químico, M. Sc., D. Eng.**

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



Arequipa - Outubro de 2008

PARTE 2.2

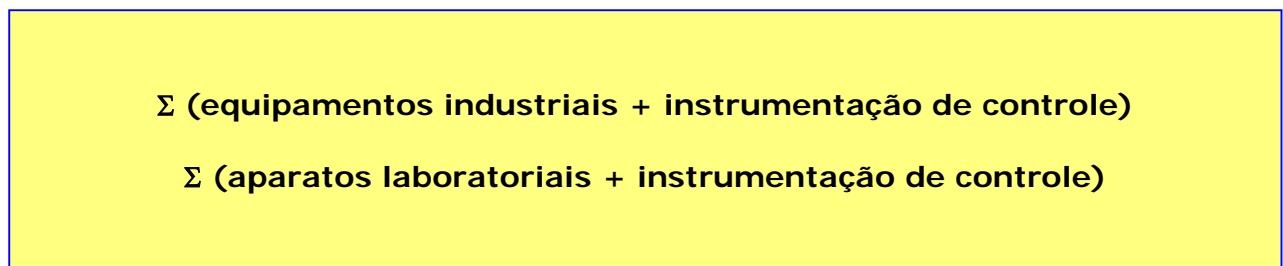
PROCESSOS INORGÂNICOS DIRETOS E INDIRETOS

PROCESSO



**É A MANEIRA DE REALIZAR UMA OPERAÇÃO,
SEGUNDO DETERMINADAS NORMAS.**

SISTEMAS DE PROCESSAMENTO



- QUALQUER MATERIAL OU INFORMAÇÃO PODE SER PROCESSADO.
- QUALQUER PROCESSO POSSUI INÍCIO, MEIO E FIM.
- ALGUNS PROCESSOS ABRANGEM ETAPAS DE RECICLAGEM OU RECICLO.
- QUALQUER PROCESSO UTILIZA INSTRUMENTAÇÃO DE CONTROLE MANUAL E/OU AUTOMATIZADA NA SUA OPERAÇÃO.

PROCESSOS INORGÂNICOS INDUSTRIAIS DIRETOS E INDIRETOS

- DIRETOS**
 - **FÍSICOS** – SEM REAÇÕES QUÍMICAS
 - **QUÍMICOS** – REAÇÕES ÚNICAS OU MÚLTIPLAS NUM SÓ REATOR
- INDIRETOS**
 - **ETAPAS QUÍMICAS DISTINTAS EM REATORES SEPARADOS**
 - **COM AGENTE DE CONVERSÃO QUÍMICA NUM REATOR**

AGENTE DE CONVERSÃO – É UMA MATÉRIA-PRIMA OU INSUMO
QUE AJUDA A PRODUZIR UMA SUBSTÂNCIA,
MAS NÃO APARECE NA SUA COMPOSIÇÃO FINAL.

ROTAS TECNOLÓGICAS INORGÂNICAS

A - DIRETAS – UMA OU VÁRIAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS, SEM REAÇÕES QUÍMICAS

A.1 – Beneficiamento físico: *obtenção de britas e pó granítico*

A.2 – Fracionamento criogênico: *produção de gases atmosféricos liquefeitos*

B - DIRETAS - UMA OU VÁRIAS MATÉRIAS-PRIMAS REAGEM NUM SÓ REATOR:

B.1 – Exotérmicas: *de combustão*

B.2 – Endotérmicas: *produção de gesso, cal e cimento Portland*

B.3 - Auto-sustentadas: *obtenção do aço a partir de ferro gusa*

C - INDIRETAS - EM REATORES DISTINTOS OU USANDO AGENTE DE CONVERSÃO

C.1 - Em séries de reatores distintos:

produção de cimento Portland (via seca) -com ciclones e pré-calcinador

C.2 - Via reações químicas parciais em locais diferentes:

gaseificação de combustíveis para queima posterior

C.3 - Com emprego de um agente de conversão

produção de barrilha por ação de amônia sobre uma salmoura

produção de Cl_2 por ação eletroquímica entre o Hg e uma salmoura

produção de gás de rua via craqueamento catalítico de nafta

produção de carbonato de cálcio precipitado

A.1 – BENEFICIAMENTO FÍSICO: OBTENÇÃO DE BRITAS E PÓ GRANÍTICO

USINAS DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS DO BRASIL

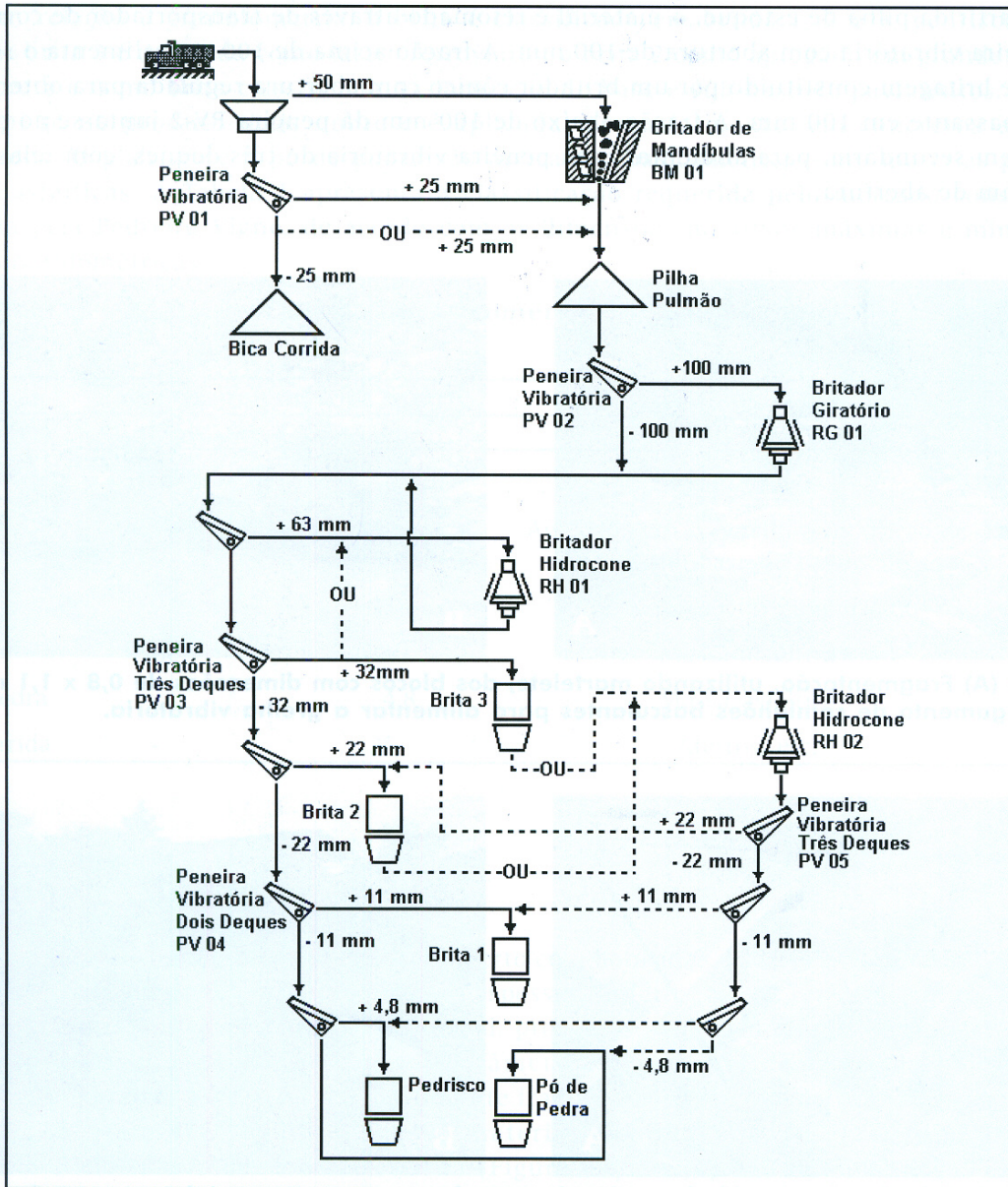
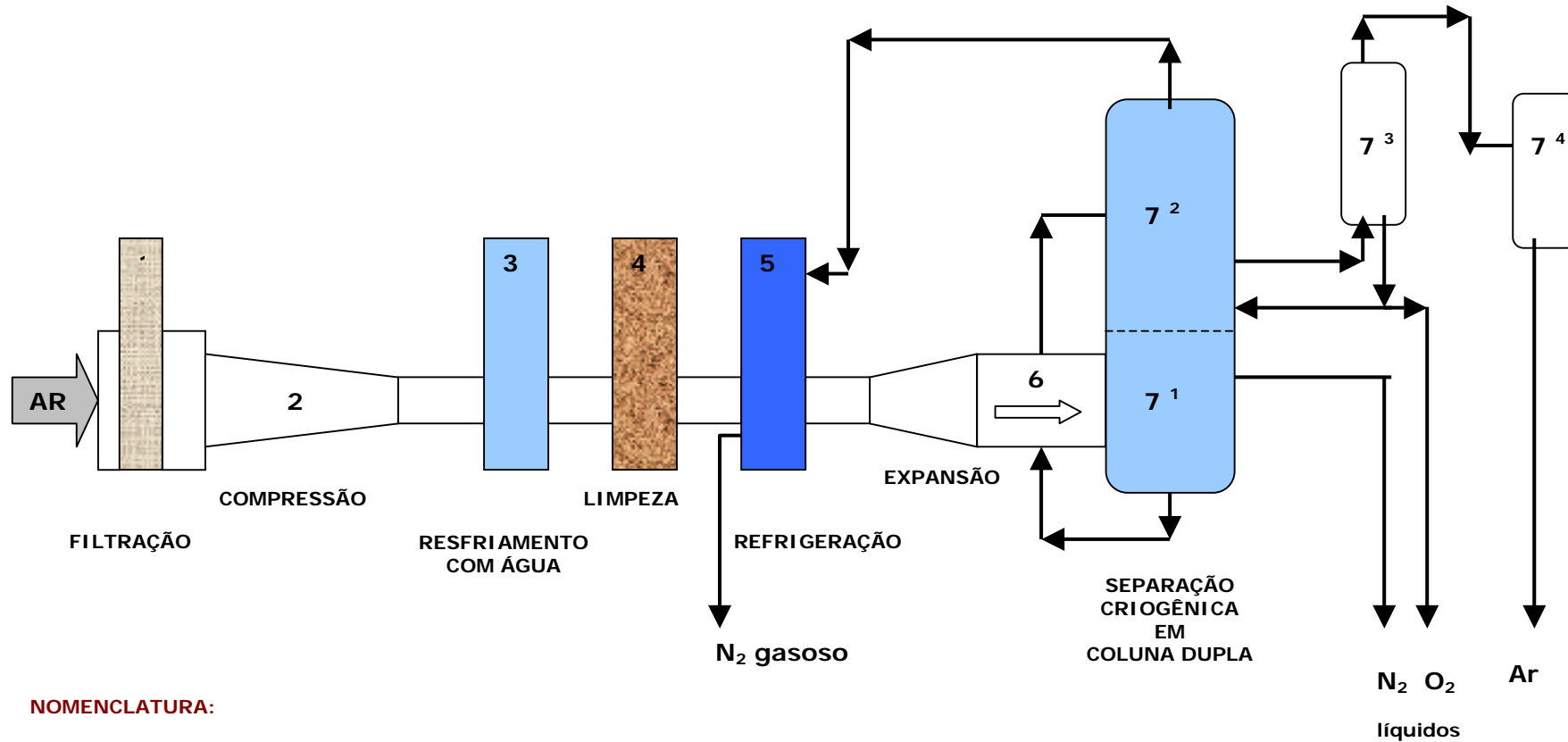


Figura 4: Fluxograma de beneficiamento da Pedreira Vigné

Produto	Dp mín, mm	Dp max, mm	Usos
Brita 3	32	63	Lastro ferroviário
Brita 2	22	32	Agregado em concreto, brita para base e sub-base de pavimentos
Brita 1	11	22	Concreto esbelto e bombeado
Pedrisco	4,8	11	Massa asfáltica
Pó de Pedra		4,8	Massa asfáltica
Bica Corrida		25	Aterros, etc.

A.2 – FRACIONAMENTO CRIOGÊNICO: PRODUÇÃO DE GASES LIQUEFEITOS DO AR

(adaptado de Guedes Filho, 1987)



NOMENCLATURA:

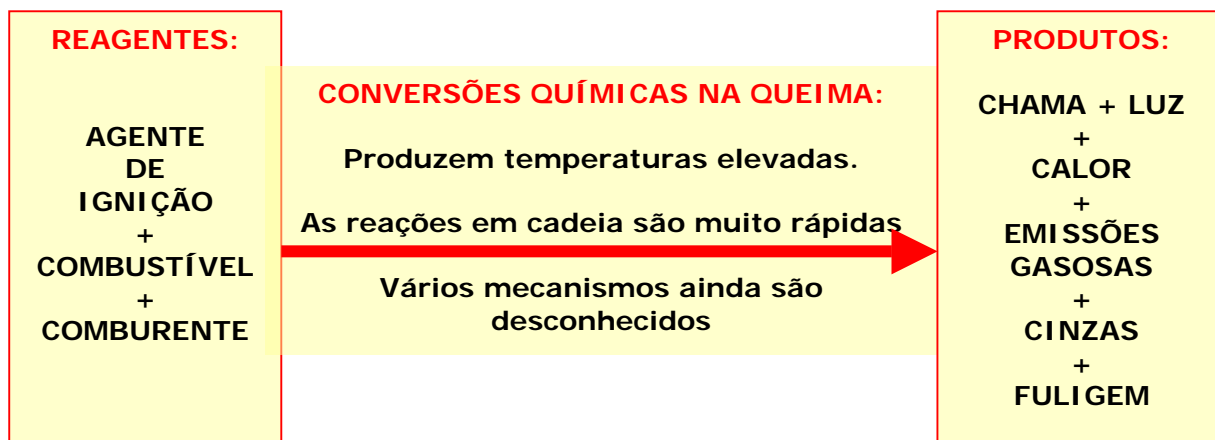
- 1 – FILTRO DE AR
- 2 – COMPRESSOR COM RESFRIADOR INTERMEDIÁRIO
- 3 – TROCADOR DE CALOR
- 4 – COLUNA ABSORVEDORA DE IMPUREZAS ORGÂNICAS (CO₂, HIDROCARBONETOS E VAPOR D'ÁGUA) CONTENDO PENEIRA MOLECULAR
- 5 – REFRIGERADOR
- 6 – MÁQUINA E VÁLVULA DE EXPANSÃO

- 7¹ – COLUNA RETIFICADORA DE N₂
- 7² – COLUNA RETIFICADOR DE O₂
- 7³ – COLUNA DE AR CRU
- 7⁴ – COLUNA DE AR PURIFICADO.

PROCESSO INORGÂNICO DIRETO EXOTÉRMICO

A COMBUSTÃO

(adaptado de Ferreira, 1975; Perry e Chilton, 1980; Kern, 1980)



ESTÁGIOS POSSÍVEIS NUMA COMBUSTÃO

(adaptado de Cooper, 1963)

<p>OXIDAÇÃO ou Queima Invisível</p>	<p>– é uma reação exotérmica lenta, cujo calor, se não for removido pode provocar uma queima visível.</p>
<p>IGNIÇÃO</p>	<p>- indica o início da queima visível, ou a detonação de uma explosão;</p> <p>- pode resultar de:</p> <p>(a) uma faísca;</p> <p>(b) uma chama pequena;</p> <p>(c) um aumento de temperatura no combustível..</p>
<p>QUEIMA VISÍVEL ou Inflamação</p>	<p>- é geralmente associada com calor ao rubro e chamas, cuja reação exotérmica é muito mais rápida que a oxidação.</p>
<p>CHAMA</p>	<p>- corresponde a propagação da ignição,</p> <p>- ocorre por:</p> <p>(a) combustão completa de gases, vapores e sólidos, ou</p> <p>(b) combustão incompleta de C para gerar CO.</p>
<p>EXPLOSÃO</p>	<p>- é uma reação exotérmica, auto-propagante, muito rápida, que atinge temperaturas elevadas.</p>

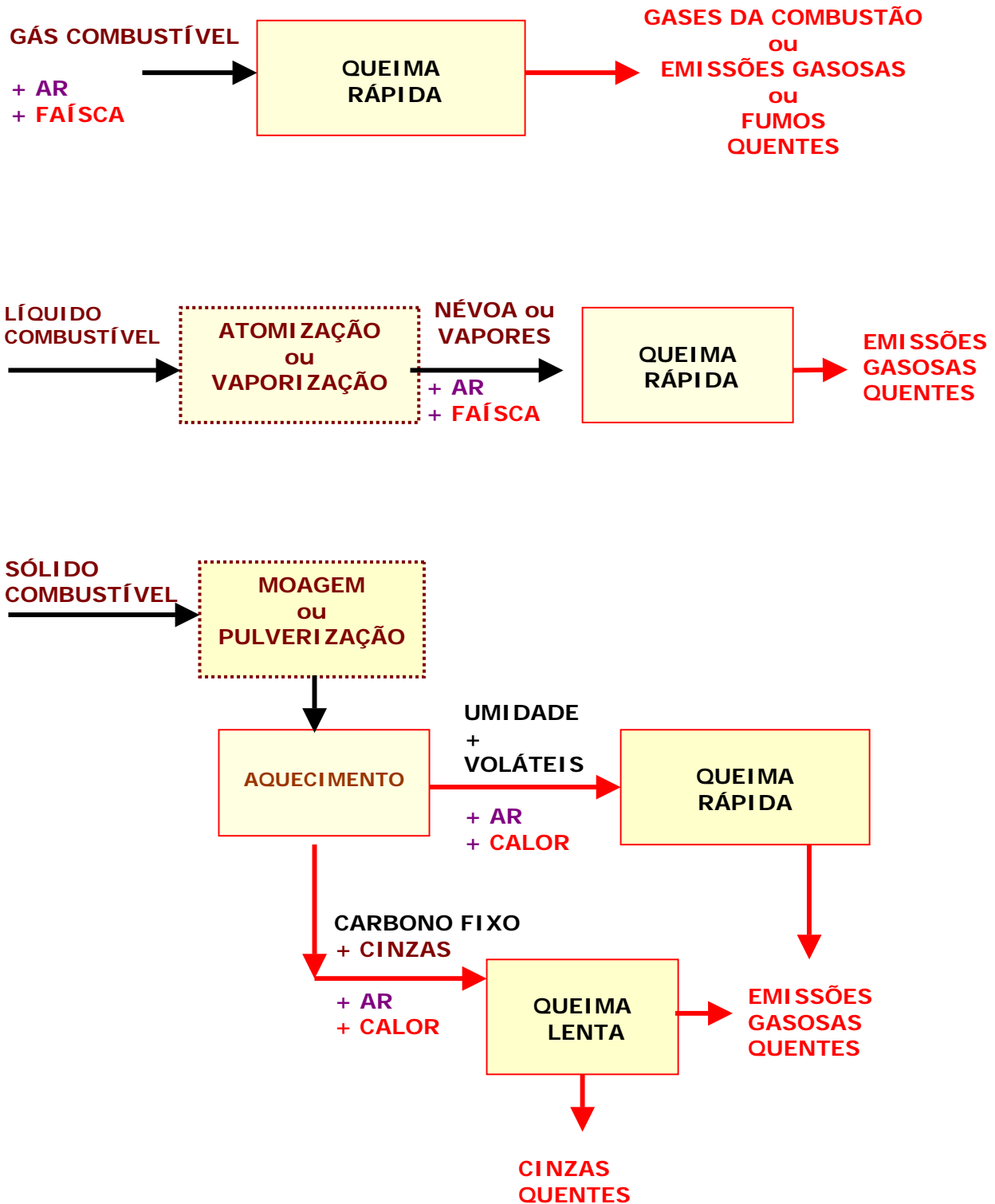
COOPER, T. - *An Introduction to Mining Chemistry* - Leonard Hill Books Limited, London, 1963.

FERREIRA, C.M. - *Combustão* - in: *Curso de Informação sobre Combustíveis e Combustão* - Instituto Brasileiro de Petróleo, Rio de Janeiro, 1975.

KERN, D.Q. - *Processos de Transmissão de Calor* - Trad. Adir M. Luiz, Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.

PERRY, R.H. e CHILTON, C.H. - *Manual de Engenharia Química*, 5ª - Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.

PROCESSOS BÁSICOS DE QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS INDUSTRIAIS



COMPONENTES DAS CHAMAS

A CHAMA

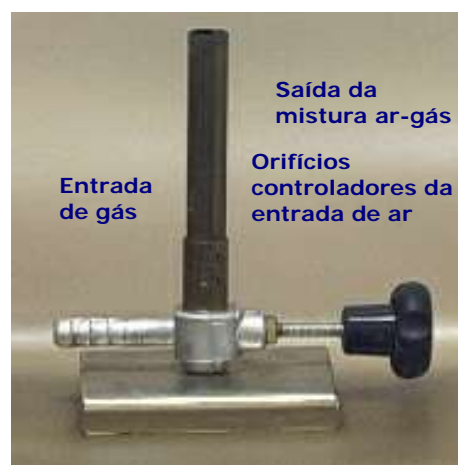
- É o volume espacial onde a oxidação se realiza.
- Resulta do movimento da massa incandescente.
- Pode ser luminosa ou não.



Na operação de um bico de Bunsen, fecha-se a entrada de ar.

Acende-se um fósforo acima do tubo de mistura. Abre-se a válvula para entrada do gás e surge uma chama grande e amarela*, que não consegue fundir diversas substâncias, pois as temperaturas obtidas são pouco elevadas.

Abrindo-se a entrada de ar do queimador obtém-se uma chama mais "quente" de cor azul, na qual o oxigênio mistura-se com o gás, tornando a queima deste mais eficiente, e obtém-se temperaturas elevadas.



A queima de um gás em bico de Bunsen revela:

- um cone interno azulado débil
 - onde ocorre a ignição inicial da mistura ar-gás;
- um cone interno brilhante (redutor)
 - onde ocorre a redução do C dos hidrocarbonetos do gás, e formação de partículas de C, que incandescem e brilham*.
- um manto externo azulado (oxidante)
 - produz a oxidação completa do gás pelo O₂ do ar.



* a incandescência das partículas de C é mais visível nas chamas amarelas, pois o ar primário foi cortado e apenas o ar secundário das vizinhas fornece o O₂ necessário à combustão completa.

Referências:

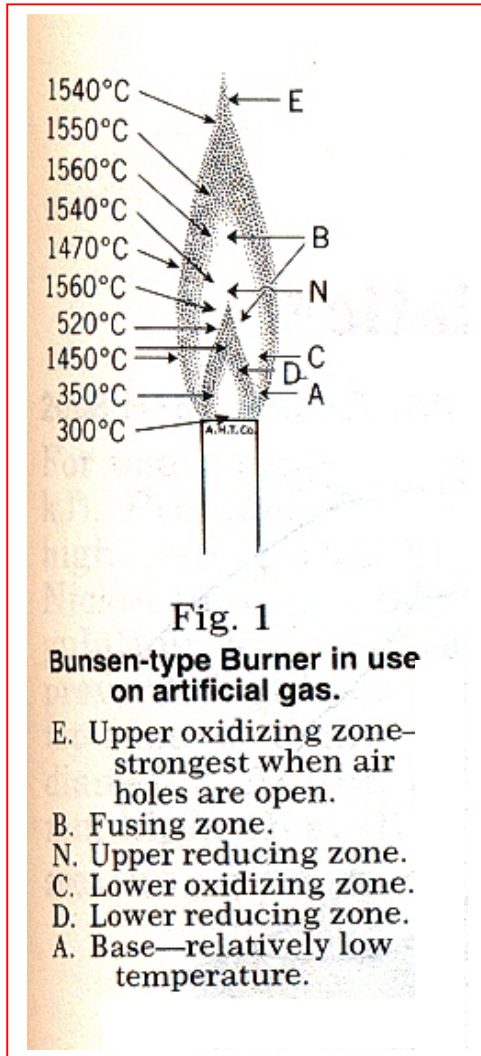
www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/historia/historia_bunsen.html

www.cdcc.usp.br

CARDOSO, A.J.C. - **Queima de Gases** - in: **Curso de Informação sobre Combustíveis e Combustão** - Instituto Brasileiro de Petróleo, Rio de Janeiro, 1975.

FERREIRA, C.M. - **Combustão** - in: **Curso de Informação sobre Combustíveis e Combustão** - Instituto Brasileiro de Petróleo, Rio de Janeiro, 1975.

ZAKON, D. e ZAKON, A. – **Chama da vela acesa** – fotografia original obtida em 01 de dezembro de 2005.



REGIÕES INTERNAS DA CHAMA NUM BICO DE BUNSEN QUEIMANDO GÁS ARTIFICIAL

A – TEMPERATURAS RELATIVAMENTE BAIXAS

- ocorrem na base da chama.

B – ZONA DE FUSÃO.

C - ZONA ou MANTO OXIDANTE INFERIOR

- está situado na borda mais externa.

D - ZONA REDUTORA INFERIOR

- está situada no cone interno azul;
- onde o gás mistura-se com o O₂ do ar;
- é uma zona redutora de menor poder

N - ZONA REDUTORA SUPERIOR

- ocorre no cone interno brilhante (redutor) e termina na ponta do cone interno azul
- é rica em carbono incandescente;
- é útil para reduzir incrustações de óxidos e para flambagem em Microbiologia.

E - ZONA OXIDANTE SUPERIOR

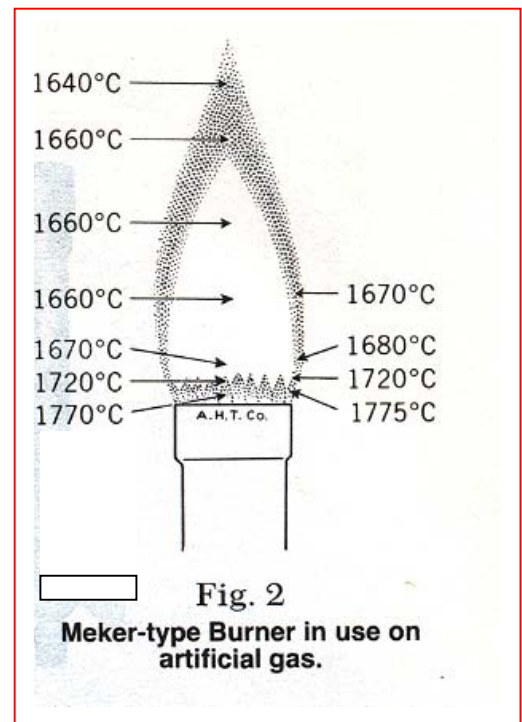
- é a ponta não-luminosa da chama;
- é usada nos processos de oxidação.

A grade do topo do bico de Meker produz temperaturas máximas nessa região e uma distribuição diferente do calor em sua chama com relação ao bico de Bunsen, conforme visto nas figuras 1 e 2.

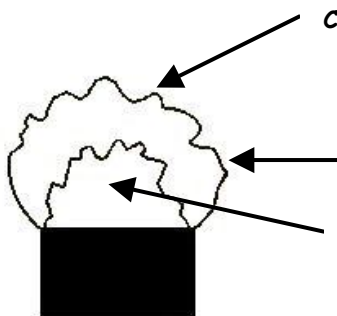
As temperaturas das chamas do bico de Bunsen são comparativamente menores.

A temperatura da chama do bico de Meker diminui gradativamente à medida que a chama se eleva, enquanto que a temperatura da chama do bico de Bunsen atinge um valor máximo no meio do percurso entre a base e a ponta da chama.

A diferença de temperatura nas regiões da chama do bico de Bunsen resulta principalmente das variações da composição dos gases queimados.



TIPOS DE CHAMAS FORMADAS EM QUEIMADORES DE GÁS



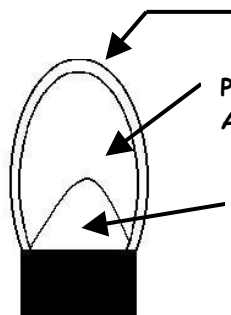
A - QUEIMA SEM INJEÇÃO DE AR

CONE DE COMBUSTÃO AMARELO

IGNIÇÃO IRREGULAR E INSTÁVEL

CONE DE IGNIÇÃO (GÁS NÃO QUEIMADO)

A queima é lenta. A chama é grande e luminosa. O cone interno se alonga e pode desaparecer. As temperaturas são maiores na periferia do cone de combustão, porém, relativamente baixas, em comparação com as seguintes. Sem ar primário, torna-se amarela.



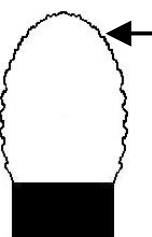
B – QUEIMA COM INJEÇÃO DE AR PRIMÁRIO

CONE EXTERNO MUITO QUENTE

PONTO DE TEMPERATURA MÁXIMA: AR PRIMÁRIO TODO CONSUMIDO.

CONE DE IGNIÇÃO ESTACIONÁRIO AZULADO: MISTURA INICIAL FRIA E NÃO INCENDIADA.

É rápida, irregular e estável. É menos luminosa. Quanto maior a proporção de ar (primário + secundário) para o gás, mais rápida será a combustão e menos luminosa será a chama.




C – QUEIMA COM INJEÇÃO CORRETA DE AR PRIMÁRIO

CONE DE COMBUSTÃO SUPERPOSTO AO DE IGNIÇÃO

A TEMPERATURA É MUITO ALTA E QUASE UNIFORME..

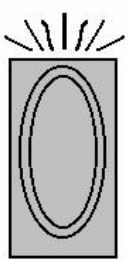
A chama é não-luminosa, quase-violeta. As velocidades de queima (chama) e de fluxo da mistura combustível-ar são iguais.



D - QUEIMA COM INJEÇÃO EXCESSIVA DE AR

CONE SUSPENSO DE COR VIOLETA

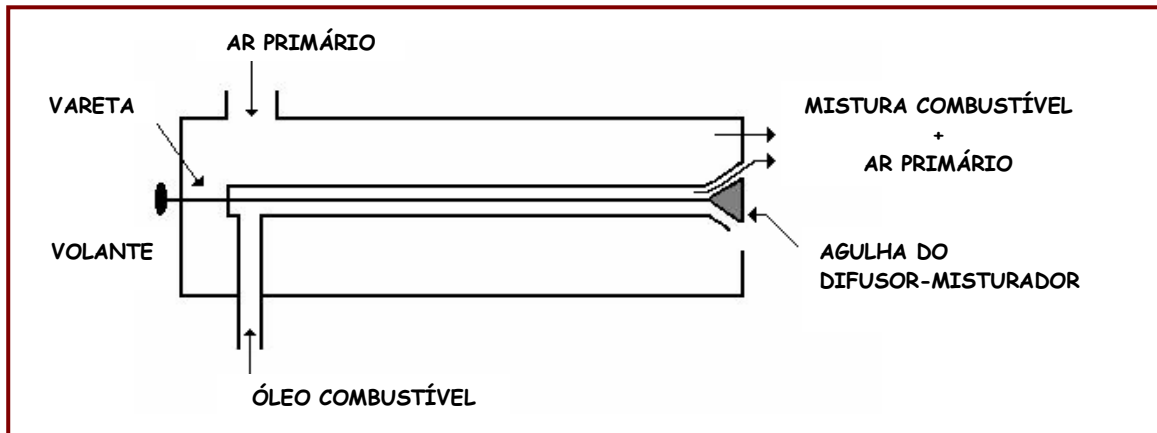
O deslocamento (“lift”) da chama de cor violeta provoca um ruído rouco característico. A combustão pode ser incompleta e formar CO ou aldeídos. A velocidade do fluxo da mistura ar-gás é maior do que a de queima (chama).



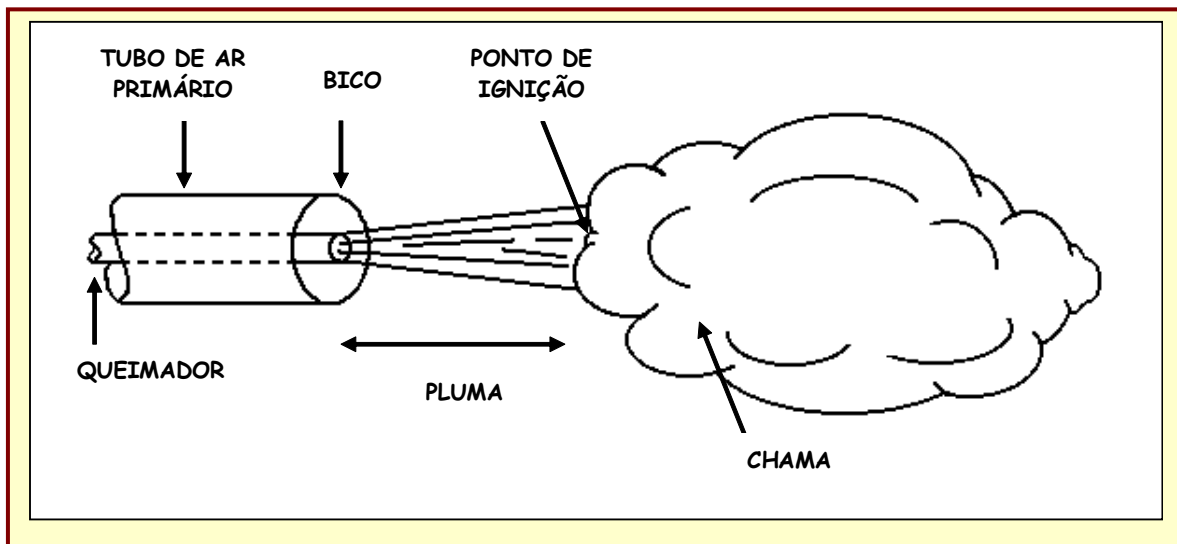
E – QUEIMA DENTRO DO COMBUSTOR

O retorno de chama ocorre quando a velocidade de queima na chama é maior do que a velocidade de mistura ar-gás.

COMPONENTES DE UM QUEIMADOR (MAÇARIÇO) DE UM FORNO DE CIMENTO OU CAL



CARACTERÍSTICAS COMUNS DAS CHAMAS TÍPICAS DE FORNOS ROTATÓRIOS



LUMINOSIDADE DE CHAMAS

COMBUSTÍVEIS GASOSOS	- geram CHAMAS NÃO-LUMINOSAS .
ÓLEOS COMBUSTÍVEIS	- geram CHAMAS LUMINOSAS , cuja intensidade depende do projeto do queimador, nível de pulverização (ou atomização) e do excesso de ar empregado.
CARVÕES PULVERIZADOS	- geram CHAMAS COM PARTÍCULAS INCANDESCENTES , mais luminosas que as de óleos combustíveis.

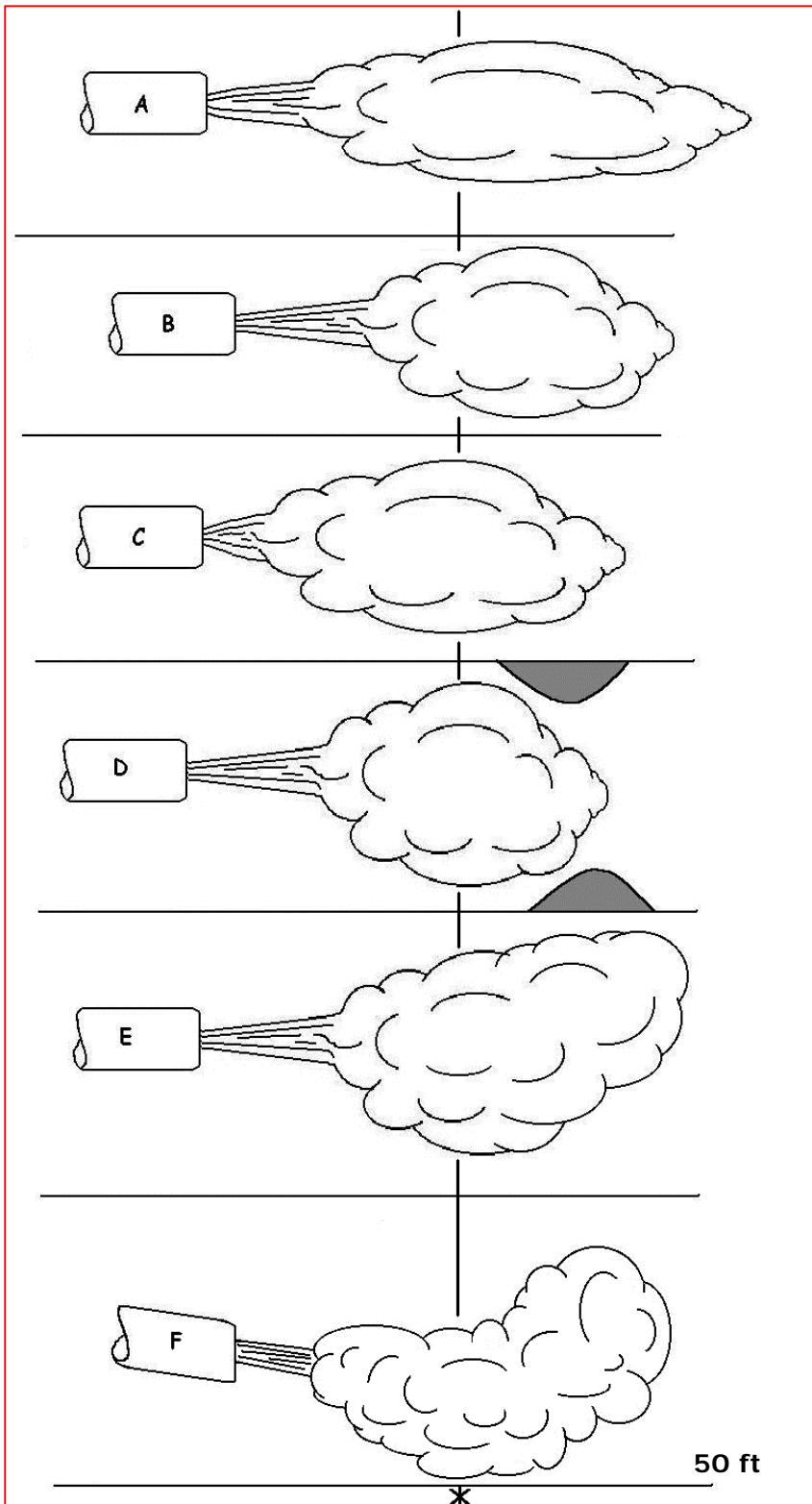
CORES E TEMPERATURAS DE OBJETOS AQUECIDOS

COR DE PAREDE DE FORNO OU CORPO-DE-PROVA	TEMPERATURA, °C
Vermelho escuro	700
Vermelho cereja incipiente	800
Vermelho brilhante	1.000
Alaranjado	1.100
Alaranjado brilhante	1.200
Branco	1.300
Branco brilhante	1.400
Branco ofuscante	1.500 - 1600

COR DE CHAMA	TEMPERATURA, °C
Vermelho débil (fraco)	475
Vermelho debil até escuro	475 a 650
Vermelho escuro até cereja	650 a 750
Vermelho cereja até cereja brilhante	750 a 825
Vermelho cereja brilhante até laranja	825 a 900
Laranja até amarelo	900 a 1090
Amarelo até amarelo débil	1.090 a 1320
Amarelo débil até branco	1.320 a 1540
Branco até branco ofuscante	Acima DE 1.540

TIPOS DE CHAMAS EM FORNOS CILÍNDRICOS DE CLINQUERIZAÇÃO

(Peray e Waddel, 1972)



CHAMA PREGUIÇOSA, LONGA:
SERVE PARA AQUECER O FORNO FRIO ANTES DE RECEBER A ALIMENTAÇÃO.

CHAMA LONGA

CHAMA FIRME: MELHOR FORMATO

CHAMA PERIGOSA: FAVORECE A ORMAÇÃO DO ANEL ORIUNDO DA COLAGEM, QUE OBSTRUI A SAÍDA DOS GASES.

CHAMA FLUTUANTE, PERIGOSA: ATACA OS TIJOLOS REFRAATÓRIOS

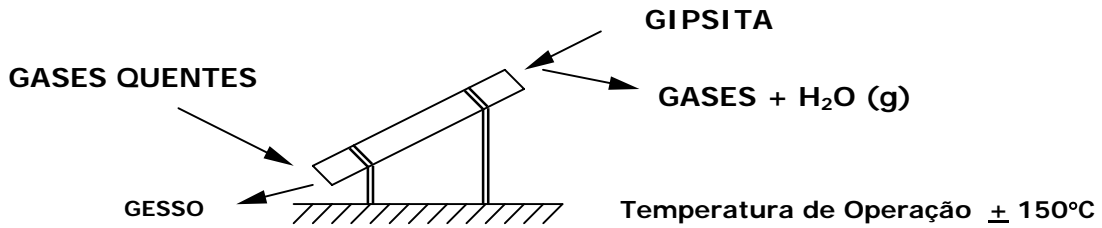
CHAMA FLUTUANTE, PERIGOSA: ATACA OS TIJOLOS REFRAATÓRIOS

DIMENSÕES TÍPICAS DAS CHAMAS:

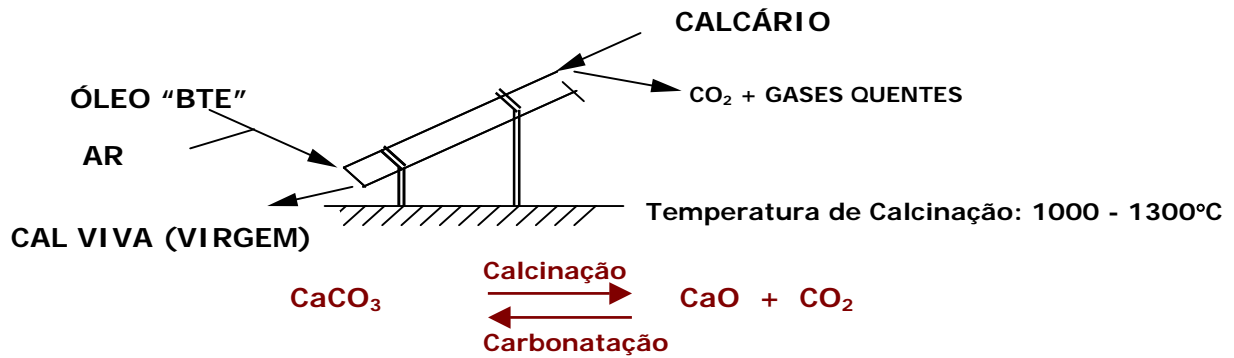
LONGA – maior que 10 m.
MÉDIA – mede entre 6 e 9 m.
CURTA – varia de 4 a 6m.

PROCESSOS INORGÂNICOS DIRETOS ENDOTÉRMICOS

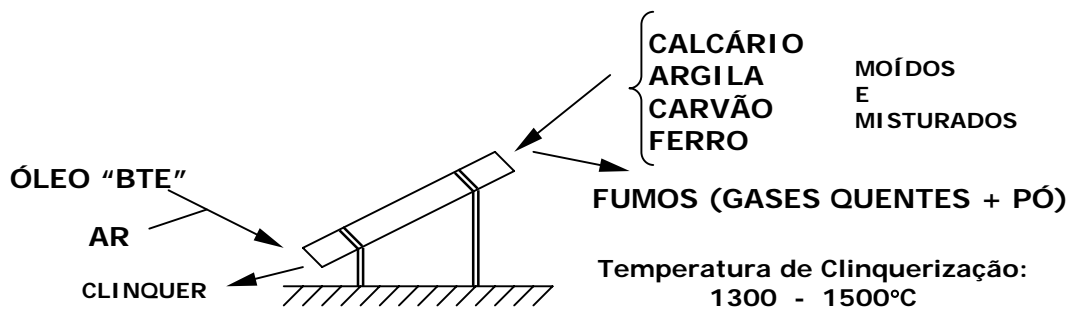
PRODUÇÃO DO GESSO




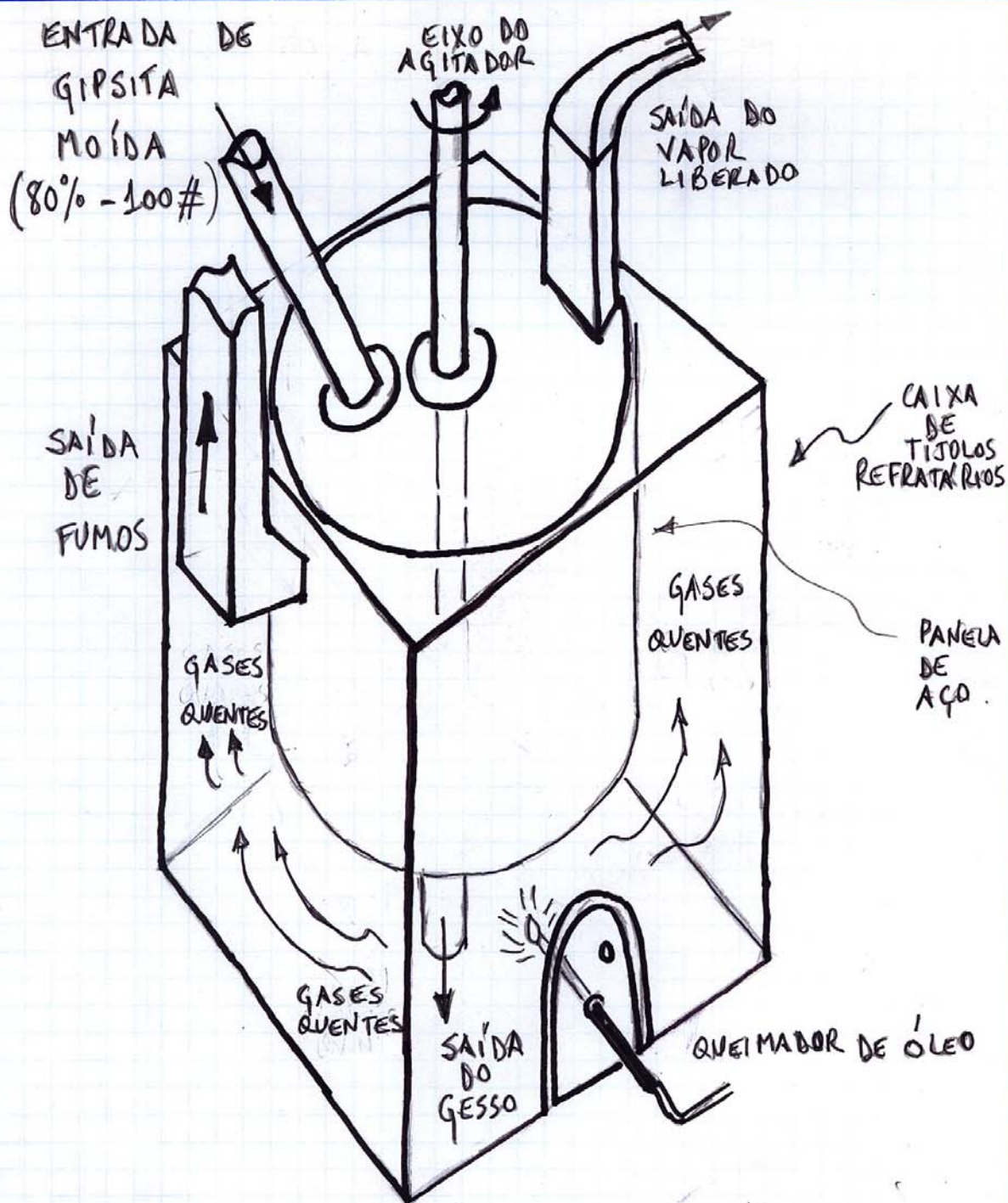
PRODUÇÃO DA CAL VIRGEM



PRODUÇÃO DO CIMENTO PORTLAND



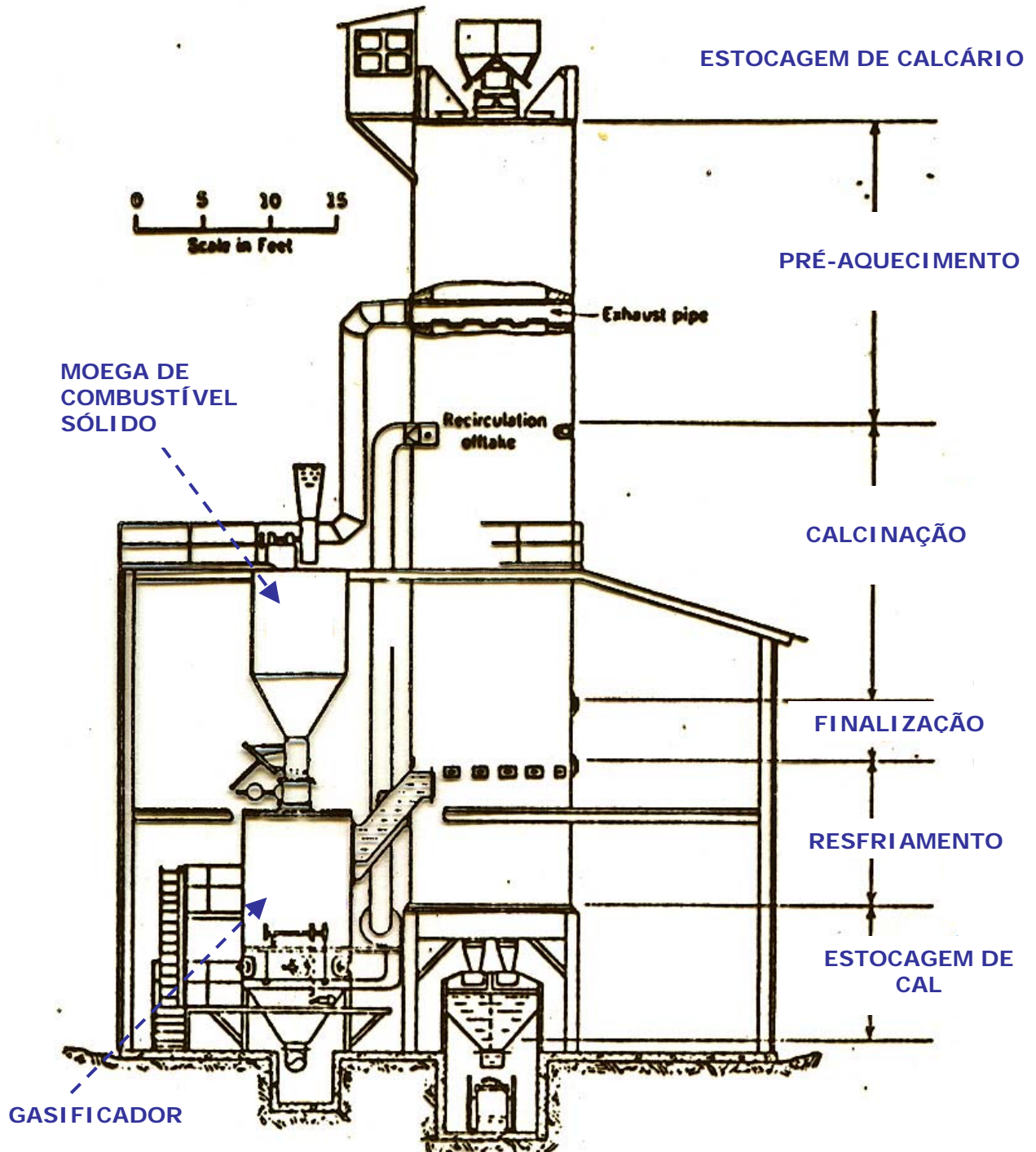
 <p>EQ UFRJ</p>	DISCIPLINA PROJETO: EQI-510 TECNOLOGIA INORGÂNICA	PAG. 1
	ASSUNTO: FORNO DE PANELA (MARMITA)	DATA: 10/5/89
	PROF. ABRAHAM ZAKON	



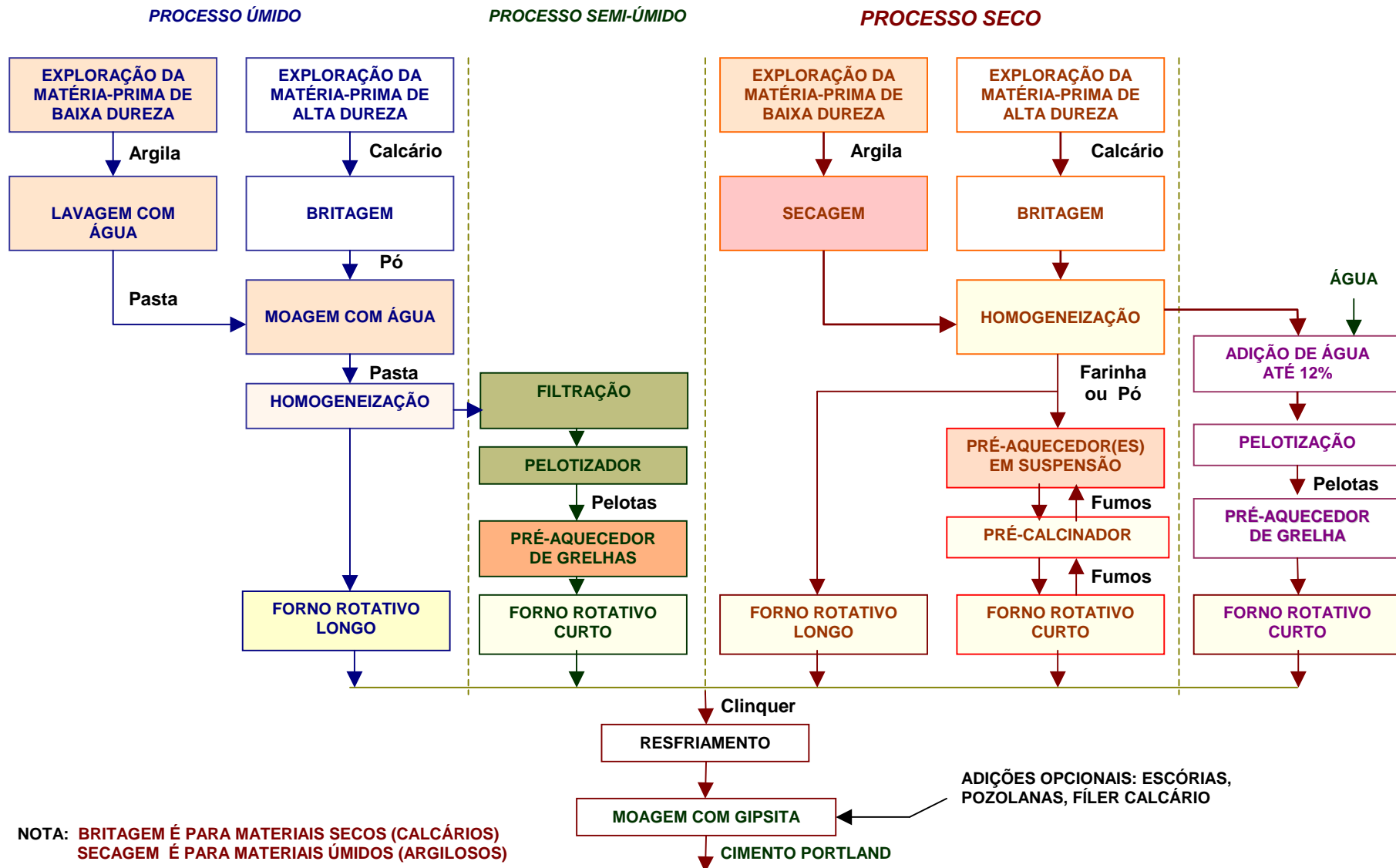
DIÂMETRO DA PANELA : ~ 2 a 4,5m
 ALTURA : ~ 2 a 4m
 CAPACIDADE : ~ 1 t/h

PROCESSOS INORGÂNICOS DIRETO E INDIRETO

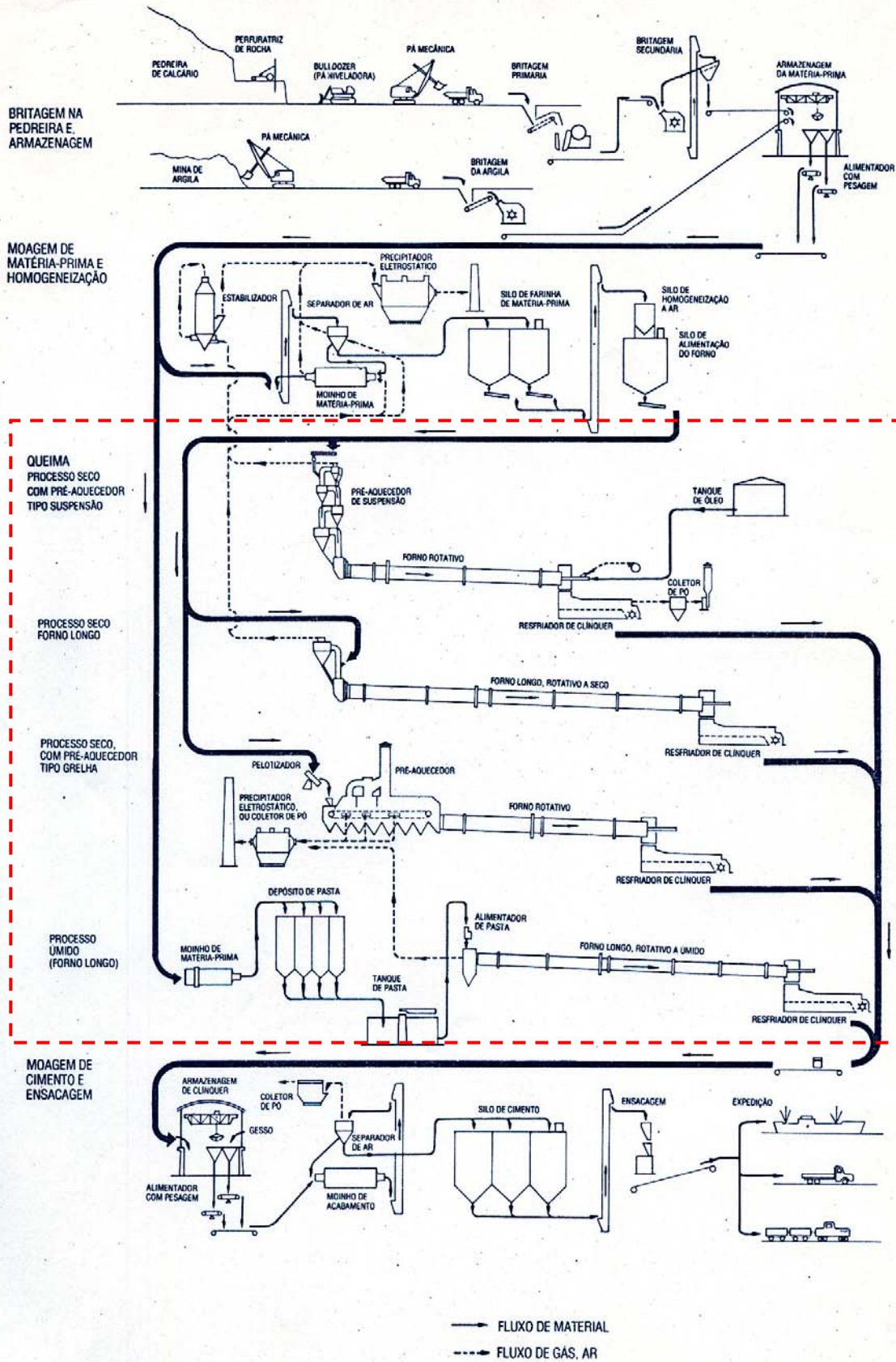
FORNO AZBE DE CALCOM GASIFICADOR



FABRICAÇÃO DE CIMENTOS PORTLAND – DA VIA ÚMIDA (DIRETA) PARA A VIA SECA (INDIRETA)



FLUXOGRAMA DA FÁBRICA DE CIMENTO



Sistema de pré-aquecedor de suspensão reforçado (RSP)

O processo RSP é caracterizado pelo forno de combustão e descarbonetação e pela câmara de mistura; ambos instalados na parte inferior de um pré-aquecedor de suspensão convencional (SP).

A farinha é alimentada pela parte superior do pré-aquecedor e desce, efetuando troca de calor com o gás proveniente do queimador do RSP e do forno. Daí, entra no ciclone C₂, onde é coletada e admitida para dentro do calcinador. O aquecimento no calcinador acelera a descarbonetação.

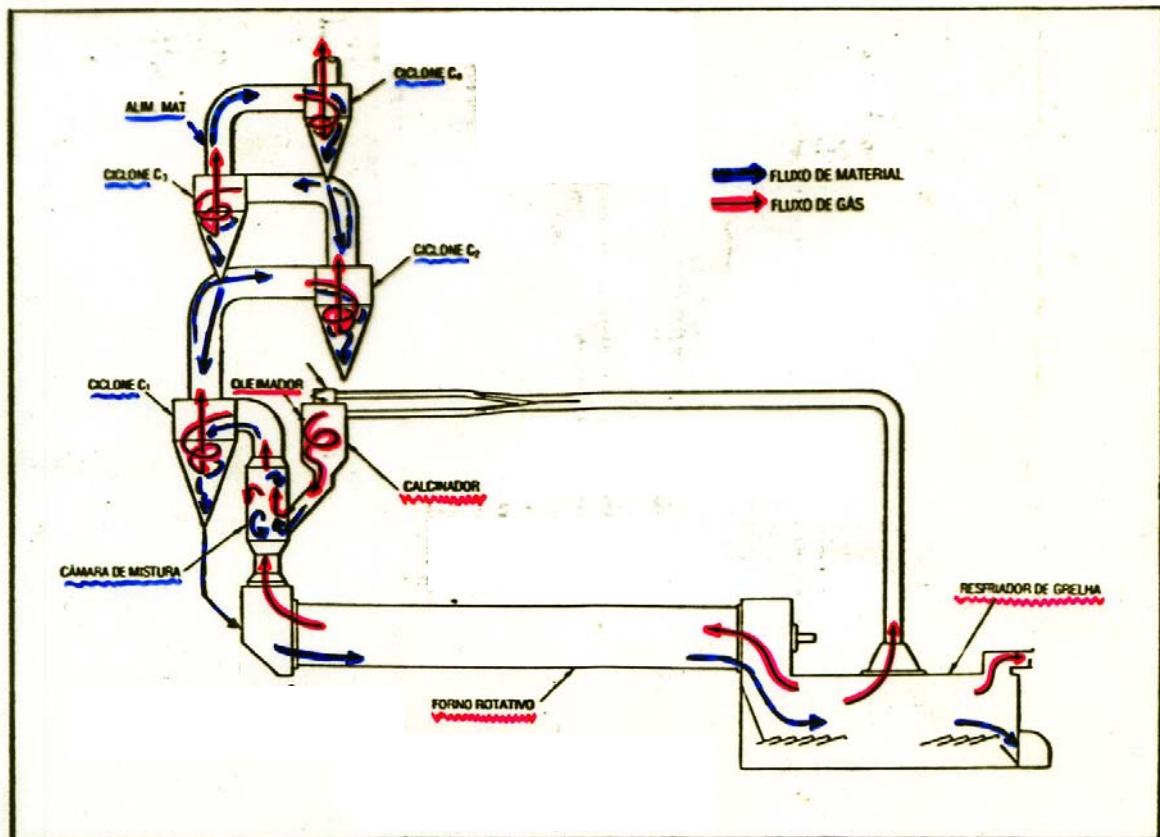
A farinha é misturada com o gás do forno na câmara de mistura, e a troca de calor é

completada antes de ser coletada no ciclone C₁. Tudo isto se processa enquanto a farinha está sendo calcinada.

Quando a farinha é transferida do C₁ para o forno, no processo RSP, adota-se a mesma temperatura do SP convencional, mas é conseguido um índice de descarbonetação muito elevado, de 85 a 95%.

Dai a calcinação no forno ser feita com muito menos consumo de calor.

Isto quer dizer que se exige do forno uma carga térmica menor, o que torna possível o emprego de um forno de tamanho reduzido



REAÇÕES QUÍMICAS POSSÍVEIS NUMA COMBUSTÃO INDUSTRIAL: ABORDAGEM CLÁSSICA

(Ferreira, 1982)

Combustível = f (C, H, S) → sólido ou líquido ou gasoso			
$C + O_2$	→	CO_2	combustão completa
$C + 1/2 O_2$	→	CO	combustão <i>incompleta</i>
$CO + 1/2 O_2$	→	CO_2	combustão completa
$H_2 + 1/2 O_2$	→	$H_2O (v)$	combustão completa (forma-se vapor d'água)
$S + O_2$	→	SO_2	combustão <i>incompleta</i>
$2S + 3O_2$	→	$2 SO_3$	combustão completa
$C_m H_n + ((4m + n)/4) O_2$	→	$m CO_2 + (n/2) H_2O$	combustão completa

Quando o oxigênio consumido é o necessário e suficiente para queimar completamente os elementos combustíveis, tem-se uma **reação estequiométrica** (ferreira, 1982). Quando a quantidade de oxigênio é maior, existe **excesso de oxigênio** e a atmosfera é considerada **oxidante**.

Na **falta de oxigênio**, não se realiza a combustão completa, a atmosfera é **redutora**, podendo formar-se C, CO, CO_2 , H_2 e vapor d'água e até partículas de cadeia muito longa com alto teor de carbono.

O teor de SO_3 formado, na maioria das vezes, é pequeno. O grande problema é que ao reagir com o vapor d'água, o SO_3 forma ácido sulfúrico gasoso (H_2SO_4), o qual pode condensar-se, dependendo das condições de temperatura dos gases, e provocar corrosão por ação ácida em partes metálicas do forno ou caldeira considerada.

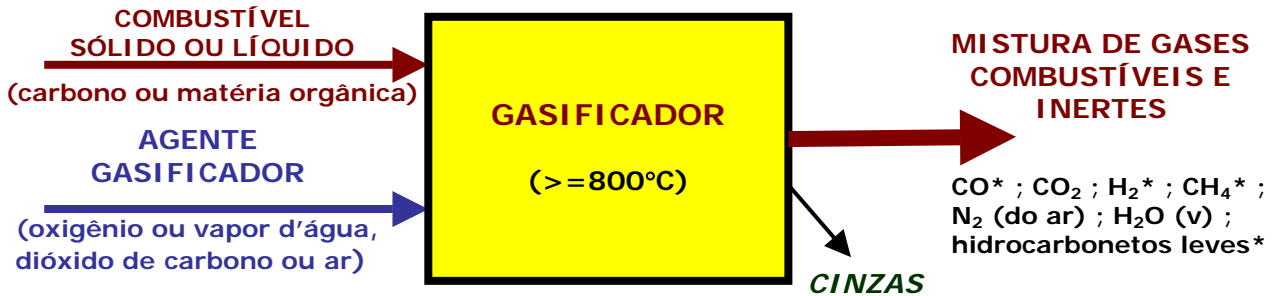
Para se gerar uma atmosfera com certa falta de ar, não é obrigatória a redução drástica do ar de combustão, condição que origina grande quantidade de fuligem, visível em numerosas instalações ou situações. Exemplos: em umbrais de portas e visores dos fornos de ceramistas ou num queimador Bunsen aceso (produzindo uma chama amarela) ou sobre a superfície das peças cerâmicas.

Na presença de ar atmosférico, as reações exotérmicas principais de uma combustão assumem o seguinte cenário estequiométrico (Franceschini, 1987):

PROCESSOS INORGÂNICOS INDIRECTOS

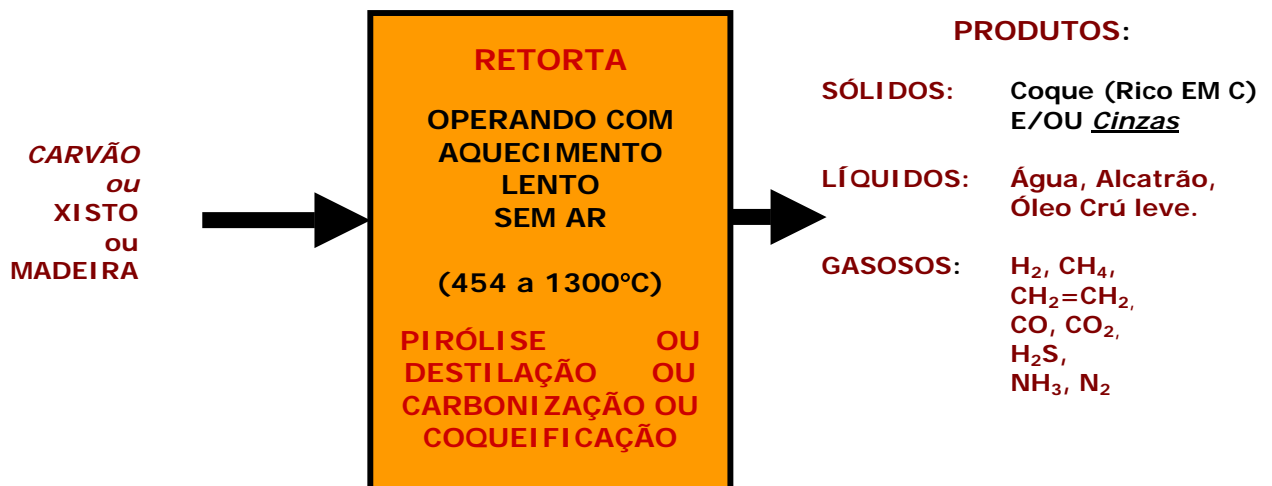
TERMODESTRUÇÃO OU CRAQUEAMENTO DE COMBUSTÍVEIS E MATERIAIS

(A) GASIFICAÇÃO DE MATERIAIS NÃO-COQUEIFICÁVEIS



Notas: O calor necessário à gaseificação provém da combustão de parte do gás combustível gerado
* Cada composto assinalado nos produtos gasosos é uma fração combustível gerada ou liberada

(B) PIRÓLISE OU DESTILAÇÃO DESTRUTIVA DE CARVÃO E SIMILARES (*INCLUSIVE INCINERAÇÃO DE LIXOS*)



PIRÓLISE – opera em atmosfera redutora.

GASIFICAÇÃO – ocorre em ambiente redutor ou oxidante.

FASES DA PIRÓLISE DE UM COMBUSTÍVEL SÓLIDO

(Maia, Wada e Bristoti (1984); Pêra (1966))

1ª - LIBERAÇÃO DE GASES E VAPORES

= < 100 °C - EVAPORAÇÃO DE ÁGUA SUPERFICIAL

= < 200 °C - EVAPORAÇÃO DE ÁGUA NOS CAPILARES +

DESSORÇÃO DE GASES RETIDOS DENTRO DOS POROS

2ª - DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA ATIVA

OU

DESGASIFICAÇÃO PRIMÁRIA DE 3/4 DA MATÉRIA VOLÁTIL ($\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{CH}_4$)

350 a 400 °C - INICIA-SE A RÁPIDA LIBERAÇÃO DE MV

450 °C - OCORRE VALOR MÁXIMO DA LIBERAÇÃO DE MV

>= 500 °C - DIMINUI RAPIDAMENTE A LIBERAÇÃO DE MV

3ª - DESGASIFICAÇÃO SECUNDÁRIA VIA CRAQUEAMENTO ("CRACKING"),

O AUMENTO DA TEMPERATURA ROMPE AS LIGAÇÕES ALIFÁTICAS ENTRE C's

>= 600 °C - ROMPEM-SE AS LIGAÇÕES ENTRE C E H

- COMPOSTOS HETEROCÍCLICOS GERAM COMPOSTOS AROMÁTICOS

- DIMINUI A MASSA MOLECULAR MÉDIA DOS PRODUTOS,

FORMANDO-SE ÁGUA, CO, H₂, CH₄ E OUTROS CH'S

Observação: A primeira etapa acima é típica das queimas de sólidos porosos e dos folhelhos (os quais possuem estrutura cristalina em camadas)

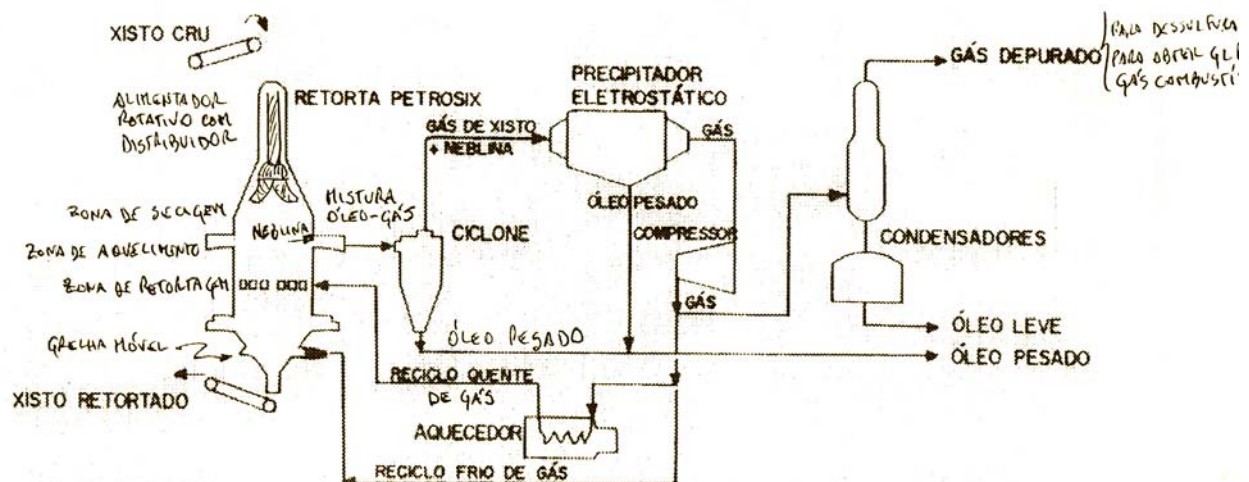
PROCESSOS INDUSTRIAIS DE PIRÓLISE OU CARBONIZAÇÃO OU COQUEIFICAÇÃO

(adaptado de Shreve e Brink, Jr., 1980)

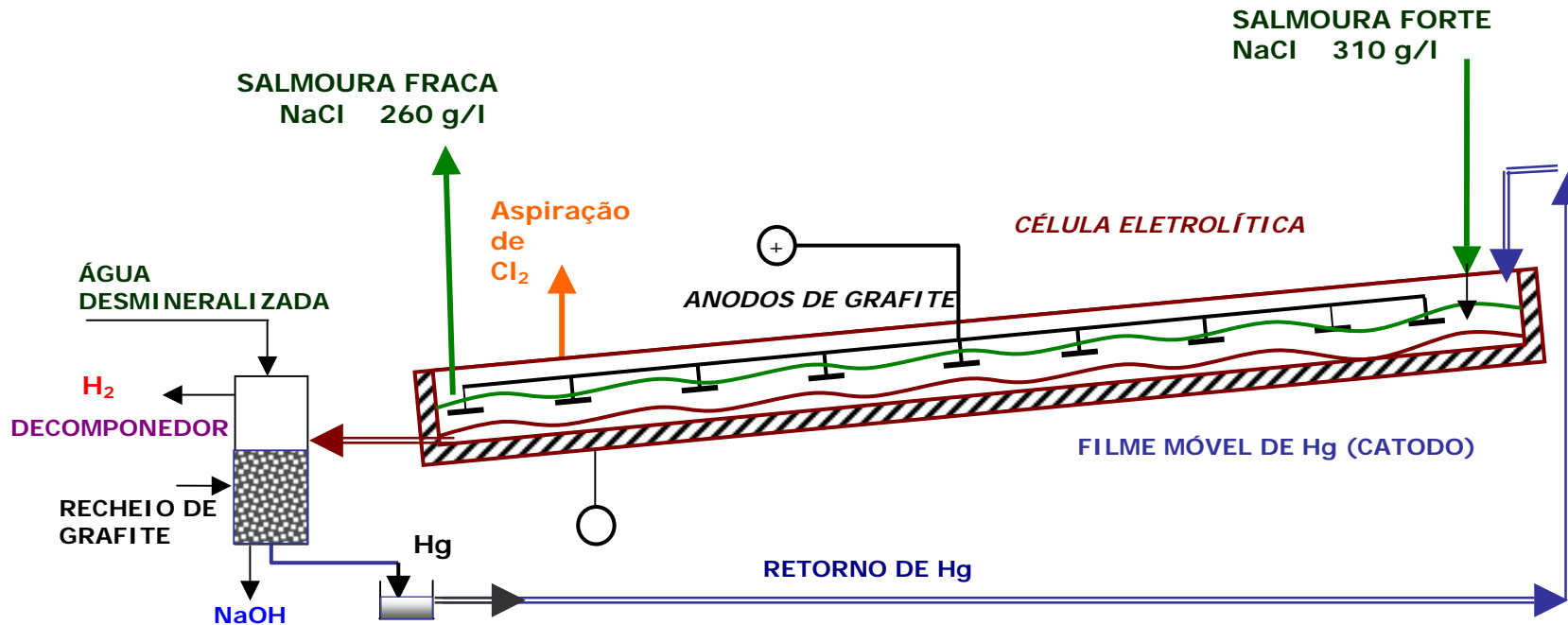
- Em temperaturas baixas - - 454 a 704 °C
 - FORMA-SE PEQUENA QUANTIDADE DE PRODUTOS GASOSOS;
PREDOMINAM OS PRODUTOS LÍQUIDOS.
- EM TEMPERATURAS ALTAS - - 900 a 982 °C (a CSN opera a Coqueria em 1300 °C)
 - QUANDO APLICÁVEL A CARVÃO BETUMINOSO,
OCORRE MAIOR RENDIMENTO DOS PRODUTOS GASOSOS,
E PEQUENA PRODUÇÃO DE ALCATRÃO.
 - O RESFRIAMENTO DO COQUE É FEITO COM ÁGUA.

PROCESSO PETROSIX PARA PIRÓLISE DO XISTO NATURAL

(Zakon, 2003)



CÉLULA ELETROLÍTICA DE AMÁLGAMA ACOPLADA A UM DECOMPONEDOR PARA A ELETRÓLISE DE SALMOURA DE NaCl



REAÇÕES NO DECOMPONEDOR:



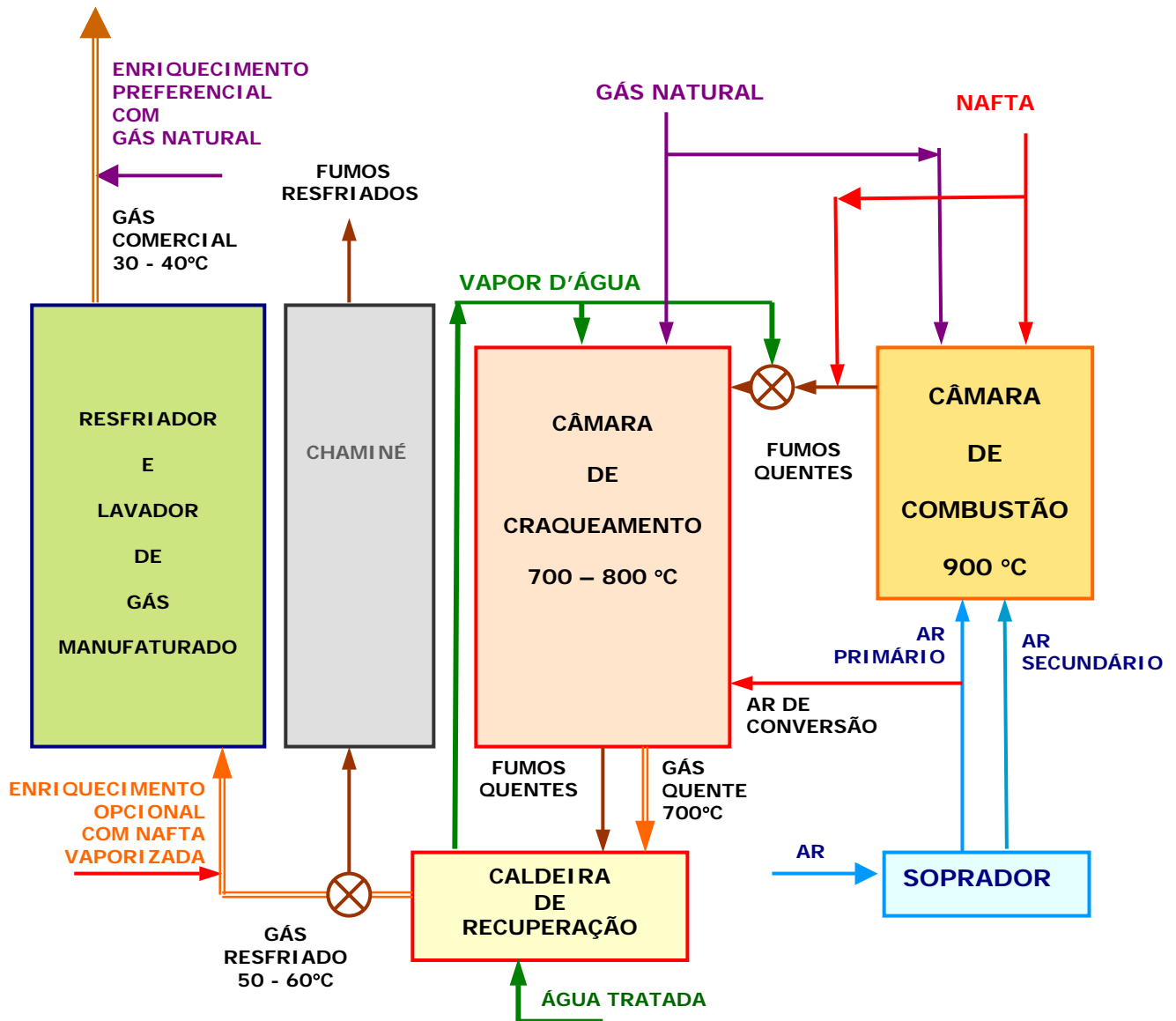
ELETROLITO NO DECOMPONEDOR: NaOH



AMÁLGAMA DE SÓDIO

UNIDADE CÍCLICA DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO

SISTEMA "ONIA - GEGI"



CICLO OPERACIONAL:

1ª FASE – AQUECIMENTO COM GASES DA COMBUSTÃO (CHAMINÉ ABERTA)

2ª FASE – CRAQUEAMENTO (CHAMINÉ FECHADA)

AQUECIMENTO PREFERENCIAL: COM GÁS NATURAL

CATALISADOR: ÓXIDO DE NÍQUEL EM SUPORTE CERÂMICO DE ALUMINA

OBTENÇÃO INDUSTRIAL DO CARBONATO DE CÁLCIO PRECIPITADO

