Processo Bayer

Bauxita

Alumina

Resumo histórico

1808 Sir Humphry Davy (Britânico) estabelece a existência do alumínio e o nomeia.

1821 P. Berthier (França) descobre um material avermelhado, com aspecto de argila e que contém cerca de 52 por cento de óxido de alumínio perto da vila chamada Les Baux no sul da França. Ele denominou este material Bauxita.

1825 Hans Christian Oersted (Dinamarca) produz pequenas quantidades de alumínio a partir da reação de um amalgama de potássio com cloreto de alumínio seguida da destilação do mercúrio.

1827 Friedrich Wöhler (Alemanha) desenvolve o processo de produção de alumínio em pó a partir da reação de cloreto de alumínio e potássio.

Resumo histórico

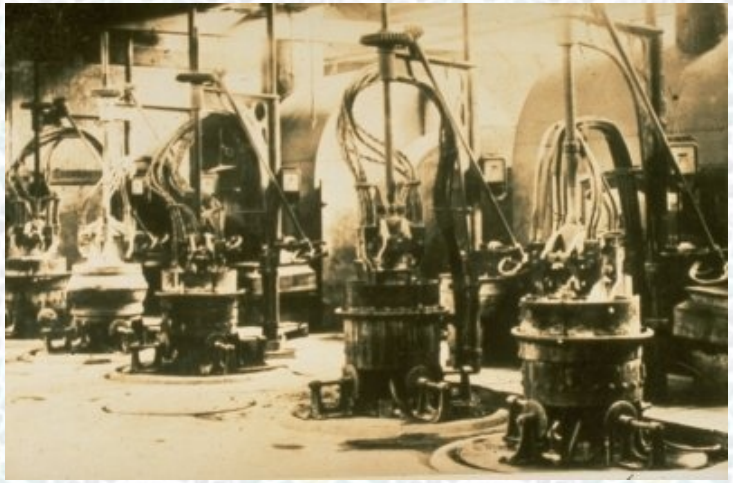
1854 Henri Sainte-Claire Deville (França) aperfeiçoa o processo de Wöhler e cria o primeiro processo comercial de produção de alumínio. Inicialmente o preço do alumínio produzido era maior do que o da platina e do ouro.

1886 Paul Louis Toussaint Héroult (França) e Charles Martin Hall (USA), independentemente e simultaneamente inventam o processo de eletrólise ígnea, denominado Hall-Héroult.

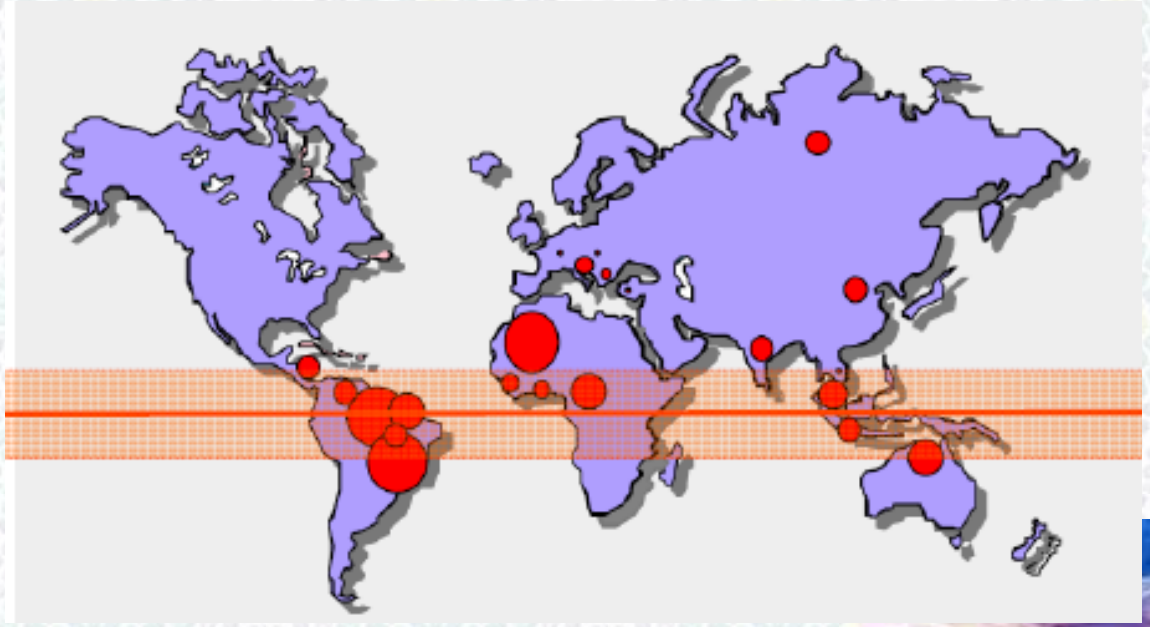
1889 Karl Josef Bayer (Áustria) inventa o processo Bayer para produção de alumina a partir da bauxita.

Heroult

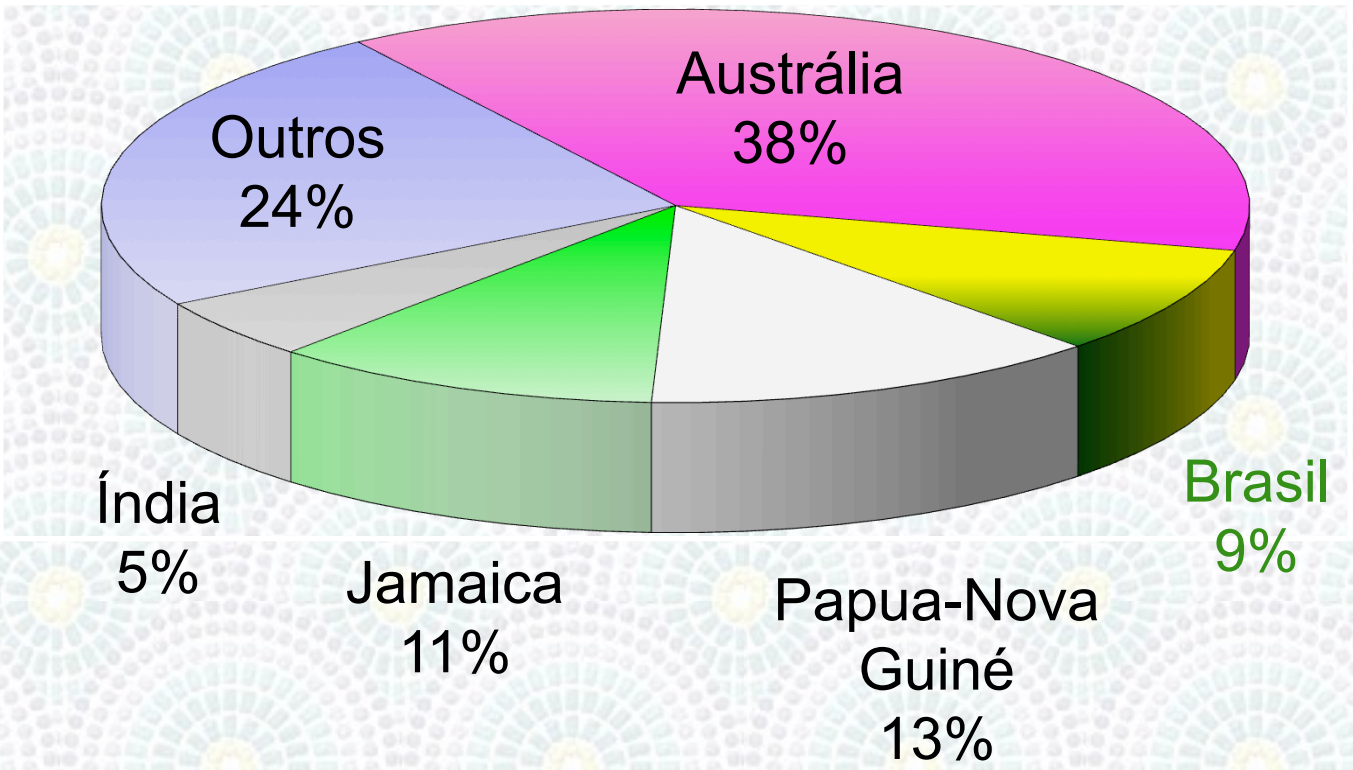
Hall



Mineração de bauxita no mundo



Bauxita


Austrália
38%
Outros
24%
Índia
5%
Jamaica
11%
Papua-Nova
Guiné
13%
Brasil
9%

Bauxita

Composição	2003	2004	2005
Produção	18.457,0	20.948,8	22.034,6
Alcan Alumínio do Brasil Ltda – MG	416,0	437,0	-
Alcoa Alumínio S.A. – MG	797,8	788,5	1.068,2
CBA – Cia. Brasileira de Alumínio – SP	2.142,9	2.232,7	2.461,2
MRN – Mineração Rio do Norte S.A. – PA	14.405,6	16.749,1	17.211,4
Novelis do Brasil Ltda – MG	-	-	451,7
Outros	694,7	741,5	842,1
Importações	17,7	36,5	46,6
Consumo Doméstico	11.715,0	12.564,1	13.043,2
Usos metálicos	11.035,3	11.861,1	12.200,2
Outros usos	679,7	703,0	843,0
Exportações	**4.705,8**	**7.290,5**	**7.508,7**

Alumina

Composição	2003	2004	2005
Produção	4.713,8	**5.126,5**	**5.191,1**
Alcan Alumínio do Brasil Ltda	265,9	271,7	137,3
- Ouro Preto - MG	131,8	132,2	-
- São Luís – MA	134,1	139,5	137,3
Alcoa Alumínio S.A.	1.013,1	1.074,3	1.105,1
- Poços de Caldas - MG-	288,9	321,2	363,8
- São Luís – MA	724,2	753,1	741,3
Alunorte - Alumina do Norte do Brasil S.A. - PA	2.323,4	2.548,3	2.570,2
BHP Billiton Metais S.A. - MA	482,8	502,3	484,2
CBA - Cia. Brasileira de Alumínio - SP	628,6	729,9	771,0
Novelis Brasil Ltda - MG	-	-	123,3
Importações	5,9	8,0	35,5
Consumo doméstico	2.827,1	3.003,6	3.019,5
Usos metálicos	2.648,8	2.820,4	2.886,1
Outros usos	178,3	183,2	133,4
Exportações	**1.833,3**	**1.921,4**	**2.327,1**

Bauxita

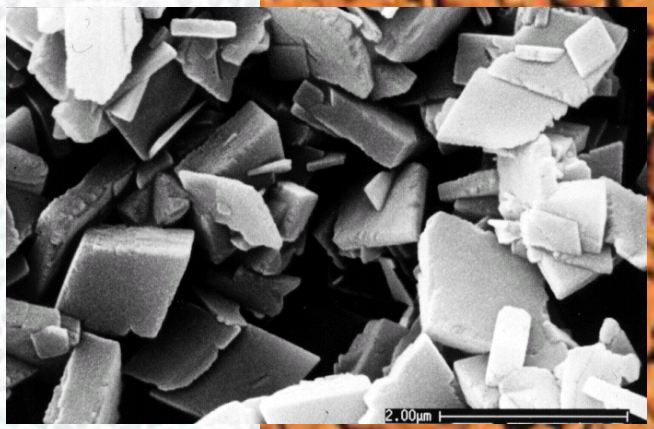
- Diásporo $Al_2O_3.\ H_2O$ (Al_2O_3 -α)
- Boehmita $Al_2O_3.H_2O$ (Al_2O_3-β)
- Gibbsita $Al_2O_3.3H_2O$
- Kaolinita $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$
- Nephelina $(Na,K)_2\ O.Al_2O_3.\ SiO_2$
- Cyanita $Al_2O_3.SiO_2$
- Alumogel $Al_2O_3.n\ H_2O$

Principais impurezas

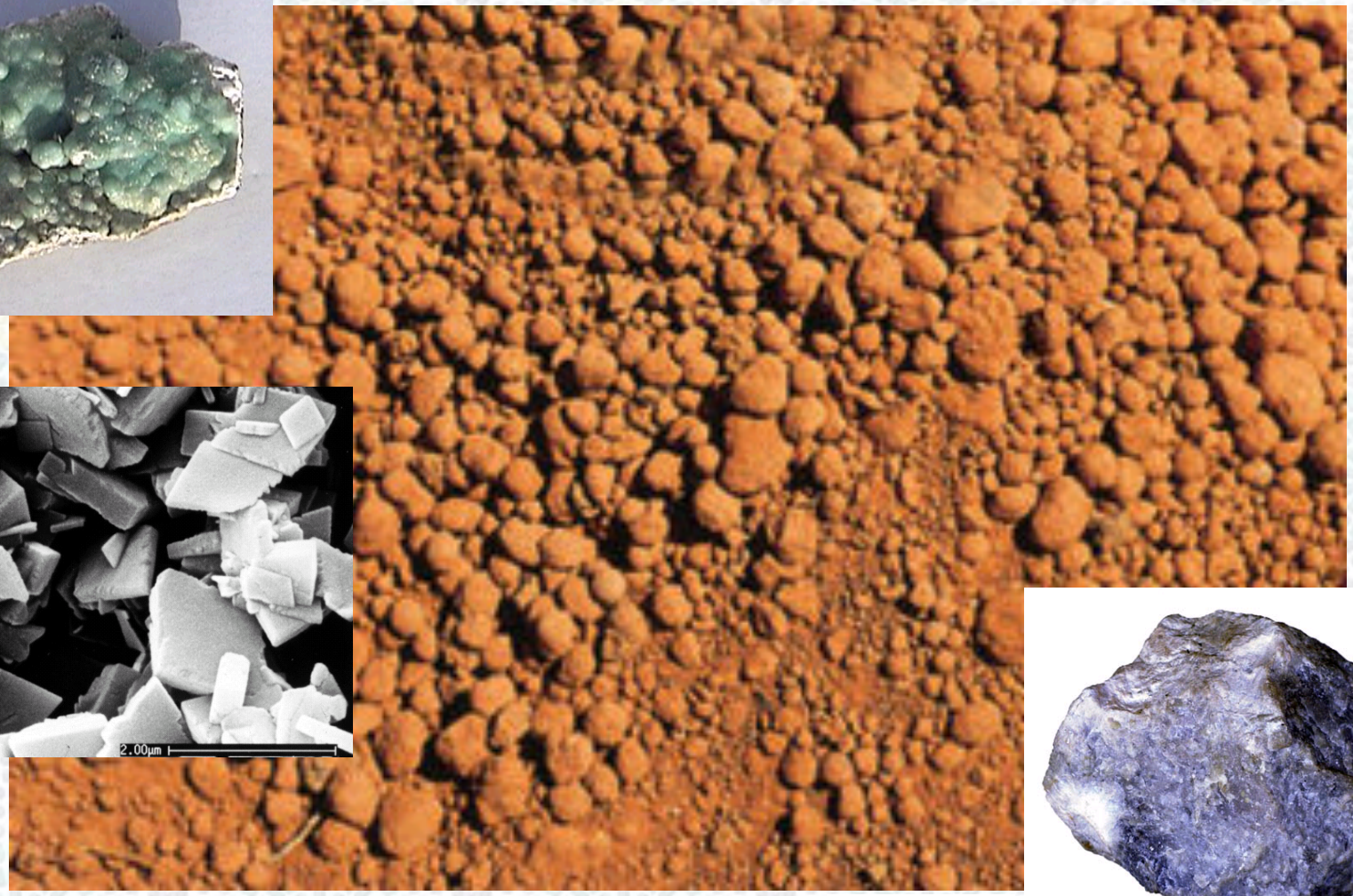
- Fe
- Si
- Ti
- V
- Cr
- Ga

Bauxita

gibbsita



boehmita



Bauxita

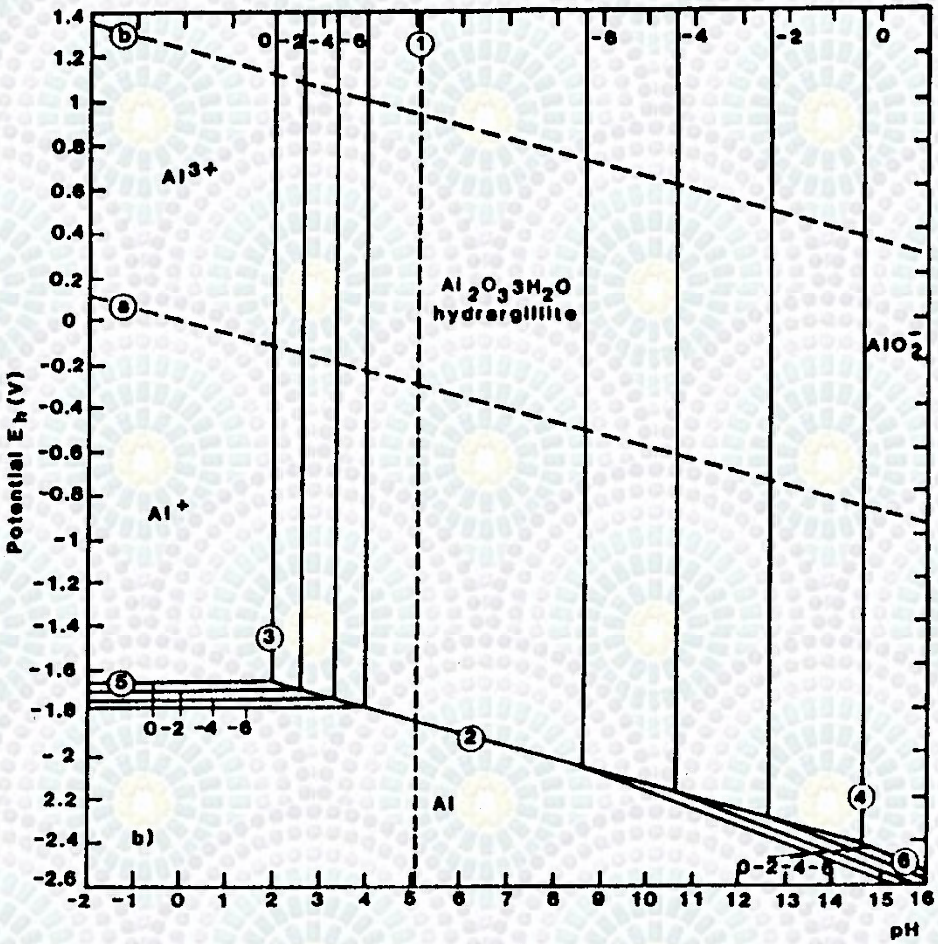
diasporo

Bauxita

Ocorrência	Perda ao fogo	SiO_2		Fe_2O_3	TiO_2	Al_2O_3	
		$SiO_{2\ t}$	$SiO_{2\ r}$			$Al_2O_{2\ t}$	$Al_2O_{3\ d}$
Morro do Cruzeiro (MG)	30,0	4,50	4,50	8,0	2,80	52,00	46,60
P.Caldas CBA	28,7	4,0	4,0	7,6	0,9	58,20	53,40
P.Caldas (1956)	28,72	4,08	4,08	7,71	0,77	58,30	53,40
Lages (SC)	33,7	5,2	5,11	7,40	1,15	51,25	45,12
Trombetas (PA) (Nodular)	27,8	7,10	6,80	8,20	1,4	55,5	47,34
Trombetas (PA) (compacta)	28,6	4,80	4,60	9,40	1,3	55,9	50,38

Digestão

Diagramas de Pourbaix



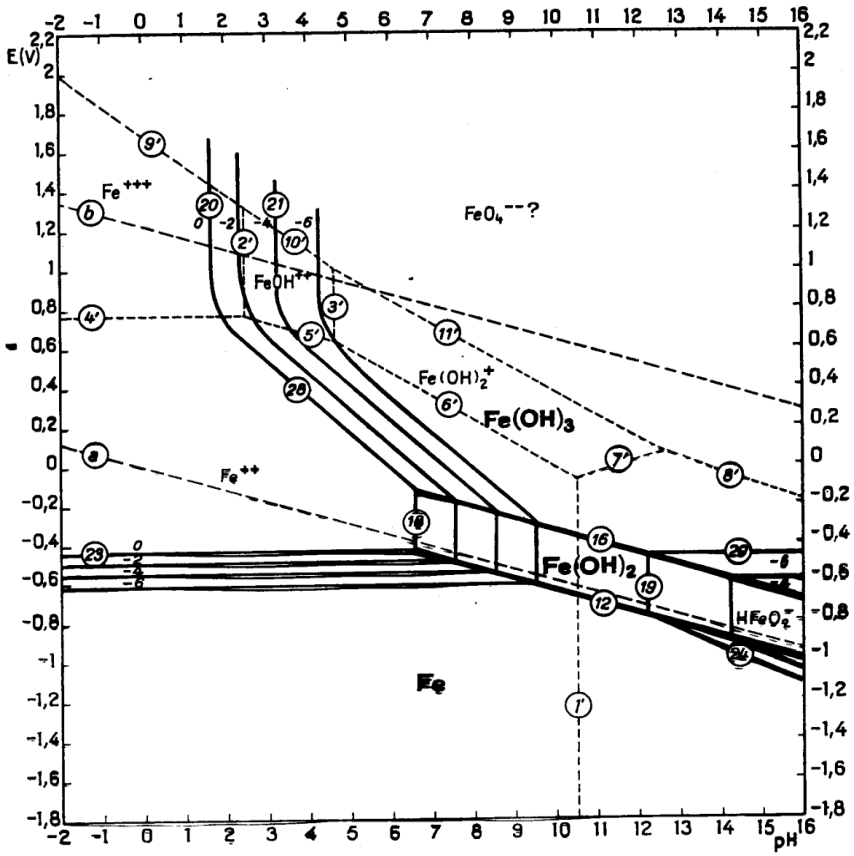
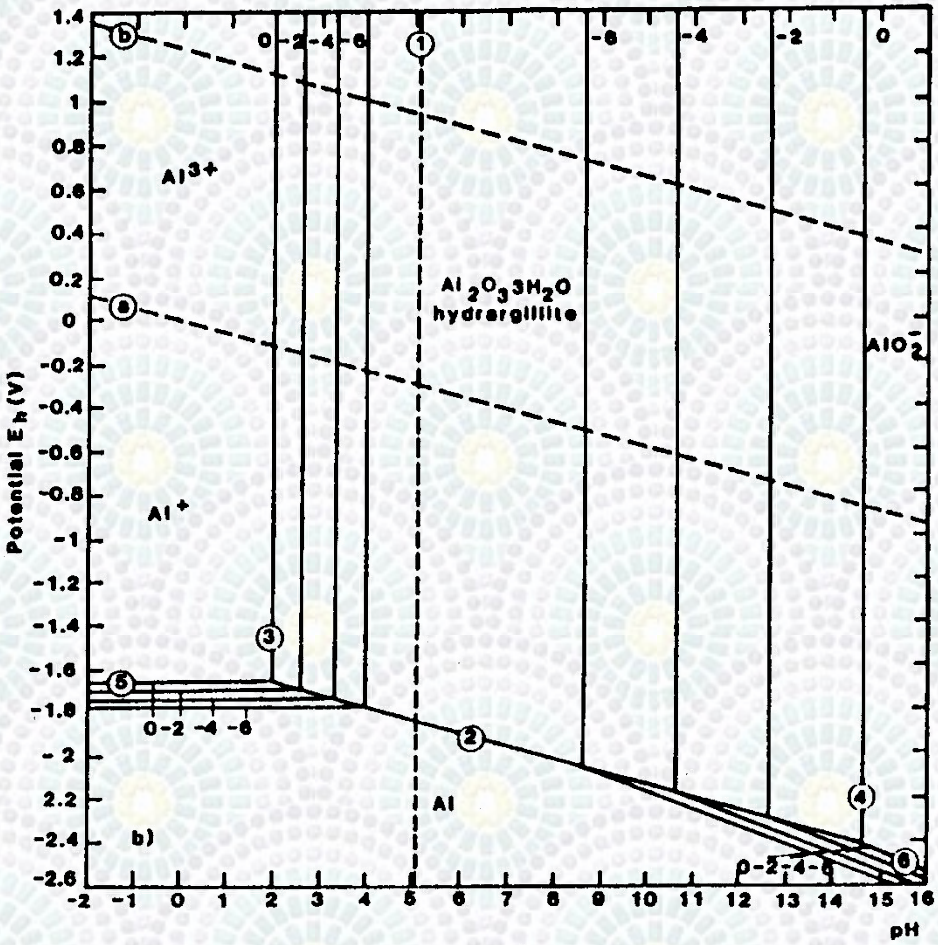


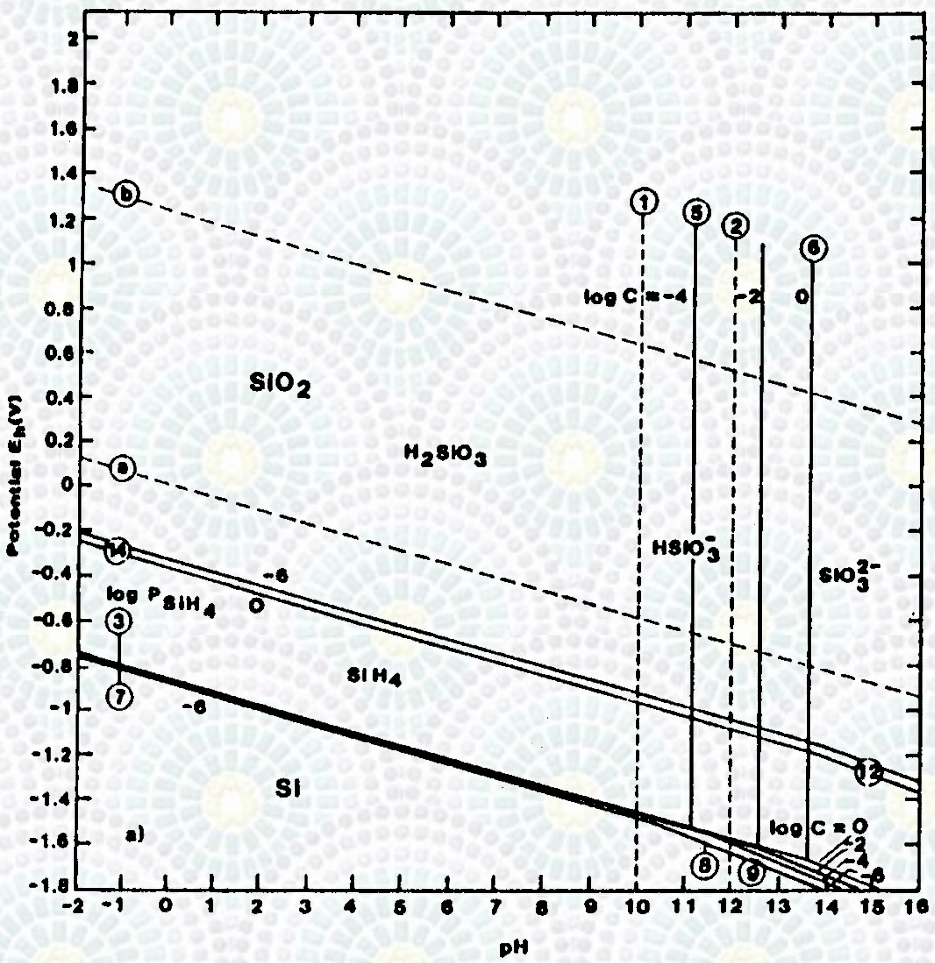
FIG. 5. Potential–pH equilibrium diagram for the system iron–water, at 25°C [considering as solid substances only Fe, $Fe(OH)_2$ and $Fe(OH)_3$].

T

Digestão

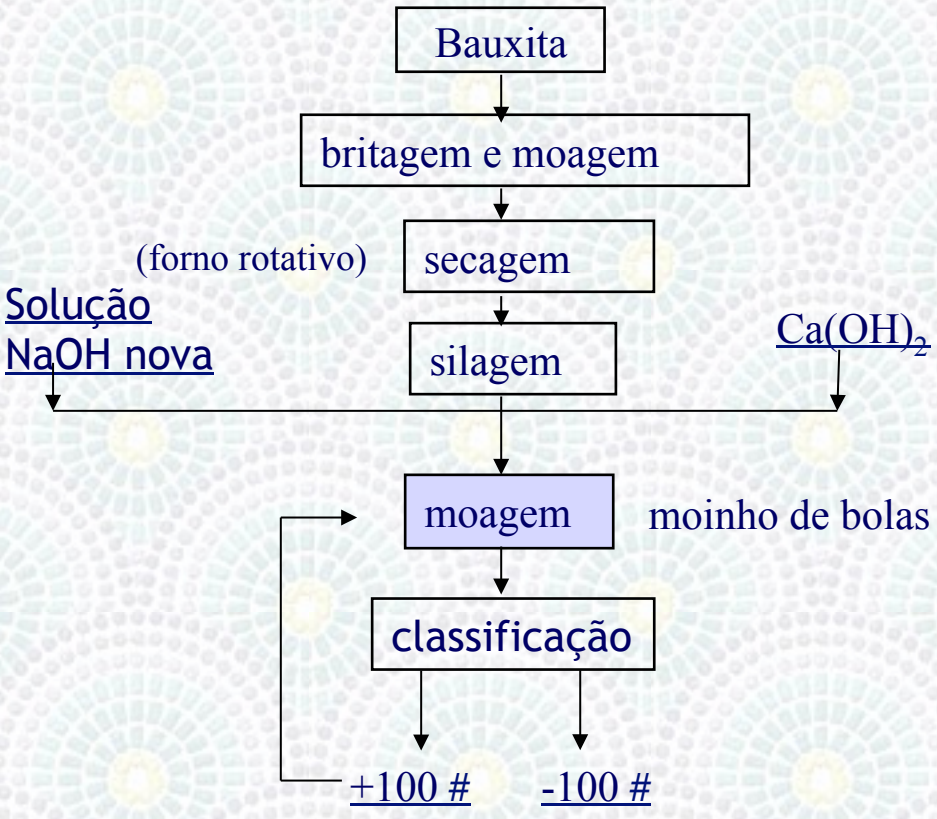
Diagramas de Pourbaix





Etapas do Processo Bayer

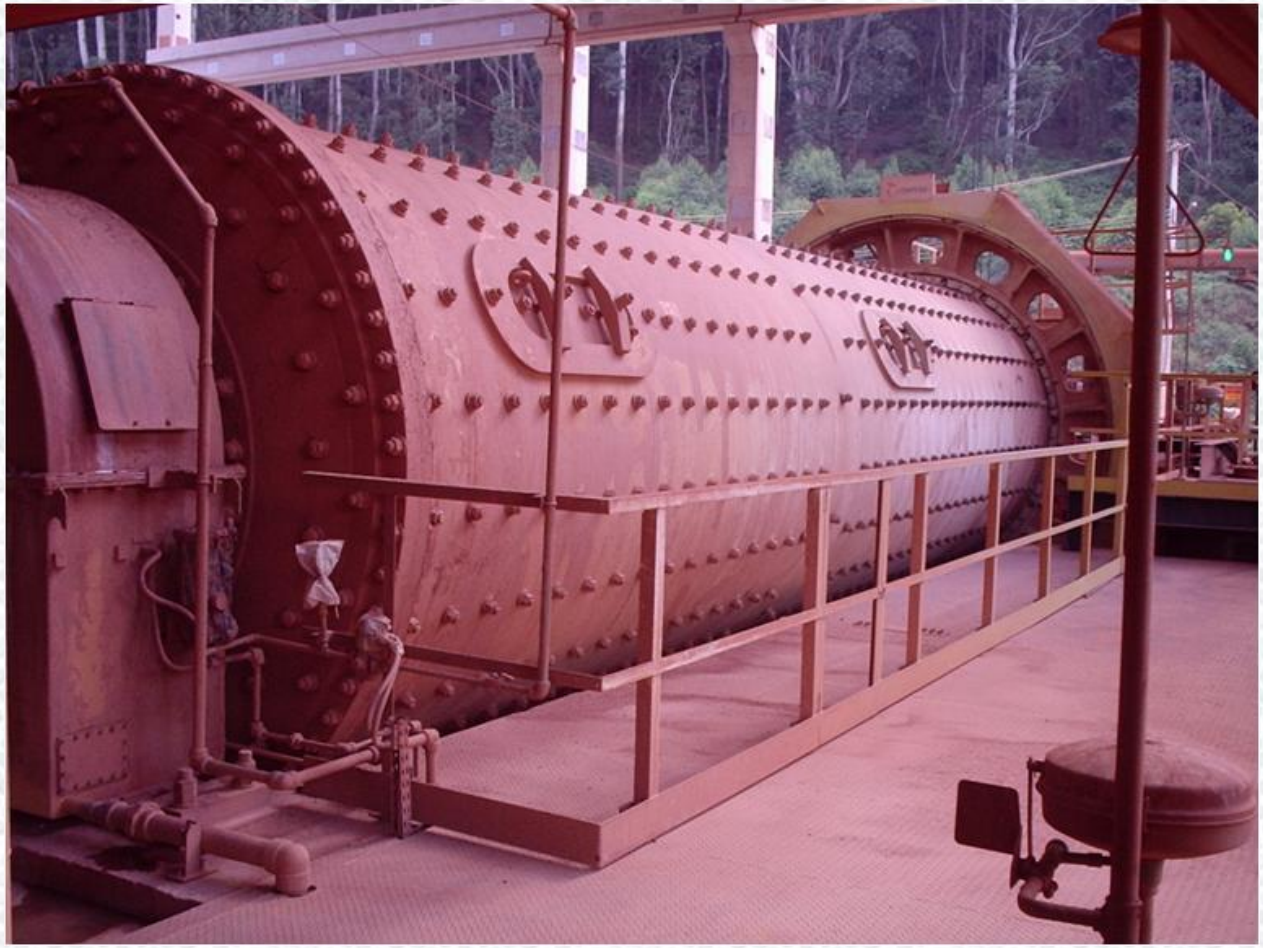
Moagem

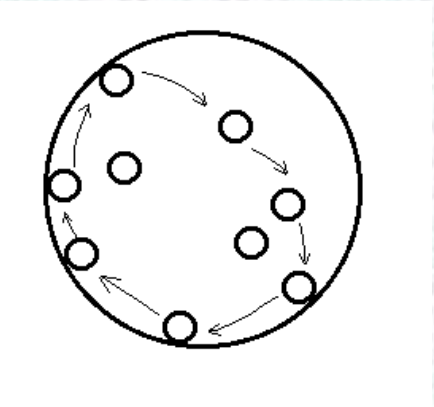


A moagem é feita em moinhos de bolas adicionando-se solução de NaOH e $Ca(OH)_2$

Etapas do Processo Bayer

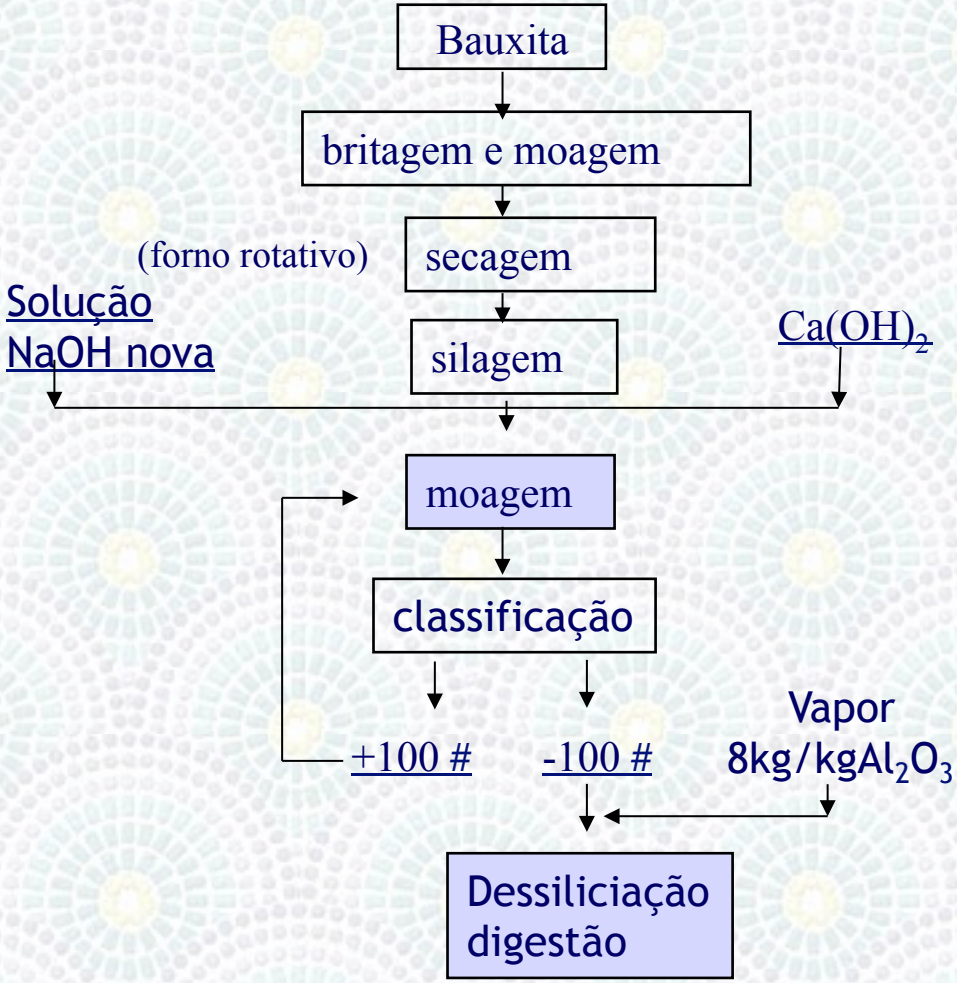
Moagem





Etapas do Processo Bayer

Digestão

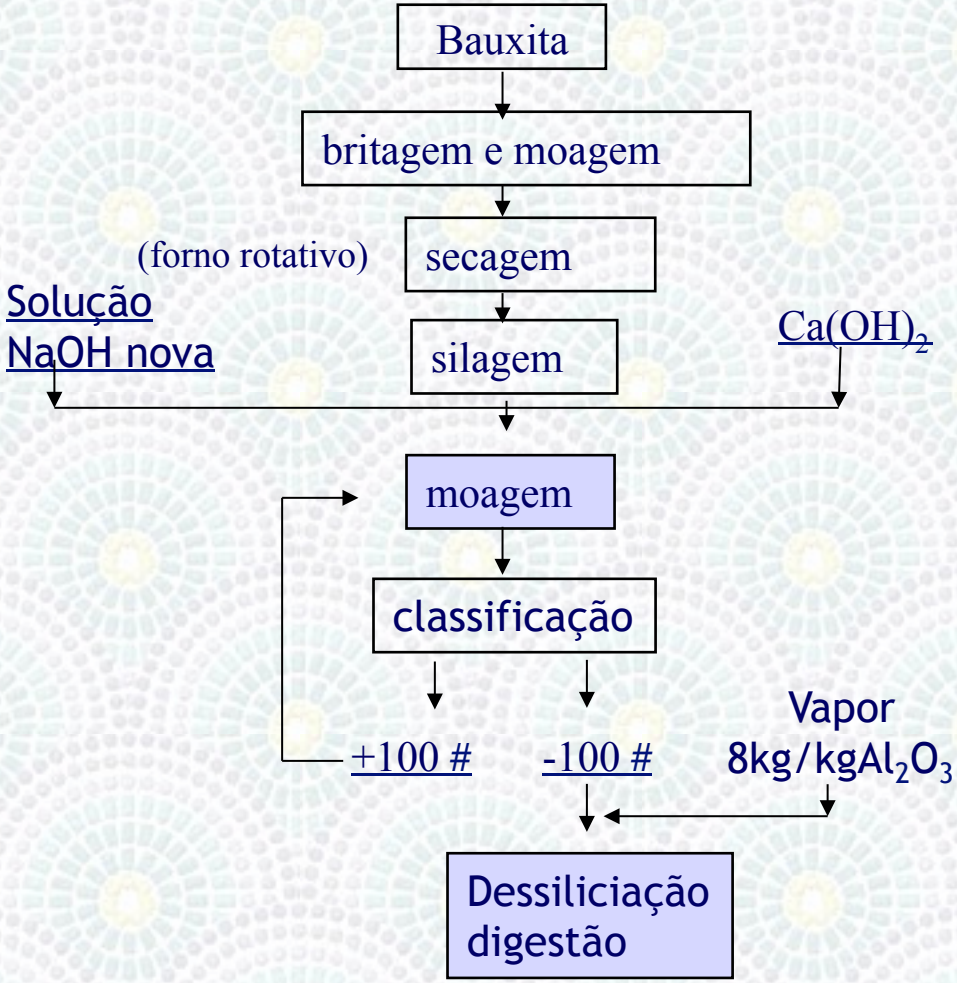


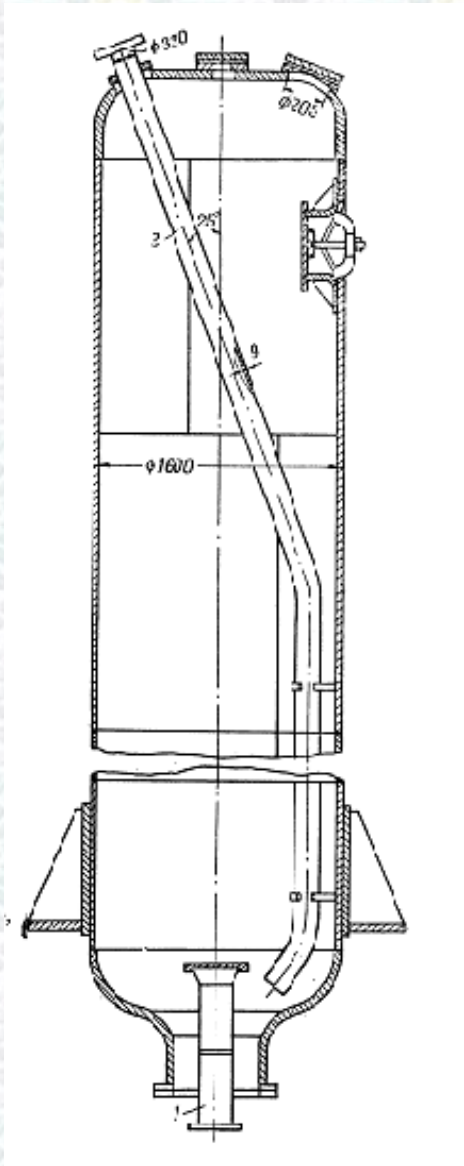
A digestão é feita em autoclaves em série. O aumento da temperatura é feito para se aumentar a velocidade do processo.

$$Al_2O_3.3H_2O + 2\ NaOH = Na_2O.Al_2O_3 + 4H_2O$$

Etapas do Processo Bayer

Digestão





$$Al_2O_3.3H_2O + 2\ NaOH = Na_2O.Al_2O_3 + 4H_2O$$

Etapas do Processo Bayer

Digestão

$$Al_2O_3.3H_2O + 2NaOH = Na_2O.Al_2O_3 + 4H_2O$$

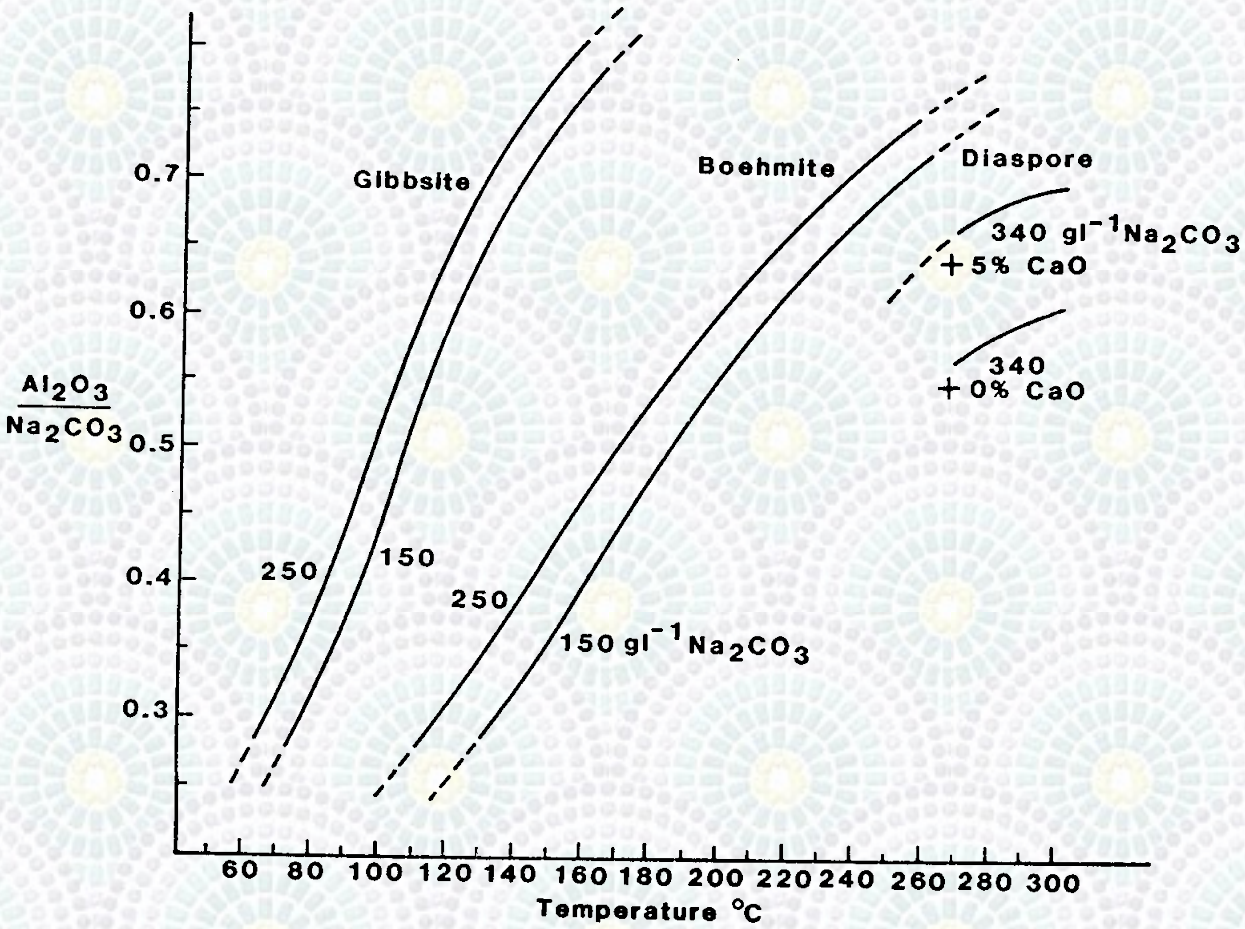
A sílica combinada, como por exemplo no Caolim , é lixiviada

$$SiO_2 + 2NaOH = Na_2O.SiO_2 + H_2O$$

$$4H_2O+2Na_2O.SiO_2+Na_2O.Al_2O_3 = Na_2O.2SiO_2.Al_2O_3+4NaOH+2H_2O$$

Processo Bayer - Variantes

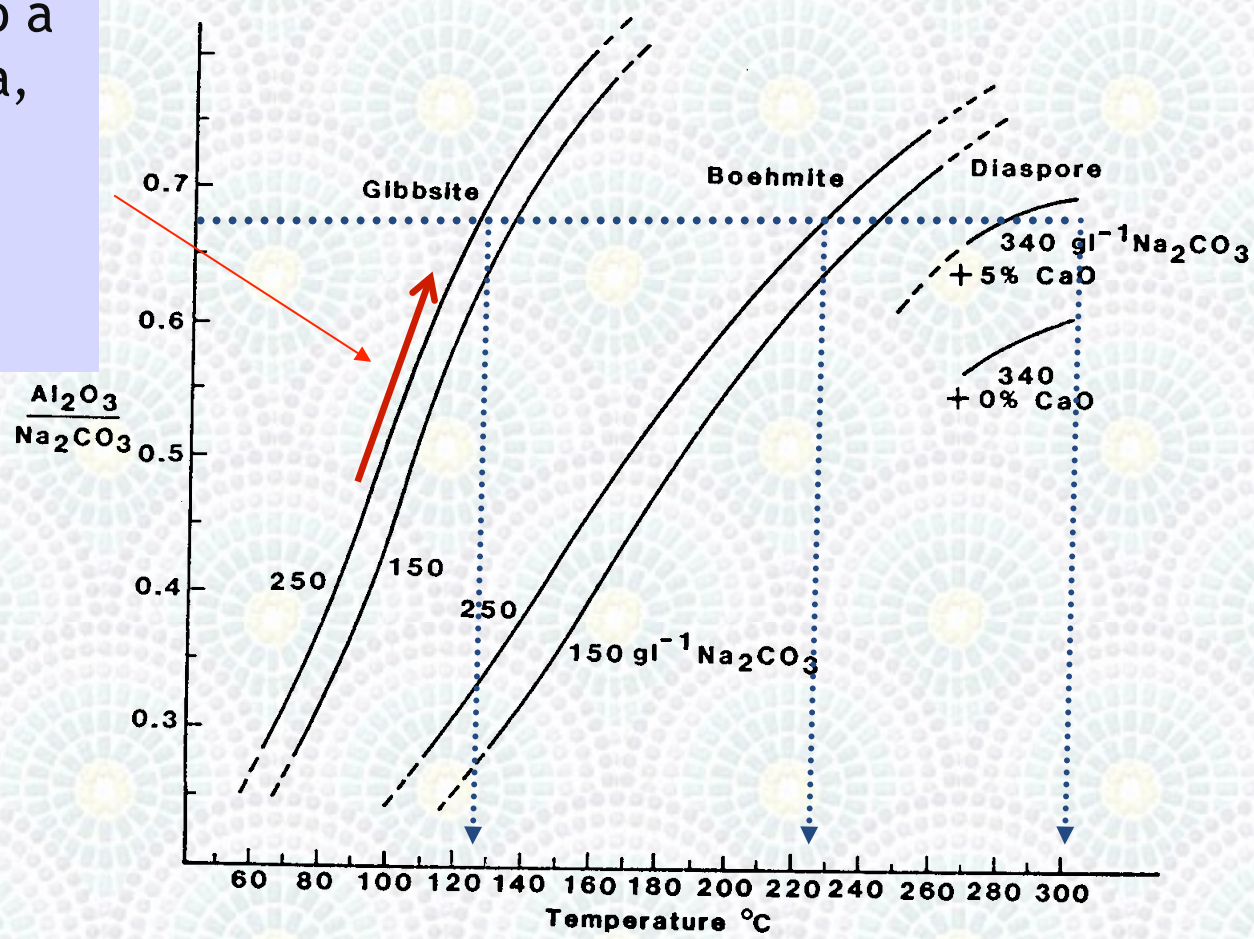
O processo de lixiviação depende do tipo de mineral



Processo Bayer - Variantes

O processo de lixiviação depende do tipo de mineral

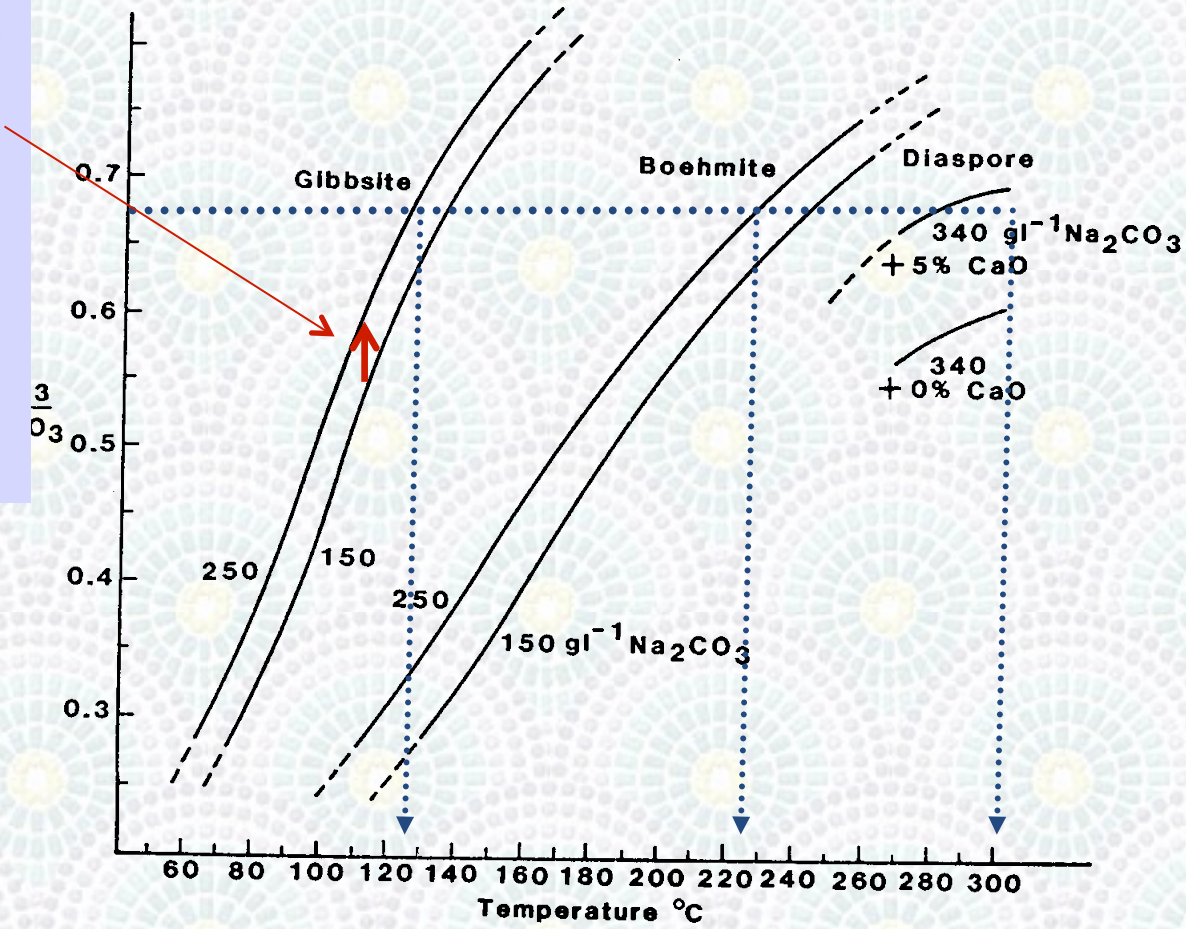
Aumentando a temperatura, aumenta a solubilidade do óxido de alumínio



Processo Bayer - Variantes

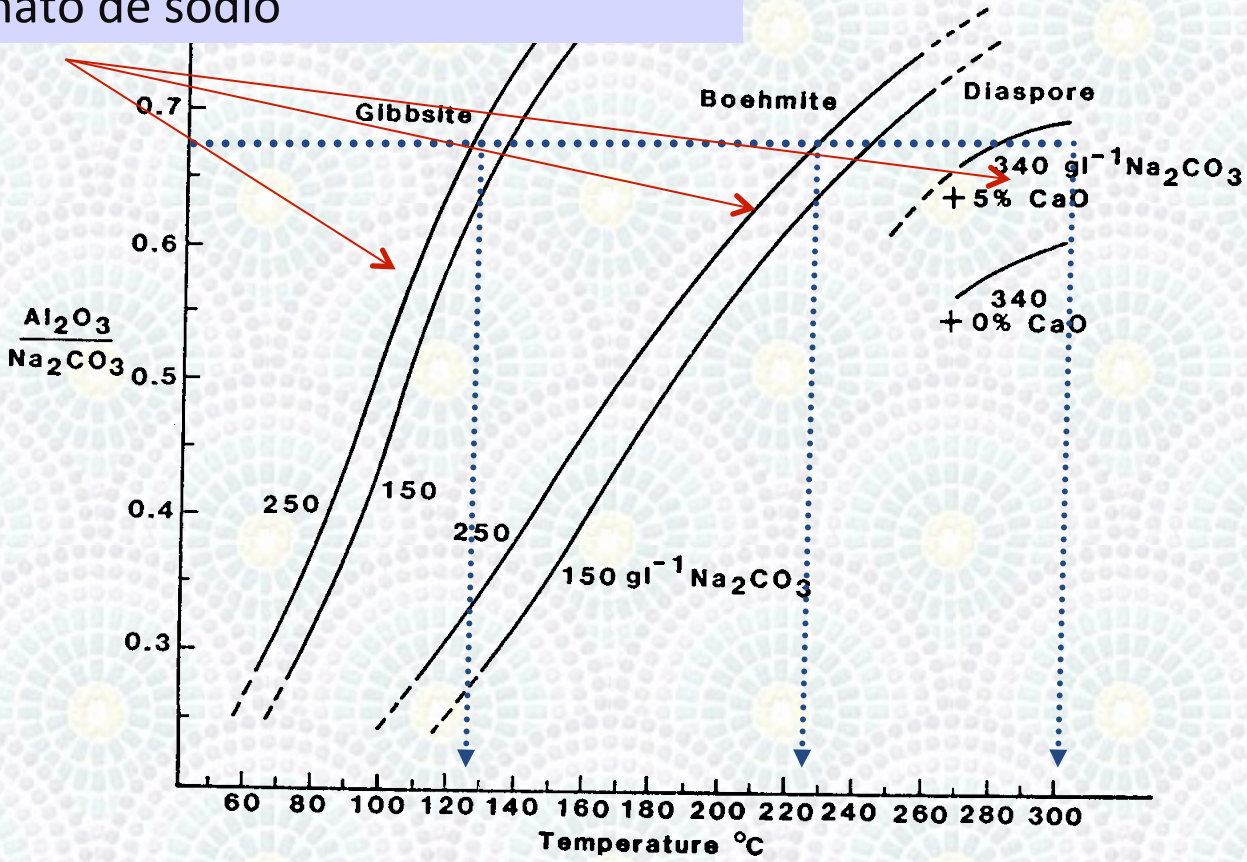
O processo de lixiviação depende do tipo de mineral

Aumentando a concentração de carbonato de sódio a solubilidade do óxido de alumínio aumenta



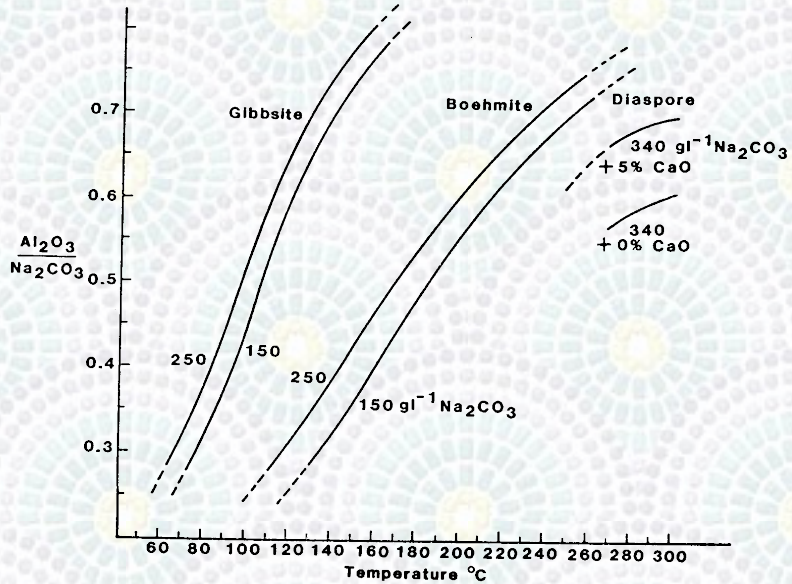
Processo Bayer - Variantes

O tipo de hidróxido de alumínio influencia nos parâmetros do processo
- Temperatura
- Conc. de carbonato de sódio



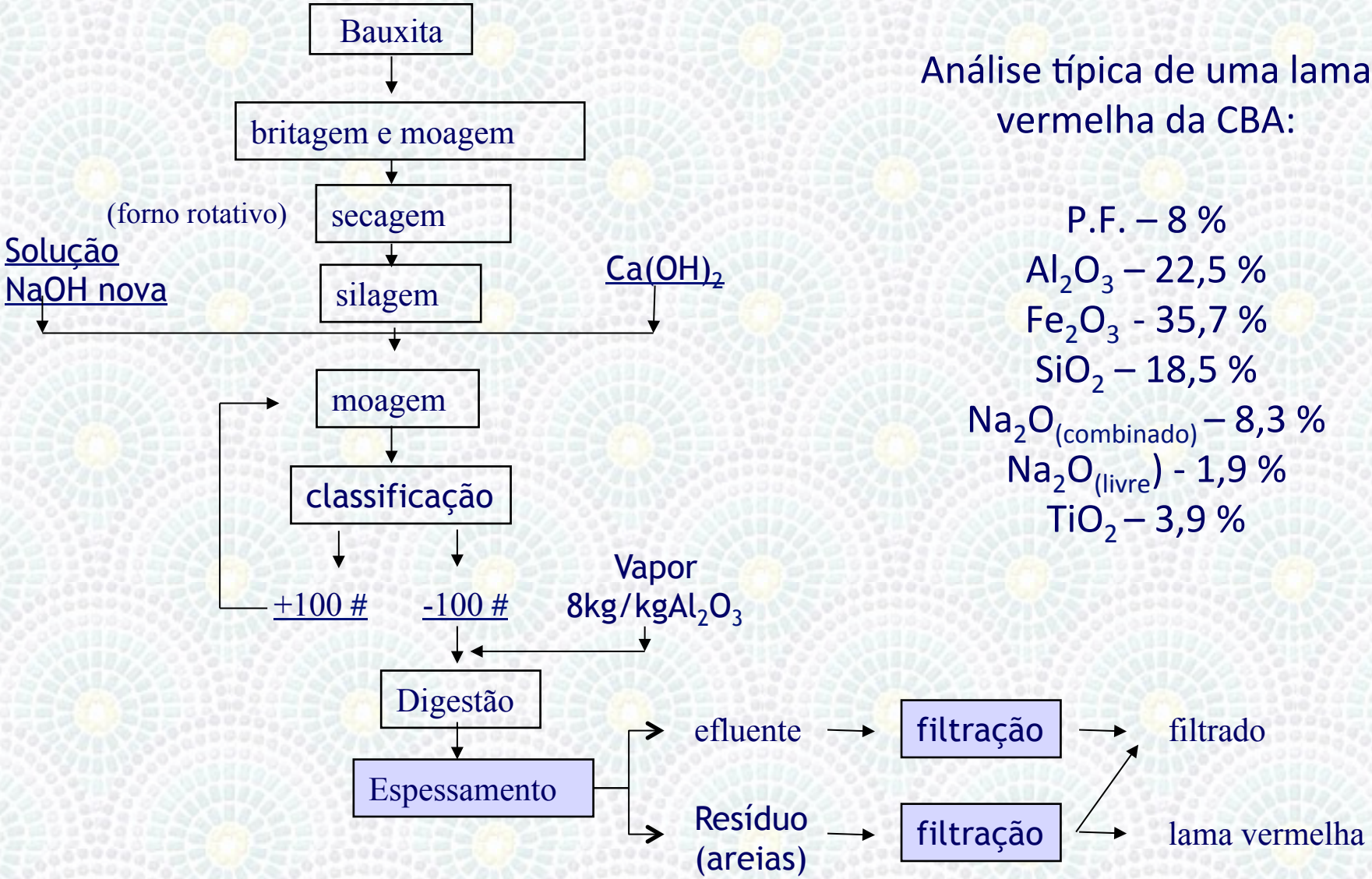
Processo Bayer - Variantes

Variáveis	Diásporo	Gibbsita
-temperatura (ºC)	240 - 270	120 - 140
-pressão (atm)	7 - 16	3 – 7
-tempo de reação(h)	6 - 10	3 – 5
-concentração de NaOH nova (g/L)	300 - 360	140 – 170
-relação cáustica na solução recirculada	3,8 - 3,4	-
-adição de cal (%)	3 - 4	-
-granulometria (μm)	60 - 800	60 - 800



Etapas do Processo Bayer

Sedimentação



Análise típica de uma lama vermelha da CBA:

P.F. – 8 %

Al_2O_3 – 22,5 %

Fe_2O_3 - 35,7 %

SiO_2 – 18,5 %

$Na_2O_{(combinado)}$ – 8,3 %

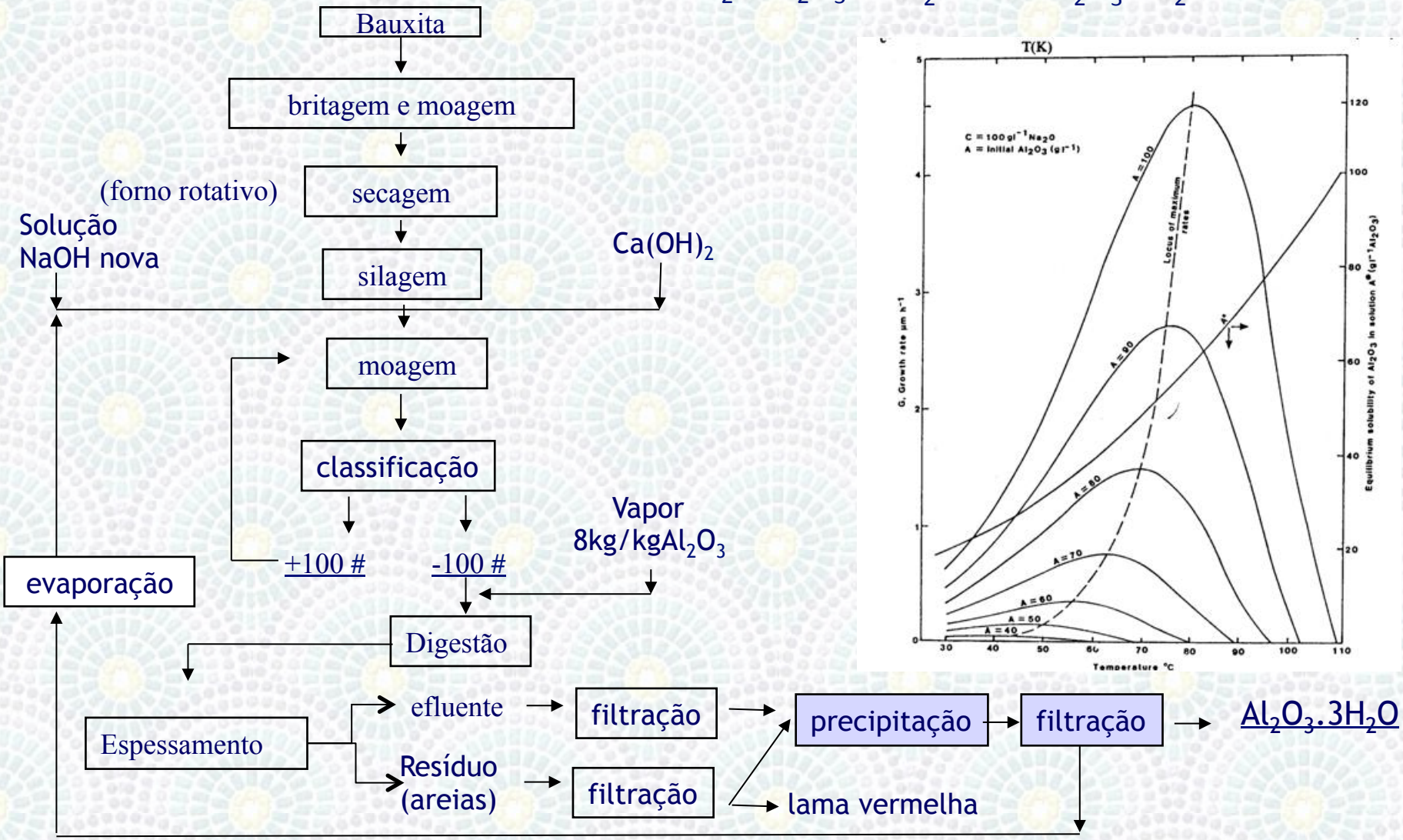
$Na_2O_{(livre)}$ - 1,9 %

TiO_2 – 3,9 %

Etapas do Processo Bayer

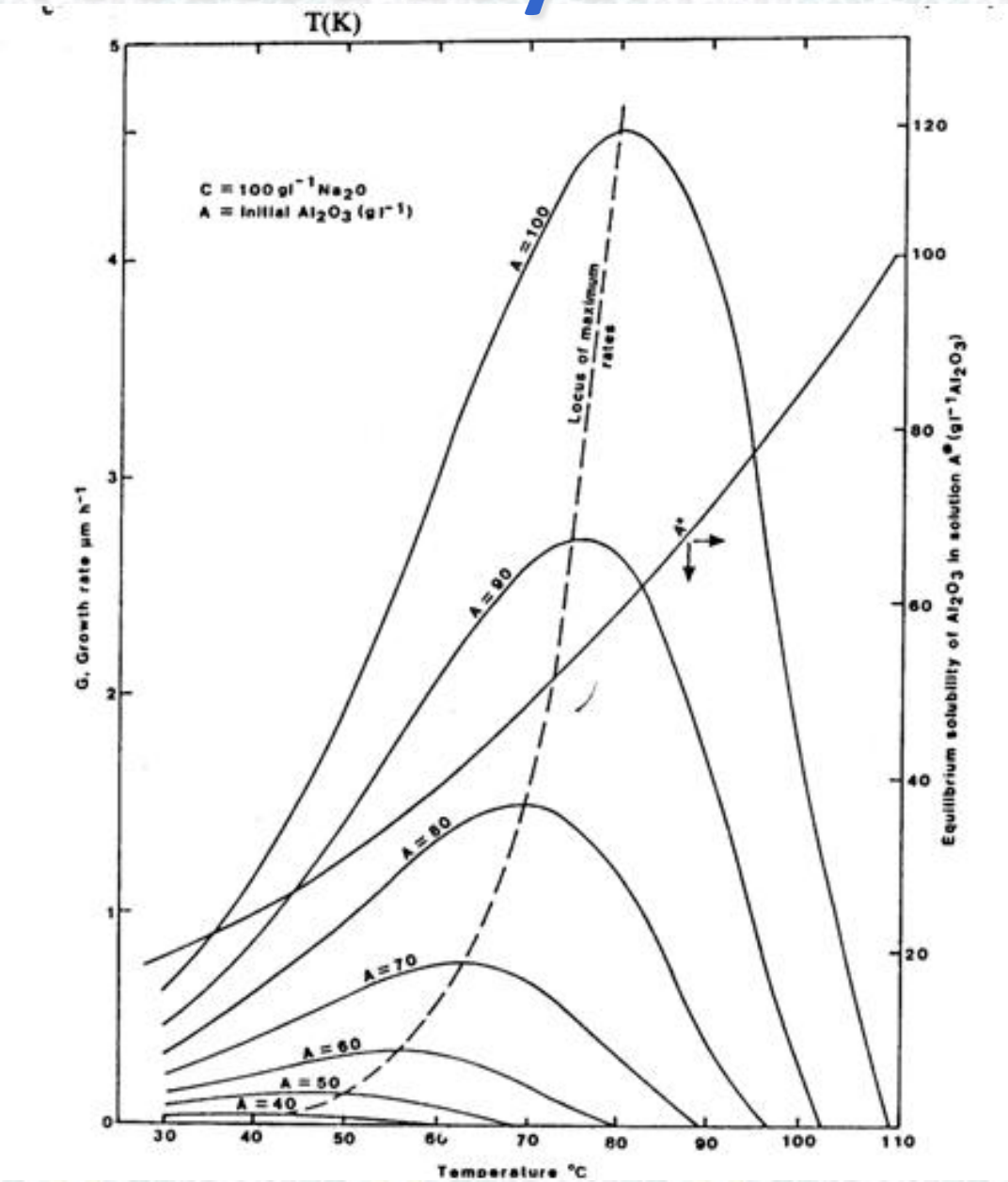
Precipitação

$$Na_2O.Al_2O_3 + 4H_2O \rightarrow Al_2O_3.3H_2O + 2\ NaOH$$



Etapas do Processo Bayer

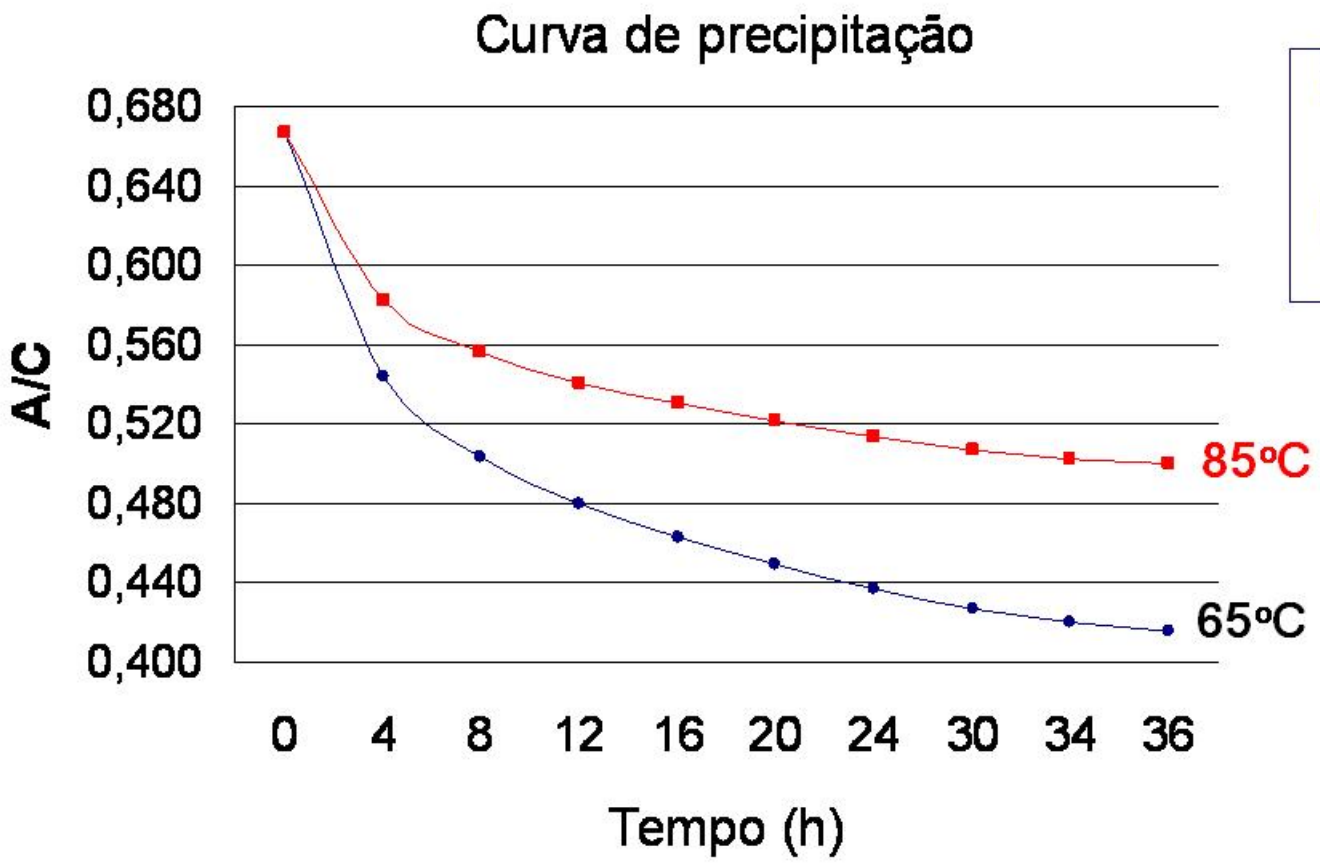
Precipitação



$Na_2O.Al_2O_3 + 4H_2O \rightarrow Al_2O_3.3H_2O + 2\ NaOH$

Etapas do Processo Bayer

Precipitação



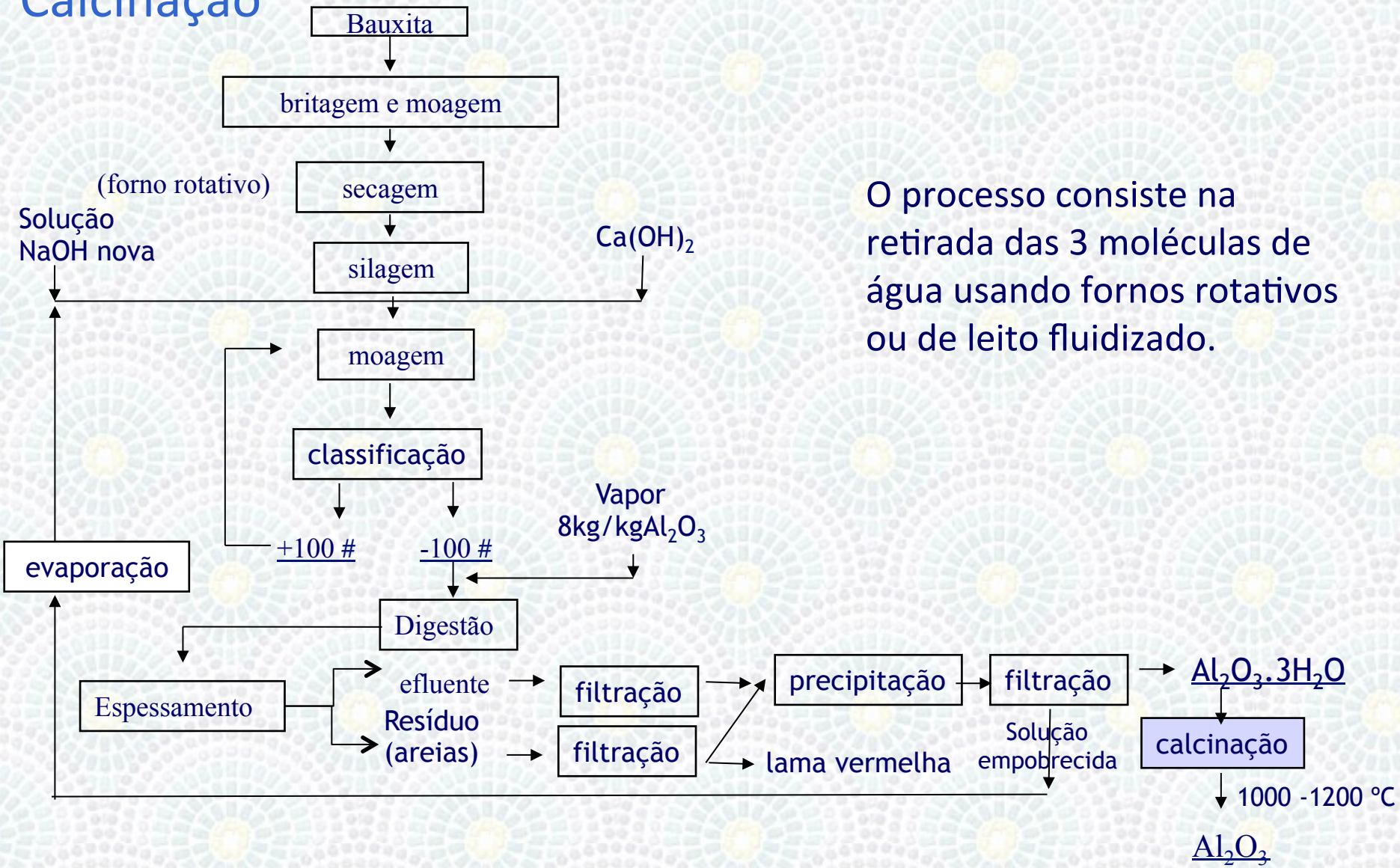
Baixa temperatura

Maior rendimento

Maior teor de soda oclusa

Etapas do Processo Bayer

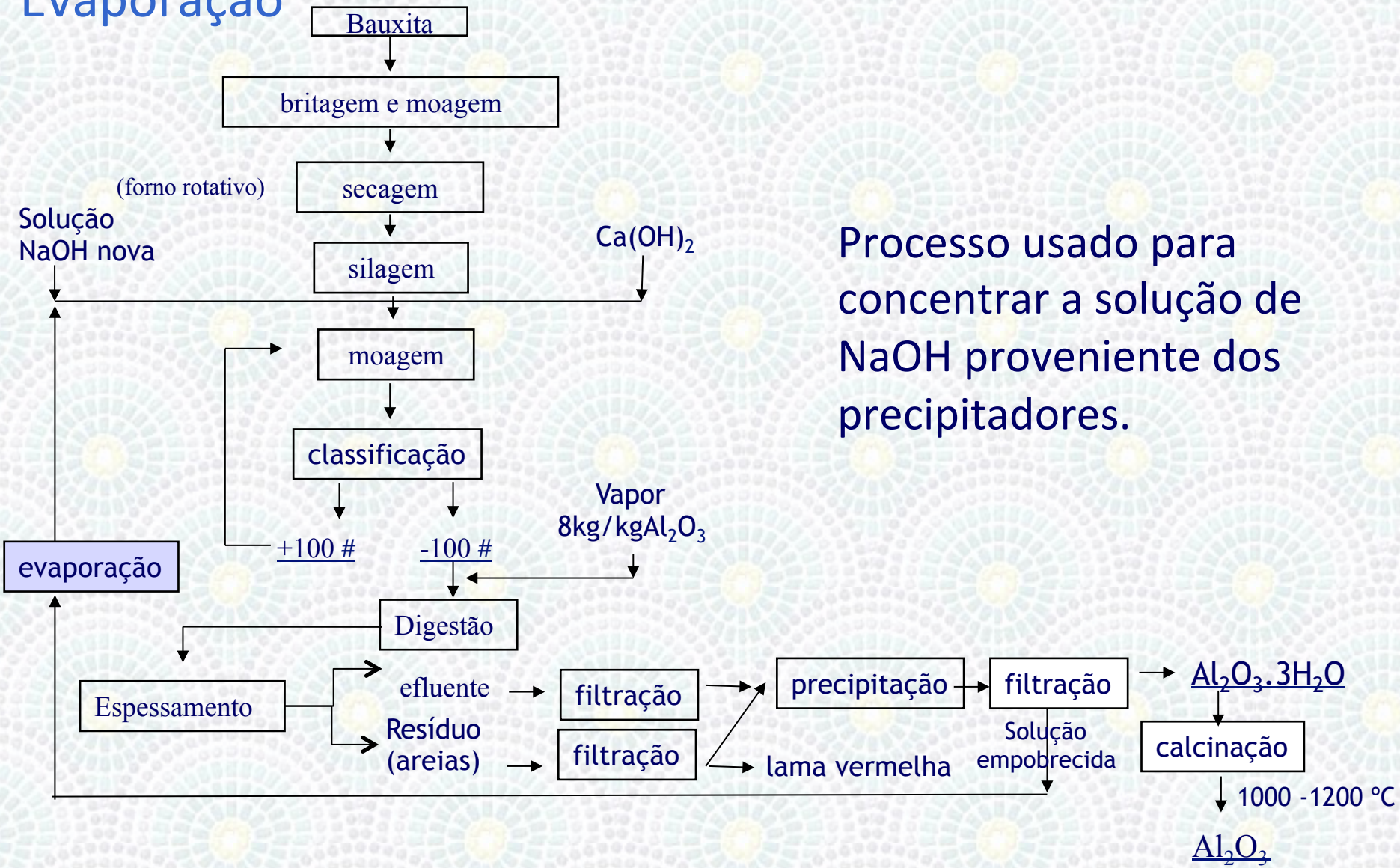
Calcinação



O processo consiste na retirada das 3 moléculas de água usando fornos rotativos ou de leito fluidizado.

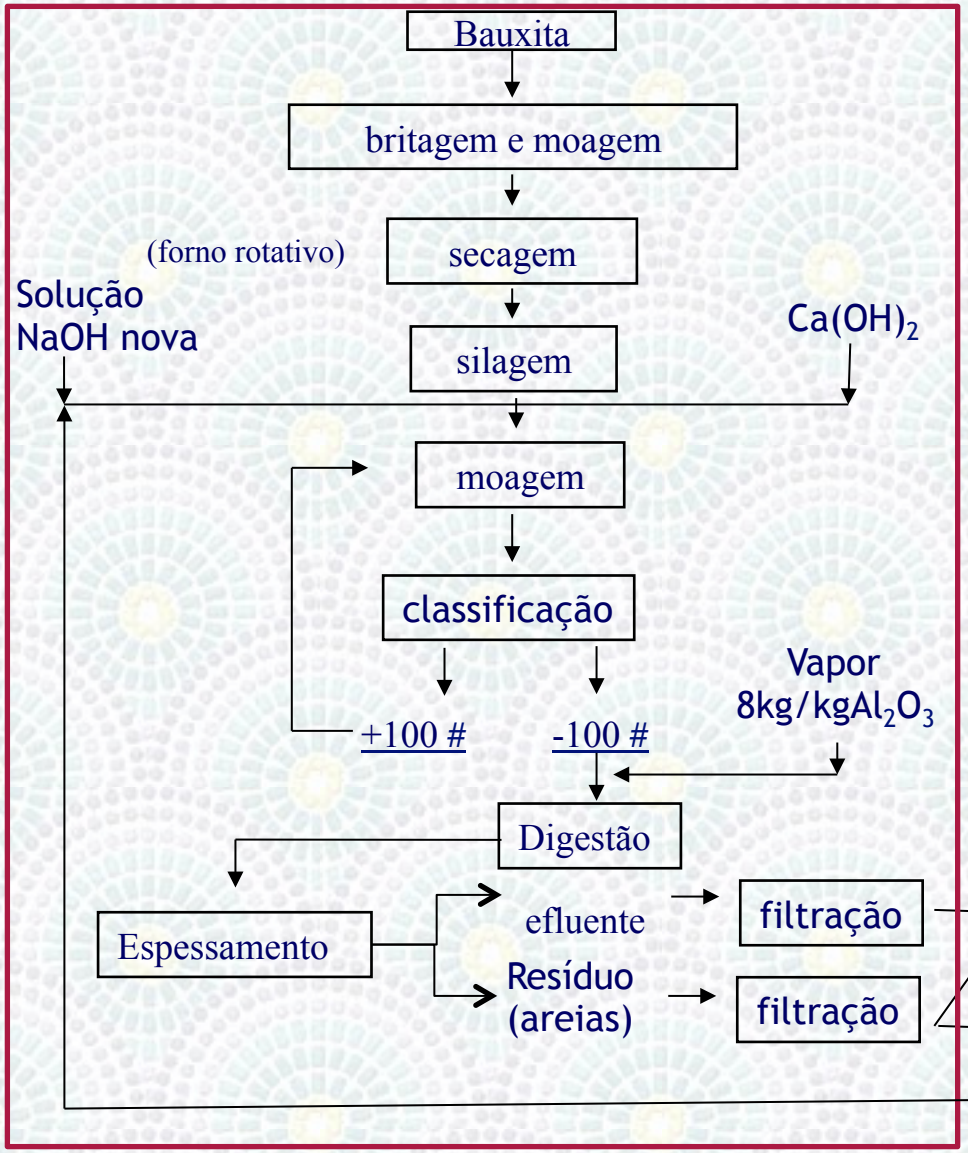
Etapas do Processo Bayer

Evaporação



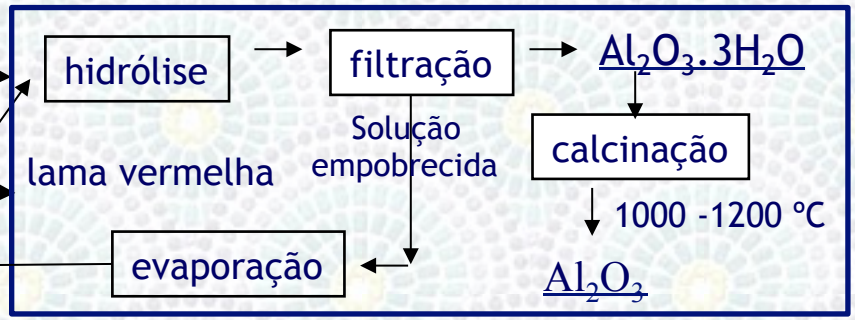
Processo usado para concentrar a solução de NaOH proveniente dos precipitadores.

Etapas do Processo Bayer

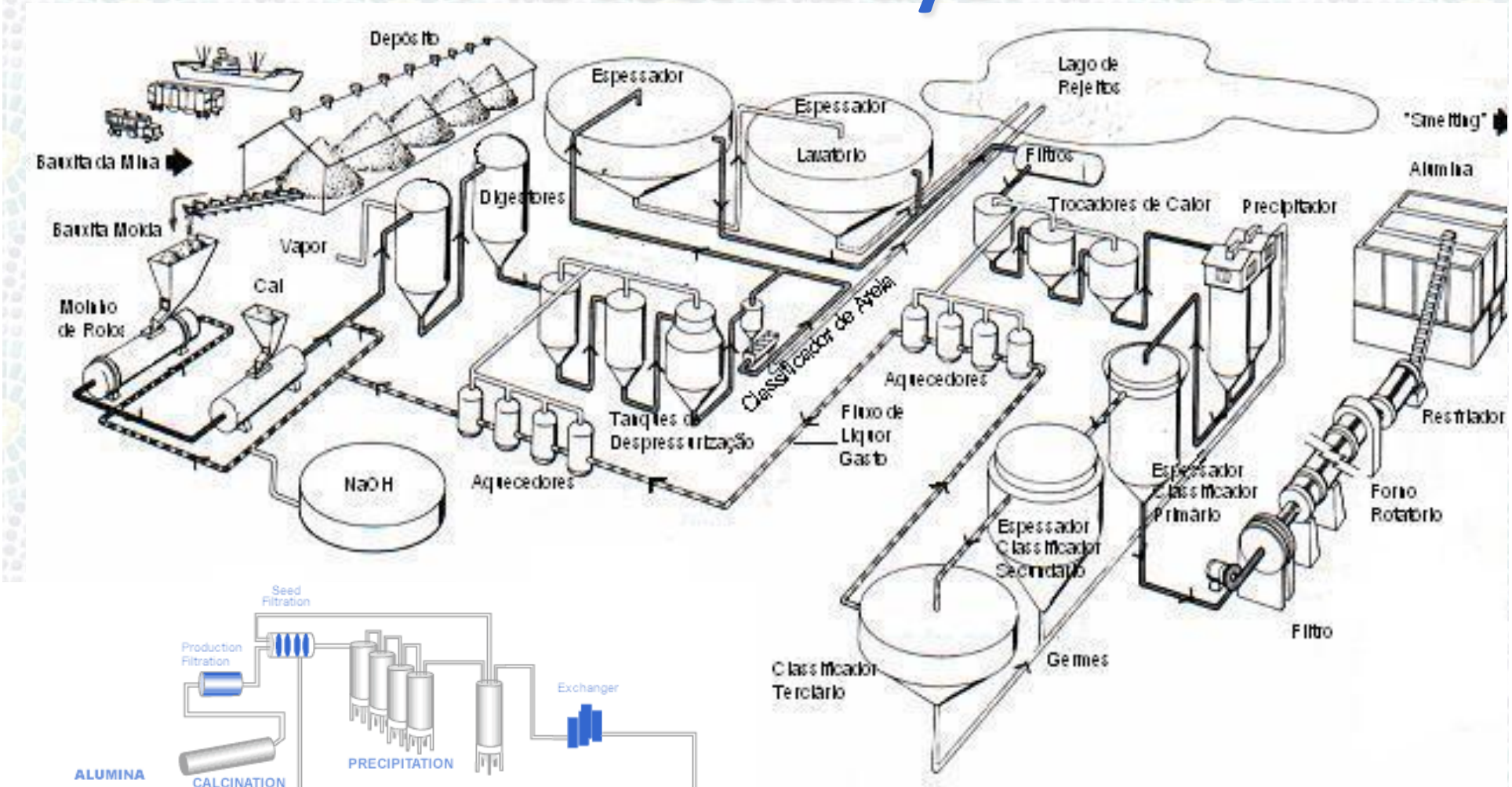


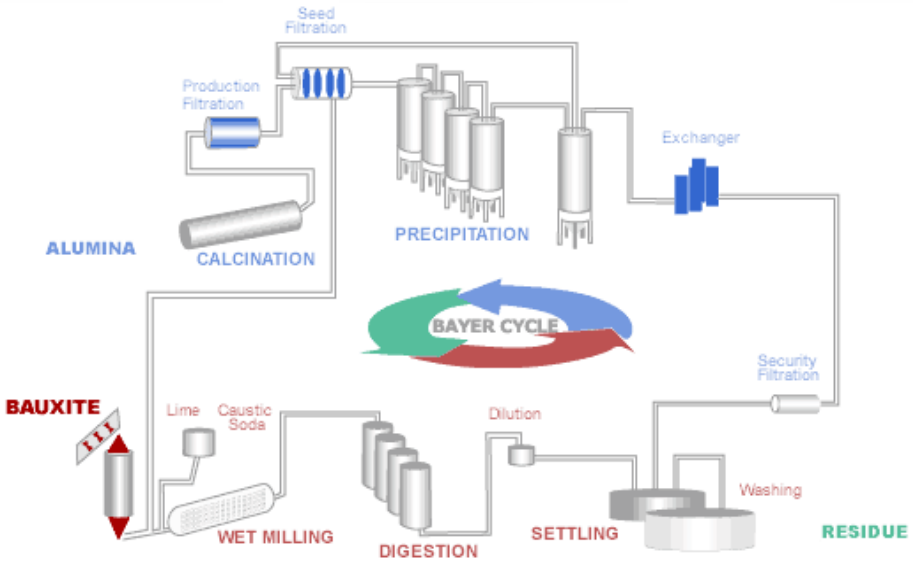
Área vermelha

Área branca

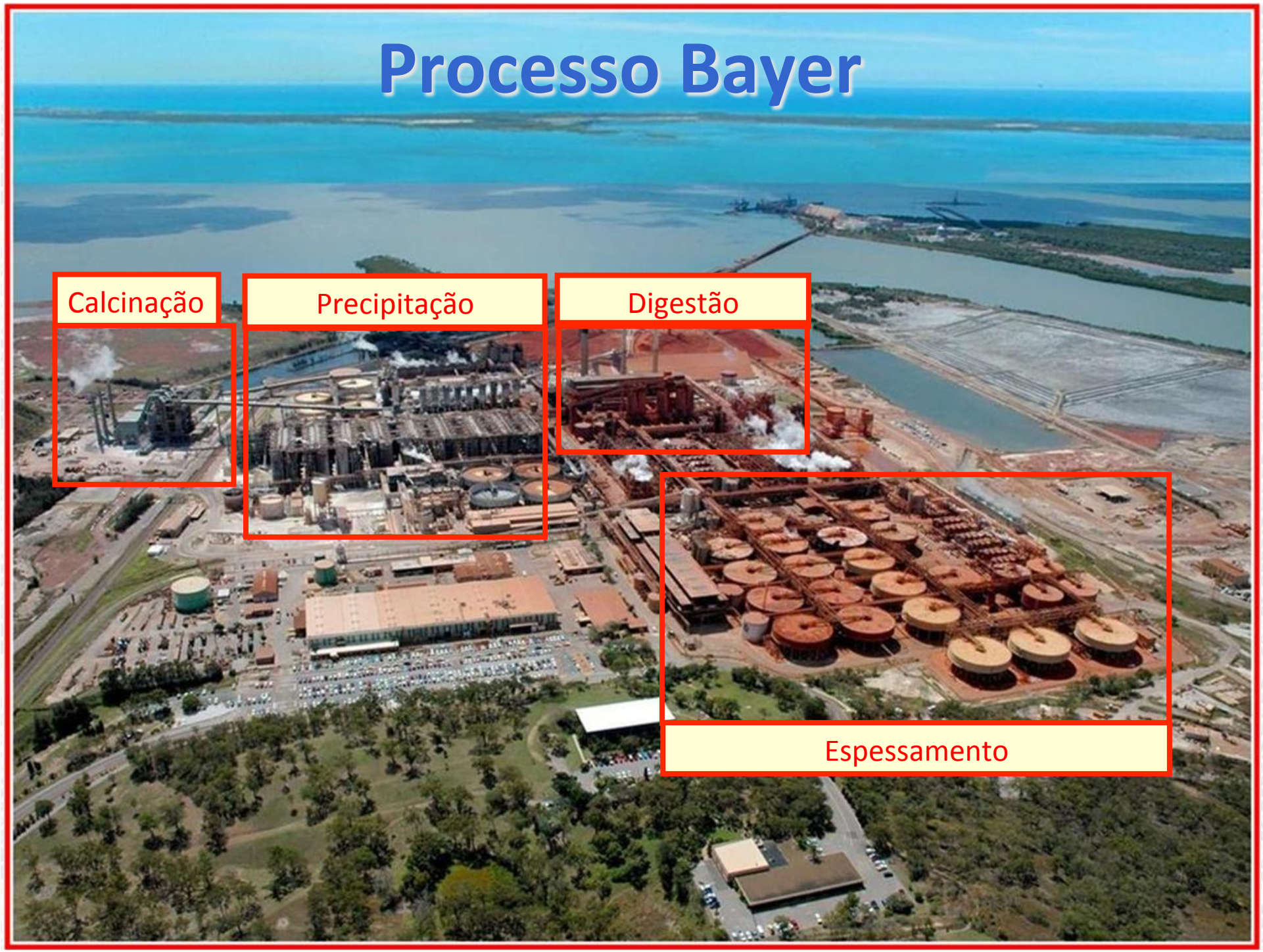


Processo Bayer





Processo Bayer



Meio Ambiente

Principais impactos da mineração

- Grandes áreas de floresta devastadas
- Poluição sonora

Produção da alumina (Processo Bayer)

- Lama Vermelha

Produção do alumínio (Processo Hall-Heroult)

- Consumo de energia elétrica
- Emissão de fluoretos

Meio Ambiente

Lama Vermelha

Contém, além da soda cáustica residual, substâncias que originalmente estavam presentes no minério. Assim, com a recuperação da NaOH, é um resíduo inerte.

Composição típica

Fe_2O_3	30-60%
Al_2O_3	10-20%
SiO_2	3-50%
Na_2O	2-10%
CaO	2-8%
TiO_2	0-25%

Outros elementos em menor quantidade: Na, K, Cr, V, Ni, Ba, Cu, Mn, Pb, Zn

Lama com concentração de sólidos de 10-30% e pH 13.
Granulometria: 90% menor que 75μm.

Meio Ambiente

Disposição da Lama Vermelha

Em geral, produz-se de 0,3 a 2,5t de lama vermelha para cada tonelada de alumina.

É feita em barragens, nas quais a NaOH pode, eventualmente, ser coletada ou a lama vermelha naturalmente apenas seca com o tempo.

Após o lago secar, a área é coberta com uma camada de solo.

Site interessante:

http://www.qal.com.au/images/process.swf

Bibliografia

- ☞SEVRYUKOV, N.;KUZMIN, B.; CHELISHCHEV, Y. General Mettalurgy. Moscow: Peace Publishers. p. 395-421

- ☞HAYES, P. C.; ALGIE, S.H. Process principles in minerals and materials production. Sherwood: Hayes Pub. Co, 1993. 192-193; 228-230.

- GILL, C.B. Non-ferrous extractive metallurgy. John Wiley & Sons, Inc., 1980. p. 212-215

  ROSENQVIST, T. Principles of Extractive Metallurgy. Trondheim:Tapir Academic Press, 2004. p.412

- PEHLKE, R.D. Unit Processes of Extractive Mettalurgy. New York: Americam Elsevier Publishing Company, Inc., 1973. p.195-196