

DESLOCAMENTO DA POSIÇÃO DO EQUILÍBRIO

Princípio de Le Chatelier



Princípio de Le Chatelier

“ Se um sistema em equilíbrio é perturbado por uma alteração na concentração, temperatura ou pressão de um dos componentes, o sistema deslocará a sua posição de equilíbrio de forma a contrabalancear o efeito da perturbação”

Estado de Equilíbrio 1

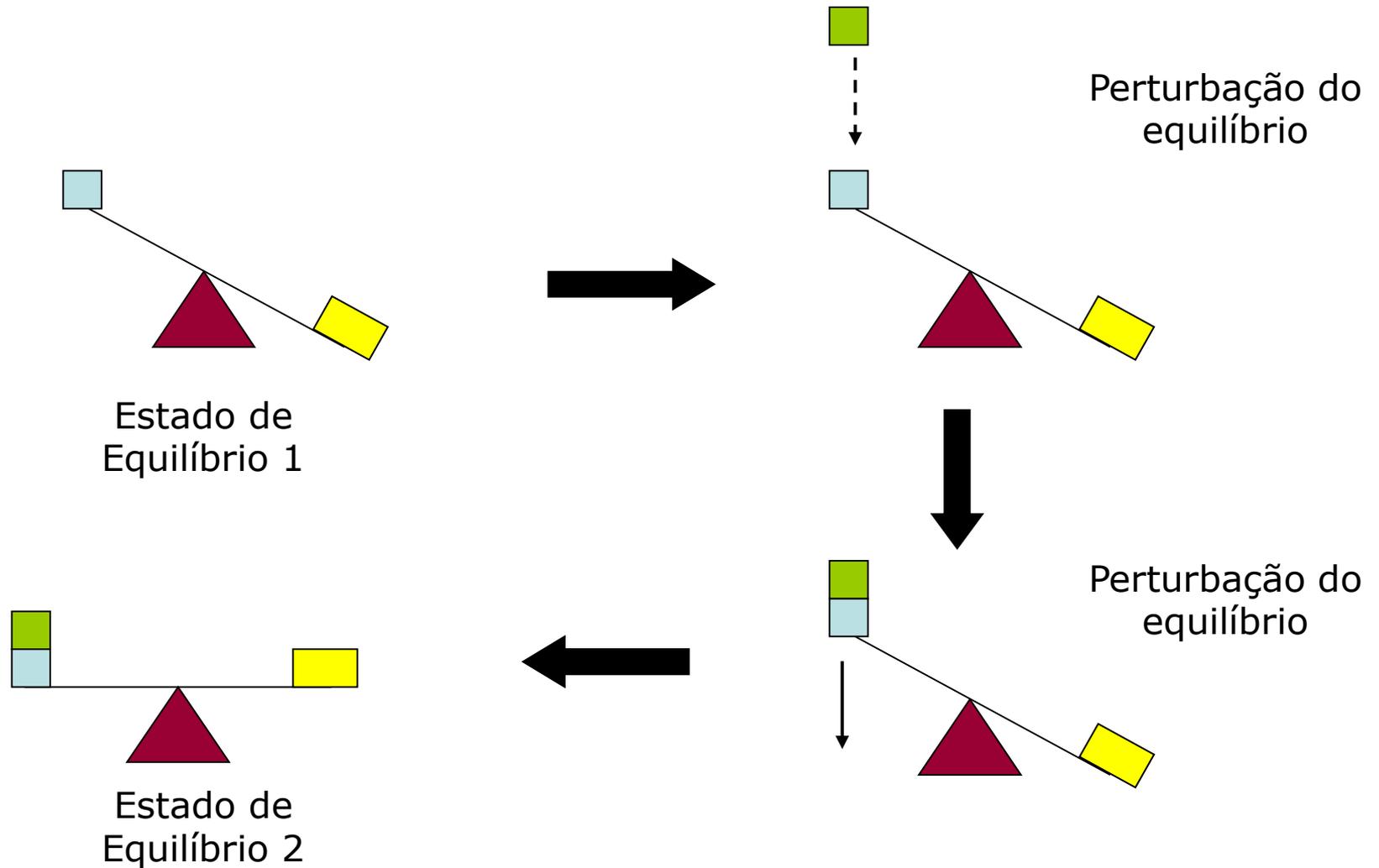


**Deslocamento da posição
do equilíbrio**

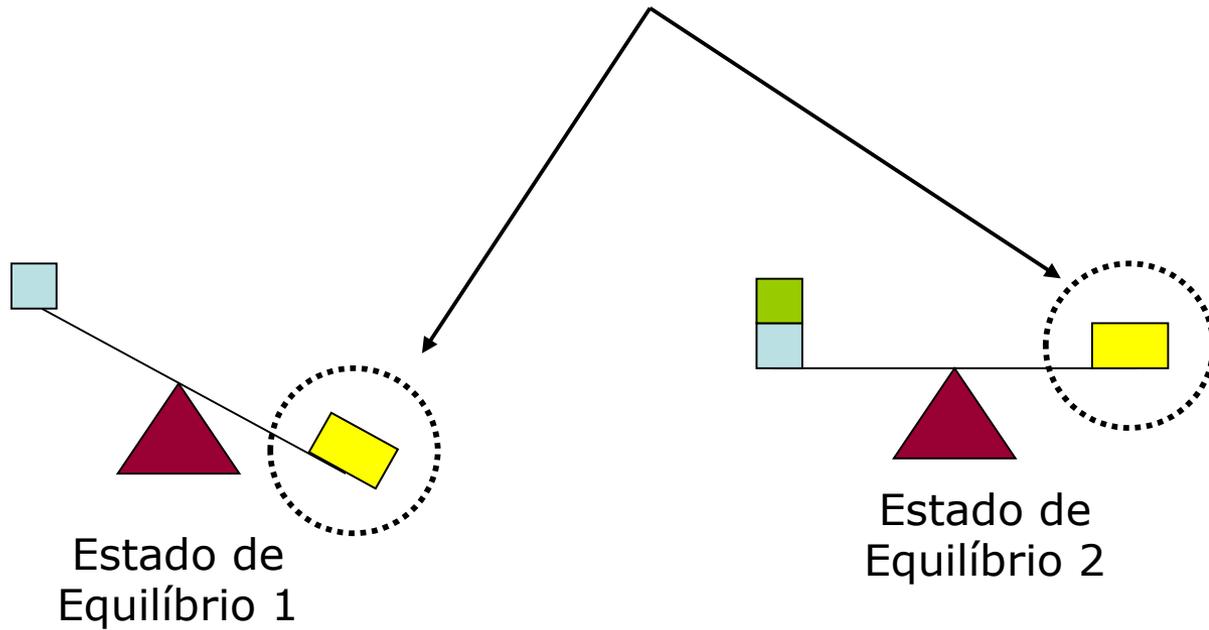


Estado de Equilíbrio 2

Deslocamento Equilíbrio "Estático"



“Lado direito”: composição inalterada



Equilíbrio Dinâmico



**Estado de
Equilíbrio 1**

Perturbação

**Estado de
Equilíbrio 2**

Reagentes

$[A]_1$

$[B]_1$

Produtos

$[C]_1$

$[D]_1$

Reagentes

$[A]_2$

$[B]_2$

Produtos

$[C]_2$

$[D]_2$

**Reagentes e produtos são
alterados no novo estado
de equilíbrio**

Princípio de Le Chatelier

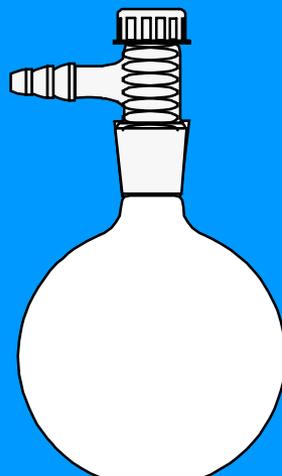
EFEITO DA CONCENTRAÇÃO



$T = 1000 \text{ K}$

$V = 10 \text{ L}$

Estado de
Equilíbrio 1



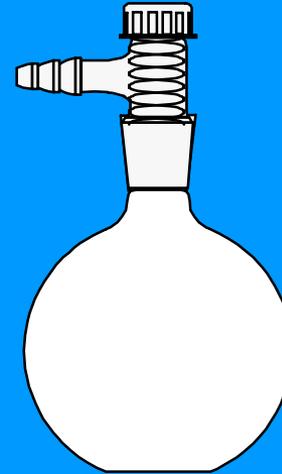
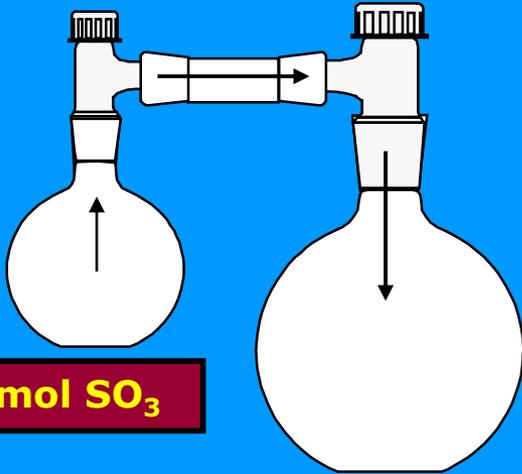
0,68 mol SO_3
0,32 mol SO_2
0,16 mol O_2

$$K = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2[\text{O}_2]} = \frac{[0,068]^2}{[0,032]^2[0,016]} = 2,8 \times 10^2$$

Perturbação do Equilíbrio

$T = 1000 \text{ K}$

$V = 10 \text{ L}$



$1,00 \text{ mol SO}_3$

$0,68 + 1,00 \text{ mol SO}_3$
 $0,32 \text{ mol SO}_2$
 $0,16 \text{ mol O}_2$

$$Q = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{[0,168]^2}{[0,032]^2[0,016]} = 1,7 \times 10^3$$

$Q > K$



$$T = 1000 \text{ K}$$

$$V = 10 \text{ L}$$

Estado de
Equilíbrio 2

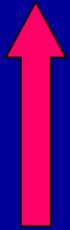


1,46 mol SO_3
0,54 mol SO_2
0,27 mol O_2

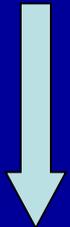
$$Q = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]} = \frac{[0,146]^2}{[0,054]^2 [0,027]} = 2,8 \times 10^2 = K$$



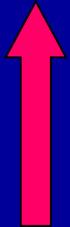
Deslocamento Equilíbrio



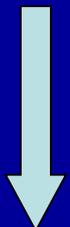
**Concentração
dos reagentes**



**Concentração
dos reagentes**



**Concentração
dos produtos**



**Concentração
dos produtos**



Princípio de Le Chatelier

**EFEITO DA PRESSÃO OU DA
ALTERAÇÃO DE VOLUME**

Formas de alterar a pressão de um sistema gasoso

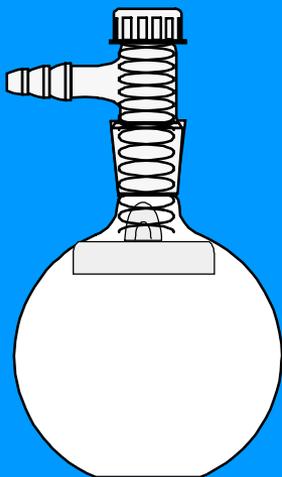
- ❑ Adição remoção de um gás (reagente ou produto)
- ❑ Adição de um gás inerte à mistura de reação
- ❑ Mudança do volume do sistema





T= 1000 K

V= 10 L

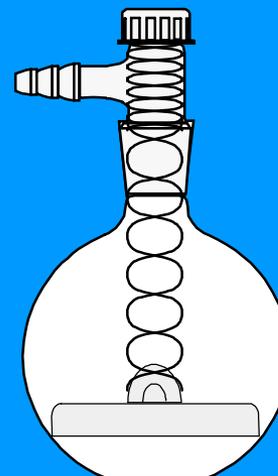


0,68 mol SO₃
0,32 mol SO₂
0,16 mol O₂

**Estado de
Equilíbrio 1**

T= 1000 K

V= 1 L



0,83 mol SO₃
0,17 mol SO₂
0,085 mol O₂

**Estado de
Equilíbrio 2**

$$PV = nRT \quad \longrightarrow \quad P = \underbrace{\left(\frac{n}{V}\right)}_{c (M)} (RT)$$

V ↓ c ↑ P ↑
V ↑ c ↓ P ↓

$$V_1 = 10 \text{ L} \quad \longrightarrow \quad V_2 = 1 \text{ L} \quad \mathbf{V \downarrow c \uparrow P \uparrow}$$

Como contra-balancear o aumento da pressão???



3 mols

2 mols



- O aumento da pressão desloca o equilíbrio no sentido em que é produzido o menor n^o de mols de gás.
- A diminuição da pressão desloca o equilíbrio no sentido em que é produzido o maior n^o de mols de gás.
- Em uma reação gasosa em que não existe variação no número de mols entre reagentes e produtos a variação da pressão *não resulta em perturbação* do estado de equilíbrio.

Princípio de Le Chatelier

EFEITO DA TEMPERATURA



$\Delta H = -198 \text{ kJ}$

Exotérmica

Efeito T=?

**Aumento
temperatura**



Reação endotérmica

**Diminuição
temperatura**



Reação exotérmica

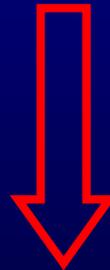
Valor de K



$$T_1 = K_1$$



$$T_2 = K_2$$



**DIFERENTES ESTADOS DE EQUILÍBRIO
COM CONSTANTES DIFERENTES**

CATALISADOR

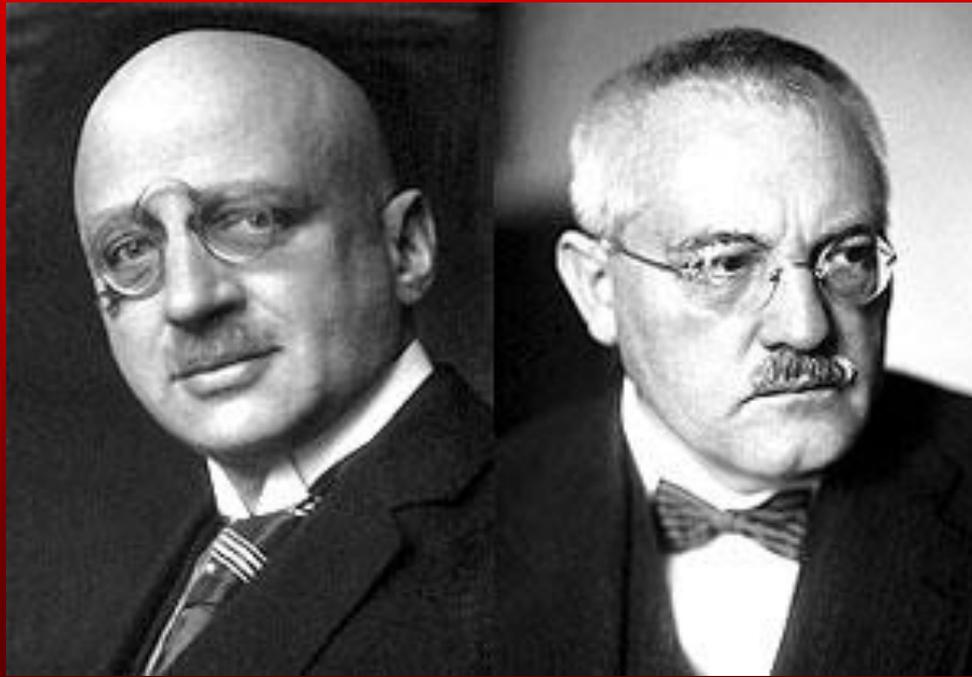


Não altera estado de equilíbrio



**Altera o tempo necessário
para que o estado de
equilíbrio seja atingido**

Processo Haber-Bosh de Produção de Amônia



Fritz Haber



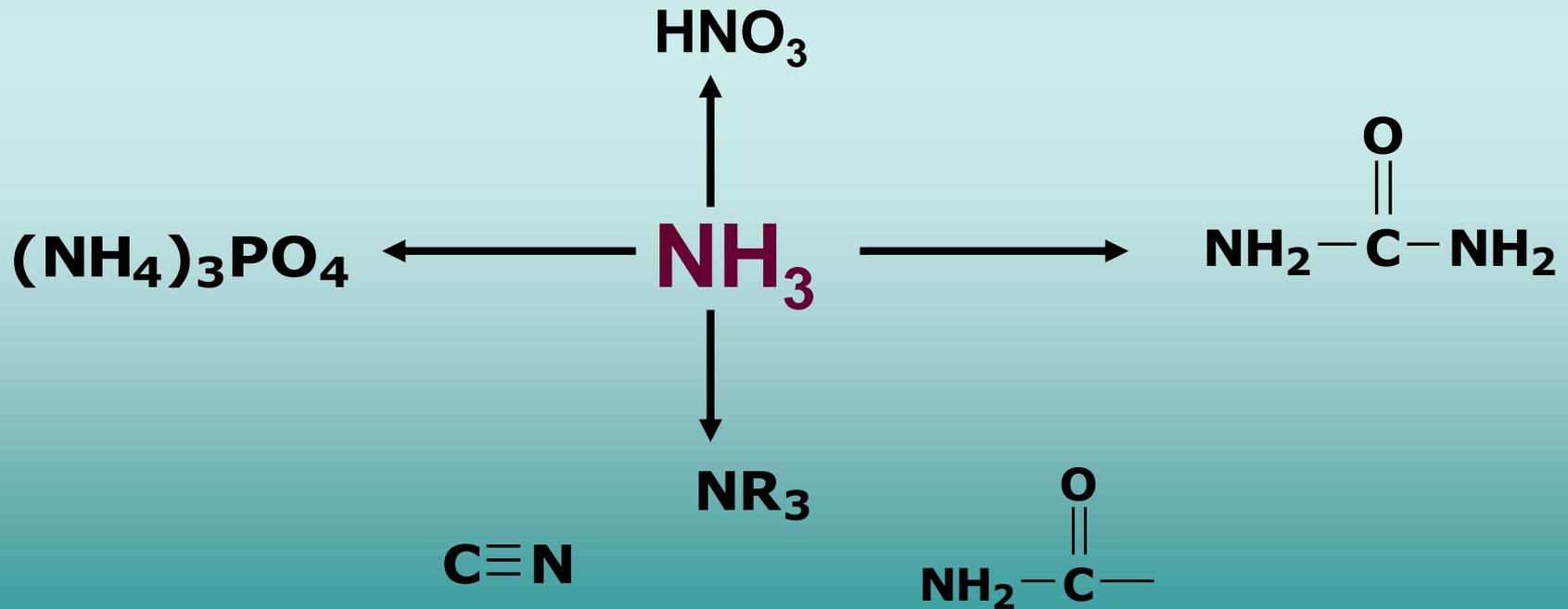
Karl Bosch

Importância Econômica NH_3

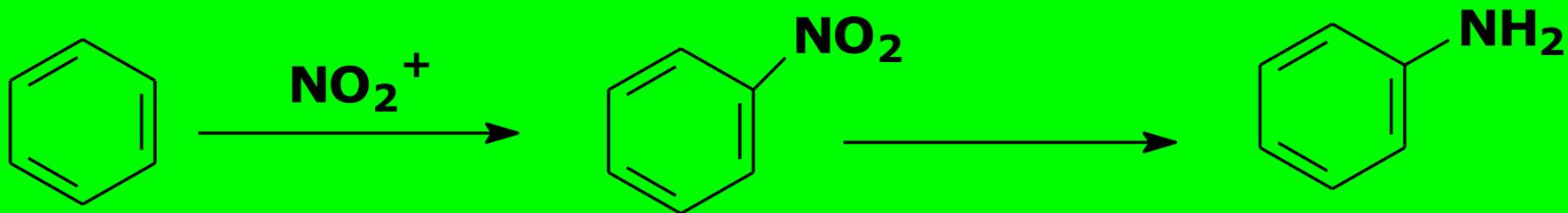
Fertilizantes

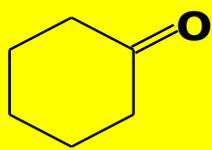
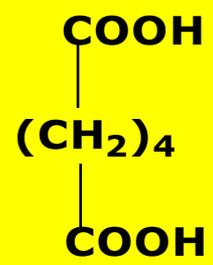
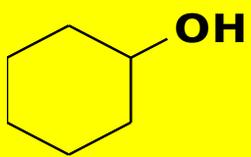
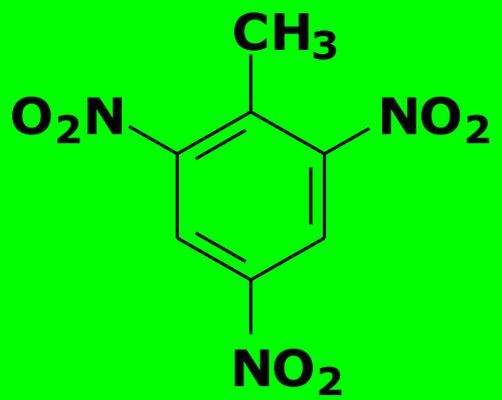
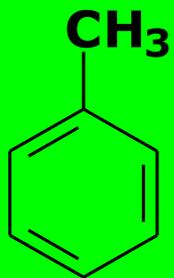
Plásticos

Explosivos

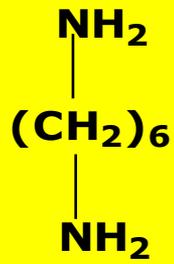


IMPORTÂNCIA HNO_3





Nylon



PROCESSO HABER - BOSCH



$$K = 3,6 \times 10^8 (25^\circ\text{C})$$

Termodinâmica



Cinética





$$\Delta H^\circ = - 92,2 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$K = 3,6 \times 10^8 (25^\circ\text{C})$$

Que condições favorecem a formação de NH₃?

T=?

P=?

Catalisador=?

Efeito de P e T no rendimento de amônia

% NH₃ no Equilíbrio

°C	K_c	10 atm	100 atm	1000 atm
209	650	51	82	98
467	0,5	4	25	80
758	0,014	0,5	5	13

Condições: T= 400-500°C / P=200-1000 bar

Catalisador: α -Fe

COMPOSTO	% EM PESO
Fe ₃ O ₄	94
K ₂ O	0,8
Al ₂ O ₃	2,3
CaO	1,7
MgO	0,5
SiO ₂	0,4

