

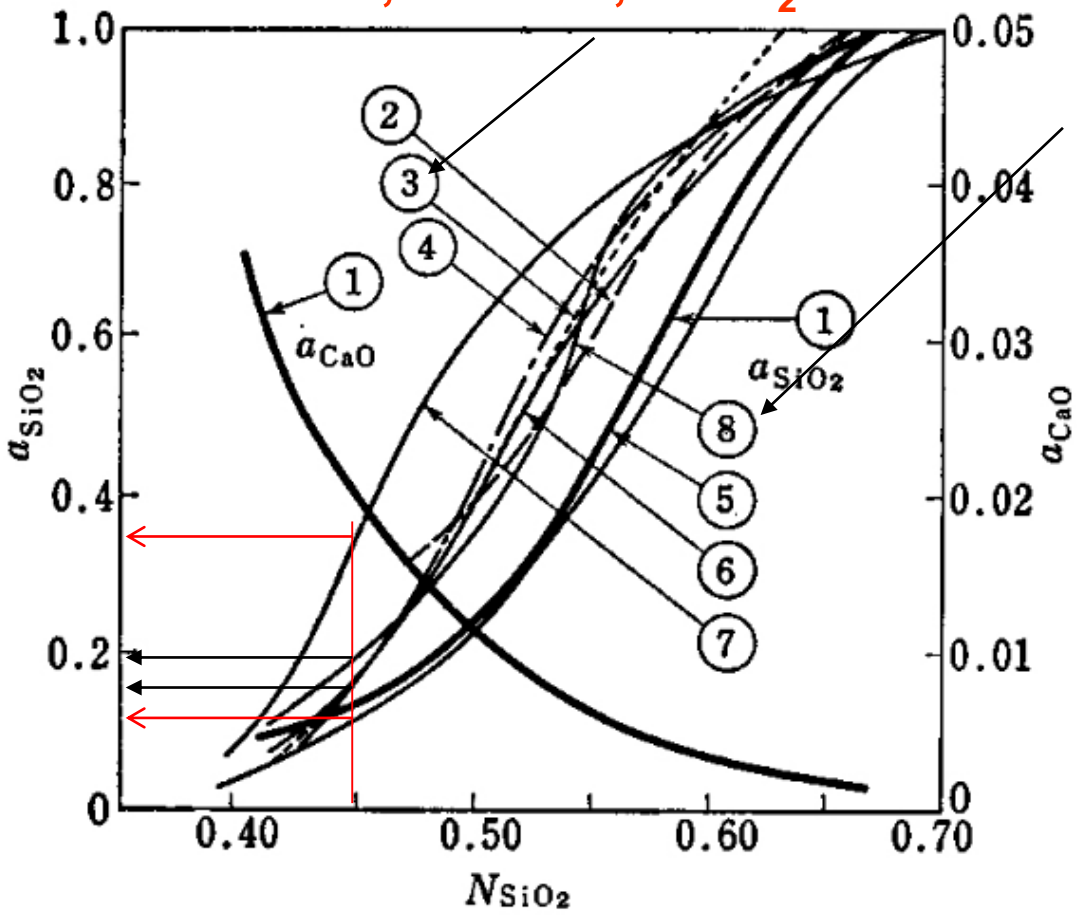


METMAT

TERMODINÂMICA DAS SOLUÇÕES

Atividades

0,56CaO-0,44SiO₂

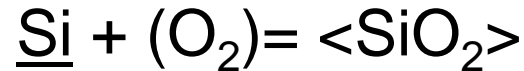


- ① 1600°C, Kay, *et al.*¹³⁹⁾
- ② 1600°C, Chang, *et al.*¹³⁷⁾
- ③ 1500°C, Sharma, *et al.*¹⁴⁰⁾
- ④ 1600°C, Rein, *et al.*¹⁴³⁾
- ⑤ 1630°C, 三本木ら¹⁴¹⁾
- ⑥ 1600°C, Rey¹³⁶⁾
- ⑦ 1637°C, McCabe, *et al.*¹³⁸⁾
- ⑧ 1500°C, Carter, *et al.*¹⁴²⁾

Sistema CaO-SiO₂

Ref.: CaO puro sólido; SiO₂ puro sólido

TERMODINÂMICA DAS ESCÓRIAS



P_{O_2}

M2(controlado pelo Si): $8,55 \times 10^{-14}$ atm (1500°C)

T4 (controlado pelo Si): $8,7 \times 10^{-14}$ atm (1500°C)

$$\text{LS} = 1,21 \text{ (T4)}$$

$$\text{LS} = 1,20 \text{ (M2)}$$

$$m_{\text{escória}}(\text{kg}) = \frac{(0,02 - 0,005) \times 1000}{1,21 \times 0,005 - 0}$$

$$m_{\text{escória}}(\text{kg}) = 2479,34 \text{ kg esc/t aço!!!}$$

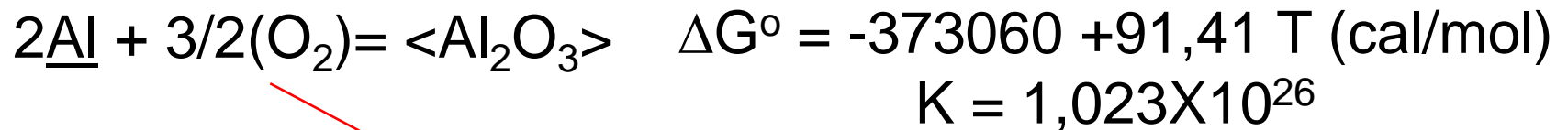
Soluções

$$m_{escória} = \frac{\%S_{metal}^o * m_{metal} - \%S_{metal}^{eq} * m_{metal}}{L_S * \%S_{metal}^{eq} - \%S_{escória}^o}$$

$$\log(LS) = \log \left[\frac{(\%S)_{escória}}{(\%S)_{metal}} \right] = \log(K_S \cdot f_S \cdot C_{S^{-2}}) - \log(p_{O_2}^{1/2})$$

TERMODINÂMICA DAS ESCÓRIAS

DeO com 0,03%Al




$$p_{\text{O}_2} = 3,51 \times 10^{-16}$$

$$\text{LS} = 31,8 \text{ (T4)}$$

$$\text{LS} = 30,2 \text{ (M2)}$$

$$m_{\text{escória}}(\text{kg}) = \frac{0,02 * 1000 - 0,005 * 1000}{31,8 * 0,005 - 0}$$

$$m_{\text{escória}}(\text{kg}) = 94,2 \text{ kg esc/t aço}$$

TERMODINÂMICA DAS ESCÓRIAS

Escória CaO-Al₂O₃-CaF₂

$$(\log C_{S-2} = -2) \Rightarrow C_{S-2} = 0,01$$

$$LS = 34 \text{ (M2)}$$

$$LS = 34,2 \text{ (T4)}$$

$$m_{\text{escória}} \text{ (kg)} = [(0,02-0,005) * 1000] / [(34 * 0,005) - 0]$$

$$m_{\text{escória}} \text{ (kg)} = 88,3 \text{ kg esc/t aço}$$

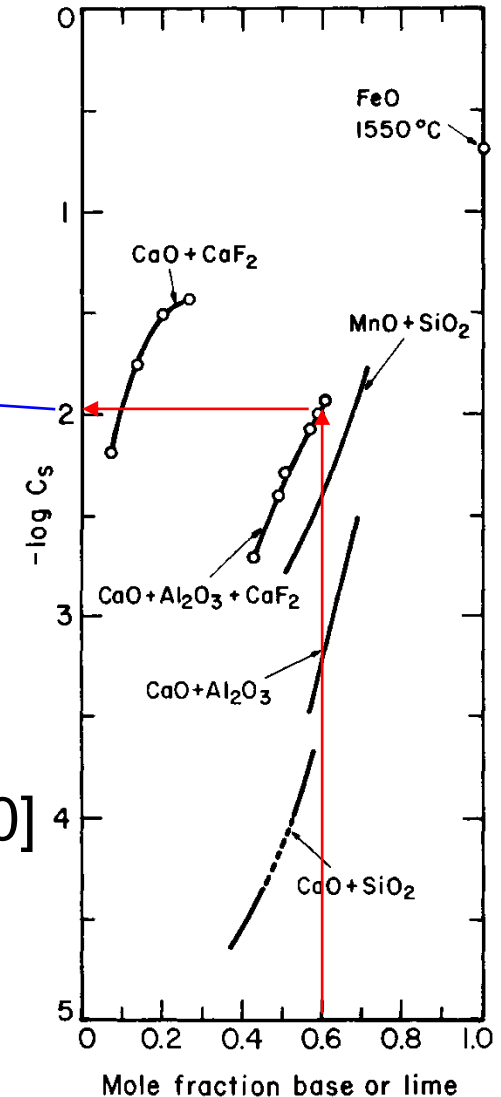


FIG. 22-18. Sulfide capacities of silicate, aluminate, and fluoride slags as a function of the mole fraction of the base at 1500°C; for CaO-Al₂O₃-CaF₂, molar ratio Al₂O₃/CaF₂ = 1.3.^[10]

TERMODINÂMICA DAS ESCÓRIAS

PODER OXIDANTE DAS ESCÓRIAS

- Está relacionado com o óxido menos estável na escória
- Normalmente o FeO é o menos estável



$$K_1 = \frac{a_{\text{Fe}} \cdot h_{\text{O}}}{a_{\text{FeO}}} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow h_{\text{O}} = K_1 \cdot a_{\text{FeO}}$$

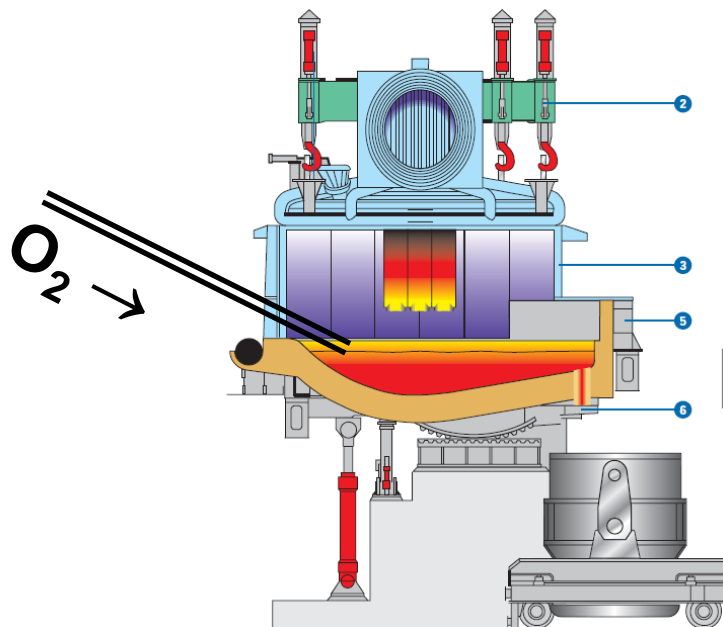


$$K_2 = \frac{a_{\text{Fe}} \cdot p_{\text{O}_2}^{1/2}}{a_{\text{FeO}}} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow p_{\text{O}_2} = (K_2 \cdot a_{\text{FeO}})^2$$

Resultados de medidas de FeO na escória na SIDOR-Venezuela



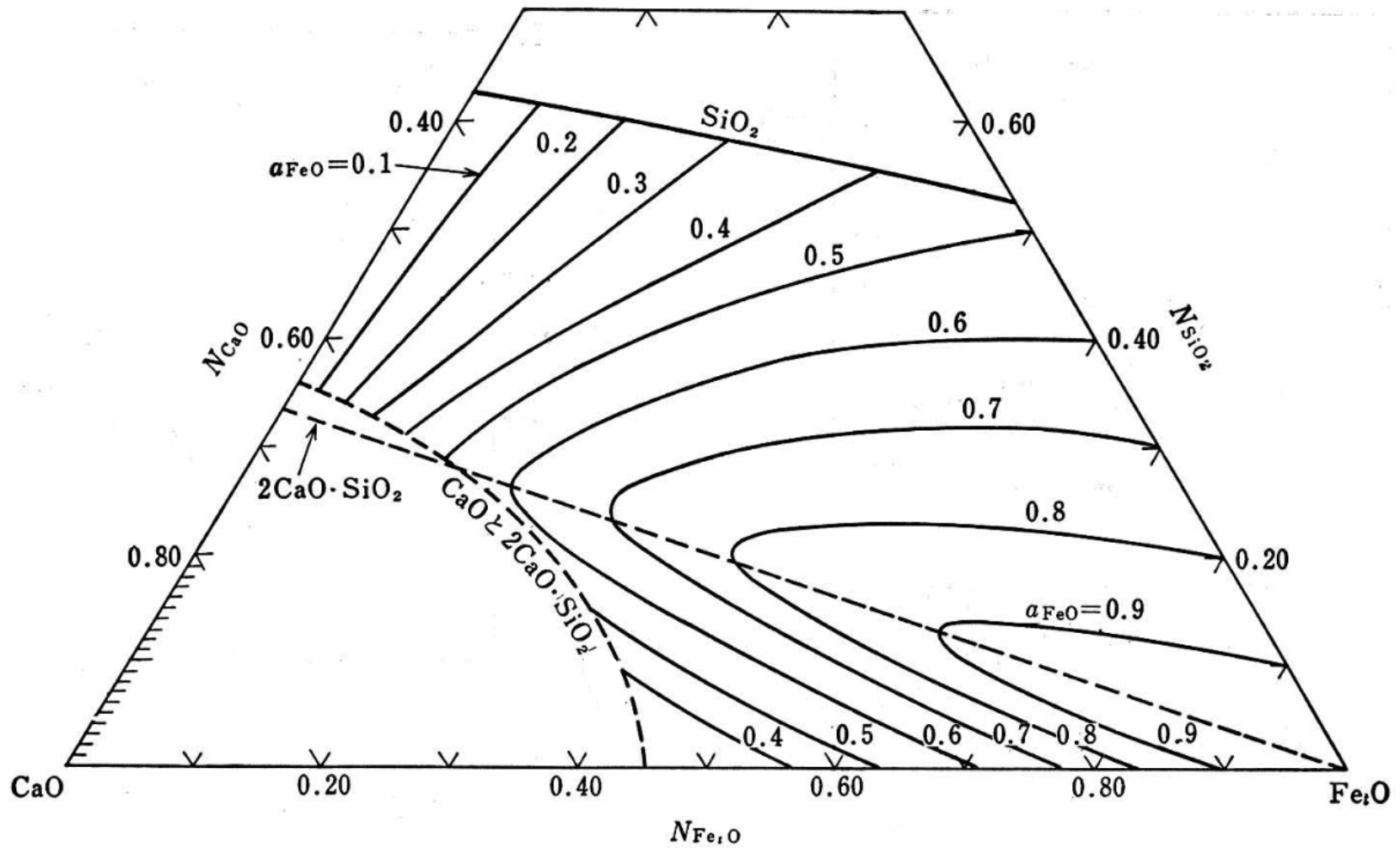
Data	Corr	Tempo	FeO %
29/10/2008	282381	02:40	25,16
29/10/2008	282382	05:03	24,68
29/10/2008	282383	06:30	26,37
29/10/2008	282383	06:52	32,48
29/10/2008	282384	09:20	36,35
29/10/2008	282384	09:45	33,58
03/11/2008	282421	12:34	28,59
03/11/2008	282421	12:56	38,19
03/11/2008	282423	03:51	30,42
03/11/2008	282423	04:40	28,41
03/11/2008	282424	06:14	34,88
03/11/2008	282424	06:24	34,12
05/11/2008	282441	02:04	33,32
05/11/2008	282442	04:20	28,23
05/11/2008	282442	04:33	29,89
05/11/2008	282443	05:48	28,82
05/11/2008	282443	06:27	23,66
06/11/2008	282452	12:10	37,37
06/11/2008	282452	12:21	33,13
06/11/2008	282453	02:35	30,25



- o sopro de O_2 é fundamental na fabricação de aço em forno elétrico a arco;
- o excesso de oxigênio soprado resulta no excesso de oxidação do Fe que é perdido na forma de FeO para a escória
- como controlar FeO ? como medir FeO ?
- importância do potencial de oxigênio da escória

TERMODINÂMICA DAS ESCÓRIAS

- a_{FeO} é máxima para $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 2$
- Alta interação $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ deixa o FeO “livre” ($\uparrow a$)



Exercício

- Determinar o teor de C em um aço a 1600°C, elaborado ao ar, em equilíbrio com uma escória contendo 5% FeO, 40% SiO₂ e 55% CaO (base molar). Suponha válida a LH para o O e o C. **[67]**

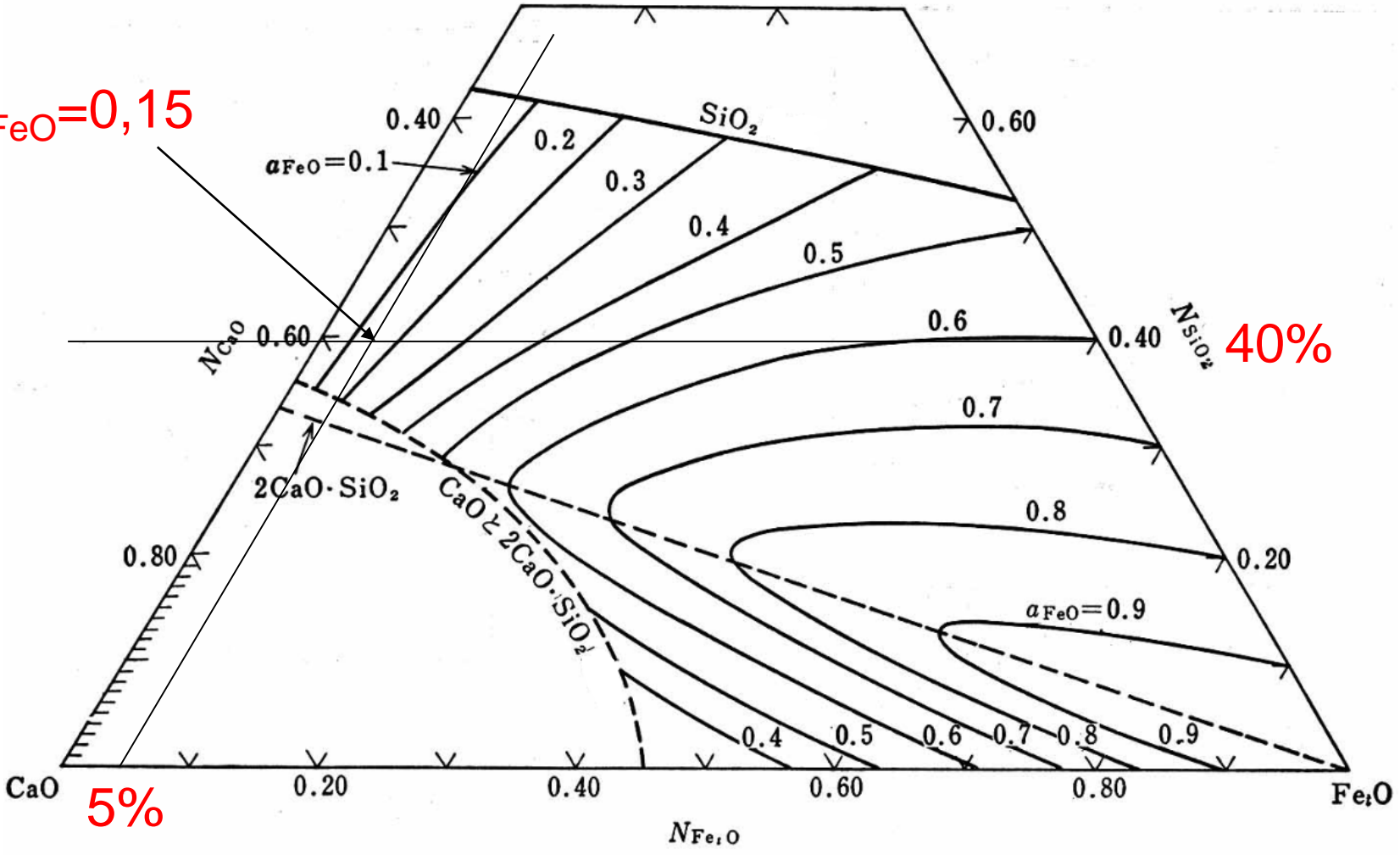


- $K = 0,23 = a_{\text{Fe}} \cdot \% \text{O} / a_{\text{FeO}} = \% \text{O} / a_{\text{FeO}}$
- $\% \text{O} = 0,23 \cdot a_{\text{FeO}}$



TERMODINÂMICA DAS ESCÓRIAS

$a_{FeO} = 0,15$



Exercício

$$- \%O = 0,23 \cdot a_{\text{FeO}} = 0,23 \cdot 0,15 = 0,035\%$$

$$- \underline{\text{C}} + \underline{\text{O}} = (\text{CO}) \dots \dots \Delta G^\circ = 4903 - 9,64T \text{ (cal/mol)}$$

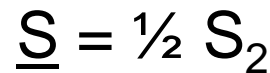
- $K = 477,7 = p_{\text{CO}} / \%C \cdot \%O = 1 / \%C \cdot 0,035$
- $\%C = 1 / 477,7 \cdot 0,035 = 0,061\%$

Exercício

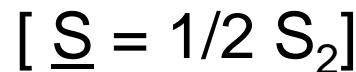
- Um aço contendo 0,08%C e 0,06%S é desoxidado com 0,05%Al antes do processo de dessulfuração. A escória utilizada foi 60%CaO, 10%SiO₂ e 30%Al₂O₃ (molar) a 1650°C. Determinar a massa mínima de escória a ser utilizada para que o teor de S final seja de 0,01%. Considere a LH válida para o Al, S e O. [68]

$$m_{escória} = \frac{\%S_{metal}^0 * m_{metal} - \%S_{metal}^{eq} * m_{metal}}{L_S * \%S_{metal}^{eq} - \%S_{escória}^0}$$

$$L_S = \frac{K_S \cdot f_S \cdot C_{S^{-2}}}{p_{O_2}^{1/2}}$$



K_S



$$K_S = 0,00359$$

60%CaO, 10%SiO₂ e 30%Al₂O₃

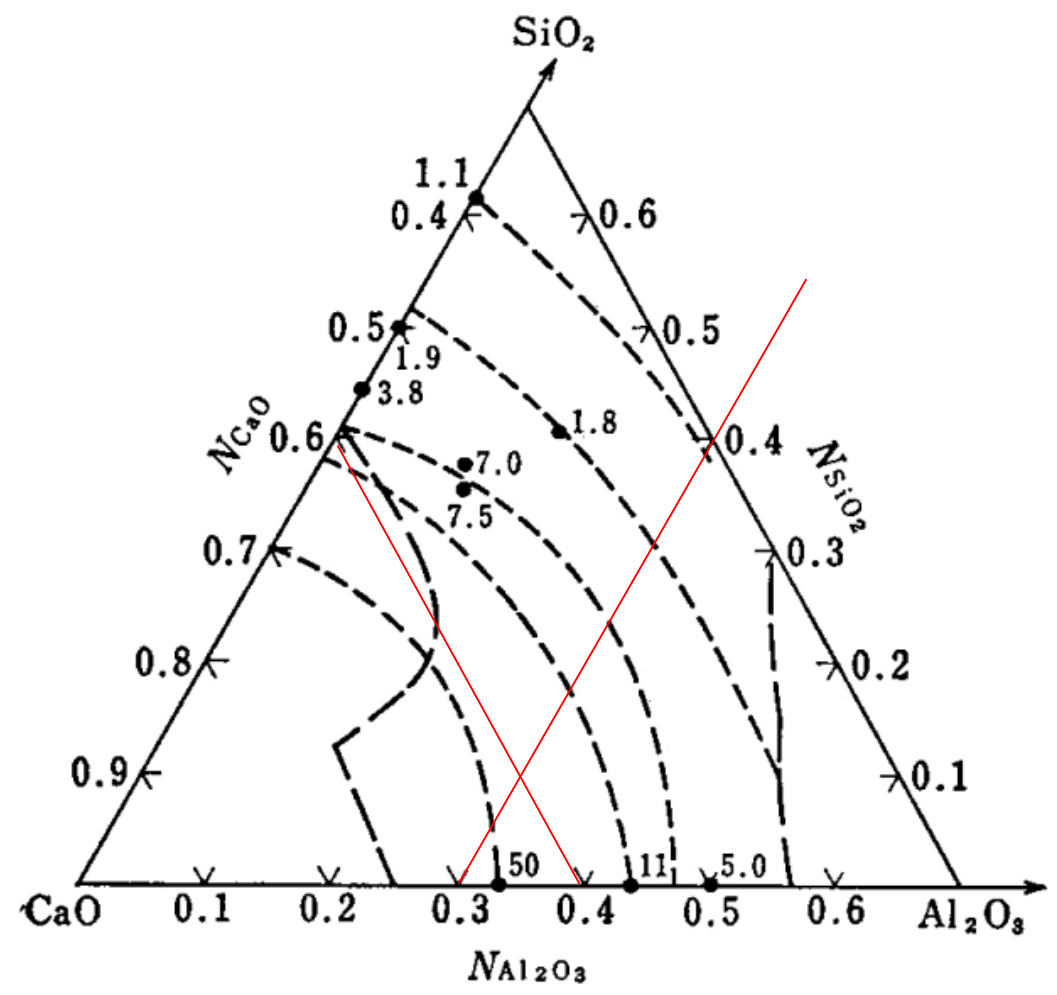
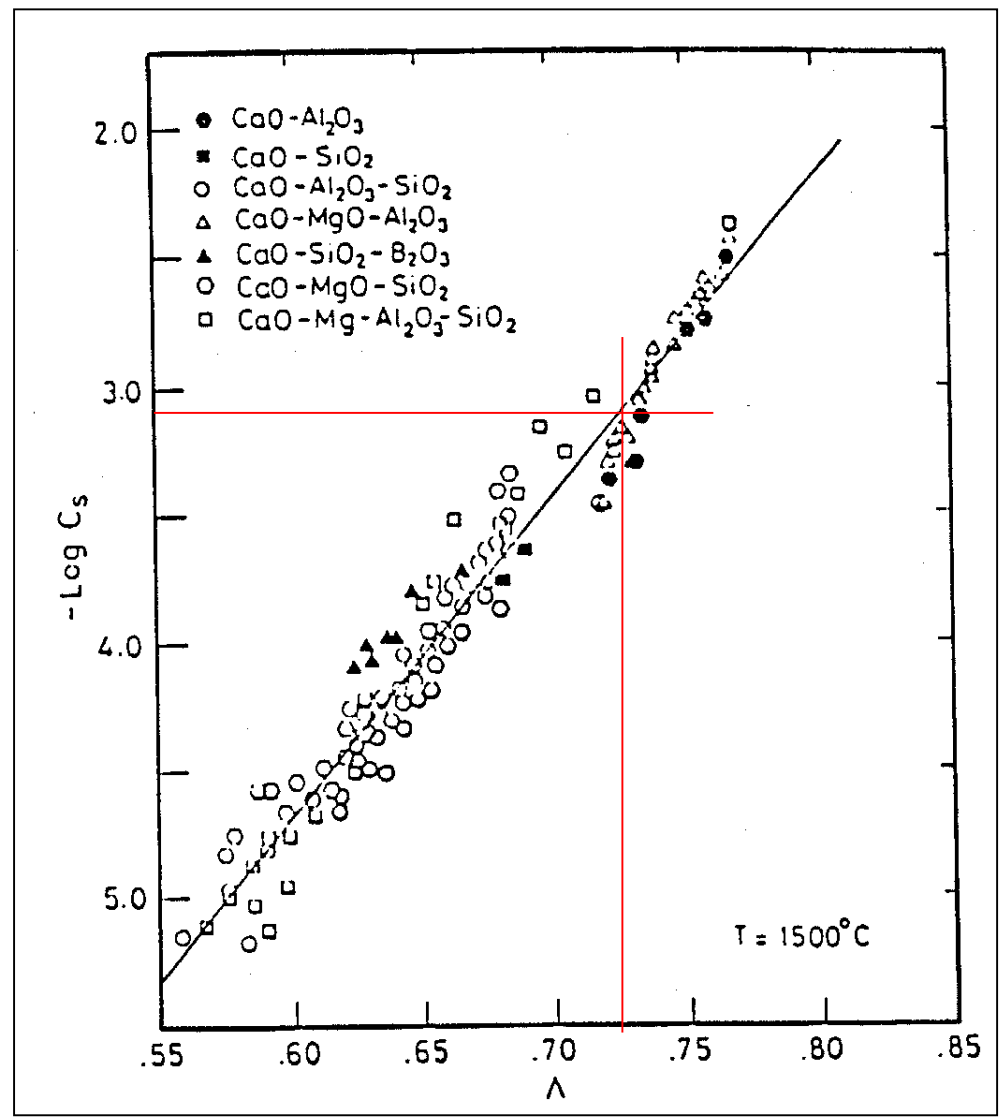


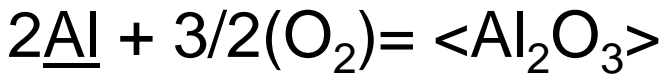
図 1・65 CaO-SiO₂-Al₂O₃ 系スラグの sulphide capacity($\times 10^4$). 1650°C²¹⁹⁾

$$\Lambda_{esc} = 0,723$$

- $-\log C_s = 3,1$

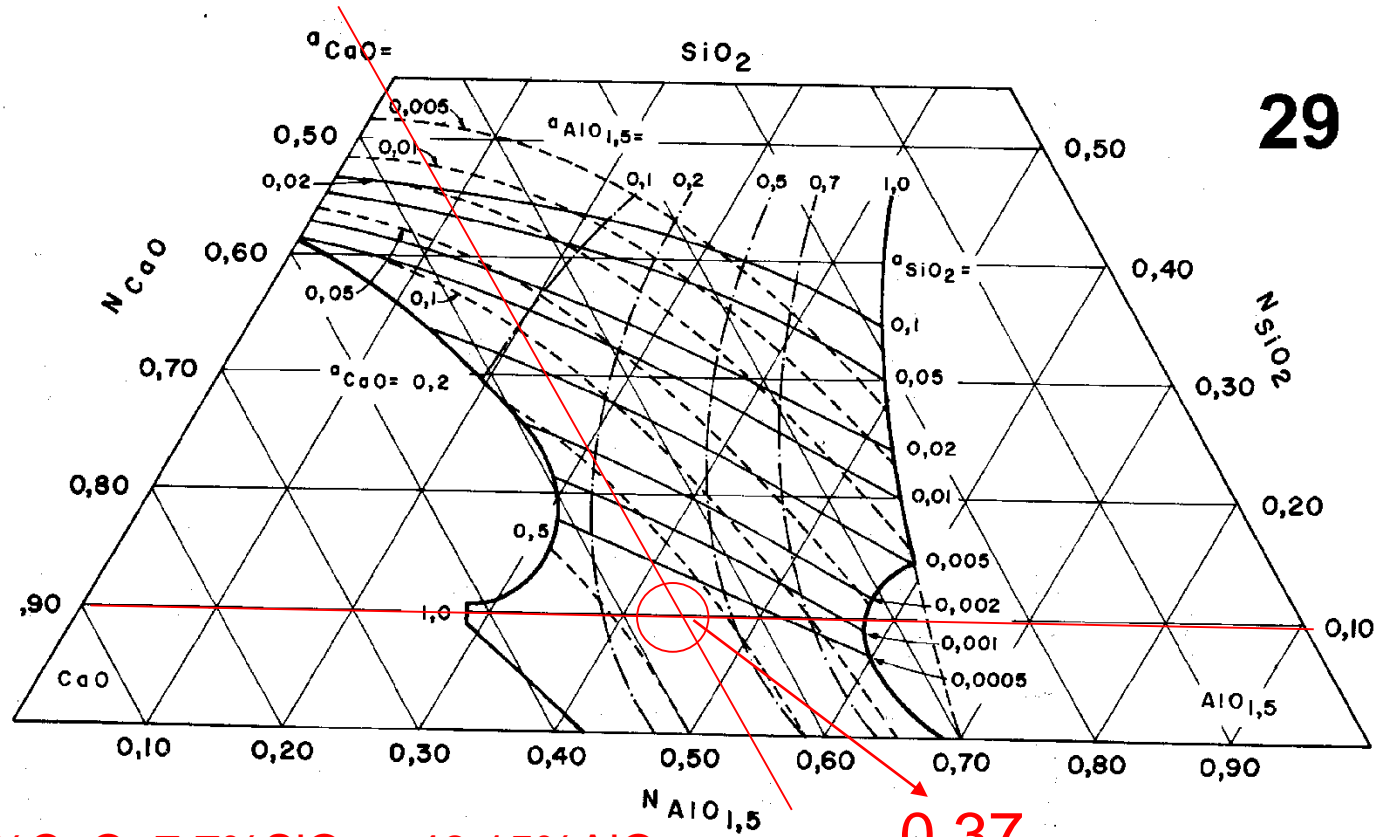
- $C_s = 7,94 \times 10^{-4}$





- $a_{\text{Al}_2\text{O}_3} = (a_{\text{AlO}_{1,5}})^2$ devido à reação $2 \text{AlO}_{1,5} = \text{Al}_2\text{O}_3$
- normalização do sistema em 1 atg do metal

- $K = 2,57 \times 10^{22}$
- $a_{\text{Al}_2\text{O}_3} = 0,137$
- $p_{\text{O}_2} = 1,64 \times 10^{-14}$



46,15%CaO, 7,7%SiO₂ e 46,15%AlO_{1,5} 0,37



$$LS = \frac{K_S \cdot f_S \cdot C_{S^{-2}}}{p_{O_2}^{1/2}} = \frac{0,0359 \times 1 \times 7,94 \times 10^{-4}}{(1,64 \times 10^{-14})^{0,5}}$$

$$m_{escória} = \frac{(\% S_{metal}^o - \% S_{metal}^{eq}) \times m_{metal}}{L_S \times \% S_{metal}^{eq} - \% S_{escória}^o} = \frac{(0,06 - 0,01) \times 1000}{22,26 \times 0,01 - 0} = 224,63 \text{ kg}$$