

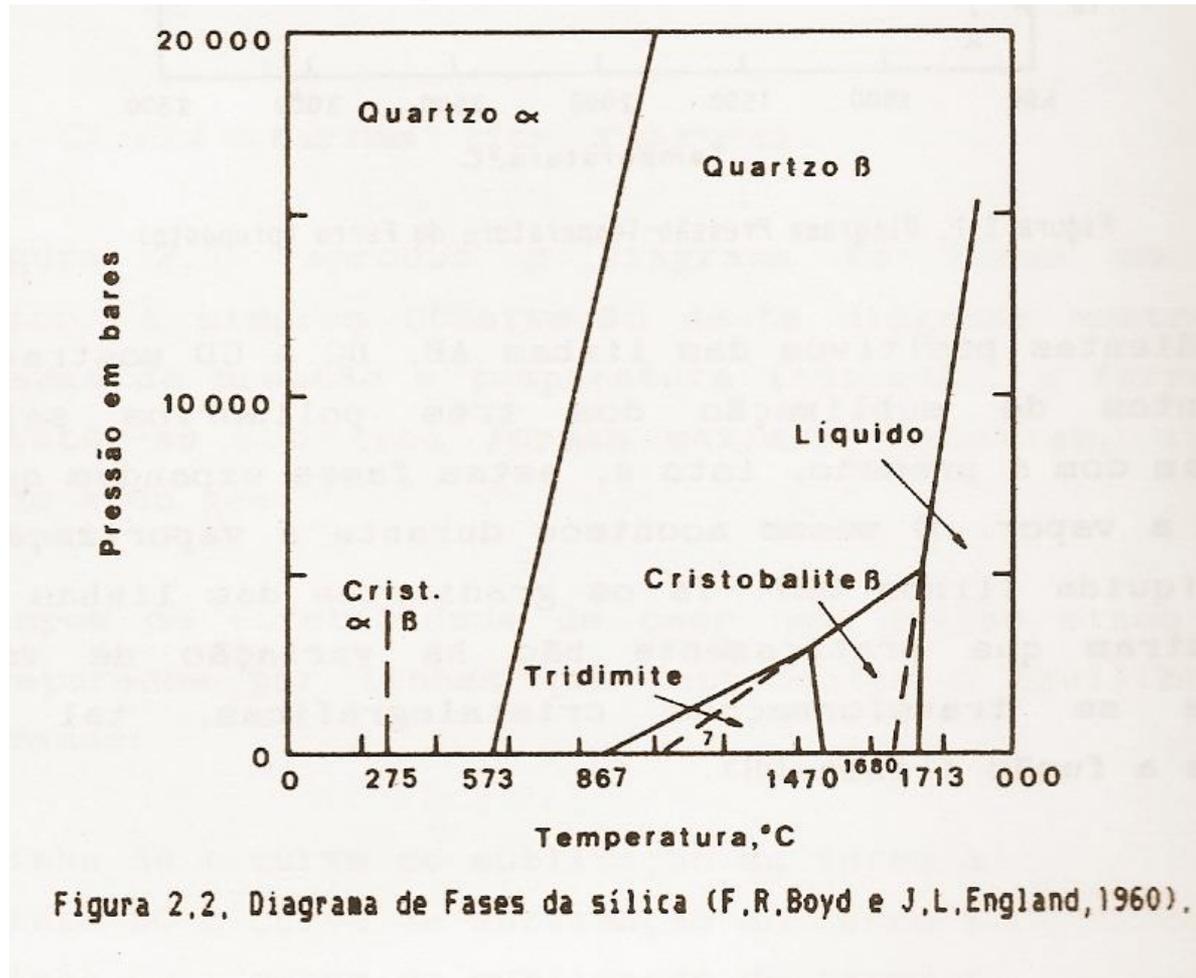
# Diagramas de fases

*Mapa* onde pode-se visualizar as fases cristalinas de um determinado conjunto de componentes, em função da temperatura e/ou pressão.

# Sistemas de um componente

- Nesses sistemas, um sistema onde a composição é fixa, tem-se um diagrama no plano e os eixos são a pressão e a temperatura.
- Ex: diagrama de fases da água

# Diagrama sílica



➔ 1 componente

28/08/2015

Variáveis : pressão e temperatura

# Regra da fases

$$P + F = C + N,$$

onde **P** = número de fases (*phases*)

**F** = graus de liberdade (*freedom degrees*)

**C** = número de componentes (*components*)

**N** = número de variáveis que não estão relacionadas com a composição (temperatura e pressão)

**Ex.:** ponto invariante

# *Diagramas binários C=2*

- A maioria das operações usadas no processamento dos materiais é feita à pressão atmosférica (constante), aproximadamente. Assim, a pressão não é uma variável significativa e nos diagramas que veremos a seguir, a pressão é fixada em uma atmosfera. Já que um grau de liberdade foi usado para se especificar a pressão, a regra das fases passa a ter forma de :

$$P + F = C + 1$$

# ***Quantidades relativas de fases***

- Os diagramas de equilíbrio, além de especificarem o número de fases presentes a uma dada temperatura e suas composições, também permitem calcular as quantidades relativas de cada fase presente.

# Quantidades relativas de fases

## Regra da alavanca

- Consideremos o material de composição  $C_0$ . Na temperatura indicada pelo ponto  $c$ , há duas fases de composições  $C_l$  e  $C_s$ . O número de átomos de B na composição inicial é igual a soma dos átomos de B na fase sólida mais os átomos de B na fase líquida.
- As frações do material na fase sólida ( $f_s$ ) e do material na fase líquida ( $f_l$ ) são dadas por:

$$f_s = \frac{C_0 - C_l}{C_s - C_l}$$

$$f_l = \frac{C_s - C_0}{C_s - C_l}$$

# ***Quantidades relativas de fases***

## ***Regra da alavanca***

- Essas relações, que são aplicáveis em qualquer região de duas fases de um diagrama de equilíbrio binário, são conhecidas como ***regra da Alavanca***. São assim chamadas porque uma linha horizontal dentro de uma região de duas fases pode ser considerada como uma alavanca com apoio em  $C_0$ . A fração de uma fase, cuja composição é indicada por uma extremidade da alavanca com apoio  $C_0$ . A fração de uma fase, cuja composição é indicada por uma extremidade da alavanca, é igual ao quociente do braço da alavanca, do lado oposto ao apoio pelo comprimento total da alavanca.

# Exemplo : Diagrama BaO-TiO<sub>2</sub>

BaO-TiO<sub>2</sub>

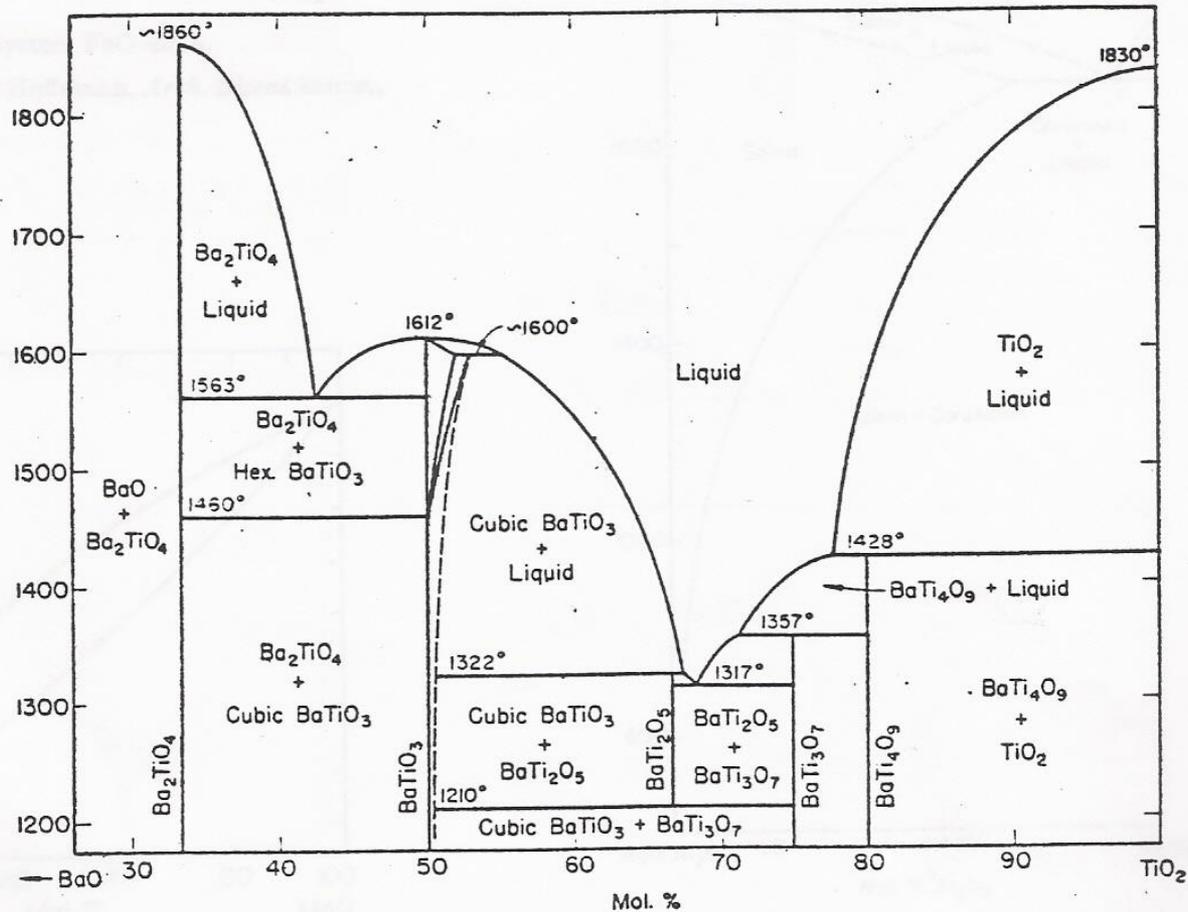


FIG. 213.—System BaO-TiO<sub>3</sub>.

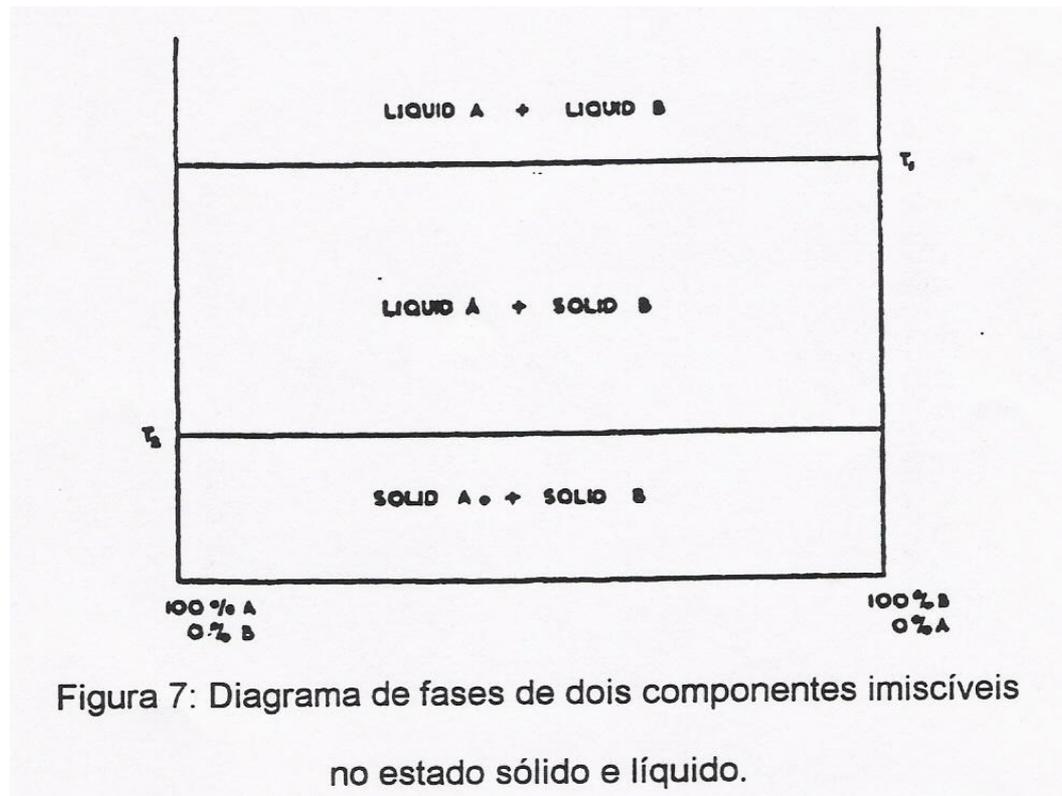
D. E. Rase and Rustum Roy, The Pennsylvania State University, College of Mineral Industries; Eighth Quarterly Progress Report, April 1 to June 30, Appendix II, p. 32 (1953); *J. Am. Ceram. Soc.*, 38 [3] 111 (1955); m.p. of BaTiO<sub>3</sub> given as 1613°C.

Os diagramas podem ser divididos de fases binários podem ser divididos em 4 classes gerais:

1. Os dois componentes são imiscíveis no estado sólido e no estado líquido
2. Os dois componentes são completamente miscíveis no estado líquido, mas imiscíveis no estado sólido
3. Os dois componentes reagem formando composto
4. Os dois componentes são mutuamente solúveis ou miscíveis em ambos os estados: sólido e líquido.

# Componentes com imiscibilidade total

- Os exemplos são raros, como o caso da mistura de silicato de cálcio e sílica.



# Componentes com imiscibilidade no estado sólido e miscibilidade no estado líquido

- O efeito da adição de um componente ao outro é o abaixamento da temperatura de fusão do segundo componente.
- Reação eutética

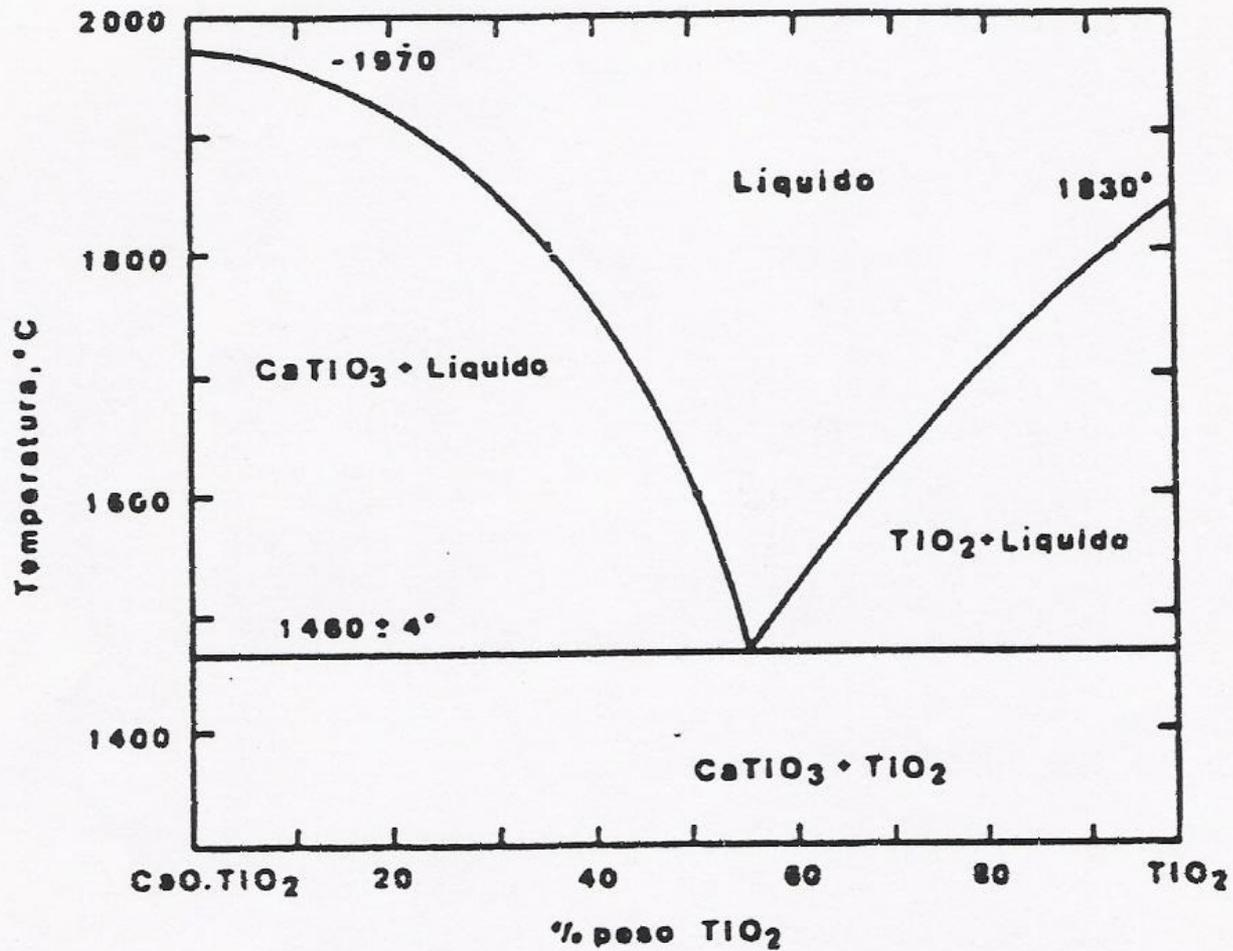
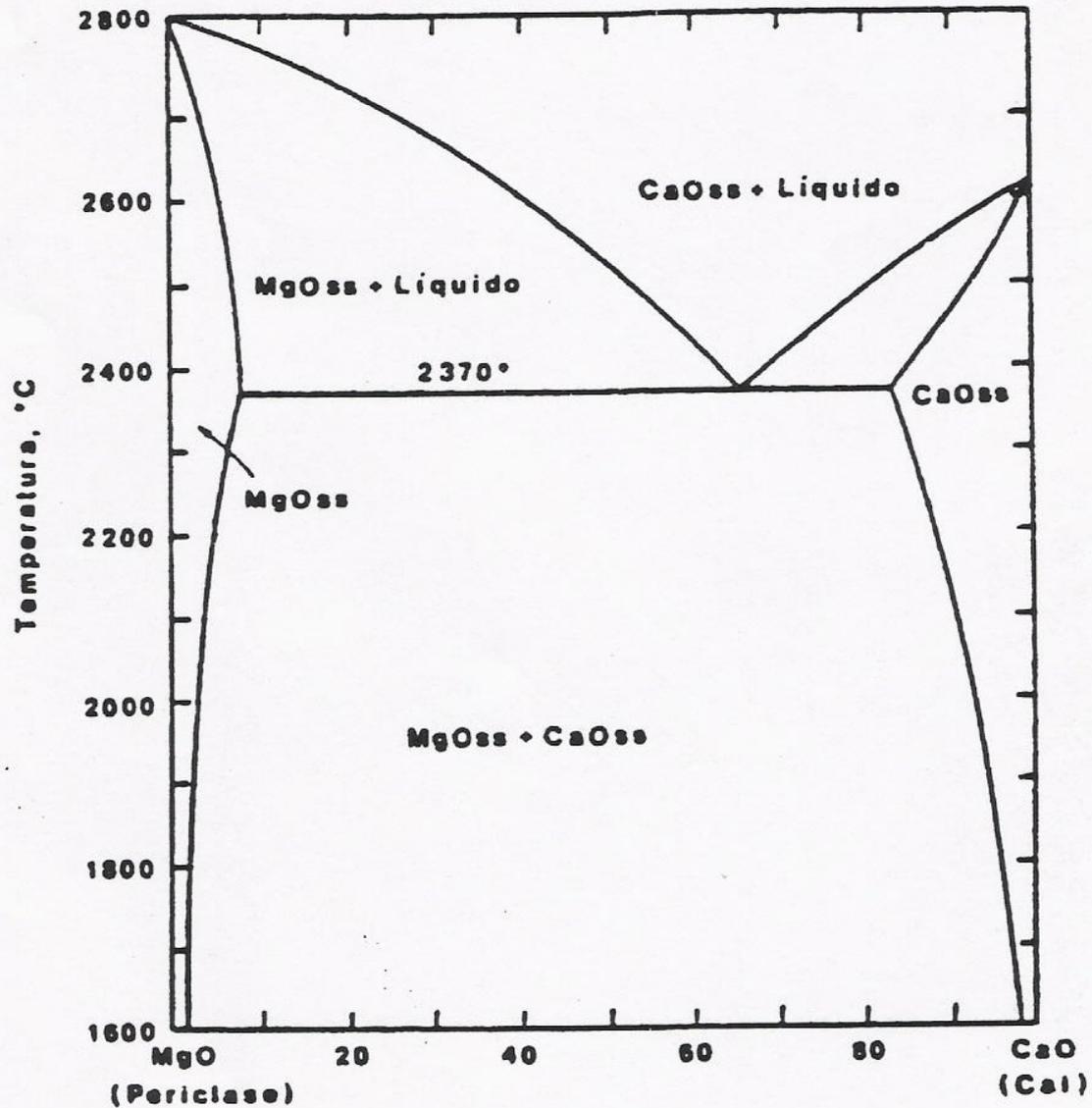


Figura 9: Diagrama de fases do sistema CaTiO<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>.



# Diagrama de fases com reação formando compostos

- Formação de um composto que se dissocia no aquecimento, abaixo da  $T$  onde ocorre o aparecimento da fase líquida

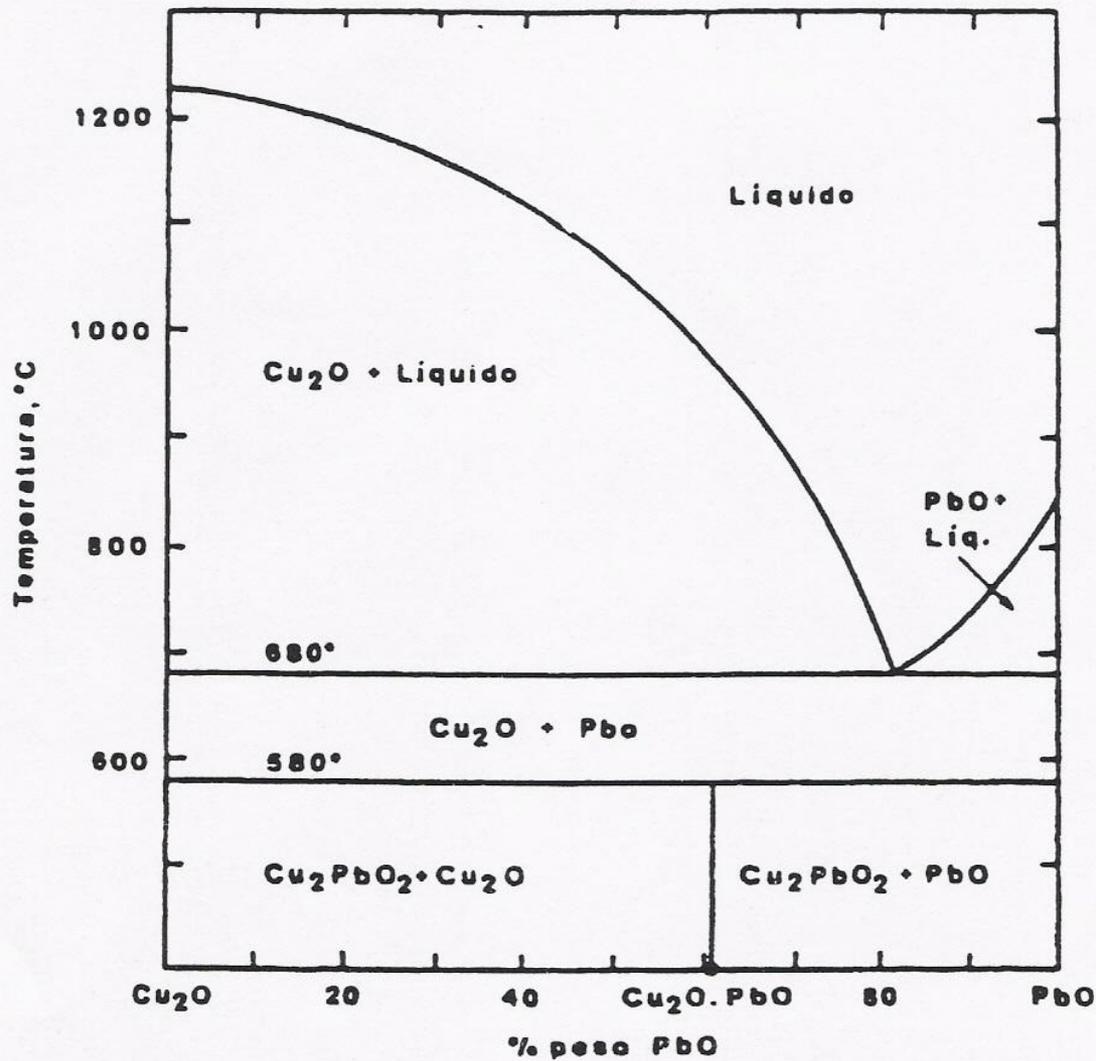
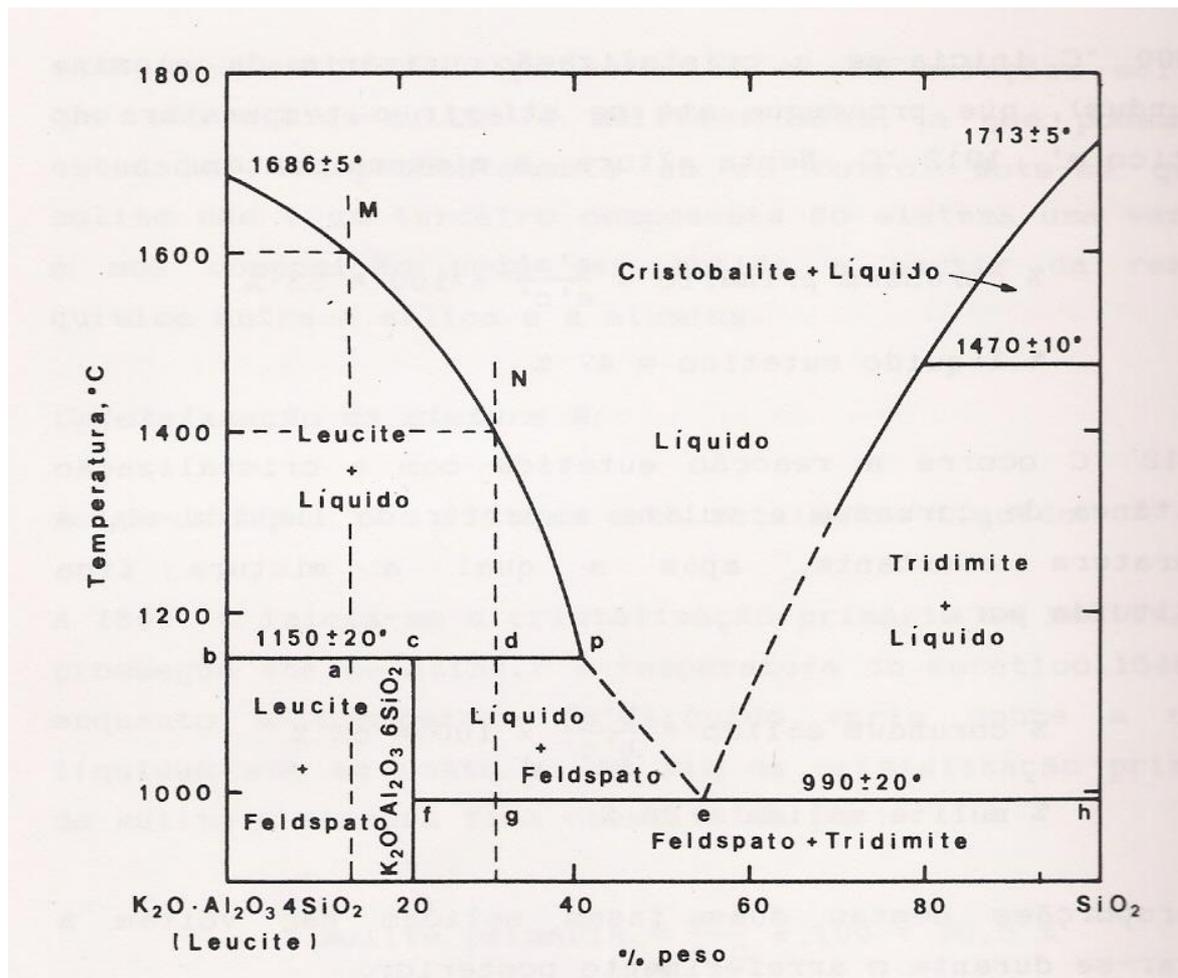


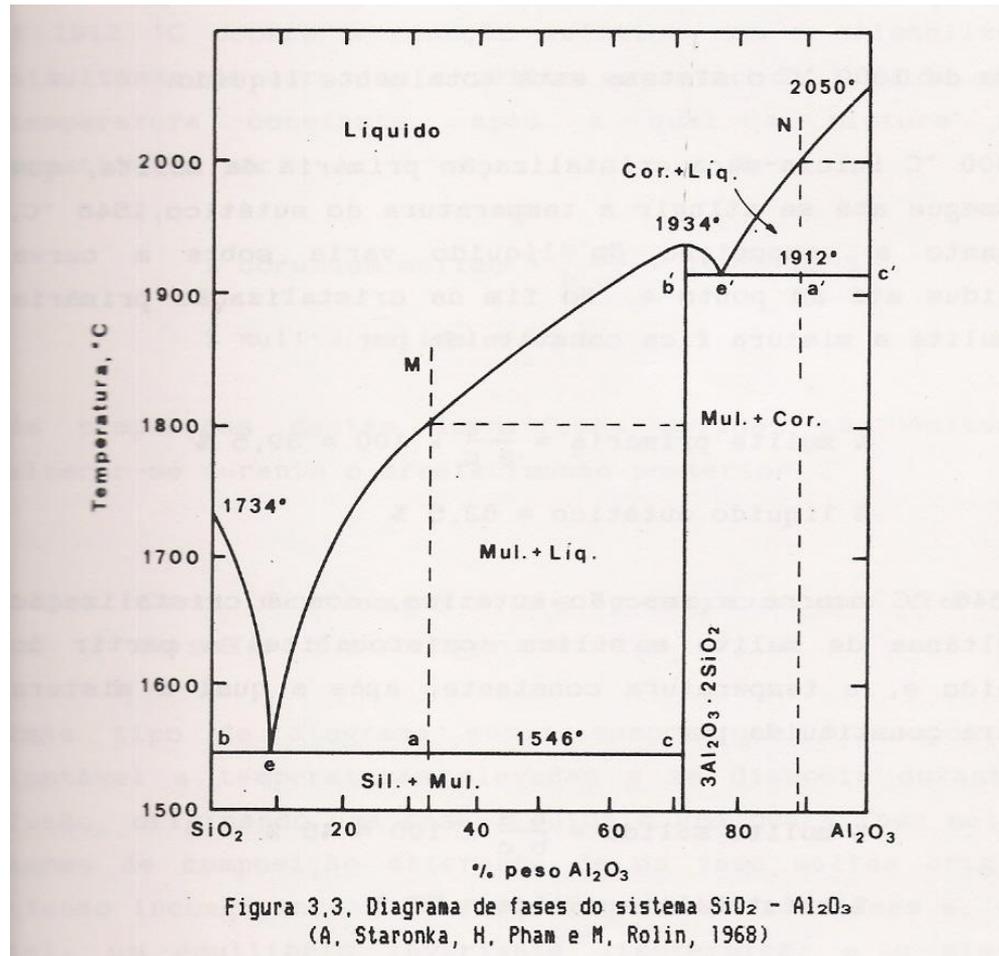
Figura 12: Diagrama de fases do sistema  $\text{Cu}_2\text{O}$ - $\text{PbO}$ .

# Diagrama com formação de compostos de fusão incongruente



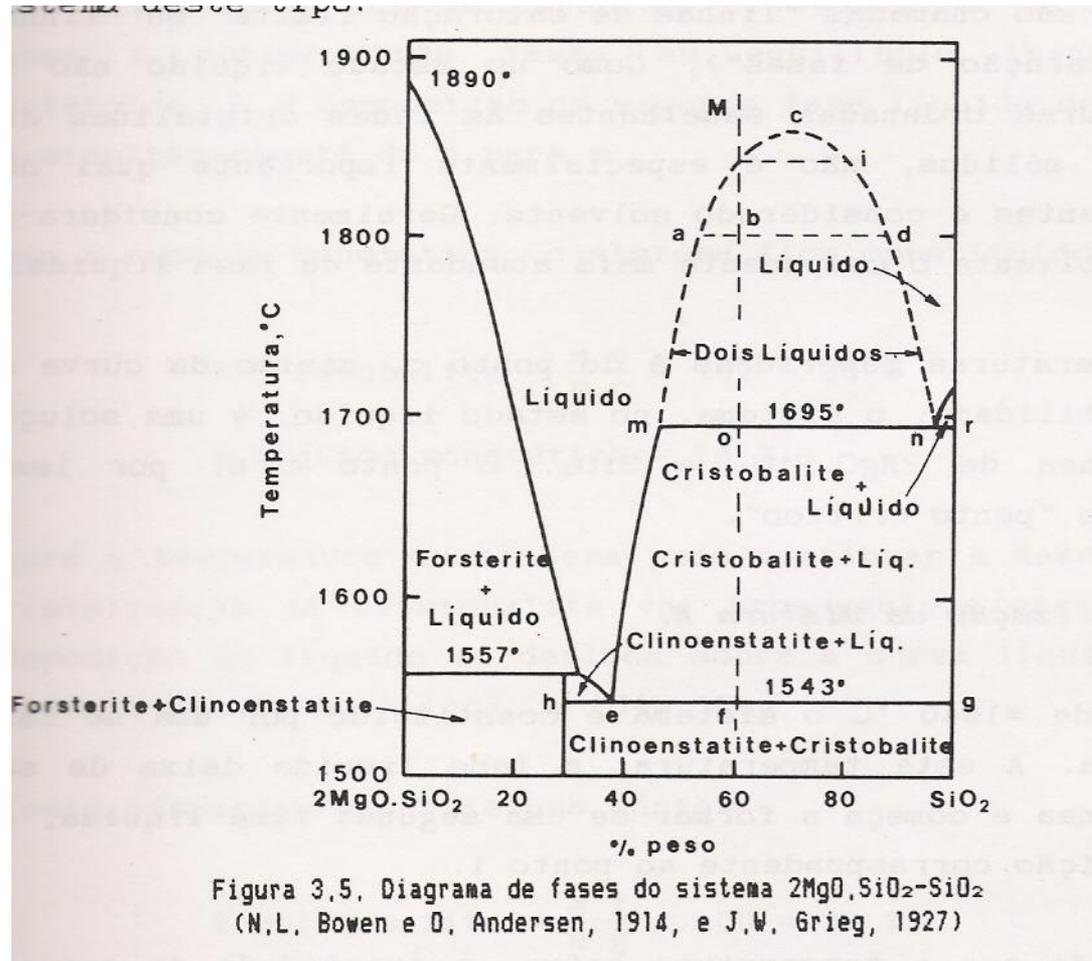
28/08/2015  
Ponto peritético:  $L + \text{sólido A} \rightarrow \text{sólido B}$ <sup>17</sup>

# Diagrama com formação de composto de fusão congruente



28/08/2016 Dois sub-sistemas com 2 eutéticos

# Diagrama com imiscibilidade parcial no estado líquido



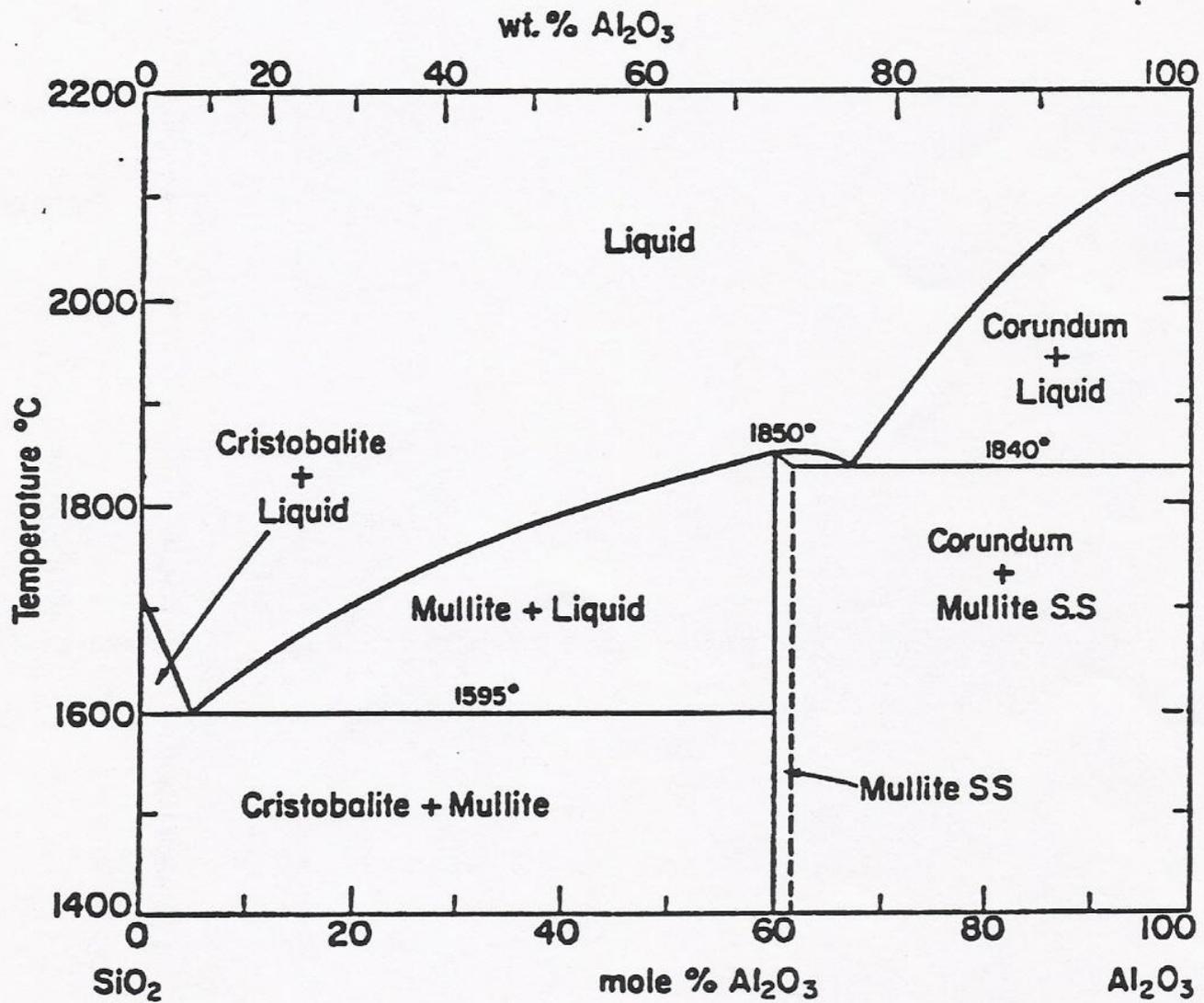


Figura 16: Diagrama de fases do sistema SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

# Sistemas binários com soluções sólidas

- Com miscibilidade completa no estado sólido

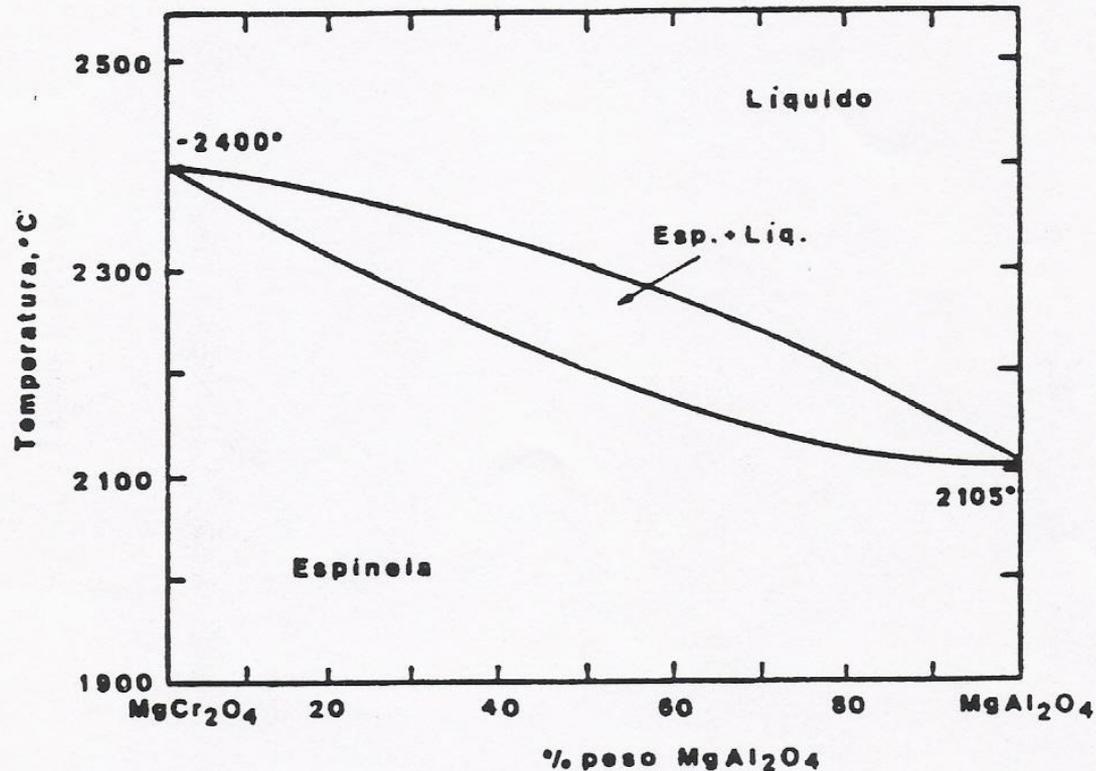
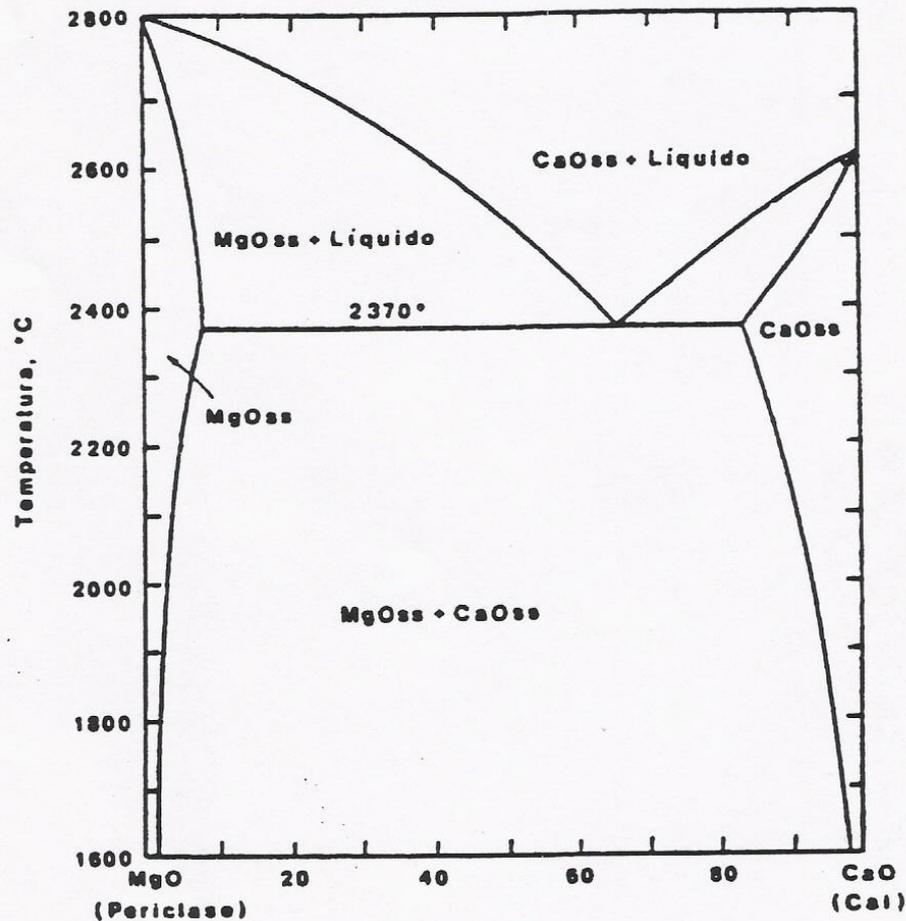
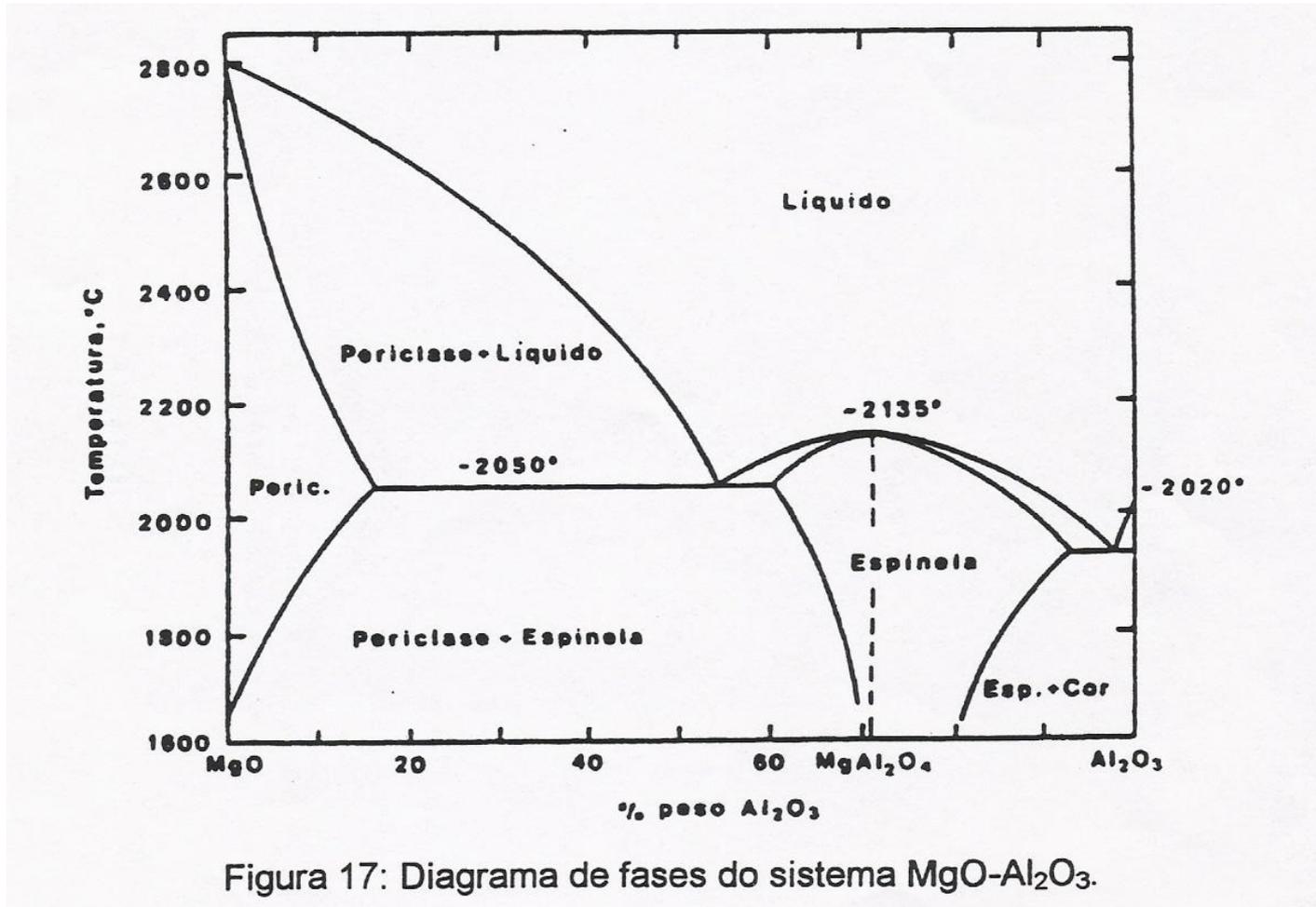


Figura 18: Diagrama de fases para mistura binária (completamente miscível)

# Com miscibilidade parcial no estado sólido



# Solubilidade limitada no estado sólido com formação de composto congruente



O sistema pode ser sub-dividido em 2 sub-sistemas