

LEUCITA A PARTIR DE ANALCIMA POR MEIO DE TROCA IÔNICA EM SOLUÇÃO AQUOSA POTÁSSICA EM AUTOCLAVE: ANÁLISE TERMODINÂMICA

Tsuneharu Ogasawara¹Marta Duarte da Fonseca²Vinicius Bemfica Barreira Pinto³Shirleny Fontes Santos⁴Silvia Cristina Alves França⁵Fernanda Paes de Figueiredo Costa⁶

Resumo

Vitrocerâmica feldspática leucítica microcristalina é utilizada para confeccionar próteses dentárias, mas a fusão incongruente de feldspato gera cristais grosseiros. É possível síntese hidrotérmica de micro-cristais de leucita por troca iônica a partir de analcima em autoclave a 200°C. O presente trabalho realizou a interpretação termodinâmica do caso. Dados de interesse termodinâmico foram coletados e diagramas Eh-pH do sistema K-Na-Si-Na-H₂O foram traçados para várias atividades de K, Na, Si e Al às temperaturas de 25, 100 e 200°C, usando o Aplicativo HSC Chemistry for Windows 4.1. A partir desses diagramas, os diagramas pAl-pH foram construídos para as mesmas temperaturas. Condições de cálculo: $a_K = a_{Na} = a_{Al} = 0,5 a_{Si}$ e $a_{Al} = a_{Na} = 0,1 a_K = 0,5 a_{Si}$ (ou $a_K = 10 a_{Na} = 10 a_{Al} = 5 a_{Si}$). Diagramas de equilíbrio pleno e metaestável foram construídos. Os resultados mostraram que a analcima e a leucita são compostos metaestáveis em meio aquoso e que a obtenção da leucita em autoclave a 200°C, com $a_K > 10 a_{Na}$, decorre da dificuldade cinética de formação dos compostos mais estáveis.

Palavras-chave: Leucita; Cerâmica dentária; Análise termodinâmica.

LEUCITE FROM ANALCIME BY MEANS OF ION-EXCHANGE IN POTASSIUM AQUEOUS SOLUTIONS IN AUTOCLAVE: THERMODYNAMIC ANALYSIS

Abstract

Microcrystalline leucite feldspathic glass-ceramics gives dental prosthesis, but incongruent melting of feldspar produces coarse crystals. It is feasible the hydrothermal synthesis of micro-crystalline leucite by using ion-exchange from analcime at 200°C in autoclave. This work provides thermodynamic explanation to the case. Thermodynamic data were collected from Eh-pH diagrams of the K-Na-Si-Na-H₂O system at several activities of K, Na, Si and Al at 25, 100 and 200°C, using the HSC Chemistry for Windows 4.1 Software. pAl-pH diagrams were constructed for those temperature. Calculation conditions: $a_K = a_{Na} = a_{Al} = 0.5 a_{Si}$ and $a_{Al} = a_{Na} = 0.1 a_K = 0.5 a_{Si}$ (or $a_K = 10 a_{Na} = 10 a_{Al} = 5 a_{Si}$). Diagrams of full and metastable equilibrium were constructed. The results showed that analcime and leucite are metastable phases in aqueous media and that leucite formation in autoclave at 200°C, with $a_K > 10 a_{Na}$, comes from kinetic constraints to the formation of more stable phases.

Key words: Leucite; Dental ceramics; Thermodynamic analysis.

¹Engenheiro Metalúrgico, D.Sc., Prof. Associado II, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – PEMM, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rua Ângelo Neves, 131, apto. 104, Ilha do Governador, Cep 21920-270, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: ogasawat@metalmat.ufrj.br

²Física, Mestranda em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – PEMM, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rua Soldado Vasco, 142, Penha, Cep 21070-620, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: mdfonseca@metalmat.ufrj.br

³Dentista, D.Sc., Pesquisador, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – PEMM, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Estrada da Cachamorra, 133, casa 93, Campo Grande, Cep 23040-150, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: viniciusbemfica@gmail.com

⁴Engenheira Química, M.Sc., Doutoranda em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – PEMM, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Centro Universitário Estadual da Zona Oeste – UEZO, Rua Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, Campo Grande, Cep 23070-200, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: shirleny@uezo.rj.gov.br

⁵Engenheira Química, D.Sc., Pesquisadora, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, Av. Pedro Calmon, 900, Cidade Universitária, Cep 21941-908, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: sfranca@cetem.gov.br

⁶Dentista, M.Sc., Pesquisadora, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – PEMM, Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Av. Horácio Macedo, 2030, Bloco F, sala F2.10, CT/UFRJ, CP 68505, Ilha do Fundão, Cep 21941-972, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: fefapaes@yahoo.com.br

I INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste na avaliação termodinâmica da conversão da analcima a leucita em condições de autoclave. A vitrocerâmica feldspática reforçada com leucita é um importante material para confecção de restaurações dentais anteriores, onde uma mínima resistência mecânica deve estar aliada a uma máxima qualidade estética. Por isso, a geração de leucita em vidros feldspáticos obtidos por fusão ou a síntese de leucita pura a ser misturada com vidros feldspáticos sem leucita representa tema de grande interesse em odontologia restauradora.

A utilização de vitrocerâmicas na odontologia foi originalmente proposta por MacCulloch em 1968, que usou um processo de modelamento vítreo contínuo com a finalidade de produzir dentes para próteses.⁽¹⁾ Hoje as vitrocerâmicas são uma opção atraente em restaurações dentárias, pois proporcionam a produção de materiais com propriedades óticas similares ao dos dentes naturais.⁽²⁾

A leucita ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$), um mineral alumino-silicato de potássio, tem sido usada como uma fase reforçante em algumas composições para restaurações dentárias.⁽³⁾ Este mineral possui um elevado coeficiente de expansão térmica e apresenta uma transformação polimórfica acompanhada por uma variação expressiva em seu volume.⁽⁴⁾ Além disso, o conteúdo de leucita presente no material melhora as suas propriedades mecânicas.⁽⁵⁾

Segundo Souza, Nascimento e Martinelli,⁽⁵⁾ o coeficiente de expansão térmica para a leucita tetragonal varia entre $22,3 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ e $25 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ (25-400 $^{\circ}C$) e para a leucita cúbica é de $21,5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$ (400-700 $^{\circ}C$). No entanto, a mudança de fase reversível de leucita cúbica para tetragonal acontece por volta de 605-625 $^{\circ}C$.⁽⁶⁾ A cristalização ou introdução de uma expansão elevada de leucita tetragonal na matriz vítrea é favorável, visto que aumenta suficientemente o coeficiente de expansão térmica a um ótimo nível de forma a permitir uma eficiente ligação com o substrato metálico. Além disso, a diferença em expansão térmica que existe entre os cristais de leucita tetragonal e a matriz vítrea ($8,6 \times 10^{-6}/^{\circ}C$) propicia uma tensão tangencial compressiva ao redor dos cristais, sendo esta responsável por um notável reforço no material, reduzindo, deste modo, a propagação de trincas.⁽⁶⁾

A leucita pode ser produzida pela fusão incongruente do feldspato de potássio ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$), quando o mesmo é aquecido a temperaturas entre 1.150 $^{\circ}C$ e 1.530 $^{\circ}C$. A fusão incongruente é o processo onde o material se funde formando uma fase líquida mais um diferente material cristalino (leucita),^(1,4) sendo o ponto de fusão da leucita em torno de 1.693 $^{\circ}C$.⁽⁷⁾ Estudos indicam que vidros compostos com uma quantidade entre 11-12% de K_2O resultam em uma significativa cristalização da leucita.^(4,6) Logo, a quantidade desses cristais é governada pelo conteúdo de K_2O na frita, pela temperatura e pelo tempo de tratamento térmico.⁽⁴⁾ O objetivo do presente trabalho foi determinar as possibilidades e limitações dos métodos de síntese hidrotérmica da leucita visando sua mistura com vidros feldspáticos e subsequente sinterização para produzir vitrocerâmica feldspática leucítica.

I.1 Síntese de Leucita

A leucita é um componente das porcelanas dentárias,⁽⁸⁾ possuindo um elevado ponto de fusão (1.693 $^{\circ}C$) e um alto coeficiente de expansão térmica.⁽¹⁾ Leucita é formada por uma fusão incongruente do feldspato de potássio ou pode ser incorporada nas porcelanas sob a forma de pó sintético. Geralmente, o método normal de sintetizar um policristal de leucita ocorre através do aquecimento de materiais de partida até o ponto de fusão da leucita seguida de resfriamento gradual a temperatura ambiente.⁽⁹⁾ Esta síntese de altas temperaturas tem a desvantagem de elevado custo de energia calorífica e de cadinhos para fusão, além de prover cristais de leucita grandes, enquanto há interesse por menores cristais de leucita.

A leucita pode ser obtida pelos seguintes métodos: co-precipitação, sol-gel, síntese hidrotérmica e pelo método do estado sólido. Com um elevado ponto de fusão, torna-se difícil a síntese de leucita pura numa relativa baixa temperatura.⁽⁸⁾

Hashimoto *et al.*⁽⁹⁾ investigaram a síntese de leucita abaixo de 1.000 $^{\circ}C$ utilizando caulim natural como matéria-prima principal. Cristais de leucita esféricos com diâmetro aproximadamente de 50 μm foram preparados a partir do aquecimento de uma mistura em pó de $Al_2(SO_4)_3$, caulim e K_2SO_4 (em massa numa razão de 3:3:15) a 900 $^{\circ}C$ durante 3 h. De acordo com os autores, o quartzo, uma das principais fases do caulim, e a metacaulinita amorfa formada durante o aquecimento do caulim foram os responsáveis pela diminuição da temperatura de síntese. Em um outro estudo, Hashimoto *et al.*⁽⁹⁾ sintetizaram leucita a partir de feldspato de potássio. Quando uma mistura de $Al_2(SO_4)_3$: Feldspato de Potássio: $K_2SO_4 = 3:3:15$ foi aquecida a 1100 $^{\circ}C$ por 3 h, cristais de leucita de diâmetro entre 50-60 μm foram formados.

Nos estudos realizados por Novotna *et al.*⁽¹⁰⁾ e Novotna, Satava e Lezal,⁽¹¹⁾ e Balandis e Sinkyavichene,⁽¹²⁾ os cristais de leucita foram sintetizados sob condições hidrotérmicas. A preparação da leucita ocorre a partir de um precursor amorfo, analcima ($NaAlSi_3O_8 \cdot H_2O$), produzido em autoclave numa temperatura de 200 $^{\circ}C$ durante 2 h. Este precursor é submetido a uma calcinação a 1.000 $^{\circ}C$ durante 1 h formando, assim, cristais de leucita com tamanho entre 3-7 μm .⁽¹¹⁾ Outro método relatado pelos autores é a preparação de leucita através de troca iônica da analcima numa solução de KCl, em diferentes

concentrações, em uma temperatura de 200°C durante 2 h, formando cristais de tamanho de partícula entre 3-4 μm .^(11,12) Em lugar de experimentação empírica por tentativa e erro, melhor planejar a pesquisa via análise termodinâmica prévia.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados termodinâmicos usados no presente estudo foram extraídos da Base de Dados Principal do Programa Aplicativo HSC Chemistry for Windows 4.1 (PEMM/COPPE/UFRJ). Objetivando a análise e discussão finais, diagramas de equilíbrio metaestável foram construídos sem a presença de algumas espécies estáveis (Quadro 1) que, no entanto, demorariam a formar-se.

Quadro 1. Espécies desconsideradas no cálculo e construção de diagramas metaestáveis do sistema Na-K-Al-Si-H₂O a 25°C, 100°C e 200°C

Al ₂ SiO ₅ , Al ₂ O ₃ •SiO ₂ , Na _{0,96} Al _{0,96} Si _{2,04} O ₆ , Na _{0,96} Al _{0,96} Si _{2,04} O ₆ •H ₂ O, Al(OH) ₃ ⁵⁺ (aq), KAlSiO ₄ , KAlSi ₃ O ₈ , NaAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂ , KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂ , K ₃ Al ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂ , NaAlSiO ₄ , NaAlSi ₃ O ₈ , K ₃ AlSi ₃ O ₈ , NaAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂ , K ₃ Al ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂ , NaAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂ ; (aq) = espécie dissolvida, todas as demais espécies são sólidas.
--

As condições de síntese (temperatura, pressão, atmosfera) utilizadas no estudo foram: (25°C, 0,104504 MPa, VASOXIP), (100°C, 202746 MPa, VASOXIP) e (200°C, 1,656325 MPa, VASOXIP), onde VASOXIP = vapor de água saturado + 1 atm (ou 0,101325MPa) de oxigênio gasoso.

2.1 Cálculo e Construção dos Diagramas

Diagramas Eh-pH dos sistemas Na-Al-Si-H₂O, K-Al-Si-H₂O e Na-K-Al-Si-H₂O a 25°C, 100°C e 200°C (para várias atividades de Na, K, Al e Si em solução aquosa, na condição de a_{Al} = a_{Na} = a_K = 0,5 a_{si}) foram calculados usando a seção “potential-pH” do programa aplicativo HSC Chemistry for Windows 4.1 (PEMM/COPPE/UFRJ). A partir desses diagramas Eh-pH foram extraídos os dados necessários para a construção do diagrama pAl-pH do mesmo sistema a 25°C, 100°C e 200°C (onde pAl = -log₁₀ a_{Al}), para p_{O₂(g)} = 1 atm (0,101325 MPa).

Diagramas de estado metaestável foram calculados nas três temperaturas sem as espécies desconsideradas constantes do Quadro 1, nas condições de a_{Al} = a_{Na} = a_K = 0,5 a_{si} e a_{Al} = a_{Na} = 0,1 a_K = 0,5 a_{si}.

3 RESULTADOS

A Figura 1 apresenta o diagrama pAl-pH do sistema Si-Al-K-H₂O a 200°C, na condição a_{Al} = a_K = 0,5 a_{si}, mostrando que as fases sólidas complexas predominantes dentro dos limites de estabilidade da água são KAl₃Si₃O₁₀(OH)₂ [mica moscovita] na região de pH neutro e KAISiO₄ [Kaliofilita] na região alcalina. Pode-se observar claramente que a leucita [KAISi₂O₆] não é uma fase sólida complexa estável do sistema nesta temperatura. Este fato acontece igualmente nas temperaturas de 25°C e 100°C.

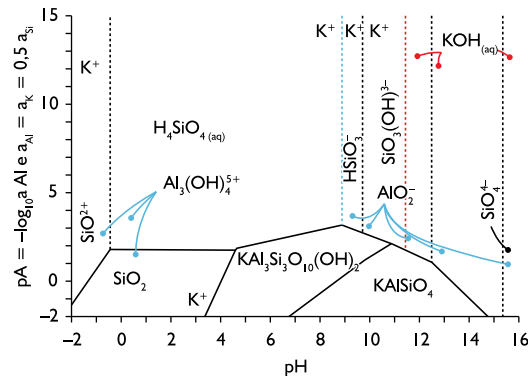


Figura 1. Diagrama de equilíbrio pAl-pH do sistema Al-Si-K-H₂O a 200°C na condição a_{Al} = a_K = 0,5 a_{si}.

A Figura 2 apresenta o diagrama pAl-pH do sistema Si-Al-Na-H₂O a 200°C, na condição a_{Al} = a_{Na} = 0,5 a_{si}, mostrando que as fases sólidas complexas predominantes dentro dos limites de estabilidade da água são NaAl₂(AlSi₃O₁₀)(OH)₂ [paragonita] na região de pH neutro e NaAlSiO₄ [nefelina] na região alcalina. Pode-se observar claramente que a analcima [NaAlSi₂O₆•H₂O] não é a fase sólida complexa estável do sistema nesta temperatura. Este fato acontece igualmente nas temperaturas de 25°C e 100°C.

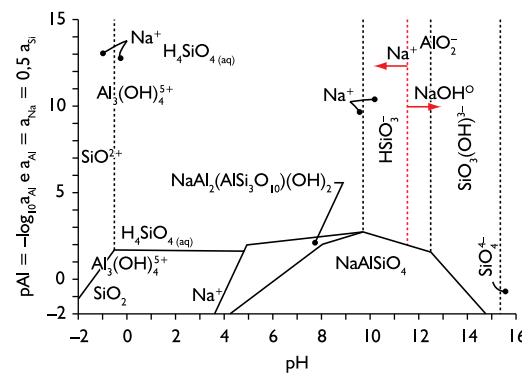


Figura 2. Diagrama de equilíbrio pAl-pH do sistema Al-Si-Na-H₂O a 200°C na condição a_{Al} = a_{Na} = 0,5 a_{si}.

A Figura 3 apresenta o diagrama pAl-pH do sistema Si-Al-Na-K-H₂O a 200°C na condição a_{Al} = a_K = a_{Na} = 5 a_{si}, mostrando que a mica moscovita [KAl₃Si₃O₁₀(OH)₂] na região de pH neutro e a Nefelina [NaAlSiO₄] são as fases sólidas complexas predominantes no sistema dentro dos limites de estabilidade da água. Esta figura mostra mais uma vez que leucita e analcima são fases metaestáveis neste sistema a esta temperatura. Este quadro acontece também a 25°C e a 100°C.

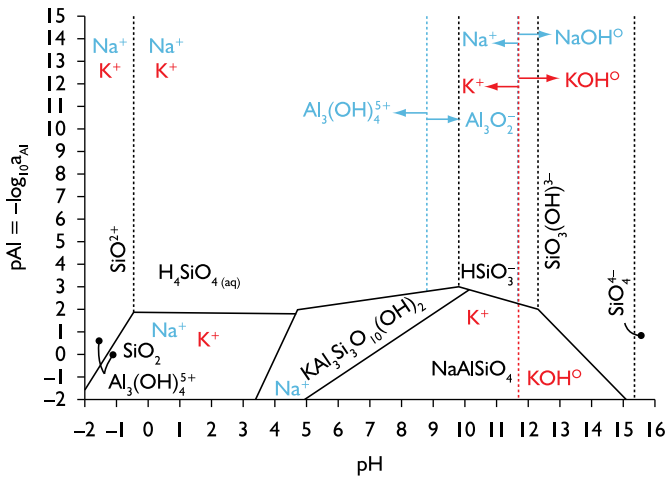


Figura 3. Diagrama de equilíbrio pAl-pH do sistema Al-Si-K-Na-H₂O a 200°C na condição $a_{Al} = a_K = a_{Na} = 0,5 a_{Si}$.

4 DISCUSSÃO

Os diagramas pAl-pH dos sistemas Al-Si-K-H₂O, Al-Si-Na-H₂O e Al-Si-K-Na-H₂O aqui desenvolvidos deixam bem claro que leucita e analcima são fases metaestáveis destes sistemas em meio aquoso em condições de autoclave. No entanto, Novotna *et al.*⁽¹⁰⁾ e Novotna, Satava e Lezal,⁽¹¹⁾ e Balandis e Sinkavichene,⁽¹²⁾ sintetizaram cristais de leucita em condições hidrotérmicas, a partir de um precursor amorfo, analcima (NaAlSiO₂•H₂O), em autoclave a 200°C durante 2 h, seguido por 1 h de calcinação a 1.000°C dando cristais de leucita de 3 μm a 7 μm.⁽¹¹⁾ No outro método relatado a leucita foi obtida através de troca iônica da analcima em solução de KCl, na temperatura de 200°C durante 2 h, formando cristais de tamanho de partícula entre 3-4 μm.^(11,12)

A formação da leucita nas referidas condições (mesmo ela sendo termodinamicamente instável) requer que ela seja termodinamicamente possível de ser formada a partir de seus precursores (aqui envolvendo analcima) e que as fases sólidas do sistema mais estáveis do que a leucita tenham dificuldades cinéticas para a sua formação, dando lugar à ocorrência da leucita transitoriamente enquanto o destino final do sistema não se cumpre. Se antes deste último evento, a leucita for separada do meio reacional aquoso e calcinada (garantindo a sua plena cristalização), ter-se-á disponível um bom método experimental de produção de leucita. Esta é, portanto, a interpretação, dos resultados experimentais dos citados autores.

A Figura 4 apresenta o diagrama pAl-pH (desconsiderando as espécies do Quadro 1) a 200°C do sistema Al-Si-K-Na-H₂O na condição $a_{Al} = a_K = a_{Na} = 0,5 a_{Si}$, mostrando que a caulinita na região de pH neutro, analcima na região moderadamente alcalina e nefelina na região mais alcalina são as espécies predominantemente metaestáveis neste sistema nesta temperatura. Esta figura mostra a presença metaestável da analcima, mas não aquela da leucita.

As Figuras 5 e 6 apresentam os diagramas de estado metaestável (desconsiderando as espécies do Quadro 1) a 200°C do sistema Al-Si-K-Na-H₂O na condição $a_{Al} = a_{Na} = 0,1 a_K = 0,5 a_{Si}$, isto é, $a_K = 10 a_{Na}$ mantidas as demais condições constantes.

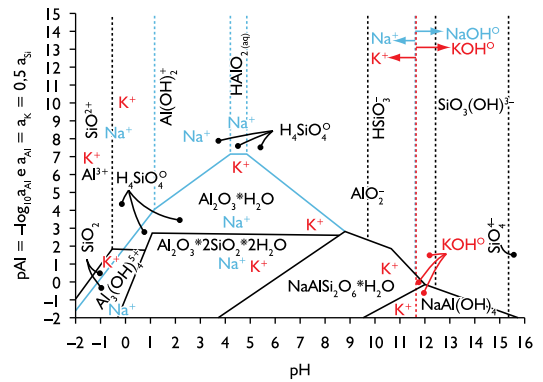


Figura 4. Diagrama de metaestabilidade pAl-pH do sistema Al-Si-K-Na-H₂O a 200°C na condição $a_{Al} = a_K = a_{Na} = 0,5 a_{Si}$.

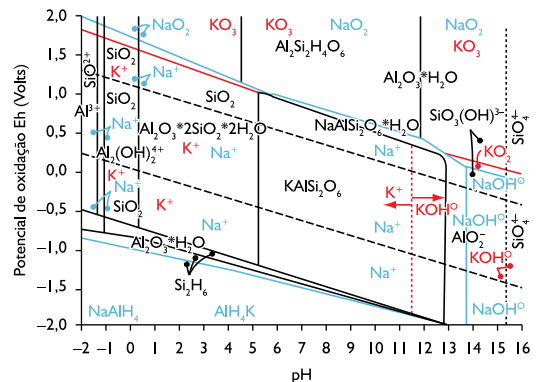


Figura 5. Diagrama de metaestabilidade Eh-pH do sistema Al-Si-K-Na-H₂O a 200°C na condição $a_{Al} = a_{Na} = 0,1 a_K = 0,5 a_{Si}$ e $a_{Al} = 1M$.

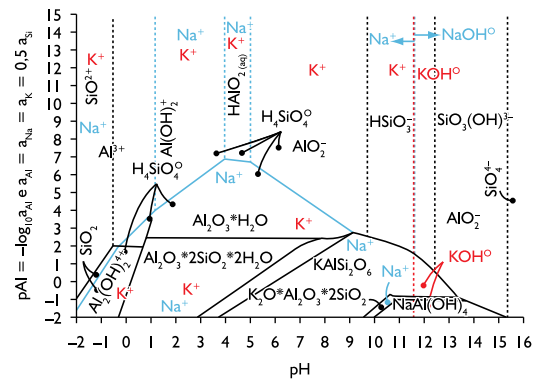


Figura 6. Diagrama de metaestabilidade pAl-pH do sistema Al-Si-K-Na-H₂O a 200°C na condição $a_{Al} = a_{Na} = 0,1 a_K = 0,5 a_{Si}$.

Pode-se observar que a leucita [KAlSi₂O₆] é a fase metaestável predominante na região de pH neutro e alcalino. Isto deixa claro, que a obtenção da leucita a partir da analcima em meio aquoso requer não só 200°C no interior da autoclave, mas também uma atividade de potássio pelo menos

dez vezes maior do que aquela do sódio. Os diagramas do sistema a 100°C e 25°C, nas condições estipuladas, indicam que a extensão do campo de metaestabilidade da leucita nestas temperaturas é ínfima, tornando experimentalmente impraticável a obtenção da mesma fase sólida.

5 CONCLUSÕES

Os resultados dos cálculos termodinâmicos realizados no presente trabalho mostraram que a analcima e a leucita são compostos metaestáveis em meio aquoso e que a obtenção da leucita em autoclave requer não só a temperatura de 200°C, mas também uma atividade de potássio na solução aquosa pelo menos dez vezes maior do que aquela do sódio na mesma solução.

Outrossim, o sucesso experimental de síntese de leucita a partir de analcima em autoclave a 200°C reportados por Novotna *et al.*^(10,11) e Balandis *et al.*⁽¹²⁾, deve ser atribuído a limitações cinéticas na formação das fases sólidas mais estáveis do sistema nas referidas condições operacionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e FAPERJ pelo suporte financeiro e ao CETEM/MCT pela parceria e apoio infra-estrutural. Agradecimentos à Angélica Soares Ogasawara pela edição da maioria das figuras do trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 ANUSAVICE K. J. Cerâmicas odontológicas. In: ANUSAVICE, K. J., *Phillip's: materiais dentários*. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- 2 QUEIROZ, C. M. A. *Cristalização de biomateriais vitrocerâmicos e mineralização em meio fisiológico simulado*. 2005. 270 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia dos Materiais) – Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2005.
- 3 DENRY, I. L.; HOLLOWAY, J. A.; ROSENSTIEL S. F. Crystallization kinetics of a low-expansion feldspar glass for dental applications. *Journal of Biomedical Materials Research*, v. 41, n. 3, p. 398-404, Sep. 1998.
- 4 ONG, J. L.; FARLEY, D. W.; NORLING, B. K. Quantification of leucite using x-ray diffraction. *Dental Materials*, v. 16, p. 20-5, Jan. 2000.
- 5 SOUZA, J. C. M.; NASCIMENTO, R. M.; MARTINELLI, A. E. Efeito da condensação e queima na formação de defeitos microestruturais em cerâmicas feldspáticas dentárias. *Cerâmica*, v. 53, n. 327, p. 288-294, July-Sep. 2007.
- 6 CATTELL, J. M. *et al.* The crystallization of an aluminosilicate glass in the K₂O-Al₂O₃-SiO₂ System. *Dental Materials*, v. 21, n. 9, p. 811-2, Sep. 2005.
- 7 HASHIMOTO, S. *et al.* Low-temperature synthesis of leucite crystals using kaolin. *Materials Research Bulletin*, v. 40, p. 1577-83, Sep. 2005.
- 8 KELLY, J. R., NISHIMURA, I., CAMPBELL, S. D. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 75, n. 1, p. 18-32, Jan. 1996.
- 9 HASHIMOTO, S. *et al.* Fabrication and mechanical properties of sintered leucite body. *Journal of the Ceramic of Japan*, v. 113, n. 7, p. 448-490, Jul. 2005.
- 10 NOVOTNA, M. *et al.* Preparation of leucite based materials. *Solid State Chemistry*, v. 90-91, p. 377-82, 2003.
- 11 NOVOTNA, M.; SATAVA, P.; LEZAL, D. Synthesis of leucite for application in dentistry. *Glass Technology*, v. 45, n. 2, p. 105-107, april 2004.
- 12 BALANDIS, A., SINKYAVICHENE, I. Hydrothermal synthesis of leucite and its application in engineering ceramics. *Glass and Ceramics*, v. 62, n. 1-2, p. 49-52, Jan. 2005.

Recebido em: 23/11/2009

Aceito em: 30/06/2010