

Caracterização das Fases Presentes em Escórias Fundidas do Sistema CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂

LETICIA G. WINCK; WAGNER V. BIELEFELDT; ANTÔNIO C. F. VILELA.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A busca pelo aprimoramento das técnicas de fabricação dos aços a fim de se obter produtos com maior limpidez inclusionária tem se tornado cada vez mais importante para a indústria siderúrgica. Nesse contexto, o estudo de escórias tem se mostrado bastante promissor. Entretanto, o comportamento da escória quanto à absorção de inclusões ainda não é bem esclarecido na literatura.

Na maioria das indústrias, usa-se uma escória sintética baseada no sistema quaternário CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂, esse sistema é adotado com frequência devido à sua alta compatibilidade com os refratários utilizados no refino secundário dos aços. Geralmente a composição das escórias nesse sistema fica numa região líquida do diagrama de fase, mas os diagramas encontrados na literatura apresentam muitas regiões incertas, que podem ser uma região de fase líquida ou múltiplas fases. O que ocasiona divergências entre os resultados encontrados experimentalmente em comparação com a literatura.

O objetivo deste trabalho é mostrar resultados da fusão de quatro amostras do sistema CaO-MgO-Al₂O₃-SiO₂, com diferentes composições químicas e basicidade binária constante e igual a dois. Além disso, comparar os resultados obtidos experimentalmente com resultados obtidos via simulação termodinâmica.

2. METODOLOGIA

Foram preparadas quatro amostras com diferentes composições químicas (tabela 1). Essas amostras foram fundidas em forno elétrico resistivo a alta temperatura, na temperatura de 1600°C, em uma taxa de aquecimento de 5°C/min sob atmosfera inerte (Argônio).

Tabela 1: Composição química das amostras.

Amostra	% CaO	% MgO	% Al ₂ O ₃	% SiO ₂
1	50,00	5,00	20,00	25,00
2	48,67	7,00	20,00	24,33
3	43,33	15,00	20,00	21,67
4	40,00	20,00	20,00	20,00

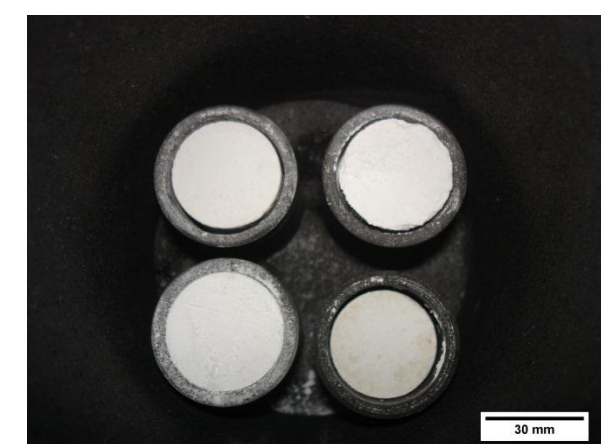


Figura 1: Amostras antes da fusão.

Após a fusão, as amostras foram lixadas e polidas conforme procedimento padrão. Análise química: MEV/EDS com elétrons retroespalhados e voltagem de aceleração de 15kV. Simulação termodinâmica: FactSage, versão 6.4 com os bancos de dados FToxid e FactPs e os dados de entrada no software são os mesmos da tabela 1. Difração de raio-x: análise realizada no Laboratório de Materiais Cerâmicos da UFRGS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram os pontos em que as amostras se encontram no diagrama pseudo-ternário (figura 2), e as fases esperadas nesses pontos (tabela 2).

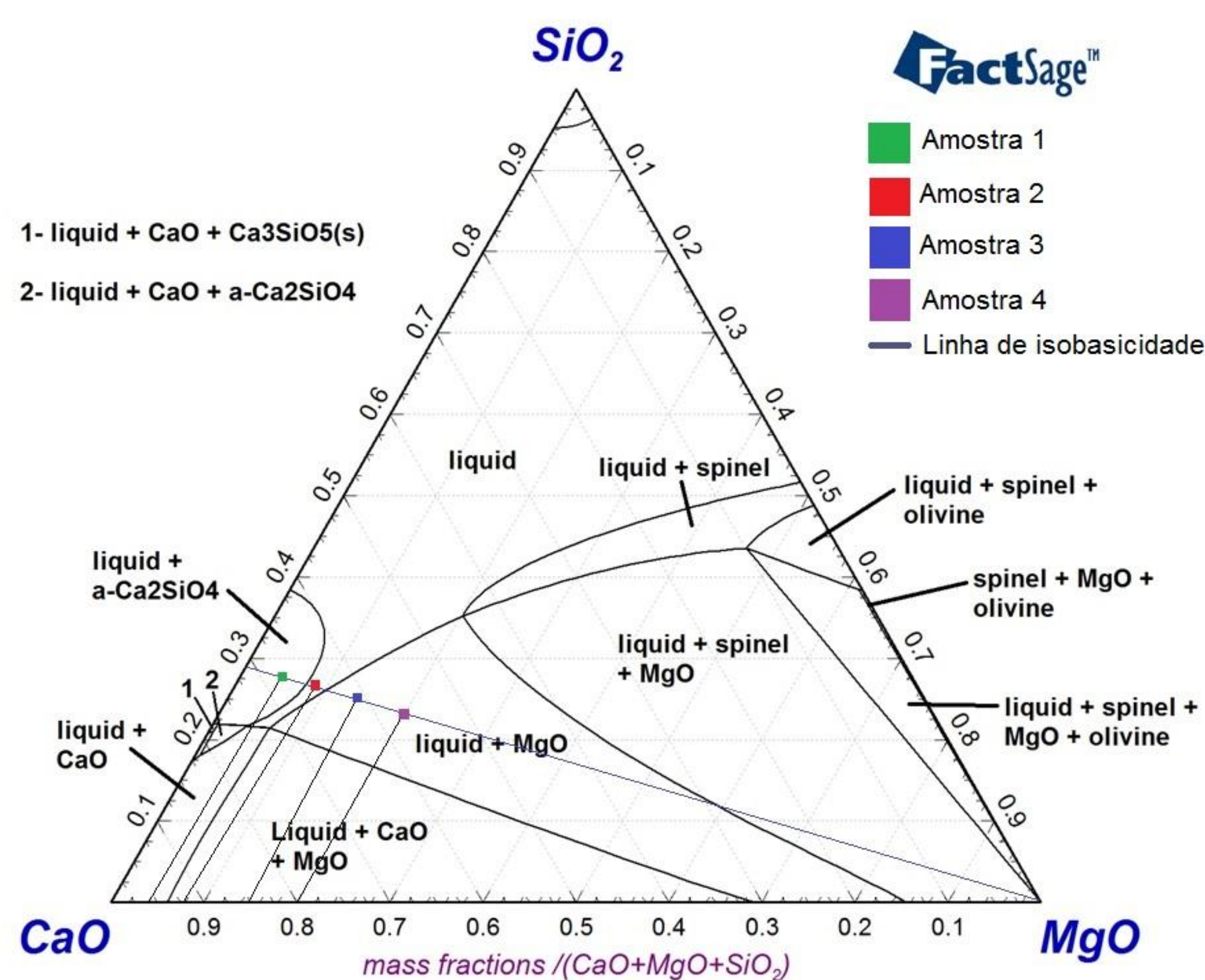


Figura 2: Corte isotérmico a 1600°C no diagrama do sistema CMAS com 20% de Al₂O₃.

Tabela 2: Fases esperadas em cada amostra.

Amostra	Fases Esperadas
1	Fase líquida + fase sólida de 2CaO-SiO ₂
2	Fase líquida + fase sólida de 2CaO-SiO ₂
3	Fase líquida + fase sólida de MgO
4	Fase líquida + fase sólida de MgO

A análise de MEV/EDS determinou a composição química de diferentes pontos das amostras depois da fusão. As micrografias estão apresentadas a seguir (ver figuras 3 a 6).

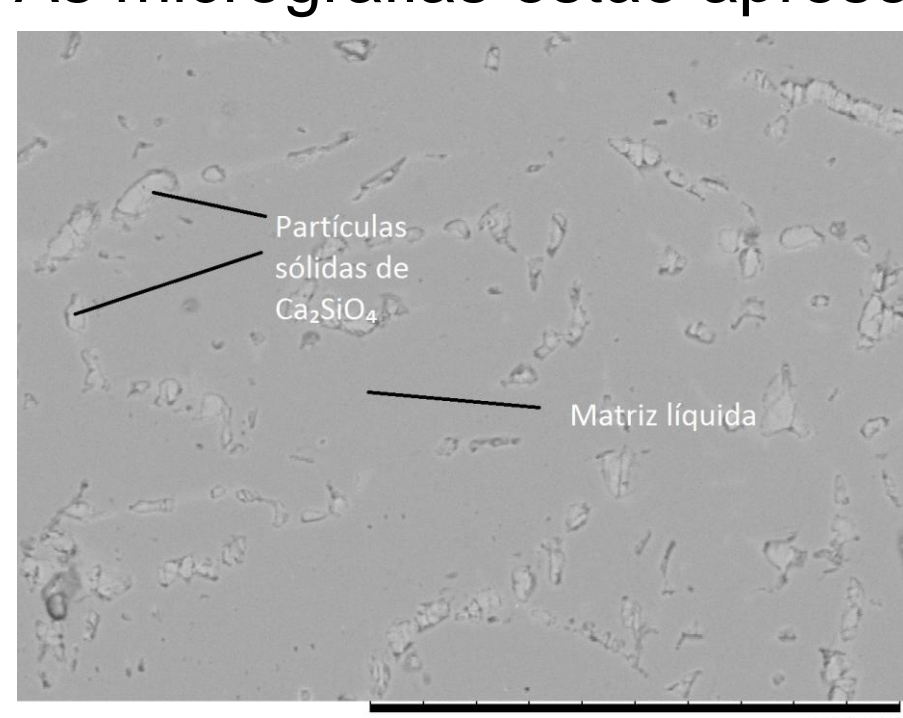


Figura 3: Micrografia da amostra 1.

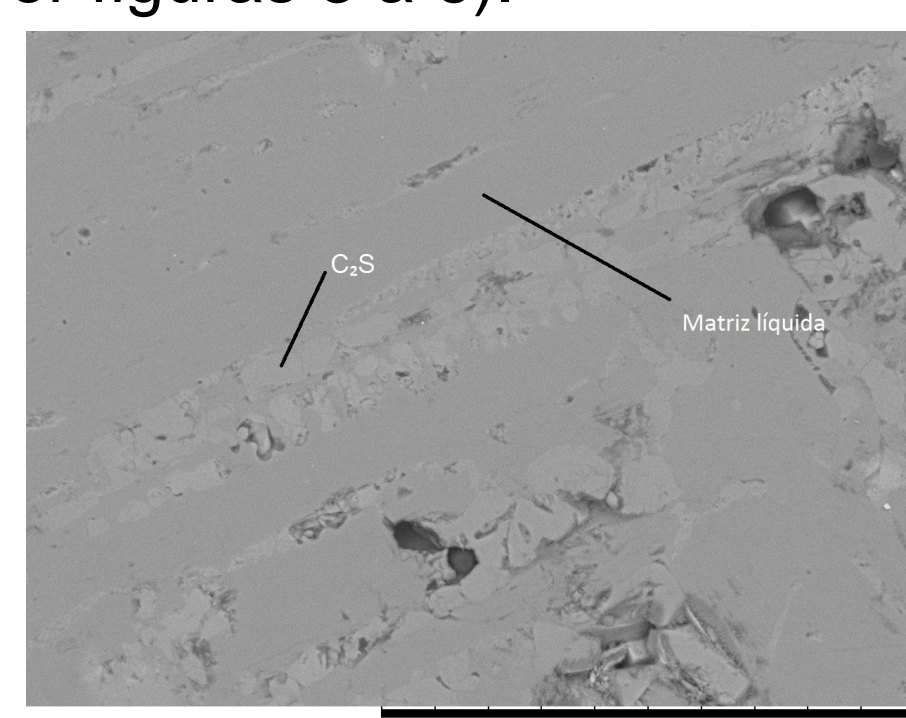


Figura 4: Micrografia da amostra 2.

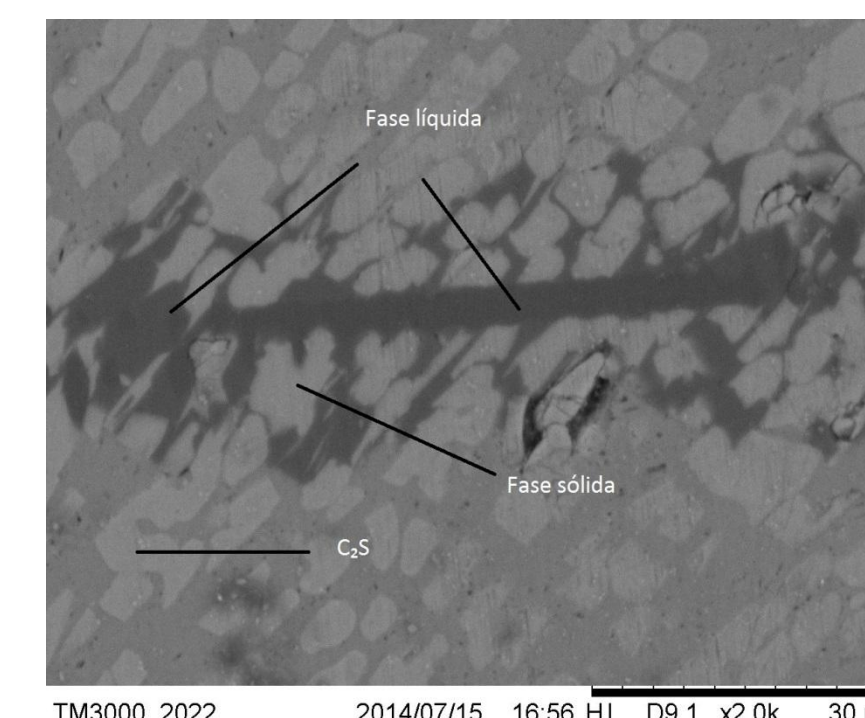


Figura 5: Micrografia da amostra 3.

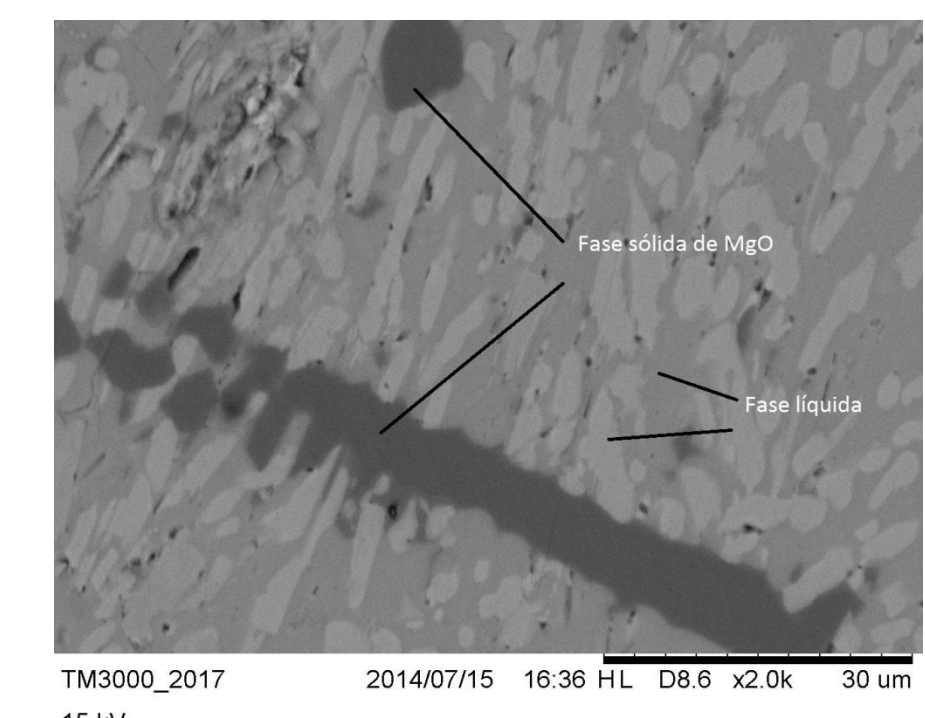


Figura 6: Micrografia da amostra 4.

Com a simulação termodinâmica obteve-se as fases presentes nas amostras a 1600°C:
Amostra 1: 96,02% de fase líquida, com Al₂O₃ (20,82%), SiO₂ (24,58%), MgO (5,15%) e CaO (49,45%). Fase sólida em 3,98%, com Ca₂SiO₄ (97,34%) e Mg₂SiO₄ (2,66%).
Amostra 2: Somente fase líquida, com Al₂O₃ (20,00%), SiO₂ (24,33%), MgO (7,00%) e CaO (48,67%).
Amostra 3: 95,05% de fase líquida, com Al₂O₃ (21,03%), SiO₂ (22,80%), MgO (10,59%) e CaO (45,58%). Fase sólida em 4,95 %, com CaO (0,17%), MgO (99,53%) e Al₂O₃ (0,30%).
Amostra 4: 89,73% de fase líquida, com Al₂O₃ (25,25%), SiO₂ (22,29%), MgO (10,90%) e CaO (44,56%). Fase sólida em 10,27%, com CaO (0,16%), MgO (99,52%) e Al₂O₃ (0,32%).

Após a análise dos resultados obtidos via MEV/EDS e dos os resultados obtidos via simulação termodinâmica, pode-se determinar as fases presentes em cada amostra (ver tabela 3).

Tabela 3: fases presentes em cada amostra.

Amostra	% de MgO	Fases Presentes
1	5,0	Fase líquida e fase sólida de 2CaO-SiO ₂
2	7,0	Fase líquida
3	15,0	Fase líquida, fase sólida de MgO e espinélio
4	20,0	Fase líquida e fase sólida de MgO

Além das análises de MEV-EDS, as amostras foram submetidas à análise de difração de raio-x. Vide figura 7.

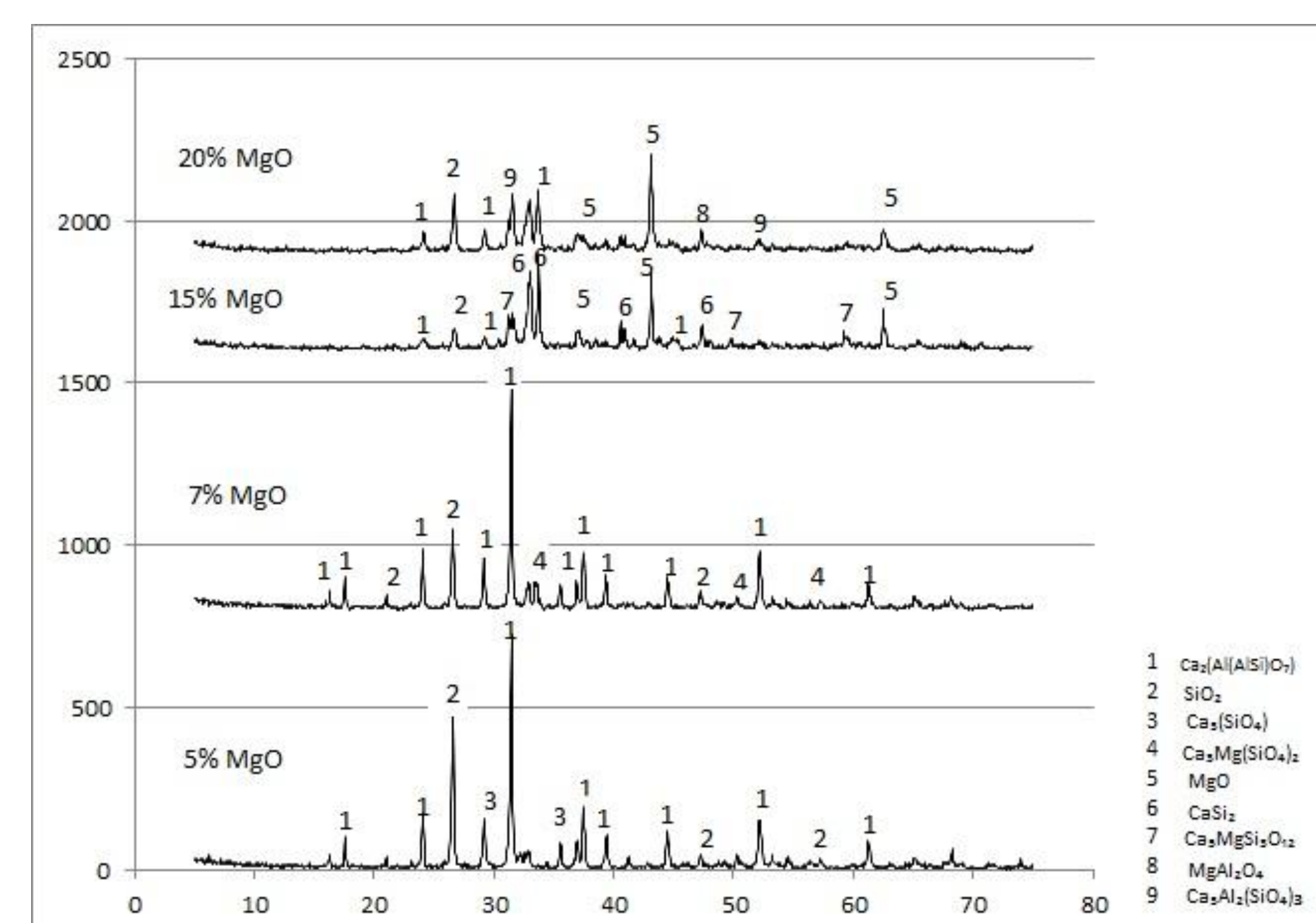


Figura 7: Resultados obtidos na difração de raio-x.

Pela análise do gráfico de difração, vê-se que o pico (1) cai com o aumento de MgO, e pode representar a fase líquida que cristaliza durante o resfriamento. Nota-se também um pico de MgO em 15% e 20% MgO (5). Os resultados são condizentes com os obtidos nas outras análises. A maioria dos compostos acusados na difratometria referem-se à fase líquida das amostras.

4. CONCLUSÕES

Os experimentos feitos em laboratório mostraram-se eficazes para a determinação das fases presentes nas amostras de escória e para o estudo das escórias. Os resultados experimentais estão de acordo com os resultados simulados e com a bibliografia.

As amostras ficaram dentro da região líquida do diagrama ternário, o que beneficia o processo e reações do refino secundário. Fase sólida em quantidade muito significativa na escória pode aumentar a viscosidade e retardar as operações do refino.

Existe nos experimentos alguma influência da taxa de resfriamento das amostras.

Para os teores de reagentes utilizados, nota-se que há uma saturação de MgO na escória a 1600°C. Isso é de extrema importância, já que o MgO atua para tornar a escória compatível com os refratários utilizados no processo de fabricação do aço, e essa saturação evita o desgaste do refratários.

Além disso, atingir o nível de saturação do MgO na escória é fundamental, já que menores teores de MgO na fase líquida implica em menor quantidade de Mg no aço, reduzindo a formação de inclusões de espinélio.

5. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L.A., Manual de Siderurgia. Vol. 1, 2ª edição, São Paulo, 2005.
- GRANA, J.; WANGB Y.; SICHEN, D. Experimental determination of the liquidus in the high basicity region in the Al₂O₃(30 mass%)-CaO-MgO-SiO₂ system.
- SAKAI, H.; SUIITO, H. Liquid Phase Boundaries at 1873K in the Ternary CaO-Al₂O₃-CaO-SiO₂-MOx (MOx: MgO, ZrO₂) and CaO-SiO₂-MOx (MOx: TiO₂, MgO, Al₂O₃).