

Estudo das Variáveis de Escória Espumante em Aciaria Elétrica Visando a Redução do Consumo Energético na Indústria

FRANCIELE DE ALMEIDA SILVA; WAGNER V. BIELEFELDT; ANTÔNIO C. F. VILELA

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O Forno Elétrico a Arco (FEA) é um dos equipamentos que mais demanda energia elétrica no ramo industrial. Tendo isto em vista, muitos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de reduzir o consumo e melhorar a eficiência de energia dos FEA's. Uma forma de reduzir este consumo se dá por meio da **escória espumante**.

Sendo assim, o presente trabalho tem como foco principal o estudo da escória espumante do FEA. Essa prática possibilita uma grande economia e maior eficiência de energia para o processo, por capturar o calor gerado pelo arco elétrico e diminuir a perda de calor para as paredes do forno.

Tal escória deve possuir propriedades adequadas. Tendo isto em vista, há vários parâmetros que devem ser analisados e controlados.

A viscosidade é a propriedade que mais se relaciona com a espumação, sendo necessário um estudo mais detalhado desta propriedade.

Assim, o presente trabalho tem como objetivos, encontrar uma relação onde um aumento da viscosidade implique numa melhor espumação da escória, aumentando a altura e melhorando a estabilidade desta e dos parâmetros elétricos do FEA. Além disso, obter relações entre a composição da escória e a viscosidade efetiva. Outro resultado esperado neste trabalho é que a saturação do MgO da escória seja atingida, impedindo o desgaste do refratário e garantindo a presença de partículas sólidas na escória.

2. METODOLOGIA

Para este trabalho, foram utilizados os dados de composição química da escória de várias corridas industriais, onde foram retiradas três amostras em cada corrida, em tempos distintos do processo de refino primário. Tendo como base um tipo específico de carga com um parâmetro de fósforo máximo definido. A forma de retirada das amostras é apresentada na figura 1.

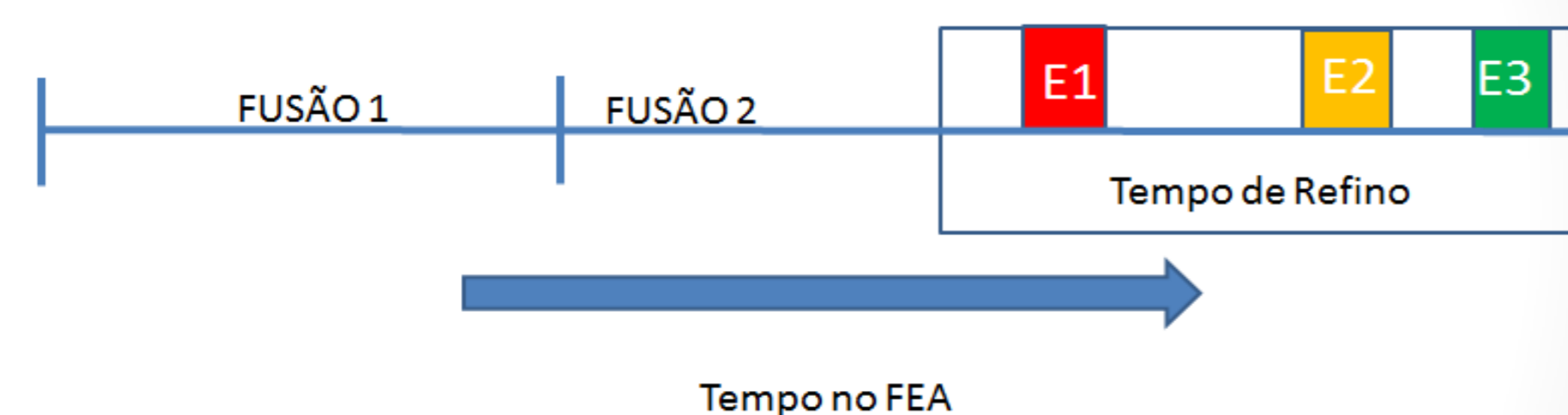


Figura 1: Esquema da retirada das amostras da escória no forno elétrico a arco.

As composições químicas dessas escórias foram utilizadas no cálculo das viscosidades efetivas via software de simulação termodinâmica. E o índice de espumação da escória foi calculado utilizando modelos matemáticos. Obtiveram-se também os dados de parâmetros elétricos para cada corrida. A figura 2 apresenta a metodologia do tratamento dos dados para obtenção dos resultados.

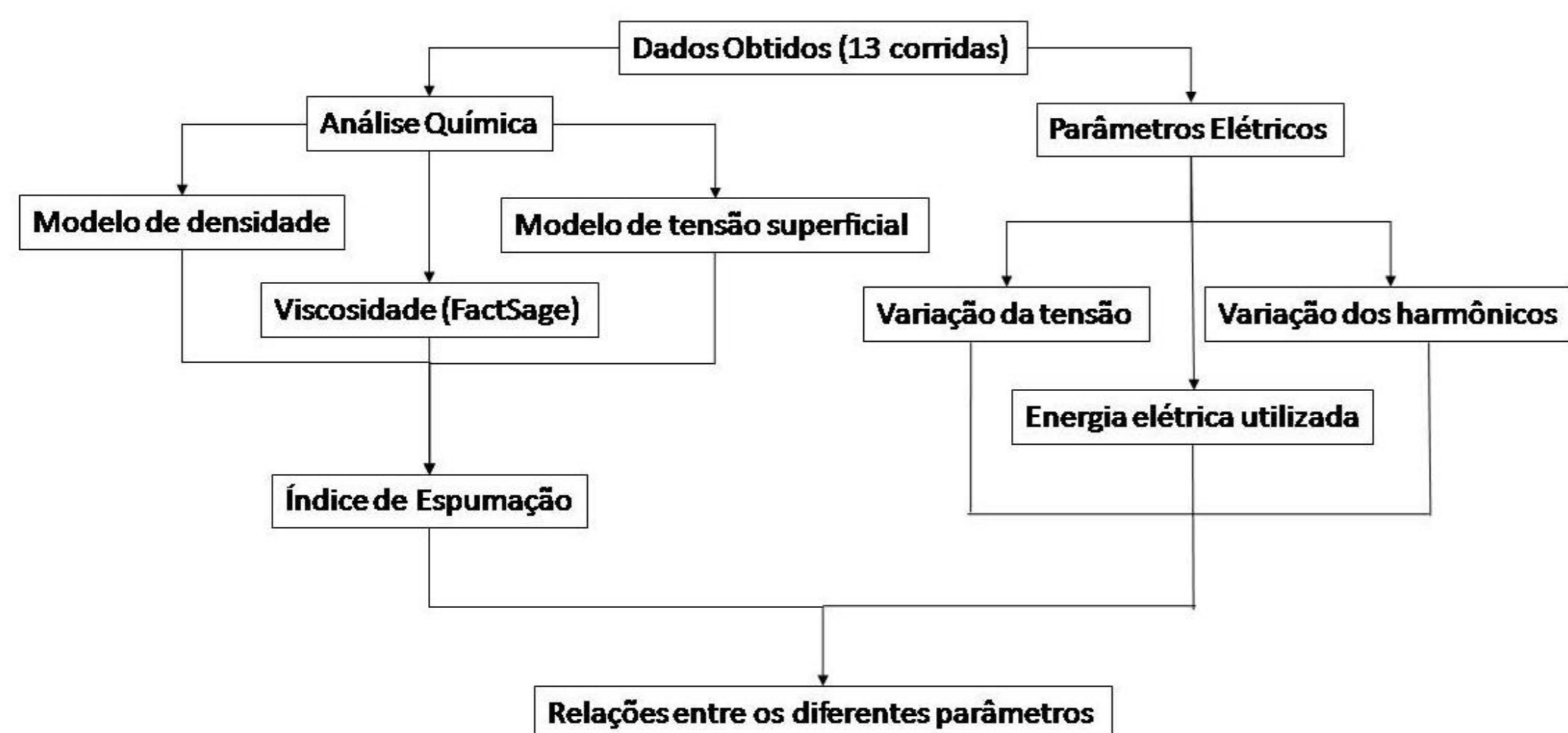


Figura 2: Diagrama metodológico do tratamento dos dados.

Os resultados obtidos foram comparados com o teor de MgO da escória, parâmetros elétricos e com o consumo de energia do FEA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Variáveis Analisadas

Fatores como uma boa saturação de MgO, basicidade adequada e composição química controlada, fazem com que se obtenha um bom índice de espumação de acordo com a viscosidade da escória. Sendo assim, foram feitas as seguintes análises, vide itens 3.2 a 3.4.

3.2. Composição química da escória e a relação com a Viscosidade

A viscosidade da escória é de extrema importância para uma espumação eficaz. Para o cálculo da viscosidade efetiva da escória, utilizou-se a equação de Roscoe-Einstein. Também se utilizou do software FactSage 6.4, para o cálculo da viscosidade do líquido, e calculou-se as frações de sólido, a serem inseridos na equação 1.

$$\eta_e = \eta (1 - 1.35 \theta)^{-5/2} \quad \text{Eq. 1}$$

A figura 3 indica o efeito da viscosidade sobre o índice de espumação. Nota-se que uma escória ótima não é completamente líquida, pois deve possuir partículas sólidas presentes.

Na figura 4 observa-se a relação entre o índice de espumação e a viscosidade. Nota-se que uma maior viscosidade resulta em um índice de espumação maior.

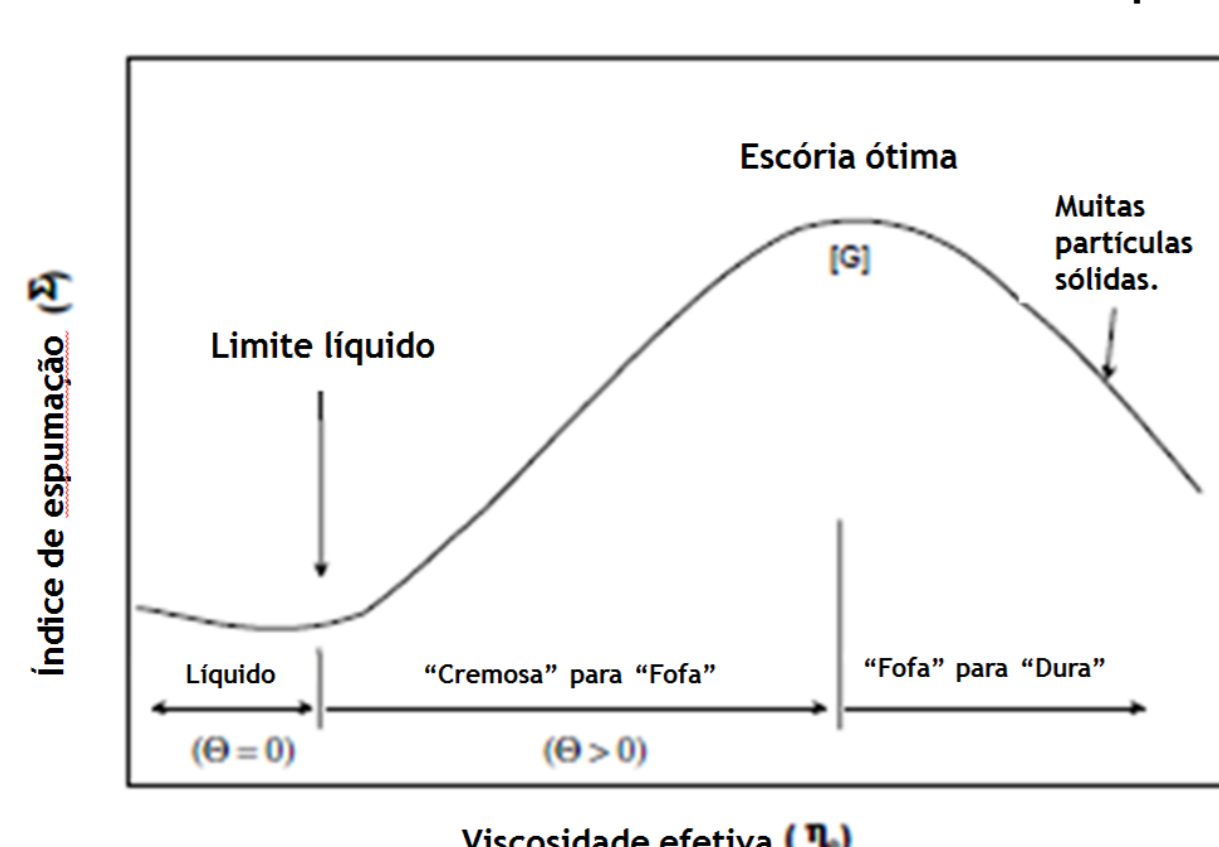


Figura 3: Relação entre o Índice de espumação e a viscosidade efetiva.

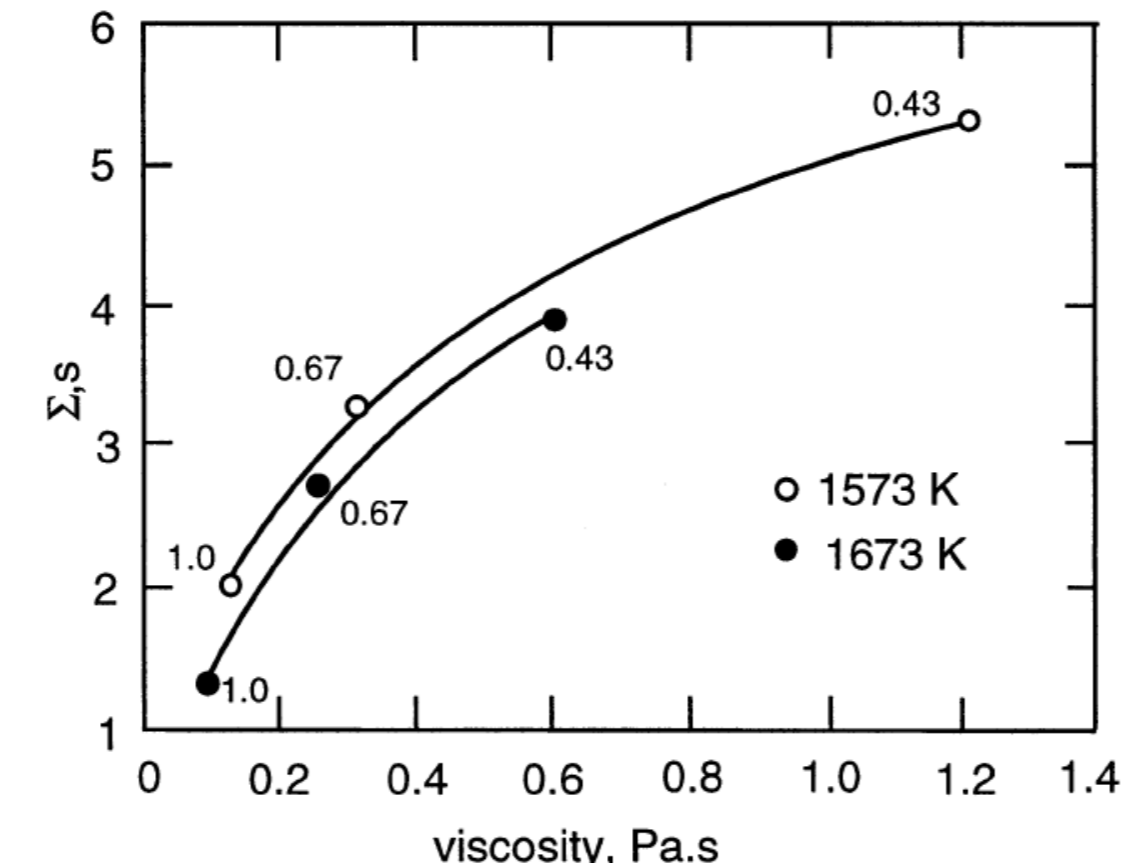


Figura 4: Influência da viscosidade no índice de espumação a 1573 K e a 1673 K.

As figuras 5 e 6 apresentam a relação entre os teores de CaO e FeO+MnO versus a viscosidade efetiva da escória, respectivamente.

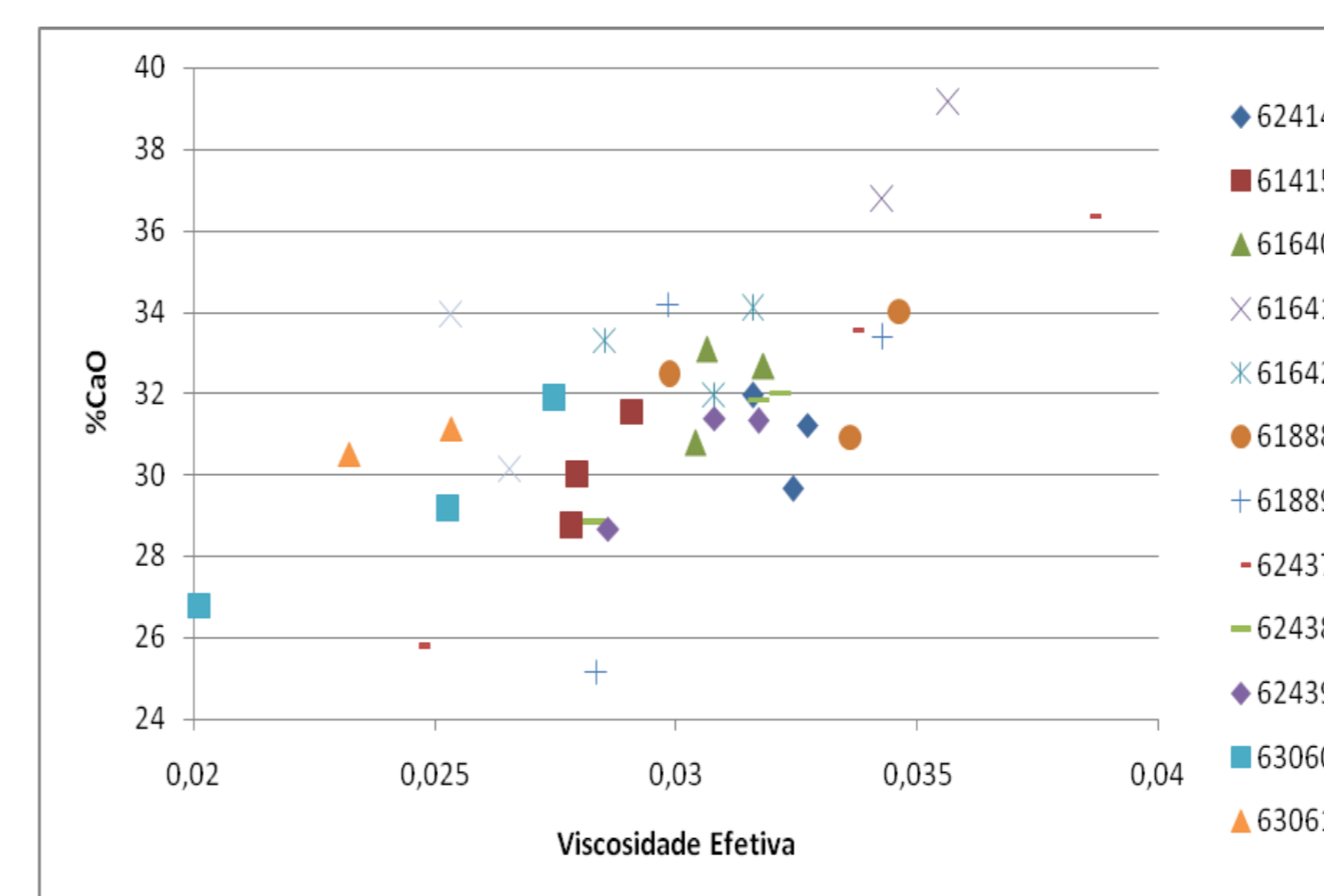


Figura 5: Relação entre o teor de CaO e a viscosidade efetiva da escória (Pa.s).

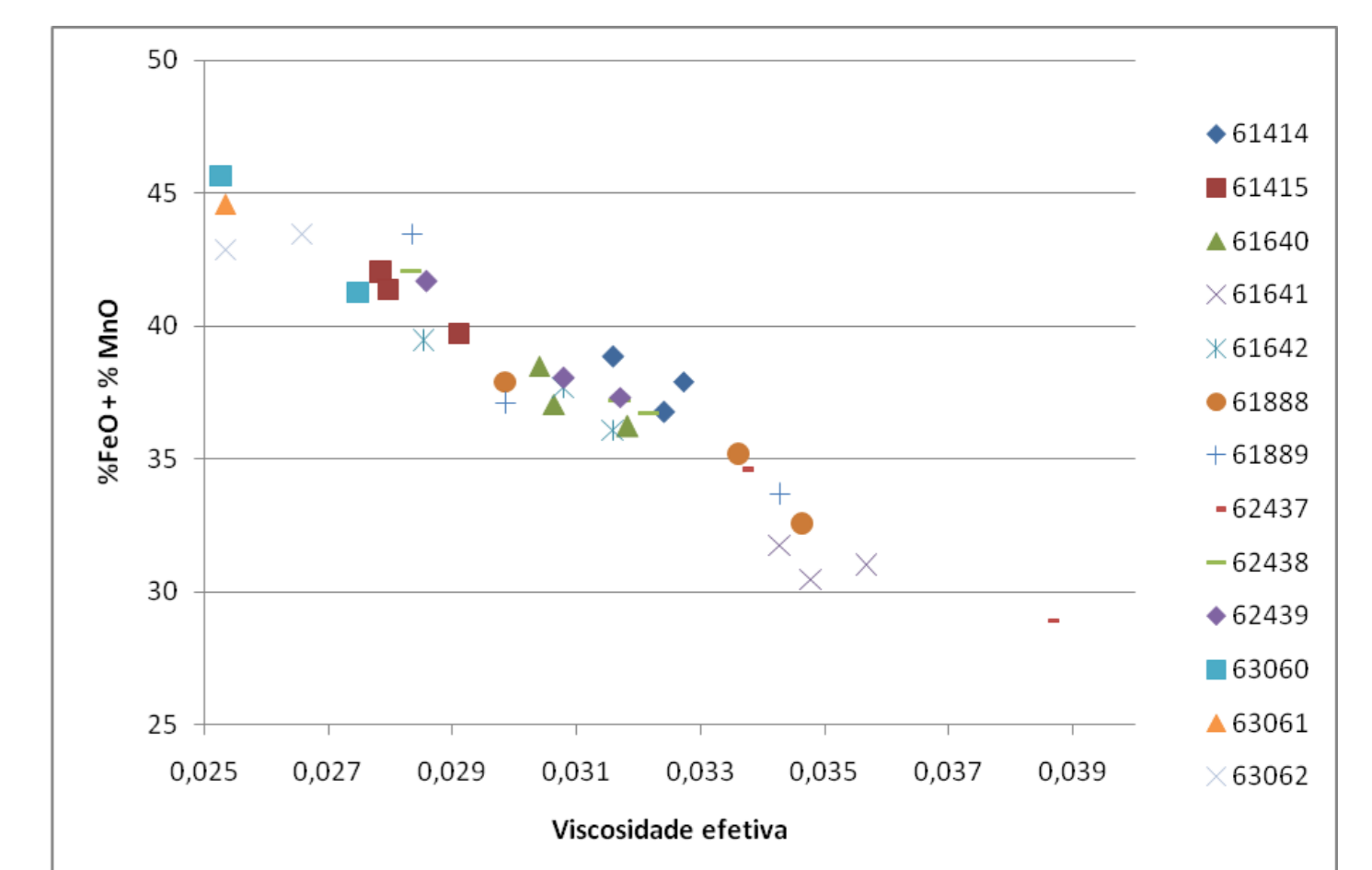


Figura 6: Relação entre o teor de FeO + MnO e a viscosidade efetiva da escória (Pa.s).

Nota-se na figura 5 que, com o aumento do teor de CaO adicionado, tem-se um aumento da viscosidade efetiva. Isto ocorre devido a saturação de CaO atingida, que implica em uma escória básica de elevada viscosidade. Observa-se na figura 6 que ocorre uma tendência negativa com relação ao aumento do teor de FeO+MnO na escória. Este aumento diminui a viscosidade efetiva devido à característica fluxante dos óxido de Fe e Mn. Os dois comportamentos são previstos pela literatura.

3.3. Relação entre a basicidade binária, índice de espumação e a viscosidade efetiva da escória

As figuras 7 e 8 mostram, respectivamente, as relações entre a basicidade binária, o índice de espumação e a viscosidade efetiva da escória.

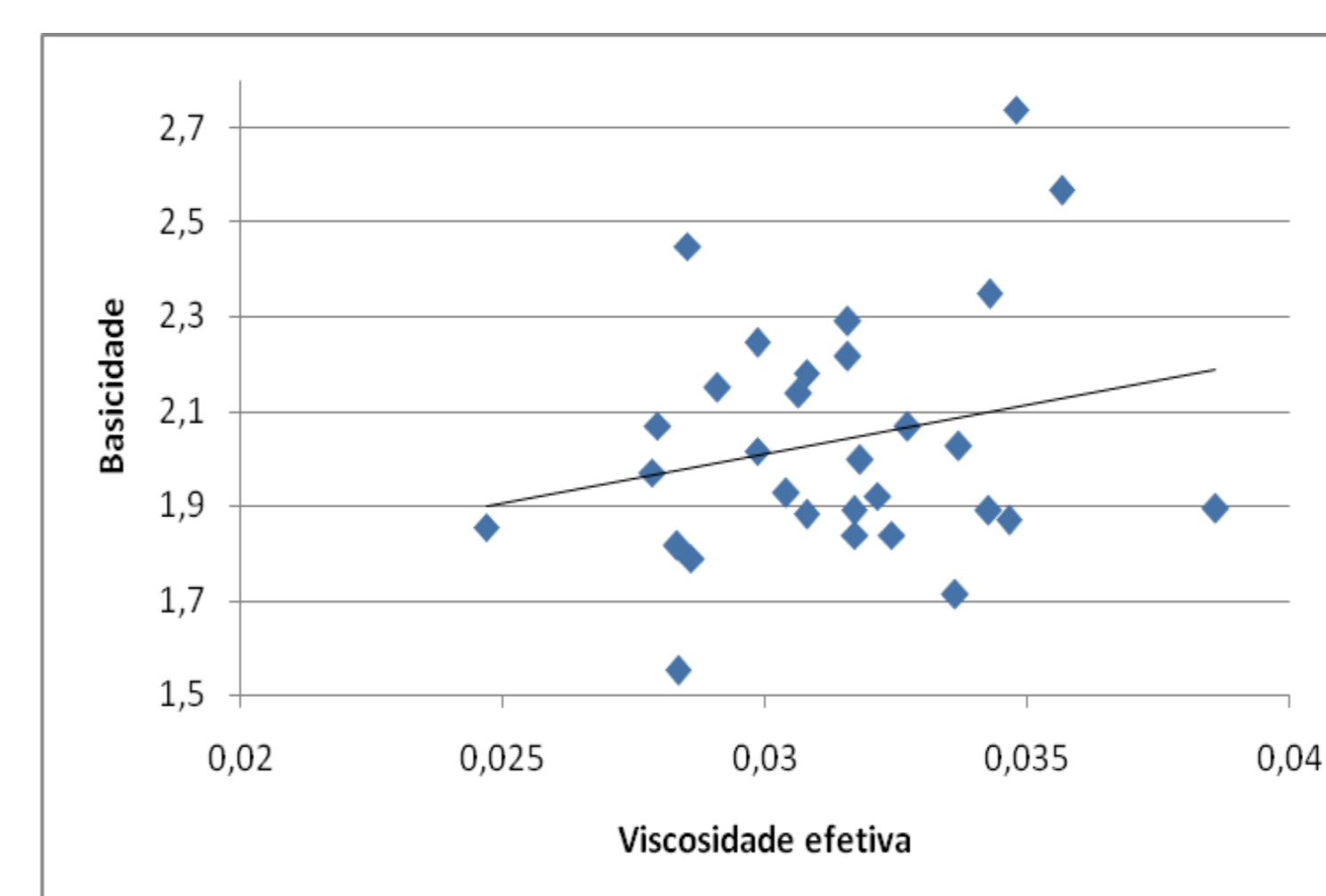


Figura 7: Relação entre a basicidade binária e a viscosidade efetiva da escória (Pa.s).

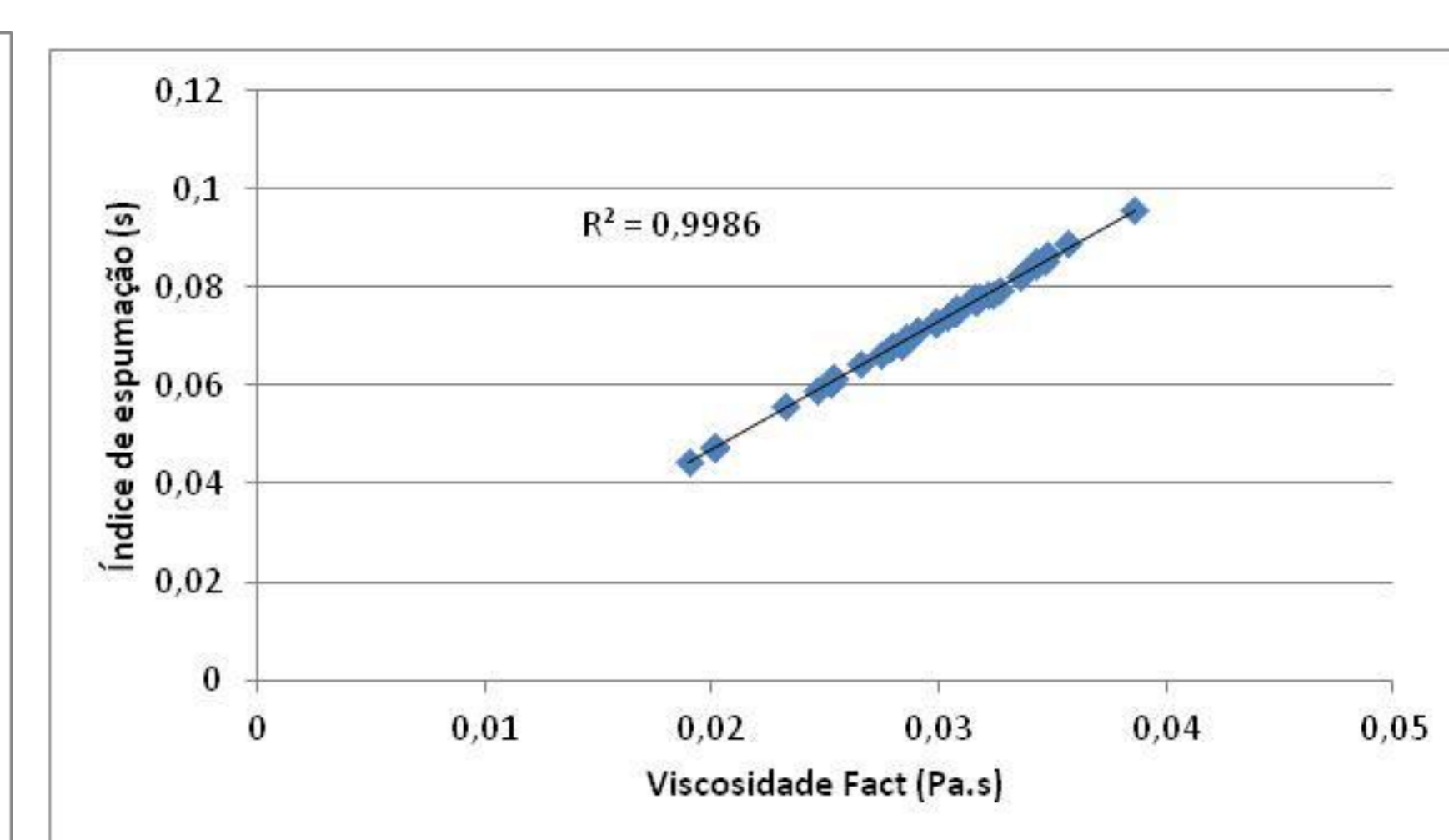


Figura 8: Relação entre o índice de espumação e a viscosidade efetiva da escória (Pa.s).

A figura 7 mostra que o aumento da basicidade implica no aumento da viscosidade. Analisando os teores de CaO anteriormente demonstrados, observa-se que trata-se de uma escória básica que atingiu os valores de saturação, portanto os resultados são coerentes.

A viscosidade tem papel preponderante sobre o cálculo do índice de espumação, onde um aumento na viscosidade resulta em um aumento no índice de espumação. A figura 8 mostra o comportamento do índice de espumação calculado pela viscosidade, confirmando esta relação.

3.4. Parâmetros elétricos e Saturação de MgO

As figuras 9 e 10 mostram o diagrama ISD usado para demonstrar a saturação de MgO, e as relações entre a os parâmetros elétricos e a viscosidade efetiva da escória, respectivamente.

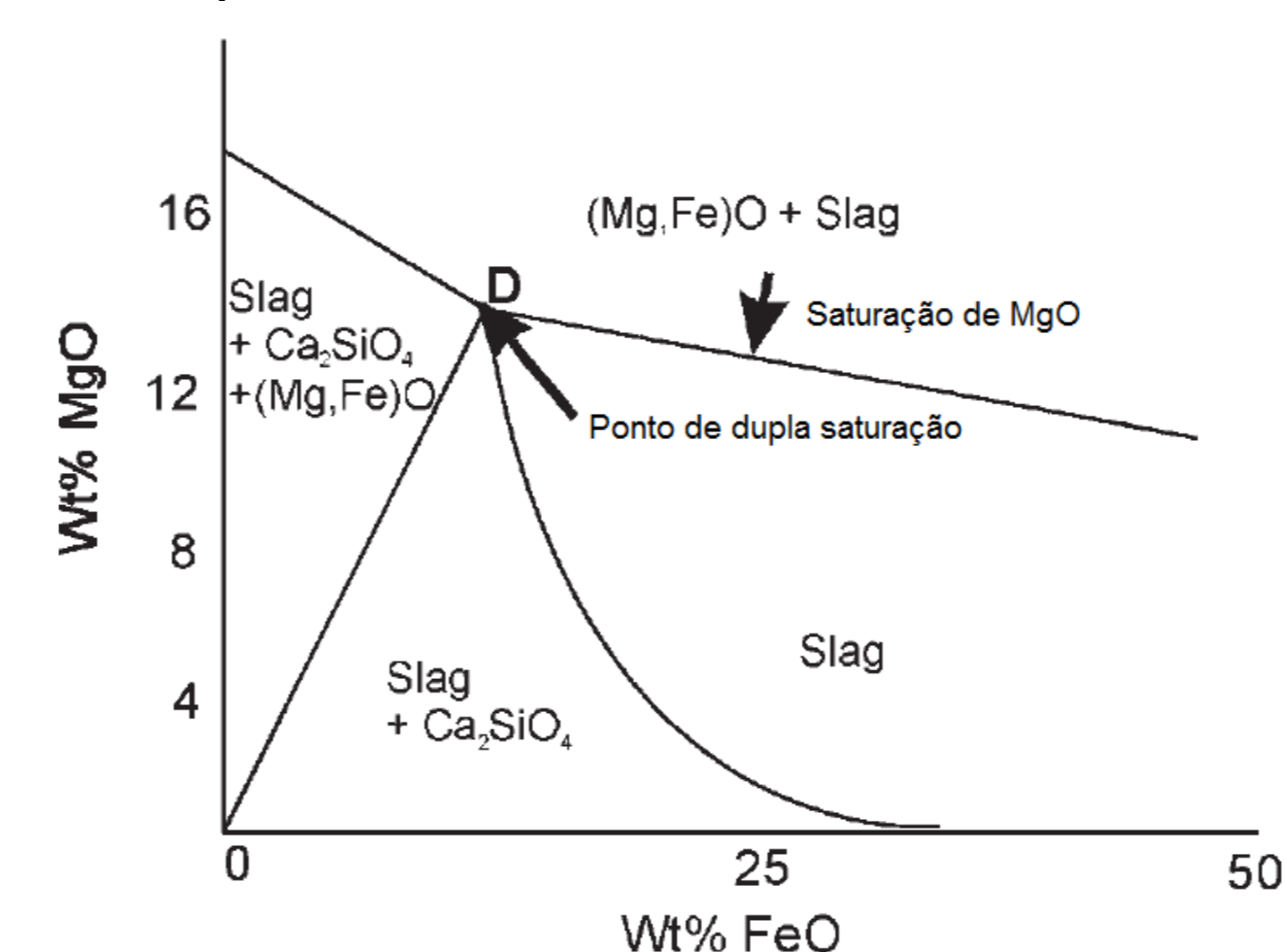


Figura 9: Diagrama de Saturação Isotérmico Genérico.

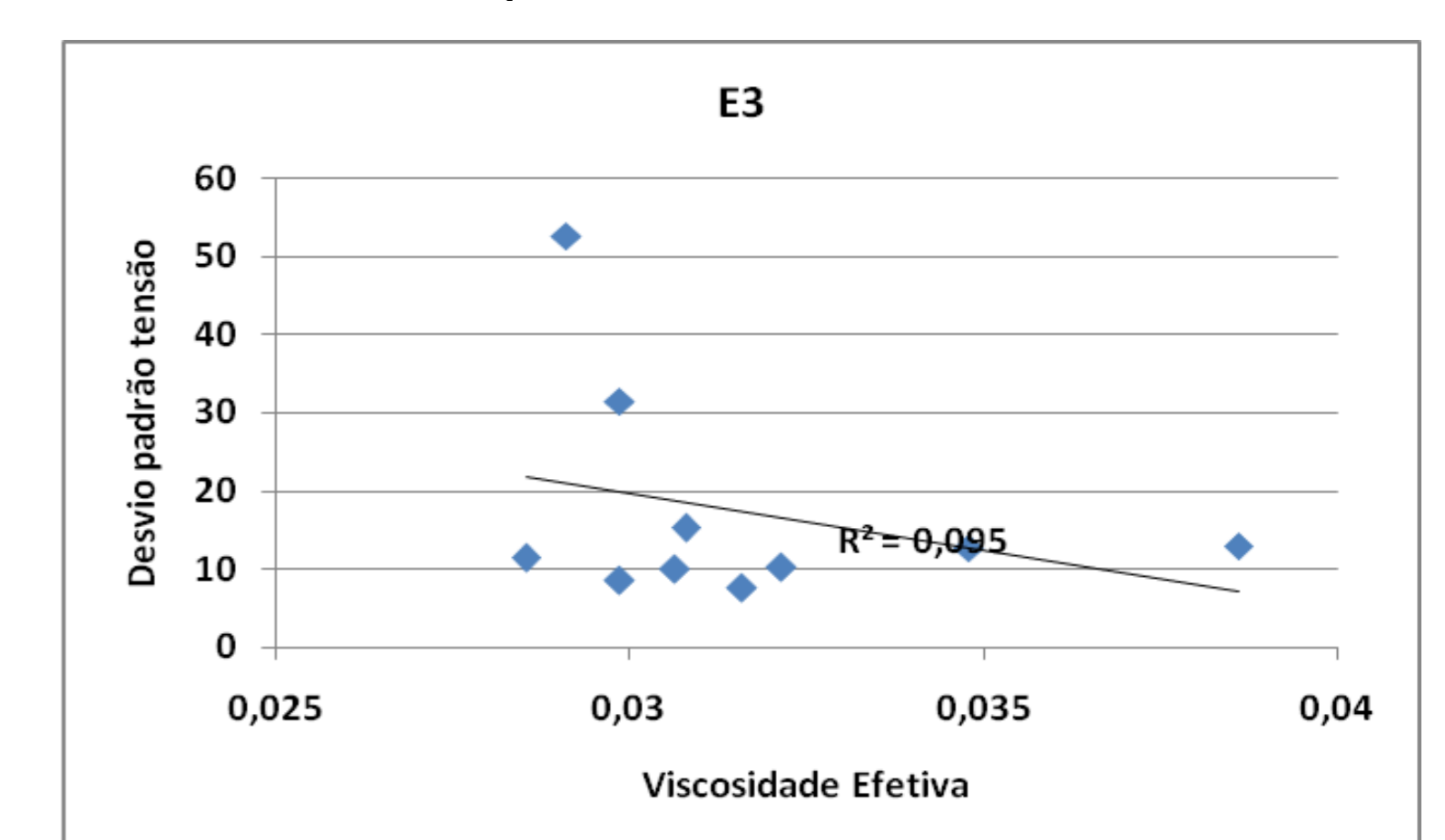


Figura 10: Relação entre os parâmetros elétricos e a viscosidade efetiva da escória (Pa.s).

Os diagramas isotérmicos de solubilidade (Isothermal Solubility Diagrams - ISD), indicam os níveis de saturação, conforme mostra a figura 9. O ponto de dupla saturação mostra a condição ideal para a proteção dos refratários do forno quando em contato com a escória. De maneira geral, os resultados obtidos aproximaram-se do ponto de dupla saturação.

Um dos efeitos da espumação da escória é a diminuição do consumo energético. A figura 10 comprova este fato para a análise dos valores de desvio padrão de tensão do arco.

4. CONCLUSÕES

Com base nas análises efetuadas, chegou-se às seguintes conclusões:

O comportamento da viscosidade com relação aos óxidos se mostrou coerente. A faixa de basicidade ótima com relação ao teor de MgO ótimo corresponde ao momento onde a escória começa a ficar saturada de MgO. O índice de espumação se comportou de forma esperada com relação à energia consumida e aos demais parâmetros elétricos.

Sendo assim, pode-se dizer que o completo entendimento das propriedades da escória espumante propicia o melhor ajuste de forma a se conseguir uma espuma ideal, que irá acarretar posteriormente na redução do consumo de energia dos FEA's.