

1. INTRODUÇÃO

A utilização de lodo galvânico na formulação de vitrocerâmicos é um recurso amplamente utilizado com vistas à minimização de danos ambientais. Sua composição depende do processo industrial que lhe deu origem. Além de metais pesados, pode conter altos teores de substâncias oriundas de tratamentos de efluentes realizados, por exemplo, enxofre resultante do emprego de metabissulfito para redução do cromo hexavalente. O enxofre presente é facilmente liberado ao meio ambiente, como SO_x , e seu emprego como agente espumante na formulação de vidro expandido é o foco desse trabalho.

2. OBJETIVO

Avaliar o efeito do enxofre presente no lodo galvânico, como agente espumante e o emprego do CaO como otimizador desse processo.

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O Lodo - Classe I- perigoso, fornecido por empresa metalúrgica localizada no Vale do Rio dos Sinos foi seco a $105^\circ C$ e caracterizado por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP) e análise elementar. Para formulações foi utilizado vidro sodocálcico de garrafas de cerveja e CaO para otimização da captação de SO_x liberado na queima. Os materiais foram pulverizados em moinho de bolas e submetidos à homogeneização granulométrica em peneira 80 mesh. As formulações foram prensadas a 20 MPa dando origem aos corpos de prova (CPs). A Tabela 1 apresenta as formulações empregadas.

Tabela 1: Formulações empregadas no preparo dos corpos de prova.

Material	Formulações	
	F10	F20
CaO (g)	5	5
Lodo (g)	10	20
Vidro (g)	85	75

Os CPs foram queimados na temperatura de $1.000^\circ C$ com patamar de duas horas, submetidos a diferentes taxas de aquecimento (50, 150, 300, 450, $600^\circ C/h$). A densificação dos corpos cerâmicos (CCs) produzidos foi avaliada pelo método de Arquimedes. A Figura 1 apresenta o fluxograma metodológico adotado para o desenvolvimento desse trabalho.

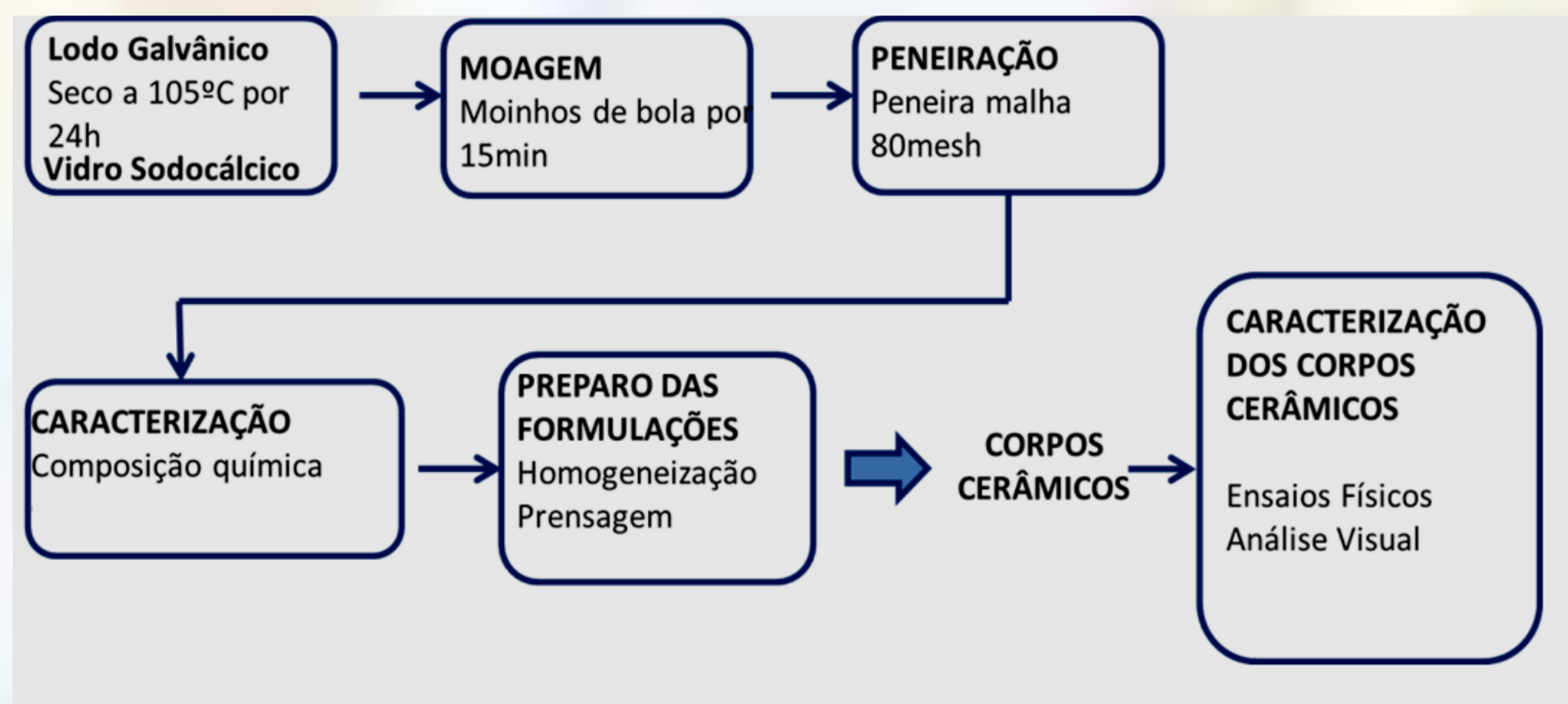


Figura 1. Fluxograma metodológico empregado

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização Química do lodo

O lodo foi analisado por FRX, cujos resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Teores dos elementos obtidos do lodo seco, por FRX (%).

	K_2O	CaO	MgO	CuO	ZnO	Fe_2O_3	Na_2O	Cr_{23}	NiO	Al_2O_3	SrO	SO_3	SiO_2
Lodo	0,05	0,5	0,2	4,9	2,8	12,6	0,2	0,7	1,9	0,4	-	53,4	21,9

Como pode ser visto na Tabela 2, o lodo apresenta teores menores que 1% para K_2O , CaO, MgO, Cr_2O_3 e Al_2O_3 , teores entre 1 e 10% para CuO, ZnO, NiO e teor maior que 10% para Fe_2O_3 . Valores maiores foram encontrados para óxido de silício (SiO_2), 21,9% e para S expresso em SO_3 , 53,4%. Este valor obtido para o enxofre foi calculado a partir da perda ao fogo. Para confirmação do mesmo foi realizada análise em analisador de enxofre marca LECO modelo S144D, onde obteve-se teores de 18,15% de enxofre (S), que quando expresso em SO_3 , corresponde a 45,4%, o que nos indica não ser tão destoante dos valores inferidos anteriormente. Foi também realizada a digestão do lodo, de acordo com método U.S. EPA, 3050B e a determinação de elementos por ICP que indicou a presença de Se (0,01%) e confirmou os demais resultados.

4.2 Análise Visual

Pode-se perceber que para as duas formulações testadas, bem como para todas as taxas empregadas, houve liberação de gás, o que é evidenciado pelos poros observáveis, com exceção de F20 a $50^\circ C/h$ que não apresentou evidência visual. Os demais corpos cerâmicos (CCs) de formulação F20 apresentaram rachaduras na superfície e menos quantidade de poros se comparados a F10. Para os CCs F10 observa-se que a expansão aumentou com a taxa de aquecimento.

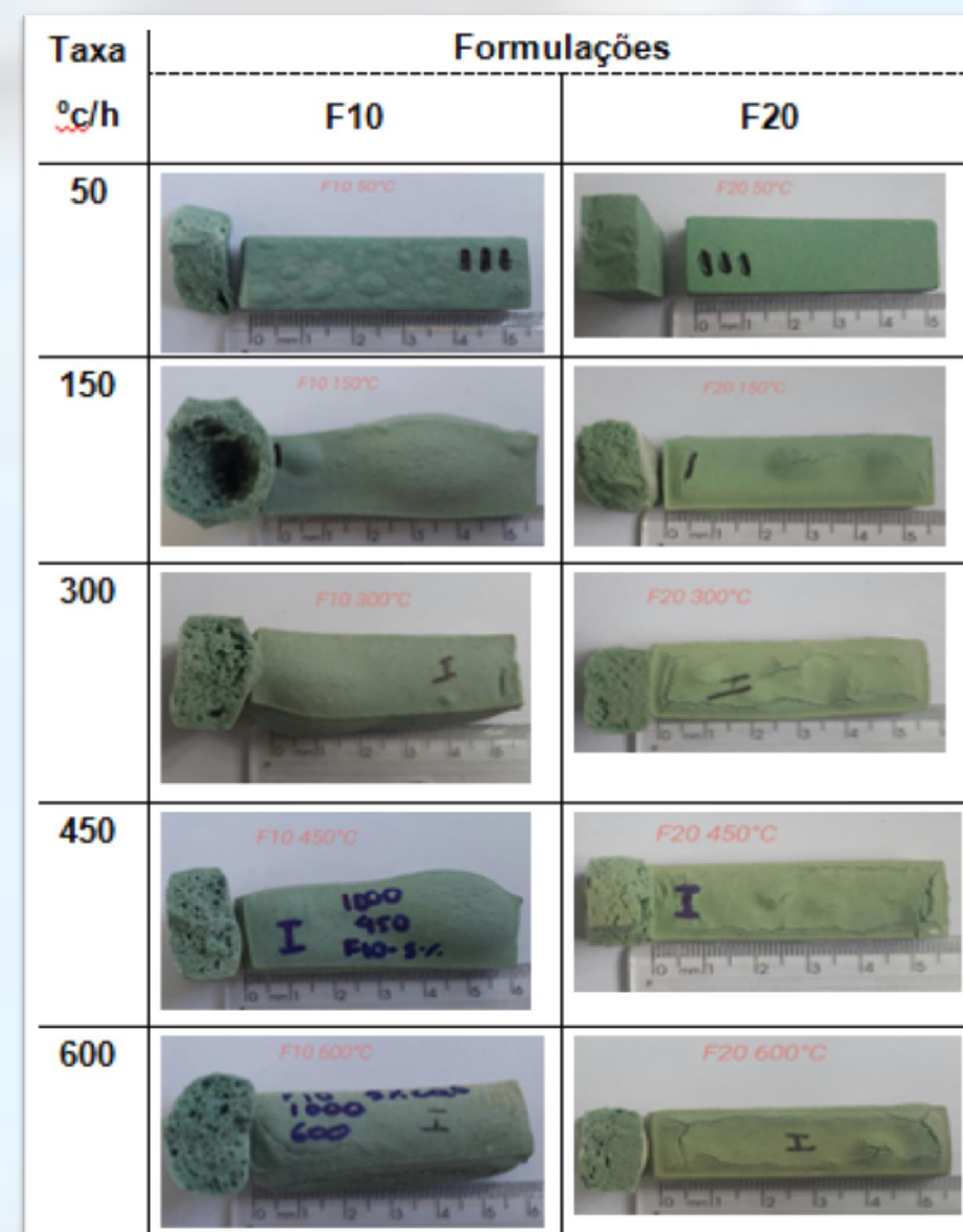


Figura 2. Amostras de formulações de 10 e 20% de lodo com vidro sodo cáustico, queimados na temperatura de $1.000^\circ C$ em diferentes taxas.

4.3 Propriedades Físicas

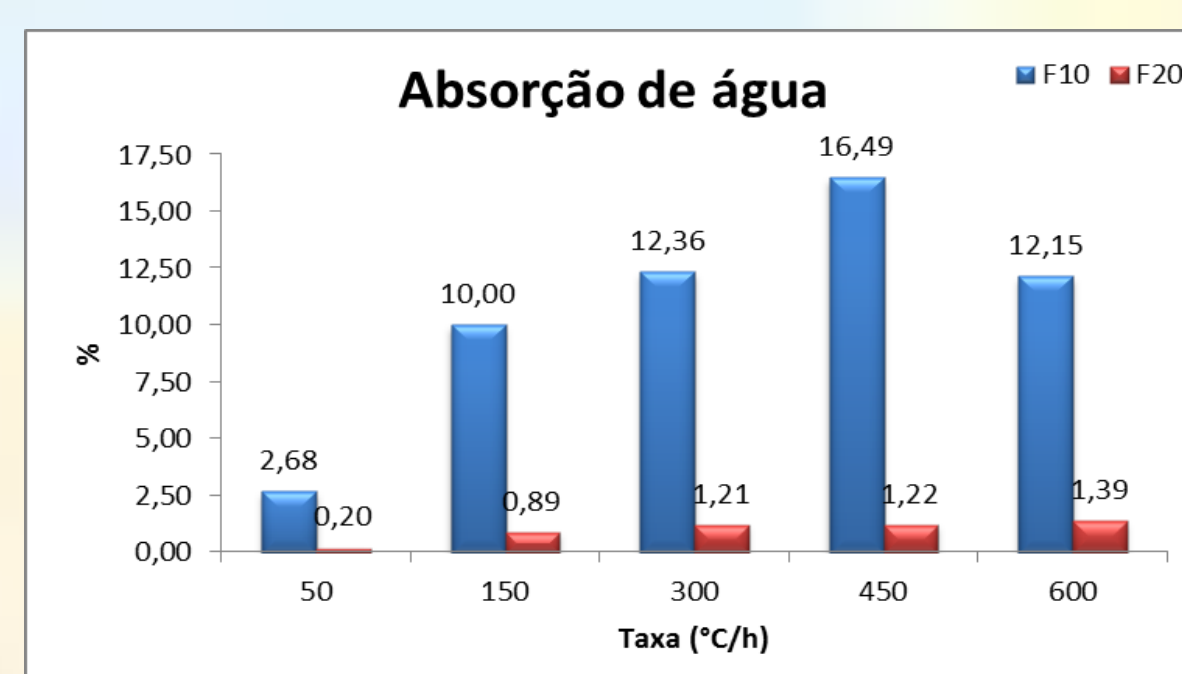


Figura 3. Absorção de água para formulações de 10 e 20% de lodo, queimadas em diferentes taxas

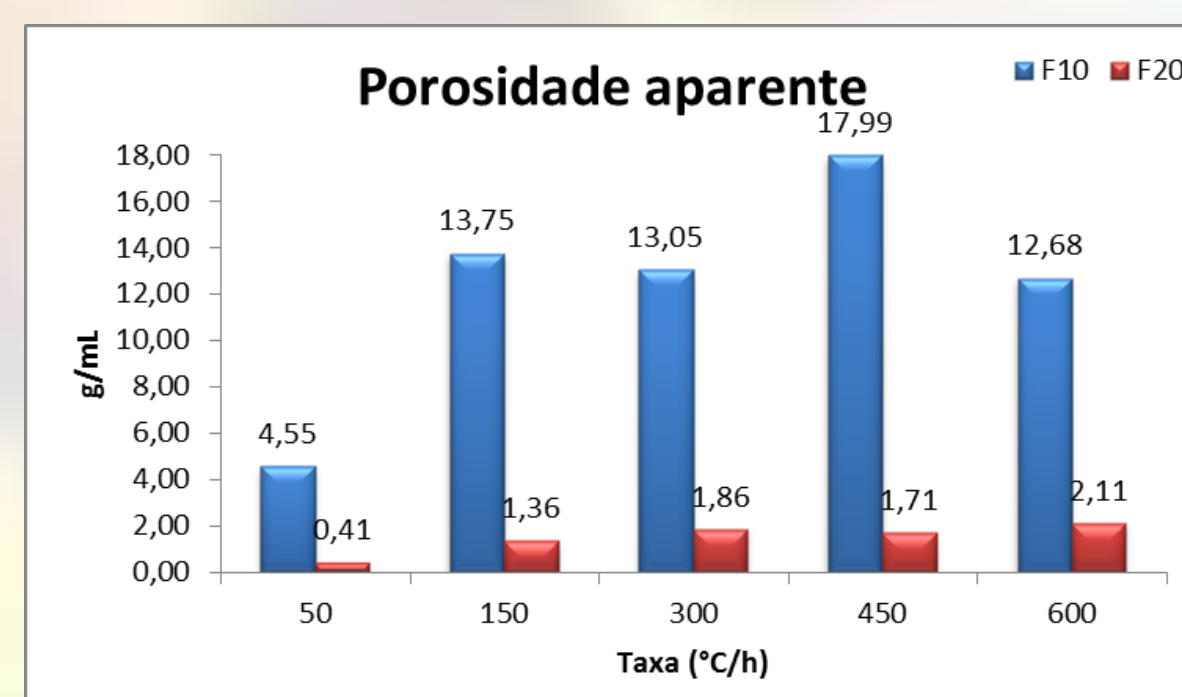


Figura 4. Porosidade aparente para formulações de 10 e 20% de lodo, queimadas em diferentes taxas

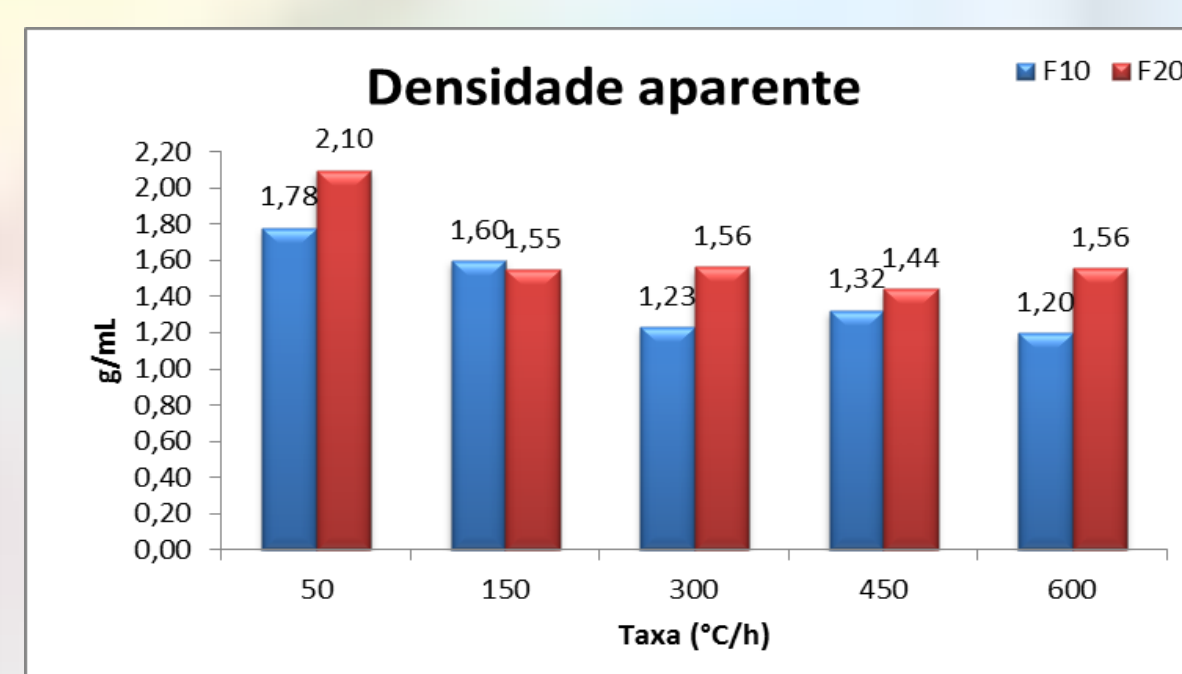


Figura 5. Densidade aparente para formulações de 10 e 20% de lodo, queimadas em diferentes taxas

De modo geral os CCs F20 e F10 têm comportamentos similares para absorção de água e porosidade aparente, sendo que F10 apresenta valores maiores para ambos os parâmetros.

Os CCs F10 apresentam uma diminuição desses valores na taxa de $600^\circ C/h$ apontando a possibilidade de ter sido atingido um limite.

A variação da densidade aparente para os CCs F10 e F20, com relação as taxas é de comportamento e ordem de grandeza similar. Há uma inflexão na taxa de $300^\circ C/h$ e uma elevação de valores nas taxas extremas. Os testes demonstram que as taxas tem efeitos sobre a capilaridade, formação de poros e relação massa/volume dos CCs.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o momento apontam que a quantidade de lodo empregada na formulação, a presença de 5% CaO e as taxas de elevação de temperatura são fatores relevantes na obtenção de vidro expandido.

O enxofre presente no lodo demonstrou efeito espumante no material cerâmico produzido evidenciado pela formação de poros. O Ensaio de Arquimedes permite inferir que as diferentes taxas de temperatura aplicadas têm efeito sobre a liberação/enclausuramento dos gases formados durante a queima dos CPs. O aquecimento mais lento parece desfavorecer a formação de gases, enquanto taxas maiores, até $450^\circ C/h$, influenciam na sua formação e liberação o que tem relação direta com a viscosidade da massa fundida. A presença de CaO para minimizar liberação de SO_x durante a queima, deve ser avaliada mediante medição de emissões gasosas.