

The background features a stylized line-art illustration of a city skyline. A large speech bubble is positioned in the lower right, containing a sun with rays. The sun is partially obscured by the text. The skyline includes various buildings and a prominent tower with a pointed top. The entire scene is set against a light blue background with a darker blue horizontal band across the middle.

Utilização de planejamento
experimental no estudo de absorção
de água de cerâmica incorporada com
lama vermelha

Lama vermelha – Denominação e produção

- A lama vermelha é a denominação genérica para um resíduo gerado a partir do refino da bauxita para produção de alumina por meio do processo Bayer.
- Não existe uma definição da proporção exata entre a quantidade de alumina produzida e quantidade de lama vermelha gerada, porém são mais comuns citações de que uma fábrica típica de alumina produza de 1 a 2 toneladas de lama vermelha por tonelada de alumina produzida.

✓ 117 milhões de toneladas.

Lama vermelha – Geração e toxicidade

- A literatura apresenta controvérsia quanto à toxicidade da lama vermelha. Pesquisas relatam que ela não é particularmente tóxica.
- Norma NBR 10.004/2004 da ABNT pode ser classificada como resíduo Classe I – perigoso.
- O fato é que a quantidade gerada anualmente é gigantesca e que um resíduo gerado na ordem de milhões de toneladas representa um sério problema ambiental.

Cerâmica vermelha

- Utiliza basicamente argila, as razões para isto são suas características, como apresentar plasticidade, resistência mecânica, possibilitar a aplicação de técnicas de processamento simples, e também pela sua disponibilidade em grandes quantidades.
- A heterogeneidade da argila tradicional possibilita a incorporação de vários tipos de resíduos.

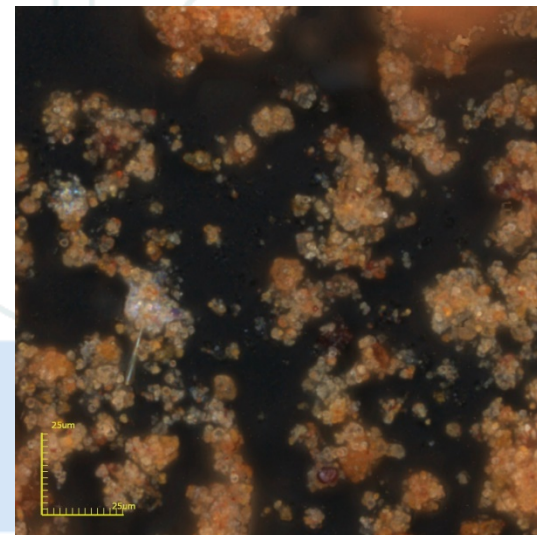
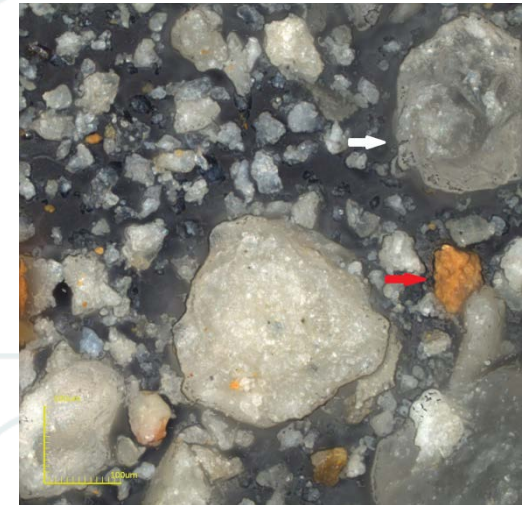
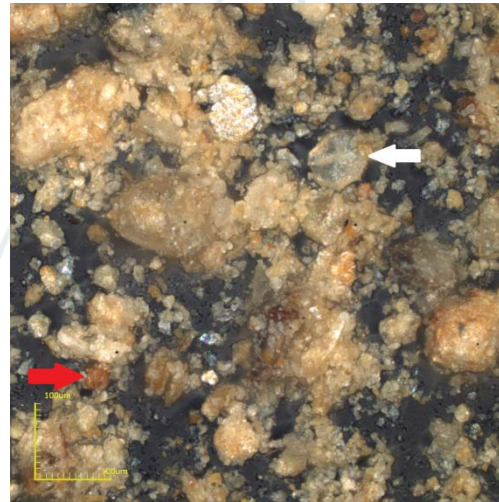
Planejamento experimental

- Dentre as técnicas de análise e planejamento experimental, o uso do delineamento de misturas cresce continuamente.
- Sendo possível, por meio da metodologia de superfície de resposta, delimitar as composições que permitam produzir produtos com as características pretendidas.

- Utilizar planejamento experimental em rede simplex para avaliar os efeitos da incorporação da lama vermelha em massas cerâmica, estudando seus efeitos na absorção de água e retração linear de queima.

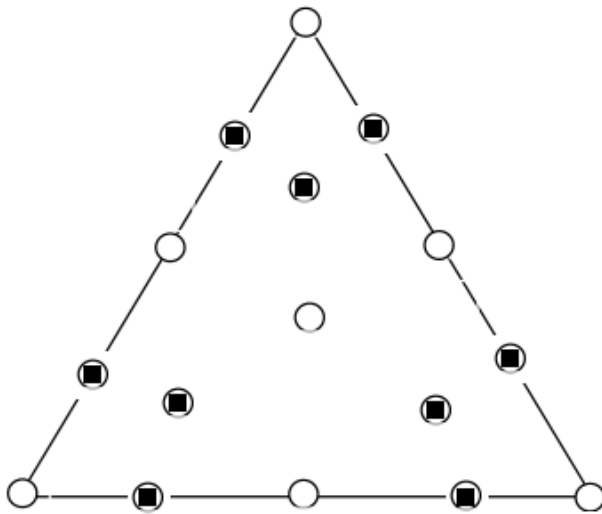
Materials

- Argila amarela;
- Argila verde;
- Lama vermelha.



Planejamento de experimentos

- Para a determinação das superfícies de respostas, foram adotados três modelos numéricos, compreendendo a quantidade mínima de pontos para a geração dos modelos: Linear (3 pontos), Quadrático (6 pontos) e Cúbico especial (7 pontos).



- ✓ software Statistica;
- ✓ módulo do software “experimental design” com a opção “mixture design triangular surfaces”.

Avaliação dos modelos

- Análise de variância (ANOVA): Faz análise dos resíduos experimentais que é fundamental na avaliação dos modelos adotados como também do seu ajuste.
 - Regressão, resíduos, falta de ajuste e erro puro, além da variação explicada R^2 .
- Significância estatística da regressão: Usa-se as médias quadráticas para testar se a equação de regressão é estatisticamente significativa.
 - A distribuição de Fisher (teste F).
- Intervalos de confiança: Para testar a significância dos valores estimados para os parâmetros (b).
 - A distribuição de *Student*, ou distribuição t .

Processamento dos corpos de prova

	Argila amarela	Argila verde	Lama vermelha
M1	100	0	0
M2	0	100	0
M3	0	0	100
M4	50	50	0
M5	0	50	50
M6	50	0	50
M7	75	25	0
M8	25	75	0
M9	0	75	25
M10	0	25	75
M11	25	0	75
M12	75	0	25
M13	66	17	17
M14	17	66	17
M15	17	17	66
M16	33	33	33



Ensaio físicos e mecânicos dos corpos de prova

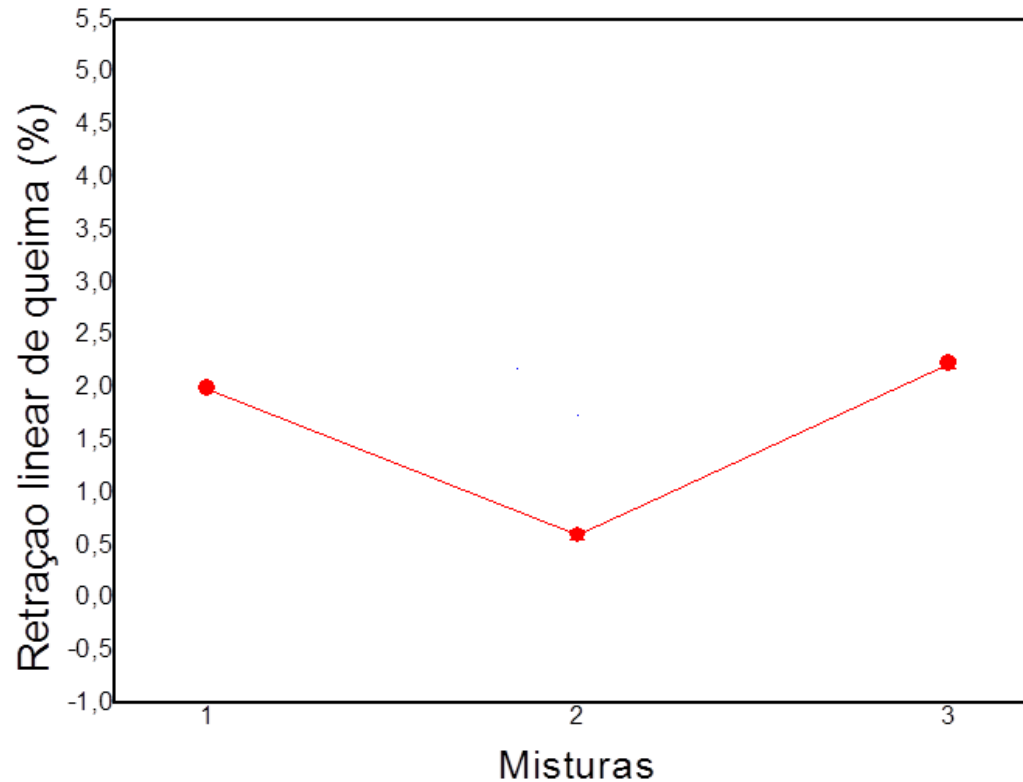
- Retração linear de queima
- Absorção de água

$$R_{Lq} (\%) = \frac{(L_s - L_q)}{L_s} 100$$

Norma ASTM C373-72

$$AA (\%) = \frac{(P_u - P_s)}{P_s} 100$$

Retração linear de queima



Retração linear de queima

M1 2,00 ±0,04

M2 0,60 ±0,04

M3 2,23 ±0,05

M4 1,08 ±0,04

M5 2,14 ±0,07

M6 3,41 ±0,09

M7 1,49 ±0,03

M8 0,66 ±0,02

M9 0,94 ±0,11

M10 2,11 ±0,02

M11 2,30 ±0,15

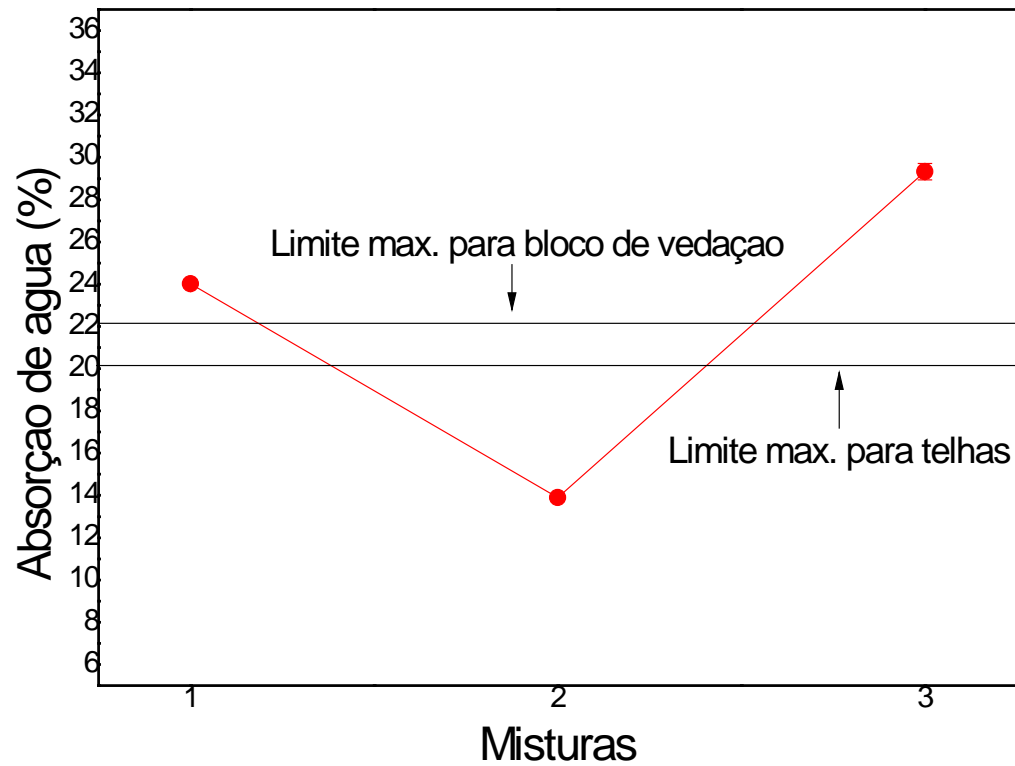
M12 2,88 ±0,12

M13 2,04 ±0,09

M14 0,87 ±0,07

M15 2,19 ±0,09

Absorção de água



Absorção de água

M1 24,02 ±0,11

M2 13,90 ±0,11

M3 29,32 ±0,39

M4 18,84 ±0,56

M5 22,73 ±0,20

M6 25,02 ±0,28

M7 21,14 ±0,43

M8 17,48 ±1,53

M9 18,42 ±0,30

M10 28,70 ±0,32

M11 29,35 ±0,09

M12 23,83 ±0,22

M13 23,29 ±0,44

M14 20,48 ±1,14

M15 29,84 ±0,45

M16 23,35 ±0,07

Análise do modelo

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Nº de graus de liberdade	Média Quadrática
Regressão	1153,94	6	192,32
Resíduos	20,88	41	0,51
Falta de Ajuste	8,16	9	0,91
Erro Puro	12,73	32	0,40
Total	1174,82	47	25

Varição explicada: $R^2 = 98,22\%$

Máxima de variação explicável: 97,96%

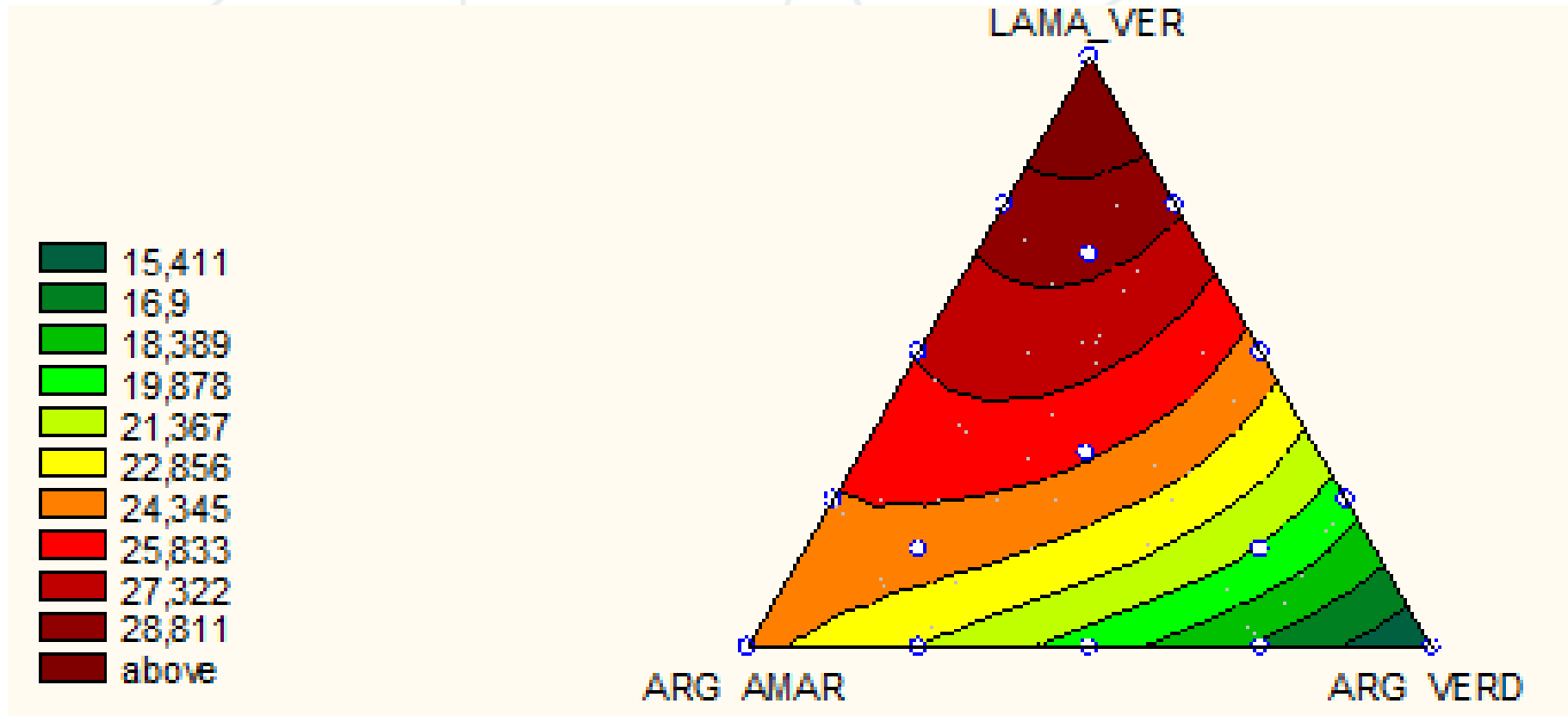
Critério de Fisher

$$MQ_R / MQ_r > 5 \cdot F_{6,41}$$



$$377,58 > 11,68$$

Superfície de resposta



Conclusões

- Os valores de retração e absorção de água variaram diretamente e proporcionalmente aos percentuais das matérias-primas.
- A utilização do planejamento experimental mostrou-se uma ferramenta viável para avaliar a absorção de água de cerâmica incorporada com lama vermelha. Utilizando a superfície de resposta gerada, aumentando assim todas as possíveis faixas de proporção das matérias-primas e incorporação da lama vermelha.
- Possibilidade de redução de custos e extração de argilas, bem como uma destinação ambientalmente correta para esse resíduo gerado na ordem de milhões de toneladas.

Obrigada por sua atenção!

michellebabisk@hotmail.com