

Moagem de alta energia aplicada a massa cerâmica de porcelanato

Hilária Mendes de Souza^{1,2}, Jorge Luiz Bombazaro^{1,2}, Sérgio Ruzza¹, Natália Morelli Possoli¹, Angela Waterkemper¹

¹Mohawk Revestimentos Cocal do Sul, Cocal do Sul, Brasil

²Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, SC, Brasil.

Elizabeth

eliane floor

eliane

 DECORTILES


MOHAWK

INTRODUÇÃO

- Revestimentos cerâmicos;
- Porcelanato;
- Processamento;
- Defeitos: Desvio de planaridade;
- Deformação pirolástica;
- Moagem convencional;
- Moagem de alta energia.

Figura 1. Forno



Figura 2. Porcelanato



Objetivo: Avaliar a influência da moagem de alta energia (MAE) nas propriedades de compactação e queima de uma massa de porcelanato

METODOLOGIA

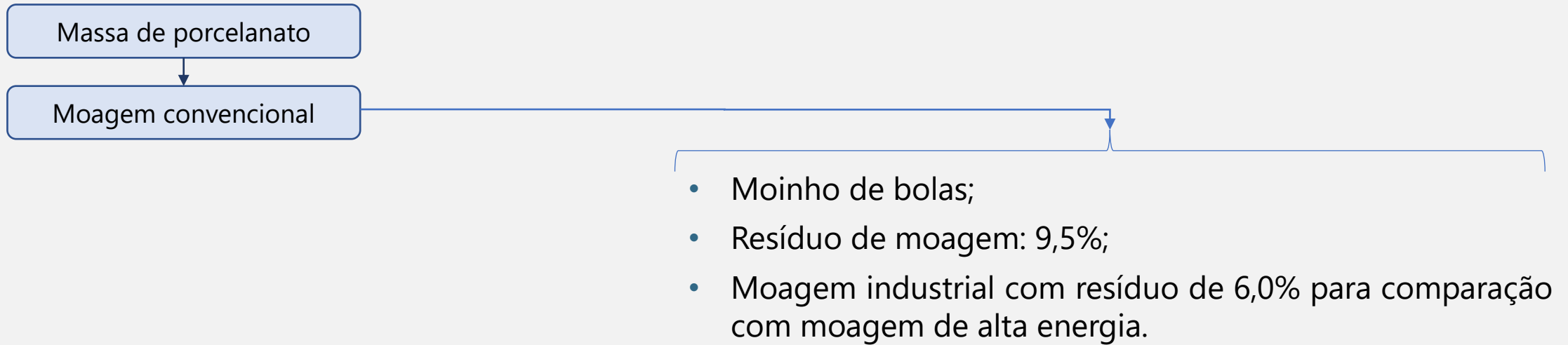
Figura 3. Fluxograma experimental

Massa de porcelanato

- Processo fabril;
- Após moagem convencional e peneiramento em ABNT #100 (0,149 mm);
- Caracterização inicial:
 - Resíduo moagem (RM) em peneira ABNT #325 (0,044 mm);
 - Tamanho de partículas;
 - Área superficial;
 - Reologia.

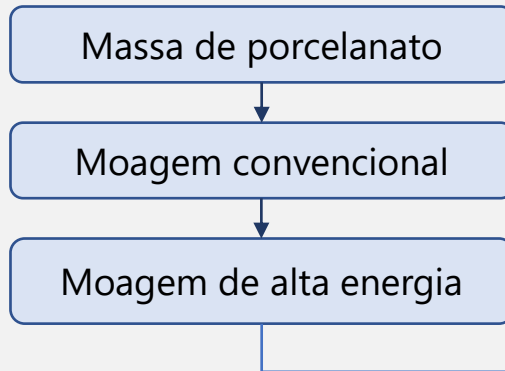
METODOLOGIA

Figura 3. Fluxograma experimental



METODOLOGIA

Figura 3. Fluxograma experimental



- Moinho de alta energia semi industrial marca *Netzsch* modelo *Discus 30*;
- Esferas de moagem: 65,5 kg de *cerabeads* 1,2 mm;
- Ocupação do moinho: 65%;
- Temperatura: 21 °C;
- Planejamento experimental 2².

Teste	Rotação do moinho de alta energia (RPM)	Vazão de alimentação (L . h ⁻¹)
T1	1260	126,5
T2	1260	253,0
T3	860	126,5
T4	860	253,0

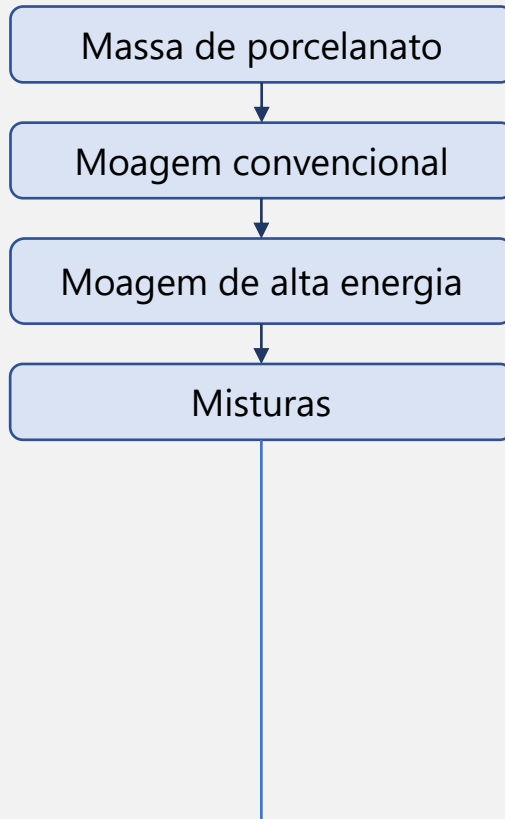
Tabela 1. Planejamento experimental 2²



Figura 4. Moinho de alta energia

METODOLOGIA

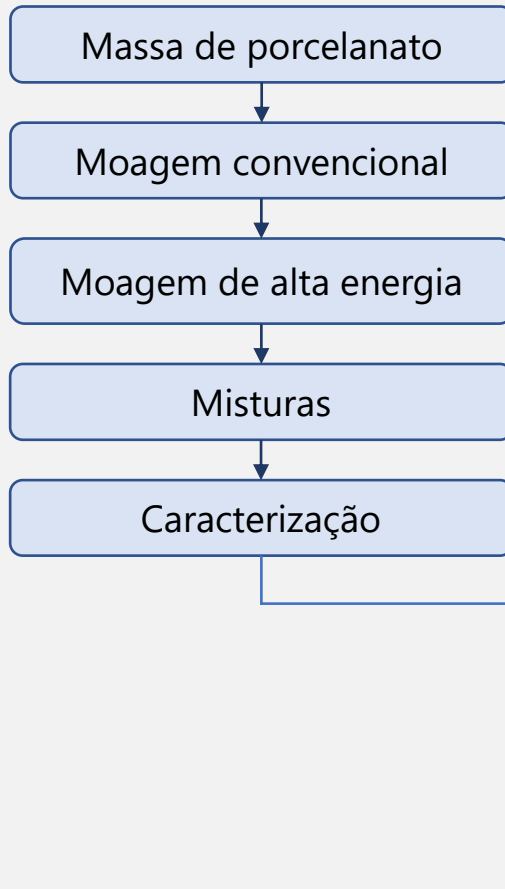
Figura 3. Fluxograma experimental



- Mistura entre as barbotinas obtidas por MAE e MC;
- Densidade máxima de empacotamento (Pandolfelli *et al.*, 2000);
- 20 e 40%.

METODOLOGIA

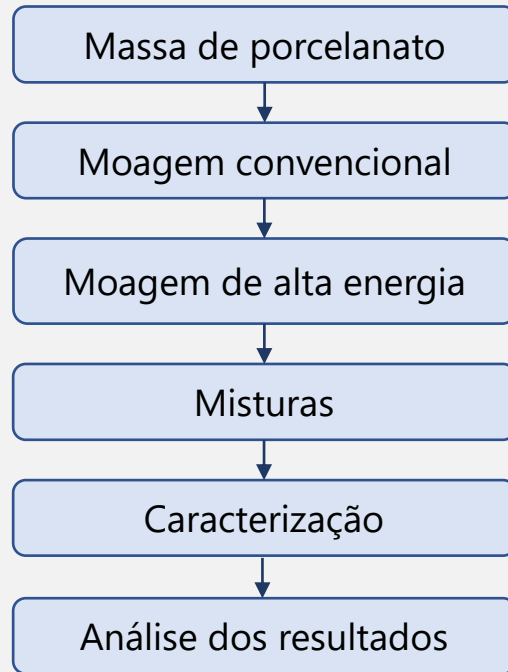
Figura 3. Fluxograma experimental



- Distribuição de tamanho de partículas (DTP): Método de sedimentação;
- Estrutura cristalina: Difração de raios X (DRX);
- Área superficial específica: por Brunauer, Emmett e Teller (BET);
- Densidade aparente (D_{ap}): Método volumétrico;
- Absorção de água: Método porosímetro (ISO 10545-3);
- Retração linear: Medida com paquímetro;
- Índice de piroplasticidade (IP):
 - A) Método flecha de curvatura;
 - B) Método fleximetria térmica;

METODOLOGIA

Figura 3. Fluxograma experimental



RESULTADOS – MOAGEM DE ALTA ENERGIA

Tamanho de partículas

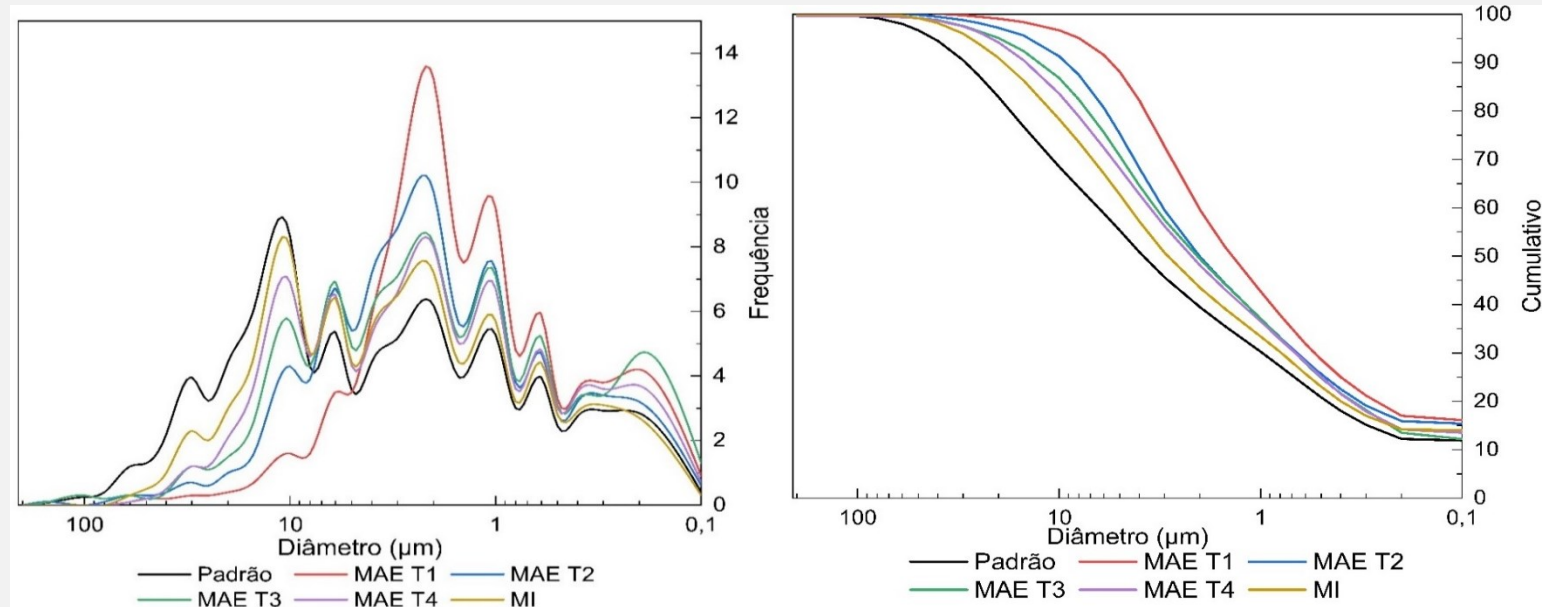


Figura 5. Distribuição de tamanho de partículas

Teste	RM (%)	D _{médio} (µm)	D ₂₀ (µm)	D ₅₀ (µm)	D ₉₀ (µm)	Área Sup. (m ² /g)
Padrão	9,64%	11,46	0,50	3,86	28,00	14
MI	6,02%	8,06	0,40	2,89	18,71	-
T1	0,64%	2,38	0,27	1,39	5,48	16
T2	1,27%	3,91	0,33	2,01	9,19	14
T3	2,44%	4,81	0,35	2,07	12,32	15
T4	3,55%	5,48	0,38	2,37	15,82	14

Tabela 2. Resíduo de moagem, área superficial e diâmetros

RESULTADOS – MOAGEM DE ALTA ENERGIA

Reologia

Figura 6. Tensão por taxa de deformação

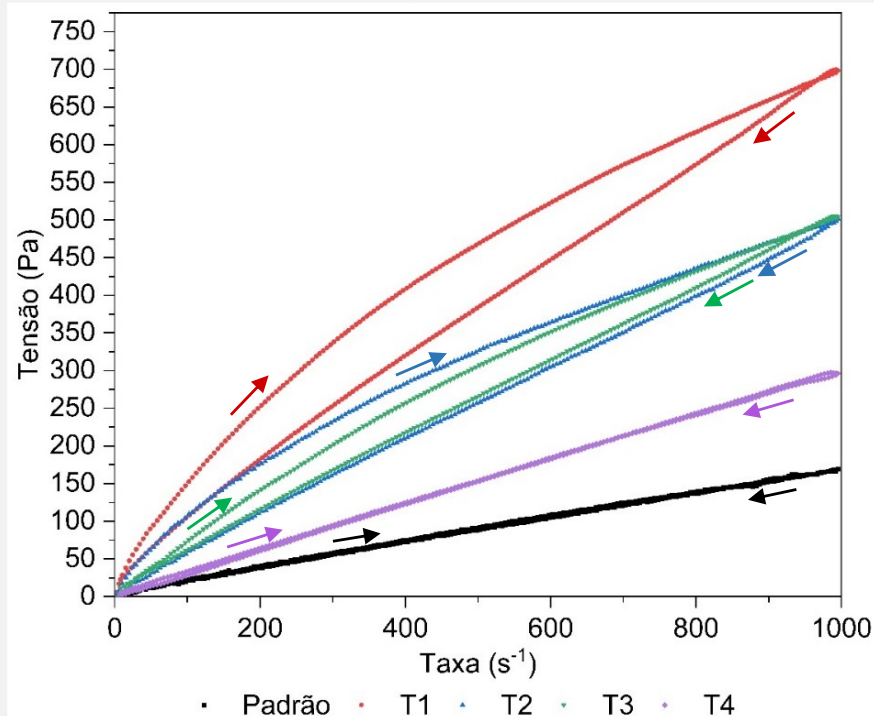
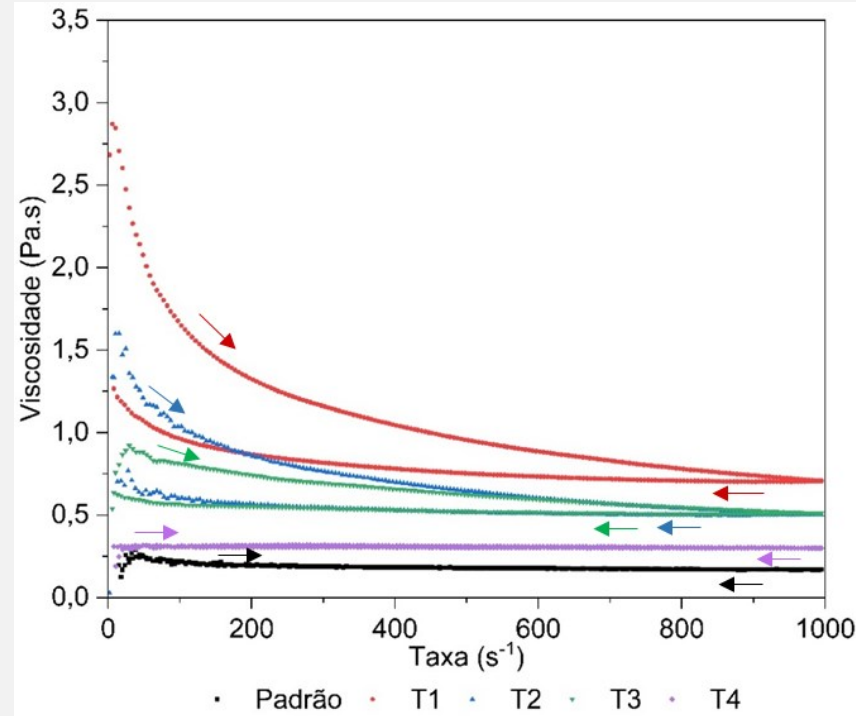


Figura 7. Viscosidade por taxa de deformação



- Pseudoplasticidade;
- Tixotropia;
- Influência da reologia no processamento;
- Força de atração.

RESULTADOS – MOAGEM DE ALTA ENERGIA

Análise mineralógica

Tabela 3. Quantificação de fases

Fase	STD	MAE			
		T1	T2	T3	T4
Não cristalina	57	71	65	63	66
Quartzo	20	14	20	22	20
Mulita	14	15	15	15	14
Albita	9	-	-	-	-

- Aumento do percentual de fases não cristalinas;
- Percentual de mulita se manteve;
- Diminuição de quartzo para condição MAE T1.

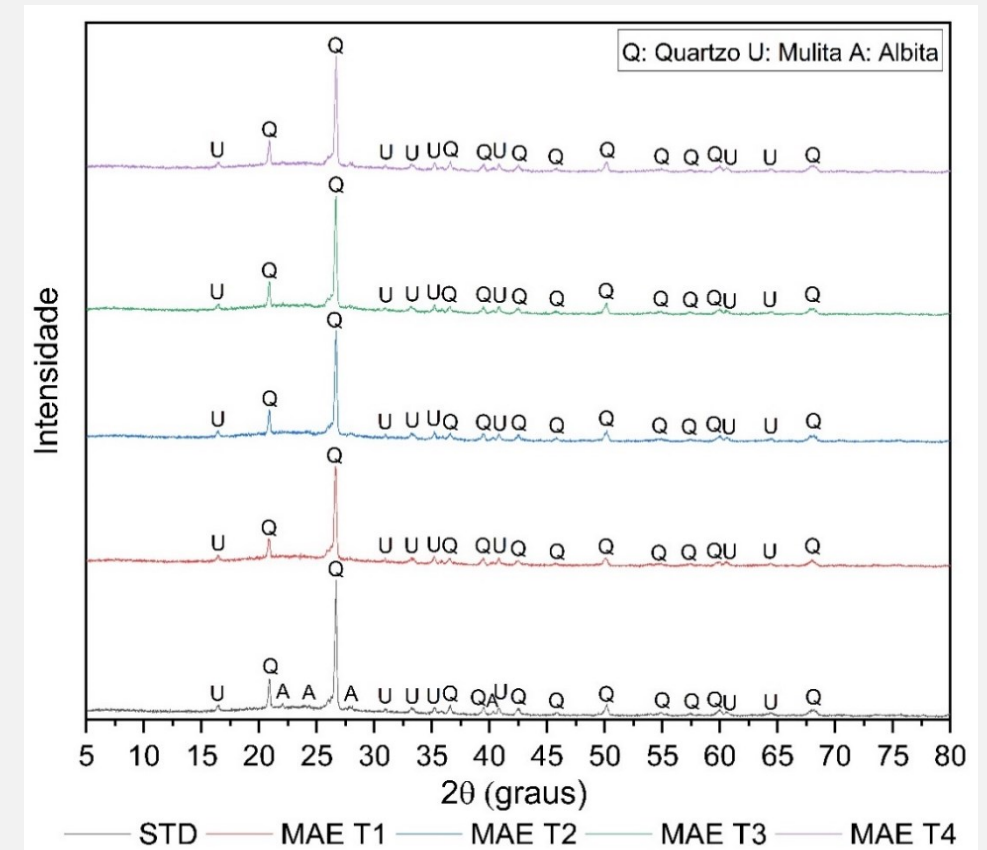


Figura 8. Difratoograma de raios X

RESULTADOS – MOAGEM DE ALTA ENERGIA

Densidade aparente à seco

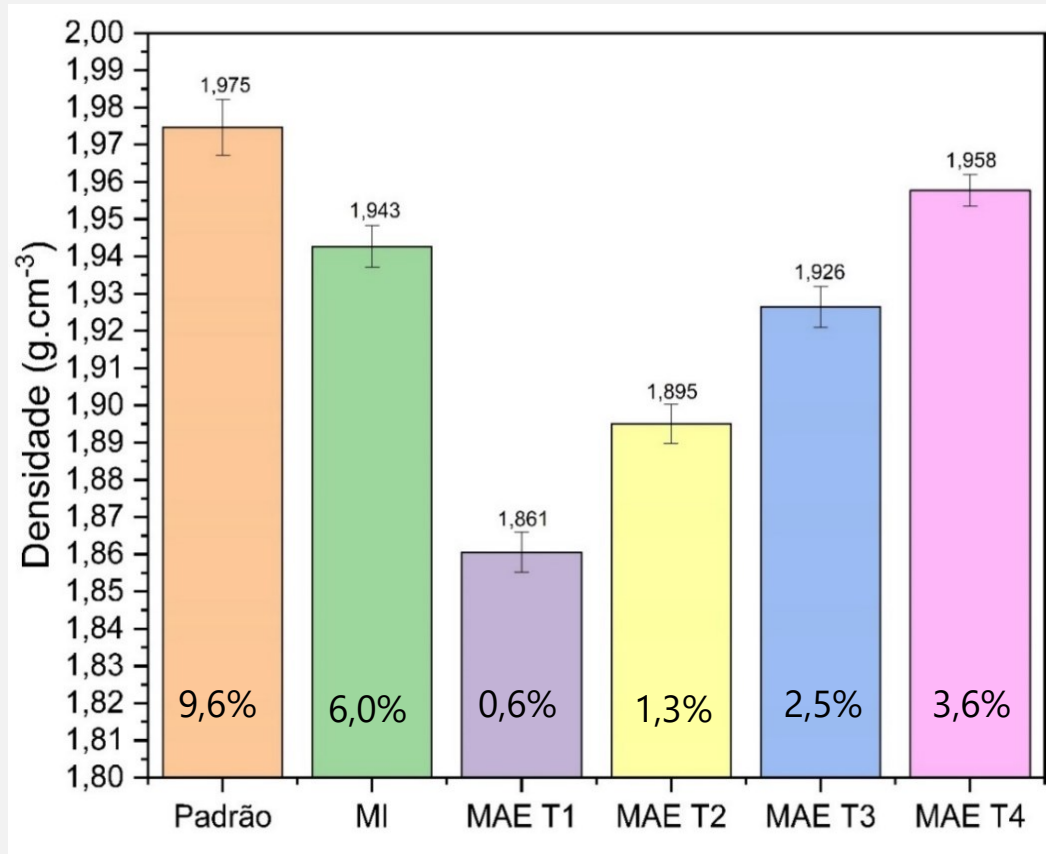


Figura 9. Densidade aparente (D_{ap})

- Diminuição da densidade aparente;
- Aumento do número de contatos (atrito) devido a maior área superficial;
- Consequências de uma menor D_{ap} ;
- Comparação MI x MAE T4.

RESULTADOS – MOAGEM DE ALTA ENERGIA

Diagrama de gresificação

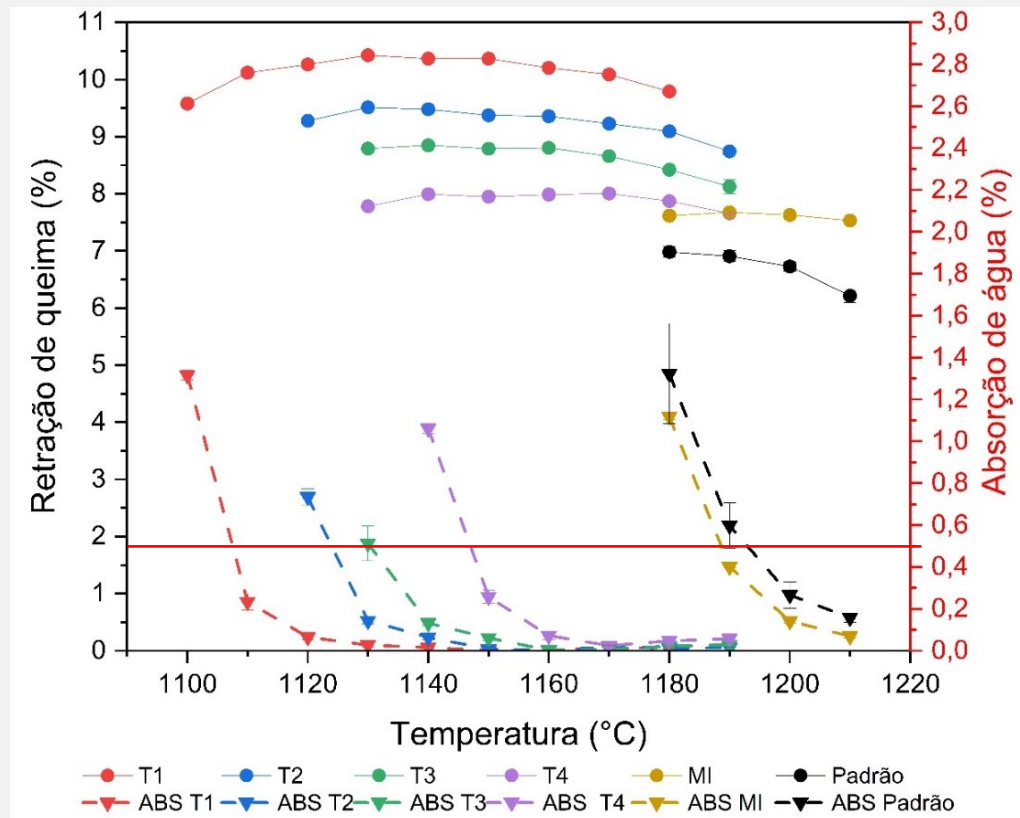


Figura 10. Diagrama de gresificação

- Aumento de reatividade: temperatura menor para atingir a absorção de água de 0,5%;
- Força motriz: redução da energia livre da superfície das partículas;
- Retração linear de queima: maior espaço vazio entre as partículas devido a menor D_{ap} .

RESULTADOS – MOAGEM DE ALTA ENERGIA

Índice de piroplasticidade

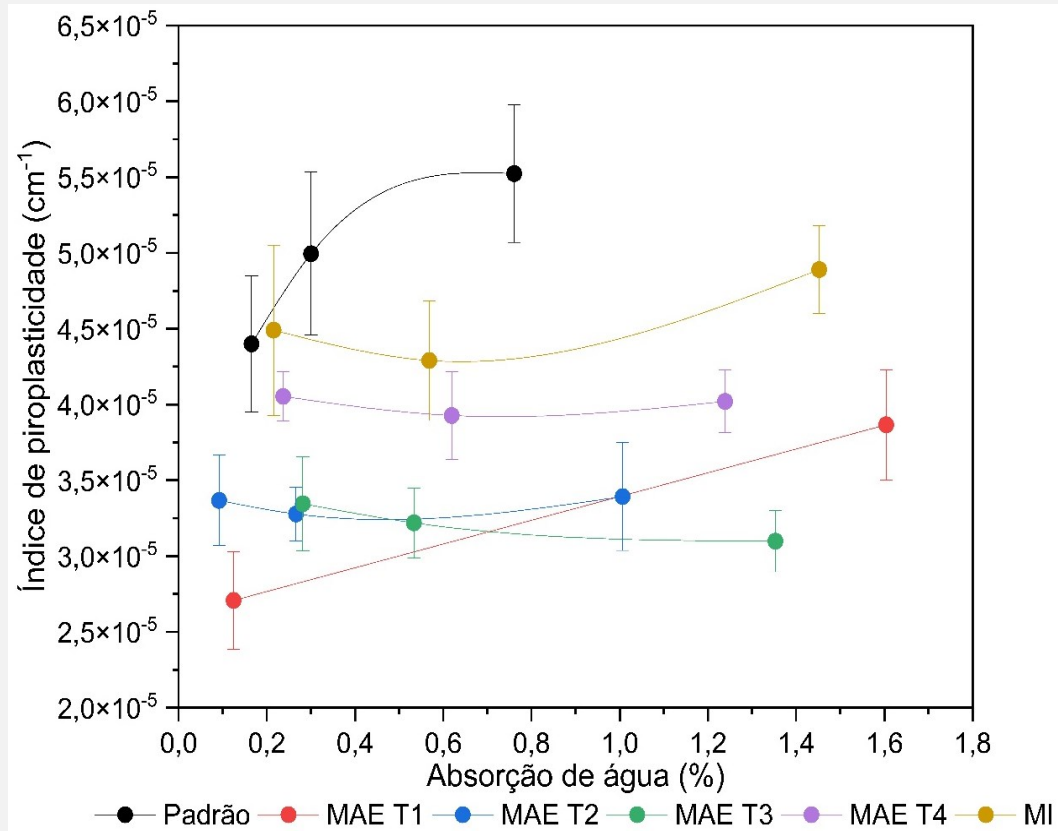


Figura 11. IP por flecha da curvatura

Tabela 5. Test t para o IP, comparando os valores obtidos para o padrão (MC) e de MAE

Teste	Moagem convencional		Moagem de alta energia		p ¹
	Média (cm ⁻¹)	Desvio (cm ⁻¹)	Média (cm ⁻¹)	Desvio (cm ⁻¹)	
T1	5,00E-05	7,84E-06	2,71E-05	2,80E-06	*p < 0,00028
T2	5,00E-05	7,84E-06	3,28E-05	1,53E-06	**p < 0,00135
T3	5,00E-05	7,84E-06	3,35E-05	3,10E-06	**p < 0,00237
T4	5,00E-05	7,84E-06	4,05E-05	1,64E-06	***p < 0,03032

- Diminuição do IP com a MAE;
- Diferença entre o IP para absorção de água $\leq 0,5\%$ (test t).

RESULTADOS – MOAGEM DE ALTA ENERGIA

Índice de piroplasticidade

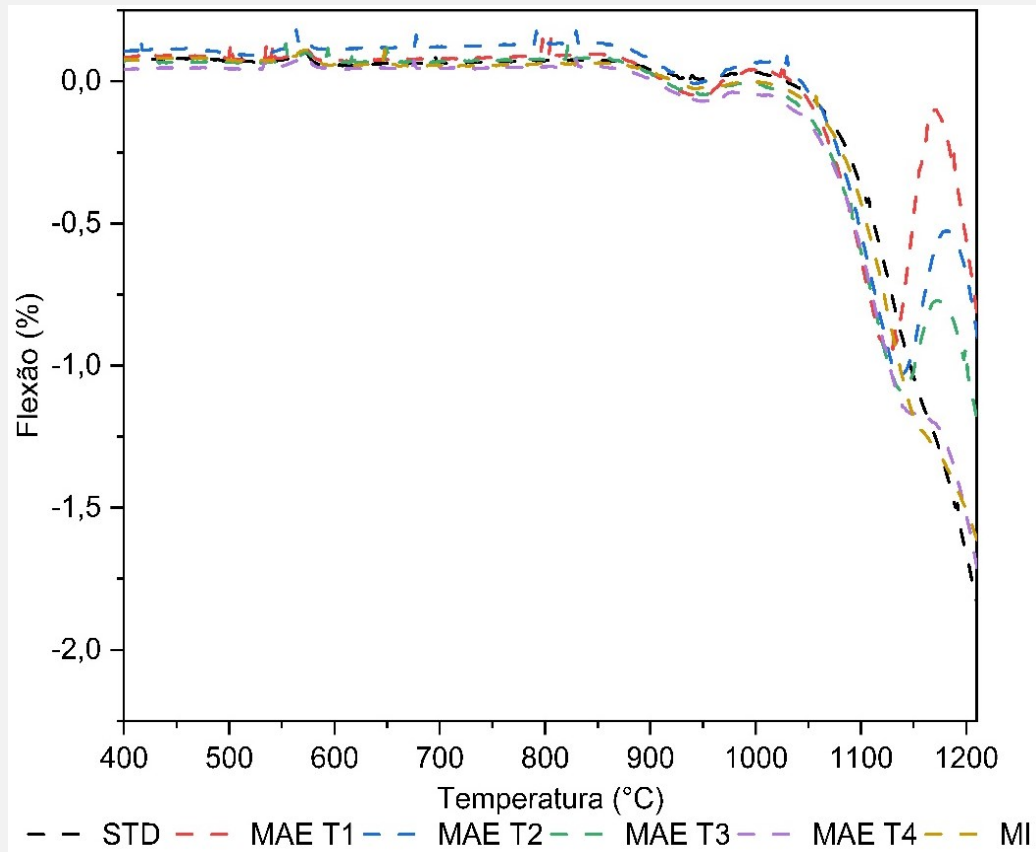


Figura 12. IP por fleximetria térmica

- Flexão negativa com o aumento da temperatura;
- Pico em ~950 °C: formação de mulita;
- Retorno ao estado original:
 - Diferença de tensões na superfície superior e inferior do corpo de (gradiente de sinterização);
 - Aumento de viscosidade por dissolução do quartzo;
 - Os dois métodos indicam redução do IP com MAE.

RESULTADOS – MISTURAS

Tamanho de partículas

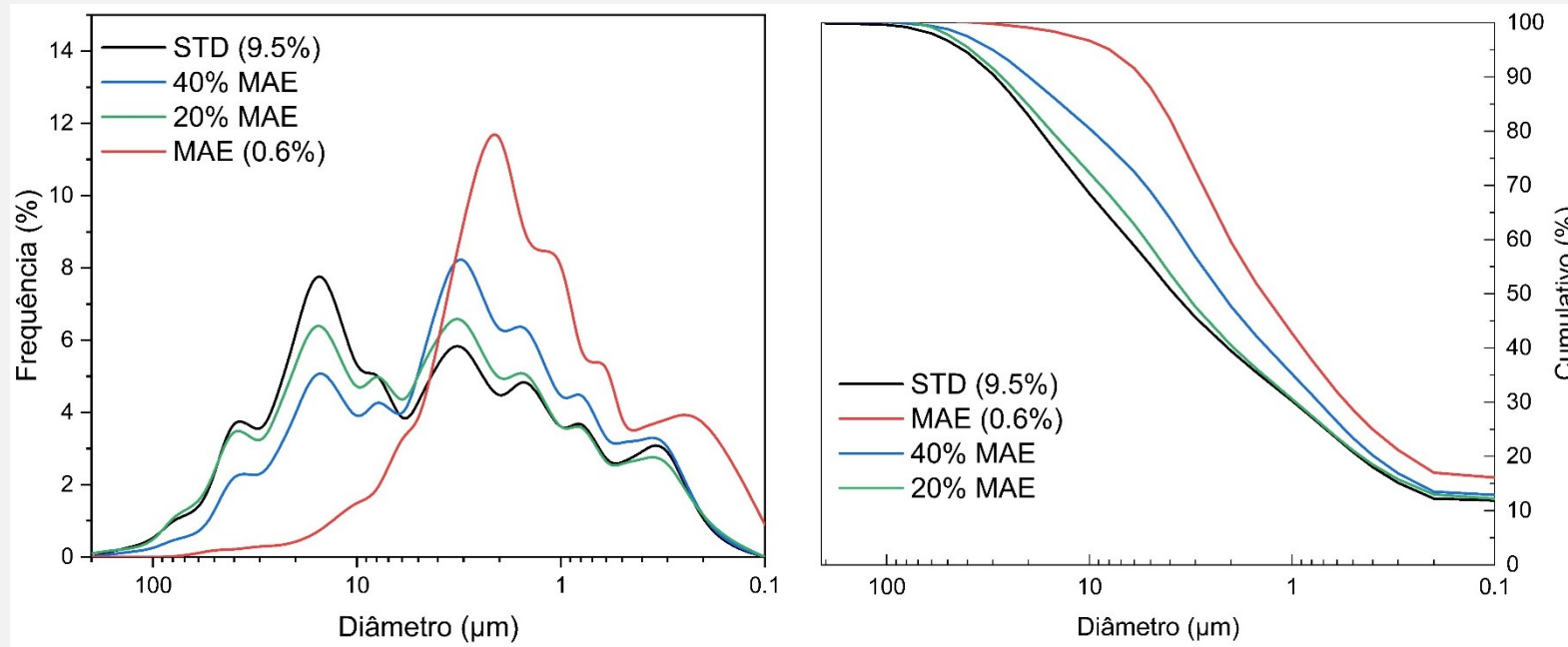


Figura 13. Distribuição de tamanho de partículas misturas

Teste	RM (%)	D _{médio} (µm)	D ₂₀ (µm)	D ₅₀ (µm)	D ₉₀ (µm)	Área Sup. (m ² /g)
Padrão	9,64%	11,46	0,50	3,86	28	14
MAE	0,64%	2,38	0,27	1,39	5,48	16
40%	6,13%	7,61	0,4	2,23	19,82	15
20%	8,19%	10,65	0,46	3,37	27,01	14

Tabela 6. Resíduo de moagem, área superficial e diâmetros - misturas

RESULTADOS – MISTURAS

Densidade aparente à seco

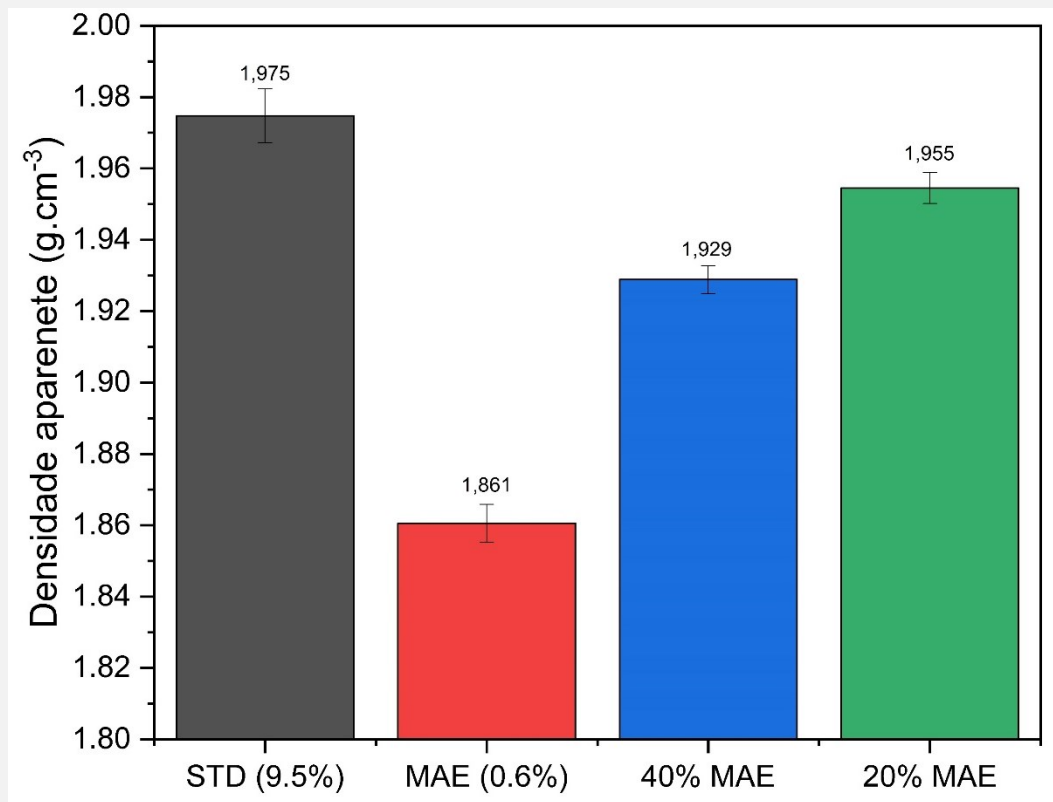


Figura 14. Densidade aparente à seco - misturas

Diagrama de gresificação

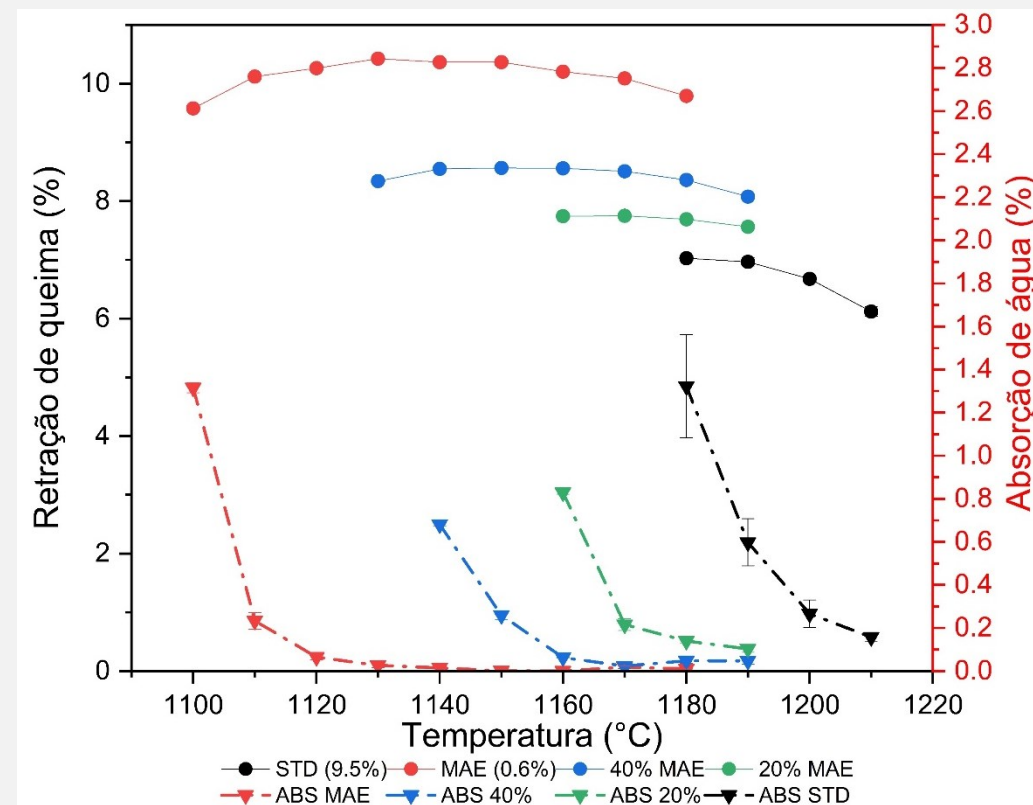


Figura 15. Diagrama de gresificação - misturas

RESULTADOS – MISTURAS

IP flecha curvatura

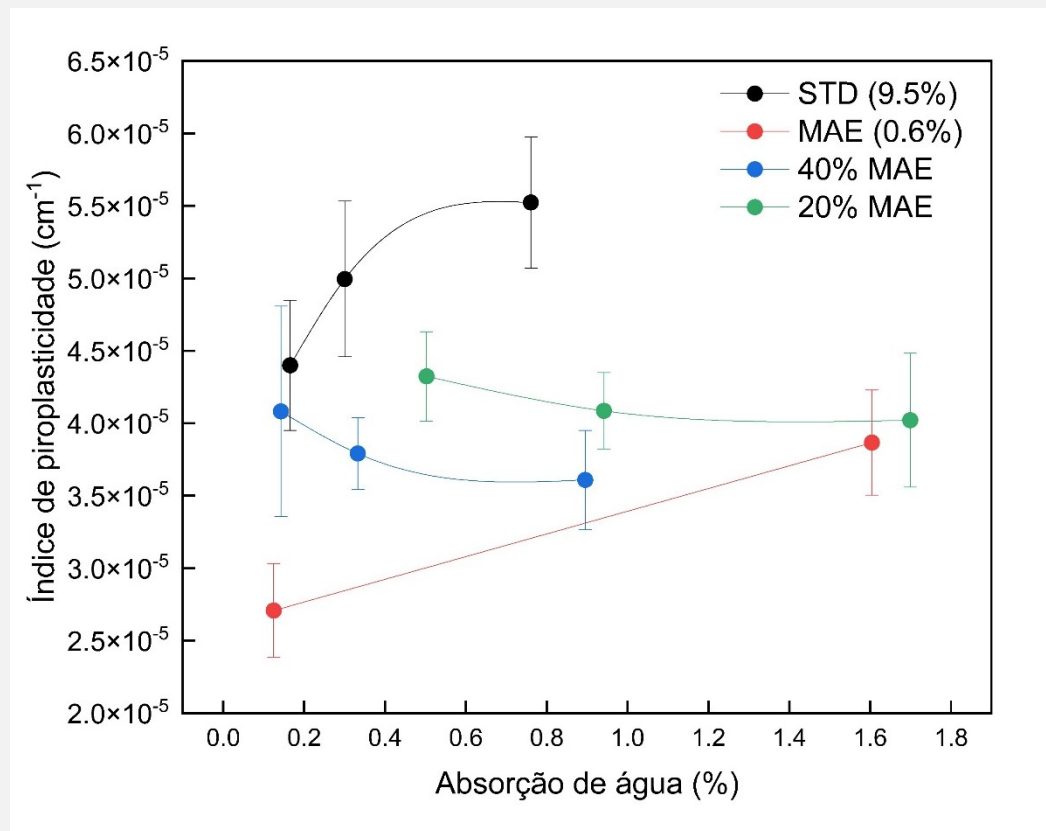


Figura 16. IP - misturas

IP fleximetria térmica

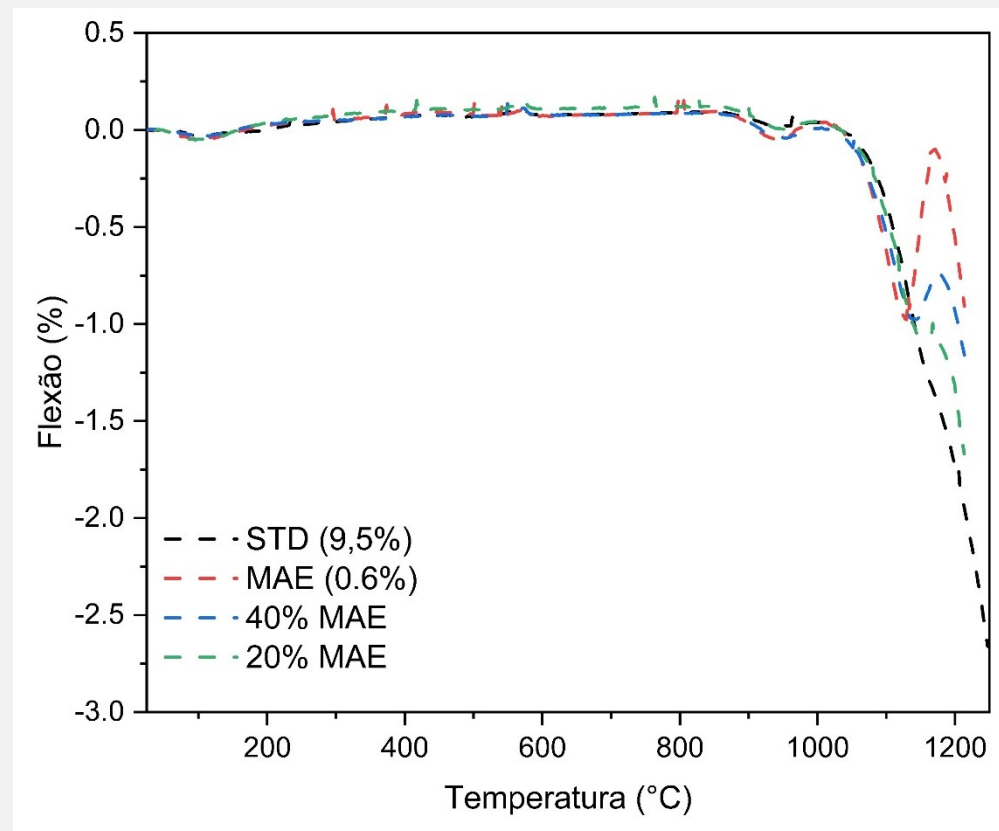


Figura 17. IP fleximetria- misturas

Conclusão

- Foi possível avaliar a influência da moagem de alta energia nas propriedades de compactação e queima de uma composição de massa de porcelanato;
- Moagem mais intensa: diminuição da densidade aparente à seco, aumento de reatividade e melhora no Índice de piroplasticidade;
- Maior formação de fase líquida e redução no índice de deformação piroplástica: modificação da viscosidade da fase líquida;
- Viscosidade da fase líquida influencia mais na deformação do que a quantidade de fase líquida formada durante a sinterização dos corpos cerâmicos;
- Ganho de densidade aparente contribui para um menor índice de piroplasticidade.

Moagem de alta energia aplicada a massa cerâmica de porcelanato

Hilária Mendes de Souza^{1,2}, Jorge Luiz Bombazaro^{1,2}, Sérgio Ruzza¹, Natália Morelli Possoli¹, Ângela Waterkemper¹

¹Mohawk Revestimentos Cocal do Sul, Cocal do Sul, Brasil

²Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma, SC, Brasil.

Elizabeth

eliane floor

eliane

 DECORTILES


MOHAWK