

Avaliação Comparativa de Massas Industriais Utilizadas na Fabricação de Revestimentos Cerâmicos por Via Seca

Ana V. Lot^a, Lisandra R. dos Santos^b, Suelen Nastri^a, Fabio G. Melchiadese^{b*}, Anselmo O. Boschi^a

^a Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PPGCEM, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Brasil

^b Centro de Revestimentos Cerâmicos – CRC, Parque Eco Tecnológico Damha I, São Carlos, SP, Brasil

*e-mail: tecnico@creram.com.br

Resumo

As vantagens econômicas e ambientais do método de fabricação de revestimentos cerâmicos por via seca em relação à via úmida, bem como o exemplo de sucesso da sua utilização no Polo de Santa Gertrudes, motivam outras empresas do Brasil e da América do Sul a utilizá-lo. Um dos fatores que contribuíram para o êxito da via seca no Polo de Santa Gertrudes é a argila peculiar dessa região. Dessa forma, um desafio para o uso da tecnologia em outras localidades é a formulação da massa com outras argilas, disponíveis nas proximidades de cada fábrica. Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo analisar massas de diferentes regiões do Brasil e América do Sul em comparação com uma massa típica da região de Santa Gertrudes. As massas foram coletadas no silo da prensa e caracterizadas quanto à sua composição química e ao resíduo. Foram confeccionados corpos de prova prensados com umidade e pressão similares aos valores praticados na indústria. Diversos aspectos relevantes para o desempenho das massas foram avaliados, para os corpos de prova crus e após queima até absorção de água de 8%. Diferenças consideráveis foram encontradas entre as massas avaliadas. Algumas dessas diferenças sugerem que empresas instaladas em outras regiões enfrentam dificuldades no processo ou problemas de qualidade do produto menos comuns para as empresas localizadas no Polo de Santa Gertrudes. Apesar disso, para alguns aspectos avaliados, as massas estudadas apresentaram desempenho comparável ou até superior à massa de Santa Gertrudes.

Palavras-chave: via seca, argilas, matérias-primas, formulação de massas.

1. Introdução

O Brasil é hoje o segundo maior consumidor e produtor de revestimentos cerâmicos do mundo. Uma das principais razões para essa posição de destaque é a fabricação pelo processo (ou rota) denominado via seca, utilizado em cerca de 74% da produção brasileira.

Segundo Piva e Pacheco (1), no Polo de Santa Gertrudes, a via seca se consolidou como um processo industrial para a fabricação de revestimentos cerâmicos no final da década de 90. Até então os chamados “lajotões”, pisos de 30 x 30 cm que pesavam aproximadamente 30 Kg por m², eram produzidos por um processo praticamente artesanal e queimados em fornos garrafão.

Desde então o espetacular crescimento do volume de revestimentos produzidos por esse processo - atualmente cerca de 74% dos revestimentos brasileiros são produzidos por via seca (2) - e o não menos espetacular ganho de qualidade desses produtos tem chamado a atenção dos fabricantes do mundo todo. Dentre as vantagens da via seca, em relação à tradicional via úmida, cabe destacar uma importante redução do consumo de energia térmica (~40%) (3) e menor impacto ambiental (emissão de CO₂ e consumo de água) (4). Além desses fatores, no que se refere às empresas que produzem revestimentos cerâmicos por via seca no Polo de Santa Gertrudes, cabe destacar os elevados índices de produtividade.

Em vista das vantagens competitivas da via seca e dos excelentes resultados das empresas que utilizavam esse

processo no Polo de Santa Gertrudes várias empresas que atuam nessa área passaram a utilizá-lo (Figura 1). De um modo geral esse desdobramento pode ser dividido em dois tipos: 1) tradicionais produtores situados na região de Santa Gertrudes que montaram novas plantas em outras regiões do país; e 2) fabricantes de outros países da América do Sul que passaram a produzir por via seca.

Considerável parte do sucesso da via seca em Santa Gertrudes é atribuído às particularidades da argila da região (formação Corumbataí) (5). Nesse sentido, um dos maiores desafios para que a via seca possa ser utilizada com o mesmo sucesso em outras regiões é a seleção das matérias-primas e a formulação da massa.

Em vista do exposto acima, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar massas industriais de empresas situadas no Polo de Santa Gertrudes, em outras regiões do Brasil e outros países da América do Sul, e analisar comparativamente os resultados obtidos.

2. Metodologia

2.1. Coleta das massas

Massas de várias indústrias que produzem revestimentos cerâmicos por via seca, localizadas no Brasil e em outros países da América Latina, foram coletadas no silo da prensa. Uma dessas massas é uma massa típica de



Figura 1. Mapa da América do Sul onde estão indicadas as principais regiões onde revestimentos cerâmicos são fabricados por via seca.

Santa Gertrudes e foi denominada STA GERTRUDES. Três massas de indústrias situadas na região nordeste do Brasil foram selecionadas e denominadas NE-1, NE-2 e NE-3. As massas de outros países da América Latina foram denominadas AL-1, AL-2 e AL-3.

2.2. Caracterização comparativa das massas

As massas foram inicialmente caracterizadas quanto à composição química quantitativa por fluorescência de raios X. Em seguida o material foi caracterizado quanto ao resíduo em peneira ASTM #230 (abertura de 63 μm) por peneiramento a úmido. As massas foram utilizadas para a conformação de corpos de prova em molde metálico de dimensões de 6 x 2 cm^2 . A pressão de compactação variou para cada massa conforme os valores praticados nas indústrias.

Os corpos de prova foram secos em estufa a 110°C por duas horas e avaliados quanto à densidade aparente, retração linear de secagem e módulo de ruptura por ensaio de flexão em três pontos.

A seguir, os corpos de prova foram queimados em fornos de queima rápida de laboratório, em ciclos de queima similares aos ciclos industriais utilizados em cada empresa, que variam entre 25 e 35 minutos aproximadamente. As queimas foram realizadas em diferentes temperaturas de patamar e foi determinada, para cada massa, a temperatura para a qual os corpos de prova atingiram absorção de água de 8%. Para esses corpos de prova, avaliou-se a tendência à formação de coração negro, o coeficiente de expansão térmica (de 25 a 325°C), o módulo de ruptura à flexão e a expansão por umidade após hidratação em auto-clave a 5 atm durante 2 horas.

3. Resultados e Discussão

3.1. Composição química

A Tabela 1 apresenta as composições químicas das massas estudadas. De maneira geral, as massas avaliadas são predominantemente íliticas, com cor de queima vermelha. Entretanto, algumas diferenças entre as massas de regiões distintas e a massa de referência, STA GERTRUDES, que merecem destaque, estão assinaladas.

O teor de SiO_2 da massa STA GERTRUDES é o mais elevado, ao passo que o teor de Al_2O_3 da mesma é o menor. Essa combinação sugere que a massa STA GERTRUDES tem um teor de quartzo mais elevado que as outras massas, que são, em geral, mais ricas em argilominerais. De modo geral, a relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ da composição das massas pode ser tomada como um indicativo da sua fusibilidade. Nesse sentido, a massa STA GERTRUDES - com a razão $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ mais elevada do conjunto - é mais fundente, enquanto as outras massas avaliadas são mais refratárias.

O teor considerável de Na_2O , atribuído à presença de feldspato sódico, na composição dessa massa é outro fator que contribui com sua fusibilidade. As massas AL-1 e AL-3 também apresentam teores significativos de Na_2O , enquanto a massa AL-2 e as massas do nordeste do Brasil diferem das outras com teores de sódio mais reduzidos.

A presença de teores relativamente elevados de CaO associados à presença de calcário nas massas NE-2, AL-2 e AL-3 indica que deve-se ter atenção especial para assegurar que essas massas sejam finas, para permitir ciclos relativamente rápidos sem o aparecimento de furos no esmalte. Devido a problemas desse tipo, não é usual

Tabela 1. Composição química das massas estudadas.

Elementos (%)	STA GERTRUDES	NE-1	NE-2	NE-3	AL-1	AL-2	AL-3
P.F.	3,5	5,0	5,7	6,3	3,7	6,3	4,6
SiO ₂	68,3	62,3	63,7	61,4	66,2	56,3	62,6
Al ₂ O ₃	14,1	16,7	15,3	17,2	16,3	20,4	16,0
Fe ₂ O ₃	5,1	7,2	5,4	8,5	5,2	7,7	5,6
TiO ₂	0,6	0,8	0,7	1,0	0,8	1,0	0,8
CaO	0,9	0,5	2,5	0,4	0,6	2,2	2,9
MgO	2,1	2,7	1,9	2,4	1,7	1,2	2,0
Na ₂ O	1,3	0,4	0,6	0,2	1,3	0,6	2,1
K ₂ O	3,4	4,1	3,3	3,3	4,3	3,9	2,9

encontrar teores expressivos de calcário nas massas de via seca da região de Santa Gertrudes. Por outro lado, se moído bem fino, em massas em que está presente em quantidades mais significativas, a presença de calcário pode, inclusive, contribuir para a formação de determinadas fases que ajudam a reduzir a expansão por umidade (EPU) do revestimento.

3.2. Resíduo

A Figura 2 apresenta os resultados obtidos na caracterização do resíduo das massas avaliadas. Com o objetivo de facilitar a interpretação dos resultados, no lado esquerdo do gráfico incluiu-se uma barra subdividida em regiões com as cores verde, amarelo e vermelho. Essas regiões representam o intervalo mais favorável, intermediário e menos favorável, respectivamente, para a característica avaliada em relação aos principais aspectos do produto que essa característica pode afetar. Essa forma de apresentação de resultados foi adotada para todas as próximas características avaliadas no estudo. Para cada uma delas, os intervalos das regiões mais/menos favoráveis foram estabelecidos com base na experiência dos autores e podem não ser válidos para todas as condições industriais.

É possível observar na Figura 2 que o resíduo, em peneiras com aberturas de 63 µm, das massas analisadas varia consideravelmente. De modo geral, o resíduo da massa afeta a textura da superfície da peça prensada, a resistência mecânica à verde e o comportamento na queima. No que se refere à resistência mecânica à verde, distribuições mais “largas” do tamanho das partículas favorecem a compactação da massa e, conseqüentemente, a resistência mecânica à verde dos compactos produzidos com ela. Em relação à textura da superfície do prensado, resíduos mais elevados resultam em superfícies mais rugosas. Conseqüentemente, como mostraram trabalhos anteriores (6), a rugosidade da superfície do prensado influencia consideravelmente a textura da superfície do esmalte.

Ainda em relação à qualidade da superfície dos produtos acabados, sabe-se que muitos defeitos superficiais estão associados a massas com granulometrias mais grosseiras, com resíduos mais elevados. Considerando que grande parte das partículas na massa é de argilominerais, ou

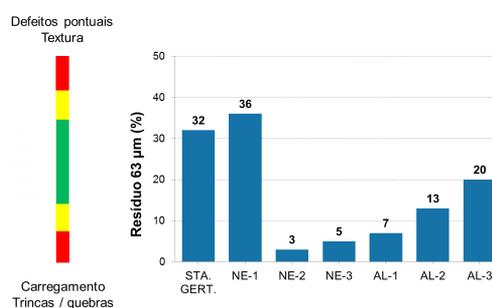


Figura 2. Resíduo das massas estudadas, em peneira com aberturas de 63 µm, após moagem a seco.

seja, muito pequenas (~1µm), as partículas retidas na peneira com essa abertura são de minerais não plásticos e possíveis contaminantes. Dentre os minerais não plásticos presentes nas massas, com base na composição química, está o carbonato de cálcio (calcita). Devido à elevada temperatura de decomposição desse mineral (~850°C), as partículas grosseiras podem gerar furos no esmalte. Outros defeitos pontuais como os pontos pretos e até pequenas trincas na superfície do produto acabado podem ocorrer decorrentes da presença de contaminantes com tamanhos de partículas maiores (micas, grãos de quartzo, minerais de ferro, etc.). Com exceção da massa NE-1, todas as outras massas estudadas são mais finas que a massa STA GERTRUDES. Essas massas são compostas por argilas menos compactadas na jazida, mais moles e fáceis de serem moídas, apresentando resíduos consideravelmente mais baixos. Como consequência, revestimentos produzidos com essas massas apresentam superfícies mais lisas e livres de defeitos pontuais.

Por outro lado, de modo geral, quanto mais fina a massa, menor sua fluidez, pois a obtenção de granulometrias muito finas após a moagem dificulta a aglomeração durante a granulação. Conseqüentemente, menor a uniformidade na distribuição de material no interior do estampo da prensa. Essa falta de uniformidade dá origem a variações de densidade aparente de uma região para outra da mesma peça e pode comprometer sua resistência mecânica além

de outras características como, por exemplo, a precisão dimensional das peças queimada. Os equipamentos mais modernos para moagem a seco visam à obtenção de massas com granulometrias cada vez mais finas, próximas das granulometrias obtidas na moagem a úmido. Entretanto, deve-se considerar que, se não houver uma etapa seguinte de granulação bastante satisfatória, os problemas com a baixa fluidez da massa serão cada vez mais agravados quanto menor a granulometria do material obtido. Por essa razão, o uso de massas menos finas como a STA GERTRUDES pode ser estratégico para empresas que utilizam a via seca e objetivam minimizar efeitos negativos da ausência da etapa de granulação no seu processo de fabricação.

3.3. Umidade para prensagem

A umidade de prensagem está associada à plasticidade que as massas podem desenvolver na presença de água. Argilas mais plásticas são as que podem desenvolver plasticidade mais elevada quando umedecidas. Entretanto, para isso, maior quantidade de água é requerida. A Figura 3 apresenta a variação de umidade de prensagem das massas estudadas, considerando que cada empresa ajusta a umidade para prensagem de acordo com as características da sua matéria prima.

Dentre as massas do conjunto, a STA GERTRUDES destaca-se com a maior umidade requerida para a prensagem, o que é um indicativo da sua maior plasticidade. Com essa massa podem ser obtidos corpos prensados mais compactados e com resistência mecânica a verde mais elevada. Por outro lado, a maior umidade de prensagem aumenta o consumo de gás natural na secagem, etapa seguinte do processo.

Todas as outras massas estudadas são prensadas com umidade inferior. Pensar essas massas com um teor de umidade mais elevado só contribuirá com sua plasticidade se houver margem para isso. Se o teor de umidade adicionado já é suficiente para recobrir as partículas de argila, adicionar teores mais elevados de água gera um excedente de água e a massa começa a apresentar problemas de aderência aos estampos da prensa.

3.4. Densidade aparente

A Figura 4 mostra os valores de densidade aparente dos corpos prensados com as massas estudadas.

Para todas as massas, a densidade aparente dos corpos prensados é muito superior à densidade das peças obtidas com a massa STA GERTRUDES. Isso pode contribuir para que essas massas apresentem menor retração de queima, com maior produtividade e menor incidência de problemas dimensionais. Apesar disso, a alta compactação da massa pode comprometer a permeabilidade do compacto ocasionado defeitos relacionados à dificuldade de desgaseificação, como furos no esmalte e o coração negro. Essa questão tende a ser menos problemática para a massa STA GERTRUDES que, além de menos compactada, é mais grosseira. Isso significa que, além do maior volume de poros, provavelmente o tamanho desses

poros é maior, o que favorece muito a permeabilidade do compacto.

Outro fator bastante influenciado pela densidade aparente a verde do compacto é sua resistência mecânica. Se somente essa característica fosse levada em conta, as peças prensadas com a massa STA GERTRUDES, com a menor densidade aparente do conjunto, apresentariam o pior desempenho mecânico. Apesar disso, analisando-se a plasticidade da massa, como discutido anteriormente, a resistência mecânica a verde dessa amostra deveria ser superior às outras. Ambos os fatores são relevantes e seus efeitos serão confrontados com os resultados de módulo de ruptura à flexão apresentados logo a seguir, na Figura 5.

3.5. Módulo de ruptura à flexão após secagem

Após a prensagem dos corpos cerâmicos, o módulo de ruptura dos mesmos deve ser o suficientemente elevado para que se evitem o aparecimento de trincas e a ruptura dos

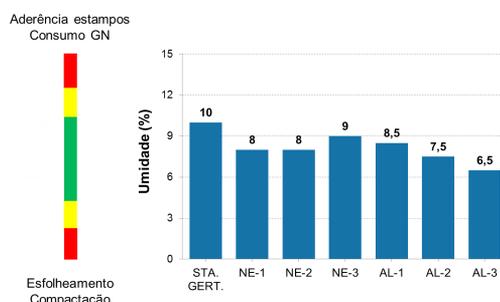


Figura 3. Umidade de prensagem das massas estudadas.

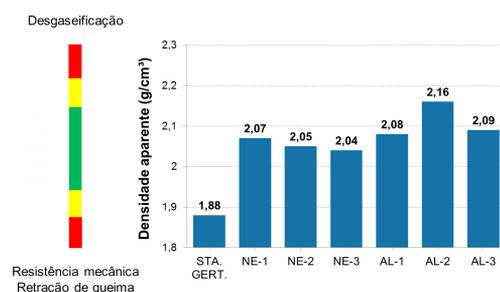


Figura 4. Densidade aparente à verde, após prensagem em condições próximas das condições industriais.

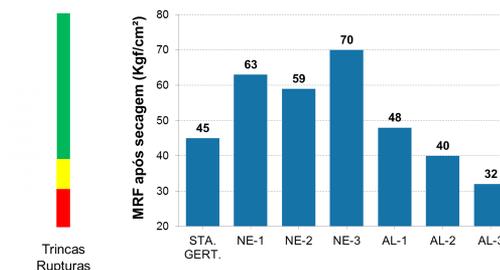


Figura 5. Módulo de ruptura à flexão após secagem de corpos de provas preparados com as massas estudadas.

produtos. Os corpos de prova preparados com as massas do Nordeste do Brasil e com a massa AL-1 apresentam resistência mecânica após secagem superior aos preparados com a massa STA GERTRUDES. Provavelmente isso se deve a dois fatores combinados: 1) As massas do nordeste apresentam boa plasticidade e 2) a densidade aparente a verde dos compactos obtidos com essas massas é bastante elevada. A Figura 6 correlaciona a resistência mecânica dos corpos de prova com sua densidade aparente.

Percebe-se que o módulo de ruptura após secagem não apresentou dependência linear com relação à densidade aparente. Isso reforça que a resistência mecânica das peças não é função somente desse fator, mas um resultado da combinação desse fator com a plasticidade. A massa STA GERTRUDES poderia ter apresentado a resistência mecânica mais baixa do conjunto se somente a densidade aparente do compacto fosse relevante. Entretanto, seu desempenho mecânico supera o de outras amostras (AL-2 e AL-3) graças à sua elevada plasticidade.

3.6. Retração linear de secagem

A Figura 7 apresenta os resultados de retração linear de secagem dos corpos prensados com as massas estudadas.

Pode-se observar que, de modo geral, as retrações de secagem são similares para todas as massas. Empresas que trabalham com massas com retração mais elevadas como a NE-3, provavelmente se incomodam mais com problemas de trincas geradas devido ao movimento excessivo da peça em etapas do processo em que há saída de umidade (secagem e pré-aquecimento).

3.7. Temperatura máxima de queima para atingir absorção de água de 8%

A Figura 8 ilustra a temperatura de queima necessária para que a absorção de água das amostras prensadas com as massas avaliadas chegue a aproximadamente 8%.

A massa STA GERTRUDES, com elevada relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e teor significativo de álcalis na composição, é a mais fundente e atinge absorção de água de 8% na menor temperatura dentre as massas avaliadas. Como vantagens, destaca-se o menor consumo de gás natural na queima e a menor incidência de problemas de deformação nas peças queimadas.

Para as outras massas, menos fundentes, mesmo com maior densidade aparente inicial do compacto, foi mais difícil atingir essa mesma absorção de água. Dentre as vantagens de se trabalhar com temperaturas máximas de queima mais elevadas, destaca-se a possibilidade de utilização de esmaltes com menores quantidades de fritas, que são mais baratos. Além disso, a expansão por umidade das peças queimadas em temperaturas maiores tende a ser reduzida, evitando-se problemas de deslocamento dos produtos assentados.

3.8. Retração linear de queima

Na Figura 9 estão ilustrados os resultados de retração linear de queima dos corpos preparados com cada massa estudada, considerando-se que todos foram queimados até atingirem absorção de água de cerca de 8%.

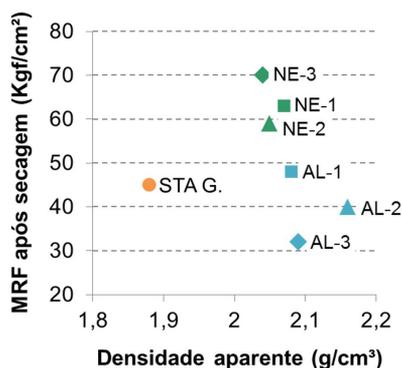


Figura 6. Módulo de ruptura à flexão após secagem em função da densidade aparente para os corpos de provas preparados com as massas estudadas.

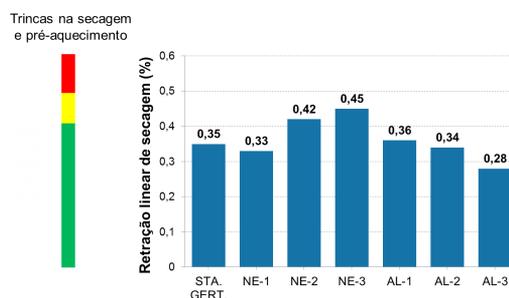


Figura 7. Retração linear de secagem dos corpos de prova produzidos com as massas estudadas.

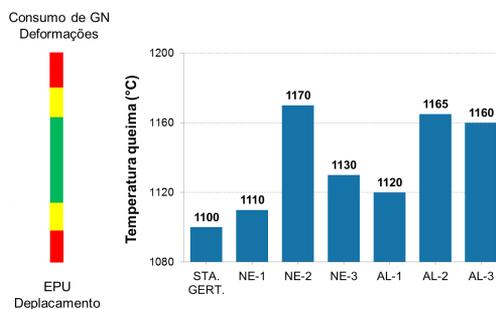


Figura 8. Temperatura de queima necessária para que os corpos de provas preparados com as massas estudadas atingissem absorção de água de aproximadamente 8%.

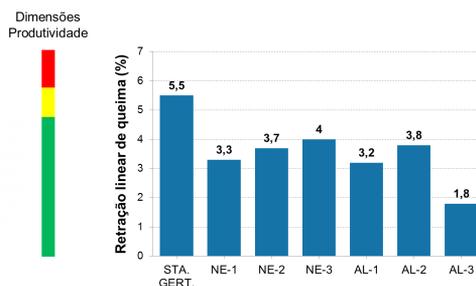


Figura 9. Retração linear de queima dos corpos de provas, preparados com as massas estudadas, com absorção de água de aproximadamente 8%.

A massa STA GERTRUDES destaca-se com retração linear de queima bem superior às outras massas, o que está relacionado com sua menor densidade aparente a verde. As amostras preparadas com outras massas, por serem mais compactadas, retraíram menos na queima, com destaque para AL-3 com retração de apenas 1,8%, valor próximo aos obtidos para monoporosas.

A menor retração das massas estudadas em comparação à massa STA GERTRUDES contribui com ganhos de produtividade para as empresas e com a redução de problemas dimensionais como variação de tamanho, trapézio, luneta, entre outros. Vale ressaltar que, apesar da absorção de água fixada em 8% para as amostras queimadas para este estudo, na prática, em algumas empresas do Nordeste do Brasil, a absorção de água final dos produtos é superior a 8%. Nesse caso, a retração de queima é, portanto, ainda menor do que os valores obtidos em laboratório.

3.9. Módulo de ruptura à flexão após a queima

A Figura 10 apresenta os módulos de ruptura à flexão das amostras queimadas até atingirem absorção de água de cerca de 8%.

Essa figura aponta diferenças expressivas no módulo de ruptura à flexão dos corpos de prova queimados. A massa STA GERTRUDES apresenta elevado módulo de ruptura, sendo superada apenas pela massa NE-1. Para as outras massas, muito provavelmente pelo fato de os compactos entrarem no forno já com maior densidade, menos fase vítrea foi formada até a temperatura em que atingiram absorção de água de 8%. Consequentemente, as amostras apresentaram módulo de ruptura inferior.

O módulo de ruptura à flexão dos revestimentos cerâmicos deve ser elevado o suficiente para que os produtos cumpram com os requisitos da norma NBR 13.818 para a classe BIIB. Módulos de ruptura extremamente elevados não são necessários, mas revelam que há uma margem considerável para redução da espessura dos produtos, o que é fundamental no caso de empresas que objetivam produzir revestimentos mais finos.

3.10. Coração negro

A presença de coração negro nos corpos de prova foi avaliada visualmente e, para cada amostra, uma nota foi atribuída correspondente ao nível com que o defeito se desenvolveu: 1 para um nível intermediário e 2 para defeitos mais severos. A Figura 11 apresenta esses resultados.

A massa do Polo de Santa Gertrudes, com menor densidade aparente e granulometria mais grosseira (resíduo mais elevado) é, provavelmente, uma das massas com maior permeabilidade, com maior volume e tamanho de poros. Como consequência, essa massa não apresenta grande tendência à formação de coração negro. De modo geral, pode-se concluir que o coração negro apareceu de forma mais intensa em corpos de prova que apresentaram maior densidade aparente antes da queima, que provavelmente têm menor permeabilidade. Esse tipo de massa exige que se trabalhe com ciclos de queima mais longos na etapa de aquecimento para evitar, não

só o coração negro, como outros defeitos relacionados à dificuldade de desgaseificação.

3.11. Coeficiente de expansão térmica

A Figura 12 apresenta a comparação entre as massas estudadas em relação ao coeficiente de expansão térmica das peças queimadas.

As massas do Nordeste do Brasil e América Latina apresentam teor de alumina superior ao da massa STA GERTRUDES, o que permite pressupor que essas massas são mais caulínicas. Considerando que a caulinita contribui para a redução da dilatação térmica da massa, explica-se por que a maioria dessas massas apresenta coeficiente de expansão inferior à STA GERTRUDES.

Os teores expressivos de álcalis nas composições das massas NE-1, AL-1 e da própria STA GERTRUDES podem

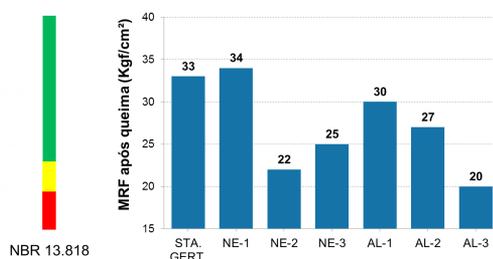


Figura 10. Módulo de ruptura à flexão após a queima (até absorção de água de aproximadamente 8%).

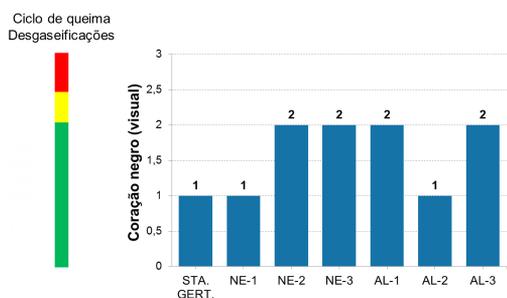


Figura 11. Coração negro das peças queimadas até absorção de água de aproximadamente 8%.

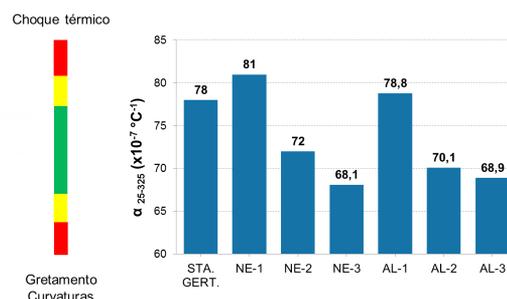


Figura 12. Coeficiente de expansão térmica após a queima (peças com absorção de água de aproximadamente 8%).

ter contribuído para os coeficientes de expansão elevados dessas amostras. A presença de sódio e potássio favorece a formação de fases vítreas alcalinas que contribuem para o aumento do coeficiente de expansão térmica da peça queimada. Nesse tipo de massa, com coeficientes mais elevados, podem ocorrer problemas como o aparecimento de trincas devido ao choque térmico. Por outro lado, em peças com coeficientes de expansão muito baixos, a curvatura final da peça pode ser côncava quando o ideal seria que fosse ligeiramente convexa. O acordo massa-esmalte pode ser dificultado e, como consequência, pode ocorrer o gretamento.

3.12. Expansão por umidade

A Figura 13 mostra a expansão por umidade das amostras.

Há pouca variação entre a maioria das massas e a massa STA GERTRUDES, porém algumas massas como NE-2 e AL-3 se destacam com expansão por umidade bem inferior. O principal fator responsável por esse comportamento é a presença de calcário na composição dessas massas. A Figura 14 ilustra a dependência da expansão por umidade em relação ao teor de CaO presente nas composições.

O CaO proveniente da decomposição do carbonato de cálcio reage com fases como a metacaulinita - que é amorfa - formando fases cristalinas, o que contribui

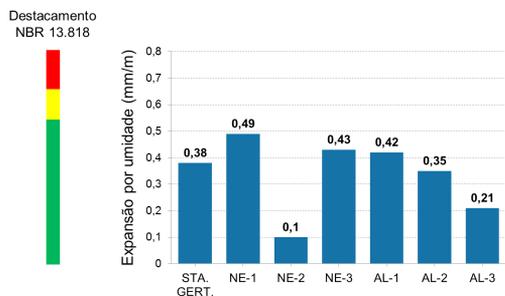


Figura 13. Expansão por umidade dos corpos de prova queimados, com absorção de água de aproximadamente 8%.

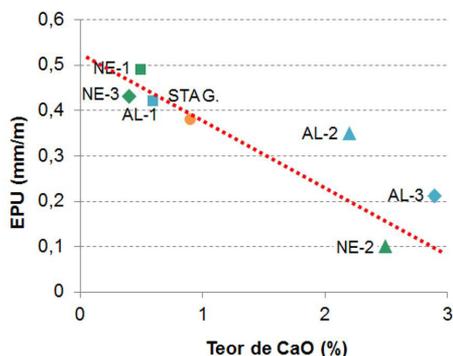


Figura 14. Expansão por umidade em função do teor de CaO na composição das massas estudadas.

significativamente para reduzir a expansão por umidade do produto final. A presença significativa de calcário em massas industriais foi evitada por muito tempo devido aos problemas com defeitos associados à decomposição do carbonato. Apesar disso, indústrias de via seca têm reconsiderado trabalhar com massas com teores moderados de calcário para reduzir a expansão por umidade e, conseqüentemente, problemas de destacamento, bastante recorrentes nos dias de hoje.

4. Conclusão

As massas utilizadas para a fabricação de revestimentos por via seca são peculiares de cada região do Brasil e da América Latina. Em relação à massa do Polo de Santa Gertrudes, as outras massas estudadas diferem quimicamente e, especialmente, no que se refere ao seu comportamento tecnológico.

De modo geral, estas são mais finas, apresentando mais problemas na etapa de carregamento dos estampos, e as peças prensadas apresentam maior densidade aparente, o que afeta sua permeabilidade, dificultando a desgaseificação. A maior densidade aparente, aliada ao comportamento mais refratário dessas massas, promoveu menor grau de vitrificação das amostras na queima, considerando-se que foi fixada a absorção de água de 8%.

Esses resultados evidenciam que a seleção de massas pra fábricas de via seca em regiões fora do Polo de Santa Gertrudes deve priorizar o comportamento tecnológico das massas, com ênfase nas deficiências listadas.

Apesar dessas dificuldades, o desempenho das massas estudadas foi satisfatório e, em alguns dos aspectos avaliados, se sobressaiu em relação ao desempenho da massa do Polo de Santa Gertrudes.

A maior densidade propicia menor retração de queima, que contribui para maior produtividade e para a redução de problemas dimensionais. Por serem mais finas, essas massas favorecem a produção de uma superfície mais lisa e livre de defeitos nos produtos. A menor expansão por umidade de algumas massas devido à presença de calcário em proporções moderadas também merece destaque.

Com vantagens e desvantagens diferentes, não é razoável afirmar que algumas massas sejam melhores que as outras. É mais sensato considerar que cada uma pode ser mais ou menos favorável para cada empresa – levando em conta seus objetivos, localização e outras peculiaridades - e que o processo todo deve ser compatibilizado com as características da massa selecionada.

Referências

- (1) Piva, M. A., Pacheco, A. C. B - O que as Indústrias de Revestimento Cerâmico da Região de Santa Gertrudes Esperam das Instituições de Ensino, Pesquisa e Desenvolvimento – v.2 (5/6), p 7-10, 1997

- (2) ANFACER - Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres
- (3) Monfort, E., Mezquita, A., Vaquer, E., Alves, H. J., Melchiades, F. G., Boschi, A. O. - Brasil x Espanha: Consumo de Energia Térmica e Emissões de CO2 Envolvidos na Fabricação de Revestimentos Cerâmicos - v.16 (4), p.13-20, 2011
- (4) Mezquita A., Monfort, E., Ferrer S., Gabaldón-Estevan, D. - How to reduce energy and water consumption in the preparation of raw materials for ceramic tile manufacturing: Dry versus wet route - Journal of Cleaner Production, p. 1-5, 2017
- (5) Motta, J. F. M., Christofolletti, S. R., Garcez, L. L., Florêncio, R. V. S., Boschi, A. O., Moreno, M. M. T., Cuchierato, G., Zanardo, A. - Características do Pólo de Revestimentos Cerâmicos de Santa Gertrudes - SP, com Ênfase na Produção de Argilas - v.9 (1) p. 1-6, 2004
- (6) Parra, B. S., Gennari, R. C., Melchiades, F. G., Boschi, A. O. - Rugosidade Superficial de Revestimentos Cerâmicos – Cerâmica Industrial, v.11 (2) p.15-18, 2006