

INCORPORAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DO SETOR DE ESMALTAÇÃO DE UMA CERÂMICA VIA SECA EM ENGOBES

Pedro Henrique Rabelo Perdoná (UniSATC) E-mail: ph.perdona@gmail.com

Aline Resmini Melo (UniSATC) E-mail: aline.melo@satc.edu.br

Débora De Pellegrin Campos (UniSATC) E-mail: debora.campos@satc.edu.br

Carolina Resmini Melo Marques (UniSATC) E-mail: carolina.melo@satc.edu.br

Resumo: Diante dos problemas de reaproveitamento dos resíduos fabris gerados na linha de esmaltação de uma cerâmica via seca, estudou-se uma aplicação onde aumentaria o valor agregado do resíduo sólido do tratamento de efluentes deste setor. Desta forma, foi realizada a caracterização com análises de Fluorescência de Raios-X (FRX) e dilatométrica deste resíduo durante três meses do ano, a fim de criar um pequeno histórico e avaliar sua constância. A partir disto, foram realizadas aplicações em biscoitos cerâmicos em linha teste pelo método véu-campana com porcentagens de 2%, 5% e 10% do resíduo sólido diluído e as placas cerâmicas foram queimadas em forno industrial. Para a validação do estudo foram realizados os ensaios de tonalidade, empeno, contaminação em microscópio digital e gretamento das placas queimadas. Os resultados mostram que é possível a utilização da torta de lodo, sendo o resíduo do mês de abril o que apontou os melhores resultados.

Palavras-chave: Resíduo, engobe, cerâmica.

INCORPORATION OF SOLID WASTE FROM THE TREATMENT OF EFFLUENTS FROM THE ENAMELING SECTOR OF A DRY-WAY POTTERY IN ENGOBES

Abstract: Given the problems of reusing industrial waste generated in the glazing line of a dry ceramic plant, an application was studied that would increase the added value of the solid waste from the effluent treatment of this sector. Thus, the characterization with X-ray Fluorescence (XRF) and dilatometry analyses of this waste was carried out for three months of the year, in order to create a small history and evaluate its constancy. From this, applications were carried out on ceramic biscuits in a test line using the veil-bell method with percentages of 2%, 5% and 10% of the diluted solid waste and the ceramic plates were fired in an industrial kiln. To validate the study, tests of hue, warpage, contamination under a digital microscope and cracking of the fired plates were carried out. The results show that it is possible to use the sludge cake, with the residue from April showing the best results.

Keywords: Waste, engobe, ceramic.

1. Introdução

A acelerada urbanização associada ao desenvolvimento econômico-industrial é responsável pela geração de grande quantidade e variedade de resíduos, este fenômeno resulta em imensos depósitos e aterros que degradam o meio ambiente a médio e longo prazo (Medeiros, 2018). Segundo Pereira, Calgaro e Pereira (2016), esta preocupação tomou uma dimensão mundial, e está chamando a atenção da comunidade internacional a tal ponto que vários países têm trabalhado no estudo de soluções para a diminuição da geração ou reutilização destes resíduos industriais, urbanos ou agrícolas.

Toda a produção e transformação de matéria-prima em produto, independente da escala de produção, resulta em resíduos que frequentemente não têm o descarte adequado. O

crescente aumento da concorrência e preocupações com a melhoria da qualidade do meio ambiente, obriga o setor industrial a buscar alternativas de diminuir os custos, visando a redução dos impactos ambientais e o aumento da credibilidade no mercado.

Na indústria cerâmica a matéria-prima passa por vários processos até que se obtenha o produto, uma destas etapas é o setor de esmaltação do biscoito cerâmico, é neste processo que a maioria dos resíduos são gerados, estima-se que uma planta de produção de 300.000 m²/mês gere cerca de 75 m³ de efluente durante o processo de esmaltação, que após o tratamento na ETE resulta em 30 ton/mês de resíduo sólido (Nandi et al., 2012).

Tendo em vista essa necessidade da diminuição dos impactos ambientais, grande parte do setor industrial está investindo em estações de tratamento de efluentes (ETE's) de onde resulta o lodo que posteriormente é prensado em um filtro-prensa, é compactado em blocos que são chamados de torta de lodo (Fernandes, Hotza, 2003).

Este lodo cerâmico é constituído principalmente de sílica, alumina e alguns metais pesados, desta forma sendo classificado como perigoso segundo a Norma ABNT-NBR 10.004. Devido ao volume produzido e as suas características tóxicas, o envio à aterros acaba se tornando oneroso para as empresas. Considerando estes fatores ambientais e econômicos, a reciclagem deste subproduto pode desempenhar um papel importante na economia de matéria-prima bruta e um diferencial ecológico no mercado.

Na prática, a valorização do resíduo é concretizada com a transferência da

tecnologia de reciclagem para o setor industrial e, conseqüentemente, com a produção de um novo material ou produto em uma escala comercial. A interatividade e colaboração dos diversos setores envolvidos no processo, como os geradores do resíduo, potenciais consumidores, órgãos responsáveis pela gestão do ambiente e das instituições de pesquisa envolvidas, são fundamentais para se alcançarem os objetivos em qualquer projeto de valorização de resíduos (Pereira, 2006).

Neste sentido as empresas vêm buscando diversas alternativas no uso deste lodo cerâmico no processo produtivo, como na fabricação de produtos de cerâmica vermelha (tijolos e telhas), na produção de esmaltes de baixas densidades para efeitos decorativos e na incorporação das massas cerâmicas via seca (argila). Pensando na sua composição química e mineralógica, uma alternativa promissora é a incorporação na moagem de engobes para a utilização na linha de produção.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi caracterizar o lodo cerâmico com a finalidade de incorporá-lo em engobes com concentrações de 2%, 5% e 10% realizando testes de aplicação em véu campana e validar as formulações no produto final por meio de ensaios de produto acabado. Desta forma valorizou-se ainda mais seu reaproveitamento, já que este tem o valor comercial maior comparado com a argila, proporcionando maior economia para as empresas cerâmicas.

2. Revisão Bibliográfica

A indústria de revestimentos cerâmicos constantemente vem evoluindo, tanto no processo produtivo, com investimentos em novos equipamentos e melhorias, quanto no controle de matérias-primas com tecnologias que estudam a composição e estruturas para utilização nas formulações antes de entrar em linha de produção (Rodrigues Junior, 2017).

Segundo Rodrigues Junior (2017, p. 10):

Para assegurar as características físico-químicas do produto final é necessário ter um controle de processo muito eficiente através de formulações de produção e simultaneamente um monitoramento constante nos padrões de produção visando atender as especificações técnicas particulares de cada produto.

Durante todo o processo produtivo cerâmico são gerados resíduos. O fluxograma da Figura 1 mostra simplificada as etapas da produção de placas cerâmicas via seca.

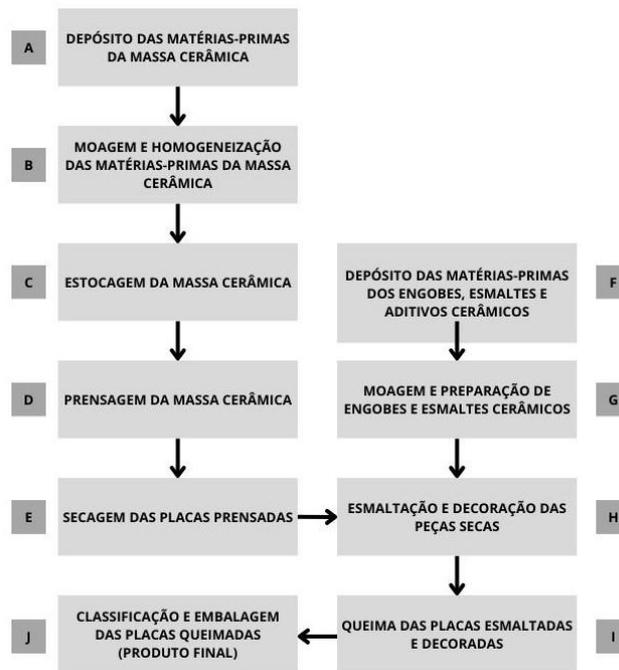


Figura 1 - Processo produtivo cerâmico

Fonte: Adaptado de Nandi et al. (2012)

2.1 Esmaltação

A etapa de esmaltação acontece após a secagem da peça cerâmica, o engobe e o esmalte são aplicados através do que se chama de véu campana, que proporciona uma melhor qualidade superficial do vidrado na peça, concedendo uma textura lisa. Quanto maior as camadas de engobe e esmalte, melhor a textura final do revestimento após a queima, porém desta forma aumenta também o custo de produção (Rodrigues Junior, 2017).

Durante esta etapa é de suma importância que não haja variação do peso da camada sobre a peça, pois esta oscilação pode ocasionar variações tonais e de textura no produto acabado.

Para o controle da camada utiliza-se uma bandeja de metal, com área conhecida e tarada em balança, coloca-se ela na linha de produção para passar por baixo do véu campana, em seguida ela é pesada, obtendo o valor da camada do véu. Para evitar oscilações deve-se trabalhar com o engobe e esmalte com velocidade de escoamento alto.

2.1.1 Engobe

Entre o biscoito cerâmico e o esmalte existe uma cobertura argilosa com acabamento fosco, podendo ser permeável (refratário) ou impermeável (fundente), branco ou colorido, esta cobertura é o engobe. Ele tem como principais funções ocultar a cor e eliminar imperfeições da massa cerâmica (Bernardini et al. 2020).

A sua produção é semelhante à do esmalte, entretanto é uma suspensão mais diluída, constituída de um percentual menor de fritas adicionada a feldspatos, quartzo, silicato de zircônio e argilas brancas (plásticas e refratárias).

Segundo Nandi et al. (2012), as funções específicas dos constituintes podem ser descritas da seguinte forma:

- Fritas: Contribuem para a formação da matriz vítrea;
- Argilas: Contribuem para as características plásticas necessárias;
- Silicato de Zircônio: Realça a cor branca e aumenta a resistência ao desgaste por abrasão e ajusta o coeficiente de expansão térmica quando necessário;
- Quartzo e Feldspato: Permitem o controle da fusibilidade da mistura e do coeficiente de expansão térmica.

O engobe também contribui para o ajuste do acordo dilatométrico esmalte-suporte.

2.3 Tratamento de efluentes

De acordo com Fernandes e Hotza (2003), os efluentes em uma indústria cerâmica são gerados em sua maioria em três setores: preparação de massa, preparação de engobes e esmaltes, e na linha de esmaltação. Esses resíduos se originam na limpeza de equipamentos e sobras de produção.

Existem diversas formas e métodos para o tratamento de efluentes, porém na indústria cerâmica dois modelos se destacam, o primeiro utiliza duas estações de tratamento independentes, uma para o resíduo de massa, e outra para o resíduo da linha de esmaltação. Já o segundo integra esses dois resíduos em uma única estação de tratamento de efluentes, e é o método que será feito o estudo no presente trabalho.

As etapas de tratamento são detalhadas a seguir:

- Tanque de pré-decantação: Etapa onde o efluente é recebido da linha de produção e ocorre a primeira decantação sem adição de agentes químicos;
- Tanque de pré-armazenamento: Recebe o efluente que pré-decantou, armazena e bombeia para as chicanas;
- Chicanas de mistura: Tem por objetivo misturar o efluente, promovendo maior contato com os agentes químicos dosados;
- Dosagem de coagulante e floculante: Adição de agentes químicos para a decantação do sólido que não decantou na primeira etapa;
- Decantador: Após a adição dos agentes químicos o efluente segue para esta etapa para que haja a decantação completa dos sólidos;

- Tanque de água tratada: A parte líquida da etapa anterior segue para este tanque para ser reutilizado no processo produtivo;
- Tanque de lodo: Os sólidos decantados durante o processo são enviados para este tanque, e serão enviados para o filtro-prensa;
- Filtro-prensa: Filtra e prensa o lodo, reduzindo 75% da água. Formando as tortas de lodo;
- Reaproveitamento no processo: As tortas de lodo estão prontas para receber algum destino no processo.

A Figura 1 apresenta um fluxograma que descreve as etapas envolvidas no tratamento de efluentes.

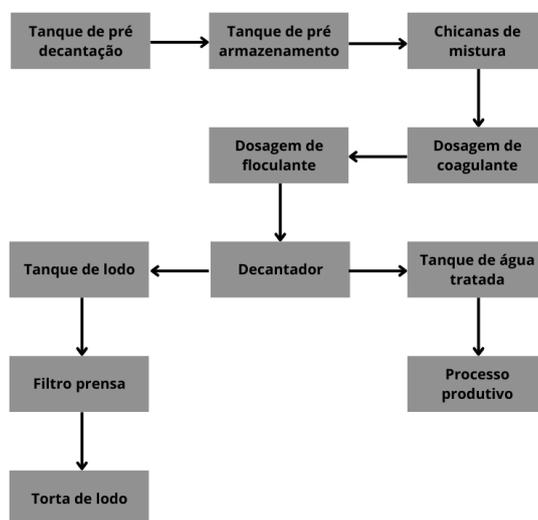


Figura 1 - Etapas do processo de tratamento de efluentes

Fonte: Adaptado de Fernandes e Hotza (2003)

3 Procedimento Experimental

Os procedimentos utilizados no estudo, salvo as análises físico-químicas, foram elaborados pelos autores e levam em consideração padrões internos da empresa onde o trabalho foi desenvolvido. A Figura 2 apresenta o fluxograma dos procedimentos adotados e posteriormente serão detalhados.

A coleta de amostra foi feita de maneira manual, diretamente do filtro-prensa no tratamento de efluentes, posteriormente, com auxílio de um picnômetro com 100 cm³ (Servitech) e uma balança analítica (marTE-AD5000) diluiu-se em água até densidade de 1,80 g/cm³. O peneiramento do resíduo diluído foi realizado em malha #150 em uma peneira vibratória (Servitech).

Fez-se corpos de prova para a análise dilatométrica em forma cilíndrica com um molde feito de caulim, com ± 50 mm de comprimento e ± 7 mm de diâmetro, queimou-se em forno industrial com ciclo de 23 min e patamar de queima entre 1110 °C e 1125 °C. A análise dilatométrica foi feita em dilatômetro (Netzsch-DIL402 Expedis)

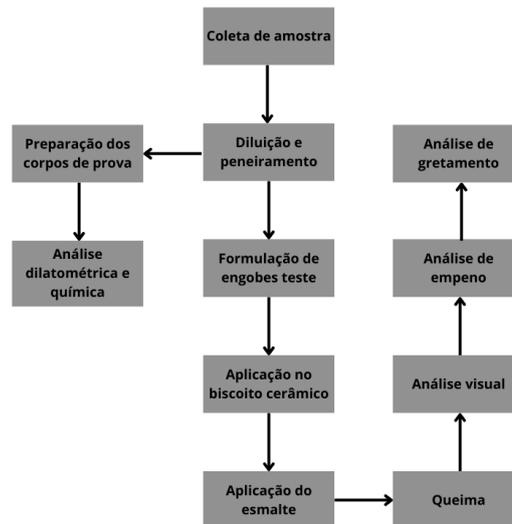


Figura 2 - Fluxograma de procedimentos experimentais

Para a análise química em Espectrômetro de Fluorescência de Raios-X, o resíduo diluído e peneirado foi seco em estufa (Servitech) a 140 °C por 3 horas. Em seguida foi moído para análise em equipamento de FRX (Panalytical-Zetium).

A formulação dos engobes testes foi feita volumetricamente em baldes graduados em porcentagens de 2%, 5% e 10% do resíduo já diluído com densidade de 1,80 g/cm³ e utilizou-se um engobe refratário como amostra “pura”.

Aplicou-se o engobe padrão e formulações testes, bem como a cobertura de esmalte brilhante em biscoitos cerâmicos de 600 mm X 600 mm em uma linha piloto pelo método de véu-campana. As camadas de engobe e esmalte foram de 35 g e 25 g, respectivamente.

Realizou-se a queima das placas em forno industrial com ciclo de 23 min e patamar de queima de 1115 °C.

A análise visual deu-se em duas etapas, comparação tonal que foi realizada em painel branco perpendicular à visão com uma distância de 1 metro da peça e analisou-se a diferença de tonalidade entre as porcentagens e meses dos resíduos utilizados. Também utilizou-se um microscópio eletrônico digital com aumento de 100x onde observou-se possíveis contaminantes e defeitos na aplicação.

Para o ensaio de comparação dos empenos laterais utilizou-se um relógio comparador conforme apresentado na Figura 3 (Servitech). Regulou-se as bases do relógio de acordo com as dimensões da peça (600mm x 600mm), posicionou-se o instrumento nas quatro laterais e foi feita a leitura do valor apresentado.



Figura 3 - Relógio comparador

Conforme descrito na norma ABNT NBR ISO 10545-11: 2017, a análise de resistência ao gretamento foi realizada em Autoclave (Servitech-CT12001). Inicialmente examinou-se as placas cerâmicas para verificar a existência de defeitos visíveis a olho nu a uma distância de 25 cm a 30 cm, sob iluminação de aproximadamente 300 lux. Aplicou-se azul de metileno nos corpos de prova a fim de identificar o gretamento no início do ensaio e posteriormente os corpos de prova foram limpos com água para a visualização. Não apresentando gretamento, colocou-se os corpos de prova no interior da autoclave de forma em que haja espaço entre eles, elevou-se a pressão do equipamento gradualmente por um período de 1 hora até atingir 500 ± 20 KPa a 159 ± 1 °C e manteve esta pressão por 2 horas. Após este período aliviou-se a pressão do equipamento, aguardando 30 min até que as peças esfriem no interior. Por fim, aplicou-se azul de metileno sobre as placas cerâmicas e a superfície foi limpa com água para avaliação do gretamento.

4 Resultados e Discussão

Nesta sessão serão abordados os resultados dos ensaios realizados bem como as discussões deles.

4.1 Análise Mineralógica por Fluorescência de Raios-X

Para a análise mineralógica, como apontado no procedimento, as amostras de resíduo foram secas em estufa, moídas e a análise química foi realizada por uma empresa terceira, os resultados obtidos estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química por Fluorescência de Raios-X

Composto	ETE abril (%)	ETE maio (%)	ETE junho (%)
Al ₂ O ₃	10,97	11,64	10,71
BaO	1,34	1,69	0,50
CaO	9,99	9,19	9,07
Fe ₂ O ₃	0,36	0,65	0,51
K ₂ O	2,51	2,82	2,83
MgO	2,18	2,07	2,05
Na ₂ O	3,31	3,60	3,04
P ₂ O ₅	0,13	0,17	0,05
PbO	0,40	0,23	0,66
SiO ₂	55,79	55,22	59,65
SrO	0,22	0,18	0,28
TiO ₂	0,89	0,76	0,53
ZnO	1,92	2,14	1,37
ZrO ₂	0,35	0,06	0,09

A análise apontou em todas as amostras uma porcentagem de sílica (SiO₂) superior a 50%, que é o principal formador do vidro, esta sílica provém dos silicatos presentes nas matérias-primas dos engobes e esmaltes, que são os principais constituintes do resíduo do processo de esmaltação. Os óxidos de sódio (Na₂O), potássio (K₂O) e bário (BaO) com teores acima de 3%, 2% e 0,5% respectivamente, provenientes de feldspatos, atuam como fundentes que têm como objetivo diminuir a temperatura de fusão do engobe, ajudando na sinterização e preenchendo os poros do corpo cerâmico. Outros fundentes como Fe₂O₃ e TiO₂ são indesejáveis em percentuais muito altos, pois estes tendem a colorir o engobe de vermelho e amarelo, respectivamente, após a sinterização. O óxido de zinco (ZnO) com percentuais entre 1,37% e 2,14%, e a alumina (Al₂O₃) com teores acima de 10% ajudam na estabilização e textura do engobe (Nascimento, 2018; Carlos,

2018).

Já o óxido de zircônio (ZrO_2) é desejável, pois este melhora a característica técnica de resistência à mancha d'água, muito importante em engobes, também sendo uma matéria-prima nobre.

O óxido de cálcio (CaO) apesar de estar em concentrações acima de 9% em todas as amostras, não impacta significativamente em características específicas nas formulações.

4.2 Análise Dilatométrica

A análise dilatométrica também foi realizada em uma empresa terceira, respeitando as especificações dos corpos de prova descritos no procedimento experimental, da mesma forma foi ensaiado também um corpo de prova do engobe padrão. A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 2 - Análise dilatométrica dos resíduos e padrão

Identificação da amostra	α (30-325) $\times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	Temperatura de amolecimento ($^\circ\text{C}$)
ETE abril	69,81	742,9
ETE maio	70,35	758,5
ETE junho	69,32	781,6
Padrão	83,50	928,1

Os resultados obtidos na análise dilatométrica dos resíduos aponta uma certa estabilidade entre os meses, com a variação da dilatação térmica linear de apenas um ponto e a temperatura de amolecimento ficando entre $742,9 \text{ }^\circ\text{C}$ e $781,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Tendo como base a amostra padrão de formulação do engobe, observa-se uma diminuição significativa, tanto da dilatação térmica linear quanto da temperatura de amolecimento, isso ocorre pois os resíduos apresentam matérias-primas mais fundentes. Porém os testes feitos com porcentagens pequenas de resíduo não afetam as características técnicas do produto e nem o descaracterizam. Isso poderá ser observado nos itens seguintes.

4.3 Comparação Tonal

A partir dos corpos queimados em mesma condição, obteve-se os resultados de tonalidade demonstrados na Figura 4.

A análise tonal de engobes é um fator decisivo, pois uma das características essenciais é sua coloração branca, para o melhor desenvolvimento das cores na decoração. Observando as figuras, percebe-se uma tonalidade mais acinzentada nos corpos de prova onde foi utilizado o resíduo do mês de maio e junho, principalmente por seus teores de Fe_2O_3 mais elevados. Desta forma, o uso dos resíduos de maio e junho seria inviável em produtos brancos ou monocores, pois a coloração acinzentada altera a tonalidade destes materiais, porém em produtos decorados a sua utilização não tem tanto impacto, pois é possível ajustar a tonalidade utilizando corantes e modificando as concentrações de tintas, nos casos das impressões digitais.

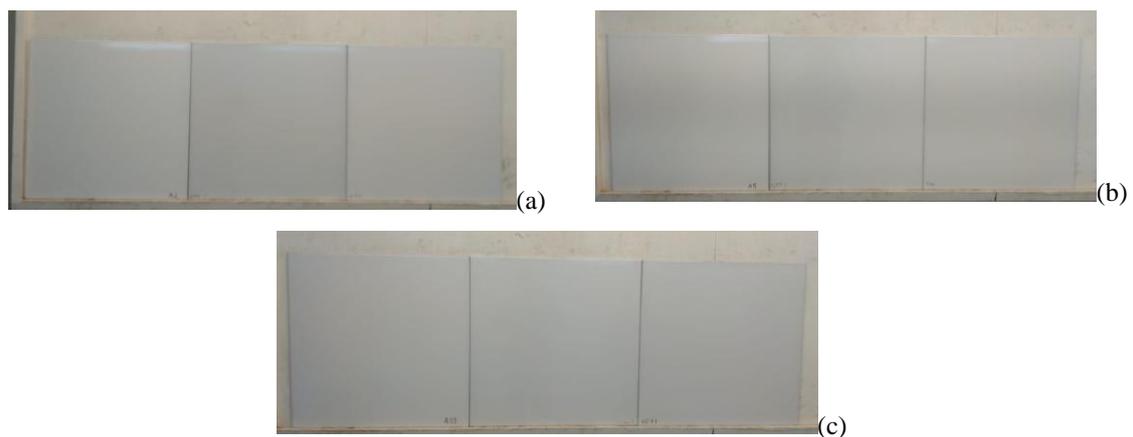


Figura 4 – (a) Comparação tonal com 2% de resíduo; (b) comparação tonal com 5% de resíduo; (c) comparação tonal com 10% de resíduo

4.4 Análise de Contaminantes e Aplicação Superficial

A identificação de contaminantes e avaliação de possíveis falhas na aplicação estão representadas na Figuras 5, as fotos foram realizadas em um aumento de 100x com o auxílio de um microscópio eletrônico portátil e um computador para transmissão das imagens.

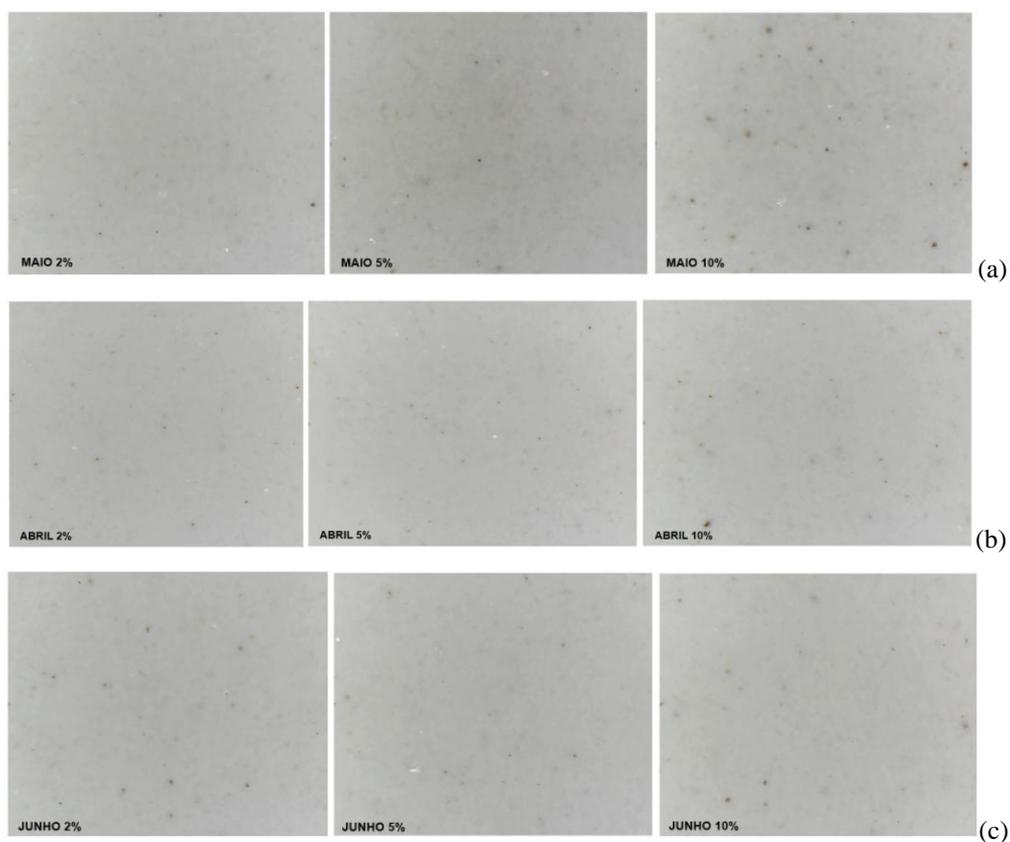


Figura 5 – (a) Contaminantes e aplicação dos resíduos de abril; (b) contaminantes e aplicação dos resíduos de maio; (c) contaminantes e aplicação dos resíduos de junho

A identificação de contaminantes em todas as amostras não foi surpreendente, pois trabalhando com resíduos brutos é natural que isto aconteça. A presença de Fe_2O_3 , PbO e da argila do biscoito cerâmico que naturalmente cai nas calhas do tratamento de efluentes, torna os pontos pretos observados nas imagens mais presentes, justamente por serem contaminantes que não são liberados na queima. Para estes contaminantes é possível implementar outros métodos para a diminuição deles, como imãs nas peneiras. Em produtos brancos e claros a utilização de formulações com essa quantidade de contaminações é inviável.

4.5 Comparação dos Empenos Laterais

A medição do empeno de peças cerâmicas é de suma importância e é realizada a cada peça na linha de produção, pois tem relação direta com as características técnicas do produto, desta forma quando são variados parâmetros dilatométricos, como neste trabalho, é essencial verificar e certificar que a modificação não acabe descaracterizando o produto.

Desta forma, a Tabela 3 traz esta medição com relógio comparativo de acordo com os lados 1, 2, 3 e 4 das peças tendo como base a seta na direção da saída do forno para padronização dos lados.

A norma ABNT NBR ISO 10545-2 limita a variação da curvatura ou empeno de placas cerâmicas não retificadas em $\pm 2\text{mm}$. Tendo como base os valores estabelecidos em norma, todas as placas testadas ficaram com resultados satisfatórios, mostrando que mesmo com a diminuição da dilatação térmica do engobe testado as características técnicas do produto não são afetadas. Em comparação com a placa padrão houve pequenas variações, que são naturais e podem ser corrigidas em outras partes do processo como na curva de queima.

Tabela 3 - Medição do empeno através do relógio comparativo

Identificação	Lado 1 (mm)	Lado 2 (mm)	Lado 3 (mm)	Lado 4 (mm)
Padrão	0,28	0,09	0,22	0,01
Abril 2%	0,33	0,39	0,16	0,22
Abril 5%	0,60	0,36	0,41	0,40
Abril 10%	0,25	0,24	0,16	0,15
Mai 2%	0,60	0,29	0,75	0,39
Mai 5%	0,48	0,68	0,28	0,84
Mai 10%	0,23	0,17	0,29	0,37
Junho 2%	0,82	0,56	0,64	0,57
Junho 5%	0,60	0,79	0,62	0,67
Junho 10%	1,07	0,62	1,20	0,71

4.6 Análise de Resistência ao Gretamento

O ensaio de resistência ao gretamento deu-se de acordo com a norma ABNT NBR ISO 10545-11 e após o procedimento os resultados podem ser observados através da Figura 6.

Após o ensaio de resistência ao gretamento as placas foram dispostas em painéis para avaliação, nenhuma placa apresentou gretamento. Porém, após a aplicação de azul de metileno alguns defeitos visuais ficaram aparentes, como furos e retrações. Os furos superficiais podem ser ocasionados pela forma de aplicação, já que em escala piloto não se têm todos os recursos disponíveis, como peneiras de malhas mais finas, que conseguem eliminar grumos e resíduos mais grosseiros, e homogeneização constante. Já

as retrações laterais são ocasionadas principalmente pelo manuseio das peças, retirando e colocando na linha reserva.

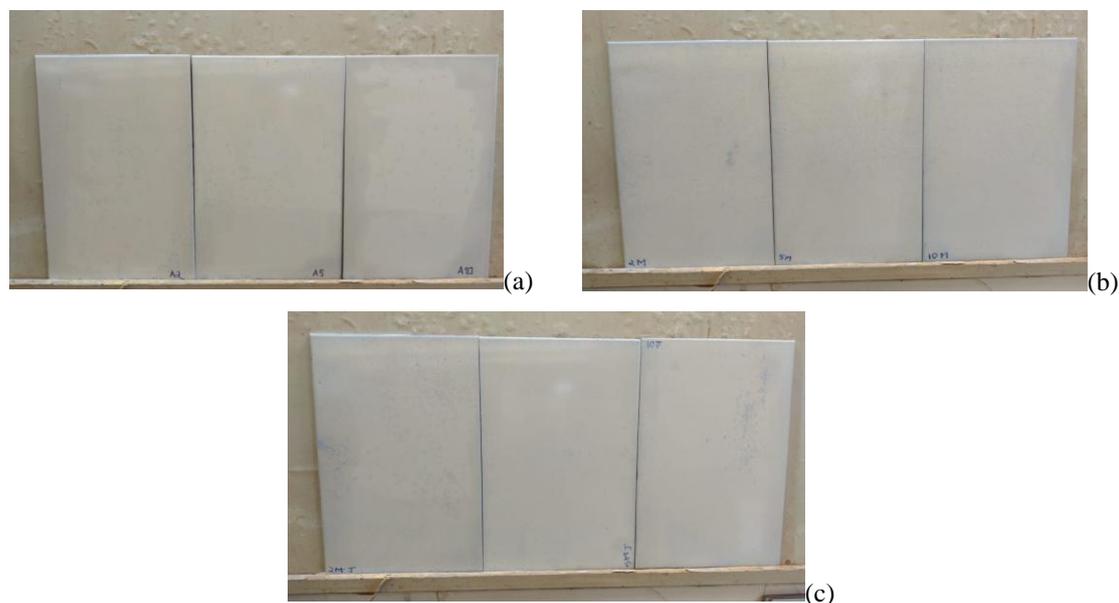


Figura 6 – (a) Resistência ao gretamento, amostras do mês de abril; (b) resistência ao gretamento, amostras do mês de maio; (c) resistência ao gretamento, amostras do mês de junho

5 Conclusão

Em suma o objetivo geral do estudo foi atingido, dado que os resultados apresentados atestam a possibilidade do uso do resíduo incorporado em engobes.

O resíduo do mês de abril apresentou os melhores resultados, visto que sua composição apresenta menores taxas de óxidos com elementos contaminantes e teores maiores de óxidos benéficos no desempenho de engobes, como o zircônio e titânio, que ajudam na impermeabilidade, e menor ponto de amolecimento que atua na mesma característica.

Em relação as análises de defeitos visuais e contaminantes, todos os corpos de prova apresentaram imperfeições, como grumos, retrações ou pontos pretos. Os dois primeiros fatores estão muito relacionados as limitações da linha de teste, manuseio das peças e a escolha do esmalte brilhante para a cobertura, pois este evidencia muito mais defeitos visuais do que outros como a cobertura mate ou acetinada. Já os pontos, como a análise mineralógica apresentou óxidos contaminantes, este defeito passou a ser esperado.

Com base nos resultados obtidos e desejando a viabilidade desta aplicação em escala industrial, como possível continuação do tema, é importante testar a tipologia da cobertura, aplicando uma cobertura mate, visando a minimização das imperfeições e defeitos, também é possível aplicar outros tipos de processamentos para o resíduo na tentativa de eliminar os óxidos contaminantes.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: *Resíduos sólidos – Classificação*. 2 ed. Rio de Janeiro: S.N., 2004. 71 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 10545-11: *Determinação da resistência ao gretamento de placas esmaltadas.* Rio de Janeiro: S.N., 2017. 2 p.

BERNARDINI, L.P. et al. *Valorização dos finos de carvão vegetal no desenvolvimento de frita cerâmica para formulação de engobe.* Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 43-60, mar. 2020. Bimestral.

CARLOS, E.M. *Efeito da adição de resíduo de scheelita no comportamento térmico-mecânico e reológico de argamassas para engobes cerâmicos.* 2018. 120 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

FERNANDES, P.F. & HOTZA, D. *Reciclagem do Lodo da Estação de Tratamento de Efluentes de uma Indústria de Revestimentos Cerâmicos. Parte 1: Ensaios Laboratoriais.* Cerâmica Industrial, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 26-34, abr. 2003.

MEDEIROS, A.A.C. *Viabilidade de utilização do lodo de estação de tratamento de efluentes industriais em materiais cerâmicos.* 2018. 42 f. Monografia (Especialização) - Curso de Gestão Ambiental em Municípios, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Blumenau, 2018.

NANDI, V.deS. et al. *Caracterização de Resíduo Sólido de ETE da Indústria Cerâmica de Revestimento.* Cerâmica Industrial, v. 17, n. 2, p. 32-35, abr. 2012.

NASCIMENTO, R.S.R. *Desenvolvimento de engobe impermeável para ciclo de queima rápida.* 2018. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

PEREIRA, A.O.K.; CALGARO, C. & PEREIRA, H.M.K. *O consumo na sociedade moderna: Consequências jurídicas e ambientais.* 2 ed. 2016.

PEREIRA, F.R. *Valorização de resíduos industriais como fonte alternativa mineral: composições cerâmicas e cimentíceas,* 2006, 235p. Tese de Doutorado –Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro, Universidade de Aveiro, Portugal.2006.

RODRIGUES JUNIOR, I. *Estudo dos fatores que podem influenciar na planaridade dos revestimentos cerâmicos.* 2017. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Industrial, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.