

Análise da influência do tempo de exposição e temperatura no ataque químico de revestimentos cerâmicos

Juliana de Oliveira Menegon ¹, Laura Savi Rosso ^{1*}, Aline Demarch ¹, Angela Waterkemper Vieira ¹, Pâmela Milak ²

¹ Eliane Revestimentos Cerâmicos, Rua Maximiliano Gaidzinski 245, 88845-000, Cocal do Sul, Santa Catarina

² Instituto Maximiliano Gaidzinski, Rua Edson Gaidzinski 352, 88845-000, Cocal do Sul, Santa Catarina

*e-mail: laurasavirosso@hotmail.com

Resumo

A estética de um produto é um dos principais determinantes na decisão de compra por parte dos consumidores. No contexto dos revestimentos cerâmicos, a degradação causada pelo ataque químico emerge como uma ameaça à integridade visual das peças, levando à insatisfação dos clientes. Portanto, a investigação da resistência química desses revestimentos, juntamente com a compreensão das variáveis que afetam esse processo, é fundamental. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo compreender o comportamento dos revestimentos cerâmicos quando submetidos a agentes químicos, bem como a influência de fatores como temperatura e tempo de exposição. Neste estudo, três tipos de revestimentos cerâmicos, tanto claros como escuros, foram expostos a agentes químicos em diferentes condições de temperatura e tempo. Em seguida, as mudanças nas propriedades de cor e brilho foram avaliadas, a fim de identificar a intensidade do ataque químico gerado. A abordagem utilizada se baseou na análise colorimétrica por meio da espectrofotometria, empregando o sistema de cores CIE Lab, além da medição de brilho. Com base na análise dos resultados, ficou evidente que tanto a temperatura quanto o tempo de exposição exercem uma influência significativa no ataque químico dos revestimentos cerâmicos, com um nível de significância de 90%. Além disso, observou-se que produtos com tonalidades mais escuras e superfícies brilhantes são mais suscetíveis a alterações na sua aparência quando submetidos a agentes químicos. Portanto, é essencial que as condições de teste para avaliação de resistência química sejam rigorosamente controladas, especialmente no que diz respeito ao tempo de exposição e à temperatura ambiente.

Palavras-Chave: Ataque químico, revestimento cerâmico, tempo, temperatura.

1. INTRODUÇÃO:

Os revestimentos cerâmicos são materiais amplamente empregados no cenário cotidiano e, portanto, devem atender a rigorosos requisitos técnicos para serem considerados produtos de qualidade [1][2]. Diversos ensaios são conduzidos para analisar o desempenho desses produtos, abrangendo características como absorção de água, brilho, carga à ruptura, dimensionalidade, resistência à abrasão, expansão por umidade, módulo de resistência à flexão, resistência ao impacto, resistência a manchas, resistência a ataques químicos, dentro outros [1][3].

No âmbito dos testes de resistência a ataques químicos, avalia-se a capacidade da superfície do revestimento de manter sua aparência inalterada quando submetida à interação com substâncias químicas [4]. Essa resistência é crítica, uma vez que produtos químicos podem afetar a aparência e integridade do revestimento [5].

A norma ISO 10545-13 [4] estabelece critérios para classificação de placas de revestimentos cerâmicos, incluindo a classificação da resistência a ataques químicos [6]. Essa classificação utiliza códigos que indicam a natureza da superfície, do produto químico ao qual ela foi submetida e da resistência obtida. Desta forma, os códigos são: G (superfície esmaltada) ou U (superfície não esmaltada), seguida por H (alta concentração do produto químico) ou L (baixa concentração do produto químico) e por fim a classe de resistência química, que classifica em A (alta), B (média) e C (baixa) [6].

A cor é uma das características que podem ser afetadas pela ação química, e é determinada com base em matiz, saturação e intensidade [6]. O brilho é outra característica suscetível a alterações. Ele se relaciona com a capacidade da superfície esmaltada de refletir a luz, conferindo-lhe uma aparência vítrea. O brilho é uma característica comum em esmaltes brilhantes, que podem ser transparentes ou opacos, mas não se aplica aos esmaltes mates [7].

Durante a exposição de um revestimento cerâmico a produtos químicos, a temperatura e o tempo de contato desempenham um papel significativo na possível deterioração da superfície. A temperatura aumenta a energia cinética das partículas reagentes, o que resulta em maior taxa de reações químicas e, portanto, maior probabilidade de ataque à superfície. O tempo de contato entre o agente químico e a superfície cerâmica também influencia a severidade do ataque químico, sendo que exposições mais longas tendem a causar maiores danos [8][9].

Deste modo, este estudo visa compreender o comportamento dos revestimentos cerâmicos quando submetidos a agentes químicos, bem como a influência de fatores como temperatura e tempo de exposição sobre o ataque químico na superfície dos revestimentos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS:

Para investigar a influência da temperatura e do tempo de exposição no ataque químico sofrido por revestimentos cerâmicos, empregou-se um planejamento experimental do tipo $2^2 + 3$, permitindo a subsequente análise de variância dos resultados.

Nesse contexto, foram selecionados três distintos tipos de revestimentos, em tons claros e escuros, fabricados em ambiente industrial. As amostras escolhidas foram: Monoporosa acetinada nas cores branca e preta; Porcelanato técnico polido nas cores branca e preta; Porcelanato esmaltado acetinado nas cores branca e preta.

Os corpos de prova foram confeccionados com dimensões de $7,5 \times 7,5$ cm e submetidos a um teste de resistência química, com base nas especificações da norma ISO 10545-13 [4]. Entretanto, foram realizadas modificações nos parâmetros de tempo e temperatura de exposição, de acordo com o planejamento experimental apresentado na Tab.1.

Além das substâncias químicas prescritas pela norma, como ácido clorídrico (18%), hidróxido de potássio (111 g/L), ácido cítrico (100 g/L) e ácido láctico (5%), também foram incluídos produtos de limpeza domésticos, como água sanitária e produtos com cloro ativo, para análise dos resultados.

Tabela 1. Planejamento experimental

Experimento	Tempo (h)	Temperatura (°C)
1	6	10
2	6	30
3	24	30
4	24	10
5	15	20
6	15	20
7	15	20

O teste consistiu essencialmente em expor os corpos de prova à substância química de teste, de acordo com o período de tempo e temperatura especificados na Tab.1. Após o término do tempo designado, os corpos de prova passaram por um processo de limpeza sob água corrente e secagem em estufa. Todas as análises foram conduzidas em triplicata para garantir a consistência dos resultados.

Embora a norma ISO 10545-13 [4] sugira uma avaliação visual das amostras, optou-se por adotar medições objetivas de coordenadas colorimétricas e brilho antes e após o teste de resistência química. As medições colorimétricas foram realizadas por meio de um espectrofotômetro Konica Minolta CM-2600D, iluminante D65, geometria esférica de diâmetro de 52 mm, e ângulo de visualização de 10°, enquanto a medição de brilho foi realizada utilizando um glossímetro Glossmeter CE da série BE 110411 com o ângulo de 60°.

A análise dos resultados envolveu a aplicação de análise estatística de variância (ANOVA) para avaliar a influência do tempo de exposição e da temperatura nos ataques químicos sofridos pelas amostras, em termos de variação de cor e brilho. O nível de significância escolhido para as análises foi de 90%.

Para a análise da tonalidade, utilizou-se o sistema colorimétrico CIELAB. Esse sistema utiliza coordenadas L^* , a^* e b^* para definir a cor [11]. As diferenças de cor são definidas pela comparação numérica entre a amostra e o padrão. Ela indica as diferenças absolutas nas coordenadas de cor entre a amostra e o padrão e são conhecidas como Deltas (Δ). Sendo essas: ΔL a diferença entre claro e escuro; Δa a diferença entre vermelho e verde; Δb a diferença entre amarelo e azul; e ΔE^* a diferença total de cor.

Os resultados foram avaliados levando em conta os valores de "p", também conhecidos como níveis descritivos dos testes. Esses valores representam a probabilidade de que as diferenças observadas entre as categorias sejam resultado de causas aleatórias e não relacionadas aos fatores sob investigação. Quando o valor "p" obtido pela ANOVA é inferior a 0,10, com 90% de significância, conclui-se que a variável tem influência na resistência química das amostras testadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Nesta etapa, são mostradas as tabelas da ANOVA, que exibem a influência das variáveis (tempo de exposição e temperatura) nas coordenadas colorimétricas L^* , A^* e B^* , ΔE e no brilho, refletindo na influência do ataque químico em revestimentos cerâmicos. São apresentados apenas os resultados das variáveis que obtiveram valores de "p" inferiores a 0,10.

Além do valor "p", as tabelas também fornecem informações sobre o valor F, que é um indicador do controle da taxa de erro do experimento. Valores mais elevados de F indicam uma influência mais significativa da variável em questão. Além disso, são apresentados os valores de R^2 , que representam o coeficiente de determinação. Esse coeficiente avalia a capacidade do modelo em explicar os dados coletados, sendo a razão entre a soma dos quadrados da regressão e a soma dos quadrados totais [10][12].

A Tab.2 apresenta os resultados relacionados ao porcelanato técnico branco polido. Observa-se que o mesmo sofreu efeitos do ácido clorídrico, resultando em alterações significativas no Δa e ΔE . Além disso, o ácido cítrico provocou variações em Δa , o ácido lático em ΔE , e o hidróxido de potássio afetou tanto ΔE quanto Δ brilho.

Tabela 2. ANOVA para o porcelanato técnico branco polido

Agente	Delta	Variável	F	F _{crítico}	p	R ²
Ác. Clorídrico	Δa	Tempo	9,221	5,54	0,056	0,818
Ác. Clorídrico	ΔE	Tempo	6,377	5,54	0,086	0,794
Hidróx. Potássio	ΔE	Tempo	12,973	5,54	0,037	0,921
Hidróx. Potássio	ΔE	Temperatura	12,026	5,54	0,040	0,921
Hidróx. Potássio	ΔE	Tempo. \times Temp.	10,152	5,54	0,050	0,921
Hidróx. Potássio	Δ brilho	Temperatura	42,980	5,54	0,007	0,935
Ác. Cítrico	Δa	Tempo	11,858	5,54	0,041	0,940
Ác. Cítrico	Δa	Temperatura	16,657	5,54	0,027	0,940
Ác. Cítrico	Δa	Tempo. \times Temp.	18,804	5,54	0,023	0,940
Ác. Lático	ΔE	Temperatura	8,013	5,54	0,066	0,767

Percebe-se também na Tab.2 que tanto as variáveis tempo quanto temperatura apresentaram níveis semelhantes de interferência no ataque químico para cada agente testado, conforme indicam os valores de F, que se assemelham. Contudo, uma maior influência foi observada no Δ brilho pelo hidróxido de potássio em relação à temperatura com que o agente químico agiu nas amostras, conforme destacado.

Notavelmente, as amostras com maior nível de brilho tendem a apresentar uma perda mais significativa quando expostas a agentes químicos em comparação com as amostras que possuem superfícies acetinadas, cujos resultados serão abordados posteriormente. Isso se deve ao fato de que as amostras com maior brilho são mais suscetíveis a perdas quando submetidas a agentes químicos, enquanto as superfícies acetinadas, devido à sua menor intensidade de brilho, tendem a sofrer menos danos quando expostas aos mesmos agentes químicos.

Na Tab.3 tem-se a análise do porcelanato técnico preto polido. Dentre os agentes químicos que atacaram o produto e a variação de coordenada colorimétrica, constam o ácido clorídrico (Δa), hidróxido de potássio (Δa , Δb , ΔE e Δ brilho), água sanitária (ΔL , Δa , Δb , ΔE e Δ brilho) e o produto de limpeza com cloro ativo (ΔL , Δa e Δb).

Tabela 3. ANOVA para o porcelanato técnico preto polido

Agente	Delta	Variável	F	F _{crítico}	p	R ²
Ác. Clorídrico	Δa	Temperatura	27,607	5,54	0,013	0,922
Ác. Clorídrico	Δa	Tempo. \times Temp.	6,464	5,54	0,085	0,922
Hidróx. Potássio	Δa	Tempo	7,038	5,54	0,077	0,914
Hidróx. Potássio	Δa	Temperatura	20,820	5,54	0,020	0,914
Hidróx. Potássio	Δb	Tempo	10,668	5,54	0,047	0,886
Hidróx. Potássio	ΔE	Tempo	50,830	5,54	0,006	0,982
Hidróx. Potássio	ΔE	Temperatura	99,713	5,54	0,002	0,982
Hidróx. Potássio	ΔE	Tempo. \times Temp.	12,758	5,54	0,038	0,982
Hidróx. Potássio	Δ brilho	Tempo	7,145	5,54	0,076	0,927
Hidróx. Potássio	Δ brilho	Temperatura	29,991	5,54	0,012	0,927
Água Sanitária	ΔL	Tempo	12,321	5,54	0,039	0,935
Água Sanitária	ΔL	Temperatura	30,224	5,54	0,012	0,935
Água Sanitária	Δa	Tempo	8,808	5,54	0,059	0,816
Água Sanitária	Δb	Tempo. \times Temp.	11,756	5,54	0,042	0,853
Água Sanitária	ΔE	Temperatura	6,849	5,54	0,079	0,779
Água Sanitária	Δ brilho	Temperatura	5,722	5,54	0,097	0,762
Prod. Limpeza (cloro ativo)	ΔL	Tempo	44,589	5,54	0,007	0,987
Prod. Limpeza (cloro ativo)	ΔL	Temperatura	188,794	5,54	0,001	0,987
Prod. Limpeza (cloro ativo)	Δa	Tempo	6,709	5,54	0,081	0,8969
Prod. Limpeza (cloro ativo)	Δa	Temperatura	19,390	5,54	0,022	0,8969
Prod. Limpeza (cloro ativo)	Δb	Tempo	6,709	5,54	0,081	0,897
Prod. Limpeza (cloro ativo)	Δb	Temperatura	19,390	5,54	0,022	0,897

Seguindo a análise da Tab.3, destaca-se que a variável temperatura demonstrou ter uma influência mais significativa no ataque químico das amostras. Isso é evidenciado pelo fato de que a maior influência ocorreu no ΔL quando submetido ao produto de limpeza com cloro ativo, em relação à variável de temperatura. Nesse contexto, as amostras tornaram-se mais brancas após o ensaio. Esse produto de limpeza com cloro ativo apresentou um ataque químico mais pronunciado nas amostras em comparação aos outros agentes químicos testados, resultando em uma considerável variação na cor para a maioria das amostras. Superfícies com coloração escura tendem a revelar de maneira mais evidente o ataque químico sofrido pelo esmalte em comparação aos produtos de coloração clara, devido à descoloração que ocorre e torna a superfície mais esbranquiçada.

Na Tab.4, o porcelanato esmaltado branco acetinado sofre ataque em relação ao hidróxido de potássio (ΔL , Δb e ΔE), ácido cítrico (ΔL), água sanitária (ΔL , Δa e Δ brilho), produto de limpeza com cloro ativo (ΔL , ΔE e Δ brilho) e ao ácido láctico (ΔL e Δ brilho). A variável de maior influência foi a temperatura. Entretanto, o maior efeito ocorre para o ΔL com o ácido láctico em relação à outra variável, ou seja, o tempo em que ficou submetido ao ataque.

Tabela 4. ANOVA para o porcelanato esmaltado branco acetinado

Agente	Delta	Variável	F	F _{crítico}	p	R ²
Hidróx. Potássio	ΔL	Temperatura	8,361	5,54	0,063	0,739
Hidróx. Potássio	Δb	Tempo	5,641	5,54	0,098	0,830
Hidróx. Potássio	Δb	Temperatura	6,220	5,54	0,088	0,830
Hidróx. Potássio	ΔE	Temperatura	10,770	5,54	0,046	0,816
Ác. Cítrico	ΔL	Tempo.×Temp.	5,584	5,54	0,099	0,726
Água Sanitária	Δa	Tempo	11,327	5,54	0,044	0,906
Água Sanitária	Δa	Temperatura	17,500	5,54	0,025	0,906
Água Sanitária	Δbrilho	Temperatura	9,240	5,54	0,056	0,780
Prod. Limpeza (cloro ativo)	ΔL	Tempo	7,569	5,54	0,071	0,918
Prod. Limpeza (cloro ativo)	ΔL	Tempo.×Temp.	21,875	5,54	0,018	0,918
Prod. Limpeza (cloro ativo)	ΔE	Tempo	5,666	5,54	0,098	0,910
Prod. Limpeza (cloro ativo)	ΔE	Temperatura	6,763	5,54	0,080	0,910
Prod. Limpeza (cloro ativo)	ΔE	Tempo.×Temp.	17,823	5,54	0,024	0,910
Prod. Limpeza (cloro ativo)	Δbrilho	Temperatura	8,652	5,54	0,060	0,764
Ác. Lático	ΔL	Tempo	29,560	5,54	0,012	0,918
Ác. Lático	Δbrilho	Temperatura	12,809	5,54	0,037	0,837

Na Tab.5, analisando o porcelanato preto acetinado, verificaram-se alterações no ácido clorídrico (Δa, Δb e ΔE), hidróxido de potássio (Δa e Δb), água sanitária (Δa e Δbrilho), produto de limpeza com cloro ativo (ΔL, Δa, Δb e Δbrilho) e o ácido lático (ΔL, Δa, Δb e Δbrilho).

Tabela 5. ANOVA para o porcelanato esmaltado preto acetinado

Agente	Delta	Variável	F	F _{crítico}	P	R ²
Ác. Clorídrico	Δa	Tempo	14,890	5,54	0,031	0,903
Ác. Clorídrico	Δa	Tempo.×Temp.	12,950	5,54	0,037	0,903
Ác. Clorídrico	Δb	Temperatura	9,343	5,54	0,055	0,787
Ác. Clorídrico	ΔE	Temperatura	6,734	5,54	0,081	0,764
Hidróx. Potássio	Δa	Temperatura	86,065	5,54	0,003	0,970
Hidróx. Potássio	Δa	Tempo.×Temp.	8,766	5,54	0,060	0,970
Hidróx. Potássio	Δb	Temperatura	21,006	5,54	0,020	0,882
Água Sanitária	Δa	Tempo.×Temp.	7,083	5,54	0,076	0,793
Água Sanitária	Δbrilho	Temperatura	70,459	5,54	0,004	0,959
Prod. Limpeza (cloro ativo)	ΔL	Temperatura	59,105	5,54	0,005	0,954
Prod. Limpeza (cloro ativo)	Δa	Temperatura	7,283	5,54	0,074	0,770
Prod. Limpeza (cloro ativo)	Δb	Temperatura	5,917	5,54	0,093	0,796
Prod. Limpeza (cloro ativo)	Δbrilho	Temperatura	51,030	5,54	0,006	0,949
Ác. Lático	ΔL	Temperatura	138,455	5,54	0,001	0,981
Ác. Lático	ΔL	Tempo.×Temp.	10,344	5,54	0,049	0,981
Ác. Lático	Δa	Temperatura	21,764	5,54	0,019	0,897
Ác. Lático	Δb	Temperatura	42,768	5,54	0,007	0,942
Ác. Lático	Δbrilho	Temperatura	45,693	5,54	0,007	0,939

Em análise da Tab.5, percebe-se que a variável que teve extrema significância no ataque químico das amostras foi a temperatura. As amostras mais significativas tiveram influência desta variável, juntamente com ΔL no ácido lático e Δa no hidróxido de potássio, conforme destacado na tabela.

Na Tab.6 são mostrados os resultados para a monoporosa branca acetinada, que sofre alterações pelos agentes químicos: ácido clorídrico (Δ brilho), hidróxido de potássio (Δ brilho), água sanitária (Δ L e Δ brilho) e produto de limpeza com cloro ativo (Δ brilho). Ainda assim, o produto apresentou menor ataque químico, em comparação aos demais e a variável de total interferência foi a temperatura.

Tabela 6. ANOVA para a monoporosa branca acetinada

Agente	Delta	Variável	F	F _{crítico}	p	R ²
Ác. Clorídrico	Δ brilho	Temperatura	19,935	5,54	0,021	0,888
Hidróx. Potássio	Δ brilho	Temperatura	7,511	5,54	0,071	0,805
Água Sanitária	Δ L	Temperatura	5,880	5,54	0,094	0,761
Água Sanitária	Δ brilho	Temperatura	14,471	5,54	0,032	0,850
Prod. Limpeza (cloro ativo)	Δ brilho	Temperatura	17,266	5,54	0,025	0,887

Além disso, conforme destacado na Tab.6, a amostra que sofreu o efeito mais significativo para este produto foi a exposta ao ácido clorídrico, com grandes variações no brilho.

Por fim, a Tab.7 apresenta os resultados da análise para a monoporosa preta acetinada. Neste caso, o produto foi suscetível ao ataque químico de diferentes agentes, incluindo ácido clorídrico (Δ L, Δ a e Δ E), hidróxido de potássio (Δ E e Δ brilho), ácido cítrico (Δ L, Δ a, Δ b e Δ brilho), água sanitária (Δ L, Δ a e Δ brilho) e ácido láctico (Δ L e Δ E). Destaca-se que a variável de maior significância foi a temperatura à qual as amostras foram submetidas. Notavelmente, o ácido clorídrico exerceu a maior influência, particularmente em relação ao Δ L e Δ E, levando em consideração tanto o tempo quanto a temperatura de exposição.

Tabela 7. ANOVA para a monoporosa preta acetinada

Agente	Delta	Variável	F	F _{crítico}	p	R ²
Ác. Clorídrico	Δ L	Tempo	134,560	5,54	0,001	0,993
Ác. Clorídrico	Δ L	Temperatura	234,558	5,54	0,001	0,993
Ác. Clorídrico	Δ L	Tempo. \times Temp.	29,245	5,54	0,012	0,993
Ác. Clorídrico	Δ a	Temperatura	44,783	5,54	0,007	0,938
Ác. Clorídrico	Δ E	Tempo	134,070	5,54	0,001	0,993
Ác. Clorídrico	Δ E	Temperatura	233,775	5,54	0,001	0,993
Ác. Clorídrico	Δ E	Tempo. \times Temp.	30,145	5,54	0,012	0,993
Hidróx. Potássio	Δ E	Temperatura	6,618	5,54	0,082	0,846
Hidróx. Potássio	Δ brilho	Temperatura	13,064	5,54	0,036	0,846
Ác. Cítrico	Δ L	Temperatura	5,668	5,54	0,098	0,819
Ác. Cítrico	Δ a	Temperatura	26,183	5,54	0,014	0,902
Ác. Cítrico	Δ b	Temperatura	7,304	5,54	0,074	0,740
Ác. Cítrico	Δ brilho	Tempo	7,468	5,54	0,072	0,735
Água Sanitária	Δ L	Temperatura	17,726	5,54	0,024	0,889
Água Sanitária	Δ a	Temperatura	9,096	5,54	0,057	0,889
Água Sanitária	Δ brilho	Temperatura	77,987	5,54	0,003	0,966
Ác. Láctico	Δ L	Temperatura	6,673	5,54	0,082	0,698
Ác. Láctico	Δ E	Temperatura	6,633	5,54	0,082	0,706

A Fig.1 exibe as amostras do porcelanato técnico preto polido após serem submetidas ao ensaio de resistência química com hidróxido de potássio por um período de 15 horas na temperatura de 20 °C. Esse produto demonstrou ter a menor resistência química em comparação com todas as outras superfícies testadas.



Figura 1. Amostras do porcelanato técnico preto polido após ataque químico com hidróxido de potássio

4. CONCLUSÕES:

A influência do aspecto visual de um produto é um dos fatores decisivos para a escolha do consumidor. No caso dos revestimentos cerâmicos, o ataque químico tem forte efeito sobre a aparência das peças, resultando na insatisfação do cliente. Portanto, a investigação da resistência química desses revestimentos, juntamente com a compreensão das variáveis que afetam esse processo, é fundamental.

Os resultados demonstraram que todas as substâncias químicas testadas causaram algum grau de ataque nas amostras. Além disso, constatou-se que produtos de coloração mais escura e maior brilho tendem a ser mais suscetíveis ao ataque químico, já que o efeito predominante é a perda de cor e brilho. Nesse contexto, o porcelanato técnico preto polido destacou-se como o produto mais sensível ao ataque químico.

O estudo revelou que tanto o tempo de exposição quanto a temperatura exercem uma influência significativa nos resultados do ataque químico. No entanto, em muitos casos, a temperatura mostrou-se como a variável mais significativa, estatisticamente, no processo. Portanto, para obter resultados precisos e condizentes com as especificações da norma ISO 10545 é essencial controlar estritamente essas duas variáveis durante os ensaios.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa destacam a necessidade de rigoroso controle das variáveis de tempo e temperatura nos ensaios de resistência química dos revestimentos cerâmicos, especialmente considerando a sensibilidade desses materiais a tais fatores. Isso contribui para a melhoria da qualidade e durabilidade dos produtos cerâmicos e, conseqüentemente, para a satisfação do consumidor.

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao Colégio Maximiliano Gaidzinski e ao Departamento de Garantia da Qualidade da Empresa Mohawk Brasil, bem como aos seus colaboradores, pela disponibilização dos equipamentos, colaboração e orientação.

REFERÊNCIAS:

- [1] Eliane, 2019. Manual: Características técnicas. Eliane Revestimentos Cerâmicos. <http://images.taqi.com.br/manual/porcelanato-eliane.pdf>
- [2] Lu Q, Lin J, Luo L, Zhang Y, Zhu W, 2022. A supervised approach for automated surface defect detection in ceramic tile quality control. *Advanced Engineering Informatics* 53, 101692. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2022.101692>
- [3] CHATE G (todos os autores), 2023. Ceramic materials for coatings: An introduction and future aspects. *Advanced Flexible Ceramics* 527-540. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-323-98824-7.00026-9>
- [4] NBR ISO 10545-13, 2020. Placas cerâmicas. Parte 13. Determinação da resistência química. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [5] NBR ISO 13818, 1997. Placas cerâmicas para revestimento. Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [6] Correa L, Bianchini S S, 2023. Importância do gerenciamento colorimétrico na cerâmica. <http://www.site.satc.edu.br/admin/arquivos/31347/lucas-correa.pdf>

- [7] Alves I M, 2011. Glossário de revestimento cerâmico. Cadernos de terminologia 4, 3-56.
- [8] Filtre R, 2004. Química geral. 6ª ed. São Paulo: Editora Moderna.
- [9] CEJARJ, 2019. Estudo da velocidade das reações: Cinética química 3, 1. https://cejarj.cecierj.edu.br/pdf_mod3/CN/Unid3_CN_Quimica_Modulo_3_Vol_1.pdf
- [10] Portal Action, 2019. Coeficiente de determinação. <http://www.portalaction.com.br/analise-de-regressao/16-coeficiente-de-determinacao>
- [11] Gómez-Polo C, Martín-Casado A M, Montero J, 2023. Fifteen ceramic gingival samples: A proposed gingival shade guide. Journal of Dentistry 138, 104648. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104648>
- [12] Portal Action, 2019. Análise de variância. <http://www.portalaction.com.br/analise-de-regressao/24-analise-de-variencia-teste-f-medidas-de-associacao>