XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/62

Análise Mecânica e Química dos Efeitos da Aplicação de RPC e Cal Para Melhoramento de Solos da Formação Guabirotuba

Amanda Dalla Rosa Johann
Professora Adjunta, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, amandajohann@utfpr.edu.br

Ana Letícia Araszewski Gomes da Silva Bonnevialle
Graduanda do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, anaaraszewski@gmail.com

Thais Souza Costa
Engenheira Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, thais.s.c@hotmail.com

Lariessa Ferreira Lima
Engenheira Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, lariessafl@hotmail.com

RESUMO: Resíduos de polimento cerâmico (RPC), gerados no processo de polimento de peças, representam um desafio ambiental significativo para a indústria. Uma alternativa promissora é sua incorporação à cal, visando melhorar a estabilidade e as propriedades geotécnicas dos solos da Formação Guabirotuba. O seguinte estudo dá continuidade aos trabalhos de Costa (2024) e Lima (2024), que estabeleceram parâmetros mecânicos das misturas de RPC e cal. Quando usado isoladamente, o RPC não contribui para a resistência, mas sua combinação com cal em proporções mais elevadas mostrou ganhos de até 50% em compressão simples e superiores a 100% em compressão diametral. Visando uma melhor compreensão do comportamento mecânico já observado, este estudo tem como objetivo analisar o pH das misturas Solo-RPC-Cal, com o intuito de avaliar de que forma a alcalinidade interfere no desempenho estrutural do material. Com a realização dos ensaios, verificou-se que a mistura Solo-RPC-Cal com melhor desempenho mecânico apresentou pH de 12,7, enquanto as demais combinações com bom resultado mantiveram valores médios próximos de 12,4. Esses resultados confirmam que a alcalinidade elevada é importante, mas pode ser limitada como parâmetro isolado, já que misturas com pH alto e excesso de RPC em relação à cal não apresentaram um bom desempenho estrutural. Com base nos resultados, a inserção de baixos teores de RPC se mostra uma alternativa viável na estabilização de solos da formação Guabirotuba. O uso do resíduo de polimento cerâmico na indústria da construção civil mostra-se vantajoso sob uma perspectiva técnica e sustentável, ao reduzir impactos ambientais e viabilizar simultaneamente uma economia circular.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de polimento cerâmico, Estabilização de Solos, Alcalinidade.

ABSTRACT: Ceramic polishing waste (or in Portuguese - resíduos de polimento cerâmico, simply referred to as RPC), generated during the polishing process of ceramic pieces, represents a significant environmental challenge for the industry. A promising alternative is their incorporation into lime, aiming to improve soil stability and geotechnical properties in the Guabirotuba Formation. This study continues the work of Costa (2024) and Lima (2024), who established mechanical parameters of RPC-lime mixtures. When used alone, RPC does not contribute to strength improvement; however, its combination with lime in higher proportions proved to be efficient, with strength gains of up to 50% in unconfined compression and over 100% in diametral compression. To better understand the mechanical behavior previously identified, this study analyzes the pH of RPC-Lime mixtures to assess how alkalinity affects the material's structural performance. The best-performing mixture reached a pH of 12.7, while other successful combinations averaged around 12.4. These results confirm that high alkalinity is important, but it can be limited as an isolated parameter, since mixtures with high pH and excess RPC relative to lime did not show good structural performance. Based on the results, the inclusion of low RPC contents appears to be a viable alternative in the stabilization of soils from the Guabirotuba formation. The use of ceramic polishing waste in the construction industry

proves to be advantageous from a technical and sustainable perspective, reducing environmental impacts and simultaneously enabling a circular economy.

KEYWORDS: Ceramic polishing waste, Soil Stabilization, Alkalinity.

1 INTRODUÇÃO

A indústria cerâmica brasileira é um setor de grande relevância econômica, sendo responsável por cerca de 1,0% do produto interno bruto nacional (Killer e Rotta, 2019). Apesar de sua contribuição expressiva para a economia do país, tal ramo produtivo gera diversos problemas ambientais, dentre eles a criação de resíduos de polimento cerâmico (RPC) e seu subsequente descarte impróprio em aterros. O RPC é originado do processo de polimento de revestimentos, cuja destinação incorreta ocasiona em diversos problemas, entre os quais se destacam o comprometimento dos recursos naturais não renováveis, a contaminação do solo e de corpos hídricos, e a poluição do ar por partículas finas (Zanelli et al., 2021).

Nesse contexto, torna-se necessário buscar alternativas sustentáveis que mitiguem os efeitos negativos associados ao descarte inadequado proveniente da indústria cerâmica. Uma possível abordagem consiste no emprego de RPC agregado a cal hidratada, visando à estabilização de solos. A incorporação de resíduos cerâmicos como material de caráter pozolânico integra um dos preceitos da economia circular, pois além de impossibilitar a destinação incorreta, sua utilização como insumo alternativo favorece a preservação ambiental ao reduzir a extração de recursos naturais não renováveis (Jain et al., 2022; Wietschel et al., 2023). Por sua vez, a cal hidratada é utilizada como um agente estabilizante no solo, desencadeando ações químicas que impulsionam a alcalinidade do meio e promovem a formação de compostos cimentícios que aumentam a resistência e rigidez do material (Almuaythir et al., 2025).

Conforme descrito por Huang *et al*. (2021), a estabilização de solos é um procedimento amplamente empregado na engenharia civil, utilizado para alterar as propriedades do meio, com a finalidade de aprimorar seu desempenho geotécnico, aumentando a sua resistência, durabilidade e estabilidade dimensional. Essa técnica pode ser realizada por processos de natureza mecânica, como a compactação, ou por métodos químicos, mediante a incorporação de aditivos tradicionais, polímeros sintéticos ou geopolímeros, os quais promovem uma maior coesão entre as partículas do substrato.

Costa (2024) e Lima (2024) demonstraram em seus estudos que a interação RPC-cal apresenta vantagens na estabilização de um solo da formação Guabirotuba, conferindo maior resistência. Apesar dos avanços já observados, a relação entre o pH das misturas e seu desempenho mecânico resultante é um tema que requer estudos adicionais no campo da engenharia geotécnica. A alcalinidade de uma mistura RPC-cal está diretamente relacionada com a ativação das reações pozolânicas, sendo um fator determinante para a evolução das propriedades físico-mecânicas do solo estabilizado. Logo, a compreensão desse aspecto permite utilizar o pH como um parâmetro preditivo e de dosagem para garantir maior qualidade, durabilidade e desempenho mecânico das misturas aplicadas em campo.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência do pH em misturas de Solo-RPC-cal, a fim de validar seu uso como um indicador confiável para a previsão da eficiência da estabilização de solos da Formação Guabirotuba.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo adota uma metodologia mesclada, incorporando a análise química (pela determinação do Potencial Hidrogeniônico) e a avaliação do desempenho mecânico de misturas destinadas ao aprimoramento geotécnico. As composições avaliadas incluem solo vermelho da formação Guabirotuba, resíduo de polimento cerâmico (RPC), cal hidratada e água destilada. Os resultados mecânicos foram previamente conduzidos e detalhados por Costa (2024) e Lima (2024).

2.1 Materiais

Para a realização dos ensaios químicos e de desempenho mecânico, foram utilizados os seguintes materiais:

2.1.1 Solo

O solo utilizado é oriundo da formação Guabirotuba, comumente encontrado no município de Curitiba, Paraná. As amostras foram coletadas a uma profundidade de aproximadamente 2 metros e então preparadas (secas, desagregadas e peneiradas na peneira nº 4) de acordo com a NBR 6457 (ABNT, 2024). A caracterização prévia do solo realizada por Costa (2024) e Lima (2024) indica uma granulometria de 29% de argila, 26% de silte, 44% de areia e 1% de pedregulho, classificando-o como argila siltosa ou silte argiloso perante o sistema SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos). A partir da carta de plasticidade de Casagrande, o material é considerado um silte de alta compressibilidade. Foram também determinados os valores de massa específica real dos grãos de 2,737 g/cm³, índice de plasticidade de 11%, peso específico aparente seco máximo de 14,70 kN/m³ e umidade ótima de 27,8%. O pH encontrado foi de 5.

2.1.2 Resíduo de Polimento Cerâmico (RPC)

O RPC é um subproduto originado do refinamento de placas na indústria cerâmica, etapa fundamental do acabamento que tem como objetivo proporcionar brilho e corrigir imperfeições superficiais dos materiais. Constituído essencialmente pela massa cerâmica base e pelo abrasivo utilizado no polimento, a composição química do RPC é majoritariamente de sílica (65,78%) e alumínio (18,93%), sendo o percentual residual de cerca de 4,18% composto por elementos como ferro, cálcio, magnésio e sais solúveis (Costa et al., 2020).

O RPC pode ser encontrado *in natura* ou moído. A forma *in natura* refere-se ao estado bruto do resíduo, sem qualquer tratamento prévio de moagem. Quando moído, é amplamente utilizado em aplicações de estabilização química de solos e em matrizes cimentícias, uma vez que seu potencial pozolânico se torna mais eficaz quando o material é reduzido a partículas finas. Para atender a esse requisito, o RPC seco é submetido à moagem em moinho cerâmico com esferas, seguida de peneiramento em malha de 150 µm (Costa et al., 2020). O resíduo empregado nesse estudo provém de uma fábrica de cerâmica na região metropolitana de Curitiba-PR, cujo pH foi determinado em 9,2.

2.1.3 Cal Hidratada

A cal escolhida para o estudo foi a cal hidratada CH-III, utilizada previamente em outros estudos de estabilização mecânica. De acordo com a norma NBR NM 23 (ABNT, 2001), esse material apresenta massa específica de 2,40 g/cm³, e os ensaios laboratoriais indicam um pH correspondente a 12,3.

2.1.4 Água destilada

A água destilada foi utilizada para que não ocorram reações indesejadas entre a mistura RPC-Cal e o meio, decorrentes da ação de impurezas ou sais minerais capazes de modificar as propriedades químicas da cal, comprometendo a estabilidade da mistura (Tang et al., 2023). O pH da água utilizada é de 5,6.

2.1.5 Dosagem dos corpos-de-prova

A dosagem foi definida para testar o efeito combinado do solo, cal e RPC em diferentes proporções. Os teores de RPC de 5, 10 e 15% e de cal de 3, 5, 7 e 9%, foram mantidos nos testes mecânicos e químicos, variando apenas a quantidade de solo. A Tabela 1 mostra a proporção dos materiais nos ensaios mecânicos.

Tabela 1. Dosagem das Misturas Solo-RPC e Solo-RPC-cal.

Dosagem	RPC%	CAL %	Solo (%)
0RPC0C	0%	0%	100%
5RPC0C	5%	0%	95%
10RPC0C	10%	0%	90%
15RPC0C	15%	0%	85%
5RPC3C	5%	3%	92%
5RPC5C	5%	5%	90%
5RPC7C	5%	7%	88%
5RPC9C	5%	9%	86%
10RPC3C	10%	3%	87%
10RPC5C	10%	5%	85%
10RPC7C	10%	7%	83%
10RPC9C	10%	9%	81%
15RPC3C	15%	3%	82%
15RPC5C	15%	5%	80%
15RPC7C	15%	7%	78%
15RPC9C	15%	9%	76%

Fonte: Elaborado a partir de Costa (2024) e Lima (2024)

Para os ensaios químicos, o principal parâmetro analisado foi o potencial hidrogeniônico (pH). Ao todo, 16 misturas foram preparadas utilizando uma massa base constante de 10 g de solo seco. As massas de RPC e cal, calculadas em porcentagem dessa base, são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Massa das Misturas Solo-RPC e Solo-RPC-cal.

Mistura	Massa de RPC (g)	Massa de Cal (g)	Massa total (g)
0RPC0C	0,0	0,0	10
5RPC0C	0,5	0,0	10,5
10RPC0C	1,0	0,0	11
15RPC0C	1,5	0,0	11,5
5RPC3C	0,5	0,3	10,8
5RPC5C	0,5	0,53	11,03
5RPC7C	0,5	0,74	11,24
5RPC9C	0,5	0,95	11,45
10RPC3C	1,0	0,33	11,33
10RPC5C	1,0	0,55	11,55
10RPC7C	1,0	0,77	11,77
10RPC9C	1,0	0,99	11,99
15RPC3C	1,5	0,35	11,35
15RPC5C	1,5	0,58	12,08
15RPC7C	1,5	0,8	12,3
15RPC9C	1,5	1	12,5

Fonte: Elaboração própria

2.1.6 Modelagem dos corpos de prova

Para a realização dos ensaios mecânicos de Resistência à Compressão Simples e Resistência à Compressão Diametral, foram utilizados 4 corpos de prova por misturas, totalizando 64 unidades. O solo seco foi homogeneizado com RPC e cal, seguido da adição de água destilada. A compactação ocorreu em molde cilíndrico (100 mm de altura × 50 mm de diâmetro, proporção 2:1), conforme a NBR 12770 (ABNT, 2022), com base nos parâmetros médios obtidos com energia de Proctor normal, que apontam peso específico aparente seco máximo de 1,471 g/cm³ e umidade ótima de 28,8% (Lacerda, 2019). Após a verificação das dimensões, os corpos de prova foram envoltos em plástico filme para evitar perda de umidade e carbonatação precoce. Em seguida, as amostras foram mantidas em uma câmara úmida sob condições controladas por 28 dias, tempo destinado ao desenvolvimento das reações pozolânicas.

2.2 Métodos

2.2.1 Ensaios mecânicos

Foram realizados os ensaios de compressão simples e diametral para avaliar, de forma complementar, a resistência à compressão simples e a resistência à tração das misturas Solo-RPC-Cal.

2.2.1.1 Resistência à Compressão Simples

O ensaio de resistência à compressão simples consiste em aplicar carga axial sobre o corpo de prova até a ruptura, sendo a resistência determinada pela relação entre a carga máxima registrada no pico da curva tensão–deformação e a área da seção transversal. Em seu estudo, Costa (2024) rompeu os corpos de prova em uma prensa universal de acordo com os parâmetros da NBR 12770 (ABNT, 2022).

2.2.1.2 Resistência à Compressão Diametral

A fim de realizar o ensaio de resistência à compressão diametral, é empregado uma carga linear ao longo do diâmetro do corpo-de-prova, para assim verificar como a cimentação gerada pela mistura aumenta a coesão interna. Nos ensaios realizados por Lima (2024), foram utilizados cilindros de 100 mm de altura e 50 mm de diâmetro, com concentrações variadas de RPC e cal conforme apresentado na Tabela 1. As amostras foram submetidas a 28 dias de cura em câmara úmida para melhor avanço das reações, segundo as normas da NBR 7222 (ABNT, 2011).

2.2.2 Ensaio de potencial hidrogeniônico

Os testes de potencial hidrogeniônico (pH) foram feitos utilizando um pHmetro previamente calibrado, a fim de medir o pH das amostras de solo, RPC, cal e suas respectivas misturas detalhadas na Tabela 2. Todas as amostras foram estabilizadas com água destilada, visando à neutralização de possíveis alterações causadas por sais solúveis. Em seguida, elas foram homogeneizadas e mantidas em repouso até que ocorresse a estabilização química.

3 RESULTADOS

3.1 Ensaios mecânicos

Conforme constatado por Costa (2024) e Lima (2024), o uso do RPC isolado diminui a resistência do solo, como pode ser observado na Figura 1. Nos ensaios realizados de compressão simples e diametral, a dosagem 15RPC0C resultou em uma perda de aproximadamente 50% do desempenho mecânico original do solo. A adição de cal, por sua vez, neutraliza esse efeito, proporcionando melhor desempenho quando há equilíbrio entre os teores de RPC e cal ou quando a cal se sobressai.

A cal é um excelente ativador químico e agente estabilizador em materiais geotécnicos. Por ser uma fonte rica em cálcio, componente vital para a formação de fases cimentantes estáveis, ela possibilita a geração de estruturas geopoliméricas ao interagir em meio aquoso com materiais que contenham sílica e alumina em sua composição, como o RPC (Huang et al., 2021). Segundo Costa (2024) e Lima (2024), as reações pozolânicas resultantes desse processo são vitais para a estabilização eficaz de solos.

Em ambos os casos, o cenário que demonstrou melhor desempenho mecânico foi a mistura 10RPC9C. Nessa dosagem, o ensaio de compressão simples indicou resistência de 949,3 kPa, representando um aumento de 50% em relação ao solo natural; já no ensaio de compressão diametral, foi registrada uma resistência de 171,5 kPa, o que representa um ganho de 100%.

O solo natural apresentou resistências médias de 633,3 kPa à compressão simples e 83,25 kPa à tração. Em comparação, Lacerda (2019), ao estudar o mesmo solo e tempo de cura desta pesquisa, porém apenas com a adição de cal, obteve o valor de 704,73 para a resistência à compressão simples na mistura de 5% de cal. Comparando esse resultado com a mistura 5RPC5C deste estudo (859,80 kPa), constata-se que a inclusão do RPC faz uma diferença significativa no desempenho do material, promovendo um aumento de 22,01% na resistência à compressão simples quando há equilíbrio entre o RPC e cal, o que comprova a eficiência da sua atividade pozolânica.

3.2 Ensaios químicos

Os ensaios químicos foram realizados com o intuito de monitorar o pH das misturas, já que esse parâmetro permite antecipar a reatividade e solubilidade da sílica e da alumina presentes no RPC e no solo. Essa análise é fundamental, pois a concentração de álcalis no sistema determina o grau de agressividade química necessário para promover a dissolução das partículas sólidas, possibilitando a conversão de precursores estáveis em espécies reativas que participam da formação da matriz final (Huang et al., 2021).

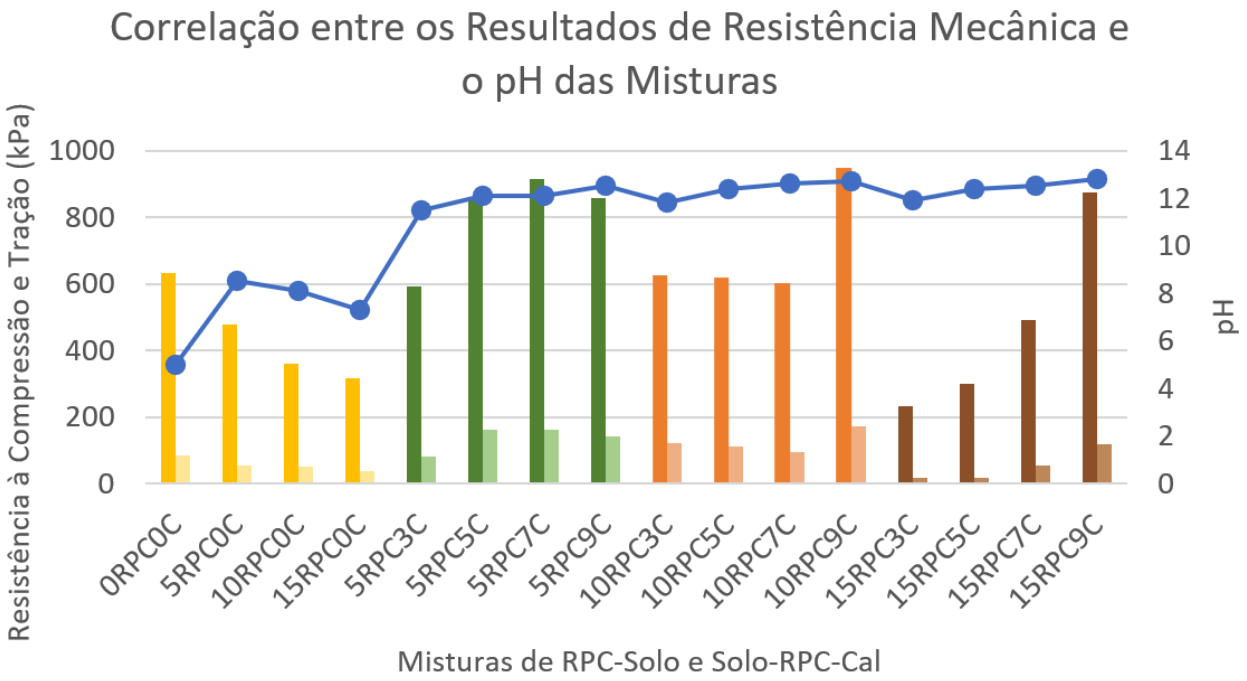
A formação geopolimérica ocorre, portanto, a partir da ruptura das ligações de silício e alumínio, gerando espécies reativas responsáveis pela criação de novas estruturas químicas. Nesse contexto, um pH em torno de 10 é considerado adequado para iniciar a dissolução da sílica e da alumina dos precursores (Huang et al., 2021); contudo, a liberação efetiva desses componentes presentes na matriz de argila e em solos finos ocorre apenas em pH 12,4 (Regasa et al., 2023). Além disso, atingir um pH de 12,4 é considerado suficiente para sustentar as reações pozolânicas de longo prazo, permitindo que o cálcio reaja com a sílica e a alumina liberadas, promovendo o desenvolvimento de novos produtos cimentícios (Eades e Grim, 1966).

A mistura 10RPC9C, que possui o melhor desempenho mecânico, apresentou pH de 12,7, valor que indica equilíbrio entre ativação química e estabilidade da matriz. Essa elevação acima do índice teórico de 12,4 pode ser interpretada como uma margem de segurança necessária para garantir a saturação completa do sistema, permitindo que o ambiente permaneça alcalino o suficiente para compensar possíveis alterações químicas causadas pela acidificação do meio, resultante do contato com sais e ferro do RPC. Já o composto 15RPC9C, embora tenha registrado o maior pH (12,8), não manteve a mesma consistência estrutural, evidenciando que o teor elevado de resíduo fino compromete sua estrutura.

Misturas com proporções equilibradas de cal e resíduo, ou com maior teor de cal (5RPC5C, 5RPC7C e 5RPC9C), apresentaram pH próximo ao valor de referência e comportamento estrutural estável. Em contrapartida, combinações com pH elevado mas com predominância de RPC sobre a cal (10RPC5C, 10RPC7C, 15RPC5C, 15RPC7C) apresentam desempenho mecânico insatisfatório. Além disso, todas as misturas Solo-RPC apresentaram índices de pH significativamente abaixo do valor recomendado de 12,4, o que comprometeu a ativação química e resultou em desempenho estrutural insatisfatório.

A síntese dos resultados mecânicos e químicos encontra-se na Figura 1. Nos ensaios de Resistência à Compressão Simples e Resistência à Compressão Diametral, os valores apresentados correspondem à média dos quatro corpos de prova de cada mistura, sendo a dispersão dos resultados mecânicos avaliada e considerada na análise e interpretação dos dados.

Figura 1. Resistência Mecânica e pH das Misturas.



Correlação de resistência mecânica e pH das misturas. O eixo esquerdo indica a resistência (kPa), onde as barras escuras representam a Compressão Simples e as claras apresentam a Compressão Diametral. O eixo direito indica o pH de cada mistura através dos marcadores circulares em azul. Fonte: Elaboração própria.

4 CONCLUSÃO E DISCUSSÕES

O pH confirmou-se como um modelo preditivo útil para avaliar a eficácia da estabilização de solos da Formação Guabirotuba, porém ineficiente quando analisado isoladamente. Misturas com pH elevado, mas com excesso de RPC em relação à cal, apresentaram comportamento estrutural insatisfatório. Dessa maneira, é possível observar que o desempenho é determinado pelo equilíbrio entre ativação química e a estabilidade da matriz.

Os estudos mostram que o pH do solo diminuiu quando acrescentado o RPC, passando de 8,5 (5% de RPC) para 7,3 (15% de RPC). Esse fenômeno sugere possíveis interações químicas entre o resíduo e o solo, provavelmente associadas à presença de ferro e sais solúveis, cuja concentração aumenta conforme o teor de RPC. Tais componentes podem formar compostos que acidificam o meio, justificando a queda do pH e a perda da estabilidade estrutural em concentrações mais altas. Para melhor entender esse comportamento, é recomendado a realização de ensaios complementares, como a difração de raios X (DRX).

Embora as misturas RPC-Solo e algumas combinações Solo-RPC-Cal não apresentem viabilidade química e mecânica para aplicações estruturais, a inserção de baixos valores de RPC na estabilização de solos mostra-se como uma alternativa viável. Além disso, o RPC também pode ser aproveitado na engenharia civil como material cimentante suplementar (SCM) e como filler físico. Devido às suas propriedades pozolânicas, o RPC apresenta potencial para substituir parcialmente o cimento Portland em teores de 10% a 20%. Além disso, quando empregado como filler físico, promove a formação de matrizes mais densas e estáveis, o que resulta em maior durabilidade dos compósitos (Jain et al., 2022). Essa aplicação contribui para a redução da pegada de carbono da construção civil ao diminuir a demanda por cimento, inserindo o resíduo em um ciclo produtivo mais sustentável, alinhado aos princípios da economia circular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almuaythir, S., Zaini, M. S. I., & Hasan, M. (2025). Shear strength, compressibility, and consolidation behaviour of expansive clay soil stabilized with lime and silica fume. *Scientific Reports, 15*(1), 26185.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2022). *NBR 12770: Solo coesivo – determinação da resistência à compressão não confinada* (2ª ed.). Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2024). *NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaio de caracterização*. Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011). *NBR* 7222: *Concreto e Argamassa - Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilíndricos.* Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001). *NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação de massa específica.* Rio de Janeiro.

Costa, E. B. C., Barros, B. P., & Costa, M. R. M. M. (2020). Influência da granulometria e do teor de resíduo de polimento de placas cerâmicas na resistência mecânica de matrizes cimentícias. *Matéria (Rio de Janeiro), 25*(04), e-12867.

Costa, T. S. (2024). Estudo do ensaio de compressão simples na estabilização de solo da formação Guabirotuba com a utilização de resíduo de polimento cerâmico e cal. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

Eades, J. L., & Grim, R. E. (1966). A quick test to determine lime requirements for lime stabilization. *Highway research record*, (139).

Huang, J., Kogbara, R. B., Hariharan, N., Masad, E. A., & Little, D. N. (2021). A state-of-the-art review of polymers used in soil stabilization. *Construction and Building Materials*, 305, 124685.

Jain, P., Gupta, R., & Chaudhary, S. (2022). A literature review on the effect of using ceramic waste as supplementary cementitious material in cement composites on workability and compressive strength. *Materials Today: Proceedings, 65*, 871-876.

Killer, R. A., & Rotta, I. S. (2019). A evolução e as estratégias do setor cerâmico no contexto brasileiro. Centro Universitário Hermínio Ometto.

Lacerda, L. A. (2019). Análise do comportamento mecânico de um solo fino tratado com resíduo de polimento cerâmico e cal. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal de Paraná, Curitiba.

Lima, L. F. (2024). Estudo da resistência à tração por compressão diametral na estabilização de um solo da formação Guabirotuba com a utilização de resíduo de polimento cerâmico e cal. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba.

Regasa, H., Jothimani, M., & Oyda, Y. (2023). Subgrade soil stabilization using the Quicklime: a case study from Modjo-Hawassa highway, Central Ethiopia. *International Journal of Geo-Engineering, 14*(1), 17.

Tang, K., Zeng, F., Shi, L., Zhu, L., Chen, Z., & Zhang, F. (2023). Mechanical behavior of hydrated-lime–liquid-stabilizer-treated granular lateritic soils. *Sustainability, 15*(6), 5601.

Wietschel, L., Halter, F., Thorenz, A., Schüppel, D., & Koch, D. (2023). Literature review on the state of the art of the circular economy of Ceramic Matrix Composites. *Open Ceramics, 14,* 100357.

Zanelli, C., Conte, S., Molinari, C., Soldati, R., & Dondi, M. (2021). Waste recycling in ceramic tiles: a technological outlook. *Resources, Conservation and Recycling, 168*, 105289.