

ESCÓRIA DA SIDERURGIA SUBSTITUTA PARA O CIMENTO EM TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO

Felipe Maciel Corrêa ¹
Lucas Medeiros Gabriel ²
Rogerio Siqueira Da Silva ³
Washington Santos Rezende ⁴
Aline Cristina Costa Gomes ⁵

Resumo

O presente artigo trata de um estudo sobre o uso de resíduos de escória da siderurgia para tentar substituir em parte o Cimento Portland no tijolo ecológico, ou tijolo de solo-cimento, que é um dos materiais mais caros e que mais polui na sua fabricação. Volta Redonda possui uma grande produção de escória e esse material muitas vezes é despejado perto da rodovia, leito de rios, causando impacto negativo no meio ambiente. Então a proposta é investigar mais uma possibilidade de usar essa escória na fabricação de outro produto da construção civil. O objetivo geral desse artigo é estudar sobre a substituição parcial do cimento pela escória siderúrgica na produção de tijolos ecológicos. Para isso, foi realizada uma pesquisa de natureza básica, com objetivos exploratórios, quanto a abordagem escolhida é qualitativa e os procedimentos de revisão bibliográfica.

Palavras-chave: Cimento Portland. Resíduo Siderúrgico. Tijolo Ecológico.

Abstract

This article discusses a study on the use of steel slag waste to partially replace cement in soil-cement bricks, which is one of the most expensive and polluting materials in its manufacture. Volta Redonda has a large production of slag, and this material is often dumped near highways and riverbeds, causing a negative impact on the environment. Therefore, the proposal is to investigate another possibility of using this slag in the manufacture of another construction product. The general objective of this article is to study the partial substitution of cement by steel slag in the production of ecological bricks. To this end, basic research was carried out with exploratory objectives, using a qualitative approach and bibliographic review procedures.

Keywords: Portland cement. Steelmaking waste. Ecological brick.

¹ Discente do Curso de Engenharia Civil do UGB-FERP.

² Discente do Curso de Engenharia Civil do UGB-FERP.

³ Discente do Curso de Engenharia Civil do UGB-FERP.

⁴ Discente do Curso de Engenharia Civil do UGB-FERP.

⁵ Mestre em Ensino de Ciências da Saúde e do Meio Ambiente (UniFOA), docente do UGB-FERP.

Introdução

O presente artigo trata de um estudo sobre alternativas sustentáveis na construção civil, buscando formas de como aproveitar materiais que normalmente são jogados fora pelas indústrias, mas que podem ter utilidade em obras. A ideia principal é usar resíduos de escória da siderurgia para tentar substituir em parte o cimento no tijolo de solo-cimento, que é um dos materiais mais caros e que mais polui na sua fabricação.

A delimitação do tema vem da realidade de Volta Redonda, que possui uma grande produção de escória. Esse material muitas vezes é despejado perto da rodovia do e leito de rios, causando impacto no meio ambiente. Então a proposta é investigar se há a possibilidade de usar essa escória no lugar do cimento para produzir tijolos solo-cimento. Assim a pesquisa tratará especificamente sobre: tijolos feitos com substituição parcial do cimento pela escória.

O problema abordado é justamente essa pergunta: será que é possível substituir o cimento pela escória siderúrgica sem perder a qualidade e resistência necessária nos tijolos? Essa é a dúvida principal. Como hipótese inicial, acredita-se que sim, é possível substituir uma parte do cimento pela escória e ainda manter resultados positivos, porque já tem estudos parecidos que mostram aproveitamento da escória. Conforme Barros (2023), foi observado que a substituição parcial do cimento por escória pode chegar até 30% sem grandes prejuízos de resistência, mostrando um caminho viável.

A importância desse estudo está ligada a vários pontos. Na área acadêmica, ajuda a abrir espaço para mais pesquisas de materiais alternativos e sustentáveis. No lado social, reduz o descarte incorreto da escória, evitando problemas de poluição e muitas ambientais. Na construção civil, pode ajudar a diminuir o custo de obras, já que o cimento é caro. E no lado pessoal, ajuda a ter contato direto com pesquisas práticas. Tudo isso mostra que o trabalho não é só uma ideia, mas pode trazer impacto real em diferentes setores.

O objetivo geral desse artigo é estudar sobre a substituição parcial do cimento pela escória siderúrgica na produção de tijolos ecológicos. Para isso, foi realizada uma pesquisa de natureza básica, com objetivos exploratórios, quanto a abordagem

escolhida é qualitativa e os procedimentos de revisão bibliográfica.

1. Cimento Portland e Escória

1.1 *Relação entre cimento e escória*

A redução do consumo de cimento Portland e o reaproveitamento de resíduos industriais são estratégias coerentes com a meta de tornar a construção civil mais sustentável e econômica. Nesse sentido, a busca por materiais alternativos tem sido objeto de diversas pesquisas que visam minimizar os impactos ambientais e otimizar o desempenho dos compósitos cimentícios. De acordo com Farias (2023), a escória de alto-forno (Escória Granulada de Alto-Forno Moída – GGBFS / Escória de Forno Elétrico a Arco – EAF), quando resfriada e moída, apresenta comportamento pozolânico e hidráulico que permite sua utilização como substituto parcial do cimento Portland em misturas.

Além disso, conforme apontam Benitez (2022) e Barros (2023), a escória tem sido testada em diferentes elementos construtivos — entre eles, tijolos e blocos solo-cimentícios — com percentuais de substituição que variam tipicamente entre 0% e 30%.

De forma complementar, Machado (2022) ressalta que o uso de agregados reciclados e adições minerais, como a escória, representa não apenas um avanço tecnológico, mas também uma eficiência no uso do cimento, contribuindo significativamente para a redução de emissões de CO₂ no setor.

1.2 *Propriedades e Caracterização da Escória*

A escória granulada de alto-forno é formada principalmente por óxidos de silício, cálcio e alumínio. Após moagem, seu vidro parcialmente reativo participa da hidratação do cimento, influenciando a microestrutura do compósito. Assim, para aplicação em tijolos solo-cimentícios é imprescindível medir: composição química (por meio de Fluorescência de Raios X - XRF), finura (módulo de finura), teor de perda por

ignição e curva granulométrica, pois esses parâmetros afetam reatividade e desempenho final (RUSSO, 2024).

Além disso, quanto mais fina e mais homogênea a escória, maior tende a ser sua atividade pozolânica; porém a origem industrial (processo da siderúrgica) gera variabilidade — por isso cada lote deve ser caracterizado antes de usar (MESQUITA, 2024).

2. Efeito da Substituição Parcial (0 → 30 %)

A substituição parcial do cimento por escória influencia o desenvolvimento da resistência ao longo do tempo. De modo geral, há leve redução nos ganhos iniciais (7 a 28 dias), mas a resistência a médio e longo prazo (28–90 dias) tende a igualar ou superar o traço-controle, devido à continuidade das reações pozolânicas (KUMAR, 2024; FARIAS, 2023).

Conforme Benitez (2022) e Barros (2023), substituições de até 10% mantêm comportamento semelhante ao traço-controle; entre 10% e 20%, pode ocorrer pequena redução inicial, compensada por ganhos tardios; e entre 25% e 30%, os resultados são positivos quando a escória apresenta boa finura e a cura é adequada. Em estudo prático, Barros (2023) observou que a substituição de 20% proporcionou redução de 5–12% na resistência aos 28 dias, mas houve recuperação total aos 90 dias em comparação ao traço 100% cimento.

3. Absorção, Porosidade e Durabilidade

Quanto às propriedades físicas, a escória pode refinar a microestrutura e reduzir a porosidade capilar se estiver adequadamente finada, o que tende a diminuir a absorção de água dos tijolos (KUMAR, 2024). Entretanto, substituições elevadas, sem o devido controle da relação água/ligante e sem cura adequada, podem provocar aumento de porosidade e absorção (FARIAS, 2023).

Adicionalmente, conforme discutido no *Portal de Livros Abertos USP* (2021–2023), os cimentos com adições minerais, como a escória, apresentam melhor

resistência a ataques por sulfatos e menor permeabilidade a íons agressivos, o que amplia a durabilidade das estruturas e reduz custos de manutenção.

4. Diretrizes Experimentais

Para garantir resultados confiáveis e repetíveis (e atender à norma NBR aplicável), recomenda-se:

1. Caracterização prévia: analisar a escória por XRF, verificar finura, granulometria e limites de Atterberg para garantir uniformidade dos materiais (MESQUITA, 2024).
2. Traços: manter constante a relação água/ligante ou ajustar a trabalhabilidade, registrando as variações observadas (BARROS, 2023).
3. Cura: realizar cura úmida de no mínimo 28 dias, com medições adicionais aos 56 e 90 dias, para avaliar os ganhos pozolânicos (KUMAR, 2024).
4. Ensaios: testar resistência à compressão, absorção de água, massa específica e variação dimensional, utilizando ao menos três amostras por traço (FARIAS, 2023).
5. Análise estatística: calcular média, desvio-padrão e variação percentual em relação ao traço 0%, representando graficamente os resultados (MACHADO, 2022; PORTAL DE LIVROS ABERTOS USP, 2021–2023).

5. Vantagens e Limitações

Entre as principais vantagens do uso de escória destacam-se: redução do consumo de clínquer (menor emissão de CO₂), aproveitamento de resíduos industriais e possibilidade de aumento da durabilidade a longo prazo (KUMAR, 2024). Por outro lado, as limitações incluem a variabilidade do material, necessidade de moagem adequada, controle rigoroso da cura e possível perda de resistência inicial (BENITTEZ, 2022). Em síntese, “o uso de escória é promissor, mas depende de caracterização e boas práticas experimentais” (FARIAS, 2023, p. 6).

Segundo Mesquita (2024, *apud* Russo, 2024), “adicionar GGBFS em percentuais moderados melhora a microestrutura, desde que haja cura úmida”. Em termos práticos, pode-se afirmar que a escória contribui para a densificação do material ao longo do tempo, desde que o processo de cura garanta umidade suficiente (KUMAR,2024).

6. Etapas Experimentais

As etapas da pesquisa serão organizadas de forma prática. Primeiro será feita a caracterização do solo e da escória, incluindo ensaio de granulometria para conhecer a distribuição dos grãos. Depois será realizada a preparação das misturas e a modelagem dos corpos de prova, com diferentes porcentagens, de substituição parcial do cimento pela escória. Em seguida acontece a cura das amostras, seguindo o período estabelecido pelas normas técnicas (7, 14 e 28 dias). Após a cura, os corpos de prova serão submetidos a ensaios laboratoriais, como resistência à compressão e absorção de água. Os parâmetros obtidos em cada ensaio serão organizados em tabelas e gráficos, permitindo comparar as amostras com escória em relação às convencionais.

Para garantir a padronização dos ensaios e a confiabilidade dos resultados, todas as etapas seguem as normas da ABNT.

6.1 Normas Aplicáveis ao Teste do Solo

NBR 7181:16 – Análise granulométrica – estabelece os procedimentos para determinar a distribuição granulométrica do solo, ou seja, a proporção de diferentes tamanhos de partículas (areia, silte, argila) presentes no solo (ABNT, 2016).

NBR 6459:16 – Determinação do limite de liquidez – define como medir o limite de liquidez do solo, ou seja, o teor de água em que o solo passa do estado plástico para o líquido (ABNT, 2016).

NBR 7180:16 – Determinação do limite de plasticidade – define como medir o limite de plasticidade, ou seja, o teor de água em que o solo passa do estado semi-sólido para o estado plástico (ABNT, 2016).

6.2 Normas Aplicáveis ao Estudo da Escória

NBR 12653:14 – Materiais pozolânicos – estabelece os requisitos para materiais pozolânicos, que são materiais inertes que, em contato com água e cal, apresentam propriedades cimentícias (aplicável à escória) (ABNT, 2014).

NBR 16697:18 – Cimento Portland – Define as especificações técnicas do cimento Portland usado em obras, inclusive como ligante em tijolos de solo-cimento (ABNT, 2018).

6.3 Normas aplicáveis ao teste de resistência à compressão

NBR 8492:12 – Resistência à compressão – determinação da resistência à compressão e da absorção de água, trata especificamente dos ensaios laboratoriais de tijolo de solo-cimento (ABNT, 2012).

6.4 Normas aplicáveis ao tijolo de solo-cimento

NBR 10834:12 – Tijolo solo-cimento – Define os critérios de qualidade que os tijolos de solo-cimento precisam atender para serem aceitos em obras, como as dimensões e tolerâncias, resistência à compressão, absorção de água, aparência e a cura (ABNT, 2012).

Considerações Finais

Com o estudo realizado foi possível conhecer os processos e experimentos laboratoriais necessários para a análise dos materiais e da produção de corpos de prova de tijolos de solo cimento e entender que a substituição do cimento utilizado no traço desse tijolo pode ser substituído parcialmente por escória advinda em processo siderúrgico sem que afete na resistência exigida pela norma, sabendo que o solo adequado é muito importante para alcançar tal resistência.

A partir deste entendimento e constatações é indicado que sejam realizados os experimentos laboratoriais relacionados neste artigo como próxima etapa do estudo.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459:2016** – Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. Disponível em: <https://abntcatalogo.com.br/338211>. Acesso em: 16 nov.2025.

_____. **NBR 7180:2016** – Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. Disponível em: <https://abntcatalogo.com.br/338212>. Acesso em: 26 nov.2025.

_____. **NBR 7181:2016** – Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. Disponível em: <https://abntcatalogo.com.br/363098>. Acesso em: 13 nov.2025.

_____. **NBR 8492:2012** – Tijolo de solo-cimento – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. Disponível em: <https://abntcatalogo.com.br/279746>. Acesso em: 18 nov.2025.

_____. **NBR 10834:2012** – Tijolo de solo-cimento – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. Disponível em: <https://abntcatalogo.com.br/279748>. Acesso em: 15 nov. 2025.

_____. **NBR 12653:2014** – Materiais pozolânicos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. Disponível em: <https://abntcatalogo.com.br/315317>. Acesso em: 15 nov.2025.

_____. **NBR 16697:2018** – Cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. Disponível em: <https://abntcatalogo.com.br/408832>. Acesso em: 16 nov.2025.98. Acesso em: 13 nov.2025.

BARROS, R. **Análise do desempenho mecânico de tijolos solo-cimento com adição de escória granulada de alto-forno**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

BENITTEZ, L. **Estudo da substituição parcial do cimento Portland por escória de alto- forno em materiais de alvenaria sustentável**. Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade, v. 4, n. 2, p. 45–58, 2022.

FARIAS, J. P. **Uso de escória siderúrgica moída como adição mineral em compósitos cimentícios**. Revista Materiais e Construção, v. 12, n. 3, p. 120–134, 2023.



KUMAR, A. G. **Utilização sustentável de pó de forno de cimento e GGBS na produção de materiais cimentícios**. Revista REM, v. 330, p. 127–140, 2024.

MACHADO, L. C. **Concretos com agregados reciclados: eficiência no uso do cimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003728024>. Acesso em: 2 nov. 2025.

MESQUITA, R. **Caracterização e comportamento de escórias siderúrgicas em misturas cimentícias**. Relatório Técnico – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2024.

PORTAL DE LIVROS ABERTOS USP. **Avanços Recentes em Ciências da Engenharia: materiais cimentícios e sustentabilidade**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2023. Disponível em: <https://livrosabertos.sibi.usp.br/>. Acesso em: 2 nov. 2025.

RUSSO, M. **Propriedades químicas e mineralógicas da escória de alto-forno aplicada em concretos e argamassas**. Revista Engenharia Aplicada, v. 9, n. 1, p. 55–67, 2024.