

Received:
September 5, 2025

Accepted:
October 31, 2025

Published:
October 31, 2025

Correlation between Compressive Strength and Cement Content in Soil-Cement Blocks

Demisson Renato Ferreira¹ , João Luiz da Cruz Junior² , Lucas Felype Silva² ,
Luís Otávio Rocha Porto² , Frank Alison de Carvalho² , Rosana Passos Cambraia² , Bernat Vinolas Prat² 

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brasil.

² Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Brasil.

Email address

Demisson.renato@ufvjm.edu.br (Demisson R. Ferreira) – Corresponding author.
joao.luiz@ufvjm.edu.br (João L.C. Junior)
Lucas.felype@ufvjm.edu.br (Lucas F. Silva)
luis.porto@ufvjm.edu.br (Luís O.R. Porto)
frank.carvalho@ict.ufvjm.edu.br (Frank A. Carvalho)
rosa.cambraia@ufvjm.edu.br (Rosana P. Cambraia)
bernat.vinolas@ict.ufvjm.edu.br (Bernat V. Prat)

Abstract

This study investigates the correlation between the compressive strength of soil-cement blocks and the cement content in their mixture. A systematic literature review was conducted, collecting data from 12 scientific articles, resulting in 87 studies. The selected studies provided important information on the cement content, compressive strength, and casting characteristics of the blocks. The data were organized and statistically analyzed using Microsoft Excel 2019. A linear regression model was applied to evaluate the relationship between cement content and compressive strength measured at 28 days of curing. The results indicate a positive correlation (Pearson's correlation coefficient, $r = 0.589$) as described in the literature, suggesting that increasing cement content generally improves compressive strength. However, the results also reveal that other factors, such as soil type, compaction pressure, curing conditions, and moisture content, significantly influence the improvement in block performance. This research contributes to the optimization of soil-cement formulations, promoting more sustainable construction practices, minimizing cement consumption, and ensuring structural integrity. Limitations of the study include the variability in experimental conditions between the reviewed studies and the reliance on secondary data. Future research should incorporate experimental investigations to validate and expand on these results.

Keywords: Correlation, Soil-Cement, Cement, Sustainable construction.

1. Introdução

A indústria da construção é um dos principais contribuintes para os impactos ambientais globais, consumindo quantidades significativas de recursos naturais não renováveis e gerando grandes volumes de resíduos sólidos (Hossain e Thomas, 2019). Estima-se que o setor seja responsável por aproximadamente 40% do esgotamento de recursos naturais, 18% das emissões de gases de efeito estufa e 25% da produção mundial de resíduos (Faleschini et al., 2023). Diante desse cenário, os blocos de solo-cimento destacam-se como uma alternativa construtiva sustentável, caracterizada por sua

simplicidade de produção, menor consumo de recursos escassos e redução de impactos ambientais. Esses blocos têm ampla aplicação em habitações de interesse social, edificações rurais, pavimentação de vias locais e obras de contenção, oferecendo uma solução de baixo custo e alto potencial de replicação.

Os blocos de solo-cimento são unidades modulares e intertravadas, compostas por uma mistura prensada de solo, cimento e água (Leão et al., 2022). Essa técnica consolidou-se como uma solução eficiente e ambientalmente responsável, promovendo a sustentabilidade ao reduzir o consumo de materiais convencionais, diminuir

custos e acelerar o processo construtivo (Leonel et al., 2017). A norma EN 14227-10 (2006) define o solo-cimento como a mistura de solo com cimento e, quando necessário, outros componentes secundários, visando alcançar maior integridade estrutural, medida por meio de testes de resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade.

No Brasil, normas técnicas como a NBR 8492 (ABNT, 2012a), NBR 12023 (ABNT, 2012b) e NBR 12253 (ABNT, 2012c) orientam os processos de preparação, dosagem e ensaios de resistência de blocos de solo-cimento, assim como padrões internacionais, como as normas americanas ACI 230.1R-09 (2009), ASTM D1632 (2017) e ASTM C67-94 (1994), as normas europeias EN 12390-3 (2009) e as asiáticas como a *Bureau of Indian Standards* (1992). Apesar da existência desses regulamentos, ainda não há consenso internacional sobre os procedimentos de ensaio para blocos de solo-cimento, o que diferencia essa técnica de outras unidades de alvenaria (Morel, Pkla e Walker, 2007).

A resistência à compressão destaca-se como uma das propriedades mais críticas na avaliação da qualidade e durabilidade de blocos de solo-cimento (Dos Santos et al., 2023). Essa resistência é diretamente influenciada pela densidade obtida com o esforço de compactação e pelo teor de cimento, havendo, em muitos casos, uma relação linear entre esses fatores (Morel, Pkla e Walker, 2007). Por outro lado, o aumento do teor de umidade e de argila no solo tende a reduzir a resistência dos blocos (Morel, Pkla e Walker, 2007). A resistência à compressão (R_c) é definida como a carga máxima suportada pelo corpo de prova durante o ensaio, dividida pela área de sua seção transversal, sendo um dos métodos mais confiáveis e amplamente utilizados para avaliar o desempenho de concreto e blocos de solo-cimento (Al Biajawi et al., 2022). A Figura (1) ilustra um ensaio de resistência à compressão realizado em um corpo de prova.

A resistência a compressão (R_c), é o maior estresse que a amostra pode suportar durante compressão, sendo determinada a partir da equação (1):

$$R_c = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Onde:

R_c : é a força resistente da amostra (MPa);

F : é a força que destrói a amostra (N);

S : é a seção transversal da amostra comprimida perpendicular à direção da força (mm²).



Figura 1 – Ensaio de resistência à compressão (Souza et al., 2006)

Embora existam normas específicas, sua aplicação prática enfrenta desafios relacionados ao treinamento de profissionais e ao monitoramento adequado dos processos de produção, fatores essenciais para garantir a conformidade e a qualidade dos blocos de solo-cimento. Além disso, a composição e a qualidade do solo são determinantes para a resistência e a durabilidade dessas unidades. Parâmetros como granulometria, plasticidade, teor de argila, entre outros, também influenciam significativamente o desempenho do material (Fonseca, 2018).

O cimento Portland é o ligante mais comumente empregado na produção de blocos de solo-cimento (Tariq e Yanful, 2013; Jegandan et al., 2010), porém, sua quantidade utilizada é consideravelmente menor quando comparada ao concreto convencional, tornando o processo mais econômico e ambientalmente viável. A adição de aditivos, como areia, fibras ou estabilizantes químicos, pode melhorar propriedades específicas dos blocos, permitindo a personalização de características como resistência mecânica e impermeabilidade.

A flexibilidade na dosagem de cimento permite que cada país estabeleça suas próprias normas técnicas e parâmetros de qualidade, adaptando-os às características locais e aos requisitos específicos de cada aplicação (Reddy e Nanjunda, 2007). A variação do teor de cimento é uma prática comum para ajustar a resistência e a durabilidade dos blocos, mas requer uma abordagem cuidadosa, pois impacta não apenas a resistência à compressão, mas também propriedades como absorção de água e longevidade do material (Reddy e Gupta, 2005; Walker e Stace, 1997). Além disso, fatores como tipo de solo, técnica de compactação, tempo de cura e uso de aditivos tornam a análise da correlação entre resistência e

teor de cimento uma tarefa complexa (Oliveira, 2020).

Compreender essa correlação é essencial para o desenvolvimento de práticas construtivas mais eficientes e sustentáveis, visto que os blocos de solo-cimento são produzidos com materiais locais e apresentam baixo consumo energético (Luo et al., 2021). A redução do uso de cimento é uma estratégia ambientalmente relevante, considerando que sua fabricação é responsável por aproximadamente 5 a 8% das emissões globais de CO₂ (Henriques, 2011).

Apesar dos avanços nas pesquisas sobre blocos de solo-cimento, ainda existem lacunas importantes na literatura. Primeiramente, observa-se uma carência de estudos que consolidem sistematicamente dados experimentais sobre a relação entre teor de cimento e resistência à compressão, especialmente diante da diversidade de solos, métodos de compactação e condições de cura. Além disso, muitos trabalhos analisam apenas contextos locais e utilizam metodologias distintas, o que dificulta a comparação direta de resultados. Outra limitação frequente é a ausência de análises estatísticas robustas, capazes de estabelecer modelos preditivos ou diretrizes práticas para a otimização de dosagens. Portanto, há necessidade de estudos que organizem e analisem criticamente esse corpo de conhecimento — como o que o presente trabalho propõe — a fim de fornecer subsídios técnicos para formulações mais eficientes e sustentáveis na construção civil.

Assim, este estudo tem como objetivo investigar a correlação entre o teor de cimento e a resistência à compressão de blocos de solo-cimento, por meio de uma revisão sistemática da literatura e análise estatística de dados extraídos de diversos estudos acadêmicos. Compreender essa relação é essencial para otimizar a formulação dos blocos, garantir a qualidade estrutural e, ao mesmo tempo, promover práticas construtivas sustentáveis, alinhadas aos desafios ambientais e econômicos contemporâneos.

2. Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão sistemática da literatura, cujo objetivo foi investigar a correlação entre a resistência à compressão de blocos de solo-cimento e o teor de cimento nas misturas. A abordagem metodológica

seguir etapas bem definidas, conforme descrito a seguir.

2.1. Estratégia de busca e seleção de estudos

A coleta de dados foi realizada entre o primeiro e o segundo semestres de 2024, inicialmente utilizando o banco de dados Google Acadêmico. No entanto, para garantir maior abrangência e robustez, também foram consultadas as bases Scopus e Web of Science, reconhecidas pela qualidade e indexação de periódicos científicos relevantes na área de engenharia civil. Os seguintes termos foram utilizados como descritores principais: “solo-cimento”, “blocos de solo-cimento”, “resistência à compressão” e “teor de cimento”. Essa estratégia buscou maximizar a busca de estudos pertinentes, ao mesmo tempo em que minimizou a exclusão de trabalhos relevantes.

2.2. Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos no estudo artigos científicos, dissertações e teses que atendessem aos seguintes critérios:

- Apresentassem dados explícitos sobre o percentual de cimento utilizado na mistura, expresso em volume ou massa;
- Informassem valores de resistência à compressão, com unidades padronizadas (MPa);
- Indicassem o tipo de molde utilizado na fabricação dos blocos;
- Fornecessem dados referentes à idade de cura dos blocos, padronizada em 28 dias.

Foram excluídos:

- Estudos que não apresentassem dados completos ou claros sobre as variáveis de interesse;
- Trabalhos cuja resistência fosse avaliada em corpos de prova sem relação direta com blocos de solo-cimento.

2.3. Coleta de dados e processamento

Os dados extraídos de cada estudo selecionado foram organizados em uma planilha no *software Microsoft Excel 2019*, contendo os seguintes parâmetros:

- Identificação da referência;
- Área da seção de aplicação da força (m²);
- Teor de cimento em massa na mistura (%);
- Teor de argila em massa no solo (%);
- Valor de resistência à compressão (MPa).

Nos casos em que o teor de cimento foi apresentado em volume, procedeu-se à conversão para percentual em massa, utilizando valores de massa específica de 1.400 kg/m³ para o cimento e aproximadamente 1.600 kg/m³ para o solo arenoso, conforme procedimentos sugeridos por Morel et al. (2007).

Para estudos com dados incompletos, a estratégia adotada foi: se um dos dois principais itens de dados (teor de cimento ou resistência) estivesse ausente, o estudo não era incluído na análise.

Ao final, foram selecionados 12 estudos, totalizando 87 dosagens avaliadas, garantindo representatividade e diversidade suficientes para a análise estatística proposta.

2.4. Análise estatística

Os dados organizados foram submetidos a análise estatística no próprio Excel 2019. Foram calculadas as seguintes métricas:

- Médias aritméticas de resistência para diferentes faixas de teor de cimento;
- Desvios padrão, para avaliação da dispersão;

Coefficiente de correlação linear (r), conforme modelo de regressão linear simples descrito por Henriques (2011). O coeficiente (r) deve ser um valor positivo e próximo de 1. Nesse caso, espera-se resultados que indiquem que quanto maior é a quantidade de aglomerante utilizada, maior será a resistência à compressão obtida. A formulação da reta de regressão é $Y = A + BX$ e permite conhecer qual a resistência teórica do bloco de solo-cimento em MPa (variável dependente Y) em função da porcentagem de aglomerante (variável independente X). O objetivo de apresentar esta reta de regressão é poder conhecer de forma teórica qual será a resistência do bloco em função da quantidade de cimento utilizada. Os cálculos foram realizados através de funções presentes no Excel.

O estudo se concentrou na análise quantitativa e não abordou questões qualitativas, como a durabilidade dos blocos. Logo, a adaptação desta ferramenta estatística à realidade do estudo, contribui para uma análise mais precisa, relevante e confiável, proporcionando uma base para a interpretação dos resultados e conclusões sobre a correlação entre a porcentagem de cimento e a resistência à compressão nos blocos de solo-cimento.

2.5. Limitações metodológicas

Embora esta revisão tenha seguido critérios rigorosos, algumas limitações metodológicas devem ser reconhecidas:

A heterogeneidade nos procedimentos experimentais dos estudos incluídos (tipos de solo, métodos de compactação, tempos de cura) pode ter influenciado a variabilidade dos dados;

A conversão de unidades, embora cuidadosamente realizada, pode ter introduzido pequenas imprecisões;

A opção por não incluir dados incompletos reduziu o volume total de estudos analisados, mas buscou preservar a qualidade e confiabilidade da análise.

Estas limitações não comprometem a validade do estudo, mas indicam a necessidade de futuras pesquisas experimentais controladas para complementar e validar os achados aqui obtidos.

3. Resultados e discussão

Nesta seção, são apresentados os resultados relevantes referentes à relação identificada entre o percentual de cimento e a resistência à compressão. Gráficos e tabelas são utilizados para ilustrar os padrões observados.

A variável temporal “idade de cura dos blocos” foi padronizada em 28 dias, permitindo uma compreensão mais abrangente e linear da evolução das propriedades mecânicas.

Os resultados obtidos na busca bibliográfica sobre blocos de solo-cimento estão organizados no Tabela (1). Quando determinado artigo científico não apresentou todos os dados necessários para o preenchimento do quadro, foi utilizada a sigla “NC” (não consta).

Nomenclatura	Área da seção de aplicação da força (mm ²)	Cimento em peso (%)	Argila no solo em peso (%)	Resistência a compressão (MPa)	Referências
1.1	43600	4,00	5,40	5,00	(Reddy, Richardson e Nanjunda, 2007)
1.2			10,90	5,56	
1.3			16,30	8,33	
1.4			21,70	5,30	
1.5		8,00	5,40	8,10	
1.6			10,90	9,77	
1.7			16,30	12,04	
1.8			21,30	9,36	
1.9		5,80	12,70	8,34	
2.1	22500	6,00	9,00	3,13	(Reddy e Gupta, 2005)
2.2		8,00		5,63	
2.3		12,00		7,19	
2.4		3,60	4,00	1,54	
2.5			8,00	1,14	
2.6			16,00	0,55	
2.7		7,30	4,00	3,42	
2.8			8,00	2,70	
2.9			16,00	1,92	
2.10			24,00	1,26	
2.11		11,00	4,00	6,76	
2.12			8,00	5,40	
2.13			16,00	2,70	
2.14			24,00	2,00	
3.1	31200	8,00	NC	8,34	(Khedari, Watsanasathap o e Hirunlabh, 2005)
3.2				5,79	
3.3				5,20	
3.4				4,70	
3.5				5,09	
3.6				4,50	
3.7				3,90	
3.8				5,03	
3.9				4,17	
3.10				3,88	
3.11				4,58	
3.12				3,81	
3.13				3,05	
3.14				2,29	
3.15				1,98	
3.16				1,91	
3.17				1,67	
3.18				1,58	
3.19				1,50	
4.1	43600	6,00	9,00	3,13	(Reddy e Gupta, 2006)
4.2		8,00		5,63	
4.3		12,00		7,19	
5.1	43600	12,00	NC	5,40	(Reddy e Gupta, 2008)
5.2				5,22	
5.3				3,30	
5.4				5,94	

Nomenclatura	Área da seção de aplicação da força (mm²)	Cimento em peso (%)	Argila no solo em peso (%)	Resistência a compressão (MPa)	Referências
5.6				4,45	
5.7				2,04	
6.1	31200	10,00	52,00	2,79	(Vilela et al., 2020)
6.2				3,38	
7.1	45000	7,30	40,00	3.12	(França et al., 2018)
7.2			50,00	3,87	
7.3			60,00	4.37	
7.4			90,00	3,25	
8.1	5200	5,00	NC	2,50	(Eko e Riskowski, 2001)
8.2				1,00	
8.3				1,25	
8.4		10,00		4,00	
8.5				2,80	
8.6				2,00	
8.7		15,00		5,00	
8.8				4,00	
8.9				3,75	
9.1	31200	15,00	8,80	12.20	(Kongkajun et al., 2020)
9.2			9,70	18,00	
9.3				13,80	
9.4				13,50	
9.5			17,80	15,00	
9.6				10,60	
9.7				10,30	
9.8	31200	15,00	18,70	13,00	
9.9				10,70	
10.1	31200	5,00	35 (cal + argila)	5,80	(Rocha et al., 2021)
10.2		7,50		7,10	
10.3		10,00		8,10	
11.1	22500	3,60	10 a 20	3,79	Motta et al., 2014)
12.1	29700	3.6	30,00	1,74	(Nascimento et al., 2021)
12.2		7h30		2.20	
12.3				1,70	
12.4				1,38	
12.5		11,10		1,85	
12.6				1,56	

Tabela 1 – Informações referentes aos blocos de solo-cimento encontrados na bibliografia.

A partir da visualização da Tabela (1), nota-se que a resistência à compressão está em função da porcentagem de cimento e argila no solo. A medida que se aumenta a quantidade de cimento na mistura, mantendo a porcentagem de argila no solo constante, a resistência à compressão tende a aumentar, como evidenciado por Reddy e Gupta (2006). Já quando mantemos a porcentagem de

cimento constante e aumentamos a quantidade de argila no solo, a resistência tende a cair um pouco, como dito por Kongkajun et al., (2020).

A partir do gráfico na Figura (2), é possível visualizar os valores médios de resistência à compressão, tanto quanto seus desvios padrões de acordo com os intervalos de porcentagem de cimento.

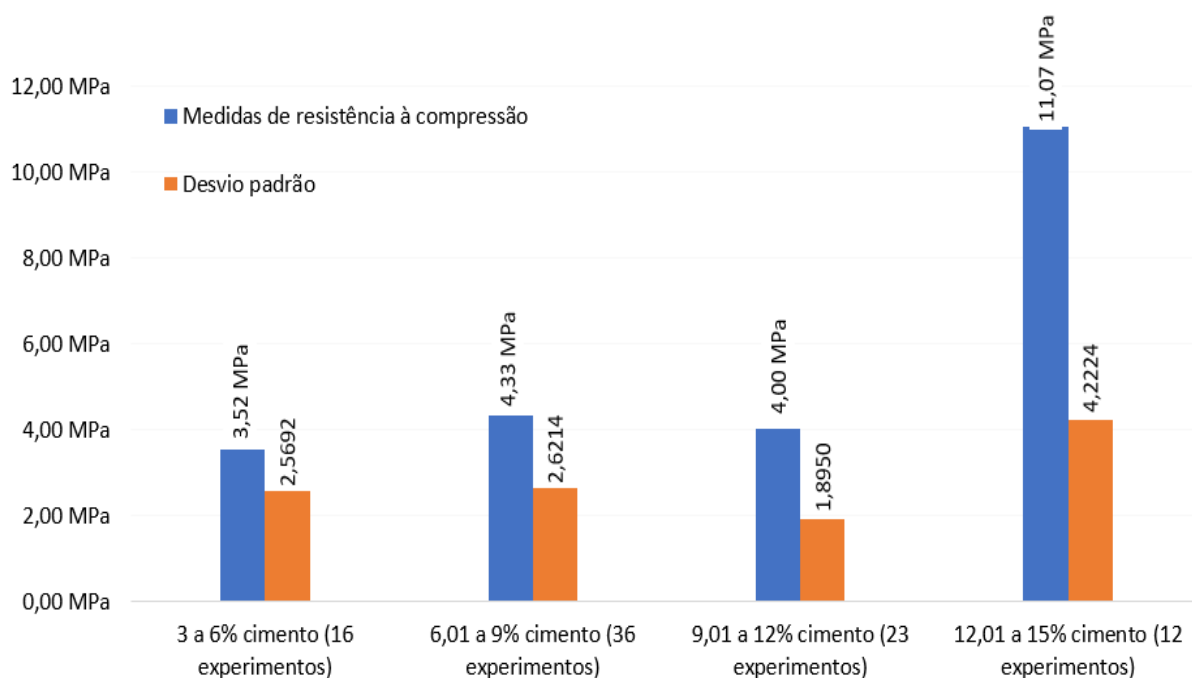


Figura 2 – Médias de resistência à compressão com o teor de cimento.

Ao examinar os dados, existem variações notáveis nas propriedades dos materiais, abrangendo aspectos físicos, mecânicos e químicos. Essa diversidade de características identificadas nos valores médios destaca tendências significantes, as quais podem desempenhar um papel fundamental na orientação de decisões práticas e aplicação eficaz desses blocos de solo-cimento.

Os valores analisados fornecem informações importantes sobre as características dos materiais avaliados. Após esta análise, foi constatada uma correlação que tende a ser positiva entre a porcentagem de cimento na mistura e a sua resistência à compressão. Essa tendência, contudo, não é linear em toda a faixa de teores avaliados. Observa-se que, entre 6,01% e 9% de cimento, as resistências médias foram ligeiramente superiores às obtidas no intervalo de 9,01% a 12%, comportamento também perceptível na Figura (3). Essa variação indica que, embora o aumento do teor de cimento contribua, em geral, para o ganho de resistência, outros fatores experimentais, como tipo de solo, compactação e umidade, podem ter influenciado a dispersão dos resultados.

A escolha da porcentagem de cimento em uma mistura não depende apenas do aumento da resistência, mas também de uma análise abrangente que leve em consideração outros aspectos relevantes para o projeto ou aplicação.

No gráfico da Figura (3) observam-se os valores da resistência à compressão do bloco de solo-cimento em função da porcentagem de cimento, juntamente com a reta de estimativa de comportamento do material.

Nota-se que para a porcentagem de 0,0% de cimento, a reta de ajuste empírico apresenta valor negativo de (-1,1261); contudo, não existe

resistência à compressão negativa. Esse valor resulta apenas da extrapolação matemática da estimativa de comportamento e não representa um comportamento físico real. A reta evidencia a tendência observada experimentalmente entre o aumento do teor de cimento e o acréscimo médio de resistência.

O coeficiente de correlação (r) obtido entre a porcentagem de aglomerante e a resistência à compressão aos 28 dias é de 0,589 indicando uma correlação moderada (Henriques, 2011) positiva entre as duas variáveis. A hipótese considerada é que a resistência à compressão do bloco de solo-cimento depende de outros fatores além da quantidade de cimento. Alguns desses fatores podem ser:

1. Pressão de compactação, que depende basicamente do equipamento utilizado;
2. Tipo de solo utilizado;
3. Processo de cura;
4. Umidade de compactação.

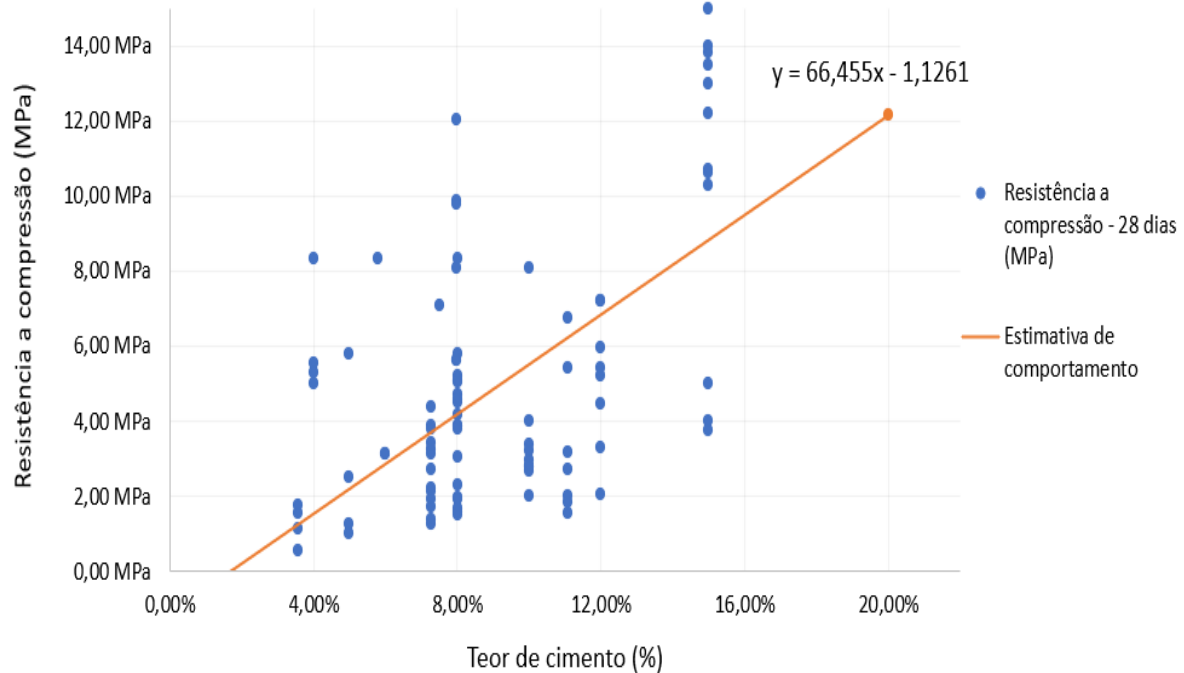


Figura 3 – Correlação entre a resistência à compressão em função do teor de cimento.

A reta de regressão teórica da resistência à compressão do bloco de solo-cimento em função da porcentagem de aglomerante é a mostrada na equação (2):

$$Y = -1,1261 + 66,455X \quad (2)$$

Onde:

Y: Resistência à compressão do bloco de solo-cimento aos 28 dias (MPa)

X: Porcentagem de aglomerante utilizado.

Se observa de forma teórica que utilizando 10% de cimento (valores habituais para produção de blocos de solo-cimento) a resistência à compressão em média é de 3,55 MPa. De acordo com reta modelo teórico, quando assumimos a porcentagem de 10% de cimento, X igual a 0,10. A Equação (3) nos retorna:

$$Y = -1,1261 + 66,455 \times 0,10 = 5,519 \text{ MPa} \quad (3)$$

Valor este maior que o obtido na prática, devido as diversas variações no processo de fabricação de blocos de solo-cimento.

Além disso, foi avaliada a dispersão dos resultados em relação à curva de ajuste proposta, observando-se que parte dos dados apresenta variações significativas em torno da reta de regressão. Essa dispersão reflete a influência de

diferentes metodologias de compactação, solos e condições de cura relatadas nos estudos originais, reforçando o caráter empírico do modelo ajustado e a necessidade de investigações experimentais controladas para reduzir essa variabilidade.

A análise estatística dos dados confirmou a correlação positiva entre a porcentagem de cimento e a resistência à compressão. Isso indica que, em geral, o aumento da porcentagem de cimento resulta em maior resistência à compressão.

A correlação positiva encontrada está conforme a reta modelo, destacando o papel eficaz do cimento como agente aglomerante. No entanto, a dispersão dos dados ressalta a complexidade do processo de fabricação. É necessário notar que outros fatores também exercem influência nesse contexto, como a qualidade do solo, umidade de compactação, técnica de compactação e o tempo de cura, que neste estudo foi utilizado para fins de comparação, os blocos foram testados aos 28 dias, além de novas técnicas atuais para substituição e ou complementação do cimento e solo, com a utilização de aditivos na mistura para fabricação dos blocos de solo-cimento.

O presente estudo apresenta limitações como a diversidade de condições experimentais encontradas nos artigos analisados, mediante diferentes formas de compactação, diversidade de características de solos de diferentes regiões, entre

outras mais, o que pode impactar na consistência dos resultados obtidos, sendo necessário atentar às especificidades, como a variabilidade dos tipos de solo empregados e as condições de cura adotadas nos experimentos. É importante destacar que certos elementos podem desempenhar um papel relevante na resistência à compressão, como a compactação do solo, a técnica, quando empregada de forma inadequada ou não uniforme, pode resultar em variações significativas na densidade do solo-cimento e, conseqüentemente, na sua resistência.

Essas limitações, embora reconhecidas, não invalidam o estudo, mas demandam uma interpretação cuidadosa e uma aplicação criteriosa dos resultados, contribuindo para uma contextualização adequada dos resultados, enriquecendo a discussão sobre a correlação entre a porcentagem de cimento e a resistência à compressão em blocos de solo-cimento.

A compreensão da correlação de características específicas do bloco de solo-cimento, apresenta implicações práticas substanciais no setor da construção civil. Este conhecimento pode ser fundamental para aprimorar os procedimentos de sua fabricação, resultando na produção de blocos mais robustos e duráveis. Além disso, essa compreensão tem o potencial de promover práticas construtivas sustentáveis, uma vez que a otimização da mistura de solo-cimento pode não apenas melhorar o desempenho estrutural no geral, mas também reduzir o consumo de materiais e, conseqüentemente, o custo e o impacto ambiental associado a ele.

Essa perspectiva integrada, que alia eficiência estrutural e responsabilidade ambiental, destaca a relevância prática e os potenciais benefícios que surgem do estudo sobre a correlação entre a composição da mistura e as propriedades mecânicas dos blocos de solo-cimento.

6. Conclusão

O presente estudo confirmou a existência de uma correlação positiva moderada ($r = 0,589$) entre o teor de cimento e a resistência à compressão de blocos de solo-cimento, com base em uma revisão sistemática da literatura envolvendo 12 estudos e 87 diferentes misturas. Essa relação demonstra que o aumento do teor de cimento tende a melhorar o desempenho mecânico dos blocos, em função da maior coesão e densificação do material.

Observou-se, contudo, que a resistência à compressão não depende exclusivamente do teor de cimento, mas também de fatores como tipo de solo, intensidade de compactação, condições de cura e teor de umidade. Isso reforça a necessidade de abordagens integradas que considerem a influência conjunta dessas variáveis no processo de formulação.

Apesar dos benefícios do acréscimo de cimento, há limites práticos e ambientais para seu uso. Assim, recomenda-se buscar formulações que maximizem o desempenho mecânico com o menor consumo possível de cimento, favorecendo a sustentabilidade na construção civil.

Recomenda-se ainda a aplicação de modelos estatísticos mais robustos e experimentos controlados para aprimorar a precisão das análises e reduzir a variabilidade dos resultados. Pesquisas futuras também devem investigar a durabilidade dos blocos e o uso de materiais alternativos que mantenham o desempenho estrutural e reduzam o impacto ambiental.

De forma geral, o estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre a relação entre teor de cimento e resistência à compressão, fornecendo subsídios técnicos para o desenvolvimento de práticas construtivas mais eficientes, econômicas e sustentáveis.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio contínuo (processo nº 310398/2022-3 e Processo nº 23086.043183/2025-17 Bolsista do CNPq - Brasil) às suas atividades de pesquisa. Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e, mais especificamente, ao Programa de Pós-Graduação em Saúde, Sociedade e Ambiente (SaSA) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012a. *NBR 8492: Tijolo de solo-cimento: análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio*. Rio de Janeiro: ABNT.

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012b. *NBR 12023: Solo-cimento – Ensaio de compactação*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012c. *NBR 12253: Solo-cimento: dosagem para emprego como camada de pavimento – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ACI – American Concrete Institute, 2009. *ACI 230.1R-09: Report on soil-cement*. Farmington Hills: American Concrete Institute.
- Al Biajawi, M.I., Embong, R., Muthusamy, K., Ismail, N. and Obianyo, I.I., 2022. *Recycled coal bottom ash as sustainable materials for cement replacement in cementitious composites: a review*. *Construction and Building Materials*, 338, p.127624.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127624>
- ASTM – Sociedade Americana de Testes e Materiais, 1994. *ASTM C67-94: Standard test methods for sampling and testing brick and structural clay tile*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM – Sociedade Americana de Testes e Materiais, 2017. *ASTM D1632-07: Practice for making and curing soil-cement compression and flexure test specimens*. West Conshohocken: ASTM International.
- Bureau of Indian Standards, 1992. *IS 3495-1 to 4: Methods of test for burnt clay building brick*. New Delhi: BIS.
- Dos Santos, C.M., Souza, A.A.F., Oliveira, H.A., Melo, L., Almeida, V.G.O. and Melo, F.M.C. de, 2023. *Estudo da influência de parâmetros de processo na produção de tijolos de solo-cimento*. *Cerâmica Industrial*, 28(1), p.e162801.
<https://doi.org/10.4322/cerind.2024.025>
- Eko, R.M. and Riskowski, G., 2001. *A procedure for processing soil-cement mixtures with sugarcane bagasse*. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*, 3, pp.1-11. Available at: <<https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/04ffca40-57f5-4a60-a0da-cf007204c725/content>> [Accessed 29 May 2025].
- EN – European Standard, 2006. *EN 14227-10. Hydraulically bound mixtures – Specifications – Part 10: soil treated by cement*. CEN – European Committee for Standardization.
- EN – European Standard, 2009. *BS EN 12390-3. Testing hardened concrete – Part 3: compressive strength of test specimens*. London: BSI – British Standard.
- Faleschini, F., Trento, D., Zanini, M.A. and Pelegriño, C.C., 2023. Mechanical strength and environmental sustainability of EAF concrete. In: Biondini, F. and Frangopol, D.M., 2023. *Life Cycle of Structures and Infrastructure Systems*, 1st ed. pp. 2455–2462. London: CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003323020>
- Fonsêca, N.J.M., 2018. *Potencial para substituição de cimento por cal em tijolos de solo-cimento com incorporação de cerâmica de reuso*. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- França, B.R., Azevedo, A.R.G., Monteiro, S.N., Filho, F.C.G., Marvila, M.T., Alexandre, J. and Zanelato, E.B., 2018. *Durability of Soil-Cement Blocks with the Incorporation of Limestone Residues from the Processing of Marble*. *Materials Research*, 21(Suppl.1), p.e20171118.
<https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2017-1118>
- Henriques, C., 2011. *Análise de regressão linear simples e múltipla*. Viseu: Departamento de Matemática, Escola Superior de Tecnologia de Viseu, Portugal.
- Hossain, M.U. and Ng Thomas, S., 2019. *Influence of waste materials on buildings' life-cycle environmental impacts: adopting resource recovery principle*. *Resources, Conservation and Recycling*, 142, pp. 10–23.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.11.010>
- Jegandan, S., Liska, M., Osman, A.A. and Al-Tabbaa, A., 2010. *Sustainable binders for soil stabilisation*. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Ground Improvement*, 163(1), pp. 53-61. <https://doi.org/10.1680/grim.2010.163.1.53>
- Khedari, J., Watsanasathapho, P. and Hirunlabh, J., 2005. *Development of fiber-based soil-cement block*

- with low thermal conductivity. *Cement & Concrete Composites*, 27(1), pp.111–116.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.02.042>
- Kongkajun, N., Edward, A.L., Pitcharat, I., Wichit, P., Benya, C. and Chakartnarodom, P., 2020. *Soil-cement bricks produced from local waste clay bricks and soft sludge from fibercement production*. *Case Studies in Construction Materials*, 13.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00448>
- Leão, A.S., Araújo, M.C., Jesus, T.B. and Almeida, E.S., 2022. *Is soil-cement brick an ecological brick? An analysis of environmental and energetic performance via life-cycle assessment of masonry walls*. *Sustainability*, 14(19), p.12735.
<https://doi.org/10.3390/su141912735>
- Leonel, R.F., Folgueras, M.V., Valentina, L.V.O.D., Prim, S.R., Prates, G.A. and Caraschi, J.C., 2017. *Characterization of soil-cement bricks with incorporation of used foundry sand*. *Cerâmica*, 63(367), pp. 329-335.
<https://doi.org/10.1590/0366-69132017633672131>
- Luo, W., Shu, L., Yuan, J., Xiwen, G., Yunfeng, H., Dongdong, H. and Bo, L., 2021. *Use of dehydrated extracted soil in concrete blocks produced with Portland cement or alkali-activated slag: engineering properties and sustainability*. *Case Studies in Construction Materials*, 15, p.e00760.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00760>
- Nascimento, E.S.S., Souza, P.C. de, Oliveira, H.A. de, Melo Júnior, C.M.M., Almeida, V.G. de O. and Melo, F.M.C. de., 2021. *Soil-cement brick with granite cutting residue reuse*. *Journal of Cleaner Production*, 321, p. 129002.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129002>
- Motta, J.C.S.S., Morais, P.W.P., Rocha, G.N., Tavares, J.C., Gonçalves, G.C., Chagas, M.A., Mageste, J.L. and Lucas, T.P.B., 2014. *Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis*. *E-XACTA*, 7(1), pp.13-26.
<http://dx.doi.org/10.18674/exacta.v7i1.1038>
- Morel, J.C., Pakla, A. and Walker, P., 2007. *Compressive strength tests of rammed earth blocks*. *Construction and Building Materials*, 21(2), pp. 303-309.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.08.021>
- Oliveira, D.N., 2020. *Análise da viabilidade de tijolos de solo-cimento ecológicos na construção civil: uma revisão bibliográfica*. Dissertação. Universidade Federal Rural do Semiárido. Available at:
<https://repositorio.ufersa.edu.br/items/7707130a-c0e5-43f7-a28d-0be663bc42fb> [Accessed 29 May 2025].
- Reddy, B.V.V., Richardson, L. and Nanjunda Rao, K.S., 2007. *Improvement of bond strength and characteristics of soil-cement block masonry*. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19(2), pp. 164–172. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2007\)19:2\(164\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2007)19:2(164))
- Reddy, B.V.V. and Gupta, A., 2006. *Tensile strength of soil-cement block masonry using soil-cement mortars*. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 18(1), pp.36-45.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2006\)18:1\(36\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2006)18:1(36))
- Reddy, B.V.V. and Gupta, A., 2008. *Influence of sand grading on properties of mortar and masonry in soil-cement block masonry*. *Construction and Building Materials*, 22(8), pp.1614-1623.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.06.014>
- Reddy, B.V.V., Richardson, L. and Nanjunda Rao, K.S., 2007. *Optimal soil grading for soil-cement blocks*. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19(2), pp.139-148.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2007\)19:2\(139\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2007)19:2(139))
- Reddy, B.V.V. and Gupta, A., 2005. *Characteristics of soil-cement blocks using highly sandy soils*. *Materials and Structures*, 38, pp.651-658. <https://doi.org/10.1007/BF02481596>
- Rocha, J.H.A., Rosas, M.H., Chileno, N.G.C. and Tapia, G.S.C., 2021. *Physical-mechanical evaluation of soil-cement blocks containing rice husk ash*. *Case Studies in Construction Materials*, 14, p.e00548.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00548>

Souza, M.I.B., Segantini, A.A.S., Santos, J.P. and Silva, J.P.N., 2006. Tijolos prensados de solo-cimento com adição de resíduos de concreto. In: *Encontro de Energia no Meio Rural*, 6. Campinas.

Tariq, A. and Yanful, E.K., 2013. A review of binders used in cemented paste tailings for underground and surface disposal practices. *Journal of Environmental Management*, 131, pp. 138-149. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.09.039>

Walker, P. and Stace, T., 1997. *Properties of some cement stabilised compressed earth blocks and mortars*. *Materials and Structures*, 30(9), pp.545-551. <https://doi.org/10.1007/bf02486398>

Vilela, A.P., Eugênio, T.M.C., Oliveira, F.F., Mendes, J.F., Ribeiro, A.G.C., Vaz, L.E.V.S.B. and Mendes, R.F., 2020. *Technological properties of soil-cement bricks produced with iron ore mining waste*. *Construction and Building Materials*, 262, 120883. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120883>