



**CARACTERIZAÇÃO E DESEMPENHO DE TIJOLOS SOLO CIMENTO
PRODUZIDOS COM SOLOS DA REGIÃO DE ARARIPINA (PE)**

**CHARACTERIZATION AND PERFORMANCE OF SOIL-CEMENT BRICKS
PRODUCED WITH SOILS FROM THE ARARIPINA REGION (PE)**

**CARACTERIZACIÓN Y DESEMPEÑO DE LADRILLOS DE SUELO- CEMENTO
PRODUCIDOS CON SUELOS DE LA REGIÓN DE ARARIPINA (PE)**



10.56238/2ndCongressSevenMultidisciplinaryStudies-057

Weverton dos Santos Faria

Graduando em Engenharia Civil

Instituição: Instituto Federal do Sertão Pernambucano

E-mail: weverton.farias@aluno.ifsertao-pe.edu.br

Patrícia Costa de Andrade

Mestre em Tecnologia Mineral

Instituição: Instituto Federal do Sertão Pernambucano

E-mail: patricia.andrade@ifsertao-pe.edu.br

RESUMO

A região do Araripe (PE) possui extensas reservas de argilominerais sobrepostas às jazidas de gipsita, atualmente tratadas como rejeitos e acumuladas sem aproveitamento, o que pode gerar impactos ambientais. Considerando a necessidade de materiais mais sustentáveis na construção civil, este estudo avaliou a viabilidade técnica da produção de tijolos de solo-cimento com solos dos horizontes A, B e C de Araripina (PE), com e sem adição de pó de brita. Foram realizados ensaios de caracterização física, granulométrica e de consistência. Os resultados indicaram predominância de fração arenosa e déficit de argila em relação à ABNT NBR 10833/2012, além de fissuração no ensaio de retração. Tijolos moldados nos traços 1:6 e 1:6:0,25 foram submetidos a ensaios mecânicos e de absorção. O traço 1:6:0,25 apresentou melhor desempenho, atendendo às exigências das NBR 8497/2012 e 8491/2012, demonstrando viabilidade técnica mediante estabilização adequada.

Palavras-chave: Tijolos de Solo-Cimento. Resíduos Pó de Brita. Construção Sustentável.

ABSTRACT

The Araripe region in the state of Pernambuco is home to vast clay mineral reserves overlapping gypsum deposits. They have been considered waste, therefore, disposed of without any exploitation, which could lead to environmental threats. Taking into consideration the need for sustainable materials in the construction field, this study has assessed the technical viability of bricks manufacturing using soil cement from Araripina's horizons A, B, and C - with and without adding crushed-stone dust. After running tests of physical characterization, granulometry and consistency, the results showed a predominance fraction of sand and lack of clay in relation to ABNT NBR 10833/2012, besides revealing fissuration after retraction tests. Bricks molded into traces 1:6 and 1:6:0,25 were submitted



to both mechanical and absorption tests. The ones molded into 1:6:0,25 traces revealed a better performance, showing technical viability through adequate stabilization.

Keywords: Soil-Cement Bricks. Crushed Stone Dust Waste. Sustainable Construction.

RESUMEN

La región de Araripe (PE) posee extensas reservas de argilominerales superpuestas a los yacimientos de gipsita, actualmente tratadas como residuos y acumuladas sin aprovechamiento, lo que puede generar impactos ambientales. Considerando la necesidad de materiales más sostenibles en la construcción civil, este estudio evaluó la viabilidad técnica de la producción de ladrillos de suelo-cemento con suelos de los horizontes A, B y C de Araripina (PE), con y sin adición de polvo de piedra triturada. Se realizaron estudios de caracterización física, granulométrica y de consistencia. Los resultados indicaron predominancia de la fracción arenosa y déficit de arcilla en relación con la norma ABNT NBR 10833/2012, además de agrietamiento en el ensayo de retracción. Los ladrillos moldeados con dosificaciones 1:6 y 1:6:0,25 fueron sometidos a ensayos mecánicos y de absorción. La dosificación 1:6:0,25 presentó mejor desempeño, cumpliendo los requisitos de las normas NBR 8497/2012 y 8491/2012, lo que demuestra la viabilidad técnica del material mediante una estabilización adecuada.

Palabras clave: Ladrillos de Suelo-Cemento. Residuos de Polvo de Piedra Triturada. Construcción Sostenible.



1 INTRODUÇÃO

Segundo Bezerra (2009), na mineração da gipsita no pólo gesseiro do Araripe, há necessidade de remoção do capeamento argiloso superficial que se revela como principal problema ambiental e que recobre a camada mineral sendo um condicionante econômico na viabilização do tipo de lavra usado na região, o qual vem sendo armazenado para posterior reaterro na fase de recuperação da área minerada. Considerando o limite máximo da relação estéril/minério em até 1:1. O volume de estéril gerado representa um custo ambiental para a sociedade e um custo financeiro para o minerador.

Por este fato, no Pólo Gesseiro do Araripe, onde a magnitude do problema se avoluma pela tonelagem produzida e pelos anos de atividade da mineração, alguns estudos têm sido feitos com vistas a aproveitar este capeamento que continua, porém, sem aplicação. As rotas tecnológicas perseguidas são direcionadas pelas características mineralógicas, químicas e físicas das argilas de capeamento.

O setor da construção civil destaca-se como um dos que mais consomem recursos naturais e geram resíduos. Diante desse cenário, a indústria tem intensificado a adoção de práticas inovadoras voltadas à incorporação da sustentabilidade em sua cadeia produtiva (Vilela et al., 2020). Entre os avanços mais relevantes está a utilização de materiais de menor impacto ambiental, como os tijolos de solo-cimento, que se apresentam como alternativa economicamente viável e ambientalmente mais adequada em relação aos sistemas tradicionais de alvenaria. Um avanço notável é o uso de materiais ecológicos, como tijolos de solo-cimento, que oferecem uma alternativa econômica e ambientalmente consciente aos materiais de alvenaria convencionais. Esses tijolos podem ser produzidos no local usando materiais de origem local, reduzindo assim as demandas de transporte e o consumo de energia associado (Silva et al, 2024).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SOLO

Segundo Silva (2005), o solo consiste em um material não consolidado presente na camada superficial da Terra, sendo composto por diversos minerais, classicamente definido como um conjunto de partículas minerais oriundas do intemperismo da rocha- mãe. Este material apresenta vazios preenchidos por fluidos (água e/ou ar) e pode ser classificado em solo residual.

2.1.1 Propriedades dos Solos

O solo, enquanto material de engenharia e substrato natural, possui um comportamento que é intrinsecamente determinado pela natureza de seus constituintes primários. Conforme postula Chiossi (2015), dois atributos físicos são cruciais para a previsão do comportamento dos solos: a granulometria (tamanho das partículas) e a morfologia dos grãos (forma das partículas). A interdependência desses fatores não só estabelece a classificação formal do solo, como também governa suas características de



permeabilidade, resistência e plasticidade.

A granulometria representa a distribuição de diâmetros das partículas do solo e é a primeira chave para a sua categorização. A ABNT, através da NBR 6502/1995, estabelece uma hierarquia de classes em ordem decrescente de tamanho: pedregulhos, areias, siltes e argilas. Essa diferenciação é fundamental, pois o tamanho das partículas determina a área superficial específica do solo, a relação entre a área total das partículas e o volume ou massa do solo.

As frações grosseiras (pedregulhos e areias) dominam em solos com baixa área superficial específica, o que lhes confere alta permeabilidade e um comportamento predominantemente friável (dependente do atrito).

As frações finas (siltes e argilas), em contraste, apresentam área superficial específica significativamente maior. Isso potencializa as forças eletrostáticas de superfície, elevando a coesão e reduzindo drasticamente a permeabilidade.

Ademais do tamanho, a forma geométrica das partículas exerce uma influência direta sobre o empacotamento (estrutura) e o intertravamento dos grãos, fatores cruciais para a resistência ao cisalhamento e à compressão do solo. Para as frações mais grosseiras (pedregulhos, areias e siltes), os grãos tendem a ser equidimensionais (dimensões aproximadas em todas as direções). A geometria, que varia de angular a esférica em função da energia e tempo de transporte, afeta o atrito. Partículas mais angulosas resultam em um engrenamento superior e, conseqüentemente, em maior resistência e menor compressibilidade para uma dada porosidade.

Em contrapartida, as partículas de argila exibem uma morfologia única: são lamelares ou placoides. Nesses grãos submicroscópicos, duas dimensões superam largamente a terceira, assemelhando-se a lâminas ou plaquetas. Esta morfologia confere à argila suas propriedades coloidais e sua notável plasticidade, permitindo que, na presença de água, as partículas se organizem em estruturas complexas (floculadas ou dispersas) que ditam a coesão e a capacidade de retenção de umidade do solo fino.

2.1.2 Composição Química e Mineralógica

Solos cuja composição mineralógica demonstra enriquecimento em sílica, caulinita ou quartzo tendem a apresentar uma reatividade favorável ao tratamento com cimento, culminando em uma estabilidade geotécnica adequada (Pinto, 2006).

Sílica e Quartzo: O quartzo, embora estruturalmente estável, contribui indiretamente para a estabilidade. A sílica, em sua forma amorfa ou de alta reatividade (comum em solos residuais intemperizados), permite a ocorrência de reações pozolânicas essenciais com o hidróxido de cálcio liberado pelo cimento. Tais reações são responsáveis pela síntese de silicatos de cálcio hidratados (C-S-H), o principal componente cimentante que confere resistência e durabilidade ao solo.



Caulinita: Este argilomineral possui uma estrutura cristalina estável e uma baixa área superficial específica, em comparação com outros argilominerais. Solos cauliníticos tendem a apresentar menor interferência iônica na cinética de hidratação do cimento, promovendo uma reação pozolânica mais eficiente e um ganho de resistência mais previsível (Pinto, 2006).

A presença destes minerais está, portanto, associada a uma menor demanda de ligante e a um desempenho superior do material estabilizado.

Em contrapartida, a presença de determinados minerais de argila e de compostos orgânicos pode inibir ou comprometer severamente o processo de estabilização, classificando esses solos como inadequados para o tratamento com cimento (Pinto, 2006).

Montmorilonita: Este argilomineral é caracterizado por sua estrutura expansiva e alta área superficial específica. Sua notável capacidade de adsorver água entre as camadas interlamelares confere-lhe um elevado potencial de expansão e retração. Na presença de cimento, a montmorilonita compete pela água de hidratação e, devido à sua alta reatividade, pode adsorver íons essenciais do cimento, inibindo a formação de C-S-H. Essa interferência estrutural e química compromete severamente a resistência final e a durabilidade do solo cimentado.

Matéria Orgânica: O teor elevado de matéria orgânica constitui um fator de inibição química da hidratação do cimento. Componentes orgânicos, em particular os ácidos húmicos e fúlvicos, podem atuar como agentes quelantes, encapsulando os grãos de cimento e retardando ou paralisando a reação de hidratação.

2.2 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é conhecido mundialmente como um material em pó fino, com diferentes tonalidades de cinza, que manifesta propriedades aglutinantes quando misturado à água, sendo frequentemente chamado apenas de 'cimento' (Barbosa, 2015). Essa característica de aglutinação o define como um aglomerante, dada a sua capacidade de unir outros materiais.

As propriedades e características finais do cimento Portland estão diretamente relacionadas com as características e propriedades das matérias-primas e do processo de produção. Segundo a American Concrete Institute (ACI), o cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem do clínquer Portland, composto essencialmente por silicatos e aluminatos de cálcio hidráulicos. O processo inclui a adição de pequenas quantidades de sulfato de cálcio (gesso) e, frequentemente, porcentagens maiores de adições minerais, como a Escória Granulada de Alto Forno (EGAF), pozolanas e/ou fíler calcário.

Ainda na composição, o gesso é adicionado ao clínquer Portland em porcentagens de 2% a 6% antes da moagem com o objetivo fundamental de controlar o tempo de enrijecimento (pega) do cimento. A adição em pequenas quantidades resulta em um enrijecimento muito rápido, enquanto



quantidades elevadas podem promover fissuras na pasta de cimento endurecida.

Em complemento ao gesso, as adições minerais constituem um componente estratégico e crescentemente relevante na formulação do cimento Portland contemporâneo, atuando como modificadores essenciais de suas propriedades físicas e químicas. O impacto dessas adições no desempenho do cimento é bifásico. De forma geral, observa-se uma redução na resistência mecânica inicial do material, uma vez que a reação pozolânica e a latência hidráulica ocorrem em ritmo mais lento que a hidratação primária do clínquer. Contudo, o benefício técnico a longo prazo é significativo: as adições promovem um aumento progressivo e notável na resistência mecânica a longo prazo e elevam drasticamente a durabilidade da pasta de cimento endurecida. Este aumento da durabilidade está associado à densificação da microestrutura, redução da porosidade e maior resistência a ataques químicos, permitindo a produção de cimentos otimizados para ambientes mais agressivos.

2.3 PÓ DE BRITA

O pó de brita é um agregado miúdo que se origina diretamente do processo de britagem de rochas. Este material, caracterizado por sua granulometria fina, possui funções técnicas importantes quando incorporado a misturas cimentícias ou de solo- cimento, como as utilizadas na produção de tijolos ou outros elementos pré-moldados.

Sua utilização é estratégica e traz benefícios significativos para as propriedades da mistura final: a) Melhoria da Granulometria: A inserção do pó de brita contribui para a otimização da curva granulométrica global da mistura. Ao preencher os vazios entre as partículas maiores dos outros agregados (areia ou brita grossa), ele promove uma distribuição mais densa e homogênea dos materiais; b) Aumento da Compacidade: Como consequência direta da melhoria granulométrica, o pó de brita eleva a compacidade da mistura. Uma maior compacidade resulta em menos vazios, o que é fundamental para a durabilidade e o desempenho mecânico do produto final. c) Redução da Retração: A presença de agregados finos e bem distribuídos, como o pó de brita, ajuda a restringir a quantidade de pasta de cimento necessária e a controlar a perda de água, auxiliando na redução da retração durante a secagem e cura. Isso minimiza o risco de fissuras. d) Contribuição para a Resistência: O aumento da compacidade e a densificação da matriz estrutural, em conjunto com o preenchimento de vazios, elevam a resistência mecânica final do tijolo ou do componente.

De acordo com Menossi (2004), a utilização do pó de brita como agregado miúdo no concreto é de grande interesse tanto por seu aspecto econômico quanto ambiental por se tratar de um material oriundo de rejeito, que originalmente trazia transtorno às pedreiras devido à estocagem e descarte, mas passou a ser um produto dotado de valor final mais acessível.



2.4 ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS

Segundo Brito e Silva (2017), a estabilização de solos é um processo realizado para estabilizar e suplementar as propriedades de resistência do solo, adequando-o para um determinado uso.

O principal objetivo é aprimorar características críticas como a resistência mecânica, a durabilidade e a compressibilidade, tornando o solo apto a suportar cargas estruturais de forma mais eficiente. Entre as diversas metodologias de melhoramento de solos, a estabilização química com cimento Portland se destaca como uma das mais eficazes e amplamente utilizadas no Brasil (Pinto, 2006). Esta técnica consiste em adicionar o cimento ao solo, resultando na formação do material composto conhecido como solo-cimento.

2.5 SOLO-CIMENTO

O solo-cimento constitui uma técnica fundamental da engenharia civil, baseada na estabilização de solos mediante a mistura controlada e homogênea de solo, cimento e água, seguida de um rigoroso processo de compactação. Esta metodologia visa transformar as propriedades geomecânicas do material original, conferindo-lhe maior resistência e durabilidade.

O aprimoramento das propriedades do solo ocorre em função do mecanismo de hidratação do cimento na presença de água. Essa reação química é responsável pela formação de cristais hidratados que preenchem os vazios e estabelecem uma matriz cimentícia rígida, a qual liga permanentemente os grãos de solo. Consequentemente, essa estabilização provoca uma redução drástica na permeabilidade e na suscetibilidade do solo a variações de umidade, o que é crucial para limitar a expansão em solos argilosos sensíveis.

Embora não haja um consenso absoluto quanto ao seu marco inicial de aplicação em larga escala, a utilização do solo-cimento na construção civil ganhou destaque nacional no Brasil a partir da década de 1930. Esse período coincidiu com a regulamentação de seu processo de fabricação pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), fator que impulsionou o desenvolvimento e a aceitação da técnica, conforme referenciado por Lima, citado em Nascimento (2018).

Adicionalmente ao seu alto desempenho estrutural, o solo-cimento se destaca por seu baixo impacto ambiental, conforme ressaltado por Nachtigal (2014). O uso predominante do próprio solo local como agregado principal reduz significativamente a necessidade de transporte de materiais convencionais, o que, por sua vez, minimiza as emissões de gases de efeito estufa associadas à logística. Estruturalmente, o material consolidado oferece uma solução durável e econômica, sendo amplamente empregado como camada de base e sub-base em pavimentos rodoviários e na produção de blocos de construção sem queima, reforçando sua posição como uma técnica sustentável e eficiente para a melhoria da infraestrutura e da construção civil.



2.5.1 Tijolo solo-cimento

O tijolo de solo-cimento (ou bloco de solo-cimento) estabelece-se como uma alternativa tecnológica e sustentável na construção civil, distinguindo-se dos materiais cerâmicos tradicionais principalmente pelo seu método de fabricação. O processo inicia-se com a prensagem da mistura homogênea de solo, cimento e água em moldes metálicos específicos.

A qualidade do bloco final depende intrinsecamente das características granulométricas do solo utilizado. Os solos mais indicados devem apresentar especificações básicas, conforme Silva (2005): a) Teor de Areia: entre 45% e 90%. b) Teor de Silte + Argila: entre 10% e 55%. c) Teor de Argila: menor que 20%. d) Limite de Liquidez (LL): menor que 45%.

O passo fundamental que substitui a etapa de queima dos tijolos convencionais é a cura úmida. Após a moldagem e prensagem, os tijolos devem ser mantidos em um ambiente com elevada umidade por, no mínimo, 7 dias (Nachtigal, 2014). Este período é crucial, pois permite que as reações de hidratação do cimento ocorram, criando a matriz cimentícia que confere ao bloco sua resistência final e durabilidade. A cura pode ser estendida para otimizar a resistência desejada.

A matriz cimentícia rígida confere ao tijolo um conjunto de propriedades que o tornam superior em diversos aspectos. Ele apresenta elevada durabilidade e resistência à compressão, além de ser menos suscetível à desagregação por intempéries. O design modular dos blocos também contribui para um bom isolamento térmico nas edificações, auxiliando na eficiência energética.

Em termos de viabilidade econômica, a vantagem é dupla: a) Redução de Custos na Base: Eliminação do processo de queima, que consome grande quantidade de energia (lenha ou gás), diminuindo o custo de produção; b) Economia na Obra: O formato preciso do tijolo de solo-cimento permite um encaixe perfeito, resultando em uma redução significativa no uso de argamassa de assentamento e revestimento (chapisco/reboco), minimizando o desperdício.

3 MATERIAIS E METODOS

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Solos

O solo utilizado como matéria-prima foi coletado na mineradora situada na Zona rural, de Araripina – PE, observado na Figura 1.



Figura 1: Local da extração do material estudado. Representação dos horizontes A (em amarelo), horizonte B (esverdeado) e horizonte C (vermelho) da região de Araripina



Fonte: Autores (2025).

3.1.2 Outros Materiais Utilizados

Ao longo da pesquisa foram utilizados o cimento portland composto, de dois tipos diferentes:

- CP II-Z 32 (Cimento Portland Composto com Material Pozolânico).
- CP II-F 32 (Cimento Portland Composto com Fíler).

O pó de brita utilizado foi coletado em uma mineradora situada em Ouricuri – PE, como pode ser observado na Figura 2.

Figura 2: Local da extração do material estudado: Amostra pó de brita



Fonte: Autores (2025).

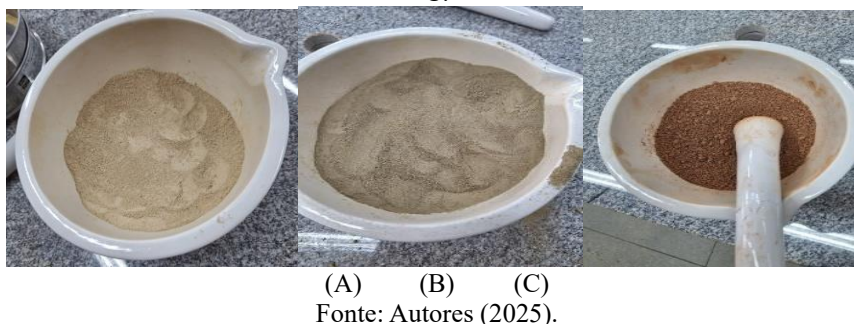
3.2 MÉTODOS

3.2.1 Caracterização das amostras

Os ensaios estão descritos a seguir, sendo observados para a preparação de amostras, os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 6457 (2016), tais como secagem previa, destorroamento e peneiramento na peneira de 4,8 mm, que pode ser observado na Figura 3.



Figura 3: Destorroamento dos horizontes dos solos da região de Araripina: A) horizonte A. B) horizonte B. C) horizonte C.



(A) (B) (C)
Fonte: Autores (2025).

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS AMOSTRAS

Os ensaios apresentados na tabela 1, são utilizados para a caracterização física do solo.

Tabela 1 - Normas para caracterização do solo

Propriedades	Normas
Umidade higroscópica	ABNT NBR 6457/1986
Massa específica	ABNT NBR 6458/2016
Análise granulométrica	ABNT NBR 7181/2016
Limite de liquidez	ABNT NBR 6459/1984
Limite de plasticidade	ABNT NBR 7180/2016

Fonte: Autores (2025).

3.4 RETRAÇÃO

O princípio fundamental observado é o fenômeno da retração do solo, que se manifesta como a redução de volume de uma massa de solo em decorrência da perda de umidade. Essa diminuição volumétrica, quando ocorre de forma confinada ou desuniforme, é a causa direta do potencial surgimento de trincas ou fissuras na superfície da amostra analisada.



Figura 4: Caixa de madeira.



Fonte: Autores (2025).

O procedimento, conhecido como Teste da Canaleta, como pode ser visto na Figura 5, inicia-se com a preparação da amostra. Em seguida, é realizada a determinação da consistência inicial o solo é misturado gradualmente com água em uma bandeja metálica, utilizando uma colher de pedreiro, até que atinja o ponto em que a mistura apresenta uma consistência de argamassa, caracterizada pela sua aderência ao instrumento.

Para a moldagem, a caixa de madeira é previamente lubrificada com óleo, como observado na Figura 4. O solo na consistência determinada é lançado na caixa a uma altura de 30 cm e aplainado cuidadosamente.

Figura 5: Procedimento do ensaio de retração.



Fonte: Autores (2025).

Após a moldagem, o corpo de prova é submetido à fase de cura, sendo mantido abrigado do sol e da chuva durante um período de 7 dias, o que garante uma secagem lenta e controlada ao ar.

O resultado do ensaio é aferido ao final desse período, com base em dois critérios: a análise e medição da retração observada nas duas direções da amostra dentro da caixa e a verificação do surgimento (ou ausência) de trincas ou fissuras na superfície do corpo de prova. Este teste adaptado fornece dados valiosos para inferir o comportamento do solo quanto à sua estabilidade volumétrica.

3.5 DEFINIÇÃO DOS TRAÇOS

Na primeira fase foram fabricados tijolos misturando-se os horizontes A, B e C com diferentes traços: 1:6, 1:8, 1:10 e 1:12.

Posteriormente, foram fabricados tijolos de solo-cimento com adição de pó de brita utilizando os traços 1:6:0,5; 1:6:0,25 (cimento, solo e pó de brita).



3.6 FABRICAÇÃO DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO

Para a produção de tijolos foi utilizada uma prensa manual com moldes de dimensões 12,5 cm x 25 cm x 6,5 cm (largura x comprimento x espessura) e encaixes que permitem a amarração direta entre os componentes na execução da alvenaria como pode ser visto na Figura 6.

Figura 6: Fabricação dos tijolos. (A) Prensa manual (B) Moldagem (C) Tijolo



(A) (B) (C)
Fonte: Autores (2025).

Após a fabricação, foi realizada a cura úmida, onde os tijolos foram envoltos com um plástico, ao abrigo do sol e vento durante 7 dias.

3.7 ANÁLISE DIMENSIONAL

O Ensaio de Análise Dimensional é um procedimento fundamental de controle de qualidade que tem como objetivo verificar se as dimensões geométricas do tijolo estão em conformidade com as dimensões nominais especificadas na norma.

A NBR 8491/2012 estabelece que o tijolo seja um paralelepípedo retangular. A rigidez dimensional é assegurada por tolerâncias extremamente estritas, sendo permitido um desvio máximo de apenas 1,0 mm em relação às dimensões nominais de comprimento, largura e altura. Essa precisão é fundamental para garantir o prumo, o nível e a uniformidade da parede, minimizando a necessidade de ajustes na obra e o consumo excessivo de argamassa de assentamento.

3.8 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Antes da realização do ensaio de compressão, sete tijolos foram preparados conforme especificações da NBR 8492 (ABNT, 2012). Os tijolos foram cortados com o auxílio de uma serra circular (Makita), a fim de obter metades uniformes. A partir dessas metades, confeccionaram-se os corpos de prova, utilizando uma pasta de cimento como material de ligação entre as superfícies, como pode ser observado na Figura 7. Após a moldagem, a pasta permaneceu em cura por aproximadamente 24 horas, garantindo resistência suficiente para o manuseio e para as etapas subsequentes.



Figura 7: Procedimentos do ensaio de resistência à compressão.



(A) Cortes dos tijolos

(B) Tijolos + pasta de cimento

(C) Processo de cura

Fonte: Autores (2025).

Figura 8: Ensaio de resistência à compressão.



Fonte: Autores (2025).

3.9 ABSORÇÃO DE ÁGUA

O método utilizado para o ensaio de determinação da absorção de água nos blocos é prescrito pelas normas NBR 13555 (ABNT, 2012) e NBR 8492 (ABNT, 2012). O ensaio de absorção de água tem como objetivo determinar a quantidade de água que os tijolos de solo-cimento são capazes de absorver quando submetidos à imersão controlada, observada na Figura 9. Esse parâmetro é essencial para avaliar a qualidade do material, uma vez que elevados índices de absorção podem indicar menor densidade, maior porosidade e, conseqüentemente, menor durabilidade e resistência mecânica do tijolo.

Os valores de porcentagem média de absorção dos corpos de prova não podem ultrapassar 20%, e individualmente não podem ser superiores a 22%.



Figura 9: Procedimento do ensaio de absorção.



Fonte: Autores (2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISES DE UMIDADE HIGROSCÓPICA E MASSA ESPECÍFICA

A Tabela 2 apresenta os resultados da umidade higroscópica e massa específica dos horizontes A, B, C, A+B+C, A+B+C+pó de brita da região de Araripina (PE).

Tabela 2: Valores experimentais obtidos para umidade higroscópica e massa específica para a região de Araripina

Horizonte	Umidade higroscópica (%)	Massa específica (g/cm ³)
A	2,24	2,42
B	2,47	1,85
C	2,05	1,75
A+B+C	2,31	2,55
A+B+C+pó de brita	3,28	2,57

Fonte: Autores (2025).

4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A partir do ensaio granulométrico por peneiramento e sedimentação, foi determinada a distribuição dos diâmetros de grãos e suas respectivas porcentagens de solo em cada faixa específica de tamanho. A Figura 10 apresenta a curva granulométrica dos solos analisados. Analisando o gráfico é possível notar que 100% das amostras de solos passam na peneira de 4,8 mm, conforme as recomendações para a produção de tijolos de solo cimento da NBR 10833/2012. Pode-se observar também que todas as amostras apresentaram como material arenoso.

Observa-se que, nas misturas dos horizontes A+B+C e A+B+C acrescida de pó de brita, o percentual de material passante na peneira de 0,075 mm foi inferior ao estabelecido pela ABNT NBR 10833 (2012), evidenciando deficiência de fração argilosa nas amostras. Com esse ensaio, temos que os solos dos horizontes “A” e “C” tem aproximadamente 80% de areia e o solo do horizonte “B” tem aproximadamente 70% de areia. Mostrando o déficit de argila nestes solos, visto que segundo a Cartilha de Produção de Tijolos de Solo-cimento as quantidades, aproximadamente, devem ser de 25% de argila, 25% de silte e de 50% de areia. (IEP, 2016).

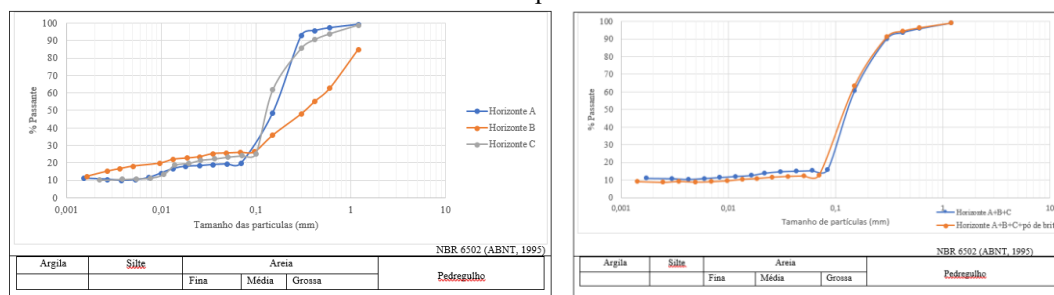


Tabela 3 – Composição das amostras de acordo com a granulometria

Composição	Diâmetro (mm)	Amostra A (%)	Amostra B (%)	Amostra C (%)	Amostra A+B+C (%)	Amostra A+B+C+pó de brita (%)
Argila	<0,02	10	15	10	11	11
Silte	$\geq 0,002$ a $\leq 0,06$	10	15	10	5	5
Areia	$\geq 0,06$ a $\leq 2,0$	80	70	80	86	86

Fonte: Autores (2025).

Figura 10: Análise granulométrica: (A) dos horizontes A, B e C da região de Araripina (B) dos horizontes A+B+C e A+B+C+pó de brita

(A) (B)
Fonte: Autores (2025).

4.3 LIMITES DE CONSISTÊNCIA

Os resultados dos ensaios de limite de plasticidade, limite de liquidez e índice de plasticidade das amostras são apresentados na Tabela 4. O limite de plasticidade está relacionado com a quantidade de água adicionada na argila para a etapa de moldagem, importante para o processamento em aplicações tecnológicas (SANTOS, 1989).

Tabela 4: Índices de Atterberg

Parâmetro	Requisito (%)	Horizonte A	Horizonte B	Horizonte C	Horizonte A+B+C	Horizonte A+B+C+resíduo cerâmico
Limite de liquidez(%) (LL)	≤ 45	33,38	48,58	36,80	39,80	32,67
Limite de plasticidade(%) (LP)		$26,36 \pm 0,93$	$27,73 \pm 4,10$	$29,34 \pm 2,04$	$23,35 \pm 0,25$	$23,38 \pm 0,80$
Índice de plasticidade(%) (IP)	≤ 18	7,02	20,85	7,46	16,45	9,29

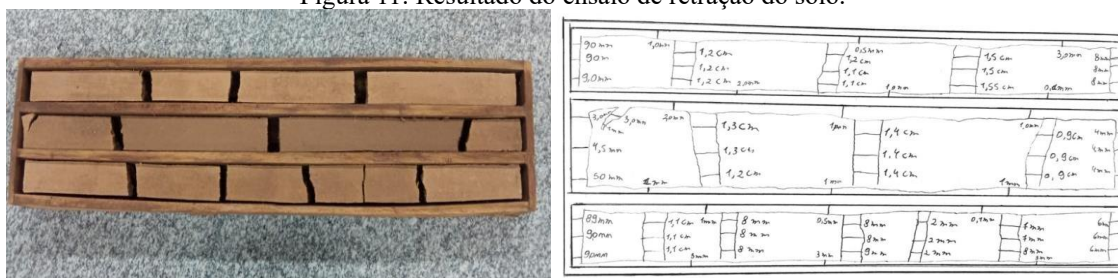
Fonte: Autores (2025).

4.4 ENSAIO DE RETRAÇÃO

Após os sete dias completos do solo na caixa é recomendável que não haja fissuras no solo nem que o mesmo se afaste por mais que 20 mm da canaleta. No entanto, pode ser identificado o surgimento de trincas e retração nas massas de solo, como pode ser observado na Figura 11.



Figura 11: Resultado do ensaio de retração do solo.



Fonte: Autores (2025).

Observou-se que o ensaio realizado com o solo em estudo apresentou a formação de trincas e o afastamento das extremidades da canaleta, variando entre 0,5 mm e 1,55 cm, o que levou à sua desqualificação no teste, como pode ser observado na Figura 11. Entretanto, destaca-se que a estabilização do solo com cimento tende a minimizar os efeitos da retração, contribuindo para um desempenho estrutural mais adequado.

4.5 ANÁLISE DIMENSIONAL

A NBR 8491 (2012), para cada dimensão dos corpos de prova, foi imprescindível a execução de, no mínimo, 3 determinações em pontos distintos de cada face das amostras. Na Tabela 5 é possível observar as médias das categorias de comprimento, largura, altura para cada traço, obtidas com o auxílio do paquímetro digital, em décimo de unidade, expressa em milímetros (mm).

Tabela 5: Análise dimensional (cm) - Valores médios

Traço	Comprimento (cm)	Largura(cm)	Altura(cm)
1:6	25,10	12,60	6,82
1:8	25,20	12,60	7,06
1:10	25,19	12,60	7,01
1:12	25,04	12,60	6,95
1:6:0,25	25,20	12,60	7,14
1:6:0,50	25,35	12,60	7,00

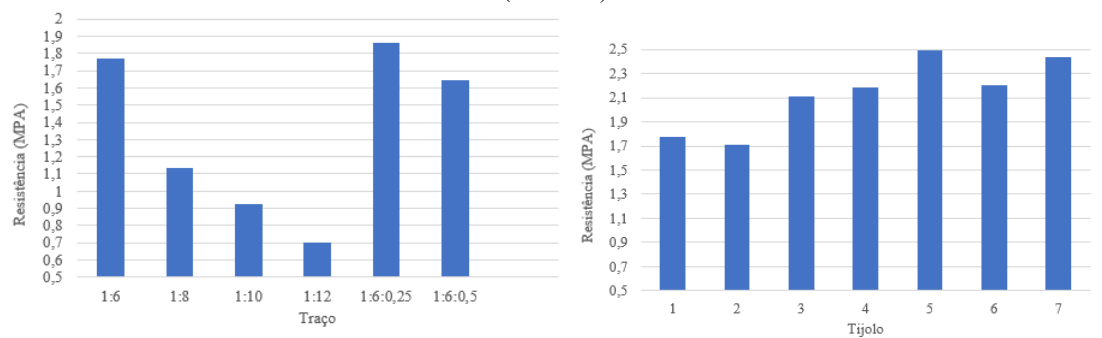
Fonte: Autores (2025).

4.6 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Observando a media da resitencia para cada traço, verificou-se que apenas os traços 1:6 e 1:6:0,25 obtiveram resultados satisfatórios superiores ao mínimo de 1,7 Mpa, como pode ser visto na Figura 12. Para o traço 1:6:0,25, pode ser observado que apenas 2 amostras obtiveram resultado maior do que 1,7 Mpa e as demais amostras obtiveram valores maiores do que exigido na norma NBR 8497/2012.



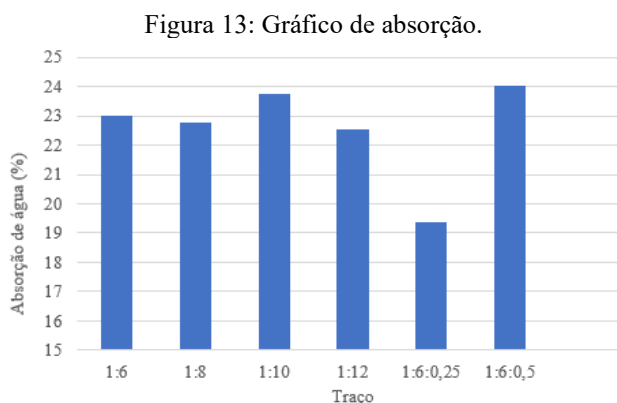
Figura 12: (A) Gráfico da média da resistência à compressão. (B) Gráfico da média da resistência à compressão (1:6:0,25).



Fonte: Autores (2025).

4.7 ABSORÇÃO DE ÁGUA

De acordo com a NBR 8491/2012, a média dos valores de absorção de água dos tijolos de solo-cimento não deve exceder 20%, sendo que nenhuma unidade individual pode apresentar absorção superior a 22%, observado na Figura 13.



Fonte: Autores (2025).

Dentre as amostras submetidas ao ensaio de absorção de água, o Traço 1:6:0,25 foi o único a apresentar desempenho satisfatório, atingindo os requisitos estabelecidos pela norma técnica vigente. Este resultado valida a eficácia desta mistura na redução da porosidade do material, garantindo sua durabilidade e adequação para o uso proposto.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que os solos dos horizontes A, B e C da região de Araripina (PE) apresentam características predominantemente arenosas, com déficit de fração argilosa em relação às recomendações da literatura técnica para a produção de tijolos de solo-cimento. A análise granulométrica evidenciou que todas as amostras atenderam ao requisito de 100% passante na peneira de 4,8 mm, conforme a ABNT NBR 10833/2012; contudo, o percentual de material passante na peneira de 0,075 mm foi inferior ao mínimo recomendado para as misturas A+B+C e A+B+C+pó de brita,



indicando baixa plasticidade potencial e menor coesão natural do solo.

Os ensaios de limites de consistência mostraram que o horizonte B apresentou índice de plasticidade superior ao limite recomendado, enquanto as misturas A+B+C e A+B+C+resíduo mantiveram-se dentro dos parâmetros normativos.

No ensaio de retração, observou-se a formação de trincas e afastamento das extremidades, levando à desqualificação do solo natural, o que reforça a necessidade de estabilização para melhoria do desempenho tecnológico.

No desempenho mecânico, verificou-se que apenas os traços 1:6 e 1:6:0,25 atenderam ao requisito mínimo de resistência à compressão estabelecido pela NBR 8497/2012 ($\geq 1,7$ MPa), sendo que o traço 1:6:0,25 apresentou resultados mais consistentes.

Em relação à absorção de água, somente o traço 1:6:0,25 cumpriu integralmente os limites da NBR 8491/2012, demonstrando melhor desempenho quanto à durabilidade e menor porosidade.

Dessa forma, conclui-se que, apesar das limitações granulométricas e da deficiência de argila dos solos estudados, a estabilização com cimento, especialmente no traço 1:6:0,25, mostrou-se tecnicamente viável para a produção de tijolos de solo-cimento na região de Araripina, atendendo aos principais requisitos normativos de resistência e absorção. Recomenda-se, para trabalhos futuros, a correção granulométrica do solo com adição de material fino ou ajustes no teor de estabilizante, visando otimizar ainda mais o desempenho mecânico e físico dos produtos.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833:2012. Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica — Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13555 – Solo Cimento – Determinação da absorção de água – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2012d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457:2024. Solos – Preparação de amostras para ensaios de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6458: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Solo — Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181:2025. Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491:2012. Tijolo de solocimento - Requisitos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492:2012. Tijolo de solocimento - Análise dimensional, determinação da re

BARBOSA, T. F. Estudo sobre o comportamento do cimento Portland e suas propriedades aglomerantes. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFMG, 2015.

BEZERRA, M.S. Relatório Técnico 34 – Perfil da Gipsita. Ministério de Minas e Energia – MME, Brasília: 2009. Disponível em:
http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P24_RT3_4_Perfil_da_Gipsita.pdf Acesso em: 05/03/2025.

BRITO, L.C; PARANHOS, H.S. Estabilização de solos. 6. ed. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, 11 p. 2017.

CHIOSSI, N. J. Mecânica dos Solos. 6. ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2015. INSTITUTO EDUCACIONAL PIRACICABANO DA IGREJA METODISTA-IEP. Cartilha produção de tijolos de solo-cimento. Piracicaba: Editora Unimep, 2016.

MENOSSE, R.T. Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira: 2004.

NACHTIGAL, J. C.; BARBOSA, R. R.; PEREIRA, M. F. C. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica. Revista E-xacta, v. 7, n. 1, p. 13–26, 2014.



NASCIMENTO, A. M. et al. Tijolo modular de solo-cimento como material na construção civil. Revista InterScience, v. 6, n. 1, p. 187–202, 2018.

PINTO, Carlos de Sousa. Curso básico de mecânica dos solos. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 363 p.

VILELA, A.P.; Eugênio, T.M.C.; de Oliveira, F.F.; Mendes, J.F.; Ribeiro, A.G.C.; Vaz, L.E.V.d.S.B.; Mendes, R.F. Technological properties of soil-cement bricks produced with iron ore mining waste. Constr. Build. Mater. 2020, 262, 120883.

SILVA, M.V.V.; Garcia, R.L.M.; de Siqueira, R.A.; Júnior, G.A.d.S. Técnicas de estabilização e reforço sustentável do solo. Rev. FT 2024, 29, 29–30.

SILVA, E. D. Uso de agregado miúdo de resíduo de construção e demolição em solo- cimento. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFSCar, 2005.

SANTOS, P. S. Ciência e Tecnologia das Argilas. 2 ed. Ver. Atual. Volume 1. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda. 1989a. 496 p. Il.