



Efeito de biomassa *in natura* em Solo-Cimento para Uso em Construção Emergencial

Effect of Raw Biomass in Soil-Cement for Use in Emergency Construction

Susana Claudete Costa, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

susanacostacl@gmail.com

Maria Júlia dos Santos da Silva, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

mariajuh14@gmail.com

Vitória Neves V. Silva - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

vitorianevesviana03@gmail.com

Humberto Cosmos F. S. S. Silva - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

humberto.cosmos@gmail.com

Rachel Faverzani Magnago - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

rachelfaverzanimagnago@gmail.com

Lisiane Ilha Librelotto, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC.

lisiane.librelotto@arq.ufsc.br

Resumo

Este estudo investigou a incorporação de resíduos orgânicos, como cascas de frutas cítricas (laranja e limão) e fibras de bambu, em misturas de solo-cimento, com o objetivo de desenvolver materiais sustentáveis para construções emergenciais. A metodologia incluiu teste de granulometria para terra, preparo dos corpos de prova por mistura dos insumos de biomassa e terra ou terra-cimento, resistência mecânica e absorção de água, utilizando diferentes proporções de solo, cimento e biomassas. Os resultados mostraram que a adição de cimento e limão dificultou o desenvolvimento de mofo, no entanto, a concentração de 10% de cascas cítricas não eliminou completamente o crescimento fúngico. Por outro lado, a fibra de bambu apresentou menor proliferação de mofo na primeira semana, com uma redução significativa após esse período, em comparação com as cascas cítricas. O limoneno presente nas cascas de frutas cítricas conferiu propriedades hidrofóbicas e antimicrobianas, enquanto a pectina e a celulose atuaram como agentes estruturantes. As fibras de bambu melhoraram a coesão e a resistência mecânica dos corpos de prova, além de demonstrarem eficácia no controle do mofo, reduzindo significativamente o crescimento fúngico após a primeira semana de cura. Este estudo confirma a viabilidade do uso de materiais naturais na construção de soluções habitacionais temporárias, contribuindo para alternativas mais sustentáveis e alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Pesquisas futuras devem explorar diferentes tempos de cura e variações na granulometria das fibras de bambu para otimizar o desempenho dos compósitos por impressão 3D.

Palavras-chave: Materiais naturais; Serragem de Bambu; Cascas de laranja e limão; Compósitos com terra

Abstract

This study investigated the incorporation of organic waste, such as citrus fruit peels (orange and



lemon) and bamboo fibers, into soil-cement mixtures to develop sustainable materials for emergency construction. The methodology included soil granulometry testing, preparation of test specimens by mixing biomass inputs with soil or soil-cement, mechanical strength testing, and water absorption analysis, using different proportions of soil, cement, and biomass. The results showed that the addition of cement and lemon inhibited mold growth; however, a 10% concentration of citrus peels did not completely eliminate fungal proliferation. On the other hand, bamboo fiber exhibited lower mold proliferation in the first week, with a significant reduction after this period compared to citrus peels. The limonene present in citrus peels provided hydrophobic and antimicrobial properties, while pectin and cellulose acted as structuring agents. Bamboo fibers improved the cohesion and mechanical strength of the test specimens and also proved effective in mold control, significantly reducing fungal growth after the first week of curing. This study confirms the feasibility of using natural materials in the construction of temporary housing solutions, contributing to more sustainable alternatives aligned with the Sustainable Development Goals. Future research should explore different curing times and variations in the granulometry of bamboo fibers to optimize the performance of 3D-printed composites.

Keywords: Natural Materials; Bamboo Sawdust; Orange and Lemon Peels; Soil-Based Composites

1. Introdução

O crescimento populacional acelerado e os impactos das mudanças climáticas intensificam a vulnerabilidade das comunidades a desastres naturais, como enchentes e deslizamentos, particularmente em regiões com recursos limitados para mitigação (Aghakouchak et al., 2020; Chaudhary & Piracha, 2021). Santa Catarina se destaca como um dos estados mais afetados por tais desastres, com eventos como as enchentes de 2008, que resultaram em 135 mortes e bilhões em danos econômicos (Debortoli et al., 2017; Frank & Sevegnani, 2009). A infraestrutura inadequada compromete a resposta emergencial e expõe famílias a condições sanitárias precárias, ressaltando a urgência por soluções habitacionais emergenciais mais eficazes.

Comunidades indígenas, como as localizadas na Terra Indígena Ibirama-Laklano, enfrentam desafios significativos devido à vulnerabilidade das áreas onde habitam, sujeitas a enchentes e próximas à Barragem Norte, que alaga aldeias durante eventos de alta vazão (CartaCapital, 2023). Em 2023, chuvas intensas provocaram o transbordamento da barragem, interrompendo o acesso a serviços essenciais e sublinhando a necessidade de soluções habitacionais adaptadas tanto cultural quanto ambientalmente.

De acordo com Carbonari et al. (2024), observa-se uma escassez de soluções habitacionais temporárias adequadas para comunidades tradicionais, com poucas iniciativas que integrem práticas culturais e ambientais (UNHCR, 2024; Temesgen, 2020). Esse cenário reforça a necessidade de abordagens inovadoras que respeitem os princípios de sustentabilidade, cultura e funcionalidade.

No Brasil, projetos de habitação emergencial frequentemente adotam soluções padronizadas, que não contemplam as especificidades das comunidades indígenas, prejudicando sua segurança e relação com o território. Este estudo, alinhado aos ODS 1, 11 e 13 (UNDRR, 2024), investigou a utilização de cascas de frutas cítricas (laranja e limão) e bambu *in natura* como aditivos em blocos de terra ou terra-cimento, com a intenção de aprimorar as propriedades mecânicas e a absorção de água.

O limoneno, presente nas cascas cítricas, oferece resistência à água, enquanto a pectina e a celulose atuam como agentes de ligação, otimizando a resistência (Barbosa et al., 2022; Magnago et al., 2020; Viuda-Martos et al., 2008).



Estudos experimentais indicam que a adição de fibras de bambu em proporções adequadas melhora significativamente o comportamento mecânico e a tenacidade do terra-cimento, tornando-o mais resistente e versátil para aplicações em construções civis, especialmente em contextos de baixo custo ou regiões com alta disponibilidade de bambu (MATEUS DE LIMA e colab., 2014; NELSON POTENCIANO MARINHO, 2012).

Assim foram preparados compósitos de terra e terra-cimento com biomassas, cascas de frutas cítricas (laranja e limão) e bambu, para averiguar as propriedades mecânicas e de absorção de água para utilizar como elemento construtivo em habitações emergenciais.

Este estudo faz parte do projeto "Sustentabilidade aplicada ao projeto de acampamentos planejados para atendimento à população desabrigada: Plataforma INFRASHELTER, impressão 3D e materiais locais", que tem como objetivo desenvolver soluções habitacionais sustentáveis para comunidades vulneráveis, utilizando técnicas construtivas em terra e materiais naturais.

2. Referencial Teórico

Para mitigar os impactos dos desastres socioambientais, a arquitetura humanitária busca oferecer soluções habitacionais adequadas em situações de emergência. No entanto, esses esforços enfrentam desafios devido à necessidade de seguir protocolos específicos, o que gera questionamentos sobre a implementação desses procedimentos (AGHAKOUCHAK et al., 2020). A perda da moradia não envolve apenas danos materiais, mas também afeta a dignidade, a identidade e a privacidade das pessoas. Nesse contexto, Barakat (2003) enfatiza que intervenções eficazes na recuperação habitacional podem fortalecer as comunidades e promover a resiliência.

Uma solução eficaz para restaurar a estabilidade de populações vulneráveis é a construção de abrigos temporários. De acordo com o Alto Comissariado das Nações Unidas para Refugiados (ACNUR, 2024), o objetivo principal é garantir que os deslocados tenham acesso a abrigos durante emergências humanitárias, uma medida fundamental para a sobrevivência, segurança, autossuficiência e dignidade. No entanto, como apontado por Carbonari et al. (2024), muitos abrigos são projetados e implementados sem um planejamento adequado, priorizando a urgência como critério principal.

O ACNUR (2024) destaca que o design dos abrigos deve ser ajustado ao contexto geográfico, ao clima, às práticas culturais e aos recursos locais. Uma abordagem promissora para isso é a utilização da impressão 3D, que permite reduzir custos e o tempo de produção (LIMA et al., 2023), além de possibilitar o uso de materiais naturais, alinhando-se aos princípios de sustentabilidade (SPOHR et al., 2021). Araújo et al. (2019) demonstraram o potencial das fibras de agave como material viável para impressão 3D.

3. Método

3.1 Coleta e Preparação do Solo

O solo utilizado no estudo foi coletado na área localizada atrás do prédio do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Para garantir um material adequado, a camada superficial de aproximadamente 5 cm foi removida antes da extração. Em seguida, o solo foi homogeneizado, destorroado e deixado para secar. A Figura

1 ilustra esse processo, incluindo as etapas de coleta (Fig. 1A e 1B), secagem (Fig. 1C) e destorroamento (Fig. 1D).



Figura 1: Coleta, secagem e destorroamento da terra

A Figura 1 ilustra as etapas do processo de coleta (Fig. 1A, B), secagem (Fig. 1C) e destorroamento do solo (Fig. 1D). Inicialmente, a preparação envolveu a remoção da camada superficial, seguida da escavação para obtenção de amostras em camadas mais profundas, evidenciando um perfil com variação de cor—do mais escuro na superfície, devido à presença de matéria orgânica, ao mais claro em profundidades maiores.

Após a secagem em estufa a 50 °C por três dias, o solo foi destorroado manualmente com o auxílio de almofariz e pilão (Fig. 1D) e submetido à análise granulométrica. O ensaio foi realizado utilizando peneiras com aberturas decrescentes (4,8 mm a 0,15 mm), conforme a norma NBR 7181 (2024). Os testes foram conduzidos em triplicata, e os resultados expressos em média e desvio padrão.

3.2 Preparo dos Corpos de Prova

Os agentes bioativos de cascas de frutas cítricas de laranja e limão foram coletados em restaurantes no campus universitário da UFSC. O processamento das cascas de frutas cítricas envolveu a trituração dessas com água em liquidificador por aproximadamente três minutos (Fig. 2A), seguida da mistura com o solo (Fig. 2B) até a obtenção de uma massa homogênea (Fig. 2C), que foi então moldada (Fig. 2D).



Figura 2: Processamento do bioativo e terra (A, B, C), mistura (D) e corpo de prova obtido (E).

Para os compósitos com bambu, os colmos de bambu foram coletados na área do CultivarARQ (Fig. 3A - <https://cultivarq.paginas.ufsc.br/>) – Fazenda Experimental de Bambus – Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFSC. Os bambus da espécie *Dendrocalamus asper* foram selecionados devido às suas características de comprimento de fibra (média 2,43 mm), que podem auxiliar na resistência de compósitos (NELSON POTENCIANO

MARINHO, 2012). Após a poda de colmos com idade aproximada de 6 anos foi realizada a limpeza e a remoção de folhas e galhos (Fig. 3B,C). Em seguida, os bambus foram serrados, e a serragem foi utilizada conforme coletada. Diferentemente do procedimento com as cascas de frutas, a mistura da receita envolveu apenas a incorporação dos ingredientes até atingir uma textura homogênea.



Figura 3: Colheita de colmos de bambus da espécie *Dendrocalamus asper* da área do CultivarQ (A - <https://cultivarq.paginas.ufsc.br/>) – Fazenda Experimental de Bambus – Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFSC. Os colmos foram limpos (B, C) e cortados no laboratório (D) e serragem coletada para confecção dos corpos de prova.

Após para o preparo das misturas, conforme as proporções indicadas na Tabela 1, o material foi compactado em moldes cilíndricos (5 cm de diâmetro e 10 cm de altura). A compactação foi feita aplicando 12 golpes para cada camada de 2 cm de material. Após 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados e armazenados em local coberto à temperatura ambiente até a realização dos ensaios mecânicos. Antes da moldagem, foi aplicada uma substância desmoldante (WD-40®) para facilitar a remoção dos corpos de prova.

Tabela 1: Proporções dos materiais utilizados nos corpos de prova.

Amostra	Solo		Cimento		Bioativo		Água	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
S0	1050	76	-	-	-	-	320	23
SC0	820	60	220	16	-	-	320	23
SO10	1150	67	-	-	150	8	400	23
SCO10	900	51	300	17	450	8	400	22
SL10	1150	67	-	-	150	8	400	23



SCL10	900	51	300	17	150	8	400	22
SB10	1150	67	-	-	150	8	400	23
SCB10	900	51	300	17	150	8	400	23

As amostras são identificadas conforme a composição dos materiais utilizados. **S0** corresponde a solo sem adição de bioativo. **S010** contém solo com 10% de bioativo de laranja, enquanto **SC0** combina solo e cimento sem bioativo. A amostra **SCO10** é composta por solo, cimento e 10% de bioativo de laranja. Já **SL10** representa solo com 10% de bioativo de limão, e **SCL10**, solo com cimento e 10% de bioativo de limão. Para o bioativo de bambu, **SB10** contém solo com 10% de pó de bambu, e **SCB10** combina solo, cimento e 10% de pó de bambu.

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados em diferentes períodos de cura, sendo avaliados aos 16 dias (16D), 29 dias (29D) e 90 dias (90D).

3.3 Determinação da Densidade Aparente

A densidade aparente dos blocos foi medida tanto no estado seco quanto no saturado, após 24 horas de imersão em água à temperatura ambiente. Os valores obtidos foram expressos como densidade seca e densidade úmida, respectivamente. Para o cálculo, foram registrados o peso e as três dimensões dos corpos de prova, conforme os procedimentos estabelecidos pela norma Indian Standard IS 1725.

3.4 Ensaio de Absorção de Água

O teste de absorção de água foi realizado em corpos de prova curados à temperatura ambiente por diferentes períodos, antes de serem submersos em água por 24 horas. A absorção foi determinada pela diferença entre as massas seca e úmida.

3.5 Percentual de expansão volumétrica

A variação de volume foi calculada pela diferença entre o volume final (V_f) do volume inicial (V_0), então para expressar a variação em relação ao volume inicial, utilize:

$$\% \Delta V = [(V_f - V_0) / V_0] \times 100 \quad (1)$$

3.6 Ensaio de Resistência à Compressão

A resistência à compressão foi avaliada para todas as composições, tanto no estado seco quanto no úmido. Antes dos ensaios, foram mensurados a massa, o diâmetro e a altura dos corpos de prova. Para a resistência no estado úmido, os corpos de prova foram imersos em água por 24 horas. Após esse período, foram retirados da água, colocados sobre uma superfície para drenagem do excesso de líquido e levemente secos com papel absorvente.

Durante o ensaio de compressão simples, os corpos de prova foram posicionados verticalmente e alinhados com o auxílio de um nível bolha, uma placa superior e barras de aço encaixadas nas ranhuras das placas. Para assegurar um contato uniforme, foram usados discos de neoprene com espessura de 3 mm.

A força aplicada nos ensaios foi medida por um anel dinamométrico, com coeficiente de força de 0,160674. A velocidade de referência utilizada foi de 1,14 mm/min para os corpos de prova secos e de 0,01631 mm/min para os corpos de prova úmidos. Além da resistência, também foi medida a expansão dos corpos de prova, definida como a razão entre o acréscimo de altura do corpo de prova e sua altura inicial, expressa em percentagem

4. Resultados e Discussão

A Figura 4 apresenta a caracterização do solo após os ensaios de granulometria.

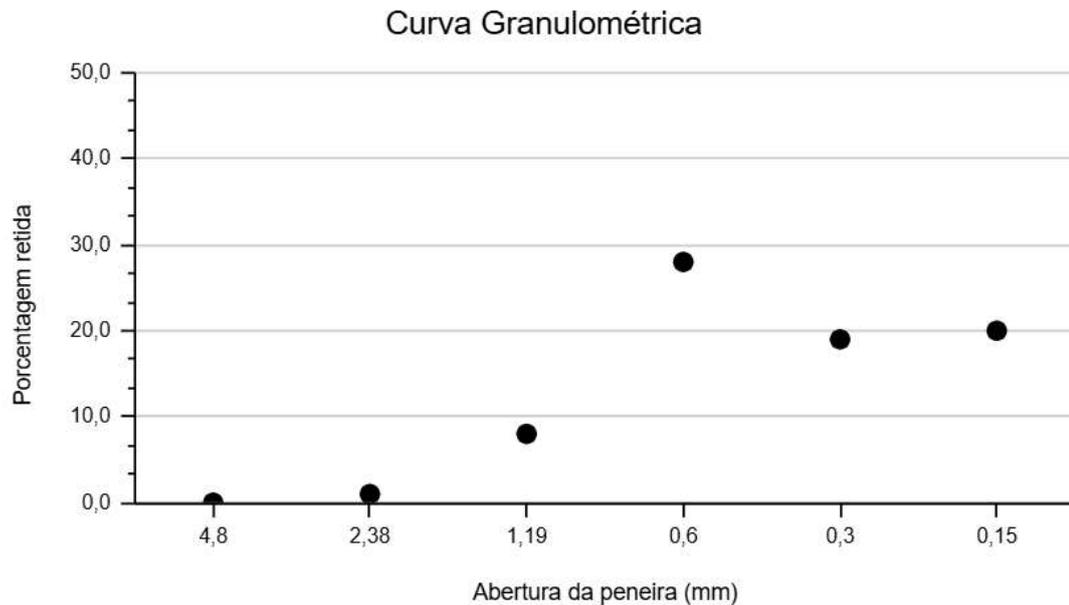


Figura 4: Distribuição granulométrica com a porcentagem de material retido

Os dados apresentados na Fig. 4 indicam que o solo analisado possui uma distribuição granulométrica caracterizada pela predominância de partículas finas, especialmente na faixa inferior a 1 mm. Aproximadamente 20% da massa do solo foi retida na peneira de 0,15 mm, evidenciando uma quantidade expressiva de silte e argila. Já a fração mais grosseira, retida na peneira de 0,6 mm, representa cerca de 14% da amostra total. As frações intermediárias estão distribuídas entre a peneira de 0,3 mm (19%) e a de 0,15 mm (20%).

O módulo de finura do solo foi determinado em 0,6215, confirmando a predominância de partículas menores, o que está alinhado com os resultados obtidos na análise granulométrica. O diâmetro máximo das partículas foi de 2,38 mm, correspondente à segunda peneira mais grossa empregada no ensaio.

Os resultados obtidos demonstram que o solo apresenta características argilosas, influenciando diretamente seu comportamento mecânico e sua interação com outros componentes, como o cimento e os bioativos. O presente estudo busca investigar a influência da adição de fibras de bambu à composição do material, além de avaliar o impacto dessa modificação na resistência mecânica do solo estabilizado.

A Fig. 5 exibe os corpos de prova preparados para ensaios de resistência à compressão em diferentes composições: solo-cimento (SC), solo-casca de laranja (SO10), solo-cimento-casca de laranja (SCO10), solo-casca de limão (SL10) e solo-cimento-casca de limão (SCL10), todos com tempo de cura de 16 dias. Neste estudo, serão também analisados corpos de prova submetidos a um tempo de cura prolongado de 90 dias, permitindo a observação da evolução da resistência ao longo do tempo.



Figura 5: Corpos de prova nas composições solo-cimento (SC0), solo-casca de laranja (SO10), solo-cimento-casca de laranja (SC10), solo-casca de limão (SL10) e solo-cimento-casca de limão (SCL10) com tempo de cura de 16 dias.

Alguns dos corpos de prova preparados apresentaram crescimento de mofo após aproximadamente sete dias de cura, conforme ilustrado na Fig. 5. Os espécimes que continham cimento apresentaram baixa ou nenhuma incidência de mofo, enquanto aqueles formulados apenas com bioativos, sem adição de cimento, apresentaram maior proliferação de microrganismos. Entre os corpos de prova contendo bioativos, verificou-se que aqueles compostos com casca de limão demonstraram menor incidência de mofo em comparação aos que continham casca de laranja. Contudo, a análise pós-rompimento revelou que a contaminação fúngica estava restrita à superfície externa dos espécimes.

Esses achados sugerem que a composição dos materiais interfere diretamente na conservação dos corpos de prova, o que abre possibilidades para o aprimoramento das formulações com bioativos. Embora o limoneno presente nas cascas de frutas cítricas possui propriedades antimicrobianas, a concentração de 10% utilizada no estudo não foi suficiente para impedir completamente o crescimento de mofo. Alternativamente, a adição de aditivos como vinagre (ácido acético diluído) ou o aumento da proporção de casca de frutas cítricas podem ser estratégias viáveis para mitigar esse problema. Além disso, o aumento da proporção de cimento pode auxiliar na prevenção da proliferação fúngica. No entanto, a combinação simultânea de vinagre e cimento deve ser evitada, devido à incompatibilidade química entre os componentes. No estudo atual, também será investigado o impacto da cura prolongada (90 dias) na proliferação de mofo e na estabilidade dos corpos de prova ao longo do tempo.

Tabela 2: Propriedades dos corpos de prova: densidade aparente em condições secas e úmidas, absorção de umidade, variação volumétrica e resistência à compressão simples.

Amostra	Densidade de seca (g/cm ³)	Densidade saturada (g/cm ³)	Absorção de água (g)	Expansão após absorção de água (%)	Resistência comp simples seca (kPa)	Resistência comp simples úmida (kPa)
SL10.16D	2,24	-	-	-	1.153,63	-
SL10w.16D	1,82	2,02	66,79	27,83	-	99,58
SCL10.16D	1.60	-	-	-	429,36	-
SCL10w.16D	1.67	2,02	58,99	24,08	-	308,69
SO10.16D	1.68	-	-	-	874,33	-



SO10.28D	1,91	-	-	-	1.290,72	-
SO10w.28d	1,80	2	84,96	37,76	-	87,06
SCO10.16D	1,67	-	-	-	422,63	-
SCO10w.16D	1,63	2,01	108,74	47,27	-	178,62
SCO10.28D	1,76	-	-	-	728,61	-
S0.16D	1,82	-	-	-	1.009,15	-
S0.28D	1,93	-	-	-	1.440,63	-
SC.16D	1,80	-	-	-	505,20	-
SB10.16D	1,61	-	-	-	916,41	-
SCB10.16D	1,69	-	-	-	1121,16	-
SCB10w.16D	1,76	2,00	58,28	21,91	-	1067,99

Obs.: espécimes com cerca de 16 e 28 dias de cura.

Os dados da Tabela 2 demonstram que a resistência mecânica do bloco de terra ensaiado a seco aumentou com o tempo de secagem. Foi registrada uma resistência de 1,01 MPa após 16 dias de secagem (S0.16D), subindo para 1,44 MPa após 28 dias (S0.28D). No entanto, os corpos de prova compostos exclusivamente por solo se desintegraram quando submersos em água.

A adição de bioativos teve impacto na resistência à compressão, sendo observada uma melhora nos espécimes contendo casca de limão, que atingiram 1.153,63 kPa (SL10.16D). Em contrapartida, os corpos de prova com casca de laranja apresentaram resistência inferior, com 874,33 kPa (SO10.16D). Além disso, foi constatado que a resistência dos espécimes com laranja aumentou de 874,33 kPa (SO10.16D) para 1.290,72 kPa (SO10.28D) à medida que o tempo de secagem foi prolongado. Entretanto, esses valores permaneceram abaixo dos obtidos para o solo puro nos mesmos períodos. Em ambos os casos, a resistência reduziu após a imersão em água.

A resistência mecânica da composição solo-bambu (916,41 kPa) apresentou um valor intermediário em relação aos obtidos para solo-limão (1.153,63 kPa) e solo-laranja (874,33 kPa), e inferior ao solo (1.009,15 kPa). No entanto, os valores observados para solo-cimento-bambu nas condições seco (1.121,16 kPa) e úmido (1.067,99 kPa) foram superiores aos registrados para os corpos de prova contendo cascas de frutas cítricas e para solo-cimento.

Os corpos de prova compostos por terra e casca de limão (SL10w.16D) demonstraram menor absorção de água em comparação aos formulados com casca de laranja (SO10w.28d), mas o melhor resultado foi para solo-cimento-bambu (SCB10w.16D). Esse resultado pode estar relacionado à maior quantidade de limoneno presente nas cascas de limão, uma substância hidrofóbica que pode contribuir para uma menor desagregação dos corpos de prova ao contato com a água.

A incorporação de cimento à terra reduziu a resistência mecânica em aproximadamente 50% em relação aos corpos de prova compostos apenas por solo. Quando bioativos de cascas de frutas cítricas foram adicionados, essa redução tornou-se ainda mais pronunciada. No caso da casca de laranja, a resistência caiu 67% em comparação ao solo puro, enquanto a adição de casca de limão resultou em uma queda de 62%. A exposição à água intensificou essa tendência, reduzindo ainda mais a resistência mecânica. A interação química entre os compostos ácidos presentes nos bioativos e os elementos básicos do cimento pode explicar essa redução. O estudo atual buscará entender se um período prolongado de cura pode mitigar



essa perda de resistência e se a introdução de fibras de bambu pode desempenhar um papel na estabilização estrutural dos corpos de prova.

5. Conclusão

Os resultados deste estudo evidenciaram o potencial do uso de cascas de laranja e limão, bem como de serragem de bambu, como aditivos bioativos em misturas de solo destinadas à construção emergencial. No entanto, a presença de biomassa de frutas cítricas, mesmo contendo limoneno, não foi suficiente para impedir o desenvolvimento de mofo, especialmente nas formulações sem cimento.

A incorporação de bioativos também influenciou a resistência mecânica das misturas, sendo observada uma redução mais significativa quando a biomassa de cascas de frutas cítricas foi combinada com cimento. Esse comportamento pode estar relacionado a reações químicas entre os compostos ácidos presentes nas cascas e os componentes alcalinos do cimento, o que pode comprometer a formação da matriz cimentícia. Apesar disso, a adição de cascas de frutas cítricas e serragem de bambu demonstrou benefícios em aspectos específicos, como a resistência à água, característica relevante para aplicações em determinadas condições ambientais.

Os resultados indicam a necessidade de ajustes na formulação das misturas para alcançar um equilíbrio entre resistência mecânica, durabilidade e desempenho microbiológico. Estratégias como o aumento da proporção de limoneno ou a introdução de outros aditivos, como agentes antimofos ou óleos essenciais, podem ser alternativas viáveis para aprimorar as propriedades antimicrobianas dos materiais.

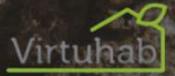
De modo geral, a resistência mecânica dos compósitos solo-biomassa e solo-cimento-bambu mostrou-se satisfatória, evidenciando a viabilidade desses materiais para aplicações na construção emergencial. Pesquisas futuras podem aprofundar a compreensão das interações químicas envolvidas e otimizar a formulação dos compósitos, ampliando seu potencial de uso em diferentes contextos construtivos.

Agradecimento

Agradecemos ao Professor Dr. Naloan Coutinho Sampa, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (<https://ecv.ufsc.br/>), pelo equipamento de resistência mecânica. Também expressamos nossa gratidão à CAPES e ao CNPq pelo financiamento por meio de bolsas de doutorado e iniciação científica.

Referências

- AGHAKOUCHAK, A. et al. Climate extremes and compound hazards in a warming world. *The Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 48, p. 519-567, 2020.
- BARAKAT, S. Housing reconstruction after conflict and disaster. Overseas Development Institute, 2003. Disponível em: <https://www.files.ethz.ch/isn/95619/networkpaper043.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2024.
- BARBOSA, M. H. R.; GONÇALVES, S. de Á.; MARANGONI JÚNIOR, L.; ALVES, R. M. V.; VIEIRA, R. P. Physicochemical properties of chitosan-based films incorporated with limonene. *Journal of Food Measurement and Characterization*, v. 16, n. 3, p. 2011-2023, 2022.
- CARBONARI, L. T.; BOLOGNA, R.; TORALLES, B. M.; LIBRELOTTO, L. I. Temporary settlements for Venezuelan refugees. *Oculum Ensaios*, v. 21, p. 1-23, 2024.



- CHAUDHARY, M. T.; PIRACHA, A. Natural disasters—origins, impacts, management. Encyclopedia, v. 1, n. 4, p. 1101-1131, 2021.
- CARTA CAPITAL. A situação de indígenas após as fortes chuvas em Santa Catarina. CartaCapital, 2023.
- DEBORTOLI, N. S.; CAMARINHA, P. I. M.; MARENCO, J. A.; RODRIGUES, R. R. An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. *Natural Hazards*, v. 86, n. 2, p. 557-582, 2017.
- FRANK, B.; SEVEGNANI, L. Água, gente e política. 2009. Disponível em: www.comiteitajai.org.br. Acesso em: 11 dez. 2024.
- JOSHI, A. M. et al. Performance of stabilized adobe blocks prepared using construction and demolition waste. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, v. 4, n. 13, 2019.
- LIMA, Y. A. et al. Automatização da construção civil através de impressoras 3D. 2023.
- MAGNAGO, R. F. et al. Briquettes of citrus peel and rice husk. *Journal of Cleaner Production*, v. 276, p. 123820, 2020.
- MARINHO, N. P. CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS DO BAMBU (*Dendrocalamus giganteus*) E POTENCIAL DE APLICAÇÃO EM PAINÉIS DE FIBRA DE MÉDIA DENSIDADE (MDF). 2012.
- MOHAMMADI, L.; WARDANA, A. A.; TANAKA, F.; TANAKA, F. The physicochemical, mechanical, and antifungal properties of sodium alginate film containing Japanese rice vinegar and peppermint (*Mentha piperita*). 2020.
- RÜBENICH, I. T. C.; ADLER, M. A. Estratégia estadual de defesa civil: Sistema de abrigos emergenciais - Estudo sobre trabalho final de graduação aplicado à arquitetura humanitária. 2016.
- SPOHR, D. L.; SÁNCHEZ, F. A. L.; MARQUES, A. C. Desenvolvimento de um filamento compósito sustentável para impressão 3D baseado em matriz PLA reforçada com resíduos de fibras de madeira. 2021.
- TEMESGEN, A. K. Building an island of sustainability in a sea of unsustainability? A study of two ecovillages. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 24, p. 1-28, 2020.
- UNDRR. Disaster risk and the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2024. Disponível em: <https://www.undrr.org/disaster-risk-and-2030-agenda-sustainable-development>. Acesso em: 11 dez. 2024.
- UNHCR. Conheça os abrigos que acolhem refugiados e migrantes em Roraima. Agência da ONU para Refugiados. 2024. Disponível em: <https://www.acnur.org/br/noticias/comunicados-imprensa/conhecaos-abrigos-que-acolhem-refugiados-e-migrantes-emroraima>. Acesso em: 11 dez. 2024.
- VIUDA-MARTOS, M.; RUIZ-NAVAJAS, Y.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. *Food Control*, v. 19, n. 12, p. 1130-1138, 2008.
- XU, C.; YUAN, Q.; ZHAO, S.; HE, T.; SONG, N. Effects of pretreatments on physical and chemical characteristics of wheat straw used as a maintenance-free compressed green roof substrate material. *Journal of Cleaner Production*, v. 277, 2020.