CASA-LABORATÓRIO DO IFSC: UMA EDIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL EM TAIPA DE PILÃO

IFSC LABORATORY HOUSE: A SUSTAINABLE BUILDING IN RAMMED EARTH

Alana Kétlin Pagliari Taffarel[1]; Alexandre Pagliari Taffarel[2]; Cássio Alexandre Bariviera[3]; Anderson Renato Vobornik Wolenski[4]

[1]Aluna de Ensino Técnico em Edificações | alana.k11@aluno.ifsc.edu.br | IFSC | São Carlos, Brasil; [2]Aluno de Ensino Técnico em Edificações | alexandre.t2007@aluno.ifsc.edu.br | IFSC | São Carlos, Brasil; [3]Mestre em Dinâmicas Regionais e Desenvolvimento | cassio.bariviera@gmail.com | UNOCHAPECÓ | Chapecó, Brasil; [4]Doutor em Engenharia de Estruturas | anderson.wolenski@ifsc.edu.br | IFSC | São Carlos, Brasil

Resumo:
A construção civil brasileira é amplamente baseada em materiais convencionais como concreto e aço, os quais geram elevado impacto ambiental. Diante da urgência em reduzir as emissões de gases de efeito estufa, alternativas sustentáveis vêm sendo pesquisadas, como o sistema construtivo em taipa de pilão. Essa técnica milenar, pouco explorada no Brasil contemporâneo, utiliza terra crua compactada e proporciona ganhos significativos em conforto termoacústico e eficiência energética. Este estudo tem como objetivo analisar a viabilidade técnica, econômica e ambiental da Taipa de Pilão por meio do caso da Casa-Laboratório do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), campus São Carlos. A pesquisa adotou uma abordagem aplicada e experimental, com caracterização físico-mecânica do solo, execução das paredes com mutirões voluntários e análise de custos e desempenho. Os resultados indicam excelente qualidade construtiva, com paredes autoportantes uniformes, resistentes e livres de patologias, além de custos competitivos quando comparados a sistemas convencionais, apesar de ainda não estarem inclusos os custos com mão de obra. A experiência reforça o potencial da técnica como alternativa sustentável e promissora para a construção civil, promovendo o uso de materiais locais, a redução de impactos ambientais e a valorização da arquitetura em terra.

Palavras-chave:
Taipa de pilão; sustentabilidade; terra crua.

Abstract:
Brazilian civil construction is largely based on conventional materials such as concrete and steel, which have a high environmental impact. In light of the urgent need to reduce greenhouse gas emissions, sustainable alternatives have been increasingly investigated, such as the rammed earth construction system. This ancient technique, still underutilized in contemporary Brazil, uses compacted raw earth and provides significant benefits in terms of thermal and acoustic comfort, as well as energy efficiency. This study aims to analyze the technical, economic, and environmental feasibility of the rammed earth system through the case of the Laboratory House at the Federal Institute of Santa Catarina (IFSC), São Carlos campus. The research followed an applied and experimental approach, involving the physical and mechanical characterization of the soil, the construction of walls through volunteer-based efforts, and the analysis of costs and performance. The results indicate excellent construction quality, with self-supporting walls that are uniform, durable, and free from pathologies, in addition to presenting competitive costs when compared to conventional systems, despite labor costs not being included. This reinforces the potential of this technique as a sustainable and promising alternative for the construction sector, promoting the use of local materials, reducing environmental impacts, and valuing earthen architecture.

Keywords:
Rammed earth; sustainability; raw earth.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil está entre as atividades industriais que mais impactam o meio ambiente, uma vez que produz elevadas quantidades de resíduos, possui alto custo energético com significativas quantidades de poluentes decorrentes dos processos de extração das matérias primas. Um dos principais agravantes dessa realidade é o cimento Portland, que desponta como um dos principais emissores de gases de efeito estufa. O aumento global no setor da construção civil mostrou uma ampliação nas emissões de CO_2 em 10 gigatoneladas no último ano (ONU News, 2024). Esta visão sistêmica sobre a manufatura e o uso dos materiais de uma edificação é resultado de um necessário movimento de incentivo ao uso de insumos locais e que incorporem processos produtivos cujo impacto possa ser medido e ou controlado.

Dentre os materiais com potencial para se edificar de modo mais sustentável, a Terra Crua tem sido adotada em muitos sistemas construtivos que permitem reduzir significativamente os impactos ambientais em relação a materiais não renováveis, como o aço e o cimento. Para além de suas vantagens ambientais, as melhorias no conforto termoacústico proporcionados pelo material possibilitam tornar a edificação mais saudável e sustentável.

Por ser um sistema que produz paredes autoportantes, a Taipa de Pilão tem se destacado no cenário mundial, todavia, ainda é carente de visibilidade e de insumos que tornem seu uso tecnologicamente viável e economicamente competitivo, principalmente no cenário brasileiro. Este sistema se baseia em uma parede executada com terra compactada dentro de fôrmas removíveis, conhecidos como taipais, que resulta em um elemento monolítico e autoportante, conforme orienta a norma NBR 17014 (ABNT, 2021).

A taipa de pilão foi trazida ao Brasil pelos colonizadores, e rapidamente espalhou-se pelo território na forma de Igrejas, conventos, fortificações militares, residências, entre outros edifícios. De modo geral, a taipa de pilão apresenta-se como uma técnica que consiste em socar a terra dentro de uma armação chamada taipal, semelhante às fôrmas utilizadas atualmente para moldar concreto. Dentro do taipal é colocada a argamassa de terra em camadas de 15cm, e então, compactada, para dar-lhe maior coesão e resistência (Montoro, 1994). Essa compactação do solo é chamada de apiloamento e, este é feito com uso de um pilão, que pode ser feito de madeira, metal ou, mais recentemente, a partir de ferramentas como o pilão pneumático ou vibracional.

De modo geral, Silva (2000) conceitua construções em terra crua como aquelas cujas paredes são feitas em barro socado ou sob forma de tijolos crus, sem cozimento, construções estas, que fazem parte da história da humanidade há mais de nove mil anos, sendo diversamente adotadas em culturas antigas, tanto em pequenas residências quanto em grandes templos (MINKE, 2022). Existem diversos modos de se construir utilizando a terra crua como principal matéria prima, vez que esta, pode ser empregada em diferentes técnicas construtivas devido à diversificada granulometria do solo e suas diferentes características plásticas. De acordo com Vilela e Sant'Anna (2019), dentre as técnicas mais difundidas, destacam-se os tijolos de adobe, os blocos de terra comprimida (BTC), taipa de pilão ou taipa socada e o pau a pique, podendo ainda destacar as técnicas de terra ensacada.

Todavia, ambas entraram em desuso em diversas regiões do planeta, dada a difusão de materiais mais modernos, como o aço e o concreto, e mais especificamente no Brasil, com a popularização do uso dos tijolos cerâmicos e do cimento Portland, que substituiu a profissão dos taipeiros e adobeiros pela mão de obra dos pedreiros (Pisani, 2004).

De acordo com Gatti (2012), o Egito tornou-se um dos países pioneiros a inserir novas tecnologias nesse sistema construtivo. O arquiteto Hassan Fathy da Universidade do Cairo, através de estudos e pesquisas encontrou novas possibilidades para o uso da Taipa de Pilão a partir da implementação de novos equipamentos, métodos, ferramentas e design, viabilizando a sua utilização na contemporaneidade. Hoje, as construções com terra já podem ser encontradas em diferentes países, executadas tanto com técnicas de produção artesanais, quanto a partir de

aprimorados processos de industrialização, como a taipa de pilão mecanizada (Maia, Andrade, Faria, 2016).

Para Mendes e Bessa (2021) as pesquisas mais atuais acerca deste sistema construtivo, visam alcançar composições que aprimorem as características físico-mecânicas das paredes de uma edificação com terra, já que essas construções apresentam uma massa térmica elevada, ou seja, conseguem absorver o calor, retê-lo e, em seguida, liberá-lo com o tempo. Tal fenômeno possibilita oferecer um maior conforto térmico ao usuário, moderando as flutuações térmicas dentro da residência (Lovec *et al.*, 2018).

Wolenski *et al.* (2023) explicam que o desenvolvimento de estudos que viabilizem o uso da terra como um material passível de ser adotado dentro de um processo construtivo é essencial, dada a sua capacidade de contribuir para uma construção civil mais eficiente, energética e economicamente viável, ao tempo que também tem o potencial de ampliar o campo de atuação de profissionais que buscam inovar em seus projetos de edificações tendo a sustentabilidade como princípio, e por ser um material encontrado *in natura* e amplamente disponível, por apresentar propriedades favoráveis como as higrotérmicas, acústicas, de resistência ao fogo, baixa toxicidade e capacidade de reciclagem ao final de sua vida útil, o uso da terra na construção civil mostra-se bastante promissor (Pacheco-Torgal, Jalal, 2011).

Partindo da ótica da sustentabilidade e viabilidade técnica, este trabalho analisa a execução da Casa-Laboratório do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), campus São Carlos-SC, cujas paredes foram erguidas com o sistema construtivo em Taipa de Pilão, com resultados que demonstram um excelente desempenho destes elementos autoportantes com terra.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas experimentais deste estudo foram conduzidas com base nos procedimentos metodológicos e normativos adequados a cada prática construtiva, além de seguir rigorosamente as normas técnicas de classificação do solo, principal material adotado na execução das paredes em Taipa de Pilão da Casa-Laboratório. Todo o processo metodológico foi fundamentado em normas de caracterização físico-mecânica do solo-cimento, além de consultas a trabalhos científicos (normatizados e/ou empíricos) que contribuíram para o entendimento e aplicação das metodologias adotadas neste estudo de caso.

A caracterização físico-mecânica do solo que compõe as paredes em Taipa de Pilão foi realizada a partir da coleta inicial extraída *in loco* no município de Palmeira das Missões, noroeste do Rio Grande do Sul. Para avaliar sua conformidade física em relação à composição granulométrica, foram determinados os percentuais de areia, argila e silte conforme NBR 7181 (ABNT, 2016c), definindo as frações fina e grossa presentes no solo coletado. Foram determinados ainda os limites de liquidez e plasticidade conforme estipula a NBR 6459 (ABNT, 2016a) e a coesão e a capacidade de compactação dos solos, conforme NBR 7180 (ABNT, 2016b).

Para a caracterização mecânica, foram moldados 10 corpos de prova por meio de compactação, de acordo com a NBR 12023 (ABNT, 2012). Para avaliar seu uso em paredes autoportantes, os corpos de prova foram submetidos a ensaio de compressão após um período de cura de 28 dias, segundo a NBR 12025 (ABNT, 2012), sobre o qual o teste foi realizado sob uma taxa de incremento de tensão de (0,25±0,10) MPa/min, em uma prensa servo controlada com capacidade máxima de 1.000 kN (Intermetric iM Unique 2223©).

Após a obtenção e validação destes resultados, duas cargas de terra foram transportadas até a cidade de São Carlos, SC, no IFSC para darmos sequência às práticas experimentais com as paredes da Casa-Laboratório. No total, um volume aproximado de 30 m^3 de solo *in natura* foi adotado, livre de material orgânico e ideal para uso nas paredes em Taipa de Pilão.

Por se tratar de uma terra argilo-arenosa, o processamento do solo para uso na execução das paredes da Casa-Laboratório foi mínimo, bastando armazená-lo sob lonas impermeáveis para

evitar as fortes chuvas, mantendo-o em estado úmido. Posteriormente, o solo foi peneirado em uma peneira rotativa e armazenado em caixas fechadas até o dia da execução das paredes.

O solo foi estabilizado com um percentual de 10% em adição de cimento Portland CP II-Z-32, em relação à massa total de terra. Essa adição teve como objetivo o alcance de um material com características de baixa permeabilidade, elevada densidade e capacidade de carga mínima de 2 MPa, conforme traz a norma NBR 17014 (ABNT, 2022). A compactação foi realizada com pilões manuais, a fim de obter paredes monolíticas rígidas e livres de trincas ou fissuras, com ótimo acabamento estético da sua superfície.

Destaca-se, que o uso de compactadores pneumáticos não foi objeto de estudo, embora entende-se que a mecanização deste processo é fundamental para consolidação e industrialização deste importante sistema construtivo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As paredes executadas da Casa-Laboratório apresentaram ótimos resultados em termos de durabilidade, resistência e estética, seja pela sua textura, coloração e rusticidade. Para alcançar tais resultados, o primeiro desafio esteve atrelado à montagem dos taipais, compostos por estruturas metálicas, escoramentos e tapumes, a fim de garantir a estanqueidade durante a elevação das paredes em Taipa de Pilão, conforme ilustra a Figura 1.



Figura 1: Sistema de formas adotadas para execução das paredes em Taipa de Pilão.
Fonte: Os autores (2025).

Todo o sistema foi pensado do ponto de vista prático para trazer viabilidade técnica para sua replicação por outras construtoras e/ou pessoas da grande área da construção civil. Desta forma, todo o custo para montar este sistema por completo está presente na Tabela 1.

Descrição	Unid.	Quant.	Preço Unitário	Preço Total
Vigas metálicas de 3 metros	un	10	R$ 175,00	R$ 1.750,00
Vigas metálicas de 2,5 metros	un	8	R$ 137,50	R$ 1.100,00
Tapumes Plastificados (Espessura 18mm)	un	5	R$ 105,00	R$ 525,00
Barra rosqueada com 2 porcas (c/ 1 metro)	un	10	R$ 31,10	R$ 311,00
Quadro metálico das laterais (Larg. 25cm)	un	2	R$ 125,00	R$ 250,00
Aprumadores (c/ 3 metros)	un	4	R$ 197,38	R$ 789,52
Custo total do Taipal (sistema construtivo)				**R$ 4.725,52**

Tabela 1: Custo total do Taipal adotado na execução das paredes da Casa-Laboratório.
Fonte: Os autores (2025).

Cabe destacar que, do custo total de R$4.725,52 referente aos taipais, o valor poderá ser diluído, vez que todo o sistema de formas poderá ser reutilizado em outras obras que requeiram o método construtivo em taipa de pilão. Por isso, recomenda-se que este custo não adentre totalmente no custo da edificação, de modo a não elevar o custo final com itens indiretos de infraestrutura para execução das paredes.

Ao todo foram erguidas 9 (nove) paredes e a cada nova parede, foram sendo realizadas correções e ajustes visando otimizar o processo. As paredes foram executadas com o auxílio de mutirões de voluntários em datas pré-organizadas, incluindo docentes e servidores do IFSC, servidores de outras instituições de ensino, arquitetos, engenheiros civis, pedreiros e demais interessados da grande área da construção civil, além dos bolsistas de pesquisa e extensão vinculados ao Projeto Taipa de Pilão, pesquisa essa em andamento desde o ano de 2021 no campus do IFSC, São Carlos-SC.

Na Tabela 2, tem-se o detalhamento de cada trecho de parede e seus quantitativos finais para uma análise preliminar acerca de sua viabilidade técnica e econômica.

ID	Data de Execução	Metragem Linear (m)	Metragem Cúbica (m^3)	Tempo de Execução (h)	Qt. Voluntários	Qt. Terra (kg)	Qt. Cimento (sacos de 50kg)
1	31/08/24	1,40	0,91	5	6	2115	4,5
2	14/09/24	1,40	0,91	5	6	2115	4,5
3	28/09/24	2,10	1,365	6	10	3172	6
4	19/10/24	2,50	1,625	6	8	3776	8
5	09/11/24	2,40	1,56	6	8	3625	6,5
6	13/11/24	2,45	1,59	8	10	3701	7,5
7	23/11/24	2,55	1,657	8	12	3852	9
8	09/12/24	2,00	1,30	6	10	3044	5
9	14/12/24	2,00	1,30	6	11	3044	5,5
Quantitativos		**18,8 metros**	**12,22 m^3**	**56 horas**	**9 pessoas (em Média)**	**≈ 28,5 toneladas**	**56,5 sacos**

Tabela 2: Detalhamento das paredes executadas ao longo da construção da Casa-Laboratório.
Fonte: Os autores (2025).

Ao analisar os dados apresentados na Tabela 2, alguns resultados quantitativos podem ser extraídos de modo a compreender os custos diretos dos materiais necessários para construir as paredes da Casa-Laboratório do IFSC, com uso do sistema em Taipa de Pilão, bem como, o rendimento para executá-las. Ao tomar o tempo de execução (em horas), pela metragem cúbica, pode-se estimar um rendimento de 4,5 m^3 de parede a cada hora trabalhada, ao contar com o número médio de 9 trabalhadores. Este volume de produção é bastante elevado quando comparado à construção de edificações com sistemas tradicionais, como a alvenaria em tijolo.

Destaca-se que neste tempo, estão alocadas as horas para a execução da parede propriamente dita, não levando em consideração o tempo de trabalho para montagem prévia do taipal, nem mesmo o tempo necessário para preparar o solo, que requer o peneiramento e armazenamento prévios antes do dia da execução. Para estes pontos, pode-se estimar um gasto de 6h/média para montagem de cada taipal, sendo os taipais montados por nove vezes para execução das paredes.

Quanto ao peneiramento, utilizamos peneira rotativa, que melhora significativamente a quantidade de solo peneirado. Na Figura 2 a seguir, tem-se a peneira utilizada e o solo em estado úmido sendo peneirado para posterior armazenamento em caixas que comportam 2 m^3 de solo peneirado e pronto para ser utilizado nas paredes.



Figura 2: Processo de peneiramento do solo, antes do dia de execução da parede. Fonte: autores.
Fonte: Os autores (2025).

Estima-se um total de 4 horas/média para peneirar este volume de armazenagem, algo que só é possível pelo uso da peneira e do correto armazenamento do solo, coberto com lonas para mantê-lo em estado ideal para peneiração.

Após este processo de peneiramento e armazenagem do solo, bem como, da montagem do Taipal, as paredes foram erguidas em 9 etapas. Na Figura 3, tem-se uma visão geral de algumas das paredes executadas da Casa-Laboratório do IFSC, São Carlos. Essas paredes se destacam

por não apresentarem fissuras ou trincas estruturais, além de alcançarem uma aparência, textura e resistência a abrasividade adequadas para compor uma edificação com paredes autoportantes e apelo altamente sustentável.



Figura 3: Detalhes das paredes vistas da entrada principal da Casa-Laboratório.
Fonte: Os autores (2025).

Por fim, em uma última análise quantitativa, a partir do contingente de material empregado na construção das paredes da casa, pode-se obter o custo por metragem cúbica para execução das paredes em Taipa de Pilão. Na Tabela 3 tem o resumo deste quantitativo.

Descrição	Unid.	Quant.	Preço Unitário	Preço Total
Solo Palmeiras das Missões (RS)	m³	1,66	R$ 60,00	R$ 99,60
Transporte do Solo (200km)	m³	1,66	R$ 40,00	R$ 66,40
Resina Hidrofugante	L	1,19	R$ 21,61	R$ 25,72
Cimento Portland - 50Kg	un	4	R$ 36,00	R$ 144,00
Custo total dos materiais para 1m³ de parede com 25cm de espessura				**R$ 335,72**

Tabela 3: Custo final para execução de 1 m³ de paredes em Taipa de Pilão.
Fonte: Os autores (2025).

A partir do valor encontrado na Tabela 3, pode-se estimar, portanto, o custo total empregado para construir as paredes da Casa-Laboratório. Nota-se, que o custo se resume ao quantitativo de materiais e não leva em consideração o custo da mão de obra, por dois motivos, sendo o principal deles a ausência de mão de obra capacitada e que conheça a fundo este sistema construtivo em nossa região e o uso de mutirões para a construção.

Sabendo-se, portanto, que o custo por metragem cúbica dos materiais utilizados para construir em Taipa de Pilão foi de R$ 335,72, pode-se estimar que foram empenhados um valor de R$ 4102,50 de materiais, tomando o valor em metros cúbicos de paredes executadas (Tabela 2) e o custo unitário (Tabela 3). Deste total, R$ 2034,00 custeou o cimento, R$ 314,30 custeou a resina hidrofugante e o valor restante de R$ 2028,50 para custeio da terra e seu transporte.

Deste resumo, podem-se destacar alguns pontos cruciais: a) cerca de 50% do valor gasto com os materiais estão alocados para custeio do cimento, sendo este o material de maior impacto ao meio ambiente e, portanto, o material que carece de maiores pesquisas para ser substituído integral ou parcialmente em meio ao traço de solo-cimento adotado para as paredes em Taipa de Pilão; b) outros 50% do valor está alocado em gastos com a terra e sua movimentação entre o município de Palmeiras das Missões, RS, distante 200 km do IFSC, São Carlos-SC.

Nota-se a importância de buscar um solo adequado mais próximo da região em que a edificação será executada, inclusive, podendo ser um solo da própria área, como por exemplo, da terra extraída da terraplanagem ou da fundação da construção. Neste sentido, a depender da região e de como serão os trabalhos de nivelamento do terreno e até mesmo a fundação, este custo de 50% do valor para se construir em Taipa de Pilão, pode ser reduzido ou até mesmo excluído do quantitativo final.

Destaca-se também que o presente estudo está pautado apenas na execução das paredes em Taipa de Pilão da Casa-Laboratório do IFSC, São Carlos-SC. Contudo, enquanto propostas de trabalhos futuros, já se almejam alguns estudos prévios para execução do telhado a partir do uso de estruturas de bambu, tornando esta edificação um verdadeiro laboratório de práticas construtivas sustentáveis, podendo estas, posteriormente serem constantemente avaliadas e monitoradas, servindo como referências para futuras construções em Taipa de Pilão na região.

Por fim, reforça-se o fato do valor da mão de obra para execução das paredes não ter sido considerada no presente estudo, tendo em vista que as paredes da Casa-Laboratório foram todas construídas na forma de mutirões de voluntários. Além disso, sabe-se que a região do presente estudo não possui profissionais da construção civil aptos para executarem este sistema construtivo. Logo, em uma eventual construção que demande o custeio da mão de obra, deve-se de antemão avaliar a possibilidade de realização de capacitação técnica para toda equipe que trabalhará na execução da edificação.

4. CONCLUSÕES

A terra adotada na Casa-Laboratório do IFSC, campus São Carlos, atendeu os parâmetros físicos e mecânicos exigidos pelas normativas, com a obtenção de paredes monolíticas e autoportantes, com superfícies uniformes e livres de patologias. As paredes construídas com solo-cimento, demonstraram elevada resistência, durabilidade e estética, com superfícies uniformes, sem trincas ou fissuras, atendendo plenamente aos critérios da NBR 17014 (ABNT, 2021). Tais resultados abrem perspectivas promissoras para a criação de uma nova cadeia produtiva na região noroeste do Rio Grande do Sul e no extremo oeste de Santa Catarina, com a possibilidade de surgir novos projetos com o sistema construtivo em Taipa de Pilão e uso do solo caracterizado neste trabalho.

No entanto, no que se refere à intenção de utilizar materiais provenientes do próprio local, com o objetivo de reduzir deslocamentos de cargas e, consequentemente, as emissões de CO^2 no processo produtivo, verificou-se, no contexto deste experimento, que o solo disponível na área não atendeu aos requisitos técnicos estabelecidos pela norma vigente. As características físico-químicas do material inviabilizaram o uso de solo de São Carlos, SC na composição das paredes em taipa de pilão, tornando necessário o transporte de matéria-prima de Palmeiras das Missões, RS, exigência essa que pode impactar significativamente nos custos e nos parâmetros de sustentabilidade da edificação.

Do mesmo modo, dada a escala deste experimento onde a compactação das camadas foi realizada com pilões artesanais e com uma média de nove trabalhadores voluntários, em contextos de obras civis de maior porte ou que exijam maior escalabilidade e eficiência, será necessária a adoção de pilões pneumáticos e a implementação de processos construtivos mais sistematizados, visando otimizar o processo da construção.

Enquanto recomendações de pesquisas futuras, tem-se como propostas o monitoramento de desempenho em uso, a partir de sistemas de medição e monitoramento térmico e acústico na Casa-Laboratório, a capacitação de mão de obra, voltada a profissionais da construção civil, e também a inserção de outros materiais e sistemas construtivos, como o uso do bambu e madeira laminada colada nos sistemas de cobertura.

Portanto, essa iniciativa buscou contribuir para a disseminação de práticas construtivas ambientalmente responsivas na região, reforçando o potencial desta técnica como uma alternativa construtiva e ressaltando a importância da adoção de materiais renováveis e a redução de impactos ao meio ambiente. A combinação entre tradição e inovação oferece uma oportunidade para desenvolver projetos que atendam às necessidades atuais, garantindo projetos mais sustentáveis e adaptados às necessidades climáticas e ambientais do nosso tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo – determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, ABNT: 2016a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo – determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: ABNT 2016b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo – análise granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016c.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12023: Solo-cimento – ensaio de compactação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17014: Taipa de pilão – requisitos, procedimentos e controle**. Rio de Janeiro, ABNT: 2021.

GATTI, F. **Arquitectura y construcción en tierra: estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, 2012.

LOVEC, V. B.; JOVANOVIĆ-POPOVIĆ, M. D.; ŽIVKOVIĆ, B. D. The thermal behavior of rammed earth wall in traditional house in vojvodina thermal mass as a key element for thermal comfort. **Thermal Science**, v. 22, p. S1143-S1155, 2018.

MAIA, L.; FARIA, O. B.; ANDRADE, A. G. S. Tecnologia apropriada na construção com terra – Taipa e blocos de terra comprimida. *In:* **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (Entac)**, São Paulo: ANTAC, p. 2138–2149, 2016.

MENDES, L. C. F.; BESSA, S. A. L. Análise da evolução tecnológica da taipa de pilão contemporânea. **Mix Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 66-77, 2022.

MINKE, G. **Manual de construção com terra: a terra como manual de construção e seu uso na arquitetura**. Lauro de Freitas: Solisluna, 2022.

MONTORO, P. **Como construir paredes de taipa: folheto desenvolvido a partir do workshop sobre paredes de taipa, ministrado pelo arquiteto David Easton e equipe para protótipo habitacional em Pindamonhangaba – SP**. São Paulo: ILAM – Instituto Latino Americano; Arquiteto Paulo Montoro e Associados, 1994.

ONU News. **Emissões de CO2 na área de construção civil atingem novo recorde**. 2024. Disponível em: https://news.un.org/pt/story/2022/11/1805122. Acesso em: 20 jun 2024.

PACHECO-TORGAL, F.; JALALI, S. Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. **Construction and building materials**, v. 29, p. 512-519, 2011.

PISANI, M. A. J. Taipas: a arquitetura de terra. **Sinergia**, v. 5, n. 1. p. 9-15, 2004.

SILVA, C. G. T. **Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra crua**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública), Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, 2000.

VILELA, D. P.; SANT'ANNA, D. O. Avaliação qualitativa do uso de tijolos de solo-cimento com incorporação de resíduos da fibra de bambu produzidos no município de Itajubá (MG). **Plural Design**, v. 2, n. 1, p. 41-54, 2019.

WOLENSKI, A. R. V.; HEUSER, C. A.; WELTER, E. L.; KOPPE, E.; BARIVIERA, C. A. Caracterização físico-mecânica de solo-cimento para fins de produção de paredes em taipa de pilão. *In:* **XI Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS)**. Santa Catarina, 2023.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) pelo auxílio financeiro aos projetos de pesquisa que originaram o presente artigo e a empresa De Marco Mineração, de Palmeiras das Missões-RS, pelo fornecimento dos solos estudados nesta pesquisa.