

Tecnologia de impressão 3D para situações de desastres: análise de estudos de caso sob a perspectiva da sustentabilidade

3D printing technology for disaster situations: analysis of case studies from a sustainability perspective

Luana Toralles Carbonari, Dra, UEL

luanatcarbonari@gmail.com

Berenice Martins Toralles, Dra, UEL

toralles@uel.br

Número da sessão temática da submissão – [03]

Resumo

A intensificação dos desastres naturais associada às mudanças climáticas tem ampliado a demanda por soluções de abrigo e habitação temporária que sejam rápidas, eficientes e ambientalmente adequadas. Nesse contexto, a impressão 3D aplicada à construção civil surge como uma tecnologia promissora para a produção de soluções que contribuam para a redução de resíduos, a racionalização do uso de materiais e a aceleração do processo construtivo. Este artigo tem como objetivo analisar o potencial da impressão 3D em situações de desastre, a partir da análise de três estudos de caso: a comunidade habitacional impressa em 3D em Nacajuca, no México; o protótipo TECLA, desenvolvido na Itália com uso de terra local; e o programa 14Trees, aplicado em contexto de resposta a desastres em Malawi, África. A metodologia adotada é qualitativa, exploratória e descritiva, baseada em estudos de caso múltiplos. Os resultados indicam que a impressão 3D apresenta maior adequação como solução de habitação temporária, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 9, 11 e 13, sobretudo quando aplicada às fases de recuperação e reconstrução pós-desastre, embora ainda enfrente desafios técnicos, logísticos e normativos.

Palavras-chave: Impressão 3D; Habitação Temporária; Desastres Naturais; Sustentabilidade; Construção Aditiva

Abstract

The intensification of natural disasters associated with climate change has increased the demand for rapid, efficient, and environmentally appropriate shelter and temporary housing solutions. In this context, 3D printing applied to civil construction emerges as a promising technology for the production of solutions that contribute to waste reduction, rationalisation of material use, and acceleration of the construction process. This article aims to analyse the potential of 3D printing in disaster situations, based on the analysis of three case studies: the 3D-printed housing community in Nacajuca, Mexico; the TECLA prototype, developed in Italy using local soil; and the 14Trees programme, applied in a disaster response context in Malawi, Africa. The methodology adopted is qualitative, exploratory, and descriptive, based on multiple case studies. The results indicate that 3D printing is more suitable as a temporary housing solution, aligning with Sustainable Development Goals 9, 11, and 13, especially when applied to post-disaster recovery and reconstruction phases, although it still faces technical, logistical, and regulatory challenges.

Keywords: 3D printing; Temporary housing; Natural disasters; Sustainability; Additive construction

1. Introdução

A intensificação dos eventos extremos nas últimas décadas, associada às mudanças climáticas globais, tem resultado em um aumento expressivo no número de desastres naturais, como enchentes, deslizamentos, secas e tempestades severas (IPCC, 2022). Esses eventos provocam impactos significativos sobre os territórios e as populações, destacando-se o deslocamento forçado de milhões de pessoas e a necessidade imediata de provisão de abrigos e habitações temporárias adequados (UNHCR, 2014).

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável estabelece como metas prioritárias a promoção de cidades e comunidades resilientes (ODS 11), o fortalecimento da ação climática (ODS 13) e o incentivo à inovação e à infraestrutura sustentável (ODS 9) (ONU, 2015). Nesse contexto, os abrigos e habitações temporárias não devem ser compreendidos apenas como soluções emergenciais de curto e médio prazo, mas como parte de um continuum que envolve resposta imediata, habitação de transição e reconstrução permanente (SPHERE, 2018).

Historicamente, os modelos tradicionais de abrigo e habitação temporária baseiam-se em tendas, estruturas metálicas leves, contêineres e sistemas pré-fabricados convencionais. Apesar de sua ampla utilização, essas soluções apresentam limitações recorrentes relacionadas ao conforto ambiental, à durabilidade, à adaptabilidade cultural e à geração de resíduos, além de dependerem de cadeias logísticas complexas (FÉLIX; BRANCO; FEIO, 2013). Em muitos contextos, tais espaços acabam sendo utilizados por períodos prolongados, para os quais não foram originalmente concebidos.

Nesse cenário, a impressão 3D aplicada à construção civil, também denominada manufatura aditiva em larga escala, tem-se consolidado como uma tecnologia emergente com potencial para transformar processos construtivos tradicionais, especialmente no que se refere à automação, racionalização de recursos e redução de desperdícios. Por meio da deposição controlada de material camada a camada, essa tecnologia possibilita maior precisão, redução de desperdícios e otimização do uso de recursos (BUSWELL *et al.*, 2018; BOS *et al.*, 2016). Além disso, apresenta potencial para o uso de materiais locais e de menor impacto ambiental, contribuindo para práticas construtivas mais sustentáveis.

Dessa forma, este artigo tem como objetivo analisar estudos de caso de habitações produzidas por impressão 3D, discutindo suas potencialidades e limitações sob a perspectiva da sustentabilidade e do alinhamento aos ODS 9, 11 e 13. Busca-se contribuir para o debate acadêmico e técnico sobre soluções inovadoras para a resposta a desastres e a redução de vulnerabilidades socioambientais.

2. Abrigo e habitação temporária, sustentabilidade e impressão 3D na construção civil

Os abrigos e habitações temporárias são definidos como soluções provisórias destinadas a atender populações afetadas por desastres até que seja possível o reassentamento definitivo ou a reconstrução das moradias permanentes (UNHCR, 2014). Segundo o Sphere Handbook, esses espaços devem garantir condições mínimas de segurança estrutural, proteção climática, privacidade, dignidade e adequação cultural (SPHERE, 2018).

Diversos autores fazem uma distinção entre os termos "abrigo" e "habitação" para cenários de emergência. Enquanto "abrigo" refere-se a um local para ficar durante o auge e imediatamente após um desastre, onde as rotinas diárias regulares são suspensas; "habitação" indica o retorno às atividades e responsabilidades domésticas e às rotinas diárias. Com base nesta distinção, há quatro fases diversas que podem ser empregadas: *emergency sheltering* (abrigo emergencial), *temporary sheltering* (abrigo temporário), *temporary housing* (habitação temporária) e *permanent housing* (habitação permanente). As diferenças entre essas fases muitas vezes não são bem definidas e sua duração depende das sobreposições existentes entre duas ou mais fases. Elas nem sempre se desenvolvem de forma linear e são configuradas como um processo social dinâmico (FÉLIX *et al.*, 2015; FÉLIX; BRANCO; FEIO, 2013; QUARANTELLI, 1995).

No âmbito da Agenda 2030, os abrigos e habitações temporárias relacionam-se diretamente ao ODS 11, ao promover o acesso à habitação segura e adequada, e ao ODS 13, ao fortalecer a resiliência frente a eventos climáticos extremos (ONU, 2015). A incorporação de tecnologias inovadoras no processo construtivo contribui ainda para o ODS 9, ao estimular inovação, industrialização sustentável e infraestrutura resiliente.

A sustentabilidade aplicada a esses espaços envolve não apenas a redução de impactos ambientais, mas também a eficiência no uso de recursos, a adaptabilidade ao contexto local e a possibilidade de reutilização ou reciclagem dos sistemas construtivos (FÉLIX; BRANCO; FEIO, 2013). Nesse sentido, a impressão 3D apresenta características compatíveis com esses princípios, justificando sua análise como alternativa aos modelos convencionais.

A impressão 3D na construção civil consiste na fabricação automatizada de elementos construtivos por meio da extrusão de materiais, geralmente argamassas ou concretos especiais, depositados camada a camada conforme modelos digitais previamente definidos (BUSWELL *et al.*, 2018). Essa tecnologia tem sido aplicada tanto na produção de componentes quanto na execução direta de edificações.

Entre suas principais vantagens destacam-se a redução do desperdício de materiais, a liberdade formal, a automação do processo construtivo e a diminuição do tempo de execução (BOS *et al.*, 2016; TAY *et al.*, 2017). Tais características tornam a impressão 3D particularmente atrativa para contextos emergenciais, nos quais rapidez e eficiência são fatores críticos.

Entretanto, a aplicação da tecnologia em larga escala ainda enfrenta desafios, como a ausência de normativas consolidadas, a necessidade de infraestrutura mínima para operação dos equipamentos e a adequação dos materiais às condições climáticas locais (TAY *et al.*, 2017). A análise de estudos de caso permite compreender o estágio atual da tecnologia e suas possibilidades reais de aplicação em contextos de desastre.

3. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, exploratória e descritiva, baseada na análise de estudos de caso múltiplos, conforme abordagem metodológica proposta por Yin (2015), adequada para investigações exploratórias em contextos complexos e contemporâneos.

Foram selecionados três estudos de caso envolvendo impressão 3D aplicada à produção de habitações em contextos de vulnerabilidade social ou resposta a desastres.

A seleção dos casos considerou os seguintes critérios: (i) aplicabilidade em contextos emergenciais ou pós-desastre; (ii) diversidade tecnológica e de materiais; e (iii) disponibilidade de dados técnicos em fontes científicas e institucionais. Os dados foram obtidos por meio de artigos científicos, relatórios técnicos e publicações oficiais das iniciativas analisadas.

A análise foi estruturada a partir de quatro dimensões: construtiva, ambiental, social e alinhamento aos ODS.

4. Análise dos Estudos de Caso

Nesta seção, são analisados três estudos de caso que utilizam a impressão 3D como solução construtiva em cenários de vulnerabilidade social, reassentamento ou resposta a desastres, selecionados com base na diversidade de materiais, tecnologias empregadas e fases do ciclo do desastre. A partir desses casos, busca-se identificar potencialidades, limitações e lições aprendidas, contribuindo para uma compreensão crítica do papel da manufatura aditiva na promoção de soluções habitacionais mais sustentáveis e resilientes.

4.1. Caso A — Comunidade habitacional impressa em 3D em Nacajuca, México (New Story e ICON)

O projeto desenvolvido em Nacajuca, no estado de Tabasco, México, é amplamente reconhecido como uma das primeiras experiências em escala comunitária de habitações impressas em 3D (ICON, 2019). Desenvolvido pela organização New Story em parceria com a empresa ICON, o projeto teve como objetivo atender famílias em situação de extrema vulnerabilidade, em uma região historicamente afetada por inundações.

As habitações foram produzidas por meio de impressoras de grande porte, utilizando material cimentício extrudado, com elevada automação do processo construtivo. O sistema permitiu a rápida produção de unidades padronizadas, com redução significativa do tempo de obra e do desperdício de materiais (ICON, 2019).

Do ponto de vista dos ODS, o projeto apresenta forte alinhamento com o ODS 9, ao incorporar inovação tecnológica, e com o ODS 11, ao ampliar o acesso à habitação adequada. Entretanto, sua aplicação como abrigo de resposta imediata é limitada pela necessidade de infraestrutura mínima para operação dos equipamentos, sendo mais adequada como solução de habitação temporária ou reassentamento pós-desastre.

Na Figura 1a é possível ver a habitação finalizada e na Figura 1b o espaço montado para a impressão das habitações e proteção do equipamento.



Figura 1a: Habitação finalizada. Figura 1b: Instalação para proteção do equipamento de impressão. Fonte: Archdaily (2019).

4.2. Caso B — Projeto TECLA, Itália (WASP e Mario Cucinella Architects)

O projeto TECLA consiste em um protótipo de habitação impressa em 3D desenvolvido na Itália, com foco no uso de materiais naturais e locais, especialmente terra crua (WASP, 2021). O projeto foi concebido como uma solução de baixo impacto ambiental, integrando princípios de arquitetura bioclimática e construção vernacular reinterpretada por meio de tecnologias digitais.

A impressão das paredes foi realizada com uma mistura de terra local, reduzindo significativamente a energia incorporada do material e a dependência de insumos industrializados. O sistema apresenta elevada aderência ao ODS 13, ao priorizar soluções de baixo carbono, além de contribuir para o ODS 9 e o ODS 11.

Apesar de seu elevado potencial ambiental, o TECLA apresenta limitações para aplicação direta em contextos de *disaster relief* imediato, especialmente em regiões com alta pluviosidade, exigindo cuidados adicionais quanto à proteção e durabilidade do material.

Na Figura 2a é possível ver a habitação externamente e na Figura 2b o espaço interno.



Figura 2a e 2b: Habitação externa e internamente. Fonte: Archdaily (2021).

4.3 Caso C — Programa 14Trees em Malawi: impressão 3D em contexto de resposta a desastres

O programa 14Trees, desenvolvido pela Holcim em parceria com o CDC Group, constitui um dos exemplos mais explícitos de aplicação da impressão 3D em contextos de resposta a desastres e reconstrução pós-eventos extremos na África Subsaariana (HOLCIM, 2022). Em Malawi, país frequentemente afetado por inundações severas, o programa foi direcionado à construção rápida de habitações para populações deslocadas.

O sistema utiliza impressão 3D com material cimentício otimizado, permitindo a execução das paredes em poucas horas, com redução significativa do consumo de materiais e da geração de resíduos. O projeto foi implementado em contexto real de vulnerabilidade, evidenciando a viabilidade da tecnologia para cenários de disaster relief.

O alinhamento aos ODS torna-se evidente, especialmente com o ODS 11, ao fornecer habitação segura, e com o ODS 13, ao fortalecer a resiliência das comunidades frente a eventos climáticos extremos. O caso de Malawi demonstra o potencial da impressão 3D como solução de habitação temporária em contextos de desastre, embora ainda dependa de apoio institucional e infraestrutura mínima.

Na Figura 3 é possível ver a habitação finalizada.



Figura 3: Habitação em Impressão 3D, Malawi, África. Fonte: 14trees (2020).

Com o objetivo de sistematizar e comparar as principais características dos estudos de caso analisados, o Quadro 1 apresenta uma síntese comparativa das experiências selecionadas, considerando dimensões técnicas, ambientais, sociais e operacionais. A organização dos

dados permite visualizar de forma integrada como diferentes tecnologias de impressão 3D, materiais e contextos de aplicação influenciam o desempenho dos abrigos e habitações temporárias ao longo das distintas fases do ciclo do desastre. Dessa forma, o quadro funciona como um instrumento analítico que auxilia na identificação de padrões, convergências e contrastes entre os casos, contribuindo para uma avaliação crítica do potencial da impressão 3D como alternativa construtiva sustentável em situações de desastre.

Quadro 1: Análise comparativa dos estudos de caso

Dimensão	Caso A – Nacajuca, México (New Story + ICON)	Caso B – TECLA, Itália (WASP)	Caso C – Malawi (14Trees / Holcim)
Contexto de aplicação	Vulnerabilidade social e reassentamento pós-desastre recorrente (enchentes)	Protótipo experimental com foco em sustentabilidade	Reconstrução e resposta a deslocamentos pós-desastre
Tipologia predominante	Habitação temporária / reassentamento	Protótipo replicável para habitação temporária	Abrigo e habitação temporária
Fase do ciclo do desastre	Recuperação e reconstrução	Prevenção e preparação	Resposta e recuperação
Tecnologia de impressão	Extrusão de concreto em grande escala (Vulcan)	Extrusão de terra crua local	Extrusão de concreto otimizado
Material principal	Concreto cimentício	Terra/argila local estabilizada	Concreto de baixo consumo
Uso de materiais locais	Moderado	Elevado	Moderado
Tempo de impressão das paredes	Horas a poucos dias por unidade	Aproximadamente 200 h (protótipo completo)	Horas por unidade
Velocidade de construção	Alta (em escala comunitária)	Média	Muito alta
Geração de resíduos	Baixa	Muito baixa	Baixa
Energia incorporada	Média	Baixa	Média
Conforto ambiental passivo	Limitado (depende de complementos)	Elevado (forma + material)	Moderado
Adaptação climática	Média	Alta	Média
Dependência logística	Alta (equipamento, energia, insumos)	Média (controle de solo e umidade)	Alta
Escalabilidade	Elevada	Média	Elevada
Adequação à primeira resposta (dias-semanas)	Baixa	Baixa	Média
Adequação à habitação temporária (semanas-meses)	Alta	Média	Alta
Alinhamento ODS 9	Forte	Forte	Forte
Alinhamento ODS 11	Forte	Médio	Forte
Alinhamento ODS 13	Moderado	Forte	Forte

Fonte: Os autores (2026).

A análise do Quadro 1 evidencia que a eficácia da impressão 3D na produção de abrigos e habitações temporárias varia significativamente conforme o contexto de aplicação, o material empregado e a fase do ciclo do desastre considerada. Observa-se que os casos baseados em sistemas cimentícios apresentam maior rapidez construtiva e escalabilidade, sendo mais adequados às fases de resposta e recuperação, enquanto soluções que utilizam materiais locais, como a terra crua, demonstram maior alinhamento aos princípios de sustentabilidade ambiental e adaptação climática, embora com limitações operacionais em cenários de implantação imediata. O quadro também revela que nenhuma das soluções analisadas atende de forma plena a todas as demandas do disaster relief, reforçando a compreensão de que a impressão 3D deve ser adotada como ferramenta complementar, integrada a estratégias mais amplas de gestão de riscos, planejamento territorial e políticas públicas de habitação.

5. Análises dos Resultados e Discussões

À luz da análise comparativa dos estudos de caso, evidencia-se que a impressão 3D aplicada à construção civil apresenta potencial diferenciado conforme a fase do ciclo do desastre em que é empregada. Observa-se que, embora frequentemente divulgada como solução emergencial, a tecnologia mostra-se mais madura e eficaz quando utilizada como habitação temporária, etapa crítica entre a resposta imediata e a reconstrução permanente, conforme apontado por Félix, Branco e Feio (2013).

No Caso A (México), a experiência da New Story e da ICON demonstra elevada capacidade de produção em escala, com rapidez construtiva e padronização das unidades. Essa característica é particularmente relevante em contextos de deslocamento em massa, nos quais soluções tradicionais apresentam limitações logísticas e elevado desperdício. Entretanto, a dependência de infraestrutura mínima — energia, transporte de equipamentos e insumos — restringe sua aplicação à fase de resposta imediata, reforçando seu enquadramento como solução de transição ou reassentamento planejado.

O Caso B (TECLA), por sua vez, destaca-se pelo forte alinhamento aos princípios de sustentabilidade ambiental e ao ODS 13, ao priorizar o uso de materiais locais de baixa energia incorporada e estratégias bioclimáticas. A geometria da edificação e o material empregado favorecem o conforto térmico passivo, reduzindo a necessidade de sistemas ativos. Contudo, sua aplicação direta em cenários de desastre apresenta limitações, especialmente em regiões com elevada pluviosidade ou necessidade de implantação extremamente rápida. Assim, o TECLA revela-se mais adequado como modelo conceitual replicável, capaz de orientar soluções adaptadas a diferentes contextos territoriais.

Já o Caso C (Malawi), desenvolvido pelo programa 14Trees, evidencia de forma mais clara a aplicação da impressão 3D em contextos explícitos de resposta a desastres. A rapidez de execução e a robustez das unidades construídas indicam vantagens significativas em relação a abrigos leves convencionais, especialmente quando se considera a recorrência de eventos extremos e a necessidade de soluções minimamente duráveis. Esse caso reforça a contribuição da impressão 3D para o fortalecimento da resiliência comunitária, alinhando-se simultaneamente aos ODS 9, 11 e 13.

De forma geral, os resultados indicam que não existe uma solução única baseada em impressão 3D capaz de atender a todas as fases e contextos de desastres. A eficácia da tecnologia depende da combinação entre material, logística, tempo disponível e objetivos da intervenção. A impressão 3D mostra-se especialmente promissora quando integrada a políticas públicas de gestão de riscos e planejamento territorial, atuando como complemento — e não substituto absoluto — das estratégias tradicionais de abrigo emergencial.

6. Considerações Finais

O presente estudo analisou criticamente três estudos de caso de habitações produzidas por impressão 3D, evidenciando o potencial dessa tecnologia como alternativa inovadora e sustentável no contexto da resposta a desastres. A partir da análise comparativa, verificou-se que a impressão 3D contribui significativamente para a redução de resíduos, a racionalização do uso de materiais e a aceleração do processo construtivo, aspectos diretamente relacionados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 9, 11 e 13.

Os resultados demonstram, a partir da análise dos estudos de caso, que a impressão 3D apresenta maior aderência como solução de habitação temporária, capaz de oferecer condições superiores de segurança, dignidade e durabilidade quando comparada às soluções convencionais. Em contextos de desastre recorrente, essa característica torna-se particularmente relevante, evitando a permanência prolongada de populações em estruturas precárias originalmente concebidas para uso temporário.

Entretanto, a pesquisa também evidencia limitações importantes, como a dependência de infraestrutura mínima, a ausência de normatização consolidada em diversos países e a necessidade de adaptação dos sistemas construtivos às condições climáticas e culturais locais. Tais aspectos reforçam a importância de abordagens integradas, que considerem não apenas a inovação tecnológica, mas também o planejamento urbano, a gestão de riscos e a participação das comunidades afetadas.

Como contribuição científica, este artigo avança ao posicionar a impressão 3D dentro do continuum da resposta a desastres, diferenciando suas potencialidades conforme as fases de resposta, recuperação e reconstrução. Do ponto de vista prático, os resultados podem subsidiar gestores públicos, organizações humanitárias e projetistas na avaliação crítica do uso da tecnologia em contextos reais.

Como limitações do estudo, destacam-se a dependência de dados secundários e a inexistência de avaliações de desempenho de longo prazo para alguns dos casos analisados. Pesquisas futuras podem aprofundar análises quantitativas, incluindo desempenho térmico, estrutural e ambiental, bem como investigar a viabilidade da impressão 3D em contextos brasileiros de desastre, considerando aspectos normativos, logísticos e territoriais.

Conclui-se que a impressão 3D não deve ser compreendida como solução universal para abrigos e habitações temporárias, mas como uma ferramenta estratégica situada no continuum da resposta a desastres, cujo potencial depende da integração entre tecnologia, planejamento territorial e políticas públicas.

Referências

- ARCHDAILY. **World's First 3D Printed Community Minimises Homelessness in Mexico**. 2019 Disponível em: <https://www.archdaily.com/930556/worlds-first-3d-printed-community-minimises-homelessness-in-mexico>. Acesso em: 13 jan. 2026.
- ARCHDAILY. **Casa impressa em 3D com tecnologia TECLA / Mario Cucinella Architects**. 2021 Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/960943/casa-impressa-em-3d-com-tecnologia-tecla-mario-cucinella-architects>. Acesso em: 13 jan. 2026.
- BOS, F.; WOLFS, R.; AHMED, Z.; SALET, T. Additive manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concrete printing. **Virtual and Physical Prototyping**, v. 11, n. 3, p. 209–225, 2016. DOI: 10.1080/17452759.2016.1209867.
- BUSWELL, R. A.; LEAL DE SILVA, W. R.; JONES, S. Z.; DIRRENBARGER, J. 3D printing using concrete extrusion: a roadmap for research. **Cement and Concrete Research**, v. 112, p. 37–49, 2018. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.05.006.
- FÉLIX, D.; MONTEIRO, D. V.; BRANCO, J. M.; BOLOGNA, R. The role of temporary accommodation buildings for post-disaster housing reconstruction. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 30, n. 4, p. 683–699, 2015. DOI: 10.1007/s10901-014-9431-4.
- FÉLIX, D.; BRANCO, J. M.; FEIO, A. Temporary housing after disasters: A state of the art survey. **Habitat International**, v. 40, p. 136–141, 2013. DOI: 10.1016/j.habitatint.2013.03.006
- HOLCIM. **14Trees: 3D printing affordable and sustainable housing**. Zug, 2022. Disponível em: <https://www.holcim.com/what-we-do/14trees>. Acesso em: 13 jan. 2026.
- ICON. **World's first 3D-printed community**. Austin, 2019. Disponível em: <https://www.iconbuild.com/media-gallery/icon-and-new-story-worlds-first-3d-printed-community-of-homes>. Acesso em: 13 jan. 2026.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 13 jan. 2026.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. New York, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 13 jan. 2026.
- QUARANTELLI, E. L. Patterns of sheltering and housing in US disasters. **Disaster Prevention and Management: An International Journal**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 43–53, 1995. DOI: 10.1108/09653569510088069.
- SPHERE ASSOCIATION. **The Sphere handbook: humanitarian charter and minimum standards in humanitarian response**. 4. ed. Geneva, 2018. Disponível em: <https://spherestandards.org/handbook/>. Acesso em: 13 jan. 2026.
- TAY, Y. W. D.; PANDA, B.; PAUL, S.; NOOR MOHAMED, N. A.; LEONG, K. F. **3D printing trends in building and construction industry: a review**. *Virtual and Physical Prototyping*, v. 12, n. 3, p. 261–276, 2017. DOI: 10.1080/17452759.2017.1326724.

UNITED NATIONS HIGH COMMISSIONER FOR REFUGEES (UNHCR). **Global strategy for settlement and shelter.** Geneva, 2014. Disponível em: <https://www.unhcr.org/global-strategy-for-settlement-and-shelter.html>. Acesso em: 13 jan. 2026.

WASP. **TECLA – Technology and Clay.** Massa Lombarda, 2021. Disponível em: <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-tecla/>. Acesso em: 13 jan. 2026.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

14TREES. **14Trees pioneers 3D printing technology in Africa for Affordable housing and schools.** 2020. Disponível em: <https://www.14trees.com/>. Acesso em: 13 jan. 2026.