

Uso da impressão 3D no mobiliário escolar em contextos de emergência

Use of 3D printing in school furniture in emergency context

Ana Beatriz da Silva Thomas – Acadêmica de Design de Produto, UFSC

anabdsthomas@gmail.com

Lisiane Ilha Librelotto, Dra., Virtuhab – Pós-ARQ, UFSC

lisiane.librelotto@gmail.com

Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr., Virtuhab – Pós-ARQ, UFSC

pcferroli@gmail.com

Número da sessão temática da submissão – [05]

Resumo

O contexto climático mundial exige mudanças de comportamento. Estas mudanças são profundas e envolvem todas as atividades humanas. A educação é a única maneira de assegurarmos um futuro comum sustentável. Através da educação as gerações futuras entenderão melhor a relação entre as dimensões econômica, social e ambiental da sustentabilidade, e poderão tomar decisões que permitam o equilíbrio necessário à saúde do planeta. Para isso, é preciso que a educação seja igualitária, de qualidade, contínua. Em situações de emergência, a educação tende a ficar paralisada, por períodos longos. Esse artigo traz uma proposta de recuperação rápida da infraestrutura mobiliária de escolas para que as atividades educacionais possam retornar o mais rápido possível em situações de calamidade pública. Para isso foi realizada uma pesquisa documental e de visitas de campo em escolas do RS. Como resultados foi possível determinar os requisitos necessários para projetar o mobiliário escolar no contexto de calamidade.

Palavras-chave: Educação; Impressão 3D; Sustentabilidade; Situações de emergência climática

Abstract

The global climate context demands behavioral changes. These changes are profound and involve all human activities. Education is the only way to ensure a sustainable common future. Through education, future generations will better understand the relationship between the economic, social, and environmental dimensions of sustainability and will be able to make decisions that allow for the balance necessary for the health of the planet. For this to happen, education must be equitable, high-quality, and continuous. In emergency situations, education tends to be paralyzed for long periods. This article proposes a rapid recovery of school furniture infrastructure so that educational activities can resume as quickly as possible in situations of public calamity. To this end, documentary research and field visits to schools in Rio Grande do Sul were conducted. As a result, it was possible to determine the requirements for designing school furniture in the context of calamity.

Keywords: Education; 3D printing; Sustainability; Climate emergencies

1. Introdução

Em comunidades periféricas e vulneráveis, os espaços escolares enfrentam carências que vão desde a infraestrutura física até a falta de recursos materiais e profissionais, como técnicos em educação e professores. Essa condição compromete o ambiente de aprendizagem, tornando-o precário e, muitas vezes, improvisado. A consequência direta é a dificuldade não apenas no desenvolvimento do ensino, mas também na permanência dos estudantes, que deixam de encontrar na escola um espaço de motivação e pertencimento.

As escolas localizadas nas regiões periféricas são mais vulneráveis aos impactos de catástrofes ambientais, especialmente enchentes, como ocorreu recentemente no Rio Grande do Sul. Muitas vezes estas escolas são construídas em áreas de risco, onde existe precariedade da infraestrutura urbana e prevenção e resposta a desastres.

Sabe-se que eventos climáticos extremos (intensificados pelas mudanças climáticas) afetam de forma desproporcional populações em situação de vulnerabilidade social, agravando desigualdades preexistentes. No contexto educacional, tais eventos podem resultar na interrupção prolongada das atividades escolares, na destruição de prédios, na perda de materiais pedagógicos e, especialmente, do mobiliário escolar básico, como carteiras, cadeiras e mesas, comprometendo o retorno seguro e digno às aulas (UNICEF, 2021).

Como consequência, a ausência ou deterioração do mobiliário escolar após uma catástrofe ambiental impacta diretamente o processo de ensino-aprendizagem e de permanência dos estudantes na escola. Isso afeta não apenas o bem-estar físico, mas também o psicológico da comunidade escolar.

Um exemplo recente ocorreu no Rio Grande do Sul em 2024, quando fortes chuvas entre abril e maio provocaram enchentes históricas que atingiram grande parte do estado. Estimativas oficiais apontam que mais de 1.000 escolas foram atingidas pelas cheias, causando danos em prédios e na infraestrutura geral, incluindo assim o mobiliário. Houve interrupção prolongada nas atividades educacionais. Em muitas instituições, as salas de aula foram totalmente inundadas, e móveis como carteiras, mesas e estantes foram destruídos ou perderam sua funcionalidade por conta do contato prolongado com a água e o lodo. ([Seduc.RS.gov.br](https://educacao.rs.gov.br)). Soma-se a isso o uso da própria estrutura da escola para abrigo da população deslocada de seus lares, como pontos de apoio denominados de estruturas fixas. Ainda, em outras formas temporárias de suporte, como os Acampamentos Temporários Planejados, é necessário o provimento de atividades educativas enquanto a normalidade não se estabelece, permitindo o retorno da rotina comunitária como trabalho e educação, antes mesmo que a infraestrutura local seja recuperada, imprimindo resiliência à comunidade.

O impacto no mobiliário escolar representa uma barreira significativa para o retorno seguro às aulas. Apesar dos esforços governamentais, que incluíram repasses emergenciais e aquisição de novos conjuntos de mesas e cadeiras, a reposição é lenta e dependente de logística, oferta e disponibilidade.

Nesse cenário, a impressão 3D surge como uma tecnologia promissora para auxiliar na recuperação rápida das escolas afetadas por desastres ambientais. A manufatura aditiva

permite a reposição por meio da produção local de mobiliários escolares, reduzindo custos logísticos e tempo de fabricação.

Além disso, além do uso tradicional de plásticos, a impressão 3D possibilita prever o uso de detritos gerados pelas próprias catástrofes. Isso estaria em concordância com os princípios da economia circular (Geissdoerfer e outros, 2017). Essa abordagem contribui para a redução de resíduos, promovendo também soluções ambientalmente responsáveis e socialmente inclusivas.

Sabe-se que mobiliários impressos em 3D podem ser projetados de forma modular e ergonômica, além de serem adaptáveis às necessidades específicas de cada escola. Essa flexibilidade é particularmente importante em contextos pós-desastre, nos quais as estruturas escolares podem estar temporariamente adaptadas ou reduzidas (Berman, 2012).

Este artigo tem como proposta apresentar as bases conceituais para o desenvolvimento de um mobiliário escolar emergencial destinado a comunidades periféricas e vulneráveis, após situações de catástrofes. O objetivo é unir princípios do design social e emergencial às demandas específicas da educação, apresentando uma solução prática e significativa que contribua para a continuidade do ensino em contextos adversos.

2. Revisão

A educação é reconhecida como um direito fundamental e um dos principais meios de transformação social. É por meio dela que se torna possível a redução das desigualdades, a ampliação de oportunidades e a construção de perspectivas mais justas e dignas para as futuras gerações. Contudo, ao observar a realidade brasileira, percebe-se que nem todos têm acesso a condições adequadas para exercer esse direito, sendo os desafios estruturais, sociais e econômicos obstáculos significativos para a efetividade do processo educacional (BRASIL, 2017).

Pensar em soluções para a educação significa considerar a escola, para além de seu contexto usual de ensino-aprendizagem, como um ambiente de acolhimento, de segurança e de fortalecimento da comunidade. Criar condições dignas para a permanência dos alunos em sala de aula é também uma forma de valorizar a educação como bem coletivo e essencial para a cidadania. Nesse sentido, a educação em contextos de vulnerabilidade não deve ser compreendida apenas pelas dificuldades e carências ao seu redor, mas como um caminho para garantir maior igualdade de oportunidades.

Desse modo, a educação deve ser entendida como um bem de todos, que oferece uma formação inclusiva, sem se basear em critérios que excluem, e que ajude a fortalecer os laços de reconhecimento importantes para a construção da identidade de cada pessoa. (Jesus, 2021, p.7).

É nesse cenário que o design se apresenta como uma prática projetual voltada ao desenvolvimento de produtos, assumindo um papel social, propondo alternativas que respondam a necessidades urgentes da sociedade. O conceito de design social e emergencial reforça essa perspectiva, pois busca elaborar soluções que sejam acessíveis, funcionais e

capazes de gerar impacto positivo na vida das pessoas, especialmente daquelas em situação de vulnerabilidade.

2.1 Educação no Brasil em comunidades periféricas

A educação, embora considerada um direito humano básico, ainda enfrenta barreiras significativas em contextos de vulnerabilidade. Entre os principais obstáculos estão a ausência de infraestrutura adequada, a escassez de materiais pedagógicos e a precariedade do mobiliário escolar. De acordo com Teixeira e outros (2023), a falta de condições físicas adequadas nas escolas impacta diretamente não apenas a aprendizagem, mas também a permanência e o engajamento dos estudantes.

A escola nas regiões periféricas assume grande função social, tornando-se local de segurança, acolhimento e fortalecimento da comunidade. Em comunidades vulneráveis, a escola desempenha um papel de suporte emocional e social para crianças e jovens, sendo muitas vezes seu único espaço de estabilidade e pertencimento. Nesse sentido, frequentar a escola pode significar esperança de futuro e oportunidade de mudança social (Abramovay, 2009). Contudo, a falta de infraestrutura e de mobiliário adequados compromete esse processo, reduzindo as possibilidades de desenvolvimento individual e coletivo.

É nesse cenário que o conceito de mobiliário escolar emergencial se apresenta como resposta. Estudos recentes sobre design inclusivo e acessibilidade em ambientes escolares defendem que soluções móveis, de fácil transporte, montagem simples, resistência e funcionalidade ergonômica podem não apenas suprir necessidades práticas do ensino, mas também ressignificar espaços improvisados, tornando-os mais dignos, acessíveis e estimulantes.

3. Economia Circular e impressão 3D

Geissdoerfer e outros (2017) definem a economia circular como um modelo de produção e consumo regenerativo e restaurador. Nesse modelo, recursos, energia, resíduos e emissões são minimizados através de fluxos fechados ou quase fechados de material. Com ciclos “fechados” de materiais e energia, respeitando a relação entre reutilização, reciclagem e remanufatura, a economia circular difere do modelo tradicional linear “extrair-produzir-descartar”, conforme ilustra a figura 1. A imagem é conhecida por *Butterfly Diagram* (Diagrama da Borboleta) e foi desenvolvida pela Ellen MacArthur Foundation. De modo intuitivo, o diagrama mostra como os materiais circulam por ciclos técnicos e biológicos, enfatizando a reutilização, reparo, remanufatura e reciclagem em vez do descarte linear (Ellen Macarthur Foundation, 2021).

A impressão 3D (manufatura aditiva) está alinhada aos princípios da economia circular por permitir: produção local e sob demanda (reduzindo o transporte e o estoque de materiais), design personalizado permitindo o projeto de peças adaptáveis, uso de materiais reciclados ou reaproveitados e redução do desperdício de matéria-prima, já que o processo adiciona material apenas onde é necessário — ao contrário da manufatura tradicional que frequentemente gera resíduos.

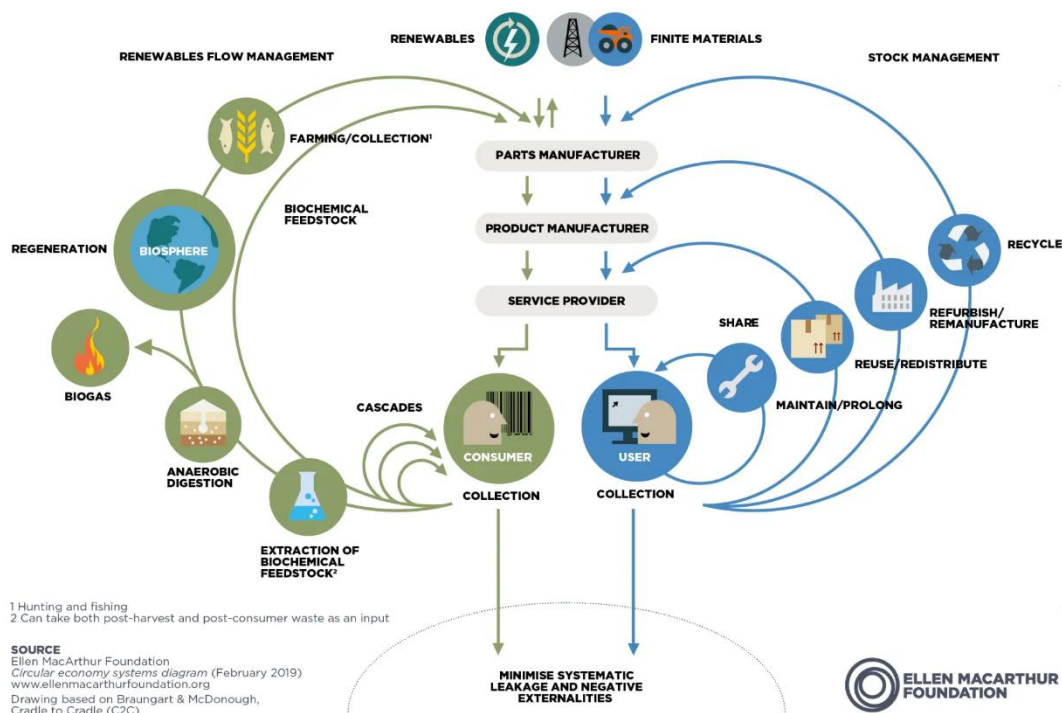


Figura 1. Butterfly Diagram. Fonte: Ellen Macarthur Foundation, 2021

A figura 1 ilustra de forma clara de que modo a economia circular contrasta com o modelo econômico linear (ou tradicional), definido pela tríade “extrair-produzir-descartar”, pois busca prolongar a vida útil dos produtos. Isso é feito pela sequência que se inicia com um design projetado desde o início para a sustentabilidade, envolvendo o uso de materiais duráveis, com pouca exigência de manutenção, facilidade de reparo, possibilidade de reutilização, remanufatura e reciclagem. Ou seja, envolve mudanças de paradigma no design e na gestão de produtos — desde a concepção até o fim da vida útil, em uma abordagem de Cradle to Cradle (Braungart e McDonough, 2014).

4. Impressão 3D para mobiliários em contexto de catástrofes

A impressão 3D pode ser usada para a operacionalização de sistemas produtivos restaurativos no contexto educacional. Em situações de catástrofes ambientais, como enchentes, grandes volumes de resíduos plásticos são gerados, provenientes tanto do descarte urbano quanto da deterioração de mobiliários escolares danificados pela água e pelo lodo.

A partir de uma abordagem de economia circular, esses resíduos podem ser coletados, separados e reciclados localmente, transformando-se em matéria-prima para impressão 3D. Com processos comumente usados para reciclagem convencional, como trituração e extrusão,

os plásticos comuns em mobiliários escolares como polipropileno (PP), polietileno de alta densidade (PEAD), poliestireno de alto impacto (HIPS) e policloreto de vinila (PVC), bastante usados em cadeiras, mesas e caixas plásticas, podem ser convertidos em filamentos ou pellets reutilizáveis. Esses materiais servem como insumo para a fabricação de novos mobiliários escolares.

Outro aspecto relevante é que a impressão 3D permite o desenvolvimento de mobiliários modulares e desmontáveis, facilitando a substituição apenas de componentes danificados, em vez do descarte integral do produto. Essa característica amplia a vida útil dos bens e reforça a transição de um modelo linear para um sistema educacional mais resiliente, sustentável e adaptável a eventos climáticos extremos.

A figura 2 ilustra o processo que pode ser usado no contexto de mobiliário escolar com o uso de impressão 3D.

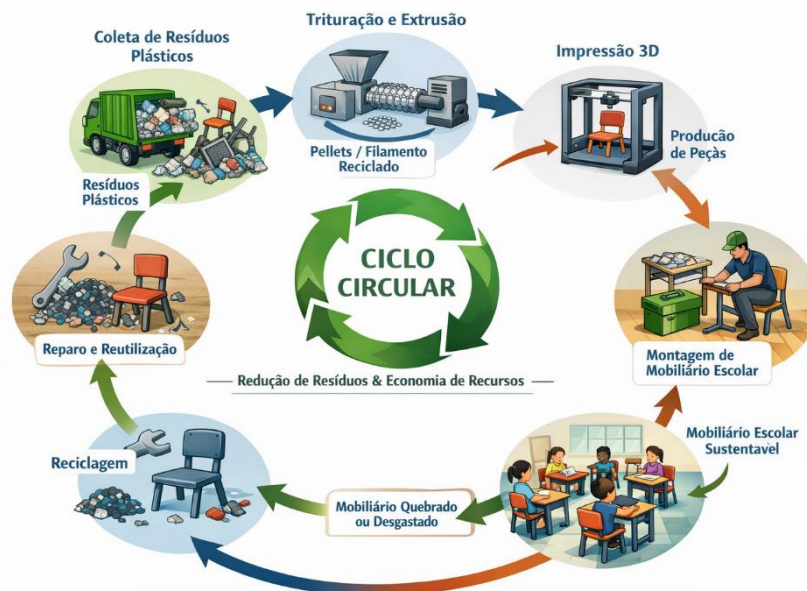


Figura 2. Processo de relação entre impressão 3D e catástrofes. Fonte: Adaptada de OpenAI, com contribuições próprias.

Dessa forma, a aplicação da impressão 3D no contexto da recuperação de escolas após catástrofes ambientais exemplifica, de maneira concreta, como os princípios teóricos da economia circular podem ser aplicados em soluções tecnológicas e sociais, promovendo simultaneamente os pilares econômico, social e ambiental da sustentabilidade.

Obviamente que em um contexto como da enchente de 2024 do RS (para exemplificar um caso) a quantidade de detritos gerados ultrapassa em muito a capacidade de coleta e reaproveitamento, até porque todos os setores estarão operando de forma parcial, ou mesmo inativos. Também deve-se considerar que boa parte dos entulhos gerados não são reaproveitáveis e precisarão serem encaminhados a lixões preparados para esses casos (figura 3)



Figura 3. Detritos em calamidades. Fonte: Adaptada de OpenAI, com contribuições próprias.

5. Casos semelhantes de design x catástrofes

O desenvolvimento de mobiliários voltados para situações de emergência tem ganhado relevância dentro do campo do design especialmente em contextos marcados por desastres naturais e vulnerabilidade estrutural.

Diversas pesquisas recentes exploram como o mobiliário pode ir além da função utilitária, tornando-se um elemento ativo na mitigação de riscos e na promoção do bem-estar psicológico em situações críticas. Sweet (2018), propõe o conceito de mobiliário psicologicamente resiliente, no qual o design é pensado para oferecer conforto, segurança e estabilidade emocional em contextos de crise.

A autora argumenta que objetos e móveis podem atuar como agentes de acolhimento, contribuindo para reconstruir o senso de normalidade em ambientes afetados por desastres e apresenta exemplos de peças multifuncionais e modulares, que se adaptam às mudanças de uso e espaço durante emergências, como mesas que podem se transformar em abrigos temporários ou assentos que facilitam a organização de abrigos improvisados.

Polat e outros (2023) analisam estratégias de mitigação de riscos associados ao mobiliário escolar em regiões suscetíveis a desastres, destacando a importância de critérios como estabilidade, resistência e segurança estrutural. Os autores enfatizam que o mobiliário inadequado pode se tornar um fator de risco durante eventos como terremotos ou enchentes, e propõem soluções projetuais que aumentam a segurança dos usuários, como o uso de fixações estáveis, materiais leves e layouts que favoreçam a evacuação.

Como exemplo dessa linha projetual, pode-se citar a *Life Triangle Desk* (Figura 4), conceito de carteira escolar criada por uma equipe de designers composta por Rui Sun, Wen Zhang,

Guan-Chen Zhang, Er-Xuan Liu e Yu-Chao Li, voltada para segurança em situações de desastres, especialmente terremotos, inspirado no princípio do “triângulo da vida”, uma teoria de proteção que sugere que, durante o colapso de estruturas, se formam vazios triangulares onde há maior chance de sobrevivência.

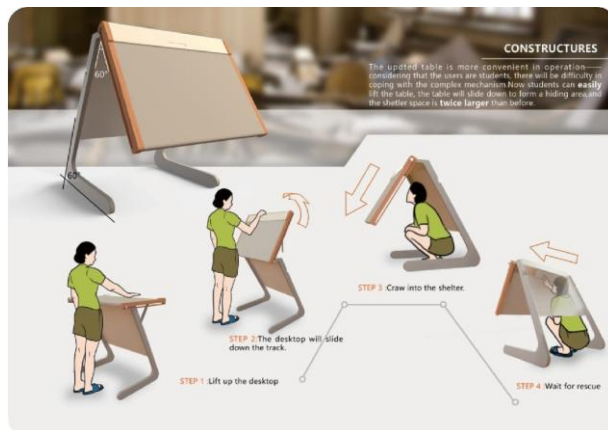


Figura 4. Life Triangle Desk. Fonte: Yanko Design (2020).

Conforme encontrado em Nadieli (2021) no Acampamento de Zaatari, um dos maiores campos de refugiados do mundo, localizado no norte da Jordânia, existe escolas, onde se pode ver alguns exemplos de mobiliário para catástrofes como mesas e cadeiras de plástico, muitos tapetes. Materiais leves, baixo custo, possibilitam o reuso, possuem disponibilidade local e valorizam o aspecto cultural (parte A da figura 5).

A parte B da figura 5 mostra o espaço educacional do acampamento Domiz Refugee Camp, considerado um exemplo especialmente no que diz respeito a educação, trabalho e organização comunitária. Fica próximo a cidade de Duhok, na Região do Curdistão Iraquiano e foi criado em 2012.

A parte C da figura 5 mostra o Campo de Refugiados de Dadaab, um dos maiores e mais antigos complexos de campos de refugiados do mundo. Está localizado no nordeste do Quênia, próximo à fronteira com Somália e foi criado em 1991.

E a parte D da figura 5 mostra o campo de refugiados de Kutupalong–Balukhali, localizado no sudeste de Bangladesh. Ele é formado por um conjunto de campos que abrigam refugiados Rohingya, um grupo étnico muçulmano. Foi criado em 2017 e hoje é o maior campo de refugiados do mundo.



Figura 5. Exemplos de escolas em campos de refugiados. Fonte: google imagens.

6. Considerações finais

Esses estudos mostram que o design de mobiliário escolar pode desempenhar um papel fundamental na redução de riscos e na melhoria da segurança em situações de emergência. Ao adotar princípios como adaptabilidade, modularidade e estabilidade, o designer contribui para ambientes educativos mais preparados e funcionais diante de crises.

Além da proteção física, essas soluções também exercem impacto emocional significativo: mobiliários resistentes, estáveis e pensados para situações extremas ajudam a restaurar a sensação de segurança, reduzir o medo e fortalecer a confiança dos usuários no espaço escolar. Assim, o design atua não apenas como um instrumento de mitigação de danos, mas como um agente que apoia o bem-estar psicológico e coletivo.

O próximo passo é o projeto propriamente dito dos mobiliários, que serão testados mediante protótipos construídos por meio de impressão 3D. À princípio espera-se concuir a presente pesquisa testando protótipos de três materiais diferentes, e comparando-os em termos de custo, tempo, resistência ao uso e design de uso, incluindo nisso aspectos ergonômicos.

Referências

- ABRAMOVAY, Miriam et al. Revelando tramas, descobrindo segredos: violência e convivência nas escolas. Brasília, DF: UNESCO; Secretaria de Educação Fundamental, 2002. Disponível em: https://www.mprj.mp.br/documents/20184/237993/Publicacao_Revelando_tramas.pdf. Acesso em: 11 set. 2025.
- BERMAN, Barry. 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, Amsterdam, v. 55, n. 2, p. 155-162, 2012. DOI: 10.1016/j.bushor.2011.11.003.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC, 2017. Disponível em: https://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 4 set. 2025.
- BRAUNGART, Michael; MCDONOUGH, William. *Cradle to Cradle: criar e recriar ilimitadamente*. São Paulo: Gustavo Gili Brasil, 2014. 192 p. ISBN 978-85-65985-19-2.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. The butterfly diagram: visualising the circular economy. Ellen MacArthur Foundation, 2021. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-diagram>. Acesso em: 15 jan. 2026
- GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. J. The circular economy – a new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, v. 143, p. 757–768, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.12.048.
- JESUS, Likem Edson Silva de. A periferia urbana e o reconhecimento social: uma análise a partir da escola. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, [2021?]. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/mediacoes/article/view/41855>. Acesso em: 4 set. 2025.
- SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL (SEDUC-RS). Orientações – Enchentes. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2024. Disponível em: <https://www.educacao.rs.gov.br/orientacoes-enchentes>. . Acesso em: 10 jan. 2026.
- SWEET, Tonya. Furniture Design for Disaster: A Case Study for Psychologically Resilient Objects. *Journal of Interior Design*, v. 43, n. 1, p. 19-27, 2018. DOI: 10.1111/joid.12110. Disponível em: https://openaccess.wgtn.ac.nz/articles/journal_contribution/Furniture_Design_for_Disaster_A_Case_Study_for_Psychologically_Resilient_Objects/23690910. . Acesso em: 15 jan. 2026.
- TEIXEIRA, Ellen Dean Ribeiro; FERREIRA, Valdivina Alves; CARNEIRO, Rosana Roriz. *Infraestrutura e insumos escolares: indicadores de qualidade para o desempenho escolar*. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/poescrito/article/view/42823>. Acesso em: 9 set. 2025.
- UNICEF. Digital Learning for Every Child: Closing the gaps for an inclusive and prosperous future. Policy brief for the G20 Task Force 4 “Digital Transformation.” United Nations Children’s Fund, Dez. 2021.