

Design Aberto e Hidroponia: Uma investigação sobre as redes de colaboração e práticas sustentáveis em plataformas de compartilhamento

Open Design and Hydroponics: An investigation about collaborative networks sustainable practices on sharing platforms

Rodrigo Argenton Freire, Doutor em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Uberlândia.

rodrigo.freire@ufu.br

Pedro Rodrigues, Graduando em Design, Universidade Federal de Uberlândia.

pedroo.rodrigues.2204@gmail.com

Ana Júlia Viola da Silva, Graduanda em Design, Universidade Federal de Uberlândia.

ana.viola@ufu.br

Alice Máximo Alvez Souza, Graduanda em Design, Universidade Federal de Uberlândia.

alice.souza@ufu.br

Número da sessão temática da submissão – [5]

Resumo

O presente artigo busca, a partir do estudo do movimento maker, do design aberto e da extração e análise de dados presentes em projetos publicados em plataformas colaborativas, entender como a sustentabilidade é (ou não) aplicada dentro das plataformas de colaboração e design aberto. Para isso, o artigo coleta dados a partir de um script que busca projetos de hidroponia e agricultura urbana e os analisa para entender como, dentro da plataforma colocada sob estudo para o artigo (Thingiverse), o desenvolvimento de soluções e produtos sustentáveis é uma preocupação dos criadores e designers que utilizam e publicam suas criações na plataforma. Durante o estudo, utilizamos metodologias como a de Fruchterman Reingold para facilitar a visualização e layout das informações coletadas e contribuir na análise detalhada de alguns pontos-chaves como a popularidade e grau de relevância dos projetos publicados na plataforma.

Palavras-chave: Design Aberto; Sustentabilidade; Movimento Maker

Abstract

This article investigates the intersection of the maker movement, open design, and data science to understand how sustainability is (or is not) applied within collaborative design platforms. To achieve

this, data was collected via a custom script targeting hydroponics and urban agriculture projects. The study analyzes these projects to determine the extent to which sustainable product development is a priority for creators and designers on the Thingiverse platform. Throughout the research, methodologies such as Fruchterman-Reingold were employed to optimize information layout and visualization. These techniques contributed to a detailed analysis of key indicators, including project popularity and degrees of relevance within the collaborative ecosystem.

Keywords: *Open Design; Sustainability; Maker Movement*

1. Introdução

Entende-se que o movimento *open-source* contribui significativamente para o desenvolvimento de inovações tanto em nível de *software* quanto *hardware*. No âmbito do *hardware*, o movimento maker tem sido responsável pelo compartilhamento de modelos (objetos) e experiências em comunidades online, o que contribui com o desenvolvimento de novos projetos e democratiza o seu acesso. Esse modelo de compartilhamento aberto e, de certa forma, colaborativo, definimos como *Open Design (OD)*. O OD se refere ao processo de desenvolvimento colaborativo cujos resultados são compartilhados publicamente para que qualquer um possa produzir/usar, estudar, modificar e distribuir (Aitamurto; Holland; Hussain, 2013). Estudos recentes têm explorado a estrutura dessas comunidades para compreender o tipo de objetos compartilhados (Freire; Monteiro, 2020), a estrutura social e cultural, os seus impactos possíveis e suas tecnologias (Boisseau; Omhover; Bouchard, 2018). Os resultados ajudam pesquisadores a entender as interações entre usuários, a influência e importância dos atores, o volume de atividade (Menichinelli, 2017), a qualidade da informação e documentação compartilhada e as escolhas de licença (Moilanen et al. 2015).

Identifica-se, no entanto, uma lacuna no entendimento sobre como os aspectos da sustentabilidade são tratados nessas comunidades e como o tema é aplicado no desenvolvimento de projetos. Dessa forma, este artigo busca identificar a incidência e a profundidade das práticas sustentáveis nos projetos compartilhados em plataformas de OD. O estudo visa investigar se preocupações como a eficiência de material, a escolha por insumos biodegradáveis, a facilidade de reparo e a extensão do ciclo de vida do produto estão integradas na documentação e no discurso dos *makers*, ou se a sustentabilidade permanece como um tema periférico frente à facilidade da fabricação digital pessoal.

O estudo contribui com o avanço na literatura de *Open Design* ao discutir a relação entre fabricação distribuída e sustentabilidade, para compreender a real efetividade ambiental da produção "faça-você-mesmo". Além disso, ao mapear como (e se) os conceitos de sustentabilidade como ecodesign, reparabilidade e ciclo de vida são documentados nessas comunidades, o estudo possibilita ter um diagnóstico crítico sobre o potencial do movimento *maker* como agente de práticas mais sustentáveis.

2. Movimento maker, open design e plataformas colaborativas

O rápido desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação (TICs) impulsionaram o surgimento de dois movimentos atrelados ao desenvolvimento de produtos: o movimento *maker* e o open design. De forma geral, o movimento *maker* compreende entusiastas de tecnologia e do “Faça-você-mesmo” (Gershenfeld, 2012) que geralmente produzem, compartilham modelos de projetos e experiências em comunidades on-line ou fóruns (Freire; Monteiro, 2020). O Open Design (OD), por sua vez, se refere ao processo de desenvolvimento colaborativo de projetos cujos resultados são compartilhados publicamente para que qualquer um possa produzir/usar, estudar, modificar e distribuir (Aitamurto, Holland etc... REF.). A ligação entre ambos os termos se dá a partir do compartilhamento de uma mesma filosofia baseada nos processos colaborativos. O que está por trás de tal filosofia é a ideia de que o compartilhamento de boas práticas e soluções, e a colaboração no desenvolvimento de soluções pode impulsionar significativamente a qualidade e a velocidade de novas inovações. De fato, os benefícios desse tipo de prática são identificados em estudos sobre o avanço das tecnologias industriais desde a Revolução Industrial (Bessen; Nuvolari, 2016). Recentemente, observamos o desenvolvimento de produtos médicos (Liu; Shi; Yang, 2022), equipamentos científicos e de fabricação digital (Wenzel, 2023), de inovação sustentável (Lippolis et al., 2023), entre outros, a partir dessas práticas abertas e colaborativas.

No âmbito da sustentabilidade, autores como Unterfrauner et al. (2017, 2019) conduziram estudos sobre o impacto ambiental do movimento *maker*, identificando que os princípios do movimento se alinham, em muitos casos, com a economia circular, extensão da vida útil por meio de reparos e recursos. Dentre os potenciais ambientais destacados, temos a reciclagem/*upcycling*, produção sob demanda, produção local e distribuída (o que reduz custos com transporte).

As plataformas de compartilhamento de projetos compreendem o espaço onde se materializam os princípios do movimento *maker* e OD, pela lógica do *commons-based peer production* (Benkler; Nissenbaum, 2006). Embora algumas plataformas, como *Thingiverse* e *Thangs3D*, sejam consideradas comunidades de design coletivo, e não de colaboração, algumas evidências mostram que há certa intenção pela colaboração por parte dos usuários, principalmente por meio da reutilização e aprimoramento de projetos existentes. (Cheng et al., 2024). Dentre os exemplos existentes, o *Thingiverse*, fundado em 2008, reúne atualmente mais de 2.5 milhões de projetos compartilhados (Cheng et al., 2024). A plataforma, além de possibilitar acesso irrestrito aos projetos, possui um mecanismo de antecessores/derivativos que permite compreender a genealogia de um projeto. Ou seja, a partir dos identificadores de cada projeto, é possível identificar se um projeto específico se originou a partir de outro e,

se resultou em outras versões. Isso possibilita compreender como se dá o processo de criação colaborativa.

Estudos recentes têm empregado a análise de redes sociais (SNA – Social Network Analysis) e teoria dos grafos para compreender os padrões de colaboração e compartilhamento. Wu et al. (2016), por exemplo, propõem investigar a comunicação e colaboração em processos de desenvolvimento de projetos por meio de métricas de centralidade, agrupamento (*clustering*) e algoritmos para detecção de comunidades, a fim de identificar atores-chave. Outros autores adotam a mesma abordagem para estudar como os designers atuam durante o desenvolvimento de projetos bem-sucedidos (Cheng et al., 2024), quais os potenciais para solucionar problemas emergentes (Freire; Monteiro, 2020), o volume de atividades (Menichinelli, 2017) e a qualidade das informações (Moilanen et al., 2015).

A compreensão das estruturas dessas redes colaborativas é fundamental para o design contemporâneo. Manzini (2008) aponta que o papel do designer na atualidade está mais ligado ao seu papel de facilitador na resolução coletiva de problemas, do que na atuação individual. Reforça assim a ideia da inovação social como caminho alternativo para a solução de problemas e da importância de potencializar as redes de colaboração. Assim, enxerga-se uma oportunidade para a atuação profissional a partir da identificação de lacunas no funcionamento das redes coletivas que possibilitam intermediação, reconhecimento e potencialização das capacidades criativas já existentes e no desenho de mecanismos de organização dessas comunidades.

A fim de contribuir com os estudos sobre as plataformas de colaboração e seus impactos, este artigo busca entender como o movimento *maker* e o OD estão alinhados às práticas e inovações sustentáveis de design. Para isso, são definimos as seguintes questões:

Q1. De que maneira as plataformas colaborativas de design aberto, a exemplo do Thingiverse, configuram-se como instrumentos de promoção do desenvolvimento e da difusão de práticas projetuais sustentáveis no contexto da agricultura urbana?

Q2. Quais evidências observáveis nos projetos disponibilizados em plataformas de código aberto indicam a incorporação de princípios de sustentabilidade, acessibilidade e inovação social aos processos de concepção e aprimoramento de produtos de design colaborativo?

3. Procedimentos Metodológicos

Inicialmente, foi realizado um levantamento das plataformas de compartilhamento existentes para identificar aquelas que permitiriam o desenvolvimento do estudo. Foram identificadas plataformas com diferentes perfis: *Thingiverse*, *Thangs*, *Github*, *Instructables*, *GrabCAD*, *Sketchfab* etc. No entanto, optamos pelo uso do *Thingiverse* em virtude da

existência de uma API (*Application Programming Interface*) que permite o desenvolvimento de ferramentas para leitura do banco de dados da plataforma via *scripts* de programação. Isso otimiza o processo de coleta de um grande volume de dados e garante a qualidade das informações coletadas. Para coletar essas informações, programamos um script que extrai os dados dos projetos exibidos na plataforma que contêm a palavra-chave pesquisada (Figura 1).

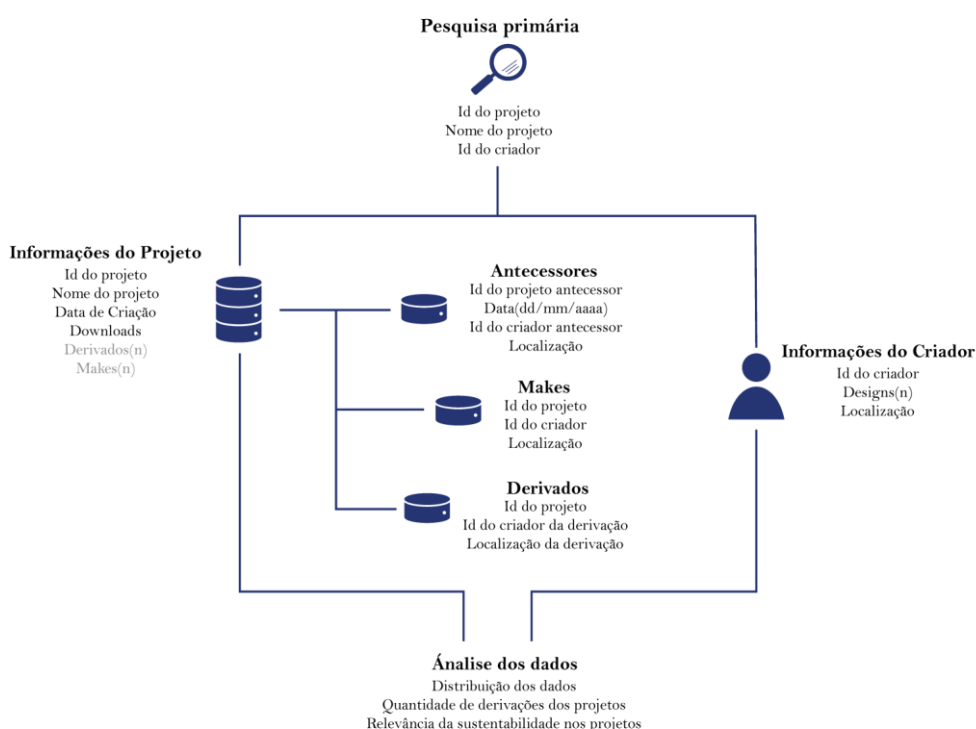


Figura 1: diagrama processual da extração de dados. Fonte: Autores

A etapa seguinte compreendeu a definição dos parâmetros de busca na plataforma. Partiu-se do termo "*sustainability*" para identificar projetos potencialmente relacionados à temática ambiental. Após uma inspeção exploratória dos resultados e leitura das categorias, optamos por concentrar o estudo em projetos vinculados à agricultura sustentável, com foco nos sistemas de hidroponia. Isso se deu em razão da quantidade de projetos com essa temática e da relevância do tema.

Após a definição do termo *hydroponic/hydroponics*, realizamos uma segunda etapa de extração de dados da plataforma. Essa consulta resultou em 2.144 projetos em um único processo. Esse procedimento permitiu identificar os metadados de cada projeto (Ids, nome do projeto, ID do autor, data de publicação, palavras-chave etc.). Como continuidade,

utilizamos o segundo script para extrair os dados completos de cada projeto, incluindo a descrição completa, instruções, projetos correlacionados, como antecessores e derivados.).

Os dados coletados foram salvos em um arquivo de formato *json* com todos os atributos de cada um dos projetos. A partir disso, buscamos identificar as relações entre cada um dos projetos, i.e. se possuem relação de derivação ou antecedência, por meio de uma representação de grafos. Para isso, adotamos o software *Gephi* e aplicamos três procedimentos: (1) identificação da centralidade, (2) identificação de comunidades e (3) aplicação do layout Fruchterman Reingold (Jacomy, Venturini; Heymann; Bastian, 2014) para representação visual. Esse método organiza os nós dos grafos gerados por equilíbrio de forças: os nós se repelem, enquanto as arestas se atraem, criando assim uma representação visualmente simétrica e organizada (Figura 2). A centralidade de cada nó é representada pelo seu tamanho e as comunidades estão identificadas por cores diferentes. Neste caso, destacamos apenas as comunidades que englobam 2% ou mais da quantidade de projetos totais encontrados (Figura 2). O grafo completo está disponibilizado para visualização na plataforma Github **(REMOVIDO PARA AVALIAÇÃO)**.

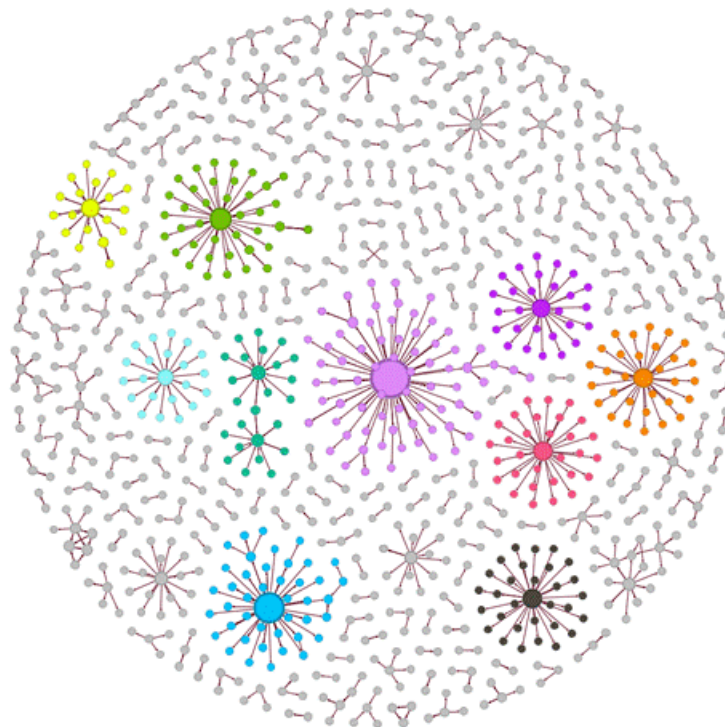


Figura 2: grafo de visualização dos projetos. Fonte: Autores

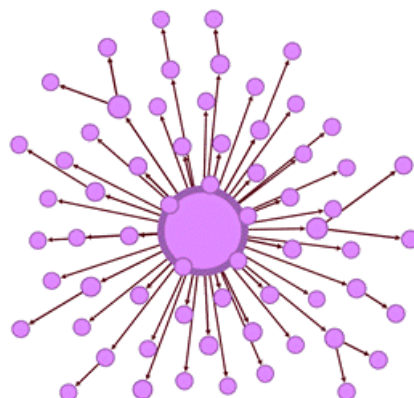
A visualização dos grafos permite identificar 4 situações principais: 1. projetos que não apresentam nenhuma ligação com outros (totalizando 1134 projetos); 2. Projetos que originam outros; 3. Projetos que são derivados de outros e; 4. Projetos que são tanto derivados quanto antecessores. Sob essa perspectiva, decidimos estudar um pouco mais cada

um dos três últimos casos. Também foram identificados, em pequeno número, projetos que não possuem aplicação práticas ou por se tratar de modelagens genéricas ou não aplicáveis, e.g. IDs: 1609635; 1361758.

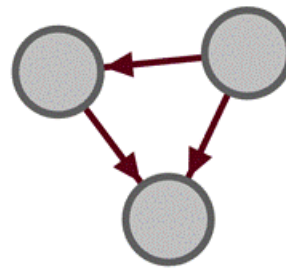
4. Resultados e Discussão

Nessa etapa, é fundamental aprofundar a análise sobre o papel das plataformas colaborativas na construção de soluções abertas, acessíveis e socialmente sustentáveis. Essas plataformas surgem da necessidade do movimento open source de democratizar o acesso a projetos e adaptá-los ao contexto social do usuário (Freire; Monteiro, 2020). Tais plataformas funcionam ao incentivar a reprodução de projetos publicados nela dando ao usuário a oportunidade de deixar comentários, curtidas ou até mesmo refazer(remixar) os projetos. Isso explica a quantidade de publicações sobre agricultura urbana encontradas na plataforma, visto que os produtos publicados passam por melhorias e se tornam mais acessíveis ao possuírem código aberto e acesso universalizado. Estudos sobre design aberto (Aitamura; Holland e Hussain, 2015) mostram que esses são alguns dos motivadores para a publicação de projetos nas plataformas de OD, visto que, para o proprietário do projeto, de muito vale o feedback recebido pelos usuários da plataforma que também possuem interesse na área projetual.

Visto isso, propomos aqui analisar a presença ou não da sustentabilidade nos protótipos apresentados no Thingiverse. Para isso, selecionamos alguns dos casos de projetos extraídos durante a fase de pesquisa e coleta de dados e procuramos entender mais profundamente. A seguir há uma breve explicação sobre quais são esses projetos (Figuras 3, 4 e 5) e porque determinamos a análise deles como guia para nosso estudo e discussão do estudo.



Figuras 3 e 4: projeto de hidroponia que gerou outros projetos (id 376158). Fonte: Autores



Figuras 5 e 6: projeto de hidroponia que surgiu a partir de projetos antecessores (id: 6987172). Fonte: Autores

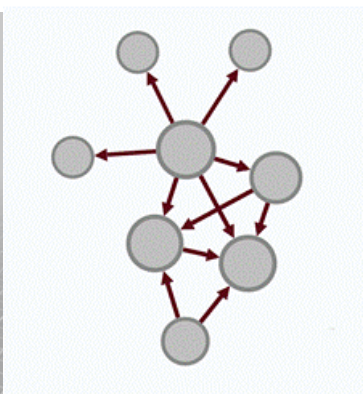


Figura 6 e 7: Conjunto de Projetos que apresentam diferentes relações. Fonte: Autores

O primeiro dos 3 casos (id 376158) apresenta um projeto de hidroponia para o cultivo de plantas em casa que gerou uma quantidade grande de projetos derivados e se popularizou muito na plataforma, possuindo alta relevância. Em alguns casos, projetos derivados se referem ao aprimoramento completo do sistema proposto (Id: 3692972) ou do desenvolvimento de novas partes/módulos (ex: Id: 745538). Vale destacar que o grande número de projetos derivados está relacionado à um único contribuidor. Nesse caso, o projeto inicial resultou no surgimento de uma iniciativa/empresa voltada à impressão de peças para hidroponia “3DPonics”. Isso demonstra, de certa forma, o potencial do movimento aberto na geração de soluções aplicáveis e comercialmente viáveis.

O segundo caso (id 6987172) consiste em uma torre de cultivo hidropônico que é derivada de 2 projetos antecessores diferentes. Nesse caso, o projeto resulta da combinação de um modelo para vasos de cultivo hidropônico (Id: 4804058) e uma tampa adaptadora que permite o cultivo em potes de vidro comuns, utilizando um sistema hidropônico passivo que dispensa

o uso de bombas ou eletricidade (Id: 6975563). Vale destacar a modularidade proposta pelo sistema que possibilita a verticalização da planta por meio de suportes que podem ser adicionados ao longo do tempo.

E por fim, o último caso (Figura 6) apresenta um conjunto de projetos que estão apresentam tanto derivados ou antecessores em comum. Embora em menor número, essas situações representam a complexidade de relações que um sistema aberto de compartilhamento possibilita. Esse tipo de complexidade favorece a troca de conhecimentos e pode potencializar o desenvolvimento de novas soluções.

De certa forma, os resultados demonstram que grande parte dos projetos apresentam princípios relacionados à sustentabilidade, não apenas pelo tema hidroponia/agricultura urbana, mas porque adotam estratégias como modularidade, diminuição de desperdício, reciclagem e reaproveitamento. Por exemplo, alguns projetos adotam a reutilização de produtos como garrafas PET (Figura 3), ou a combinação com elementos já impressos. No caso da modularidade, como observado, ela contribui com (i) a flexibilidade e customização dos sistemas, (ii) a facilidade de reparo – pode-se substituir apenas parte do sistema - e, (iii) e eficiência na produção. O que se percebe é que os projetos são feitos pensando em oferecer maior resistência e eficiência ao sistema, assim aumentando o tempo de vida das peças, o que se alinha muito aos princípios do desenvolvimento de produtos sustentáveis no âmbito do design (Manzini; Vezzoli, 2002).

A análise de artefatos como o 'y-splitter' (ID 740121) e o 'conduit' (ID 738752) reforça esse entendimento sobre como as criações da cultura *maker* podem materializar os princípios da sustentabilidade. O primeiro otimiza a distribuição de ar de um único compressor (*air bubbler*) para múltiplos sistemas da 3dponics, reduzindo a necessidade de impressões adicionais. Já o segundo minimiza o consumo energético e seus custos operacionais. Esses protótipos, disponíveis no Thingiverse, exemplificam a inovação sustentável no design ao promoverem acessibilidade, replicabilidade e o prolongamento da vida útil dos objetos, adaptando-se com eficiência ao contexto social (Manzini, 2008)."

5. Conclusão

Essa pesquisa investigou a relação entre o movimento *Open Design*, *Maker* e as plataformas de compartilhamento, analisando como a sustentabilidade é compreendida nesse ecossistema. A partir do estudo de caso da plataforma Thingiverse, com foco em projetos de hidroponia, foi possível compreender de que maneira o compartilhamento de dados contribui para o aprimoramento de soluções e qual o impacto dessas produções no processo de inovação social.

Os dados demonstram que o compartilhamento, ao favorecer o aprimoramento de projetos, torna-se fundamental para a inovação; o sucesso de um protótipo está intimamente ligado à sua capacidade de replicação e adaptação, visto que o refinamento resultante gera produtos de maior qualidade. Verificou-se que o espaço virtual facilita a distribuição de soluções de design enquanto democratiza o acesso à informação, permitindo que o usuário tanto reproduza quanto colabore. No que tange à sustentabilidade nos projetos, os makers abordam desde a escolha dos componentes, sendo a reutilização e diminuição do uso de materiais pontos principais, até a forma de utilização dos protótipos e adaptação para diferentes ambientes.

Destaca-se como limites do estudo o fato de focar apenas na plataforma *Thingiverse*, o que pode não refletir as dinâmicas de outras plataformas com outros perfis. Além disso, a análise baseia-se no que os usuários publicam e descrevem (o projeto digital). Ou seja, o estudo tem o limite de não verificar se o impacto sustentável prometido ocorre na prática (ex: se o sistema hidropônico é realmente eficiente no uso de água ou se o plástico usado na impressão compensa o ganho ambiental). Sugere-se, portanto, novos estudos para a análise de outras comunidades virtuais e estudos sobre a efetividade das qualidades (de sustentabilidade) proposta pelos projetos.

Referências

AITAMURTO, T.; HOLLAND, D.; HUSSAIN, S. Three layers of openness in design: Examining the open paradigm in design research. In: Proceedings of ICED 2013. [S.l.]: KOR, 2013. v. 1 p. 179–190.

BENKLER, Yochai; NISSENBAUM, Helen. Commons-based peer production and virtue. *Journal of political philosophy*, v. 14, n. 4, 2006.

BOISSEAU, Étienne; OMHOVER, Jean-François; BOUCHARD, Carole. Open-design: A state of the art review. *Design Science*, v. 4, n. e3, 2018.

CHENG, Kathy; ZHOU, Shurui; OLECHOWSKI, Alison. "A Lot of Moving Parts": A Case Study of Open-Source Hardware Design Collaboration in the Thingiverse Community. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, v. 8, n. CSCW2, p. 1-29, 2024.

FREIRE, R. A. & MONTEIRO, E. Z. (2020). The impact of sharing platforms on collaborative design development during emergencies: the case of COVID-19. *Strategic Design Research Journal*, v. 13, n. 13, 2020.

GASPAROTTO, Silvia. From 0 to 20: An evolutionary analysis of Open Design and Open Manufacturing. *Strategic Design Research Journal*, v. 13, n. 1, 2020.

JACOMY, M; VENTURINI, T; HEYMANN, S & BASTIAN, M 2014). ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization Designed for the Gephi Software.

BESSEN, James & NUVOLARI, Alessandro, Knowledge Sharing Among Inventors: Some Historical Perspectives, in Revolutionizing Innovation: Users, Communities, and Open Innovation 135 (Dietmar Harhoff and Karim R. Lakhani ed., 2016).

LIU, Zheng; SHI, Yongjiang & YANG, Bo(2022). Open Innovation in Times of Crisis: An Overview of the Healthcare Sector in Response to the COVID-19 Pandemic.

MANZINI, E.; VEZZOLI C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis. Os requisitos ambientais dos produtos sustentáveis, Edusp, 2002.

MANZINI, Ezio (2008). Design para a inovação social e sustentabilidade | Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais .

MENICHINELLI, M. (2017). A data-driven approach for understanding Open Design. Mapping social interactions in collaborative processes on GitHub. The Design Journal, 20 (sup1), S3643–S3658. DOI: 10.1080/14606925.2017.1352869.

MOILANEN, J.; DALY, A.; LOBATO, R.; ALLEN, D. (2015). Cultures of Sharing in 3D Printing: What Can We Learn from the Licence Choices of Thingiverse Users? Journal of Peer Production, (6).

OPEN KNOWLEDGE OPEN DEFINITION GROUP. The Open Definition - Open Definition - Defining Open in Open Data, Open Content and open knowledge. Disponível em: <<https://opendefinition.org/>>. Acesso em: 8 jan. 2026.

STEVENS, M.; WATSON, M. Dashboard User Guide. [S.l.]: Institute Without Boundaries, 2008.

UNTERFRAUNER, Elisabeth; SHAO, Jing; HOFER; FABIAN, Claudia M. The environmental value and impact of the Maker movement—Insights from a cross-case analysis of European maker initiatives(2019).

UNTERFRAUNER, Elisabeth; VOIGT, C., Schrammel, M.; MENICHINELLI, M., 2017. The Maker Movement and the Disruption of the Producer-Consumer Relation, in: Internet Science, Lecture Notes in Computer Science. Presented at the International Conference on Internet Science, Springer, Cham, pp. 113–125.

VON PLATEN, Vilhelm; KITANI, Yoji. A designer's understanding of the maker movement. Proceedings of the Design Society, v. 3, p. 101–110, 2023.

WENZEL T (2023) Open hardware: From DIY trend to global transformation in access to laboratory equipment. PLoS Biol 21(1): e3001931

WU, Dazhong et al. Understanding communication and collaboration in social product development through social network analysis. Journal of Computing and Information Science in Engineering, v. 16, n. 1, p. 011001, 2016.