ALGUNS QUESTIONAMENTOS E RECOMENDAÇÕES SOBRE O OPEN DESIGN

Some insights and recommendations about Open Design

FREIRE, Rodrigo Argenton
Centro Universitário UniMax
Universidade Estadual de Campinas

MONTEIRO, Evandro Ziggiatti
Universidade Estadual de Campinas

Resumo: Neste estudo, definimos um conjunto de parâmetros para avaliar abertura, inclusão social, viabilidade econômica e responsabilidade ambiental em projetos de *Open Design* (OD). Nós comparamos os parâmetros de oito casos de OD de diferentes natureza e escalas relacionadas ao ambiente construído. Identificamos as atuais limitações à aplicação do OD nos países em desenvolvimento e desenvolvemos um conjunto de recomendações para melhorar a abertura e garantir práticas sustentáveis. Os resultados mostram que a inclusão social é limitada à existência de ferramentas de fabricação digital e plataformas de colaboração, que existe uma falta de informações relacionadas aos aspectos ambientais que existem perspectivas positivas para o surgimento de negócios locais e a criação de empregos.

Palavras-chave: Open Design, projetos colaborativos, *Open Source*

Abstract: In this study, we defined a set of parameters to evaluate openness, social inclusiveness, economic viability and environmental responsibility in Open Design (OD) Projects. We compared the parameters of eight OD cases of different nature and scale related to the built environment. We identified current limitations to the application of OD in developing countries and developed a set of recommendations to improve openness and guarantee sustainable practices. Results show that social inclusiveness is limited to the existence of digital fabrication tools and collaboration platforms, there is a lack of information concerning environmental aspects and there are positive perspectives for local businesses and job creation.

Keywords: Open Design, Collaborative Design, Open Source

Introdução

Após o sucesso do Movimento *Open Source* (OSM) como uma alternativa para os processos de inovação e negócios dentro das comunidades de software, outras iniciativas e definições foram criadas para ampliar o alcance da filosofia por trás do OSM. O conceito de *Open Design* (OD) é um exemplo de tais derivativos. Refere-se à possibilidade de aplicar o modelo *Open Source* ao desenvolvimento de produtos tangíveis, como componentes de *hardware*

(Raasch, Herstatt e Balka, 2009; Fjeldsted et al., 2012). A maioria dos benefícios do OD está ligada à possibilidade de democratização do processo de projeto (von Hippel, 2005; Kwon & Lee, 2017), à processos de inovação mais rápidos e melhores (Vallance, Kiani, & Nayfeh, 2001; Shah, 2008), e o empoderamento dos cidadãos (Nascimento, 2014). Além disso, o OD também é visto como um promotor do consumo e produção sustentáveis (Kohtala 2015; Bonvoisin, 2016). No entanto, pouco tem sido explorado em relação ao uso do OD para promover a sustentabilidade nos países em desenvolvimento. A fim de avaliar se esses benefícios do DO são válidos, analisamos as barreiras existentes à sua adoção generalizada.

Embora não exista uma definição definitiva para o OD, existe um consenso de que o termo se refere a uma condição gradual (Open Knowledge Foundation, 2012; Boisseau, Omhover, & Bouchard, 2018). A abertura *(openness)* pode variar (i) no processo de design - desde não colaborativo até totalmente colaborativo; (ii) na forma como a documentação é compartilhada, na disponibilização em qualquer formato ou somente formatos não proprietários; e, (iii) no tipo de licença atribuada ao projeto, desde a publicação em domínio público até a manutenção dos direitos do autor original. Articulamos os princípios de abertura aos estudos existentes no OD. West e O'mahony (2008), distinguem transparência e a acessibilidade como duas formas distintas de abertura. A acessibilidade está relacionada à facilidade de acesso à documentação de origem e à possibilidade dos usuários contribuírem ativamente para um projeto. A transparência, por sua vez, se refere à documentação completa durante um processo de projeto para permitir que os usuários entendam o que está acontecendo e o motivo (West and O'mahony, 2008). Balka (2011 p.82), enfim, introduz a importância da “replicabilidade” como um aspecto de abertura. O entendimento é que um projeto não está aberto se os componentes necessários para montar um produto não estiverem disponíveis. Nesse sentido, um projeto totalmente replicável se concentra no uso de componentes que são fáceis de obter e não exigem conhecimento altamente qualificado. O OD deve garantir que qualquer pessoa, profissional ou amadora, seja capaz de reproduzir, otimizar e customizar tais projetos. Por fim, a replicação de um projeto não é suficiente se o mesmo não puder ser modificado e adaptado para contextos diferentes. Argumentamos que uma abordagem modular no processo de projeto contribui

com a adaptação de projetos. De fato, o conceito de modularização já é considerado um direcionador para Personalização em Massa, Personalização e Co-criação (Nielsen et al., 2011), resolução de problemas (Afuah e Tucci, 2012) e OD (Bonvoisin, 2016). Contribui para processos colaborativos, permitindo que o usuário/colaborador se concentre em aspectos muito específicos do projeto (Bonaccorsi & Rossi, 2003; Narduzzo & Rossi, 2008).

Os quatro aspectos acima mencionados: transparência, acessibilidade, replicabilidade e modularidade não são apenas complementares à definição de OD, mas princípios essenciais à sua aplicação. Nos países em desenvolvimento, há acesso limitado a tecnologias, materiais e ferramentas. Sob tais condições, o potencial do OD para promover a democratização do design é questionável. Por exemplo, é economicamente viável produzir um projeto de OD baseado em Impressão 3D e Fresagem CNC se as ferramentas de fabricação digital necessárias não estiverem disponíveis localmente ou exigirem altos investimentos financeiros? Estamos cientes de que o OD não se destina a resolver problemas de acesso local a tecnologias. No entanto, estudos apresentam espaços locais de produção comunitária, como o *Fablabs* e *Makerspaces,* como alternativas para aumentar as formas descentralizadas de produção (Nascimento, 2014; Hyysalo et al., 2014).

Em termos de sustentabilidade, propomos analisá-la adotando a o tripé do desenvolvimento sustentável, referindo-se às dimensões ambiental, social e econômica (Elkington, 1998). Adotamos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para abordar as três dimensões do desenvolvimento sustentável com uma abordagem pró-ativa (Levänen, Hossain & Lyytinen, 2016). Cada um dos 17 Objetivos tem metas orientadas para ações específicas, tais como (1) garantir o acesso à água, energia e alimentos, (2) reduzir as desigualdades, (3) promover o consumo sustentável e (4) promover o trabalho decente e a inovação.

Neste estudo, abordamos a lacuna relacionada à adoção do OD nos países em desenvolvimento, considerando os princípios de abertura e os indicadores de sustentabilidade. A seguir, apresentamos a abordagem metodológica usada para (1) definir indicadores sustentáveis e princípios de abertura, (2) selecionar os casos de OD e (3) analisar os respectivos casos. Uma

lista de recomendações para permitir a prática de OD em um contexto de país em desenvolvimento é apresentada e discutida em seguida.

Materiais e Métodos

Nos concentramos nos pontos fortes e fracos do OD para promover a inclusão social (IS), garantindo a viabilidade econômica (VE) e a responsabilidade ambiental (RA). Para tanto, adotamos nove indicadores distribuídos em dois conjuntos. O primeiro conjunto mede aspectos de abertura baseados em quatro princípios de OD discutidos na literatura: acessibilidade, transparência, modularidade e replicabilidade. O segundo conjunto incorpora parte dos 0 de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para medir os aspectos acima mencionados de SI, EV e ER. Cinco indicadores são usados neste caso. Os indicadores estão relacionados a duas restrições temporais: presente e futuro. Primeiro, introduzimos uma visão crítica sobre as limitações presentes para o OD e, segundo, discutimos possíveis caminhos para transpor tais limitações. É importante notar que os indicadores não são específicos para cada um dos aspectos de sustentabilidade, mas apresentam relações sobrepostas. O estímulo de empresas locais, por exemplo, tem impactos ambientais (diminuindo a necessidade de transporte) e proporciona melhores oportunidades (sociais e econômicas). Adotamos uma abordagem semelhante aos estudos sobre inovações frugais (Levänen, Hossain & Lyytinen, 2016) e o movimento "Faça você mesmo" (Bonvoisin & Prendeviile, 2017). Na Tabela 1, apresentamos os indicadores de sustentabilidade, os princípios de abertura e o raciocínio que adotamos para analisar os casos selecionados.

Tabela 1 - Os indicadores selecionados para medir sustentabilidade e abertura de projetos de OD.

Indicadores de Sustentabilidade	Raciocínio/Justificativa
Requer habilidades especializadas para implementação?	A necessidade de habilidades especializadas diminui a inclusão social. ODS 4,5 e 8.
Estimula a criação de empregos e empresas locais?	Estimula melhores oportunidades de trabalho e maior renda. ODS 1, 5, 8 e 10.
Melhora o acesso a serviços básicos (água, energia e alimentos)?	Ajuda a superar a falta de infraestrutura para o saneamento básico. ODS 2, 6, 7 e 9.
Estimula o consumo sustentável de recursos naturais?	Minimiza a exploração de recursos naturais. ODS 9, 12, 14 e 15.
Aumenta a eficiência energética?	Reduz o consumo de recursos não renováveis e emissões de GEE. ODS 7, 9, 12 e 15.
Princípios de Abertura *(openness)*	
Acessibilidade	Refere-se à facilidade de acesso ao arquivo fonte, principalmente, em formatos não proprietários. Também denota a possibilidade de os usuários contribuírem ativamente para o desenvolvimento de um projeto OD.
Transparência	Relaciona-se com a documentação completa de um processo de design para permitir que colaboradores / usuários entendam “o que está acontecendo e por quê” (West e O'Mahony, 2008).
Replicabilidade	Diz respeito à possibilidade de reproduzir um artefato físico usando configurações similares ao projeto original.
Modularidade	Contribui para processos colaborativos permitindo que o usuário / colaborador se concentre em aspectos muito específicos do projeto.

Seleção dos casos

A seleção dos casos procedeu em quatro etapas. Embora existam exemplos de OD em diversos setores, como vestuário, biotecnologia e indústrias farmacêuticas (Lakhani & Panetta, 2007), limitamos os casos ao campo da arquitetura e do desenho urbano. Primeiro, procuramos na literatura existente exemplos de OD nas bases de dados Scopus, Google Scholars e Web of Science. No entanto, não conseguimos encontrar um número consistente de

casos. Em segundo lugar, decidimos pesquisar na web por projetos, repositórios ou empresas com foco em OD. A pesquisa resultou em um maior número de resultados e 21 casos potenciais foram identificados. A terceira etapa envolveu uma pré-análise de cada caso e um processo de agrupamento. Desenvolvemos cinco grupos principais considerando a escala e a natureza de cada caso e as informações disponíveis. Por fim, selecionamos dois casos de cada grupo e seguimos para a etapa de avaliação. É importante ressaltar que, além dos 21 casos identificados, outros exemplos foram encontrados em repositórios para compartilhamento de projetos de design. Excluímos esses exemplos de nossa análise porque buscamos casos confiáveis e bem estruturados. A Tabela 2 apresenta os 21 casos identificados e os 8 casos selecionados (em negrito). Em seguida, apresentamos o processo de agrupamento e as ferramentas de avaliação que adotamos.

Tabela 2 - Casos identificados e selecionados (em negrito) para o estudo

CASOS	FONTE	SETOR
OPENDESK	**https://www.opendesk.cc**	**Mobiliário**
MOZILLA FACTORY	**http://os-furnitures.tumblr.com**	**Mobiliário**
MONODESIGN	https://monodesign.com.br	Mobiliário
DOSUNO DESIGN	http://www.dosunodesign.com	Mobiliário
OPEN STRUCTURES	http://openstructures.net	Mobiliário
HOME-ASSISTANT	**https://www.home-assistant.io**	**Automação**
CALAOS	https://www.calaos.fr/fr/	Automação Residencial
DOMOTICZ	**http://www.domoticz.com**	**Automação**
OPEN HARDWARE	https://www.openhardware.io	Automação Residencial
OPENMOTICS	https://up.openmotics.com	Automação Residencial
OPEN ENERGY	https://openenergymonitor.org	Equipamentos
FAIRCAP	http://faircap.org	Consumo de Água
CAMINOS DE AGUA	**http://www.catis-mexico.org**	**Consumo de Água**
ONE	https://www.onecommunityglobal.org	Energia, Água e
SUNZILLA	**https://sunzilla.de**	**Geração de Energia**
AKER	**https://akerkits.com**	**Alimentos**
OPEN	**https://www.media.mit.edu/groups**	**Alimentos**
ELEMENTAL	http://www.elementalchile.cl	Projetos Residenciais
PAPERHOUSES	http://paperhouses.co	Projetos Residenciais
WIKIHOUSE	https://wikihouse.cc	Projetos Residenciais
BRICKSOURCE	Parametric brickwork patterns	Projetos Residenciais

A escala de componentes se refere a qualquer elemento que coopere ou trabalhe em conjunto com outros elementos para formar um sistema. Neste sentido, uma janela, uma porta ou um telhado constituem um sistema e uma moldura de madeira, uma fechadura e uma telha são alguns dos componentes desses sistemas. O sistema / escala organizacional consiste na escala em que funções gerais e mais amplas de um edifício são executadas. Nessa escala, o usuário está indiretamente conectado à função, embora se beneficie dela. O recinto de um edifício, por exemplo, separa o exterior do interior de um edifício. A Tabela 3 resume os casos selecionados, seus domínios e informações gerais.

Tabela 1 – Resumos dos domínios em qual cada caso se relaciona

CASOS	**DOMÍNIO**			**DESCRIÇÃO**
	Digital	Componente Físico	Sistema Físico	
OPENDESK			X	Mobiliário
MOZILLA		X	X	Mobiliário
DOMOTICZ	X	X		Automação Residencial
HOME-	X	X		Automação Residencial
AKER			X	Alimentos
OPENAG	X	X	X	Alimentos
SUNZILLA	X	X	X	Painéis Solares
CAMINOS DE	X	X	X	Soluções para a Água

Para a análise dos casos, utilizamos os indicadores da Tabela 2 relacionados aos ODS e ao OD. Em seguida, nos familiarizamos com todos os dados disponíveis dos casos selecionados. Para o contexto presente e cada indicador, os casos foram avaliados em uma escala com três valores possíveis, -1 para negativo, 0 para neutro e +1 para desempenho positivo. Para um cenário futuro ideal, os mesmos princípios foram considerados. Depois disso, um conjunto de orientações para otimizar o uso do OD no contexto de um país em desenvolvimento foi desenvolvido. Os casos selecionados são apresentados a seguir.

OPENDESK

A OpenDesk é uma empresa sediada em Londres que distribui desenhos de móveis sob licença Creative Commons, principalmente sob restrições não comerciais. Os projetos são distribuídos para usuários finais como um arquivo de fabricação digital DIY ou para fabricantes locais, que os produzem comercialmente. Quando os fabricantes locais produzem os móveis, o valor pago pelo consumidor é distribuído entre o fabricante, o designer e o OpenDesk. A documentação usa arquivos .DXF para gerar caminhos de fresagem CNC e arquivos .PDF com instruções gerais.

MOZILLA FACTORY SPACE

Projetado pela Nosigner, o *Mozilla Factory Space* é um escritório baseado em Tóquio que faz parte da Fundação Mozilla. A Fundação é conhecida pelo desenvolvimento de softwares e soluções *Open Source* para a web. O projeot do escritório adotou o conceito de OD e todos os detalhes do projeto de móveis são disponibilizados publicamente nos arquivos .DXF, .PDF e .EPS. A documentação é dada em forma de instruções para montagem e detalhes de desenho para fresagem CNC.

DOMOTICZ

Domoticz desenvolve uma plataforma de automação residencial de código aberto que opera em vários sistemas operacionais, proprietários ou não. A documentação é fornecida em forma de instruções para instalação, configuração, personalização e operação. Pacotes de instalação estáveis e beta são fornecidos e o código fonte está disponível no *Github*, uma plataforma de hospedagem de códigos-fonte. A iniciativa não desenvolve nenhum componente de *hardware*; no entanto, fornece uma lista de componentes compatíveis, por exemplo, sensores meteorológicos e de temperatura. Por fim, um fórum é fornecido para o suporte da comunidade.

HOME-ASSISTANT

Similar ao Domoticz, o Home-assistant é uma plataforma para automação residencial baseada no Raspberry Pi. A documentação também é fornecida em forma de instruções para instalação, configuração e operação.

Suporta a integração de mais de 1000 componentes de *hardware* e *software,* incluindo sensores, interruptores, câmeras, alarmes e sensores de presença. As instruções para integrar os componentes à plataforma são dadas individualmente. A comunidade de desenvolvimento alimenta um repositório de exemplos sobre como utilizar o Home-Assistant e um fórum fornece suporte para usuários.

AKER

Aker desenvolve kits de jardinagem para agricultura urbana sob uma licença Creative Commons Sharealike 4.0. Não há restrições comerciais aplicadas, no entanto, qualquer modificação ou otimização do projeto original deve ser distribuída sob a mesma licença. A documentação é distribuída em arquivos .DXF para fresagem CNC e instruções de montagem também são fornecidas. O site da empresa fornece um fórum da comunidade para os usuários. Por fim, também é possível comprar os kits diretamente da empresa.

OPEN AGRICULTURE INITIATIVE (OPENAG)

O OpenAg é uma iniciativa hospedada no MIT Media Lab. Sua missão é "criar sistemas alimentares mais saudáveis, mais envolventes e mais inventivos" (Open Agriculture Initiative, 2016a). Atualmente, existem vários projetos em desenvolvimento. Para os fins deste estudo, vamos nos concentrar no projeto *Personal Food Computer*, uma plataforma de ambiente pequeno e controlado para o cultivo de alimentos. A documentação está disponível nos formatos de arquivo .DXF, .SLDPRT, .PDF para fresagem CNC e Impressão 3D. Uma lista de materiais é fornecida para componentes eletrônicos. Instruções e um fórum da comunidade também estão disponíveis para discussão.

SUNZILLA

O Sunzilla é um gerador de energia solar de código aberto para fornecimento fora da rede, licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution-Sharealike 2.5. A documentação não está disponível na página da web da empresa. No entanto, é possível acessá-lo nos repositórios *Instructables* ou *Wikifab.* A documentação consiste em arquivos .PDF e .DXF para corte a

laser ou Fresagem CNC. Não conseguimos identificar a existência de um fórum para colaboração ou discussão sobre desenvolvimento.

CAMINOS DE AGUA

A Caminos de Agua é uma organização sem fins lucrativos localizada no México que desenvolve soluções para o abastecimento e consumo de água potável. A organização tem mais de 100 projetos implementados no México, baseados principalmente em sistemas de captação de água da chuva e filtros cerâmicos. Nenhuma documentação CAD está disponível na página da Organização. No entanto, os arquivos .PDF estão disponíveis com instruções para a construção de filtros cerâmicos, sistemas de captação de água da chuva e filtros *Biochar*.

Resultados e Discussão

A Tabela 4 apresenta um resumo de nossos resultados. Eles consistem na avaliação de cada caso considerando os nove indicadores mencionados anteriormente. Já a Tabela 5 resume as principais questões identificadas e um conjunto de recomendações para melhorar os projetos de OD em termos de abertura, inclusão social, viabilidade econômica e responsabilidade ambiental.

Tabela 4 – Resumo dos Resultados

Sustentabilidade	OpenDesk	Mozilla	Domotiz	home-assist.	Aker	OpenAg	Sunzilla	Caminos
Requer habilidades especializadas para implementação?	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
Estimula a criação de empregos e empresas locais?	1	0	1	1	1	0	1	1
Melhora o acesso a serviços básicos (água, energia e alimentos)?	0	0	1	1	1	1	1	1
Estimula o consumo sustentável de recursos naturais?	0	1	0	0	0	0	1	1
Aumenta a eficiência energética?	1	1	1	1	1	-1	1	1

Princípios do *Open Design*								
É Modular?	0	1	1	1	1	0	0	0
É Replicável?	1	1	1	1	1	-1	1	-1
É Acessível?	-1	0	1	1	0	1	-1	-1
É Transparente?	0	0	1	1	0	1	-1	0
TOTAL	1	5	6	6	4	0	2	3

O processo de avaliação considerou a aplicação dos casos de OD no contexto de um país em desenvolvimento. Mais especificamente, abordamos isso com base em nosso conhecimento, experiência da disponibilidade brasileira de materiais, ferramentas, máquinas e profissionais qualificados. Também exploramos os fóruns de discussão existentes para identificar se os projetos já foram desenvolvidos no Brasil. Por exemplo, os componentes de automação residencial para montagem de projetos Domoticz e Home-Assistant são mais fáceis de encontrar se comparados aos componentes do OpenAg. No fórum OpenAg, por exemplo, um dos usuários destaca a necessidade de adaptar peças ao projeto devido à indisponibilidade de alguns componentes (OpenAg Forum 2016b).

Na Tabela 5, resumimos as características atuais encontradas nos casos de OD, destacamos as limitações atuais e apresentamos aspectos positivos. A segunda coluna apresenta recomendações para lidar com essas limitações e garantir a plena democratização do OD. Seguindo a Tabela 5, apresentamos e discutimos nossas descobertas com base nos nove indicadores.

Tabela 5 - Aspectos atuais do OD e recomendações futuras

Aspectos atuais	**Recomendações**
• Os casos exigem habilidades especializadas, especialmente em programação de computadores, eletrônica e CAD. A língua também é uma barreira. • Os casos de OD permitem um ambiente favorável para a criação de empregos locais.	• Compartilhar a documentação completa de projetos destinados a usuários iniciantes. • Aumentar o número de instalações para fabricação digital, como *Fablabs* e *Makerspaces.*

• Os casos dependem de alta tecnologia ou inovações frugais. No entanto, é importante destacar o potencial da automação residencial para melhorar o acesso a serviços básicos. • A eficiência energética aumenta devido a processos de produção descentralizados que reduzem a necessidade de transporte. No entanto, a fonte de energia requer atenção especial. • A modularidade foi percebida em casos que são escalonáveis e adotam práticas de reciclagem e reutilização. A modularidade nos casos de domínio digital é maior que nos casos físicos. • A replicabilidade é considerável entre os casos analisados. Restrições são limitadas devido à falta de informações ou componentes não disponíveis nos países em desenvolvimento • Formatos de arquivos proprietários restringem o acesso aos arquivos de origem. Um aspecto mais problemático é o uso de licenças restritivas e a inexistência de processos abertos para colaboração em casos que exploram comercialmente o produto final. • A transparência é restrita quando faltam informações para a produção e montagem. Alguns dos casos não possuem a documentação completa disponível na página *host* do projeto.	• Implementar programas de treinamento para operar ferramentas e máquinas de fabricação digital. • Desenvolver projetos alternativos para recursos materiais reciclados, reutilizados e/ou locais. • Desenvolver *Softwares Open Source* e formatos de arquivos, além de otimizar plataformas de colaboração para objetos físicos. • Estimular o uso de diferentes idiomas em arquivos e instruções de documentação. • Desenvolver repositório de componentes padronizados para uso em todos os tipos de projetos físicos. • Estimular a adoção do OD em indústrias e serviços criativos, por exemplo, arquitetura e design urbano. • Desenvolver políticas que estimulem a adoção de projetos de OD nos setores públicos. • Desenvolver repositórios para medir o impacto ambiental de projetos de OD. • Criar repositórios com especificação de materiais locais para compatibilização de projetos

INCLUSÃO SOCIAL

Vários estudos apresentam casos bem-sucedidos de como o OD melhorou a democratização do design (von Hippel, 2005; Kwon & Lee, 2017). No entanto, nossos resultados mostram que o OD depende da existência de profissionais qualificados, ferramentas e maquinário. No contexto de um país em desenvolvimento, essa dependência pode restringir a adoção de um projeto de

OD se tais estruturas não estiverem disponíveis em nível local. Esses limitem aumentam os custos envolvidos na produção de um artefato OD (aquisição de material, transporte, taxas de uso de ferramentas). Isto é particularmente verdadeiro para as comunidades rurais e pequenas cidades. Como esperado, as soluções baseadas na reciclagem e reutilização de materiais (Mozilla Factory Space e Caminos de Agua) são mais fáceis de serem replicadas em diferentes contextos. No entanto, uma documentação incompleta ou imprecisa, como observamos nas soluções Caminos de Agua, limita a implementação correta de projetos em OD.

Em geral, os projetos de OD estão ligados a processos de fabricação digital, que já apontamos como um fator limitante para a inclusão social. Ao mesmo tempo, adicionamos aqui um aspecto menos debatido nas comunidades de OD: a barreira da língua. Não foi surpresa que o inglês seja a linguagem mais comum usada em processos de colaboração e documentação de projetos. Os projetos de OD devem estimular a geração de ramificações em outros idiomas? Acreditamos que sim, especialmente se considerarmos que nos países em desenvolvimento o inglês não é falado pela maioria da população. No Brasil, por exemplo, os falantes de inglês representam 5% da população total (British Council, 2014).

Por fim, vislumbramos melhores possibilidades devido à expansão de *Fablabs* e *Makerspaces* locais apoiados por Instituições Educacionais (Blikstein & Krannich, 2013) e ao desenvolvimento de ferramentas de fabricação de OD, como a RepRap, uma impressora 3D auto-replicadora. Sugerimos também a adoção de processos de OD por profissionais do setor de construção. Entendemos isso como uma alternativa para aproximá-los daqueles que não são seus clientes habituais. A autoconstrução, por exemplo, é uma prática difundida nos países em desenvolvimento (Monteiro et al., 2006). Nesse sentido, o OD pode garantir soluções melhor projetadas para projetos novos ou incrementais.

VIABILIDADE ECONÔMICA

A viabilidade econômica está relacionada tanto à viabilidade comercial quanto aos benefícios financeiros da adoção do OD. Do ponto de vista de viabilidade comercial, o OD estimula novos modelos de negócios (Saebi & Foss,

2015; Laplume, Anzalone & Pearce, 2016) focados em serviços em vez de fabricação. A OpenDesk, por exemplo, distribui projetos de mobiliário para uso pessoal sem nenhum custo. No entanto, eles oferecem serviços para personalização de projetos e vinculam os consumidores finais aos fabricantes locais, especializados em fabricação digital. Outras possibilidades são imaginadas se considerarmos, por exemplo, serviços de automação residencial baseados em projetos *Open Source* como Domoticz e Home-Assistant. Também entendemos que a adoção do OD pelo setor público contribuiria para a expansão de pequenos fabricantes e para a sustentabilidade econômica de tais projetos.

Do ponto de vista do usuário, os benefícios financeiros também estão ligados à disponibilidade de infraestrutura para fabricar artefatos de OD. Ao mesmo tempo, a maioria dos casos que observamos beneficia os usuários em termos financeiros. O Sunzilla e o Caminos de Agua minimizam os custos de acesso a energia e água, enquanto o OpenAg e o Aker permitem a produção de alimentos, em diferentes níveis de complexidade. Por fim, os projetos de automação podem aumentar a eficiência energética controlando, por exemplo, a temperatura ambiente e a intensidade da luz.

RESPONSABILIDADE AMBIENTAL

Observamos que os casos de OD têm um potencial benéfico para otimizar o consumo de energia e recursos naturais. A produção descentralizada minimiza a necessidade de transporte, o que diminui o consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa. Mais uma vez, essa condição é reforçada caso os materiais estejam disponíveis em nível local. O consumo energético também é beneficiado pelas soluções de domínio digital, como Domoticz, Home-Assistant e Sunzilla. Os dois primeiros permitem ao usuário medir o consumo de energia e automatizar as operações de iluminação, por exemplo. Já a Sunzilla fornece painéis de energia solar com custo de produção relativamente baixo.

A OpenDesk e a Aker estimulam o uso de materiais sustentáveis, com o uso de painéis de madeira certificados. No entanto, isso só é possível quando a produção é controlada pelas empresas. Ao mesmo tempo, não há artefatos projetados para minimizar o consumo de material em ambos os casos. A possibilidade de desmontagem e uso subsequente em outros projetos também

não é suportada. O *Mozilla Factory Space* (MFS) e o Caminos da Agua, por outro lado, estimulam práticas de reciclagem e reaproveitamento. Os projetos da MFS usam materiais do dia-a-dia, como caixas de plástico e paletes para funcionar como vasos de plantas ou pisos elevados.

Apesar desses benefícios, identificamos a necessidade de abordagens quantitativas para medir a eficiência energética e o impacto do consumo de materiais. Nesse sentido, o desenvolvimento de repositórios de dados abertos para medir a pegada de carbono, por exemplo, poderia ajudar os projetistas a escolher os melhores materiais para locais específicos em termos de impacto ambiental.

MODULARIDADE, REPLICABILIDADE, TRANSPARÊNCIA E ACESSIBILIDADE

Embora não haja uma definição definitiva para o OD, entendemos a abertura como um conceito gradual. Esse entendimento considera aspectos da documentação, processos de projeto e atribuição de licenças. De modo geral, os projetos de OD baseados no domínio digital geralmente são mais abertos do que aqueles baseados no domínio físico. A Tabela 4 mostra que tais projetos tendem a abordar todos os princípios de abertura enquanto os projetos físicos falham em alguns aspectos. Entretanto, esse não é um resultado inesperado. O compartilhamento de informações e processos colaborativos é mais fácil de ser realizado em ambientes virtuais, requer menos suporte financeiro e já possui plataformas bem estruturadas para colaboração.

A modularidade já é abordada no desenvolvimento de Softwares *OpenSourcre*. Nos exemplos Domoticz e Home-Assistant, a modularidade melhora significativamente a compatibilidade com outros componentes existentes. Além disso, permite que os contribuintes se concentrem em problemas muito específicos (Bonaccorsi & Rossi, 2003; Narduzzo & Rossi, 2008), mas também facilitam o ajuste das especificações de projeto aos padrões locais (linguagem e componentes), permitem escalabilidade de design (Aker) e processos *cradle-to-cradle*. Embora alguns casos apresentem certo grau de modularidade, se considerarmos a especificação de conexões (OpenDesk) e o

uso de componentes menores (Sunzilla), os classificamos como neutros porque não havia informações disponíveis relacionadas à modularidade.

A replicabilidade foi bem abordada pela maioria dos casos. A documentação necessária para produzir, montar e operar os artefatos era de fácil acesso. Algumas limitações se aplicam ao Sunzilla e ao Caminos de Agua. O Sunzilla disponibiliza a documentação do projeto na própria página do projeto. Os arquivos e as instruções foram encontradas em um repositório para projetos DIY. O caso de Caminos de Agua é menos crítico quando compartilha instruções de construção para produzir seus projetos, mas algumas das instruções estão incompletas.

A acessibilidade do OD é limitada devido ao uso de formatos de arquivo e software proprietários. Alguns softwares do *Opensource* são capazes de importar diferentes formatos de arquivo, no entanto, esse processo nunca é totalmente confiável e pode exigir mais ajustes na documentação importada. Outro aspecto a considerar é o uso de licensas com restrições para fins comerciais. As restrições são conflitantes com os princípios de abertura que garantem a publicidade da documentação para qualquer pessoa e para qualquer finalidade (Open Knowledge Foundation, 2012). Por fim, alguns projetos não estão abertos processos colaborativos, o que minimiza o potencial de abordagens inovadoras, modularidade e adaptações ao projeto original.

A transparência é bem observada em projetos que estimulam a existência de fóruns comunitários para o seu desenvolvimento, discussões e questionamentos. Neste sentido, Domoticz, Home-Assistant e OpenAg são particularmente transparentes. Casos explorados comercialmente apresentaram menor grau de transparência. Consideramos como uma possível coincidência que deve ser mais investigada. No entanto, a falta de transparência merece atenção, uma vez que vai contra a filosofia OD.

LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Destacamos as limitações do nosso estudo com base no número de casos investigados. Além disso, uma investigação mais profunda dos casos selecionados seria necessária para confirmar ou contradizer essas descobertas preliminares. Nós desenhamos duas observações relacionadas ao nosso

estudo. Primeiro, nossos indicadores qualitativos de inclusão social, viabilidade econômica e responsabilidade ambiental foram construídos com base nos ODS. Sugerimos o uso de ferramentas de mensuração quantitativa como alternativa para obter resultados mais consistentes, embora restrinjam observações gerais. Em segundo lugar, os princípios da abertura já são adotados na literatura. Os princípios de transparência e acessibilidade estão presentes na definição do OD se considerarmos processos colaborativos e acesso ao design completo da documentação. Replicabilidade e Modularidade, por outro lado, são menos óbvias e podem estar sujeitas aos pontos de vista dos pesquisadores.

CONCLUSÃO

Neste estudo apresentamos casos de OD relacionados à Arquitetura e Desenho Urbano. Adotamos uma abordagem não restritiva para ambos os setores para incluir a maioria dos casos que inicialmente encontramos. Este estudo é uma primeira tentativa de entender as limitações atuais para uma adoção generalizada de OD nos países em desenvolvimento pelo setor de construção, incluindo arquitetos, urbanistas, outros profissionais e amadores. Também apresentamos um conjunto de iniciativas que transpõem tais limitações em contextos futuros.

Consideramos várias possibilidades para uma maior exploração. O OD permite novas formas de negócios e mudanças nas práticas profissionais tradicionais. Os benefícios econômicos reais para profissionais e consumidores são um assunto a ser explorado em estudos futuros. Inclusão social e responsabilidade ambiental dependem de maiores processos de democratização e disponibilidade de dados. Consequentemente, o desenvolvimento de ferramentas e plataformas de colaboração é necessário para melhorar a qualidade do ecossistema OD.

Agradecimentos

"Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código Financeiro 001".

Bibliografia

AFUAH, Allan; TUCCI, Christopher L. Crowdsourcing as a solution to distant search. **Academy of Management Review**, [s. l.], v. 37, n. 3, p. 355–375, 2012.

BALKA, Kerstin. **Open Source Product Development: the meaning and relevance of openness**. [s.l: s.n.]. Disponível em: https://www.springer.com/us/book/9783834931535

BLIKSTEIN, Paulo; KRANNICH, Dennis. The makers' movement and FabLabs in education: experiences, technologies, and research. In: **Proceedings of the 12th international conference on interaction design and children**. ACM, 2013. p. 613-616.

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

BONACCORSI, Andrea; ROSSI, Cristina. Why open source software can succeed. **Research policy**, [s. l.], v. 32, n. 7, p. 1243–1258, 2003.

BONVOISIN, Jérémy. Implications of open source design for sustainability. **Sustainable Design and Manufacturing**, v. 52, n. January 2016, p. 26–28, 2016.

BONVOISIN, Jérémy; PRENDEVILLE, Sharon. Design Principles for Do-It-Yourself Production. **Sustainable Design and Manufacturing 2017,** v. 68, n. July 2017, 2017. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-57078-5

COUNCIL, British. Learning English in Brazil: understanding the aims and expectations of the Brazilian emerging middle classes. **São Paulo: British Council**, 2014.

ELKINGTON, John. Cannibals with forks: the triple bottom line of twenty-first century business. Capstone. 1998.

FJELDSTED, Asta et al. Open Source Development of Tangible Products. **NordDesign 2012**, [s. l.], p. 1–9, 2012.

HYYSALO, Sampsa et al. Collaborative futuring with and by makers. **CoDesign**, [s. l.], v. 10, n. 3–4, p. 209–228, 2014.

KOHTALA, Cindy. Addressing sustainability in research on distributed production: an integrated literature review. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 106, p. 654–668, 2015.

KWON, Bo-Ram; LEE, Junyeong. What makes a maker: the motivation for the maker movement in ICT. **Information Technology for Development**, [s. l.], v. 0, n. 0, p. 1–18, 2017. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02681102.2016.1238816

LAKHANI, Karim R.; PANETTA, Jill A. The principles of distributed innovation. **Innovations: technology, governance, globalization**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 97–112, 2007.

LAPLUME, Andre; ANZALONE, Gerald C.; PEARCE, Joshua M. Open-source, self-replicating 3-D printer factory for small-business manufacturing. **International Journal**

of Advanced Manufacturing Technology, [s. l.], v. 85, n. 1–4, p. 633–642, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-015-7970-9>

LAPLUME, Andre; ANZALONE, Gerald C.; PEARCE, Joshua M. Open-source, self-replicating 3-D printer factory for small-business manufacturing. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, [s. l.], v. 85, n. 1–4, p. 633–642, 2016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1007/s00170-015-7970-9

MONTEIRO, Evandro Z. et al. A sense of comfort in open space around owner-built houses: the case of Campinas, Brazil. In: **PLEA 2006-23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Conference Proceedings**. 2006.

NARDUZZO, Alessandro; ROSSI, Alessandro. **Modularity in action: GNU/Linux and free/open source software development model unleashed**. [s.l.] : Department of Computer and Management Sciences, University of Trento, Italy, 2008.

NASCIMENTO, Susana. Critical Notions of Technology and the Promises of empowerment in shared machine shops. **Journal of Peer Production**, [s. l.], n. 5, 2014. Disponível em: <http://peerproduction.net/issues/issue-5-shared-machine-shops/editorial-section/critical-notions-of-technology-and-the-promises-of-empowerment-in-shared-machine-shops/>. Acesso em: 3 jun. 2018.

NIELSEN, Kjeld et al. Supporting sustainability and personalization with product architecture. In: **MCPC 2011 World Conference on Mass Customization And Personalization** ,2011.

Open Agriculture Initiative. **Overview,** 2016(a)**.** Disponível em: https://www-prod.media.mit.edu/groups/open-agriculture-openag/overview/

Open Agriculture Initiative (2016b). **User discussions**. Disponível em: https://forum.openag.media.mit.edu/t/where-are-you-building-your-food-computer/16/52

Open Knowledge Foundation. (2012). **The Open Design Definition v. 0.5**. Disponível em: https://github.com/OpenDesign-WorkingGroup/Open-Design-Definition/blob/master/open.design_definition/open.design.definition.md.

RAASCH, Christina; HERSTATT, Cornelius; BALKA, Kerstin. On the open design of tangible goods. **R and D Management**, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 382–393, 2009.

SAEBI, Tina; FOSS, Nicolai J. Business models for open innovation: Matching heterogeneous open innovation strategies with business model dimensions. **European Management Journal**, [s. l.], v. 33, n. 3, p. 201–213, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.emj.2014.11.002

SHAH, Sonali K. Open beyond software. **Open sources**, v. 2, p. 339-360, 2005.

VALLANCE, R.; KIANI, S.; NAYFEH, S. Open design of manufacturing equipment. **… on Agile, Reconfigurable Manufacturing, …**, [s. l.], p. 1–12, 2001. Disponível em: http://diyhpl.us/~bryan/papers2/open-source/Open design of manufacturing equipment.pdf

VON HIPPEL, Eric. **Democratizing Innovation-The MIT Press (2005).pdf**. Cambridge: MIT Press, 2005.

WEST, Joel; O'MAHONY, Siobhán. The role of participation architecture in growing sponsored open source communities. **Industry and innovation**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 145–168, 2008.

SOBRE OS AUTORES

RODRIGO ARGENTON FREIRE

rodrigo.a.freire@gmail.com

Arquiteto e Urbanista. Possui mestrado em Cidades Compactas e está cursando o doutorado na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Sua tese se concentra na adoção do Design Aberto, por arquitetos e projetos urbanos, para abordar as vulnerabilidades da comunidade nos países em desenvolvimento. Atualmente é Professor do Centro Universitário UniMax.

EVANDRO ZIGGIATTI MONTEIRO

evandrozig@fec.unicamp.br

Arquiteto, urbanista e professor da Universidade de Campinas, Brasil. Pesquisa a morfologia urbana, suas fricções e mudanças e impactos na paisagem urbana. Entre 2013 e 2016, foi chefe do curso de graduação em arquitetura e urbanismo da Unicamp. Desde 2010, é coordenador associado do Fluxus, grupo de pesquisa em Redes Técnicas Ambientais e de Sustentabilidade.