

# VIRUS

28

## O DIGITAL E O SUL: TENSIONAMENTOS VOL. 1

PORUTGUÊS-ESPAÑOL | ENGLISH  
REVISTA . JOURNAL  
ISSN 2175-974X  
CC-BY-NC-SA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
NOMADS.USP  
REVISTAS.USP.BR/VIRUS  
DEZEMBRO 2024



# VI28

O DIGITAL E O SUL: TENSIONAMENTOS VOL. 1  
THE DIGITAL AND THE SOUTH: QUESTIONINGS VOL. 1  
LO DIGITAL Y EL SUR: CUESTIONAMIENTOS VOL. 1

## EDITORIAL

- 001 O DIGITAL E O SUL: TENSIONAMENTOS VOL. 1  
THE DIGITAL AND THE SOUTH: QUESTIONINGS VOL. 1  
LO DIGITAL Y EL SUR: CUESTIONAMIENTOS VOL. 1  
MARCELO TRAMONTANO, JULIANO PITA, PEDRO TEIXEIRA, CAIO NUNES, ISABELLA CAVALCANTI, RENAN TEIXEIRA, ALINE LOPES

## ENTREVISTA

- 004 O DIGITAL COMO PRÁTICA COLETIVA  
THE DIGITAL AS A COLLECTIVE PRACTICE  
LO DIGITAL COMO PRÁCTICA COLECTIVA  
GABRIELA CELANI, MARCELO TRAMONTANO

## ÁGORA

- 014 EUGENIA MAQUÍNICA DO OLHAR: VISÃO COMPUTACIONAL, ETARISMO E GÊNERO  
MACHINIC EUGENICS OF THE GAZE: COMPUTER VISION, AGEISM, AND GENDER  
GISELLE BEIGUELMAN
- 029 DESDE AUTÓMATAS CELULARES HACIA IA Y FABRICACIÓN  
FROM CELLULAR AUTOMATA TO AI AND FABRICATION  
ALBERTO FERNÁNDEZ GONZÁLEZ
- 042 E QUANDO A SMART CITY TRAVA?  
WHAT HAPPENS WHEN THE SMART CITY CRASHES?  
VINÍCIUS LOPACINSK
- 053 PLATAFORMAS COLABORATIVAS NO SUL GLOBAL: O CASO DO ARQUIGRAFIA  
COLLABORATIVE PLATFORMS IN THE GLOBAL SOUTH: THE CASE OF ARQUIGRAFIA  
SAYED ABDUL BASIR SAMIMI, ANA RIBEIRO FERREIRA DA COSTA, HENRIQUE SANTA CATHARINA JUNGES, ARTUR SIMÕES ROZESTRATEN

- 069 DO COMPUTACIONAL À FABRICAÇÃO: TEMAS E (DES)CAMINHOS NA AMÉRICA DO SUL  
FROM COMPUTATION TO FABRICATION: THEMES AND (MIS)PATHS IN SOUTH AMERICA  
RODRIGO SCHEEREN
- 079 DO VOO DO PÁSSARO AO OLHAR DEBRUÇADO: O VIRTUAL COMO MÉTODO  
FROM A BIRD'S FLIGHT TO AN OVERLOOKING GAZE: VIRTUALITY AS A METHOD  
PEDRO HENRIQUE VALE CARVALHO
- 090 CAMADAS URBANO-DIGITAIS: DA INFRAESTRUTURA GLOBAL DA INTERNET ÀS *DARK KITCHENS*  
URBAN-DIGITAL LAYERS: FROM GLOBAL INTERNET INFRASTRUCTURE TO DARK KITCHENS  
ALINE CRISTINA FORTUNATO CRUVINEL, LUISA DA CUNHA TEIXEIRA

## PROJETO

- 101 REDUZINDO A BRECHA: EMPÍRICO VS. SIMULAÇÃO NA MODELAGEM DE FACHADAS VERDES  
BRIDGING THE GAP: EMPIRICAL VS. SIMULATION IN GREEN FAÇADE MODELING  
CAMILA DA ROCHA HENDZEL, CLAUDIO VÁSQUEZ ZALDÍVAR

## O DIGITAL E O SUL: TENSIONAMENTOS VOL. 1 THE DIGITAL AND THE SOUTH: QUESTIONINGS VOL. 1

LO DIGITAL Y EL SUR: CUESTIONAMIENTOS VOL. 1.

MARCELO TRAMONTANO, JULIANO PITA, PEDRO TEIXEIRA, ISABELLA CAVALCANTI,  
CAIO NUNES, RENAN TEIXEIRA, ALINE LOPES

**Marcelo Tramontano** é Arquiteto, Mestre, Doutor e Livre-Docente em Arquitetura e Urbanismo, com Pós-doutorado em Arquitetura e Mídias Digitais. É Professor Associado do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da mesma instituição. Coordena o Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos e é Editor-Chefe da revista V!RUS. tramont@sc.usp.br <http://lattes.cnpq.br/1999154589439118>

**Juliano Veraldo da Costa Pita** é Arquiteto, Mestre e Doutor em Arquitetura e Urbanismo. Professor Doutor do Instituto Federal de São Paulo, Pesquisador Associado do Nomads.usp e Editor Adjunto da revista V!RUS. Coordena pesquisas sobre processos digitais de projeto de Arquitetura, no âmbito de encomendas públicas, a inclusão de tecnologias digitais, especialmente BIM, em processos participativos de tomada de decisão e o ensino de computação em Arquitetura e Urbanismo. juliano.pita@ifsp.edu.com.  
<http://lattes.cnpq.br/9979407166601746>

**Pedro Plácido Teixeira** é Arquiteto, Mestre em Arquitetura e Urbanismo, pesquisador do Nomads.usp e doutorando no Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Estuda o uso do filme documentário para a realização de leituras urbanas, baseado em processos participativos e colaborativos de produção audiovisual, focando-se, principalmente, sobre a América Latina. pedrot@usp.br.  
<http://lattes.cnpq.br/1433595073264998>

**Isabella Eloy Cavalcanti** é Arquiteta, Mestre em Desenvolvimento Urbano, pesquisadora no Nomads.usp e doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Estuda relações entre tecnologia, justiça social e de gênero através do design urbano e do uso de dados. isabellaeloy@usp.br <http://lattes.cnpq.br/0165490242445275>

**Caio Muniz Nunes** é Arquiteto, pesquisador do Nomads.usp e mestrando no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Pesquisa sobre sistemas de equipamentos públicos temporários e processos de projeto arquitetônico, com foco em design paramétrico e fabricação digital. caiomn@usp.br.  
<http://lattes.cnpq.br/7072847821985842>

**Renan Teixeira Santos** é Arquiteto, pesquisador do Nomads.usp e mestrando no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Pesquisa sobre processos digitais de projeto, Inteligência Artificial e Sistemas Complexos. renansantoste@usp.br.  
<http://lattes.cnpq.br/4176810123609338>

**Aline Lopes de Oliveira** é Arquiteta, pesquisadora do Nomads.usp e mestrandona Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Pesquisa sobre a produção do espaço em ecossistemas de inovação. alinelopes.o@usp.br. <http://lattes.cnpq.br/9986754939235791>

O tema “O digital e o Sul: tensionamentos”, das edições 28 e 29 da revista VIRUS, busca examinar criticamente as conexões entre os meios digitais e os povos do Sul Global, em suas variadas dimensões, nesta segunda década do século XXI. Para além dos benefícios da cultura digital nos muitos aspectos e escalas da vida humana, quisemos focalizar as tensões inerentes a essas conexões.

Este tema emerge de um processo de reflexão, em curso no Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos, que edita a V!RUS. O Núcleo foi criado em 2000, em meio ao grande otimismo que embalava a abertura da Internet ao acesso público, a partir de 1994. A comunicação em rede distribuída – uma rede de redes – trazia, em sua essência, perspectivas promissoras de horizontalidade das comunicações e livre acesso à informação, estimulando o desenvolvimento de uma infinidade de programas, dispositivos e sistemas computacionais, que se infiltravam em todas as áreas do conhecimento e todas as esferas da vida. Ao longo destes vinte e quatro anos, dedicamo-nos a explorar os limites e potencialidades do digital, particularmente, nos modos de se abordar, conceber e documentar o espaço construído, expandindo este conceito às espacialidades resultantes da hibridação entre entornos físicos e digitais e suas dinâmicas.

A proposição deste tema para estas duas edições da VIRUS deriva da crescente inquietação, não apenas nossa, sobre os caminhos pelos quais a digitalização da vida tem nos conduzido, como sociedade, embaralhando valores e crenças, viesando o debate público e reforçando relações assimétricas de poder, em escala planetária.

Os trabalhos que publicamos nestas duas edições, selecionados com grande rigor em estreita colaboração entre autores, revisores e o comitê editorial da revista, compõem dois conjuntos de sub-temas: trabalhos que tratam de aplicações de tecnologias digitais e suas implicações em dinâmicas urbanas e em projeto e produção de arquiteturas, de um ponto de vista analítico, orientado desde o Sul Global – reunidos na V!28 –, e trabalhos que discutem aspectos conceituais, sociais, políticos e tecnopolíticos da capilarização do digital no planeta e, em particular, nos povos do Sul – reunidos na V!29.

A edição 28 apresenta oito artigos, assinados por pesquisadoras e pesquisadores de diferentes países e estados brasileiros, e uma entrevista, com a professora *Gabriela Celani*, da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. A convite do Comitê Editorial, Celani concedeu-nos a entrevista [O digital como prática coletiva](#), na qual discute **modos de fazer coletivos**, à luz do seu percurso como pesquisadora e formadora, no campo da Arquitetura e Urbanismo.

As possibilidades emergentes de uso da **inteligência artificial** são tratadas em duas instâncias: na produção de imagens e suas implicações políticas, no campo da Arte, no artigo [Eugenia maquinica do olhar: Visão computacional, etarismo e gênero](#), por *Giselle Beiguelman*, e em processos de geração da forma, no artigo [Desde Autómatas Celulares hacia IA y Fabricación](#), por *Alberto Fernández González*.

Dois trabalhos tratam do **digital na escala urbana**, em cidades do Sul. *Vinícius Lopacinsk* discute os impactos derivados da utilização de tecnologias avançadas de vigilância e controle nos espaços urbanos, no artigo [E quando a smart city trava?](#), enquanto *Aline Cristina Fortunato Cruvinel* e *Luisa da Cunha Teixeira* examinam os efeitos do desenvolvimento das empresas-plataformas na constituição de novas dinâmicas e tipologias espaciais urbanas, no artigo [Camadas urbano-digitais: Da infraestrutura global da Internet às dark kitchens](#).

O uso de **imagens digitais para o estudo dos espaços construídos** é problematizado em duas contribuições. Uma, sobre a construção colaborativa de um acervo de representações arquitetônicas, no artigo [Plataformas colaborativas no Sul Global: O caso do Arquigrafia](#), por *Sayed Abdul Basir Samimi, Ana Ribeiro Ferreira da Costa, Henrique Santa Catharina Junges e Artur Simões Rozestraten*. A outra, sobre análises urbanas guiadas por imagens street view, no artigo [Do voo do pássaro ao olhar debruçado: O virtual como método](#), por *Pedro Henrique Vale Carvalho*.

Por fim, dois trabalhos relacionam-se diretamente com **processos de projeto de arquitetura**. *Rodrigo Scheeren* examina vertentes da fabricação digital em centros de pesquisa do continente sul-americano, no artigo [Do computacional à fabricação: Temas e \(des\)caminhos na América do Sul](#), e *Camila da Rocha Hendzel* e *Claudio Vásquez Zaldívar* exploram processos digitais de análise de fachadas verdes em edifícios chilenos, no artigo [Reduzindo a brecha: Empírico vs. Simulação na modelagem de fachadas verdes](#).

Temos, ainda, o prazer de informar que, a partir desta edição, a revista V!RUS passa a integrar o Portal de Revistas da Universidade de São Paulo - USP, no endereço [www.revistas.usp.br/virus](http://www.revistas.usp.br/virus), mas mantém seu website anterior – [www.nomads.usp.br/virus](http://www.nomads.usp.br/virus) – como website-espelho.

Esperamos que estas duas edições da V!RUS municiem o debate qualificado sobre a atualidade da cultura digital, em especial no que se refere aos países do Sul Global.

Desejamos a todas, todos e todes excelente leitura.

**O DIGITAL COMO PRÁTICA COLETIVA:  
THE DIGITAL AS A COLLECTIVE PRACTICE  
LO DIGITAL COMO PRÁCTICA COLECTIVA**  
**GABRIELA CELANI, MARCELO TRAMONTANO**

**Gabriela Celani** é Arquiteta e Urbanista, Mestre, Doutora e Livre-Docente em Arquitetura e Urbanismo. É Professora Titular do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, onde coordena o Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção – LAPAC. Seus principais interesses de pesquisa incluem métodos e tecnologias de design computacional, com aplicações em CAD, CAM e fabricação digital. Atua nas áreas de prototipagem rápida, fabricação digital, digitalização 3D e automação do processo de projeto. Atualmente, coordena a componente físico-espacial do projeto do Hub Internacional para o Desenvolvimento Sustentável (HIDS) na UNICAMP. celani@fec.unicamp.br  
<http://lattes.cnpq.br/1900829386347923>

**Marcelo Tramontano** é Arquiteto, Mestre, Doutor e Livre-Docente em Arquitetura e Urbanismo, com Pós-doutorado em Arquitetura e Mídias Digitais. É Professor Associado do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da mesma instituição. Coordena o Nomads.usp - Núcleo de Estudos de Habitares Interativos e é Editor-Chefe da revista VIRUS. tramont@sc.usp.br <http://lattes.cnpq.br/1999154589439118>

**Marcelo Tramontano:** Em nome da VIRUS, obrigado, Gabriela, por aceitar o nosso convite. O que nós esperamos desta edição sobre “O digital e o Sul: tensionamentos” é estimular uma reflexão sobre como países do Sul se apropriam de tecnologias, rotinas e posturas do Norte e, mais que isso, buscar entender o significado, a validade, os percursos, as dificuldades e, também, as nossas vantagens nesse processo, enquanto pesquisadores e arquitetos, por estarmos no Brasil, na América Latina e no Sul global. Nós gostaríamos de, por um lado, abordar o seu percurso, que é muito expressivo e pode contribuir para que pesquisadores mais jovens entendam as suas escolhas, oportunidades e dificuldades nesse campo e, em paralelo, procurar construirmos juntos uma leitura crítica sobre os atuais desafios do ensino, pesquisa e extensão com meios digitais, em um país como o Brasil. Podemos, então, começar conversando sobre como nasceu o seu interesse pelo digital e como, posteriormente, ele acabou se tornando seu campo de pesquisa dentro da área da Arquitetura e Urbanismo. Quais foram as principais conquistas e realizações ao longo desse percurso e quais foram os principais obstáculos superados ou ainda a serem superados?

**Gabriela Celani:** Eu ingressei no curso de graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP em 1985. Naquela época, o computador não fazia parte do cotidiano dos estudantes de Arquitetura e Urbanismo, nem da maioria dos escritórios de arquitetura. No meu quarto ano de graduação, em 1988, a faculdade ofereceu uma disciplina de desenho por computador, ministrada pelo professor José Jorge Boueri Filho. Como a faculdade dispunha de poucos computadores, foram abertas poucas vagas, e o professor Boueri começou ensinando *Paint Brush*. Acredito que ele não tinha ainda a cópia do *AutoCAD* que seria usada, pois a disciplina foi bem improvisada.

Ainda em 1988, fiz um ano de estágio como desenhista no escritório do arquiteto Gian Carlo Gasperini, que era um dos poucos escritórios de arquitetura no Brasil que já haviam implementado o uso de computadores. Naquela época, ainda se desenhava com tinta nanquim, enquanto o computador ficava restrito às vistas perspectivas, que eram produzidas da seguinte forma: uma funcionária do escritório construía o modelo 3D no computador e imprimia, em uma *plotter*, em nanquim, as linhas gerais da perspectiva do edifício, tanto do interior, como do exterior. Esse desenho, composto apenas por linhas, era repassado para o artista que, em seguida, colocava o papel vegetal por cima e, com lápis colorido, fazia o *rendering* à mão, utilizando as linhas da perspectiva impressa. Este era, basicamente, o uso do computador. De todo modo, o processo de desenho do modelo 3D computadorizado levava muito tempo para ser concluído.

O que vi no escritório Gasperini fez com que eu me interessasse em aprender mais. Um evento que muito contribuiu para o meu interesse pelo uso do computador ocorreu neste escritório, quando uma das arquitetas me pediu para fazer o *layout* de uma garagem coletiva. Eu deveria desenhar diversas vagas de estacionamento, mas constantemente a arquiteta me solicitava mudanças no desenho. Primeiro, fiz as vagas a 90 graus, em seguida, alterei o desenho para 30 graus e, depois de olhar novamente, ela me pediu para desenhá-las a 45 graus. Eu ficava pensando que deveria haver um modo de fazer o computador realizar esse processo, o que me levou a refletir sobre a necessidade de automatização desse tipo de tarefa, pois achava deprimente ter que ficar refazendo o desenho repetidamente à mão.

No ano seguinte, em 1989, comecei o meu TFG<sup>1</sup> e decidi desenhá-lo inteiramente com auxílio do computador do meu marido, que me conseguiu uma cópia do *AutoCAD*. Além deste programa, também usei o *In-a-Vision*, que era muito usado para fazer os *layouts*. Depois de finalizar todo o trabalho no computador, eu não sabia onde imprimi-lo, pois ainda não existiam *bureaux* de plotagem, e acabei imprimindo as pranchas em uma impressora matricial, que continha um formulário contínuo tamanho A3. Para produzir os *renders*, usei o programa *AutoShade*, da *AutoDesk*, a partir da volumetria e o 3D do projeto que havia feito no *AutoCAD*. Em seguida, fotografei a tela do computador e ampliei as fotos coloridas para mostrar os *renders* na apresentação do TFG. Eu fui a única aluna da turma a fazer o trabalho em computador. Os professores ficaram bastante impressionados.

Depois de me formar, mudei-me para o Rio de Janeiro e comecei a trabalhar no departamento de arquitetura de uma construtora. Ainda que não empregassem computadores para o desenho arquitetônico, eu continuava usando o meu próprio computador para fazer algumas partes do trabalho em casa. Mudei-me, em seguida, para São José dos Campos, onde eu soube que estavam precisando de uma pessoa que desse aulas de *AutoCAD* na Universidade do Vale do Paraíba, a Univap, nos cursos de Arquitetura e de Engenharia Civil. Naquela época, a disciplina de Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo havia se tornado obrigatória pela Portaria MEC nº1770/94, mas, na Univap, eles não tinham ninguém que dominasse o tema. Eu não tinha mestrado e nem pensava em ser professora, mas comecei a dar as aulas, quando eles me informaram que, para lecionar, eu precisaria estar pelo menos matriculada em um curso de pós-graduação. Prestei,

<sup>1</sup> N. do E.: Trabalho Final de Graduação.

então, o processo seletivo para a FAUUSP<sup>2</sup> e ingressei no mestrado estudando multimídia e hipermídia, temas que estavam em alta na época.

Em 1997, mudei-me para Boston, nos Estados Unidos. Chegando lá, entrei em contato com uma empresa de alocação temporária de mão de obra, que me informou que os escritórios de arquitetura locais tinham grande demanda por pessoas habilitadas no uso do computador para desenho em *AutoCAD*, mas que não havia um número suficiente de profissionais no mercado para atendê-la. Eles me pediram para comprovar a minha habilidade, desenhando algumas coisas com o *AutoCAD*. Tirei uma nota boa e fui contratada. A empresa me enviava a escritórios para trabalhos pontuais, em geral para passar para o computador desenhos feitos à mão. Às vezes, os escritórios tinham outras pessoas que já desenhavam com computador, mas que muitas vezes não conseguiam realizar todas as tarefas. Eu chegava com um certo *status* naquelas empresas, por ser a pessoa que auxiliava sobre questões computacionais e, às vezes, ensinava um pouco para o pessoal que estava começando.

Em nenhum daqueles escritórios eu via algum tipo de automação e isso continuava me frustrando. Eu desenhava com o computador, mas ainda me encontrava na mesma situação de quando realizava estágio com o Gian Carlo Gasperini, desenhando vagas de estacionamento com régua e esquadro. Agora, eu estava fazendo isso no computador, mas ainda não tinha agregado alguma inteligência ao processo. Preferi aproveitar o meu tempo em Boston para ampliar a minha formação, prestando o processo seletivo para o Massachusetts Institute of Technology, o MIT, onde fui aprovada. Foi apenas a partir daí que eu realmente comecei a programar.

Fiquei muito feliz por ingressar no MIT porque via que eles estavam percebendo o real potencial das transformações em curso. Comecei a conhecer a bibliografia relativa ao tema, como o trabalho do professor William Mitchell, que havia publicado, em 1987, o livro *The Art of Computer Graphics Programming*, em co-autoria com Robin S. Liggett e Thomas Kvan. Na época de seu lançamento, eles usaram a linguagem Pascal para fazer desenhos parametrizados, mas, já em 1977, o professor Mitchell havia publicado o artigo *The Theoretical Foundations of Computer-aided Architectural Design* na revista *Environment and Planning B*, que versava sobre as potencialidades do uso do computador para o *generative design*, ou o processo generativo de projeto. Neste texto, ele abordava os diferentes processos generativos, inclusive sob uma perspectiva histórica. Mitchell tratava do processo criativo como um processo combinatório, no qual tudo pode ser automatizado, e listava os diferentes níveis de pretensão do designer no uso do computador. De acordo com ele, o nível mais baixo de pretensão seria seu uso apenas para representação. O nível seguinte seria a sua utilização para análises e o mais alto seria para usos generativos. Esse texto influenciou muito a minha tese de doutorado, orientada pelo professor William Mitchell e pela professora Terry Knight, que trata do ensino do design computacional na formação do arquiteto.

Desde o primeiro semestre do curso, o professor Mitchell disse que eu deveria aprender a programar dentro do sistema CAD. Eu nunca tinha visto um professor arquiteto dizer que o seu orientando deveria aprender a programar. Fiz aulas de Java com *JBuilder* e de *AutoLISP* e, um pouco mais adiante, aprendi o *Visual Basic for Applications*, do *AutoCAD*. Toda aquela ideia de automatização fazia sentido para mim, pois eu começava a encontrar respostas àquela questão de achar que o arquiteto não deveria fazer trabalhos repetitivos que a máquina poderia perfeitamente realizar, e até de forma mais eficiente. Após defender o doutorado, em 2002, retornei ao Brasil e, em 2003, fui aprovada em um concurso na UNICAMP, assumindo, em 2004, o cargo de professora no curso de Arquitetura e Urbanismo.

**MT:** Na UNICAMP, você encontrou um terreno muito propício, porque, inclusive, havia disciplinas sobre desenho computacional, o que era, naquela época, uma raridade nos cursos de Arquitetura e Urbanismo.

**GC:** O curso da UNICAMP continha diversas disciplinas de informática aplicada. Ele havia sido criado em 1999, já incluindo a informática no currículo. Porém, essas disciplinas eram todas ligadas ao campo da representação. Quando o curso passou pela primeira avaliação da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, fomos criticados porque, apesar de termos muitas disciplinas de informática, elas não estavam integradas ao processo de projeto. Nessa mesma época, a UNICAMP havia acabado de criar uma disciplina obrigatória chamada CAD no Processo Criativo. Eu comecei a ministrar esta disciplina e fiquei muito entusiasmada porque tinha tudo a ver com a minha tese de doutorado. A disciplina tinha uma carga horária de apenas duas horas por semana, mas comecei a ensinar a gramática da forma e programação em VBA, ou *Visual Basic for Applications*, mas logo percebi que não adiantava oferecer uma disciplina extra sem que ela

---

<sup>2</sup> N. do E.: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

tivesse uma ligação com o processo de projeto. À medida que conquistava espaço no curso, eu tentava incorporar processos generativos e programação para CAD. Quando comecei a participar de disciplinas de projeto, tentamos utilizar o desenho generativo, mas nem todos os alunos se interessaram por esse processo.

Na disciplina CAD no Processo Criativo, fiz uma tentativa de usar o *Generative Components*, um programa da Bentley que estava sendo usado pelo escritório do Norman Foster, mas ele era muito complicado e não produziu bons resultados. Em 2008, ao participar de um *workshop* em Barcelona, com o David Rutten, criador do *Grasshopper*, pude enxergar o seu uso no ateliê de projeto. Mas foi apenas em 2010, em um período sabático em Portugal, com o professor José Duarte, que tive o tempo necessário para formular e ministrar uma disciplina de projeto de arquitetura com introdução ao *Grasshopper*. Com o Carlos Vaz, que era meu orientando de doutorado e estava lá comigo, estruturamos efetivamente um projeto didático. Afinal, não adianta só conhecer o programa. É preciso realmente desenvolver uma experiência para poder aplicá-la em sala de aula. Comecei a usar esses processos na disciplina de projeto que eu lecionava na UNICAMP, assessorada por alunos de pós-graduação, que atuavam como assistentes de ensino. Chegamos a publicar alguns artigos, por exemplo, com o Victor Calixto, com o Felipe Campos e com o Juarez Moara Santos Franco, que era pós-doutorando. Foi muito importante esse trabalho coletivo porque não basta o professor, sozinho, ensinar um programa computacional. Por trabalharmos de forma coletiva, conseguimos oferecer uma disciplina em que os alunos eram melhor assessorados, pois eram trinta alunos por turma, e aprenderam a usar métodos automatizados de geração de modelos parametrizados.

No entanto, eu percebia que nem todos os grupos de alunos estavam satisfeitos com o trabalho. Alguns realmente adoravam o processo, mas, para outros, tudo aquilo era uma tortura. Até hoje, há alunos que preferem um processo criativo mais analógico e usam o computador quase como uma prancheta de desenho. Gradualmente, comecei a compreender que o ideal seria que essas disciplinas fossem eletivas, para que cada aluno procurasse a disciplina de projeto com o processo mais alinhado àquilo que lhe interessasse. Em muitos países, na formação em Arquitetura, o ateliê de projeto não tem um mesmo professor para todos os alunos, e, em muitos casos, o aluno pode escolher entre várias opções de ateliê de projeto, com métodos diferentes. Na disciplina CAD no Processo Criativo, eu uso o *Grasshopper* há muitos anos e vejo que alguns alunos trazem aquilo que aprenderam para o ateliê de projeto de Verticalidade, que lida com o projeto de edifícios em altura, buscando aprofundar o seu conhecimento sobre o *plugin*. Mas vejo também que outros alunos preferem processos mais tradicionais, e que isso depende do interesse pessoal, do lugar onde estão fazendo estágio e de uma outra série de fatores.

**MT:** Aqui na USP, começamos a empregar programas computacionais em projeto nas disciplinas de graduação que eu oferecia com o colega Renato Anelli. Nós estávamos em uma situação bem diferente do curso da UNICAMP, que já trazia esse emprego na sua formulação original. Aqui, pelo contrário, houve uma resistência enorme por parte de vários colegas, que proibiam o uso de computador em outras disciplinas, e isto respaldava uma resistência também por parte dos alunos em projeto. Esse quadro foi se alterando ao longo dos anos, não só pelo nosso trabalho em sala de aula, mas também pela naturalização de processos digitais de projeto no meio profissional. Olhando hoje para esses quatorze anos que se passaram, eu vejo que, já há vários anos, não é mais preciso convencer e estimular os alunos. Eles estão bastante abertos a processos digitais de projeto e, inclusive, demandam esta formação.

**GC:** Na UNICAMP, ainda que o curso de Arquitetura e Urbanismo tenha sido criado com várias disciplinas de informática no currículo, isto não significou que os professores de projeto aceitassem o uso de computador no ateliê. Aquela história de o professor não deixar apresentar projeto feito no computador sempre existiu, no nosso curso, e continua existindo. O currículo tinha essas disciplinas, mas elas ocorriam fora do ateliê de projeto, e muitos professores de projeto tinham – e ainda têm – resistências. Mas nesse entretempo, aconteceu uma coisa interessante, que acho importante contar aqui. Em 2006, tivemos um Projeto Temático, liderado pela professora Doris Kowaltowski, aprovado pela FAPESP. O projeto intitulava-se “O processo de projeto em Arquitetura: da teoria à tecnologia” e tinha, dentre as suas propostas, a criação de um laboratório de prototipagem rápida, o LAPAC<sup>3</sup>, pelo qual eu fiquei responsável. Adquirimos uma impressora 3D Z Corp a gesso e uma cortadora a laser *Universal Laser Systems*, que se destinavam à pesquisa, mas como a demanda de pesquisa ainda não era grande, propus que liberássemos o seu uso aos alunos de graduação. Houve um debate muito intenso sobre permitirmos ou não que o curso de graduação utilizasse as máquinas, pois alguns pesquisadores achavam que os equipamentos eram muito complicados.

---

<sup>3</sup> N. do E.: Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção.

Aos poucos, isso foi mudando. Eu orientava uma doutoranda que estava pesquisando o uso desses equipamentos em processos de projeto de arquitetura e o público-alvo da pesquisa eram graduandos em Arquitetura e Urbanismo. Nós precisávamos, portanto, usar as máquinas e, para isso, fomos lançando mão de subterfúgios já que, a rigor, elas eram reservadas a atividades de pesquisa, e não de ensino. Quando os alunos de graduação começaram a ter acesso a esses equipamentos para fazer suas maquetes, uma professora de projeto veio até mim e disse que não queria que os alunos da sua disciplina fizessem suas maquetes nas máquinas. Eu perguntei por quê e ela respondeu que alunos de Arquitetura e Urbanismo tinham que aprender a fazer maquetes à mão. Eu concordei, mas disse que ela deveria dizer isso aos alunos, pois eu não fecharia a porta para eles. Se fizesse isso, eu acabaria criando distinções, decidindo quem poderia ou não entrar no laboratório. Por fim, ela não teve coragem de falar com os alunos e eles continuaram usando as máquinas. De fato, depois que você se acostuma com maquetes cortadas a laser, você não quer voltar atrás. Chegou a um ponto em que, quando a cortadora parava de funcionar ou o laser queimava, os alunos paravam de trabalhar porque não queriam mais fazer maquetes sem a cortadora a laser.

**MT:** Creio que, também por essa época, você foi ampliando seus interesses para além do campo específico da Arquitetura, abrangendo também questões urbanas, não?

**GC:** Eu ministrava duas disciplinas. Uma delas era a disciplina de projeto Complexidade, na qual eu e Leandro Medrano trabalhávamos com desenho urbano de quadras e bairros, como a Barra Funda e, no âmbito do Projeto Nova Luz, a Cracolândia. Nessa disciplina, fizemos maquetes com fabricação digital em escala urbana, e eu também orientava alunos de pós-graduação e de iniciação científica que pesquisavam técnicas de representação da cidade usando fabricação digital. Como a nossa produção estava ligada a um Projeto Temático, nós elaboramos projetos de iniciação científica, mestrado e doutorado para usar essas tecnologias. A maioria desses trabalhos estão registrados em um livro do LAPAC<sup>4</sup>, que é uma coletânea com os resumos de todos os trabalhos realizados no laboratório, entre 2006 e 2013, ligados à fabricação digital. A evolução desse processo levou-nos a receber a encomenda de uma maquete pela própria UNICAMP. Como em Campinas, nós temos o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, um centro de prototipagem rápida muito bom, o primeiro criado no Brasil, nós utilizamos a máquina de sinterização seletiva a laser deles para fazer a maquete dos prédios da universidade.

**MT:** É interessante você mencionar esta encomenda porque um grande debate, hoje, nas universidades públicas brasileiras e, mais especificamente, nas três universidades estaduais paulistas, refere-se à questão da curricularização da extensão universitária. Dentro deste debate, há a questão do uso de meios digitais em ações tanto de extensão, quanto da sua curricularização. O que você pensa sobre isso?

**GC:** Em primeiro lugar, acho importante ressaltar que a palavra extensão tem muitos significados, atribuídos por diferentes pessoas, segundo as perspectivas de cada uma. Durante alguns anos, eu fui uma das diretoras do Museu Exploratório de Ciências da UNICAMP. Uma das minhas contribuições foi a criação de um setor de fabricação digital no museu, disponibilizando impressoras 3D e sistemas de digitalização 3D por aplicativos gratuitos de celular. Como muitos grupos de escolas públicas e de algumas escolas privadas vinham visitar o museu, começamos a oferecer oficinas abertas ao público, inclusive nos finais de semana, principalmente para crianças, e a receber grupos agendados de escolares, durante a semana, para que eles conhecessem e aprendessem sobre essas tecnologias.

O museu tinha um caminhão chamado Oficina Desafio, que recebia os estudantes no museu, mas também ia até as escolas. Nós elaborávamos roteiros contendo desafios que as crianças deveriam solucionar, servindo-se de alguns equipamentos disponíveis no veículo, como serra tico tico e furadeira. A Oficina Desafio propunha atividades do tipo “mão na massa”, que faziam muito sucesso. Além disso, a ação envolvia alunos de graduação da universidade, que trabalhavam no museu como monitores das crianças e aprendiam a usar os equipamentos de fabricação digital para ensinar as crianças a manuseá-los. Era uma equipe grande, com professores e alunos de diferentes cursos da área de ciências e, assim, os desafios eram quase sempre ligados a eventos físico-químicos e fenômenos biológicos. Era uma maneira de associar a fabricação digital ao ensino de ciências e colocar alunos da UNICAMP, como bolsistas, trabalhando junto às crianças dessas escolas.

Outra ação da universidade, da qual participamos por bastante tempo, foi o programa Ciência & Artes nas Férias, o CAF. A FAPESP apoia o projeto concedendo auxílio financeiro a algumas crianças do ensino médio de escolas públicas da região metropolitana de Campinas,

<sup>4</sup> Celani, G. (2013). *Lapac 2006-2013*. Campinas: Biblioteca Central Cesar Lattes.

selecionadas por meio de uma redação. Cada criança tem um professor designado como seu supervisor para desenvolver um breve projeto de pesquisa, durante quatro semanas, entre os meses de janeiro e fevereiro de cada ano. Além disso, uma vez por semana, em grupo, os alunos têm uma atividade de laboratório. Durante muitos anos, o LAPAC ofereceu atividades de laboratório para as crianças do projeto, durante essas quatro semanas, envolvendo bolsistas de iniciação científica, mestrado e doutorado. Nós organizávamos uma oficina na qual, ao longo de um dia, as crianças passavam por diferentes estações. Elas aprendiam o básico sobre modelagem, digitalização, impressão 3D e corte a laser. No final, nós imprimíamos alguma coisa feita por eles para que pudessem ver os resultados do processo.

Ao final de cada CAF, nós tínhamos a possibilidade de convidar alguns desses estudantes para participarem do programa Iniciação Científica Júnior, outra ação da universidade, com bolsa do CNPq, durante o período de um ano. Os projetos sempre envolviam os nossos bolsistas de iniciação científica, mestrado e doutorado, que ajudavam a orientar os meninos que vinham do ensino médio. Um dos projetos, por exemplo, envolveu a produção de maquetes táteis para pessoas com deficiência visual. Neste projeto, trabalhamos com um pós-doutorando deficiente visual, que acompanhou um grupo de bolsistas em uma visita ao Memorial da América Latina, em São Paulo, permitindo que os alunos entendessem as dificuldades da pessoa cega. No Memorial, há uma pequena maquete tática dos prédios em bronze, e eles viram o pós-doutorando usar a maquete. De volta à universidade, eles aprenderam, ao longo do ano, o básico de modelagem e de desenho 2D. Aprenderam a encontrar, baixar e corrigir modelos digitais para impressão 3D, a desenhar ruas em 2D, criando, por fim, uma maquete tática do Memorial da América Latina. Posteriormente, a maquete foi cedida ao Laboratório de Acessibilidade da Biblioteca Central da UNICAMP, para que pessoas deficientes visuais pudessem conhecer, por meio do tato, os edifícios do Memorial da América Latina. Eu considero este um trabalho de extensão, porque estávamos trazendo alunos do ensino médio da rede pública não apenas para o período de férias, mas viabilizando a continuidade de um trabalho de formação através da Iniciação Científica Júnior. A escalabilidade disso é um pouco difícil e é preciso movimentar muita gente para realizar, mas foi uma experiência muito interessante.

**MT:** Ao longo desse período que você abordou, houve, no Brasil, uma consolidação das reuniões científicas, sem dúvida articulada à reestruturação e expansão da pós-graduação, em todas as áreas do conhecimento. Mas se, aqui, a partir dos anos 2000, ocorreram estas transformações, em outros países da América Latina os sistemas nacionais de pós-graduação e pesquisa estão, até hoje, pouco consolidados. Mesmo no âmbito brasileiro, ainda há grandes desigualdades entre instituições das diferentes regiões do país. Como você vê essas assimetrias na área de Arquitetura e Urbanismo?

**GC:** O período inicial da minha formação foi bastante instrumental, porque realmente ainda não havia muito conhecimento produzido no país, tanto em relação a programação e construção de algoritmos, quanto a equipamentos de fabricação digital. Durante o doutorado no MIT, eu usava esses equipamentos mas não dava tanta importância. Ao retornar ao Brasil e ver que eles não existiam aqui, percebi que era preciso que se desse mais atenção a essa questão. Pouco a pouco, as faculdades públicas e particulares começaram a adquirir equipamentos e a disponibilizar seu uso aos alunos, contribuindo para relativizar aquela polêmica de professores contrários ao uso de fabricação digital. Acho que superamos essa fase e evoluímos.

Com relação à pesquisa, eu me dediquei, durante algum tempo, a orientar estudos voltados à reflexão sobre como essas técnicas poderiam efetivamente ser aplicadas em projetos. Um exemplo é o trabalho do Maycon Sedrez, que estudou o fractal em arquitetura através da análise do trabalho de diferentes arquitetos. Durante a pesquisa, nos deparamos com um projeto feito no contexto de um concurso para o edifício do Museu de Ciências da UNICAMP, em que uma das fachadas era recoberta por chapa perfurada, com um desenho supostamente fractal. Ao investigar, Maycon descobriu que, na verdade, essa fachada era a representação de um fractal, mas não havia sido desenhada segundo o processo algorítmico fractal. E isso porque os arquitetos não tinham o conhecimento de programação necessário para produzir fractais.

Eu não estou criticando esses arquitetos, inclusive acho interessante que muitos deles tragam o conceito do fractal em projetos. Mas, de uma maneira geral, no Brasil, os arquitetos não estão preparados para realmente reproduzir processos algorítmicos. Eu orientei vários trabalhos dedicados a pensar sobre essa questão, a entender a integração desses procedimentos no processo de projeto. Esses trabalhos estão reunidos em outro livro que publicamos, o *Arquitetura Contemporânea e Automação*, de 2018<sup>5</sup>, e foram resultado de um projeto regular da FAPESP, coordenado por mim, que tinha por objetivo entender a relação entre processos digitais e o seu impacto na arquitetura,

em diferentes níveis e escalas. Para esse livro, realizamos várias entrevistas e eventos com vários arquitetos e pessoas importantes para a área. Eu uso “nós” no sentido da comunidade, visto que esses eventos eram sempre abertos, e eu percebia que os pesquisadores do LAPAC aprendiam muito sobre o assunto, ouvindo esses vários arquitetos e pesquisadores descreverem o processo pelo qual tinham chegado a certos resultados.

Atualmente, sendo sincera, acho que me aprofundei tanto no tema e ao longo de tanto tempo, que senti a necessidade enveredar por outras áreas. Na UNICAMP, o curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo tem apenas trinta vagas e nós, professores, somos poucos, o que acaba pressupondo um professor para cada assunto e gerando uma espécie de personificação dos temas de pesquisa. Eu me lembro do Arivaldo Leão de Amorim, professor da Universidade Federal da Bahia, contando que, quando entrou na UFBA, ele era chamado de “o menino da informática”, por ter criado o Laboratório de Estudos Avançados em Cidade, Arquitetura e Tecnologias Digitais, o LCAD, que foi o primeiro laboratório de CAD no Brasil, ainda nos anos 1980. Na UNICAMP, eu havia me tornado “a menina da impressora 3D”, mas agora eu já não sou mais menina e nem quero ficar isolada neste tema.

Durante a pandemia, eu fiz uma grande virada. Trabalhando como assessora da Reitoria, tive a oportunidade de montar o Plasma, um *maker space* e *coworking* para a universidade. Nessa mesma época, transferi para lá todos os equipamentos do LAPAC, que estavam na FECFAU. Fiz isso pois estava sentindo a necessidade de vivenciar outras coisas. Acabei também me distanciando um pouco dos congressos da área, não porque não gostasse de participar deles, mas porque, hoje, estou concentrando minhas energias em outras áreas. Isso não quer dizer que todo o meu passado fica para trás. Continuo usando tudo aquilo, mas buscando formas de fazer com que o trabalho seja mais colaborativo, que possa envolver conhecimentos variados e não seja exclusividade daqueles que rezam o mesmo credo dos meios digitais. É claro que nem sempre tudo são flores. Há aquelas divergências conceituais entre as pessoas, mas no final de contas a coisa flui.

Essa oportunidade surgiu com a compra da Fazenda Argentina, que faz parte do antigo Polo de Alta Tecnologia de Campinas, pela UNICAMP. A ocupação dessa nova área demanda um esforço de planejamento e coloca a necessidade de se contribuir com a sustentabilidade urbana. Participando da equipe do projeto, nós fizemos uma maquete da área destinada ao Hub Internacional de Desenvolvimento Sustentável usando a fresadora para modelar o relevo em isopor, para permitir uma projeção com a evolução do território sobre esse relevo. Oferecemos um curso *online* de especialização, que tinha como temática o Hub Internacional de Desenvolvimento Sustentável, e que foi proposto para a área. Atualmente, estou com uma pós-doutoranda que está desenvolvendo um algoritmo para gerar a ocupação das quadras da maneira mais otimizada possível, dentro da área desse terreno. Tudo isso acabou se tornando um projeto de pesquisa, que articula pessoas de diferentes áreas. Nesse projeto, nem todos estão ligados aos meios digitais em arquitetura. Cada um vem de uma área, enquanto eu e alguns dos meus alunos, mais familiarizados com esses meios, contribuímos fazendo as maquetes e implementando processos digitais, quando necessário. De forma geral, o digital não é mais o centro das atenções nesse projeto. O centro das atenções agora é como dotar o território de vitalidade e sustentabilidade.

Participam do projeto uma professora de Gestão Pública, do campus da UNICAMP em Limeira, uma professora dos cursos de Engenharia Civil e de Arquitetura e Urbanismo, que é bióloga e ecóloga urbana, e vários outros professores que trabalham com questões ligadas a temas como infraestrutura, planejamento urbano e paisagem. O grupo foi formado a partir da necessidade da universidade de pensar esse novo território. Juntos, começamos estudando o conceito de parque tecnológico, entendendo que se trata de um território onde se produz conhecimento na cidade. Por fim, chegamos a uma formulação baseada na ideia de um território que proporciona um conhecimento de quarta geração, compreendendo que ele tem que ter envolvimento social e preocupações ambientais. Em outras palavras, estamos buscando vislumbrar formas de ajudar a universidade e a cidade de Campinas a terem esse território, situado em um parque tecnológico que, na época de sua construção, nos anos 1980, não contemplava essas preocupações. Portanto, uma outra questão relevante diz respeito ao esforço de adequação dessa infraestrutura. Este tem sido um processo muito interessante. Sempre é muito motivador começar a aprender coisas novas.

A nossa ideia inicial era trabalhar sobre um tema que nenhum dos professores envolvidos conhecesse, um tema novo para todos, de modo que todos pudessem contribuir a partir de óticas diferentes. A professora de Gestão Pública contribui pensando em formas de se administrar esse território, enquanto outro professor se dedica mais a investigar a inserção desse território em zonas de fragilidades ambientais, preservando as suas características ambientais. Eu contribuo da perspectiva de *City Information Modelling*, ou *CIM*, explorando maneiras

de modelar e extrair informação dessa cidade. A pós-doutoranda Marcela Noronha está estudando a elaboração de gêmeos digitais do território para a implementação de circularidade urbana. Temos também a Laura Martins, socióloga e pós-doutoranda, que está estudando o ciclo da produção de alimentos até a sua compostagem. Já a Zahra Alinam, que é iraniana, pensa nas questões de psicologia ambiental, e a Silvia Stuchi, na mobilidade. Em suma, é um projeto que diz respeito a formas de reunirmos pessoas em torno de um tema em comum. Uma reflexão que este projeto me suscitou foi que, nos departamentos universitários onde cada professor pesquisa sobre um assunto específico, é muito importante se trazer um tema novo, que ninguém domina, para que todos possam aprender juntos, sem vaidades pessoais. Este projeto trata de algo novo, de que a universidade precisa e que cada um, com a sua *expertise*, vai trazer contribuições. Essa dinâmica tem a ver, portanto, não apenas com o tema em si, mas também com a própria questão de relacionamentos e interlocuções dentro da universidade.

**MT:** No seu percurso acadêmico, você costuma tecer relações estreitas entre a pesquisa, a indústria e o poder público. Mas nós sabemos que essas relações muitas vezes são difíceis, justamente por conta dos diferentes interesses e *timings* de cada um dos atores. Como você vivencia isso?

**GC:** Um dos trabalhos mais bem sucedidos, apoiados nesse tipo de colaboração, orientado por mim, foi a pesquisa de mestrado do Wilson Barbosa Neto, que estagiou em uma indústria de corte de aço a plasma, onde ele pôde realizar uma série de experimentos. Nem sempre as indústrias estão dispostas a abrir-se para esses processos. Em geral, elas veem a colaboração como uma perda de tempo e preferem processos mais objetivos porque, justamente, o *timing* da universidade é diferente. Ao mesmo tempo, ao longo da minha carreira, eu sempre visitei indústrias e obras para saber como as coisas acontecem nas fases de produção. Por exemplo, na disciplina de Verticalidade, nós incentivamos os alunos a usarem madeira engenheirada no projeto e, durante a disciplina, visitamos com eles as empresas Rewood e Crossland. Na semana passada, visitei a obra do Centro de Inovação da Henkel para a América Latina, em Jundiaí, que utiliza madeira engenheirada, e que tem muito a ver com o nosso projeto do Parque Tecnológico. Talvez o interesse que tenho por trabalhar com a indústria se concretize, de uma certa maneira, quando trabalhamos com o espaço da cidade, onde estão presentes não apenas essas indústrias, mas a inovação de modo geral.

Outro exemplo é o Centro de Estudos sobre Urbanização para o Conhecimento e a Inovação, o CEUCI, que nós iniciamos há dois anos, resultante de uma chamada da FAPESP, de 2021, ligada à constituição de novos Centros de Ciência para o Desenvolvimento, que é um projeto mais abrangente da Fundação. Essa chamada se assemelha a um projeto temático, mas tem como condição a associação a uma Secretaria Pública e a construção de parcerias com indústrias e ONGs. Além desses atores, uma das exigências da FAPESP refere-se ao envio de propostas para o Programa de Inovação em Pequenas Empresas, o PIPE. O projeto tem duração de 5 anos. Passados os dois primeiros anos, dedicados à fundamentação teórico-conceitual, nós estamos começando a pensar nos projetos para o PIPE. Uma pós-doutoranda da equipe propôs a implementação de uma plataforma de comparação entre cidades, do ponto de vista ambiental. Nós vamos reduzir o escopo dessa pesquisa para que ela faça uma plataforma de comparação entre parques tecnológicos. Esse é um recorte mais viável para a pesquisa. Assim, contribuímos para o projeto, ao mesmo tempo que elaboramos e submetemos o projeto ao PIPE, com a possibilidade de obtermos uma verba para a sua implementação.

Em resumo, estamos começando a pensar em produtos que podem ser transformados em pequenas empresas, ligadas tanto à questão dos parques tecnológicos, quanto à questão da sustentabilidade e da participação social. Acredito que esta seja uma maneira de também nos articularmos com o setor empresarial, algo que é, inclusive, apoiado pela FAPESP. No edital dos Centros de Ciência do Desenvolvimento, a ideia é que a universidade trabalhe junto com o governo e a indústria para contribuir para a sociedade, de modo que o conhecimento não fique fechado dentro da universidade. Nós já temos uma parceria com a Prefeitura Municipal de Campinas, mas estamos também fechando uma parceria com a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo para realizar a formação de gestores de cidades que queiram implementar territórios de produção de conhecimento.

**MT:** Um dos subtemas desta edição da VIRUS é o tensionamento ocasionado pelo uso de tecnologias digitais produzidas no Norte global, em pesquisa e processos de projeto de arquitetura e urbanismo situados no Sul. Em grande parte dos casos, os usuários do Sul destas tecnologias constituem um contingente residual, visto que a maioria dos atuais desenvolvimentos computacionais para a nossa área são concebidos visando a imensa quantidade de clientes do Norte. Resulta que, ao usar essas tecnologias, nos esforçamos por adaptar os nossos procedimentos de pesquisa, os modos de conceber arquitetura e até os projetos finais a meios

e critérios que dizem respeito, principalmente, aos países do Norte. Acabamos formando arquitetos que terão dificuldade em implementar esses modos de pensar e de projetar na sua atividade profissional, e também pesquisadores que terão dificuldade de prosseguir com suas pesquisas em instituições que não têm acesso a esses meios. Eu gostaria de propor a você uma breve reflexão sobre o que seria específico para o Brasil ou para a América Latina, em termos de produção de pesquisa e de arquitetura, contemplando interesses do Sul. Que tópicos poderiam compor uma agenda para este debate?

**GC:** Este é um ponto muito importante e muito delicado para mim porque, desde que voltei dos Estados Unidos, tendo feito doutorado no MIT e depois adquirindo equipamentos importados, muitas vezes fui cobrada por isso. Eu concordo com esses argumentos, mas nunca tive uma resposta sobre qual seria a alternativa. Eu me lembro do David Sperling alertando sobre o risco de usarmos equipamentos importados e acabarmos reproduzindo o que se faz no Exterior. Eu concordava, mas achava que, por outro lado, não poderíamos simplesmente ignorar essas tecnologias e ficar para trás, como ficamos na época da Lei da Informática, nos anos 1990. Agora que estou nesse projeto que tem mais a ver com aspectos de sustentabilidade urbana, as questões são muito mais específicas. Não adianta nos basearmos em parques tecnológicos de outros países. Podemos tirar deles alguma inspiração, mas temos que formular um modelo que realmente funcione para a nossa realidade. O que estou querendo dizer é que esta discussão depende de quais aspectos estamos considerando quando falamos sobre trazer modelos do Exterior e aplicá-los aqui. Comprar uma impressora 3D no Exterior e usá-la aqui não é tão nocivo quanto trazer um modelo de parque tecnológico e implantá-lo aqui. É importante entender a escala do quanto nociva é cada importação. Uma maquininha que vai executar algo não faz tanta diferença. Mas modelos de gestão e de ocupação do território têm uma potencialidade muito maior de serem prejudiciais.

Trabalhando na escala territorial, eu vejo que temos mais responsabilidades, porque há uma grande diversidade de atores envolvidos. A UNICAMP, por exemplo, realiza o vestibular indígena, e recebe, portanto, muitos alunos indígenas, que têm uma demanda por serem ouvidos e atendidos. Uma pergunta que poderíamos fazer sobre esse parque tecnológico seria: como incluir pessoas com origens diferentes, como é o caso dos indígenas? Que conhecimento eles podem agregar e que produtos de inovação podem propor? Em uma oficina sobre empreendedorismo indígena com esses alunos, um deles, do Instituto de Estudos da Linguagem, apresentou seu projeto de aplicativo computacional para a tradução de idiomas indígenas para o português. Imaginamos que ele poderia criar uma *startup* dedicada à produção de um aplicativo computacional de tradução dos websites oficiais do governo brasileiro para esses idiomas e para outras línguas indígenas, para que indígenas de todas as etnias pudesse compreendê-los. Isto nos fez refletir sobre quais empresas queremos ter nesse território que estamos chamando de Hub Internacional de Desenvolvimento Sustentável. Para responder a isto, temos que entender quais são as demandas e, em seguida, as questões com relação ao tratamento do território. Nós vimos, por exemplo, que temos que reflorestar áreas de APP<sup>6</sup> que foram desmatadas. Vamos, inclusive, ampliar a faixa de APP e de corredores ecológicos. Os indígenas também querem ter a oportunidade de contribuir com a seleção das espécies vegetais que serão colocadas nessas áreas. Querem o plantio de plantas medicinais indígenas e que elas sejam levadas e estudadas na Faculdade de Medicina, e introduzidas no Hospital Universitário, porque existe uma previsão de construção de mais um hospital nessa área nova. Dessa forma, começamos a ouvir a nossa comunidade e a resposta está aqui, não somos nós que vamos inventá-la. Ela é resultado dessa escuta.

12

**MT:** O que você diria para jovens pesquisadores sobre a escolha de caminhos, atitudes e temáticas?

**GC:** Eu diria: faça o que você gosta, porque se você não fizer o que gosta, não fará bem feito. O que resultar do que você gosta terá, com certeza, alguma utilidade. Com o passar do tempo, o nosso caminho vai se cruzando com o de outras pessoas e vamos evoluindo. Eu acho que o ponto de partida é sempre fazer aquilo que nos entusiasma. Sempre fiquei muito entusiasmada com tudo o que estudei. Pode, sim, chegar uma hora em que decidimos enveredar por outros caminhos. Mas isso acontece porque uma das coisas de que gostamos é, justamente, nos impormos novos desafios.

**MT:** Gabriela, esta última questão é a mesma que propomos para todos os nossos entrevistados: o futuro lhe parece promissor?

**GC:** Eu sou e sempre fui otimista. Sempre acho que o futuro será melhor. Ultimamente, tenho ficado um pouco pessimista diante da intensidade com que as mudanças climáticas estão nos afetando. Ainda assim, tenho coisas que me mantêm otimista. Por exemplo, fui

---

<sup>6</sup> N. do E.: Áreas de Proteção Permanente.

convidada a compor o Comitê Assessor de Sustentabilidade da UNICAMP, o CASusten, que vai elaborar um plano de mitigação das mudanças climáticas. Para mim, isso é promissor, me dá esperanças. Se tudo der certo, irei à COP-29 representando a UNICAMP. E se dez por cento do que planejamos for conquistado, acho que já estamos na direção certa. Ainda que veja forças contrárias atuando, estou muito esperançosa de que isso será bom para a universidade.

## **EUGENIA MAQUÍNICA DO OLHAR: VISÃO COMPUTACIONAL, ETARISMO E GÊNERO**

**MACHINIC EUGENICS OF THE GAZE: COMPUTER VISION, AGEISM, AND GENDER**

**GISELLE BEIGUELMAN**

Giselle Beiguelman possui graduação em História, doutorado em História Social e Livre-docência na área de Arquitetura e Urbanismo e Artes. É artista e professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e do Programa de Pós-graduação em Design da mesma instituição. Coordena o Projeto Temático FAPESP "Acervos Digitais e Pesquisa" e investiga o imaginário colonialista via IA e as estéticas da memória na atualidade. gbeiguelman@usp.br  
<http://lattes.cnpq.br/4120752125995822>

## Resumo

Este artigo analisa a visão computacional como um dispositivo que molda o olhar contemporâneo e aponta para seus desdobramentos políticos e estéticos na vida social cotidiana. O texto discute a produção social de dados, destacando os vieses racistas, etaristas e misóginos das arquiteturas de inteligência artificial (IA) para sintetizar imagens, comentando as biopolíticas embarcadas nesses processos. Atenção especial é dada às técnicas computacionais de biometria, como o reconhecimento facial, destacando suas conexões com os retratos compostos de Francis Galton, que ele denominava "pinturas estatísticas", e sua disseminação no imaginário contemporâneo. Ao longo do texto, pondera-se como a visão computacional – e sua estrutura baseada em padrões – atualiza os fundamentos da imaginação eugênica, definindo campos de visibilidade que não implicarão em guerras raciais genocidas, mas excluem algorítmicamente certos sujeitos e corpos do campo social e político. Com base em uma pesquisa artística em curso – Venenosas, nocivas e suspeitas, sobre plantas proibidas e mulheres apagadas da história da arte e da ciência –, o artigo aponta para a necessidade de desconstruir as potencialidades da emergente eugenia maquinica do olhar, por meio de práticas contra-hegemônicas, e imagens que fogem do padrão, elaboradas a partir do Sul Global.

**Palavras-chave:** Visão computacional, Eugenia, Etarismo, Racismo, Mulheres

## 1 Introdução

A visão computacional é um sistema que lê, interpreta e extrai dados de arquivos digitais. Sua aplicação é ampla, abrangendo OCR (reconhecimento óptico de caracteres), exames médicos, programas de busca, modelagem 3D, vigilância, biometria, carros autônomos e várias técnicas de edição de imagem (Szeliski, 2011). Presentes em diversas atividades, os sistemas de visão computacional operam como filtros e lentes de nossas vidas diárias e, nesse sentido, são aqui compreendidos como dispositivos. Nos termos de Michel Foucault (Foucault, 2008, p. 93-94), atualizados posteriormente por Giorgio Agamben, o dispositivo diz respeito a "um conjunto heterogêneo, linguístico e não linguístico, que inclui virtualmente qualquer coisa sob o mesmo título: discursos, instituições, edifícios, leis, medidas de segurança, proposições filosóficas", resultante "dos cruzamentos de relações de poder e relações de conhecimento" (Agamben, 2009, p. 29).

É através desse cruzamento entre relações de poder e relações de conhecimento que a visão computacional é discutida neste artigo. Ao "interpretar" imagens, os modelos algorítmicos de visão computacional moldam campos de visibilidade e invisibilidade, produzindo novas formas de exclusão e controle. A interpretação, neste caso, não envolve operações hermenêuticas. Da mesma forma que os computadores não enxergam, eles também não entendem imagens em nenhum nível de representação. A imagem não tem significado semiótico ou estético para as máquinas. Em termos técnicos, ela é uma matriz de pontos e blocos, que permite a uma inteligência artificial (IA) identificar padrões como bordas, formas, texturas, curvas, cantos e cores, agrupando-os através de filtros. Portanto, computadores não enxergam, muito menos simulam a visão humana. Isto parece óbvio, mas a recorrência de metáforas em torno das IAs<sup>1</sup> tende a tornar opaca essa instância primária.

Este tipo de metáfora refere-se, estruturalmente, aos paradigmas antropocêntricos e colonialistas dessa tecnologia. Primeiro, há a suposição básica de que ser inteligente é ser humano e que a inteligência deve espelhar atributos, como a visão humana ou o processamento de linguagem natural (PLN), em que linguagem significa a linguagem verbal humana, tendo o inglês estadunidense como padrão de sua modelagem. Não menos relevante é a suposição de que a inteligência é um atributo exclusivo do cérebro humano, apesar de as diferentes abordagens multiespécies e cosmopolíticas, como aquelas de Donna Haraway (1991, 2016), Eduardo de Castro (2018), Anna Tsing (2022) e James Bridle (2023), entre muitos outros, mostrarem que, no âmbito da pesquisa científica atual, esta suposição não se sustenta. Isto não quer dizer que o atributo de inteligência não possa ser associado a sistemas maquinicos. Quer dizer apenas que tratar-se de distintas formas de inteligência, além das humanas, tema de um vertiginoso ensaio de Lucia Santaella (2023).

<sup>1</sup> Quando usado no plural, o termo refere-se, aqui, a programas e aplicativos computacionais que se baseiam no uso de Inteligência Artificial.

Foge aos limites deste artigo problematizar os fundamentos antropocêntricos que balizam as metáforas, como redes neurais, que remetem ao nosso cérebro e pretendem comparar sistemas e modos de ser humanos e não humanos. Contudo, é importante assinalar que, quando nos referimos à visão computacional, estamos remetendo a um tipo de aprendizado de máquina, particularmente, redes neurais convolucionais, ou CNNs. O aprendizado profundo (*deep learning*) envolve o desenvolvimento de algoritmos e modelos estatísticos, que permitem aos computadores aprender e tomar decisões ou fazer previsões com base em dados, sem serem explicitamente programados para executar uma tarefa específica. Sua potencialidade generativa, apesar de diferenciar a IA de todas as tecnologias que a precederam, não faz, no entanto, da inteligência artificial um *framework* abstrato que aplica suas regras a um universo paralelo autônomo. Ela é um construto cultural, firmemente assentado em dinâmicas históricas de poder e exclusão que estão no ponto de partida de qualquer modelo de inteligência artificial: os *datasets* (conjuntos de dados) utilizados no aprendizado de máquina, do qual resultará um modelo.

## 2 A sociedade dos dados enviesados

Vários estudos mostram como dados enviesados reforçam estereótipos de gênero e raça e tornam as pessoas negras mais vulneráveis em sistemas de vigilância e, potencialmente, excluídas em processos de seleção de emprego e reconhecimento intelectual (Buolamwini, 2017; Noble, 2018; Silva, 2020). Para além de erros de sistema, estas ocorrências precisam ser entendidas como instâncias do processo de produção social dos dados. A área da saúde, na qual a IA se torna cada vez mais essencial, é um campo fértil para esta compreensão, haja vista que, nesse setor, dados enviesados podem determinar o acesso a serviços especializados e, portanto, o direito ou não à vida. É o caso de um algoritmo analisado em uma pesquisa sobre processos de triagem automatizados em hospitais estadunidenses. O modelo de IA em questão tem, como principal âncora, o total dos custos já investidos em um paciente para determinar sua prioridade de atendimento, sem considerar que o sistema de saúde daquele país, historicamente, gasta menos com pacientes negros, porque estes têm, por uma série de questões sociais, menos acesso a esses serviços. Ao desconsiderar esta “variável”, a triagem automatizada reforça processos de injustiça racial e evidencia a amplitude social e transdisciplinar dos impactos do uso das inteligências artificiais (Owens & Walker, 2020, p. 1327).

Dados enviesados, portanto, não brotam das IAs e, por isso, o debate sobre diferentes estratégias de revisão de dados tem envolvido muitos especialistas. Nesta direção, sugere-se a publicização das informações sobre os dados coletados (Zou & Schiebinger, 2018) e o desenvolvimento de tecnologias para depurar as informações distorcidas (Steed & Caliskan, 2021). No entanto, os algoritmos não executam suas tarefas espontaneamente. Analisando o ImageNet, um *dataset* usado por muitos sistemas de visão computacional, Crawford e Paglen (2019) mostraram a genealogia dos preconceitos que eles embutem, partindo do processo de rotulação dos dados que alimentarão o desenvolvimento de um modelo de IA. A título de ilustração, tomo aqui a categoria Corpo humano, analisada pelos autores. Ela está no ramo Objeto natural > Corpo > Corpo humano, e suas subcategorias são distribuídas entre machos e fêmeas, de acordo com seu perfil etário (adulto ou juvenil). “Como o ‘corpo adulto’ inclui as subclases ‘corpo feminino adulto’ e ‘corpo masculino adulto’, encontramos aqui uma suposição implícita: apenas corpos ‘masculinos’ e ‘femininos’ são ‘naturais’” (Crawford & Paglen, 2019, aspas dos autores, tradução nossa).

Trabalhadores contratados para tarefas específicas em plataformas remotas, como o Amazon Mechanical Turk (AMT), geralmente iniciam o processo de rotulagem. Estes trabalhadores constituem um precariado global emergente, realizando tarefas descontextualizadas e atomizadas em um sistema de trabalho plataformizado. Mal pagos e despreparados para a interpretação de imagens, eles revelam o que Marx, em seus Manuscritos econômico-filosóficos, de 1844, definiu como alienação, nos processos de rotulação: a desconexão entre o trabalho e a experiência do trabalhador (Moreschi et al., 2020; Grohmann et al., 2022; Dias, 2024). Fatores econômicos e geopolíticos também contribuem para a criação de dados tendenciosos. O uso crescente de sistemas não supervisionados, que empregam modelos pré-treinados em imagens não rotuladas, amplifica erros de identificação e preconceitos. Assim, modelos pré-treinados, usados em reconhecimento facial para segurança, podem ser aplicados em processos seletivos de emprego, perpetuando esses vieses no processo de triagem (Harwell, 2019; EPIC, 2019).

Finalmente, o outro fator na cadeia de produção de dados enviesados é geopolítico. No que diz respeito ao campo da visão computacional, 45% das quatorze milhões de imagens rotuladas do ImageNet vêm dos Estados Unidos, país que constitui 4% da população global. Em contraposição, a China e a Índia, que juntas representam 36% da população global, respondem por apenas 3% das imagens no mesmo banco de dados (Zou & Schiebinger, 2018). Dessa forma, compreende-se que a assimetria dos dados, mais do que um problema técnico,

reflete assimetrias de poder de cunho social, econômico e político, que fundamentam as práticas do datacolonialismo ou colonialismo de dados. A noção de colonialismo de dados assume que “as relações sociais incorporadas nos dados são parte de um legado colonial (e não apenas capitalista) mais amplo” (Couldry & Mejias, 2019, p. 85, tradução nossa). Desempenhando dinâmicas de poder, essas relações não substituem as formas tradicionais de expropriação e incluem mecanismos de invisibilização social, por meio de processos de padronização em uma nova forma de eugenia, que denomino eugenia maquínica do olhar.

### 3 Rumo à eugenia maquínica

Eugenia é uma palavra derivada do grego *eugenēs*, que significa bem-nascido, de boa estirpe e de raça nobre. O cientista britânico Francis Galton (1822–1911) cunhou o termo, em 1883, no livro *Inquiries into Human Faculty and Its Development*. Sua motivação era contrabalançar a “lentidão” dos processos de seleção natural que Darwin, seu primo em segundo grau, teorizou, e “aprimorar” a espécie humana. Proposta como uma ciência, a eugenia logo se tornou, nos anos 1920, um movimento social e internacional (Turda, 2022, p. 2741). Em 1907, foi fundada, na Inglaterra, a Sociedade de Educação Eugênica (*Eugenics Education Society*). No mesmo ano, foram aprovadas as primeiras leis sobre esterilização de negros e a proibição de casamentos inter-raciais nos Estados Unidos. Lá, o Escritório de Registros Eugênicos (*Eugenics Record Office*) existiu com este nome até o final da década de 1960 (National Human Genome Research Institute, 2021; Stern, 2011). Outro país na vanguarda deste campo foi o Brasil, cuja Sociedade Eugênica data da década de 1920. Liderada pelo médico Renato Kehl, ela contou com vários entusiastas entre a intelectualidade brasileira da época, como Monteiro Lobato, Paulo Prado e Alfredo Ellis Jr., entre outros (Wegner & Souza, 2013; Souza, 2024).

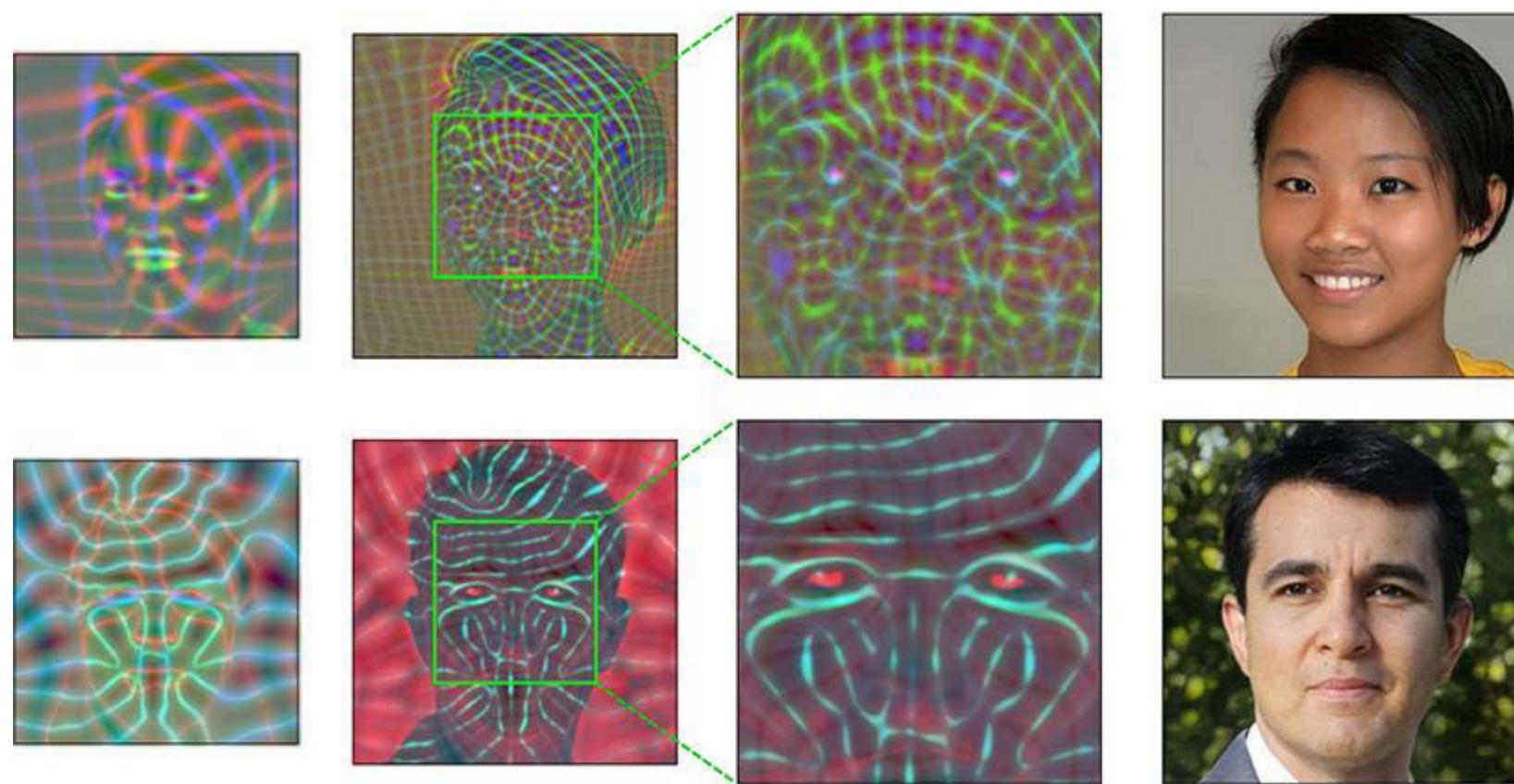
Na Alemanha, onde a Sociedade Médica para Sexologia e Eugenia (*Ärztegesellschaft für Sexualwissenschaft und Eugenik*) atuava desde 1913, a eugenia tornou-se a política oficial do Estado a partir de 1933, durante o nazismo, e resultou em um número alarmante de mortes: 6 milhões de judeus, 250 mil ciganos, pelo menos 200 mil doentes mentais, um número desconhecido de negros e muitos milhares de homossexuais, comunistas e opositores políticos, classificados como antissociais (Beiguelman, 1997; Amidon, 2008). Para o desenvolvimento de suas teorias eugenistas, Galton criou um método fotográfico, que chamou de retratos compostos (*composite portraits*), superpondo vários rostos, com múltiplas exposições em uma mesma chapa e apagando todas as características individuais para obter um rosto genérico que identificasse um perfil biológico e social específico (Figura 1). O objetivo era alcançar “com precisão mecânica” uma “imagem genérica [...] que não representa nenhum homem em particular, mas retrata uma figura imaginária, possuidora das características médias de qualquer grupo de homens” (Galton, 1879, pp. 132-33, tradução nossa). Ele inferiu essa suposta precisão ao interpretar sua metodologia como uma forma de “pintura estatística”, em 1883 (Galton, 2001, p. 233), passando do perceptível ao datificado, ou do empírico à prova científica “irrefutável” (Sekula, 1986, pp. 18-22; Lee-Morrison, 2019, p. 95).



Fig. 1: Retratos compostos do "Tipo Judeu" de Francis Galton, c. 1877-c. 1890. (Wellcome Collection). Disponível em: <https://wellcomecollection.org/works/nqg29vwy>. Acesso: 03/11/2024.

Os elos entre a história da fotografia e o controle biopolítico foram amplamente discutidos e referem-se, direta ou indiretamente, à análise seminal de Michel Foucault sobre o panóptico (Foucault, 1999; Machado & Huber, 2010; Fischer, 2019; Azoulay, 2019). No entanto, nenhum discurso científico discriminatório apoiado em imagens teve a influência e a longevidade das ideias e metodologias criadas por Galton, impactando desde o reconhecimento facial até o renascimento da eugenia nas biotecnologias contemporâneas, no contexto dos debates sobre o Projeto Genoma Humano<sup>2</sup>. Do ponto de vista de Galton (1879, 2002), sua técnica de retratos compostos contribuiria para o aperfeiçoamento da população britânica. No que tange à visão computacional, as redes neurais, sejam elas convolucionais (CNNs) ou geradoras (GANs), não têm esses propósitos, mas operam processos semelhantes, ao procurar identidades entre os diferentes dados de uma imagem, descartando as particularidades para sintetizar outras novas imagens (Figura 2).

<sup>2</sup> As teorias eugenistas mobilizadas a pretexto do Projeto Genoma Humano (PGH), o maior projeto colaborativo científico da história, e a forte ênfase em algoritmos genéticos que as acompanham, transcendem os limites deste artigo e foram tratadas pela autora em outra publicação, na qual se esclarece, não a vocação eugenista do PGH, mas sua instrumentalização nessa perspectiva. (Beigelman, 2023, p. 103-138).



**Fig. 2:** Estudo comparativo entre três modelos de GANs mostra a análise de padrões internos das imagens até chegar a um rosto genérico. Fonte: Karras, T., Aittala, M., Lain, 2021. Disponível em: <https://nvlabs.github.io/stylegan3/>. Acesso em 03/11/2024.

19

#### 4 Das estatísticas pictóricas à fotografia estatística

Galton chamou seus retratos compostos de “estatísticas pictóricas” (McQuillan, 2022, pp. 86-92), não pelo efeito retórico da definição, mas porque ele é o pai da estatística regressiva, um paradigma de qualquer processo de aprendizado de máquina. Embora essas redes neurais utilizem técnicas de aprendizado profundo, que vão além dos métodos tradicionais de regressão, este conceito ainda é relevante para o ajuste de parâmetros durante o processo de treinamento dos modelos, na tentativa de encontrar a linha – ou curva – que melhor se ajuste aos dados. Nesta perspectiva, pode-se dizer que:

A maioria das aplicações contemporâneas de aprendizado de máquina pode ser descrita de acordo com duas modalidades: classificação e predição, que delineiam os contornos de uma nova sociedade de controle e governança estatística. A classificação é conhecida como “reconhecimento de padrões”, enquanto a predição também pode ser definida como “geração de padrões”. Um novo padrão é reconhecido ou gerado ao se interrogar o núcleo interno do modelo estatístico (Pasquinelli & Joler, 2020, p. 13, aspas dos autores, tradução nossa).

O problema desse sistema estatístico de padronização se acirra quando se leva em conta o peso que as redes sociais têm na atualidade e o aumento significativo de modelos pré-treinados de visão e linguagem (VLP). Isto leva a representações distorcidas de grupos sociais específicos, como pessoas negras, mulheres e transgêneros, contribuindo para a distribuição desigual de recursos e acessos (Lee et al., 2023), o que ecoa os princípios eugênicos de vantagem seletiva com base em traços de aparência. Não menos relevantes que as abordagens seletivas das IAs, em relação a raça, gênero e sexo, são as discussões sobre o etarismo, fazendo com que pessoas idosas sejam praticamente invisibilizadas nas redes e em serviços de saúde ou recrutamento para empregos, como comentamos no início deste artigo. Note-se que esses enviesamentos se projetam de forma interseccional, de modo que se tornam cada vez mais opressivos e socialmente injustos conforme os indivíduos somam características que os inserem em vários grupos simultaneamente (pessoas negras, transgênero e idosas, por exemplo; ou mulheres cisgênero e idosas e assim por diante).

Em *AI ageism: a critical roadmap for studying age discrimination and exclusion in digitalized societies*, Justyna Stypinska (2023) aborda a questão da discriminação etária no contexto da inteligência artificial e seus impactos sociais. Para tanto, identifica cinco formas

interconectadas de etarismo: dados com viés etário (nível técnico), estereótipos e preconceitos de atores, como rotuladores e programadores das IAs (nível individual), ausência de debates sobre a velhice nos discursos sobre IA (nível discursivo), efeitos discriminatórios do uso da tecnologia de IA em diferentes grupos etários (nível grupal) e sua exclusão como usuários de tecnologia, serviços e produtos de IA (nível do usuário, por meio de diferentes tipos de design de interface). Dessa forma, a despeito do envelhecimento populacional, por um lado, e da crescente digitalização, por outro, que deveriam ser elementos de pressão por uma maior atenção ao tema, o que o ocorre é justamente o oposto, confluindo para transformar em padrão uma traíçoeira sinonímia entre saúde, juventude, branquitude, perfeição e competência.

#### 4.1 A eugenia nunca terminou

As ficções de beleza desempenham um papel crucial na dinâmica eugenista, mediando interações sociais em plataformas populares, como Instagram e TikTok. Oferecidos como filtros e ferramentas de edição que permitem aos usuários alterar sua aparência, esses aplicativos funcionam como dispositivos para conformar-se a certos padrões de beleza, promovidos e comercializados nessas mesmas plataformas. Aplicativos populares, como *Facetune*, *AirBrush*, *Perfect365* e *YouCam Makeup*, têm, dentre suas principais ferramentas, filtros para clarear tons de pele, reforçar papéis de gênero tradicionais, como cílios longos para mulheres ou uma mandíbula forte para homens, e para suavizar rugas. Além de provocar sentimentos de inadequação e baixa autoestima, especialmente entre os jovens (Chaderjian, 2022; Rowland, 2022), esses aplicativos de embelezamento incorporam suposições eugenistas que merecem consideração no escopo deste artigo. A correlação entre ideais de beleza padronizados que, via de regra, enaltecem a branquitude, os corpos magros e a juventude, especialmente no que diz respeito às mulheres, é notável (Gehl et al., 2017). Se, por um lado, esse tipo de olhar cosmético não se expressa nas políticas de limpeza racial do passado e não é resultado, ou específico, das redes sociais, por outro lado ele enfatiza uma constante reembalagem de padrões culturais opressivos, que costumavam visar as mulheres (Wegenstein, 2012).

A afirmação sobre o eclipse da eugenia após a Segunda Guerra Mundial é recorrente, mas não é válida. A eugenia nunca terminou, travestindo-se agora de *newgenics*, conceito que o filósofo Robert A. Wilson (2017) utiliza para discutir como a mentalidade eugênica se manifesta na sociedade contemporânea, focando determinados corpos e sujeitos sociais, com base nos avanços biotecnológicos. Ao invés de serem caracterizados como inaptos ou degenerados, como no nazismo, os corpos avaliados como fora do padrão são “considerados menos saudáveis” ou portadores de “irregularidades ou anomalias médicas”. Passam, assim, a ser submetidos não a “práticas de eutanásia e esterilização ordenadas pelo Estado”, mas a práticas de “triagem pré-natal e aborto seletivo oferecidas como questões de escolha reprodutiva individual” (Wilson, 2017, p. 176, tradução nossa). O que se vê nessa estratégia é uma nova roupagem do mito do padrão de normalidade, mito este calibrado pela ampla disseminação das tecnologias de inteligência artificial, haja vista que o controverso conceito de padrão – uma prerrogativa de qualquer definição de normalidade – é fundamental para os processos que envolvem aprendizado de máquina.

O aspecto biopolítico deste binômio normal/padrão permite situar as atuais formas de processamento de imagens por IA em uma perspectiva mais ampla, entendendo seus procedimentos de invisibilização no quadro de um conjunto de vetores sociais e políticos, nos quais pode-se considerar a possibilidade de uma emergente eugenia maquinica do olhar. É improvável que a IA seja capaz de controlar nosso olhar, no sentido de nos forçar fisicamente a mirar algo. Ainda assim, as técnicas de visão computacional podem influenciar o que vemos e em que prestamos atenção, moldando a visualidade e a invisibilidade de determinados corpos e sujeitos. Nessa direção, assume-se, neste artigo, que, quando falamos de visão, estamos falando também de suas formas de fabricação social. Se a visão é uma atribuição biológica e a visibilidade, um fato social (Foster, 1998), o olhar é a interação entre ambos e os regimes estéticos, o campo político “que define o que é visível ou não no espaço comum” (Rancière, 2004, pp. 12-13), e quem pode ou não ter uma parte nesse espaço, como as mulheres idosas, que se tornaram um dos desafios de um projeto de pesquisa artístico, no qual estou trabalhando atualmente.

#### 5 Venenosas, nocivas e suspeitas

O projeto explora modelos baseados na chamada Linguagem Natural, que criam imagens a partir de textos e outras imagens. Seu título, *Venenosas, nocivas e suspeitas*, tomei emprestado de um manual científico do século XIX, publicado na Inglaterra pela Sociedade Científica Cristã, de autoria de Anne Pratt (1857). O foco são plantas proibidas pelo processo civilizador colonial, devido ao seu uso em rituais sagrados, poderes alucinógenos e afrodisíacos e práticas de cura ancestrais que, muitas vezes, se confundem com práticas religiosas.

Várias dessas plantas proibidas foram, com o passar dos séculos, reintegradas socialmente, ao serem privatizadas pela indústria farmacológica, como a *Cannabis*, vários derivados da artemísia e o curare. Outras seguem cercadas de preconceitos misóginos. Eu as desenho com inteligência artificial, tendo como referência ilustrações botânicas de mulheres que foram apagadas da história da arte e da ciência, criando biografias especulativas que cruzam as histórias dessas botanistas com as de plantas “suspeitas”.

Obviamente, não se trata aqui de advogar em prol da liberação total do consumo dessas plantas, ignorando que sua toxicidade depende de dosagens e conhecimentos ancestrais e científicos, mas de reconhecer os fundamentos culturais e econômicos que as interditaram (Baratto, 2022; Luz, 2015). Até porque várias plantas, como carnívoras – na realidade, insetívoras – e orquídeas, sobre as quais abundam preconceitos, remetem não à sua toxicidade, mas às heterologias, como “ciências do outro” (Souza, 1993, pp. 24-25), plasmadas no processo de colonização. Remetem, ainda, às histórias do medo diante das distintas alteridades que demonizaram as mulheres, desde a Idade Média, como “agentes de Satã” e figuras malévolas (Delumeau, 1989, pp. 310-344).

Chamou-me a atenção, ao longo da pesquisa, no entanto, uma certa recorrência de histórias trágicas, que levaram várias dessas cientistas pioneiras a morrer abandonadas, doentes e solitárias, com reconhecimento póstumo séculos depois do seu falecimento, como é o caso de Maria Sybilla Merriam (1647-1717), a primeira a identificar o processo de metamorfose das lagartas em borboletas. É também o caso da micologista Maria Elizabeth Banning (1822-1903), cujos lindos manuscritos e aquarelas foram encontrados acidentalmente atrás de um armário de taxonomia de galinhas, em um museu em Nova York, nos anos 1980. Por essas e outras histórias, decidi criar retratos ficcionais dessas cientistas, mesclando as parcas imagens delas disponíveis *online* com as plantas e as estéticas a que se dedicaram (Figura 3).



21

**Fig. 3:** Processamento dos retratos de Maria Sybilla Merriam com Inteligência Artificial, a partir de desenho publicado em James Duncan, *The Natural History of British Moths, Sphinxes, & co.* (Edimburgo, 1841). Giselle Beiguelman, 2024.

Nenhuma dessas histórias, no entanto, me interessou tanto quanto a da brasileira Maria Bandeira (1902-1992), que foi a primeira botânica do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Especialista em briófitas, ela coletou e identificou, nos anos 1920, mais de quinhentos espécimes de plantas, fungos e líquens. Este trabalho nunca foi reconhecido, pois, como não publicou os resultados, teve sua autoria ignorada pelos homens que ocuparam as revistas científicas desde sempre (Bediaga et al., 2016). Em síntese, Bandeira fez tudo o que se tornou sinônimo de ímpeto sobre os cientistas e que confinou as mulheres, no máximo, ao atributo de aventureiras (Lopes, 1998). Com todos estes obstáculos, ela trocou extensa correspondência com especialistas estrangeiros e chegou a estudar na Sorbonne, na França. Trilhava uma trajetória científica exitosa, quando decidiu ingressar na Ordem dos Carmelitas Descalços e mudar-se para um convento, no bairro de Santa Teresa, no Rio de Janeiro, com clausura total. Dizem os especialistas que esta decisão pode estar relacionada ao falecimento de seus pais, ao rompimento afetivo com o irmão e à perda de uma importante referência científica, Viktor Ferdinand Brotherus, falecido em 1929.

Eu me pergunto se não foi seu irmão quem a confinou no convento. Especulo também se Brotherus teria sido seu grande amor e companheiro secreto, cuja falta ela não suportou. Imagino Maria Bandeira vivendo entre suas briófitas, trabalhando no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, e lutei durante dois dias com a Inteligência Artificial para fazer seu retrato aos 80 anos. A eugenia maquinica do olhar, por todas as questões tratadas anteriormente (dados enviesados, assimetria entre o número de imagens de mulheres jovens e idosas, abundância de recursos de *beautificação*) é meu principal obstáculo, e percebo que tem muita dificuldade em trabalhar com rugas, mulheres com mais de trinta anos e olhos que não sejam azuis. Tomei, como ponto de partida, uma rara foto em que ela aparece fora do laboratório, no Jardim Botânico. É a única mulher entre vários homens. Apaguei-os todos, além de colorizá-la, para facilitar o processo de trabalho da inteligência artificial (Figura 4).



**Fig. 4:** Maria Bandeira no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Fonte: Museu do Meio Ambiente/JBRJ, s.d., e foto recortada, ampliada e colorizada com IA pela autora (2024). Fonte: Bediaga et al., 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-5970201600500002>. Acesso: 03/11/2024.

Na sequência, tentei sintetizar seu retrato como uma feliz octogenária, em seu espaço de trabalho. No primeiro resultado, a IA assumiu que, ao tratar de uma personalidade brasileira, estava me referindo a uma mulher negra. Utilizo, para tanto, recursos de processamento *text-to-image* e *image-to-image*, em plataformas como Runway e DALL-E, tendo, como ponto de partida, exaustiva pesquisa de imagens e bibliografia, em acervos e bibliotecas científicas. Descrevo que ela é branca e os resultados remetem, primeiramente, a uma visão estereotipada da velhice, de uma mulher acanhada, repercutindo abordagens gerontofóbicas (Butler, 1969; Esteban, 2021). Para contornar o problema, insiro no *prompt* a informação de que o retrato deveria refletir altivez, mas a situação piora, com o *output* de uma mulher que parece ter saído de uma série de televisão dos anos 1970, como *Os Waltons* (Figura 5).



23

**Fig. 5:** Tentativas frustradas de gerar um retrato, com IA, de Maria Bandeira aos 80 anos, fundindo-se com suas briófitas. Giselle Beiguelman, 2024.

Depois de muitos processamentos, chego a um resultado que aprovo (Figura 6), recuperando, nesta odisseia, um percurso que conflui com os estudos que venho fazendo sobre eugenia maquinica do olhar. Ainda assim, a imagem não refletia a altivez e o sorriso que tanto me chamara a atenção na análise de seu retrato em campo (Figura 4), demandando um trabalho de reconstrução de textos para elaboração dos *prompts* que se estendeu por mais dois meses até que eu chegasse ao resultado final (Figura 7).



24

**Fig. 6:** Retrato ficcional de Maria Bandeira, feito com IA, aos 80 anos, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, fundindo-se às briófitas a que tanto se dedicou. Giselle Beiguelman, 2024.



**Fig. 7:** Retrato ficcional de Maria Bandeira, feito com IA, aos 80 anos, no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, fundindo-se às briófitas a que tanto se dedicou. Giselle Beiguelman, 2024.

## 6 Conclusão

O olhar, conforme tratado neste artigo, vai além do campo da visão e remete à nossa visão do mundo. A potencialidade da inteligência artificial em moldar campos de visibilidade não implicará genocídio ou guerras raciais, como fizeram os movimentos eugenistas da primeira metade do século XX. Contudo, pode estabelecer novas formas de invisibilidade e exclusão social, que impactam o Sul Global, por meio de procedimentos tecnológicos que aprofundam dinâmicas racistas. Este arcabouço tecnopolítico se conjuga a novos processos de exclusão, com forte viés etarista, acirrando o apagamento e alienação social de mulheres e, particularmente, das mulheres mais velhas. Se a eugenia maquinica refere-se ao uso de tecnologia ou máquinas para implementar ou facilitar práticas ou políticas eugênicas, a eugenia maquinica do olhar refere-se às formas de ver de acordo com os padrões estabelecidos pelas inteligências artificiais. Por este motivo, a visão computacional é um dispositivo – e não apenas uma ferramenta – que pode transformá-la no aparato visual hegemônico do nosso tempo.

As alternativas para melhorar os modelos de visão computacional, via curadoria de dados e melhoria dos processos de aprendizado de máquina, permitirão, certamente, resolver problemas pontuais, mas não o modelo baseado em padrões dos atuais sistemas de IA nem, portanto, sua dinâmica de poder e formas de distribuição do sensível. Novas questões, e não respostas, virão de estruturas contra-hegemônicas e não de ajustes dos modelos vigentes. Esses modelos contra-hegemônicos referem-se a perspectivas do Sul, estudos feministas e queer, abordagens das teorias do ponto de vista e do pós-normal e diferentes sistemas educacionais, rumo a uma cultura e prática “pós-aprendizado de máquina”, como definiu Dan McQuillan (2022, pp. 104–108, tradução nossa). Tal agenda é bastante sugestiva para se pensar em diferentes abordagens para a inteligência artificial, para além da oposição antropocêntrica homem-máquina e suas prerrogativas baseadas em concepções do padrão, do desvio ou do erro. Seguindo caminho não regular e não previsível, tal agenda alternativa aponta para múltiplas formas de ver e fazer mundos, tomando o que está fora do padrão não como seu modelo, mas como ponto de partida.

## Referências

- Agamben, G. (2009). *O que é contemporâneo? E outros ensaios* (V. N. Honesko, Trad.). Chapecó: Argos.
- Amidon, K. S. (2008). Sex on the brain: The rise and fall of German sexual science. *Endeavour*, 32 (2), 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2008.04.004>
- Azoulay, A. A. (2019). *Potential History: Unlearning Imperialism*. Londres: Verso Books.
- Baratto, L. C. (2022). A Farmacognosia e o estudo das plantas medicinais no Brasil. Em L. C. Baratto (Org.), *A Farmacognosia no Brasil: Memórias da Sociedade Brasileira de Farmacognosia* (pp. 17–35). Ed. do Autor.
- Bediaga, B., Peixoto, A. L., & Filgueiras, T. S. (2016). Maria Bandeira: Uma botânica pioneira no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 23, 799–822. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702016005000002>
- Beigelman, B. (1997). Genética, Ética e Estado: (Genetics, Ethics and State). *Brazilian Journal of Genetics*, 20 (3). <https://doi.org/10.1590/S0100-84551997000300027>
- Beigelman, G. (2023). Galton Reloaded: Computer Vision and Machinic Eugenics. Em G. Beigelman, M. Devries, W. Soon, & M. Tyzlik-Carver (Orgs.), *Boundary Images* (p. 103–138). University of Minnesota Press.
- Bridle, J. (2023). *Maneiras de ser: Animais, plantas, máquinas: a busca por uma inteligência planetária* (D. Galera, Trad.). Todavia.
- Buolamwini, J. A. (2017). *Gender Shades: Intersectional Phenotypic and Demographic Evaluation of Face Datasets and Gender Classifiers* [Master of Science, Massachusetts Institute of Technology]. <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/114068/1026503582-MIT.pdf>
- Butler, R. N. (1969). Age-Ism: Another Form of Bigotry. *The Gerontologist*, 9 (4\_Part\_1), 243–246. [https://doi.org/10.1093/geront/9.4\\_Part\\_1.243](https://doi.org/10.1093/geront/9.4_Part_1.243)
- Castro, E. V. de. (2018). *Metafísicas canibais: Elementos para uma antropologia pós-estrutural*. Ubu Editora.
- Chaderjian, D. (2022). *Artificial and Unreal: The Ethics of Beautification Technology for Images and Social Media*. Viterbi Conversations in Ethics. <https://vce.usc.edu/volume-6-issue-1/artificial-and-unreal-the-ethics-of-beautification-technology-for-images-and-social-media/>
- Couldry, N., & Mejias, U. A. (2019). *The Costs of Connection: How Data Is Colonizing Human Life and Appropriating It for Capitalism*. Stanford: Stanford University Press.
- Crawford, K., & Paglen, T. (2019). *Excavating AI*. <https://excavating.ai>
- Delumeau, J. (1989). *História do medo no Ocidente, 1300-1800*. (M. L. Machado, Trad.). Companhia das Letras. <https://www.amazon.com.br/Hist%C3%B3ria-medo-ocidente-1300-1800-Delumeau/dp/8535914544>
- Dias, T. (2024). O chão de fábrica da IA. *Intercept Brasil*. <https://www.intercept.com.br/series/chao-fabrica-inteligencia-artificial/>
- EPIC - Electronic Privacy Information Center (2019). *In re HireVue*. <https://epic.org/documents/in-re-hirevue/>
- Esteban, E. G. (2021). Gerontofobia. Em J. Pizzi (Org.), *Glosario de Patologías Sociales*. Editora UFPel.
- Fischer, G. (2019). “Where are the Botocudos?” Anthropological displays and the entanglements of staring, 1882-1883. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 26, 969–992. <http://www.scielo.br/j/hcsm/a/8kdHgvv9cDxSnHMzm7SrXXN/?lang=en>
- Foster, H. (Org.). (1998). *Vision and Visuality: Discussions in Contemporary Culture #2: 02*. New Press.
- Foucault, M. (1999). *Vigiar e punir: Nascimento da prisão* (V. Ramalhete, Trad.: 20ª ed). Petrópolis: Vozes.
- Foucault, M. (2008). *O Nascimento da biopolítica* (E. Brandão, Trad.). São Paulo: Martins Fontes.
- Galton, F. (1879). Composite Portraits. *Journal of the Anthropological Institute*, 8, 132–144. <https://galton.org/essays/1870-1879/galton-1879-jaigi-composite-portraits.pdf>
- Galton, F. (2001). *Inquiries into Human Faculty and its Developments*. [galton.org](http://galton.org).

- Gehl, R. W., Moyer-Horner, L., & Yeo, S. K. (2017). Training Computers to See Internet Pornography: Gender and Sexual Discrimination in Computer Vision Science. *Television & New Media*, 18(6), 529–547. <https://doi.org/10.1177/1527476416680453>
- Grohmann, R., Pereira, G., Guerra, A., Abilio, L. C., Moreschi, B., & Jurno, A. (2022). Platform scams: Brazilian workers' experiences of dishonest and uncertain algorithmic management. *New Media & Society*, 24(7), 1611–1631. <https://doi.org/10.1177/14614448221099225>
- Haraway, D. J. (1991). *Simians, Cyborgs, and Women: The Reinvention of Nature*. Nova Iorque: Routledge.
- Haraway, D. J. (2016). *Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene*. Durham: Duke University Press.
- Harwell, D. (2019). A face-scanning algorithm increasingly decides whether you deserve the job. *Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/technology/2019/10/22/ai-hiring-face-scanning-algorithm-increasingly-decides-whether-you-deserve-job/>
- Karras, T., Aittala, M., Laine, S., Härkönen, E., Hellsten, J., Lehtinen, J., & Aila, T. (2021). Alias-Free Generative Adversarial Networks (arXiv:2106.12423). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.12423>
- Lee, N., Bang, Y., Lovenia, H., Cahyawijaya, S., Dai, W., & Fung, P. (2023). Survey of Social Bias in Vision-Language Models (arXiv:2309.14381). <http://arxiv.org/abs/2309.14381>
- Lee-Morrison, L. (2019). *Portraits of Automated Facial Recognition: On Machinic Ways of Seeing the Face*. <https://doi.org/10.14361/9783839448465>
- Luz, P. (2015). *Carta Psiconáutica*. Dantes Ed.
- Machado, M. H. P. T., & Huber, S. (Orgs.). (2010). *(T)races of Louis Agassiz: Photography, body and science, yesterday and today = Rastros e raças de Louis Agassiz : fotografia, corpo e ciência, ontem e hoje*. Capacete Entretenimentos.
- McQuillan, D. (2022). Resisting AI: An Anti-fascist Approach to Artificial Intelligence. Em *Resisting AI*. Bristol University Press. <https://bristoluniversitypressdigital.com/display/book/9781529213522/9781529213522.xml>
- Moreschi, B., Pereira, G., Cozman, F. G., & Tiago, G. A. (2020). The Brazilian workers in Amazon mechanical Turk: Dreams and realities of ghost workers. *Contracampo*, 39(1), 1–21. <https://repositorio.usp.br/item/003028584>
- National Human Genome Research Institute. (2021). *Eugenics: Its Origin and Development (1883 - Present)*. <https://www.genome.gov/about-genomics/educational-resources/timelines/eugenics>
- Noble, S. U. (2018). *Algorithms of Oppression: How Search Engines Reinforce Racism*. Nova Iorque: NYU Press.
- Owens, K., & Walker, A. (2020). Those designing healthcare algorithms must become actively anti-racist. *Nature Medicine*, 26(9), Artigo 9. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-1020-3>
- Pasquinelli, M., & Joler, V. (2020). *The Nooscope Manifested: Artificial Intelligence as Instrument of Knowledge Extractivism*. KIM research group (Karlsruhe University of Arts and Design) and Share Lab (Novi Sad). <https://noscopedia.ai>
- Pratt, A. (1857). *Poisonous, noxious, and suspected plants, of our fields and woods*. Society for Promoting Christian Knowledge. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/258098>
- Rancière, J. (2009). *A partilha do sensível: Estética e política* (M. C. Netto, Trad.; 2a edição). São Paulo: Editora 34.
- Rowland, M. (2022). Online Visual Self-Presentation: Augmented Reality Face Filters, Selfie-Editing Behaviors, and Body Image Disorder. *Journal of Research in Gender Studies*, 12(1), 99–114. <https://doi.org/10.22381/JRGS12120227>
- Santaella, L. (2023). *A inteligência artificial é inteligente?*. São Paulo: Edições 70.
- Sekula, A. (1986). The Body and the Archive. *October*, 39, 3–64. <https://doi.org/10.2307/778312>
- Silva, T. da. (2020). Visão Computacional e Racismo Algorítmico: Branquitude e Opacidade no Aprendizado de Máquina. *Revista da Associação Brasileira de Pesquisadores/as Negros/as (ABPN)*, 12(31). <https://abpnrevista.org.br/index.php/site/article/view/744>

Souza, V. S. de. (2024). O Brasil da mitologia racial: Eugenia, racismo e utopias nacionais no Modernismo brasileiro dos anos 1920. *História (São Paulo)*, 43. <https://doi.org/10.1590/1980-4369e20230007>

Souza, L. de M. e. (1993). *Inferno Atlântico: Demonologia e Colonização* (séculos XVI-XVIII). São Paulo: Companhia das Letras.

Steed, R., & Caliskan, A. (2021). Image Representations Learned with Unsupervised Pre-Training Contain Human-like Biases. *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 701–713. <https://doi.org/10.1145/3442188.3445932>

Stern, A. M. (2011). *United States • Around the World • Eugenics Archive*. <https://www.eugenicsarchive.ca/around-the-world?id=51bbb96b97b8940a54000002>

Stypinska, J. (2023). AI ageism: A critical roadmap for studying age discrimination and exclusion in digitalized societies. *AI & SOCIETY*, 38(2), 665–677. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01553-5>

Szeliski, R. (2011). *Computer Vision*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-935-0>

Tsing, A. (2022). *O cogumelo no fim do mundo: Sobre a possibilidade de vida nas ruínas do capitalismo* (Barreto, J. M., & Rafael, Y, Trad.). São Paulo: N-1 Edições.

Turda, M. (2022). Legacies of eugenics: Confronting the past, forging a future. *Ethnic and Racial Studies*, 45(13), 2470–2477. <https://doi.org/10.1080/01419870.2022.2095222>

Wegenstein, B. (2012). *The Cosmetic Gaze: Body Modification and the Construction of Beauty*. Londres: MIT Press.

Wegner, R., & Souza, V. S. de. (2013). Eugenia “negativa”, psiquiatria e catolicismo: Embates em torno da esterilização eugênica no Brasil. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 20, 263–288. <https://doi.org/10.1590/S0104-5970201300500001>

Wilson, R. A. (2017). *The Eugenic Mind Project*. The MIT Press.

Zou, J., & Schiebinger, L. (2018). AI can be sexist and racist – It’s time to make it fair. *Nature*, 559(7714), 324–326. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-05707-8>

## DESDE AUTÓMATAS CELULARES HACIA AI Y FABRICACIÓN FROM CELLULAR AUTOMATA TO AI AND FABRICATION

ALBERTO FERNÁNDEZ GONZÁLEZ

Alberto Fernandez Gonzalez es Arquitecto RIBA, Master en Arquitectura, Académico e Investigador de la Universidad de Chile y de la University College London. Es candidato a MPhil/PhD en The Bartlett School of Architecture, Reino Unido, investigando Autómatas Celulares en diseño arquitectónico. Su carrera se enfoca en la exploración de formas desde una perspectiva local aplicando BIM, diseño generativo y fabricación digital. alfernán@uchile.cl <https://orcid.org/0000-0002-1411-1284>

## Resumen

Este *paper* presenta una investigación sobre flujos de trabajo (*workflows*) para el diseño arquitectónico mediante la integración de Autómatas Celulares (CA), Inteligencia Artificial (IA) y Fabricación Digital. El objetivo de este estudio es explorar cómo estas tecnologías pueden optimizar tanto la estructura, como la estética en el diseño arquitectónico, proporcionando un marco de trabajo eficiente e innovador. La metodología combina la generación de patrones complejos con CA, el uso de modelos de difusión en IA para la optimización de geometrías, y la traducción digital de estos diseños mediante *Autodesk Fusion*, lo que permite una gestión integral del proyecto y facilita la colaboración interdisciplinaria. La metodología de esta investigación se centra en la generación de patrones de Autómatas Celulares (CA) utilizando una combinación de algoritmos personalizados y existentes (*Langton Ant*). Los patrones de CA se desarrollan dentro del entorno de *Processing*, aprovechando reglas locales para crear configuraciones complejas. Se emplean modelos de Inteligencia Artificial (IA), específicamente modelos de difusión, para iterar y optimizar estas geometrías, facilitando el refinamiento continuo de los diseños arquitectónicos, garantizando una adaptación precisa de los patrones generados por CA. Este trabajo desarrolla un flujo de trabajo que se alinea con la adopción y transformación de tecnologías en el Sur Global, particularmente con la integración de AI dentro del proceso creativo, abriendo vías para que estas metodologías se adapten a contextos con limitaciones de recursos, proponiendo un marco integral que combina innovación y eficiencia, contribuyendo significativamente a la implementación futura de estas tecnologías.

**Palabras clave:** Autómatas Celulares, Inteligencia Artificial, Fabricación digital, Flujos de trabajo, Diseño arquitectónico

## 1 Introducción

El campo de la arquitectura está en constante evolución, buscando métodos innovadores para mejorar los procesos de diseño, especialmente en la optimización estructural y el refinamiento estético. En el contexto del Sur Global, estas tecnologías emergentes presentan un potencial significativo para superar limitaciones de infraestructura y recursos, ofreciendo soluciones adaptables y accesibles que pueden responder a desafíos locales específicos. Este enfoque invita a reconsiderar cómo la adopción de tecnologías de diseño computacional, como los autómatas celulares (CA), la inteligencia artificial (IA) y la fabricación digital, puede contribuir a un diseño arquitectónico más inclusivo y a debates descoloniales en la disciplina.

Las prácticas tradicionales, que a menudo dependen del dibujo manual y de modelos estáticos, son laboriosas y limitadas en su capacidad para explorar formas complejas y sistemas dinámicos (Ball, 2011). La llegada de las tecnologías digitales ha provocado un cambio significativo hacia métodos de diseño computacional, que ofrecen mayor flexibilidad, precisión y eficiencia (Batty, 2007). Uno de los avances más prometedores en este ámbito es la integración de estrategias computacionales complejas, como los CA y la IA. Los CA, un modelo discreto en matemáticas computacionales, implican una red de celdas que evolucionan mediante reglas simples basadas en los estados vecinos (Beigy & Meybodi, 2004). Este método puede generar patrones y estructuras intrincadas que imitan procesos naturales, demostrando ser una herramienta poderosa para el diseño arquitectónico (Beigy & Meybodi, 2006). De manera similar, la IA, especialmente a través del aprendizaje automático y los modelos de difusión, puede analizar grandes cantidades de datos para identificar soluciones óptimas de diseño que equilibren la forma y la función (Gilpin, 2018). Esta investigación se propone explorar la eficacia de los CA y la IA, en particular los modelos de difusión, en la generación de geometrías arquitectónicas estructural y estéticamente atractivas (Glover et al., 2021). Los modelos de difusión en IA simulan la propagación de partículas o información a lo largo del tiempo, refinando los diseños arquitectónicos mediante la mejora iterativa de los conceptos iniciales (Beigy & Meybodi, 2007). Este proceso iterativo puede conducir a soluciones innovadoras que no son inmediatamente evidentes a través de métodos tradicionales (Beigy & Meybodi, 2008).

El estudio enfatiza el uso de tecnologías de mapas de profundidad para la traducción de modelos 3D, abordando la brecha entre el diseño conceptual y el rendimiento estructural (Beigy & Meybodi, 2010). Los mapas de profundidad, que representan la distancia entre las superficies en un espacio 3D, son cruciales para convertir patrones 2D generados por CA y IA en estructuras tridimensionales (Berlekamp et al., 1982). Al aprovechar estas tecnologías, los arquitectos pueden crear modelos detallados y precisos listos para análisis y optimización estructural (Betka et al., 2020).

Además, se han realizado estudios que analizan cómo estas tecnologías pueden aplicarse en el Sur Global para abordar desafíos de recursos limitados y adaptarse a contextos locales (e.g., Oxman, 2017). La integración de CA, IA y tecnologías de mapas de profundidad permite a los arquitectos ampliar los límites del diseño tradicional, creando edificaciones estéticamente únicas y estructuralmente sólidas (Fernández González, 2023b). Este enfoque tiene el potencial de revolucionar el campo de la arquitectura en contextos diversos, ofreciendo nuevos caminos para desarrollar diseños sostenibles y eficientes mediante el entendimiento de formar provenientes de patrones derivados de formas orgánicas o inspiradas en naturaleza.

## 2 Desde Generative CA hacia AI

Esta investigación representa un avance significativo en el campo del diseño arquitectónico, al demostrar la aplicación práctica de los autómatas celulares (CA) y la inteligencia artificial (IA) en el proceso de búsqueda de formas, con un enfoque especial en la optimización estructural. Al integrar estas herramientas computacionales avanzadas, el estudio ofrece un marco sólido para explorar nuevas formas arquitectónicas y mejorar la eficiencia y creatividad en el proceso de diseño (Fernández González, 2023a), como se ilustra en la Figura 1.

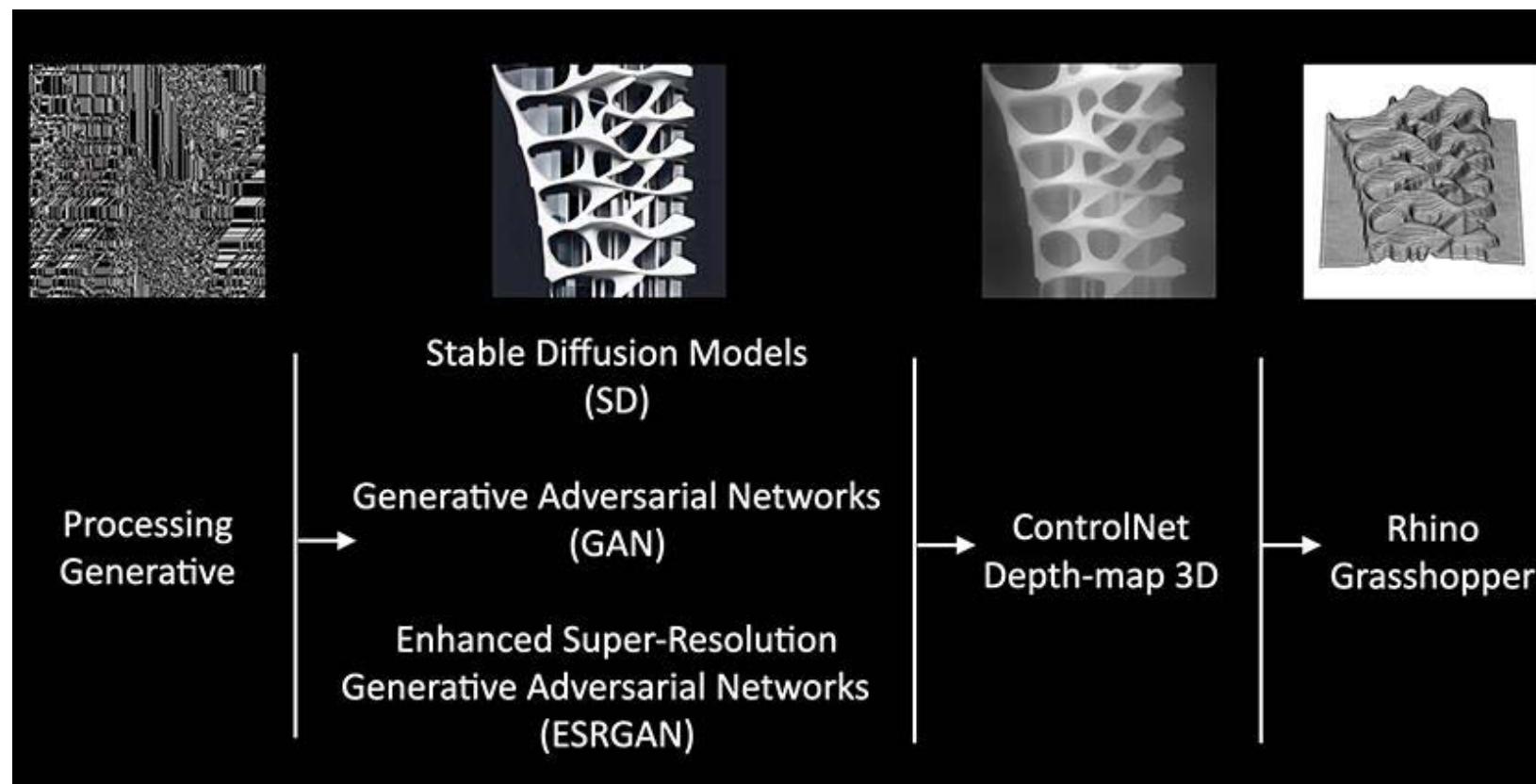


Fig. 1: Flujo de trabajo propuesto desde CA Generativo hasta IA. Fuente: Autor, 2024.

La integración de CA y AI demuestra el potencial transformador de combinar técnicas de diseño computacional con algoritmos de IA, tecnologías de mapas de profundidad. Los autómatas celulares, como modelo computacional, permiten la generación de patrones y estructuras complejas que imitan procesos naturales (Beigy & Meybodi, 2004). Esta capacidad de simular el crecimiento y la forma mediante sistemas basados en reglas simples proporciona a los arquitectos una herramienta poderosa para explorar soluciones estructurales innovadoras y eficientes. Los modelos de difusión, que simulan la propagación de partículas o información a lo largo del tiempo, facilitan el refinamiento iterativo de los diseños arquitectónicos. Este proceso iterativo permite una mejora continua y optimización, llevando a soluciones de diseño que equilibran el atractivo estético con el rendimiento estructural (Beigy & Meybodi, 2007).

La Figura 2 demuestra cómo las tecnologías de mapas de profundidad desempeñan un papel crucial en la traducción de diseños 2D generados por CA e IA en modelos 3D (Beigy & Meybodi, 2010). Este proceso cierra la brecha entre el diseño conceptual y el rendimiento estructural, asegurando que las innovaciones estéticas estén respaldadas por su viabilidad práctica (Berlekamp et al., 1982). La capacidad

de modelar y analizar con precisión geometrías complejas en tres dimensiones es esencial para desarrollar diseños que no solo sean visualmente atractivos, sino también estructuralmente eficientes y sostenibles (Betka et al., 2020). El uso de mapas de profundidad mejora la precisión y el detalle de los modelos arquitectónicos, permitiendo una comprensión más completa de las relaciones espaciales y las dinámicas estructurales. Esta capacidad es particularmente importante en el contexto del diseño arquitectónico de alta resolución, donde los detalles intrincados y las interacciones complejas deben ser representados y analizados con precisión (Christen & Del Fabbro, 2019).



32

**Fig. 2:** Traducción de una imagen generada por IA a partir de un patrón de CA a un mapa de profundidad 3D con ControlNet. Fuente: Autor, 2024

Al facilitar una integración más profunda de estas tecnologías, la investigación ofrece nuevas vías para desarrollar diseños arquitectónicos sostenibles, eficientes y estéticamente atractivos (Oxman, 2017). El uso combinado de CA, IA y *BIM* permite la creación de estructuras optimizadas tanto en rendimiento como en el uso de recursos, contribuyendo a los objetivos más amplios de sostenibilidad en la arquitectura. Este enfoque puede resultar en edificios más eficientes energéticamente, con menor desperdicio de materiales y con diseños que responden mejor a su contexto ambiental (Glover et al., 2021). El enfoque del estudio en el diseño arquitectónico de alta resolución, que incorpora detalles intrincados e interacciones complejas, está en sintonía con los principios del diseño sostenible. Al aprovechar herramientas computacionales para optimizar la forma y la función, los arquitectos pueden crear edificaciones que no solo sean hermosas, sino también responsables con el medio ambiente y económicamente viables (Beigy & Meybodi, 2008).

El estudio refuerza la relevancia de los métodos computacionales para abordar los desafíos contemporáneos de la arquitectura. A medida que las exigencias en el diseño arquitectónico se vuelven más complejas, incluyendo consideraciones de sostenibilidad, resiliencia y adaptabilidad, la necesidad de herramientas computacionales avanzadas se hace más evidente (Ball, 2011). Esta investigación demuestra que la integración de CA, IA y *BIM* puede satisfacer estas demandas, proporcionando un marco integral para soluciones de diseño innovadoras y prácticas (Mitchell, 2009). La capacidad de simular y analizar interacciones complejas dentro de los diseños arquitectónicos permite una toma de decisiones más informada y mejora la calidad general del entorno construido, donde las soluciones de diseño innovadoras son fundamentales (Kolarevic & Malkawi, 2005).

### 3 Metodología

El estudio adopta un enfoque metodológico en múltiples etapas, comenzando con la generación de patrones 2D mediante algoritmos de Autómatas Celulares (CA) personalizados, basados en el modelo de *Langton Ant*. Estos algoritmos fueron modificados a través de reglas de repetición específicas para promover patrones de distribución de Clase 4, según la clasificación de Wolfram, que permite generar configuraciones complejas y adaptativas. Los patrones resultantes son exportados en formato .txt, donde cada punto se describe con coordenadas x, y, z, y luego son importados a *Grasshopper*, donde son reinterpretados como mapas de puntos, listos para la siguiente etapa de exploración y transformación.

La siguiente fase del proceso involucra la integración de modelos de Inteligencia Artificial (IA), específicamente modelos de difusión estable, los cuales reinterpretan los patrones generados por CA. Esta integración permite condicionar los patrones previos, creando representaciones arquitectónicas bio-inspiradas con formas continuas y un alto nivel de detalle. La capacidad de los modelos de difusión para generar variaciones precisas y detalladas facilita una exploración creativa en el diseño arquitectónico, permitiendo descubrir soluciones que equilibran la estética y la estructura.

Para traducir los diseños en modelos 3D, se emplean tecnologías de mapas de profundidad en *Grasshopper*, que permiten transformar las configuraciones 2D en geometrías tridimensionales detalladas. Estos modelos 3D se exportan luego a *Autodesk Fusion* para un análisis estructural y optimización final. Este proceso iterativo de traducción y refinamiento combina el diseño computacional con los conocimientos de IA y la coordinación de *Building Information Modeling (BIM)*, asegurando que las formas arquitectónicas cumplan con criterios estéticos y estructurales.

Comparación con estudios similares: A diferencia de enfoques previos que se limitan a explorar patrones CA sin la integración profunda de IA, este estudio se destaca por su metodología innovadora que combina CA y modelos de difusión, logrando así un flujo de trabajo cohesivo y adaptativo. Esta combinación ofrece nuevas posibilidades en la generación de estructuras arquitectónicas bio-inspiradas, lo que coloca a esta investigación a la vanguardia en términos de innovación en diseño computacional.

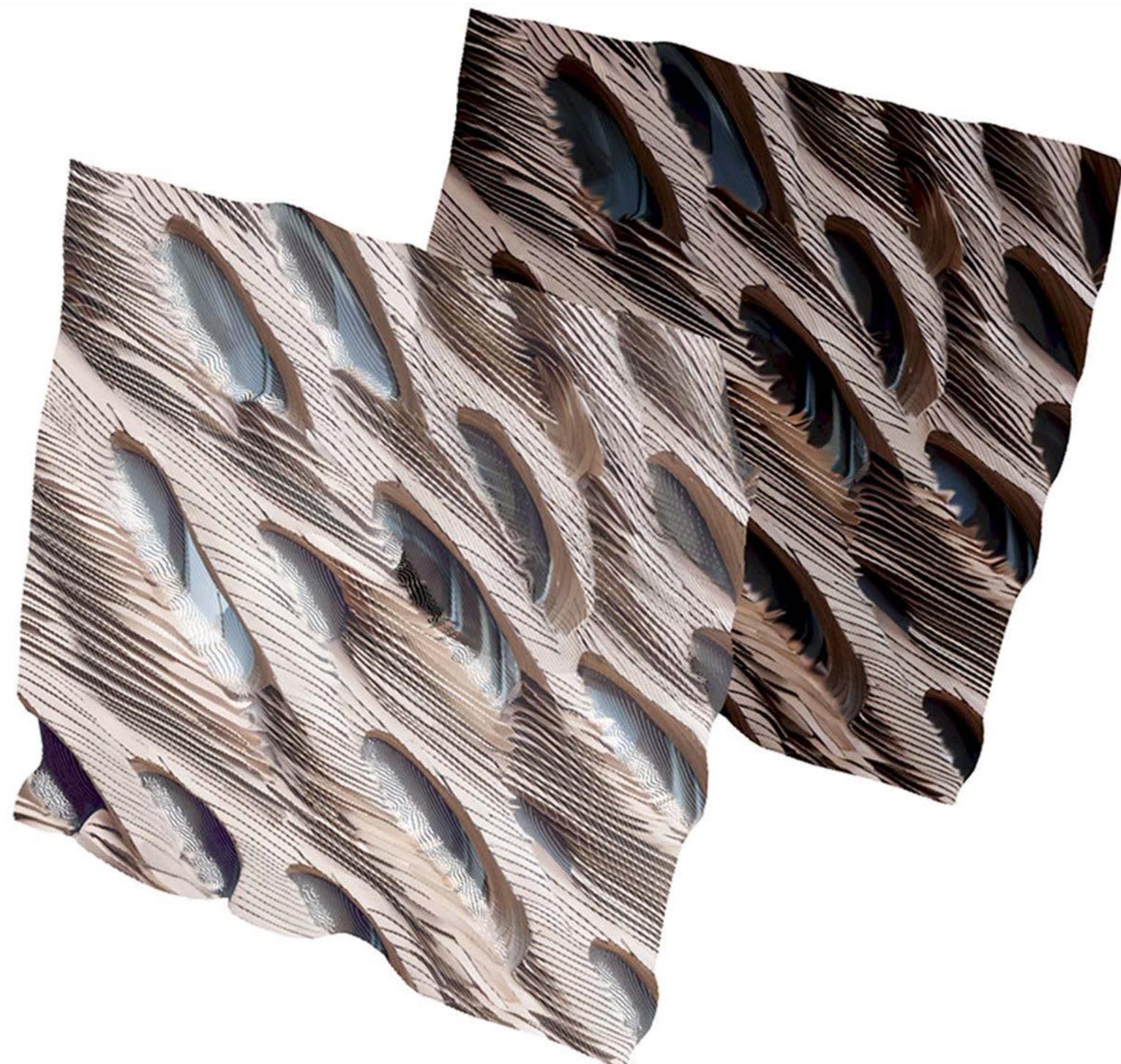
Resumen de las etapas metodológicas:

- A Exploración Inicial de diseño: Se generan patrones 2D en *Processing* y *Grasshopper*, utilizando algoritmos de CA basados en *Langton Ant* con modificaciones para la creación de patrones de Clase 4. Este proceso establece una base geométrica rica para las etapas de refinamiento posteriores;
- B Integración de IA: Los modelos de difusión de IA reinterpretan los patrones de CA, expandiendo las posibilidades de diseño y condicionando los resultados hacia configuraciones bio-inspiradas y de alta complejidad;
- C Traducción a modelos 3D: A través de tecnologías de mapas de profundidad en *Grasshopper*, los patrones 2D se convierten en modelos 3D, que luego son optimizados en *Autodesk Fusion* para asegurar viabilidad estructural y precisión arquitectónica, ilustrado en la Figura 3.

Este enfoque metodológico permite una sinergia única entre los CA, IA y las tecnologías de fabricación digital, estableciendo un marco de trabajo innovador y adaptable a diferentes contextos arquitectónicos independiente de los recursos disponibles.

#### 4 Experimentos digitales y resultados

Aplicando algoritmos de CA en los entornos de *Processing* y *Grasshopper*, se generaron patrones 2D iniciales como el primer paso de este experimento, los cuales sirven como base para desarrollar geometrías más complejas. Estos patrones, regidos por simples reglas locales, evolucionan hacia formas intrincadas que pueden adaptarse a diversas necesidades arquitectónicas. La naturaleza iterativa de los CA permite un refinamiento continuo de estos patrones, como se indica en la Figura 4.



34

**Fig. 3:** Traducción de modelo 3D de CA a imágenes generadas por IA, utilizando un nodo personalizado de Processing basado en datos de mapas de profundidad. Los resultados se guardan como nube de puntos y como archivo OBJ para Rhino. Fuente: Autor, 2024

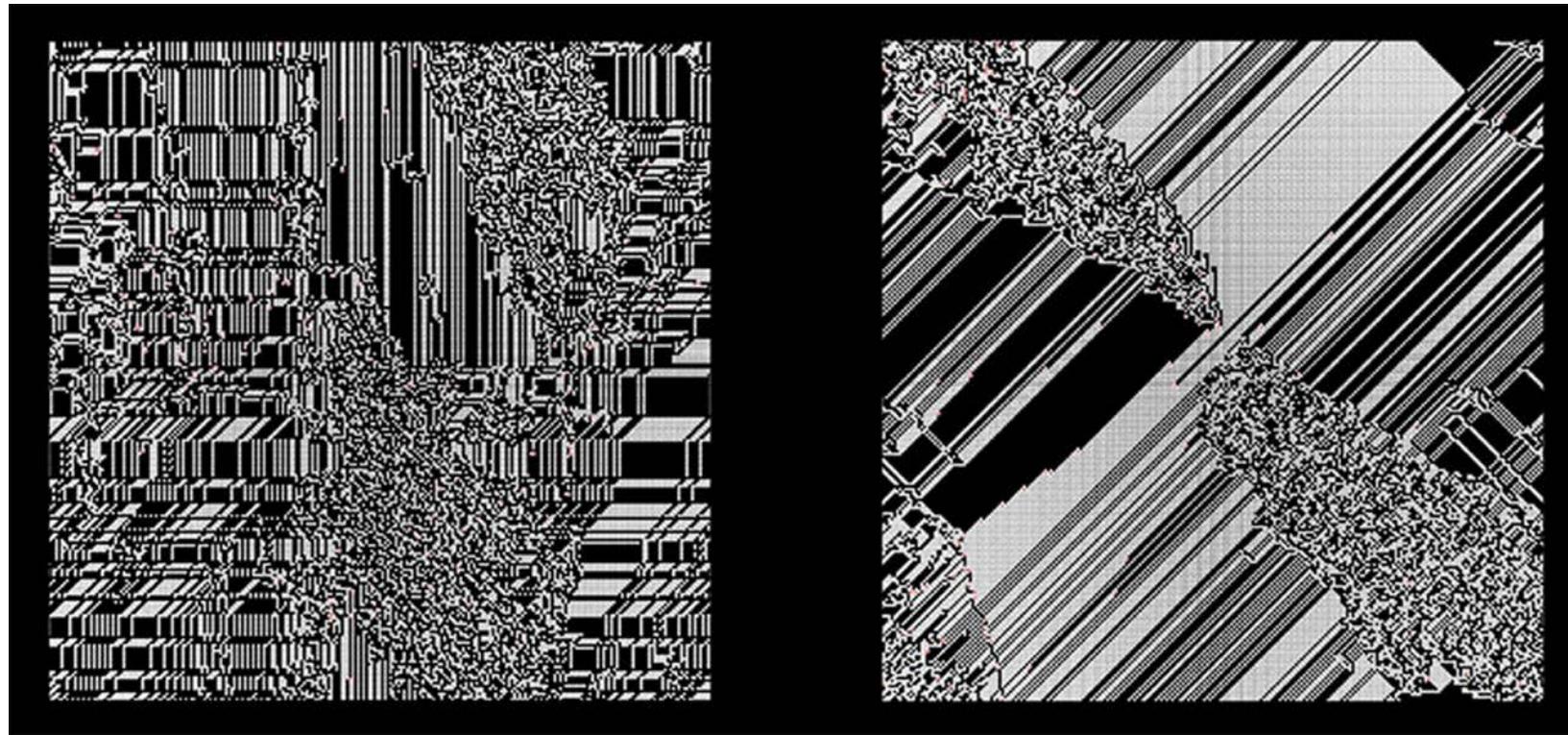


Fig. 4: Patrones generados por CA como primer paso en este flujo de trabajo. Fuente: Autor, 2024

**Paso 1:** El primer paso en este flujo de trabajo consistió en la generación de patrones 2D, utilizando algoritmos de Autómatas Celulares (CA) dentro de los entornos de *Processing* y *Grasshopper*. Los patrones iniciales, gobernados por reglas locales simples, fueron desarrollados a partir de algoritmos basados en el modelo de *Langton Ant*, que fueron personalizados mediante modificaciones en las reglas de repetición para generar patrones de Clase 4, según la clasificación de Wolfram. Esta clase de patrones permite una alta adaptabilidad y complejidad, lo cual resulta crucial para aplicaciones en arquitectura donde se buscan configuraciones funcionales y estéticamente únicas. Los patrones resultantes fueron exportados en formato .txt, con coordenadas x, y, z, lo cual permitió su fácil importación y manipulación en *Grasshopper*. Una ventaja importante del uso de CA es su capacidad de generar resultados con baja utilización de memoria y capacidad de procesamiento, lo que hace que este enfoque sea especialmente adecuado para entornos de recursos limitados. Esta etapa establece una base para la creación de geometrías más complejas, con potencial de adaptación a diversos tipos de necesidades arquitectónicas, desde la creación de fachadas hasta la optimización de estructuras internas.

Además, se analizan cómo estas tecnologías pueden aplicarse en entornos de recursos limitados y adaptarse a contextos locales debido a que los algoritmos de CA empleados consumen pocos recursos computacionales, siendo además fácilmente adaptables a patrones preexistentes propios de nuestra realidad local, pudiendo ser en si esto parte de un próximo trabajo. En tales entornos, la capacidad de los CA para generar configuraciones complejas a partir de reglas simples es especialmente relevante, ya que permite la exploración de soluciones de diseño que no dependen de tecnologías altamente sofisticadas o costosas (trabajo con memoria RAM no mayor a 16GB y procesos simples). Estos patrones, gobernados por principios computacionales básicos, pueden ser implementados en entornos de recursos limitados, permitiendo a los arquitectos en el Sur Global experimentar rápidamente con configuraciones arquitectónicas que respondan a las especificidades del contexto local. La naturaleza iterativa de los CA permite un refinamiento continuo de los patrones generados, lo cual es fundamental para alcanzar soluciones que no solo sean visualmente atractivas, sino también funcionales y viables en estos contextos.

**Paso 2:** El siguiente paso en los experimentos involucró la integración de modelos de difusión de Inteligencia Artificial (IA), lo cual amplió significativamente el espacio de exploración del diseño. Estos modelos de IA, particularmente los modelos de difusión, simulan la propagación de partículas o información a través de un medio, permitiendo una exploración más sofisticada de la forma y la función. Esta capacidad para explorar un amplio abanico de posibilidades de diseño es fundamental para la innovación arquitectónica, ya que permite a

los arquitectos descubrir configuraciones que podrían no ser evidentes mediante métodos tradicionales (Gilpin, 2018). A través de miles de iteraciones generadas por estos modelos de difusión, el proceso permite identificar configuraciones óptimas que equilibran la estética con el rendimiento estructural. En nuestro contexto, donde los recursos pueden ser limitados, este enfoque tiene el potencial de permitir una experimentación adaptativa, maximizando la eficiencia de los materiales y ajustando el diseño a las condiciones específicas del entorno. En este sentido, la IA se convierte en una herramienta no solo de optimización, sino también de exploración creativa, que posibilita adaptaciones específicas a las necesidades locales, promoviendo así prácticas de diseño descoloniales y sostenibles.

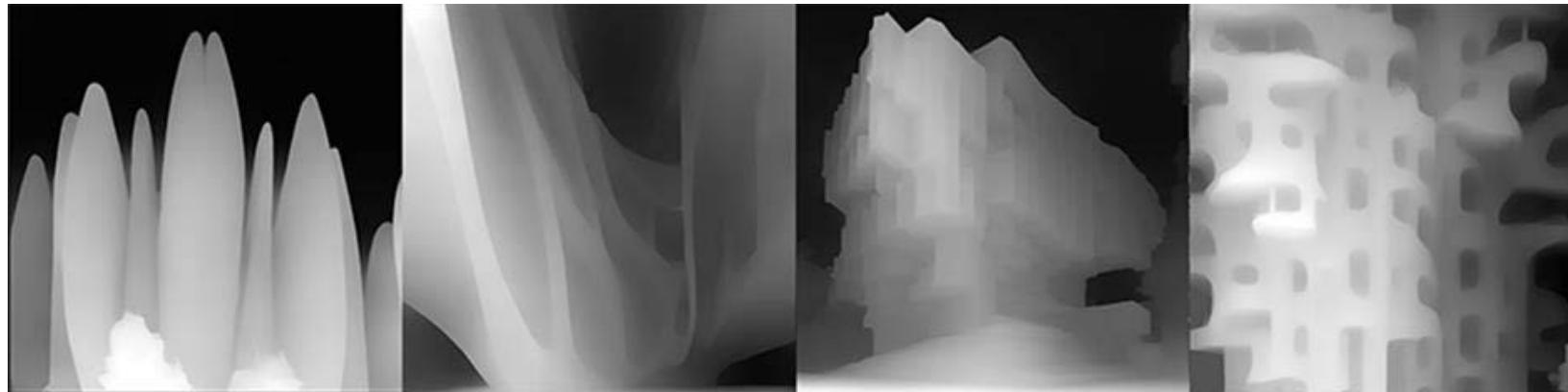
Los modelos de difusión de IA facilitaron también la exploración de diversos escenarios de diseño, incluyendo el impacto de diferentes materiales y condiciones contextuales diversas. La aplicación de tecnologías de mapas de profundidad en la traducción de estos diseños a 3D resulta fundamental para realizar formas arquitectónicas complejas que puedan responder a requisitos posteriores de análisis espacial y de performance material. Los mapas de profundidad, que representan la distancia entre superficies en un espacio 3D, son esenciales para convertir los patrones generados por CA e IA en estructuras tridimensionales detalladas y precisas. Este proceso de traducción es crucial para cerrar la brecha entre los diseños conceptuales y su viabilidad de fabricación real, permitiendo la creación de estructuras que son no solo visualmente atractivas, sino también estructuralmente sólidas y económicamente viables en contextos de recursos limitados, como se indica en la Figura 5.



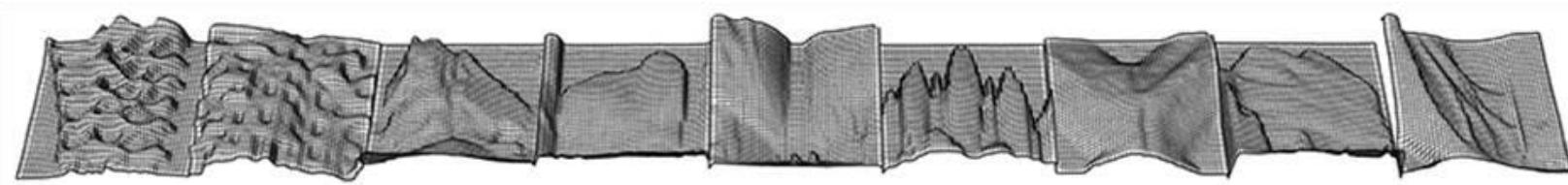
36

**Fig. 5:** Conjunto de variaciones de un patrón de CA hacia la búsqueda de una posible solución arquitectónica-estructural. Fuente: Autor, 2024

**Paso 3:** La aplicación de tecnologías de mapas de profundidad resultó ser un componente crítico en la traducción de los patrones 2D generados por CA e IA en modelos 3D, detallados dentro de *Grasshopper*. Los mapas de profundidad, que representan la distancia entre superficies en un espacio tridimensional, permitieron un control preciso sobre la forma final del modelo 3D. Este control es esencial para garantizar que los modelos arquitectónicos no solo sean estéticamente atractivos, sino también estructuralmente sólidos y fabricables. En los experimentos, se generaron mapas de profundidad para traducir los patrones 2D de CA en modelos 3D detallados dentro de *Grasshopper*, como se muestra en la Figura 6. La Figura 7 muestra como la tecnología de mapas de profundidad permitió un control preciso sobre la forma tridimensional, lo que permitió la creación de modelos arquitectónicos altamente detallados y precisos. El uso de mapas de profundidad también facilitó la integración de geometrías complejas en el diseño general del edificio. Al representar con precisión las relaciones espaciales y las interacciones entre diferentes elementos estructurales, los mapas de profundidad garantizaron que los diseños finales no solo fueran estéticamente innovadores, sino también estructuralmente viables (Christen & Del Fabbro, 2019).



**Fig. 6:** Conjunto de variaciones de mapas de profundidad a partir de un patrón de CA, hacia la búsqueda de una posible solución arquitectónica. Fuente: Autor, 2024



**Fig. 7:** Conjunto de traducciones de mapas de profundidad con diferentes densidades a *Rhinoceros* como paso previo hacia la traducción final en 3D. Fuente: Autor, 2024

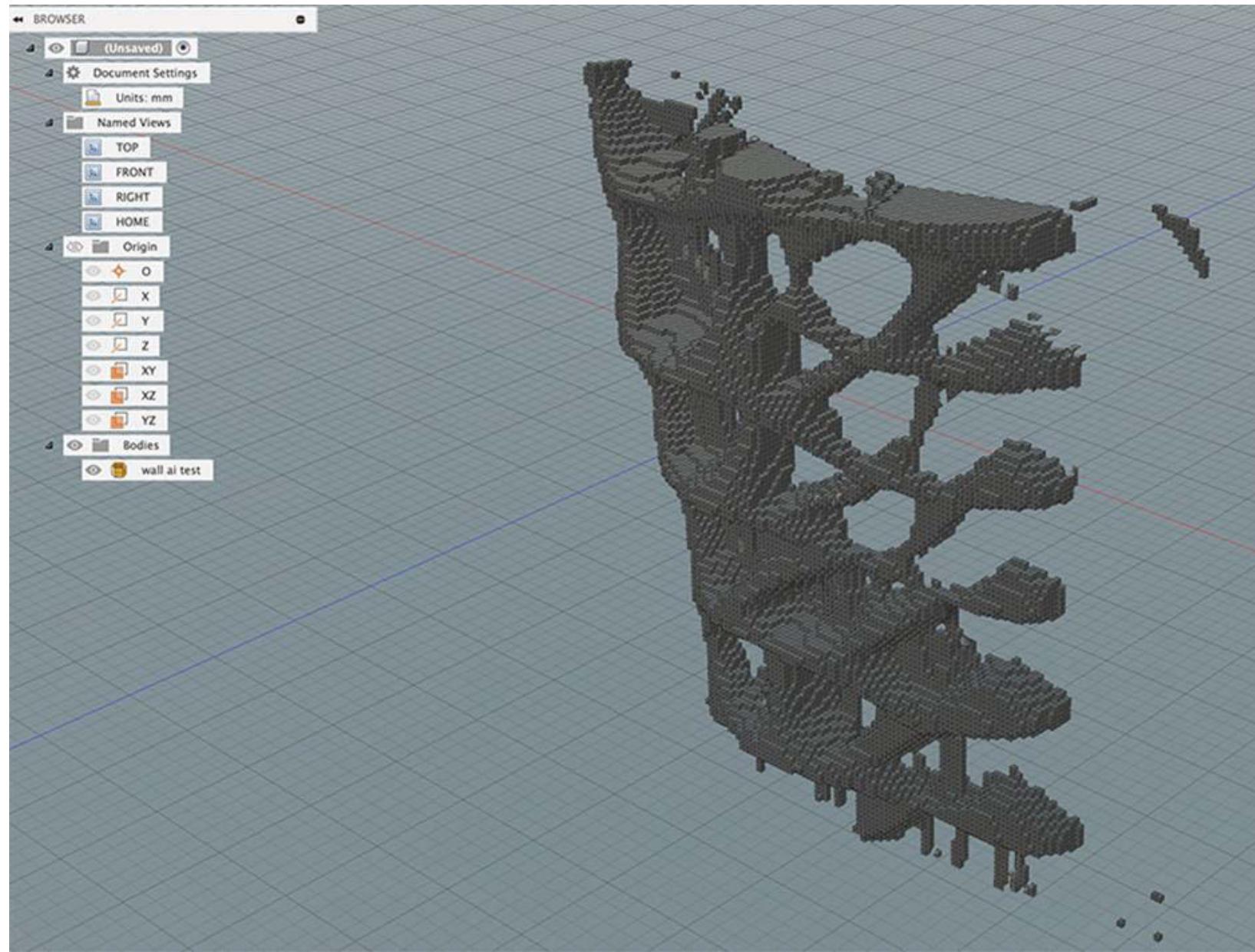
**Paso 4:** Los modelos 3D generados mediante Autómatas Celulares (CA), Inteligencia Artificial (IA) y mapas de profundidad fueron luego refinados y analizados utilizando *Autodesk Fusion*, una herramienta avanzada que permite realizar evaluaciones precisas de viabilidad estructural como paso final del proceso. En esta etapa, *Autodesk Fusion* proporciona una plataforma robusta para evaluar la integridad estructural de los diseños arquitectónicos, permitiendo a los diseñadores identificar y corregir posibles debilidades en la estructura antes de proceder a la fase de fabricación. Este análisis es fundamental para asegurar que las configuraciones arquitectónicas propuestas no solo sean visualmente atractivas y conceptualmente innovadoras, sino también capaces de soportar las cargas y condiciones que enfrentarán en entornos reales.

Durante este proceso de refinamiento, se evaluaron aspectos como la distribución de cargas, la resistencia de materiales y la estabilidad general del modelo. La simulación en *Autodesk Fusion* ilustrada en la Figura 8 permitió realizar ajustes iterativos para optimizar el modelo, modificando parámetros estructurales y mejorando la eficiencia del diseño en términos de uso de materiales y resistencia. Este enfoque iterativo asegura que el modelo final esté listo para su implementación en la fase de fabricación, minimizando riesgos y garantizando que el diseño cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento requeridos en la práctica arquitectónica.

Si bien el trabajo con *Autodesk Fusion* tiende a realizarse bajo un entorno académico, donde el costo de esta herramienta es absorbido por licencias educativas, esta dependencia representa una limitante en el ámbito de la investigación, especialmente al considerar su aplicabilidad en contextos fuera del entorno académico. En futuras investigaciones, se propone la implementación de *Rhinoceros* y *Grasshopper* como alternativas viables, simulando los procesos de evaluación estructural que actualmente se realizan en la plataforma de *Autodesk*. Este enfoque permitiría un acceso más amplio a las técnicas desarrolladas en esta investigación, facilitando su adopción en contextos profesionales y en regiones donde el acceso a *Autodesk Fusion* puede ser limitado por restricciones económicas.

La tecnología de mapas de profundidad jugó un papel crucial en este proceso, facilitando la conversión de patrones 2D generados en etapas previas en geometrías 3D detalladas que luego se integraron en un flujo de trabajo de impresión y fabricación 3D. Esta transición de patrones planos a estructuras tridimensionales permite a los arquitectos y diseñadores explorar configuraciones complejas y probar su viabilidad estructural en un entorno digital antes de la fabricación física. Los resultados de este proceso de evaluación y optimización demostraron no solo la factibilidad del diseño, sino también su integridad estructural y su singularidad visual, destacando cómo la integración de CA, IA y

fabricación digital puede producir soluciones arquitectónicas innovadoras y adaptadas a las demandas actuales de sostenibilidad y eficiencia estructural (Fernández González, 2023b).



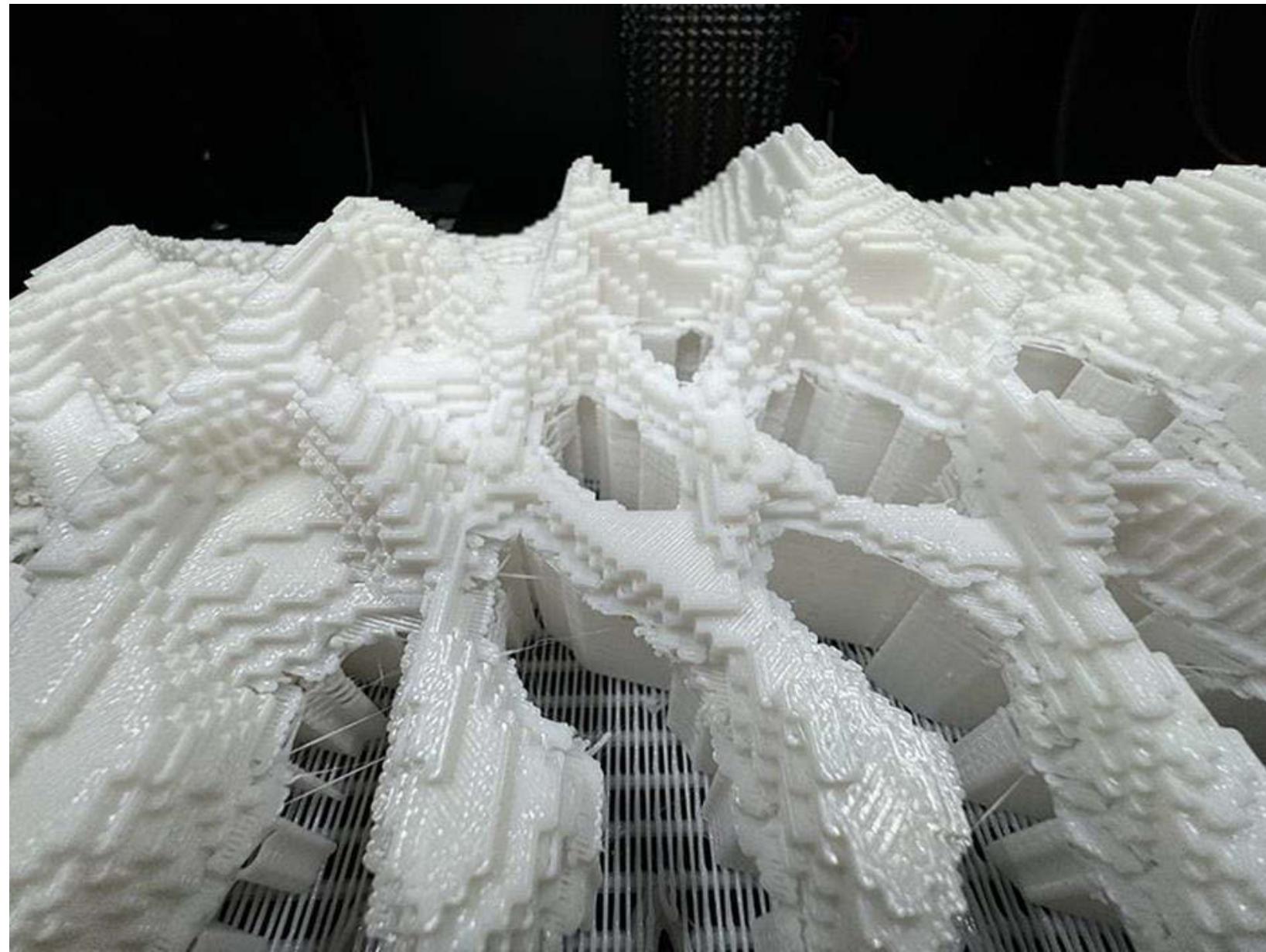
38

Fig. 8: Autodesk Fusion continuidad discreta del modelo 3D. Fuente: Autor, 2024.

Finalmente, los modelos 3D refinados fueron integrados en un proceso de fabricación digital mediante técnicas de impresión 3D por deposición de filamento *PLA*, lo que permitió materializar las complejas geometrías desarrolladas en etapas previas. Un paso clave en esta etapa fue el proceso de discretización de la forma en *Autodesk Fusion*, que simplificó las estructuras en componentes modulares y consistentes. Esta discretización no solo facilita la impresión 3D al crear geometrías adaptadas al proceso de fabricación, sino que también reduce significativamente la necesidad de soportes adicionales, optimizando así el tiempo y los recursos empleados en la impresión. Al minimizar el uso de soportes, el modelo resultante no solo es más eficiente en términos de material, sino también en calidad, al evitar posibles imperfecciones causadas por el uso excesivo de soporte en estructuras complejas.

La fase de fabricación, demostrada en la Figura 9, no solo validó la factibilidad del diseño, sino que también destacó su singularidad visual y la integridad estructural de los modelos creados. Las impresiones 3D, como la que se muestra en la imagen de referencia, capturan la precisión de los patrones generados mediante Autómatas Celulares (CA) y Inteligencia Artificial (IA), demostrando cómo estas tecnologías pueden producir estructuras detalladas y visualmente impactantes que mantienen su consistencia durante la impresión.

Los resultados obtenidos demuestran que la combinación de CA, IA y fabricación digital ofrece un enfoque innovador y eficiente para el diseño arquitectónico, capaz de producir estructuras que son tanto estéticamente atractivas como estructuralmente sólidas. La implementación de la discretización y la reducción de soportes permite una exploración de formas bio-inspiradas optimizadas para impresión, lo cual resulta en modelos sostenibles y resistentes que responden a las exigencias contemporáneas de la arquitectura.



39

**Fig. 9:** Modelo 3D discreto impreso en 3D. Fuente: Autor, 2024.

## 5 Consideraciones finales

El presente estudio demuestra que la integración de Autómatas Celulares (CA), Inteligencia Artificial (IA) y fabricación digital en un flujo de trabajo coherente ofrece un enfoque innovador y robusto para el diseño arquitectónico. Este proceso permite una exploración enriquecida de formas, espacios y estructuras, facilitando la creación de diseños complejos que mantienen su consistencia durante la fabricación. En particular, el uso de CA para la generación de patrones complejos, en combinación con IA para la optimización de geometrías, proporciona un método adaptable y eficiente que responde a las demandas de sostenibilidad y estética en la arquitectura contemporánea. Además, la discretización de los modelos en *Autodesk Fusion* permite simplificar las formas para su impresión 3D, reduciendo la necesidad de soportes y optimizando los recursos, lo cual es especialmente relevante en contextos de recursos limitados.

La aplicación de este flujo de trabajo en contextos del Sur Global abre nuevas posibilidades para el diseño arquitectónico en regiones con limitaciones de infraestructura y acceso a tecnología avanzada. La capacidad de CA para generar resultados con baja utilización de memoria y capacidad de procesamiento hace que esta metodología sea viable en estos entornos, permitiendo que arquitectos y diseñadores experimenten con soluciones innovadoras que respondan a las particularidades de sus contextos locales. Este enfoque fomenta prácticas de diseño descoloniales, ofreciendo un camino para adaptar tecnologías avanzadas de manera que sean accesibles y relevantes para el Sur Global. Así, este flujo de trabajo se convierte en una herramienta para democratizar el acceso a métodos de diseño avanzados, promoviendo una arquitectura más inclusiva y contextualmente adecuada.

En términos de pasos futuros, se plantea la exploración de *Rhinoceros* y *Grasshopper* como alternativas a *Autodesk Fusion* para la simulación y evaluación estructural, lo cual podría ampliar la aplicabilidad de este enfoque en entornos fuera del ámbito académico, donde las licencias educativas de *Autodesk Fusion* no están disponibles. Además, futuras investigaciones podrían centrarse en el desarrollo de algoritmos de IA más avanzados que permitan una mayor adaptabilidad y personalización en el proceso de diseño, optimizando aún más los modelos generados mediante CA para responder a las condiciones específicas de materiales y cargas estructurales en cada proyecto.

Los resultados de este estudio sugieren que la combinación de CA, IA y fabricación digital no solo enriquece el proceso de exploración formal, espacial y estructural, sino que también ofrece un marco de trabajo consistente que facilita la creación de estructuras arquitectónicas viables. Este flujo de trabajo permite a los arquitectos y diseñadores del Sur Global superar barreras de acceso y explorar nuevas formas de diseño que son tanto estéticamente innovadoras como funcionalmente sólidas, aportando al desarrollo de una arquitectura que responda a las necesidades y desafíos contemporáneos de manera sostenible y eficiente.

## Referencias

- Ball, P. (2011). *Shapes: Nature's patterns: A tapestry in three parts*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Batty, M. (2007). *Cities and complexity: Understanding cities with cellular automata, agent-based models, and fractals*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Beigy, H., & Meybodi, M. R. (2004). A mathematical framework for cellular learning automata. *Advances in Complex Systems*, 7(3), 295–319. <https://doi.org/10.1142/S0219525904000202>
- Beigy, H., & Meybodi, M. R. (2006). Utilizing distributed learning automata to solve stochastic shortest path problems. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14(5), 591–615. <https://doi.org/10.1142/S0218488506004217>
- Beigy, H., & Meybodi, M. R. (2007). Open synchronous cellular learning automata. *Advances in Complex Systems*, 10(4), 527–556. <https://doi.org/10.1142/S0219525907001413>
- Beigy, H., & Meybodi, M. R. (2008). Asynchronous cellular learning automata. *Automatica*, 44(6), 1350–1357. <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2007.11.018>
- Beigy, H., & Meybodi, M. R. (2010). Cellular learning automata with multiple learning automata in each cell and its applications. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 40(1), 54–65. <https://doi.org/10.1109/TSMCB.2009.2030786>
- Berlekamp, E. R., Conway, J. H., & Guy, R. K. (1982). *Winning ways for your mathematical plays*. Academic Press.
- Betka, A., Terki, N., Toumi, A., & Dahmani, H. (2020). Grey wolf optimizer-based learning automata for solving block matching problem. *Signal, Image and Video Processing*, 14(2), 285–293. <https://doi.org/10.1007/s11760-019-01554-w>
- Christen, P., & Del Fabbro, O. (2019). Cybernetical concepts for cellular automaton and artificial neural network modelling and implementation. *Proceedings. 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC)*, 4124–4130. <https://doi.org/10.1109/SMC.2019.8913839>
- Fernández González, A. (2023a). *A neo-postnatural high resolution aesthetic by cellular architecture*. Blucher Design Proceedings.
- Fernández González, A. (2023b). Autómata celular. ¿Un nuevo modelo de diseño participativo? *AREA - Agenda de Reflexión en Arquitectura, Diseño y Urbanismo*, 29(2), 1–12.

- Gilpin, W. (2018). *Cellular automata as convolutional neural networks*. arXiv preprint arXiv:1809.02942.
- Glover, T. E., Lind, P., Yazidi, A., Osipov, E., & Nichele, S. (2021). The dynamical landscape of reservoir computing with elementary cellular automata. In *ALIFE 2021: The 2021 Conference on Artificial Life*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Kolarevic, B., & Malkawi, A. M. (2005). *Performative architecture: Beyond instrumentality*. London: Spon Press.
- Mitchell, M. (2009). *Complexity: A guided tour*. Cambridge, MA: Oxford University Press.
- Oxman, R. (2017). *Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking*. 52 4–39. Design Studies. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2017.06.001>

**E QUANDO A SMART CITY TRAVA?**  
**WHAT HAPPENS WHEN THE SMART CITY CRASHES?**  
**VINÍCIUS LOPACINSK**

Vinícius Carvalho Lopacinski é Arquiteto e Urbanista e mestrando no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP). Investiga as relações entre tecnologia, vigilância e cultura urbana. [vclopacinski@usp.br](mailto:vclopacinski@usp.br)  
<https://lattes.cnpq.br/4197100871859516>

## Resumo

Tendo como ponto de partida a fotografia de uma sinalização de trânsito que apresenta erro em seu funcionamento, o artigo visa discutir o agenciamento entre a conceituação das Smart Cities e os impactos derivados da utilização de tecnologias avançadas de vigilância e controle nos espaços urbanos, problematizando a falha do sistema e as suas consequências na vida do cidadão. O texto aborda as especificidades enfrentadas na implementação das Smart Cities no Sul Global, considerando a operação de novas formas de colonialismo e de um novo formato de capitalismo, baseado no mercado dos dados. Sediados, principalmente, no Norte Global, esses modelos são capazes de deformar as relações entre os indivíduos e destes com o mundo e as cidades, explicitando os seus impactos no aprofundamento de tensões socioeconômicas e culturais. O texto apresenta o Smart Sampa, projeto lastreado pela conceituação das Smart Cities em implementação na cidade de São Paulo, como forma de elucidar a complexidade dos programas que prometem gerir as cidades através de labirínticas redes digitais, que integram de câmeras de videovigilância a serviços governamentais, em uma única plataforma. Como forma de privilegiar as diversas produções do conhecimento, adotou-se, como método, a articulação não-hierarquizada e transversal entre objeto empírico e bibliografia, a fim de promover o debate acerca dos mitos da infalibilidade e neutralidade dessas tecnologias de controle. O artigo é um exercício de investigação dos conceitos, abordagens e possíveis brechas no arranjo das Smart Cities, que incitam ações artísticas e ativistas, com o objetivo de romper com a suposta normalidade imposta por tais tecnologias.

**Palavras-chave:** *Smart city, Capitalismo de vigilância, Datacolonialismo, Sul Global*

## 1 Introdução

Em São Paulo, no dia 4 de março de 2024, por volta das onze horas da manhã, aos olhares atentos dos que circulavam na Avenida Rebouças, não passou despercebida uma sinalização de trânsito que não atendia à sua finalidade. Posicionado de maneira estratégica, antes da descida para o túnel, o painel eletrônico, em vez de apresentar informações sobre o tráfego de veículos nas redondezas, exibia a seguinte frase: “O Windows não pôde”, conforme apresentado na Figura 1.



**Fig. 1:** Sinalização de trânsito em São Paulo. Fonte: Autor, 2024.

A partir do fato ocorrido, da imagem registrada e do imaginário que ela evoca, este artigo visa discutir a operação de tecnologias de vigilância e controle utilizadas com a finalidade de gerir os espaços urbanos, os processos e as burocracias governamentais. A investigação proposta perpassa os desdobramentos da conceituação e construção das *Smart Cities*, considerando a sua reverberação no desenvolvimento e na análise das cidades contemporâneas, estas que, por excelência, são os espaços onde acontecem embates sociais e de poder, e que estão submetidas a transformações a nível local e global (Morozov & Bria, 2019). Além disso, todo o arranjo e instrumentalização das infraestruturas urbanas está intimamente vinculado com processos relacionados à mineração de dados das redes digitais, ao colonialismo de dados e ao capitalismo de vigilância (Couldry & Mejias, 2019; Zuboff, 2020). Estes conceitos, que serão abordados adiante, explicitam as relações coloniais que insistem em perdurar e, portanto, dominar o Sul Global, a partir de estratégias que geram dependência e perda de soberania dos países dominados (Quijano, 2019).

Nos discursos simplistas, alinhados com ideais neoliberais, tecnocratas alegam que os grandes e complexos centros urbanos só podem ser bem administrados com ajuda computacional (Greenfield, 2013). Como forma de se opor a tais argumentos e com a finalidade de desenvolver uma discussão que privilegie a multiplicidade de saberes desenvolvidos sobre o tema proposto para este artigo, adotou-se, como metodologia, uma abordagem que beneficie a associação transversal e não-hierarquizada entre as diversas formas de produção de conhecimento (Rancière, 2016), possibilitando articulações entre diversas abordagens para um mesmo objeto. Para além de articular conceitos a partir de uma revisão bibliográfica, toma-se o programa Smart Sampa – projeto baseado no conceito das *Smart Cities* –, em São Paulo, como forma de elucidação das principais questões relacionadas aos impactos desse tipo de desenvolvimento imposto às cidades contemporâneas, que distorce a relação dos cidadãos entre si e destes com o meio urbano e com o mundo. A escolha do projeto deve-se o fato de ele ter sido lançado em 2023 e estar em contínua implementação desde então, permitindo acompanhar as discussões e questões mais relevantes dentro do contexto das *Smart Cities* no Sul Global e evidenciar os espaços de disputa e tensão conforme o projeto avança. Ademais, considerando que o campo da arte é prolífico para a compreensão do mundo contemporâneo, são tomadas referências literárias, do cinema e de demais produções artísticas, visando a compreensão dos conceitos abordados no artigo.

## 2 Smart Sampa e o padrão *smart* de desenvolvimento

O programa Smart Sampa<sup>1</sup>, anunciado pela Prefeitura de São Paulo, em contínua implementação desde o final de 2023, é apresentado como um conjunto de soluções consideradas inteligentes para a administração da maior metrópole brasileira. O projeto é mais um, entre tantos no Brasil e no mundo, a propor uma plataforma de gestão centralizada para os processos governamentais e sistemas de vigilância e controle dos espaços urbanos. Lastreado pela conceituação das *Smart Cities*, o vulgarizado termo *smart* – que busca imbuir de inteligência qualquer esfera da vida ou objetos do cotidiano, de escovas de dentes a aspiradores –, presente no nome da plataforma, não é utilizado de forma ingênua. Como argumentam Morozov e Bria (2019), o termo faz parte de um vocabulário contemporâneo que busca representar uma constelação de significados, ambíguos e vagos, possibilitando uma abordagem semiótica múltipla e ampla. Em resumo, a dita inteligência no contexto das cidades é observada na utilização de tecnologias avançadas, com a finalidade de melhor gerir e produzir recursos e alterar o comportamento dos cidadãos, com promessas de conectividade e segurança. O Smart Sampa está inscrito no amplo conceito trazido pelos autores.

Tratando-se de um movimento global, a instrumentalização das infraestruturas urbanas existentes de cidades já constituídas e em contínua expansão – a fim de se obter um padrão de desenvolvimento *smart* – tem seus exemplos paradigmáticos. No Brasil, o Centro de Operações do Rio (COR), na cidade do Rio de Janeiro, está em operação desde 2010 e é tido como um caso emblemático para o desenvolvimento urbano considerado inteligente. As similaridades entre o COR, o Smart Sampa e tantas outras *Smart Cities*, são evidentes. Os projetos são operados a partir da integração entre câmeras de vigilância, diversos tipos de sensores instalados no tecido urbano e bases de dados oriundas dos serviços públicos, que se integram aos programas computacionais com o objetivo de se alcançar uma gestão em tempo real das cidades que controlam. A pesquisadora Fernanda Bruno (2018), ao analisar o COR, aponta que o projeto é responsável pela extração e tratamento de uma grande quantidade de dados, impossibilitando qualquer tipo de negociação (*rectius*: consentimento para o tratamento dos dados pessoais) entre cidadão e sistema. Operado a partir de algoritmos, tal tipo de gestão é capaz de alterar a experiência do indivíduo na cidade, como, por exemplo, uma sinalização de trânsito que, baseada nas informações e dados tratados, pode indicar um caminho a ser

<sup>1</sup> As informações acerca do funcionamento e implementação do programa Smart Sampa se baseou no Termo de Referência publicado no contexto do edital de contratação da implantação da plataforma (Prefeitura do Município de São Paulo, 2022).

seguido ou evitado pelos condutores de veículos. Além disso, como observa Greenfield (2013), as informações geradas pelo COR podem ter sido utilizadas na execução de despejos forçados em favelas do Rio de Janeiro, apontando para questionáveis usos em relação a populações marginalizadas, no contexto de movimentos autoritários comuns à realidade do hemisfério sul.

Um ponto a se atentar refere-se à forma como esse padrão de desenvolvimento urbano é implementado no Sul Global. Como aponta Iara Schiavi (2021), a conceituação das *Smart Cities* não respeita os constituintes do espaço urbano, em suas dimensões culturais e sociais, e é desenvolvida de forma genérica. De maneira mais específica, este tipo de projeto é encabeçado pelo poder público em associação essencial com entes privados, representados, principalmente, por gigantes da indústria de tecnologia e dados. No Rio de Janeiro, o COR foi implementado com investimento da Prefeitura e em parceria com a IBM, conhecida por operar soluções de policiamento e prevenção de delitos em tempo real em cidades como Atlanta e Chicago (Morozov & Bria, 2019). No caso do Smart Sampa, em São Paulo, a Prefeitura subcontratou, por meio de edital, o Consórcio Smart City SP, representado por empresas de diversos setores, com destaque à Camerite que, conjuntamente com a Microsoft, desenvolve soluções de monitoramento de cidades através de Inteligência Artificial e câmeras de vigilância integradas, como consta no website da instituição (Camerite, s. d.).

As análises de projetos de *Smart Cities* devem considerar, indiscutivelmente, que a conceituação desse modelo de gestão urbana está subjugada a formações socioeconômicas e geopolíticas que partem do Norte Global e têm seu desenvolvimento lastreado por ideais neoliberais (Morozov & Bria, 2019). Existe uma evidente relação colonial, ao se observar que as empresas que atuam em parcerias público-privadas no Sul Global estão localizadas, geopoliticamente, nos países do Norte Global, que foram e ainda são considerados colonizadores. As tecnologias utilizadas nas *Smart Cities* do Sul Global são desenvolvidas em resposta a questões urbanas do Norte Global (Schiavi, 2021), firmando relações de dependência e reafirmando estruturas de poder. Como argumenta Aníbal Quijano (2019), todas estas estruturas estão subjugadas à teoria da superioridade europeia, que se tornou uma aspiração para os países dominados. Esta ideia faz com que tais meios de dominação sejam importados de forma acrítica pelos países do Sul Global, como se eles pudessem, dessa forma, participar do poder colonial, em uma evolução para novas formas de colonialismo.

### 3 Contexto, conceitos e impactos

O conto *Minority Report*, de Philip K. Dick (2002), com versão cinematográfica homônima, é seminal na problematização dos possíveis impactos que a utilização de sistemas avançados de vigilância e controle, tidos como solução para a criminalidade nas cidades e característicos das *Smart Cities*, podem causar nas sociedades. No enredo, o chefe da instituição, que opera sistemas preditivos baseados na extração e tratamento de dados dos cidadãos, ao se ver indiciado como autor de um delito no futuro, questiona-se sobre a infalibilidade dessas tecnologias e os limites da privacidade e do livre-arbítrio. Além disso, o ensaio literário ajuda a contextualizar as tecnologias que podem ser utilizadas para operar os sistemas de controle e vigilância, tratamento e extração de dados nas cidades, assim como o proposto pelas *Smart Cities*.

No contexto da segurança urbana, prevenção e solução de crimes, nenhuma outra tecnologia de vigilância tem causado tanta preocupação quanto as câmeras dotadas de reconhecimento facial, instaladas em espaços públicos, principal proposta do Smart Sampa, e elemental na conceituação das *Smart Cities*. O programa segue a tendência internacional de ampliar a utilização de leitores biométricos, mesmo que esta ferramenta seja altamente criticada. A Access Now (2021), organização que defende os direitos humanos nas redes digitais, em associação com outras instituições que fomentam o debate em torno das tecnologias de reconhecimento facial, publicou uma carta aberta em prol do banimento global desses sistemas em espaços públicos e naqueles em que não seja possível evitar a vigilância. Para a coalisão, a utilização desta tecnologia é incompatível com os direitos humanos e a liberdade, por violar a privacidade, dar causa à discriminação, suprimir liberdades e operar sem transparência ou consentimento. Em diversos países e cidades do Norte Global, a utilização de sistemas de reconhecimento facial em espaços públicos é proibida ou funciona sob legislações muito rígidas. Enquanto isso, no caso brasileiro, a legislação não demonstra estratégias eficazes para a regulamentação do uso desta tecnologia (Branco, 2022).

O pesquisador e ativista Tarcízio Silva (2022) afirma que, frequentemente vistas e vendidas como neutras, as tecnologias são políticas e constituem reflexos técnicos da discriminação e racismo existentes nas sociedades. O autor argumenta que essas tecnologias e os imaginários sociotécnicos são desenvolvidos sob a lógica do privilégio branco, resultando em uma distribuição desigual de conhecimento, recursos e violência contra grupos não-brancos, reafirmando os argumentos de Quijano (2019). Os bancos de dados enviesados –

construídos dentro de um padrão hegemônico de características físicas –, pelos quais o reconhecimento facial é articulado para identificar determinado indivíduo, gera graves erros no reconhecimento de pessoas negras. Este é o resultado do desenvolvimento tecnológico associado ao racismo estrutural (Silva, 2022).

Porém, as discussões sobre as *Smart Cities* não se encerram na abordagem da videovigilância e na promessa de promoção da segurança urbana. Assim como apontado no edital de concessão e implementação do programa Smart Sampa, a intenção deste tipo de projeto é que o maior número de serviços e bancos de dados, públicos e privados, sejam integrados em uma única plataforma, sendo o cruzamento de informações de diferentes áreas da vida cotidiana a estratégia que, supostamente, permitiria uma eficaz gestão dos espaços urbanos. A questão é que tal arranjo tecnológico, que tem como matéria-prima os dados compartilhados nas redes e espalhados em grandes servidores no mundo, é responsável pelo que Nick Couldry e Ulisses Mejias (2019) chamam de datacolonialismo, em analogia aos processos de dominação promovidos pelos países colonizadores, durante o mercantilismo, no século XVI. Este modelo de exploração produz riquezas a partir do processamento de grandes volumes de dados e da extração de padrões e regularidades que expressam tendências e potencialidades no campo do consumo e do desejo. Muitas vezes, grande parte das informações mineradas é extraída sem que o indivíduo relacionado a elas sequer tenha conhecimento.

O colonialismo de dados é parte fundamental de um modelo econômico, chamado por Shoshana Zuboff (2020) de capitalismo de vigilância. Extraídas por grandes empresas de tecnologia – as já citadas IBM e Microsoft e também Google, Cisco, Facebook, Amazon, entre outras –, as informações dos usuários mineradas online – muitas consideradas até então inúteis – alimentam sistemas de processamento de dados, os quais, após serem traduzidos em padrões comportamentais e de consumo, são vendidos para quem possa deles se beneficiar. Utilizadas em estratégias de *marketing* e na venda de bens de consumo e serviços, essas operações são capazes de reorganizar a ordem dos desejos e necessidades dos indivíduos e deformar as relações sociais. As redes sociais, protagonistas deste novo modelo de controle, incitam o compartilhamento de todas as faces da vida, em um misto de exibicionismo, voyerismo e espetáculo, promovendo as práticas de auto exposição e banalizando comportamentos vigilantes e de extração de dados (Bruno, 2008). Uma questão crucial dentro do contexto de datacolonialismo é que o compartilhamento de dados é o protocolo básico de funcionamento dos sistemas ligados em redes digitais, levando Clare Birchall (2017) a propor o neologismo, em inglês, *shareveillance*. Sendo assim, a produção de dados se torna contínua e inevitável, e, como consequência, “somos rastreáveis pelo que compartilhamos” (Beigelman, 2021, p. 49).

Dessa forma, é possível perceber que a vigilância não tem apenas como alvo o corpo físico que se desloca pelos espaços públicos e comete crimes. Os dados gerados por todo tipo de interação e compartilhamento *online* são passíveis de serem extraídos e utilizados com finalidades nem sempre conhecidas. A noção de panóptico, do olhar de poucos que vigiam muitos, amplamente criticada e explorada, desde a conceituação das sociedades disciplinares por Michel Foucault (2008), não representa a multiplicidade e heterogeneidade com que a vigilância pode incidir sobre os indivíduos no contexto contemporâneo. Em busca de um conceito que melhor esclareça esse tema, Bruno (2010) utiliza o termo vigilância distribuída, que trata de uma vigilância incorporada em todo tipo de dispositivo instalado nos ambientes e de uso pessoal, e que, muitas vezes, não tem a vigilância como funcionalidade primária. Ela é exercida de maneira heterogênea e descentralizada, de forma difusa, com a liquidez (Bauman & Lyon, 2013) necessária para ocupar qualquer capilar vazio da existência humana. Existe, ainda, a criação de um imaginário da colaboração por parte de todos os cidadãos, na luta por uma almejada segurança: “o olhar vigilante e o monitoramento de crime e criminosos não estão restritos a instituições de inspeção e segurança, mas a todo indivíduo com acesso à Internet” (Bruno, 2010, p. 164).

Se, nas sociedades disciplinares foucaultianas (Foucault, 2008), o exercício do poder era ensaiado e operado em espaços com relativo grau de hermetismo – prisões, sanatórios, quartéis e escolas –, Deleuze (2013) aponta que, com o desenvolvimento das tecnologias de telecomunicação e transmissão por satélite, desenvolve-se um novo tipo de poder nas denominadas sociedades de controle. É um poder que ultrapassa as limitações das instituições e do espaço físico, utilizando a instantaneidade proporcionada pelos avanços tecnológicos para exercer controle de forma extraterritorial e global. A televisão foi um dos primeiros desses instrumentos, permitindo uma conexão direta com o espectador, o cidadão controlado, que é continuamente bombardeado por propagandas que moldam novos padrões de consumo e por informações que distorcem a relação entre o indivíduo e o mundo, servindo a interesses imperialistas e colonialistas.

#### 4 Problematizações

Da distopia ao cotidiano, o Smart Sampa, o COR e a conceituação das *Smart Cities* traduzem a utilização do poder público em prol da imposição de sistemas de segurança, vigilância e controle, sediados e operados por empresas do Norte Global, que estão indiferentes à discussão sobre o valor da privacidade ou a todos os desvios – notadamente no que diz respeito às especificidades do contexto do Sul Global – já apontados pela doutrina. Consequentemente, estes sistemas silenciam lutas e ampliam a opressão do Estado contra populações vulneráveis. A discussão indica que o uso dos dados derivados desse arranjo de controle é mais um propulsor na ampliação e consolidação das *big techs*<sup>2</sup> como as verdadeiras gestoras das cidades, das sociedades e do comportamento humano.

O caso de Mianmar é um exemplo disso. Segundo o jornalista Max Fisher (2023), até 2013, o país do Sudeste Asiático viveu sob um regime isolacionista e proibicionista, que restringia o acesso à Internet, celulares, imprensa e visitantes estrangeiros. Com uma mudança de governo, iniciou-se uma abertura tecnológica, a partir da qual o Facebook, apoiado pelo Estado, aproveitou-se da situação para expandir sua presença, subsidiando a compra de *smartphones* e o acesso gratuito à Internet. Isto permitiu à empresa testar, como em um laboratório, seus algoritmos em uma população pouco acostumada a tecnologias de conectividade, sem considerar adequadamente os riscos desta intervenção em um país com graves conflitos étnicos e políticos. O descaso na moderação de conteúdos extremistas em um contexto tão vulnerável trouxe consequências graves. Apesar dos diversos alertas da comunidade científica o Facebook tornou-se, em pouco tempo, uma das principais fontes de (des)informação no país, e falhou em conter abusos, especialmente por falta de moderadores fluentes em birmanês, visto que, durante muito tempo, havia apenas um profissional para gerenciar todas as publicações feitas na plataforma.

Em um episódio trágico, a população foi incitada a perseguir, atacar e matar muçulmanos da marginalizada etnia Rohingya, após a divulgação de uma *fake news* que acusava dois indivíduos da etnia de estuprar uma budista. A plataforma amplificou os discursos de ódio, acirrando as tensões entre budistas e muçulmanos, levando o Mianmar ao limite de uma guerra civil. Este exemplo demonstra a completa falta de responsabilidade com a qual as empresas de tecnologia do Norte Global atuam em sociedades dominadas. São desconsideradas as complexidades e especificidades de países que já vivem com tensões internas elevadas, devido ao acirramento socioeconômico e cultural em que estes países estão envolvidos, justamente por causa da histórica interferência destruidora dos países colonizadores.

Tomando-se como exemplo o Smart Sampa em São Paulo, a maior metrópole brasileira, que já ultrapassa os onze milhões de habitantes, segundo o último censo promovido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o potencial econômico e de controle que pode ser explorado dentro do contexto de datacolonialismo e capitalismo de vigilância é significativo. É importante observar que, apesar de amplamente abordado sob a perspectiva das grandes empresas com atuação ostensiva na Internet, as instituições públicas podem, também, se beneficiar deste tipo de operação. Em 2013, Edward Snowden, ex-analista de sistemas da Agência de Segurança dos Estados Unidos, denunciou ao jornal britânico The Guardian o funcionamento de um abusivo esquema operado pelo governo norte-americano e empresas de tecnologia, em que eram monitoradas e mineradas informações de ligações de telefone, e-mails, arquivos compartilhados em nuvem e outros tipos de dados de redes sociais de cidadãos e figuras políticas de diversos países. A finalidade de tais extrações de dados segue sem explicação, mas, por serem sabidamente importantes para o governo, o fato gerou um debate acirrado sobre o direito digital, a privacidade e a governança de dados (Lyon, 2018).

No Brasil, diversos são os serviços públicos disponíveis por meio de aplicativos para celular que extraem dados dos cidadãos, como nome, e-mail, data de nascimento, endereço, CPF, RG, biometria facial e, em algumas situações, a localização do cidadão, registros de horários de operações e quais recursos foram utilizados dentro da plataforma. Muitas vezes, até mesmo dados armazenados nos aparelhos podem ser acessados por meio de autorizações que sequer fazem sentido na operação do serviço prestado (Abreu, Massaro & Lago, 2018). A preocupação é que modelos centralizadores de informações e dados, como os apresentados anteriormente, estão sujeitos a desvios e abusos (Doneda & Kanashiro, 2010). Os discursos que validam esta digitalização dos serviços públicos são, principalmente, a correlação com a proposta de inclusão social e a criação de um imaginário de um país que supera seus atrasos tecnológicos, em um desenvolvimento reflexo e acrítico na importação de modelos e tecnologias criadas no Norte Global.

O cenário apresentado pelo cineasta Ken Loach (2016), no filme *Eu, Daniel Blake*, exemplifica alguns dos possíveis desdobramentos e desafios da digitalização e terceirização de serviços governamentais. O personagem kafkiano que dá nome à película está em sua jornada

<sup>2</sup> Para melhor compreensão do contexto das empresas que operam essas tecnologias, ver Morozov (2019).

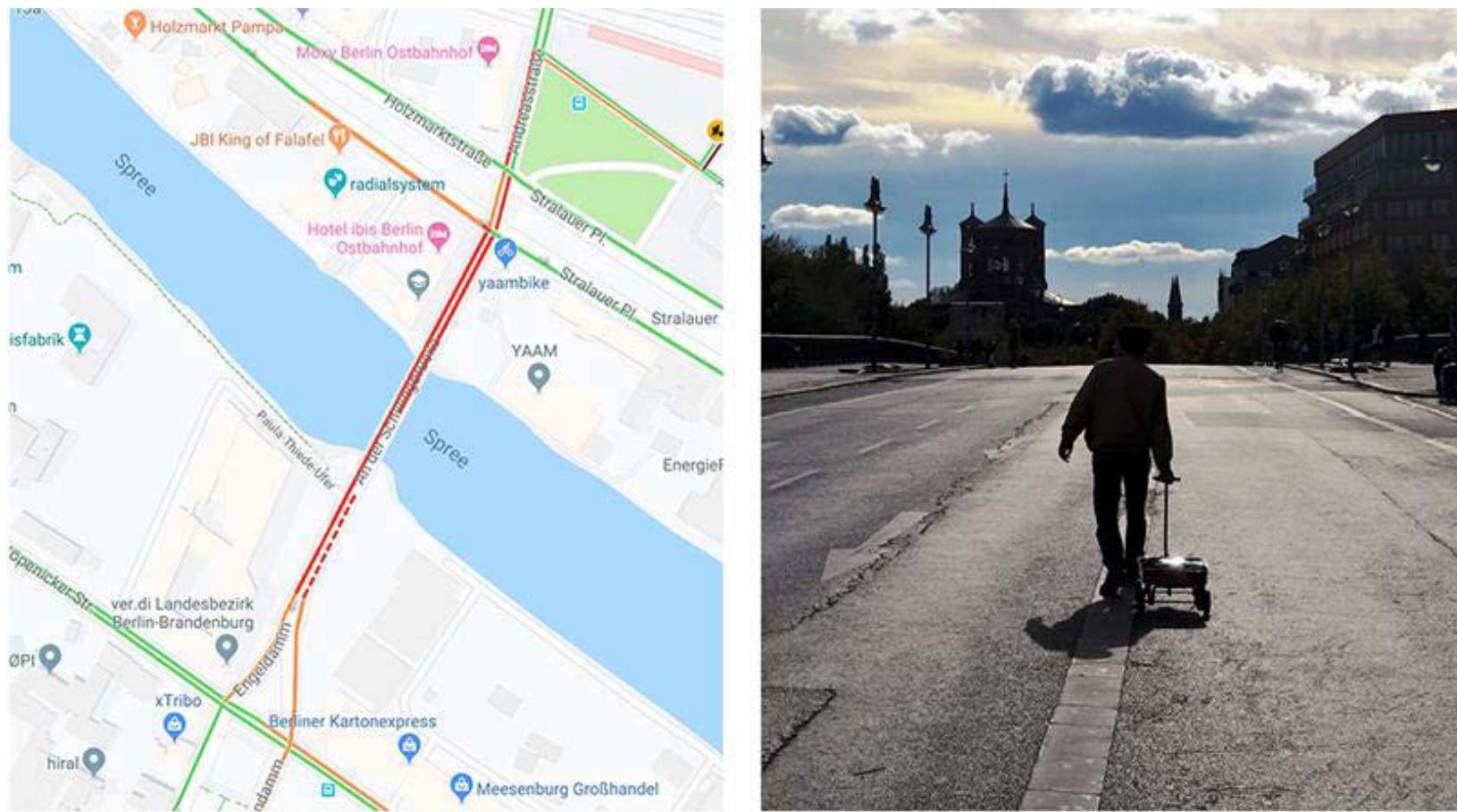
em busca do prometido seguro por invalidez, após ter sofrido um infarto que o impossibilitava de trabalhar. No mencionado contexto de parcerias público-privadas, alguns serviços públicos, incluindo aquele procurado por Daniel, foram subcontratados, exacerbando o desgaste daqueles que buscavam direitos garantidos pelo Estado. O filme levanta questões relacionadas às discrepantes assimetrias em que alguns cidadãos se encontram em relação a tecnologias impostas nas burocracias estatais. Operações consideradas simples por aqueles que se familiarizam com os aparatos e processos digitais podem ser suficientes para limitar ou dificultar o acesso a determinados serviços que, muitas vezes, são indispensáveis à garantia da dignidade e da vida do cidadão.

Os temas abordados previamente, da vigilância e segurança ao datacolonialismo, constituem um emaranhado de sistemas e serviços tecnológicos que compõem, de forma abrangente, as propostas para as *Smart Cities*. Entre todas as dificuldades e críticas, este tipo de desenvolvimento se expande. Uma questão conflitante, que dificulta a compreensão do funcionamento de uma futura cidade do Sul Global transformada em *Smart City*, é que esse modelo, imposto da forma como é conceituado e vendido pelos tecnocratas, exigiria que as cidades tivessem limites bem definidos e com ausência de ambiguidades e conflitos em suas bordas (Rozestraten, 2018), o que, definitivamente, não é o contexto das grandes e complexas cidades do Sul Global. Fato é que, apesar de extensamente criticado – seja pelo desmantelo da privacidade e da manifesta violação do direito fundamental à proteção de dados garantido pela Constituição Federal de 1988, no inciso LXXIX do seu artigo 5º, ou pela falta de comprovação da precisão dessas tecnologias em não cometerem erros e injustiças –, o projeto das *Smart Cities* segue sendo implantado sem uma resistência eficaz.

## 5 Viver na brecha

Mas, e quando a *Smart City* trava? Quais seriam os prejuízos que falhas nesses sistemas de controle poderiam causar? Retomando a frase exibida na imagem que deu origem à discussão, o que “o Windows não pôde”? É possível que as complexas cidades contemporâneas possam ser geridas como e por tecnologias desenvolvidas nos modelos do Norte Global? Seria o Windows capaz de performar eficientemente, frente a vicissitudes e idiossincrasias de uma cidade do Sul Global? Quais são as possibilidades de se romper com os padrões impostos por essas tecnologias utilizadas para gerir a cidade e sua vida social? Qual é a brecha de existência e resistência? Giselle Beiguelman (2021) aponta que, por estarem conectadas a outras redes digitais, as tecnologias exploradas anteriormente estão vulneráveis a invasões e atividades que subvertem a norma imposta por esses arranjos tecnológicos. As produções artísticas representam parte dessa investigação, sobre quais são as brechas capazes de subverter os códigos dominantes.

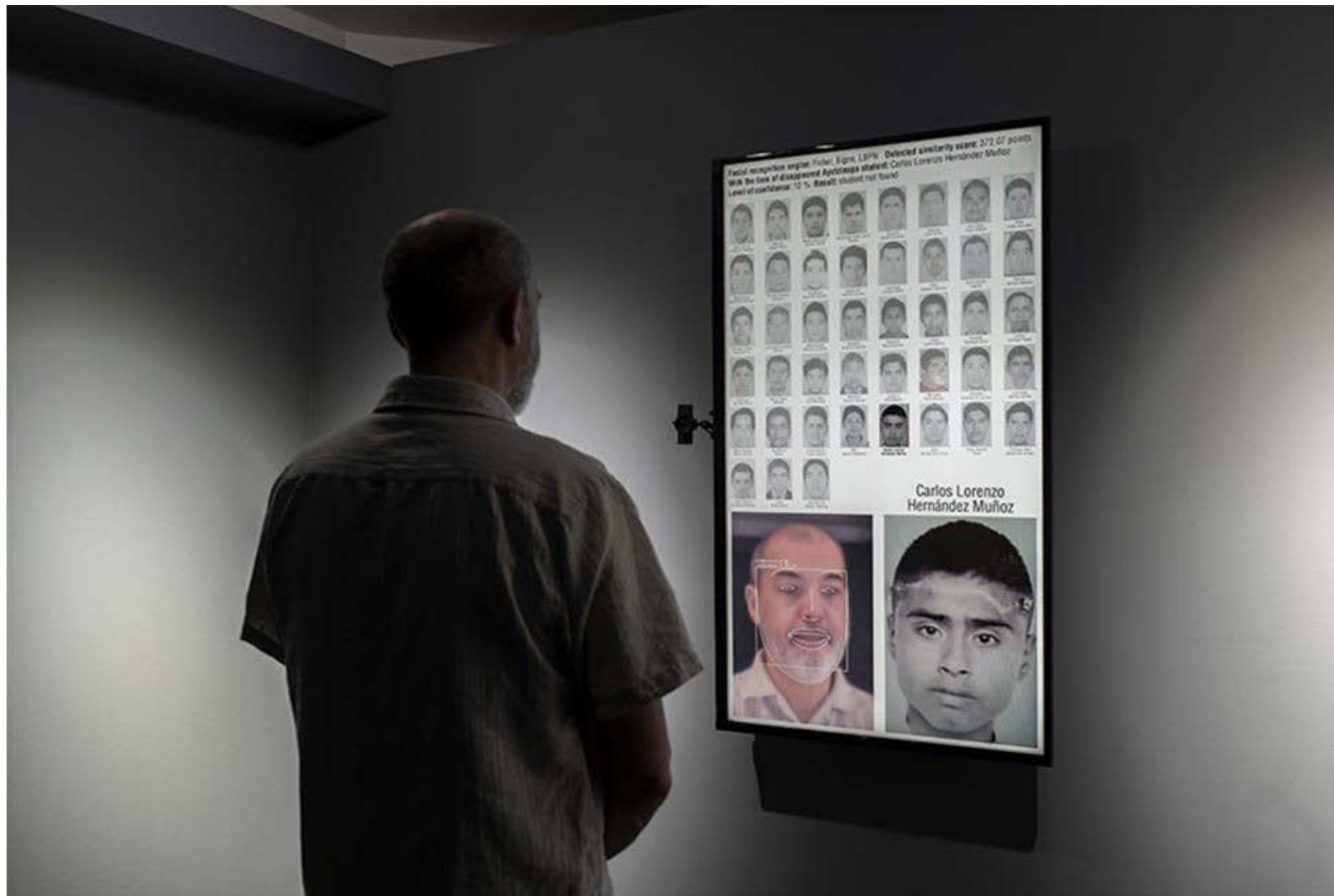
Na obra *Google Maps Hacks*, apresentada na Figura 2, Simon Weckert (2020) explora o impacto das decisões tomadas pelos algoritmos dos aplicativos de deslocamentos urbanos, que se utilizam do compartilhamento da georreferência dos usuários. Com cerca de cem celulares conectados ao Google Maps sendo transportados em um carrinho de mão, Weckert causou tumulto no aplicativo, que indicava grandes engarrafamentos nas ruas em que ele passava, mesmo elas estando vazias e sem movimento. A performance reflete sobre os potenciais desdobramentos voltados à compreensão do nível de controle imposto em ações corriqueiras do cotidiano. Mantido trancado em sua própria casa, na China, após proferir críticas ao governo chinês, Ai Weiwei (2012) inverteu os regimes de visibilidade impostos pelas câmeras que vigiavam o exterior de sua residência, instaladas pelo Estado a fim de garantir que o prisioneiro político não fugisse. O artista disponibilizou todas suas atividades diárias, por meio de vídeos em streaming na Internet, ironizando a vigilância e controle aos quais estava submetido. As imagens produzidas por ele mostravam mais do que as das câmeras do governo e poderiam ser acessadas por qualquer um, inclusive as instituições governamentais.



49

Fig. 2: Google Maps Hacks. Fonte: Simon Weckert, 2020. Disponível: [https://www.simonweckert.com/img/googlemapshacks/maps\\_13\\_2.JPG](https://www.simonweckert.com/img/googlemapshacks/maps_13_2.JPG)

Resistindo às tecnologias de reconhecimento facial, Adam Harvey (2010) e Leo Selvaggio (2014) criam máscaras ou intervenções nos rostos por meio de maquiagem, de forma a construir padrões biométricos que não podem ser identificados nem relacionados a ninguém. Esta perturbação no padrão de normalidade, presente neste tipo de trabalho, investiga a capacidade limitada que os sistemas de identificação de biometria facial apresentam, sendo facilmente enganados por estratégias que impedem a leitura correta dos pontos principais da face, necessários a uma definição precisa. No contexto do Sul Global, o artista mexicano Rafael Lozano-Hemmer (2015), na obra *Level of Confidence*, ilustrada na Figura 3, inverteu a lógica militarizada de tecnologias que buscam criminosos ou suspeitos, ao treinar sistemas que, incansavelmente, procuram os rostos de quarenta e sete estudantes desaparecidos – provavelmente mortos em uma ação que envolveu o governo, forças policiais e cartéis de droga. Os dados biométricos dos visitantes eram lidos e interpretados para mostrar com qual dos estudantes o rosto tinha mais similaridades, evidenciando a rastreabilidade e controle operados por sistemas de reconhecimento facial.



50

Fig. 3: Level of confidence. Fonte: Rafael Lozano-Hemmer, 2015. Disponível em: [https://www.lozano-hemmer.com/showimage\\_emb.php?proj=level\\_of\\_confidence&img=montreal\\_2018&idproj=295&type=artwork&id=1](https://www.lozano-hemmer.com/showimage_emb.php?proj=level_of_confidence&img=montreal_2018&idproj=295&type=artwork&id=1)

O que estes exemplos parecem comprovar é que não existe tecnologia ou sistema que não falhe ou que não esteja suscetível a intervenções externas inesperadas. O Smart Sampa, que em breve deve centralizar uma quantidade significativa de dados e informações sobre os habitantes de São Paulo, também pode ser hackeado, inclusive para fins criminosos, o que revelaria um complexo paradoxo para um programa de segurança e gestão pública. Não se pode esquecer, também, da possibilidade de manipulação nas imagens captadas, por meio de técnicas já conhecidas como *deep fake*, que poderiam acabar por incriminar inocentes ou inocentar criminosos. Para além disso, os dados sensíveis dos cidadãos estarão potencialmente expostos para quem deles puder se beneficiar. Dada a complexidade de integração de bancos de dados que formarão a plataforma, é difícil prever quais os impactos que esse tipo de intervenção criminosa poderia acarretar. É verdade, no entanto, que, enquanto algumas brechas podem ser utilizadas de forma delituosa, outras constituem possibilidades de vazão a novas maneiras de criar e democratizar o acesso às redes digitais, como forma de ativismo que busca hackear os regimes de visibilidade e controle vigentes (Beigelman, 2021). A história, porém, tem sido categórica em privilegiar sistemas hegemônicos, concretizar distopias e, consequentemente, destruir esse tipo de esperança.

## 6 Considerações finais

Os países do Sul Global lidam com problemas resultantes de outros períodos coloniais, que antecedem ao estágio de controle proposto por modelos de suposto desenvolvimento, como os das *Smart Cities* – e, portanto, do programa Smart Sampa, tomado como exemplo de um projeto em contínua implementação e que suscita reflexões e críticas. Esta instrumentalização da cidade com tecnologias de vigilância e de extração e tratamento de dados está inserida no contexto do colonialismo de dados e do capitalismo de vigilância, modelo avançado de

dominação a partir de informações localizadas nas redes digitais (Couldry & Mejias, 2019; Zuboff, 2020). A continuidade de sistemas de poder, impostos a partir de padrões de desenvolvimento, em nada se relacionam com as discrepâncias socioeconômicas e culturais presentes nas sociedades colonizadas e dominadas. Aquilo que deveria ser um paradigma para um significativo desenvolvimento das cidades do Sul Global, que poderiam ser melhor geridas em prol de avanços nos campos socioeconômico e cultural, revela uma questão conflitante, pois são exatamente tais tecnologias utilizadas para a gestão urbana que, criadas e implementadas seguindo os desafios do Norte Global, não conseguem obter resultados satisfatórios e justos nos países colonizados (Quijano, 2019; Schiavi, 2021; Branco, 2022; Fischer, 2023).

As análises críticas desenvolvidas sobre a instalação de programas de *Smart Cities* em cidades do Sul Global devem considerar que os padrões de desenvolvimento impostos não respeitam, nem valorizam a multiplicidade e especificidade locais. De maneira mais assertiva, partindo de interesses econômicos privados, este tipo de projeto não demonstra qualquer conexão com “problemas de pessoas reais do mundo real” (Morozov & Bria, 2019, p. 17). É necessário, portanto, explorar, nos diversos campos de produção de conhecimento, as possíveis brechas de existências não dominantes, em meio a um arranjo colonizador, que tenta, de qualquer forma, extinguir as heterogeneidades presentes, necessárias à construção de cidades verdadeiramente inteligentes. Como observa Beigelman (2021), a cidade não é mais apenas o foco do olhar: ela se apresenta como espaço de articulação entre territórios informacionais e físicos, onde novas relações e possibilidades de subversão são apresentadas. Na falha do Windows, vislumbram-se possibilidades de se construirem novas críticas e conhecimentos contra-hegemônicos sobre a gestão das cidades do Sul Global.

## Referências

- Abreu, J., Massaro, H. & Lago, L. (2018, maio 21). Especial: Por que se preocupar com o que o Estado faz com nossos dados pessoais? *InternetLab*. <https://internetlab.org.br/pt/noticias/especial-apps-do-governo/>
- Access Now. (2021). Carta aberta para banimento global de usos de reconhecimento facial e outros reconhecimentos biométricos remotos que permitam vigilância em massa, discriminatória e enviesada. Access Now. <https://www.accessnow.org/wp-content/uploads/2021/06/BanBS-Portuguese.pdf>
- Bauman, Z. & Lyon, D. (2013). *Vigilância líquida* (C. A. Medeiros, Trad.). Rio de Janeiro: Zahar.
- Beigelman, G. (2021). *Políticas da imagem: vigilância e resistência na dadosfera*. São Paulo: Ubu Editora.
- Birchall, C. (2017). *Shareveillance: The Dangers of Openly Sharing and Covertly Collecting Data*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Branco, S. (2022). Inovações europeias para a regulação de IA e tecnologias de reconhecimento facial: lições para o Brasil. In Duarte, D. E. & Ceia, E. M. (Orgs.). *Tecnologia, Segurança e Direitos: Os usos e riscos de sistemas de reconhecimento facial no Brasil*. (pp. 227–251). Bonn, Alemanha: Konrad Adenauer Stiftung.
- Bruno, F. (2008). Estética do Flagrante: controle e prazer nos dispositivos de vigilância contemporâneos. *Cinética*, 1–14. Rio de Janeiro.
- Bruno, F. (2010). Mapas de crime: vigilância distribuída e participação na cultura contemporânea. In Bruno, F., Kanashiro, M. & Firmino, R. (Orgs.). *Vigilância e visibilidade: espaço, tecnologia e identificação* (pp. 155–173). Porto Alegre: Sulina.
- Bruno, F. (2018). Visões maquínicas da cidade maravilhosa: do Centro de Operações à Vila Autódromo. In Bruno, F., Cardoso, B., Kanashiro, M., Guilhon, L. & Melgaço, L. (Orgs.), *Tecnopolíticas da vigilância: perspectivas da margem* (pp. 239–256). São Paulo: Boitempo.
- Camerite (s.d.). Camerite. [www.camerite.com](http://www.camerite.com)
- Couldry, N. & Mejias, U. (2019). *The costs of connection: How data is colonizing human life and appropriating it for capitalism*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Deleuze, G. (2013). *Conversações (1972–1990)* (P. P. Pelbart, Trad.). São Paulo: Editora 34.
- Dick, P. K. (2002). *Minority Report: a Nova Lei* (A. L. Borges, E. Barreiros, R. Jungmann & S. Gonçalves, Trad.). Record.

Doneda, D. & Kanashiro, M. (2010). A transformação da identificação e a construção de bancos de dados: o caso do documento único no Brasil. In Bruno, F., Kanashiro, M. & Firmino, R. (Orgs.). *Vigilância e visibilidade: espaço, tecnologia e identificação* (pp. 272–296). Porto Alegre: Sulina.

Fischer, M. (2023). *A máquina do caos* (E. Assis, Trad.). São Paulo: Todavia.

Foucault, M. (2008). *Vigiar e punir: nascimento da prisão* (R. Ramalhete, Trad.). Petrópolis, RJ: Vozes.

Greenfield, A. (2013). *Against the Smart City* (e-book). New York: Do Projects.

Harvey, A. (2010). CV Dazzle. <https://adam.harvey.studio/cvdazzle>

Koskela, H. (2010). Assista à fronteira 24/7 do seu sofá: o Programa de observação virtual da fronteira do Texas e a política do informante.

In Bruno, F., Kanashiro, M. & Firmino, R. (Orgs.). *Vigilância e visibilidade: espaço, tecnologia e identificação* (pp. 174–187). Porto Alegre: Sulina.

Loach, K. (Diretor). (2016). *Eu, Daniel Blake* [Filme]. Reino Unido: Sixteen Films, Why Not Productions, Wild Bunch.

Lozano-Hemmer, R. (2015). Level of Confidence. [https://www.lozano-hemmer.com/level\\_of\\_confidence.php](https://www.lozano-hemmer.com/level_of_confidence.php)

Lyon, D. (2018). Cultura da vigilância: envolvimento, exposição e ética na modernidade digital. In F. Bruno, B. Cardoso, M. Kanashiro, L. Guilhon, & L. Melgaço (Orgs.), *Tecnopolíticas da vigilância: perspectivas da margem* (pp. 151–179). São Paulo: Boitempo.

Morozov, E. (2019). *Big Tech: A ascensão dos dados e a morte da política* (C. Marcondes, Trad.). São Paulo: Ubu Editora.

Morozov, E., & Bria, F. (2019). *A cidade inteligente: tecnologias urbanas e democracia* (H. do Amaral, Trad.). São Paulo: Ubu Editora.

Prefeitura do Município de São Paulo. Secretaria Municipal de Segurança Pública. (2022). *Edital de pregão eletrônico para prestação de serviços contínuos no 079/SMSU/2022. Contratação de Serviço para implantação de videomonitoramento através câmeras com analíticos, para visualização via plataforma web, contendo sistemas gerenciais de operação, que possibilite a integração com outros sistemas, com fornecimento de toda a estrutura, equipamentos e mão-de-obra necessária conforme quantidades e exigências estabelecidas no edital e seus anexos. Secretaria Municipal de Segurança Pública.*

Quijano, A. (2019). *Ensayos em torno de la colonialidade del poder*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones Del Signo.

Rancière, J. (2016). *The method of equality: interviews with Laurent Jeanpierre and Dork Zabunyan*. Cambridge, UK: Polity Press.

Rozestraten, A. (2018). Dúvidas, fantasias e delírio: Smart Cities, uma aproximação crítica. In Rozestraten, A (Org.), *Cidades “inteligentes” e poéticas urbanas: imaginário: construir e habitar a terra* (pp. 17-37). São Paulo: Annablume.

Schiavi, I. (2021). As tendências neoliberais e dataficadas da incorporação tecnológica nas cidades. In Cassiano, J. F., Souza, J. & Silveira, S. A. da (Orgs.). *Colonialismo de dados: como opera a trincheira algorítmica na guerra neoliberal* (pp. 148–166). São Paulo: Autonomia Literária.

Selvaggio, L. (2014). *URME Surveillance*. <http://leoselvaggio.com/urmesurveillance>

Silva, T. (2022). *Racismo algorítmico: inteligência artificial e discriminação nas redes digitais*. São Paulo: Edições Sesc.

Weiwei, A. (2012). *WeiweiCam*.

Zuboff, S. (2020). *A era do capitalismo de vigilância: a luta por um futuro humano na nova fronteira do poder* (G. Schlesinger, Trad.). Rio de Janeiro: Intrínseca.

## PLATAFORMAS COLABORATIVAS NO SUL GLOBAL: O CASO DO ARQUIGRAFIA

## COLLABORATIVE PLATFORMS IN THE GLOBAL SOUTH: THE CASE OF ARQUIGRAFIA

SAYED SAMIMI, ANA FERREIRA DA COSTA, HENRIQUE JUNGES, ARTUR ROZESTRATEN

**Sayed Abdul Basir Samimi** é Engenheiro Civil, Mestre em Análise e Planejamento Urbano e Territorial e Doutor em Engenharia de Sistemas Inteligentes Interdisciplinares. É Pesquisador Visitante na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade de São Paulo. samimi\_1220@yahoo.com <http://lattes.cnpq.br/6667250885230745>

**Ana Carolina Ribeiro da Costa** é Arquiteta e Urbanista e Mestre em Design. Integra os grupos de pesquisa Lab Visual e TELAS (Laboratório de Pesquisa em Economia, Tecnologia e Políticas de Comunicação). É pesquisadora associada do projeto Arquigrafia 4.0. ana.ferreira.costa@alumni.usp.br <http://lattes.cnpq.br/0348041226606093>

**Henrique Santa Catharina Junges** é Bacharel em Ciência da Computação e Especialista em Engenharia de Software. Desde o início de sua carreira profissional, está envolvido com desenvolvimento web, a partir de uma ampla gama de soluções. henriquescjunges@gmail.com <http://lattes.cnpq.br/3715398600370606>

**Artur Simões Rozestraten** é Arquiteto e Urbanista, Mestre, Doutor e Livre-Docente em Estruturas Ambientais Urbanas. É Professor Associado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade de São Paulo. artur.rozestraten@usp.br <http://lattes.cnpq.br/9297674836039953>

53

## Resumo

Enraizada em desigualdades históricas, econômicas e tecnológicas entre o Norte e o Sul Global, a desigualdade digital afeta os conteúdos digitais natos e as plataformas colaborativas. Este estudo examina o Arquigrafia ([www.arquigrafia.org.br](http://www.arquigrafia.org.br)), uma plataforma colaborativa brasileira para compartilhamento de imagens de espaços arquitetônicos e urbanos, a fim de explorar os desafios enfrentados por plataformas semelhantes. A pesquisa analisa os aspectos técnicos e colaborativos do Arquigrafia no contexto digital do Sul Global, destacando como a plataforma lida com limitações de infraestrutura e desequilíbrios de poder. O estudo demonstra o papel da plataforma no enfrentamento às hegemonias digitais, promovendo a preservação cultural no Sul. Utilizando o banco de dados do Arquigrafia, realizou-se uma análise quantitativa das características dos usuários e dos uploads de imagens, com o uso de MySQL e SPSS. Entrevistas com quinze especialistas de diversas áreas envolvidas no projeto foram analisadas qualitativamente pelo método do Diagrama de Afinidade, visando compreender a evolução da plataforma. Os resultados indicam que a falta de informações fornecidas pelos usuários cria obstáculos para a entrega de conteúdos personalizados. A colaboração atingiu seu pico em 2016, diminuindo posteriormente. As entrevistas ressaltam a necessidade de colaboração, tanto na contribuição de conteúdos, quanto no desenvolvimento da plataforma. O estudo conclui que o Arquigrafia necessita de uma visão unificada, aprimoramento da colaboração e manutenção sustentável. As recomendações sugerem formas de melhorar o engajamento dos usuários, aproveitando parcerias educacionais e adotando modelos de código aberto para garantir o sucesso a longo prazo.

**Palavras-chave:** Desigualdades Digitais, Plataformas colaborativas, Sul Global, Arquigrafia

## 1 Introdução

A desigualdade digital e o controle do conhecimento entre o Norte e o Sul Global são questões universais, profundamente enraizadas em desigualdades históricas, econômicas e tecnológicas. O desenvolvimento de infraestruturas digitais ilustra o que Quijano (2020) descreve como a colonialidade do poder: a persistência de assimetrias entre países centrais e periféricos, sustentada pela perpetuação de sistemas de conhecimento eurocêntricos e formas de subjetividade herdadas da colonização, mesmo após a independência política das antigas colônias. Este artigo explora essas tensões por meio da análise sobre uma iniciativa contra-hegemônica, a plataforma Arquigrafia, enfocando como as limitações de recursos e infraestrutura dificultam o desenvolvimento e a preservação do patrimônio cultural e do conhecimento sobre ambientes urbanos em formatos digitais.

Existem exemplos notáveis sobre tal tema. Lacerda descreve uma coleção de fotografias dos arquivos da Fundação Rockefeller, que documentam o trabalho da fundação em questões relacionadas à saúde pública, no Brasil, de 1920 a 1940 (Lacerda, 2002). Vasconcellos e Rodrigues (2006) demonstraram como as fotografias foram utilizadas por higienistas, no início do século XX, em São Paulo, para documentar ambientes urbanos e educativos. Abrantes (2013) utilizou o arquivo fotográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística como fonte histórica para expor representações do trabalho feminino no Brasil, durante as décadas de 1950 e 1960. Silva (2016) examinou a criação do Arquivo de Projetos da Biblioteca da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade de São Paulo (FAUUSP), abordando o tratamento do Acervo Jacques Pilon como fonte documental, para estudar a constituição do campo arquitetônico no Brasil. Por fim, Stewart (2019) comparou álbuns fotográficos para documentar as mudanças arquitetônicas e urbanas no Brasil, ao longo de décadas.

Imagens históricas, em particular, oferecem esclarecimentos inestimáveis sobre eventos passados, práticas culturais e desenvolvimentos arquitetônicos. Plataformas colaborativas, que permitem acesso e contribuição a esses bancos de imagens, não são apenas benéficas, mas essenciais para a pesquisa acadêmica, a educação pública e a preservação cultural. Na Suécia, a plataforma DIGARV é uma ferramenta colaborativa para o trabalho com patrimônio cultural e dados de pesquisa, incluindo conteúdos digitais natos (Åhlfeldt & Matsson, 2024). No Brasil, o Arquigrafia, lançado em 2010, configura-se como um ambiente colaborativo digital de destaque (Rozestraten, 2020), desempenhando um papel crucial no compartilhamento, preservação e acesso à memória iconográfica da arquitetura e dos espaços urbanos brasileiros (Lima & Rozestraten, 2018; Lima *et al.*, 2016) (Figura 1).

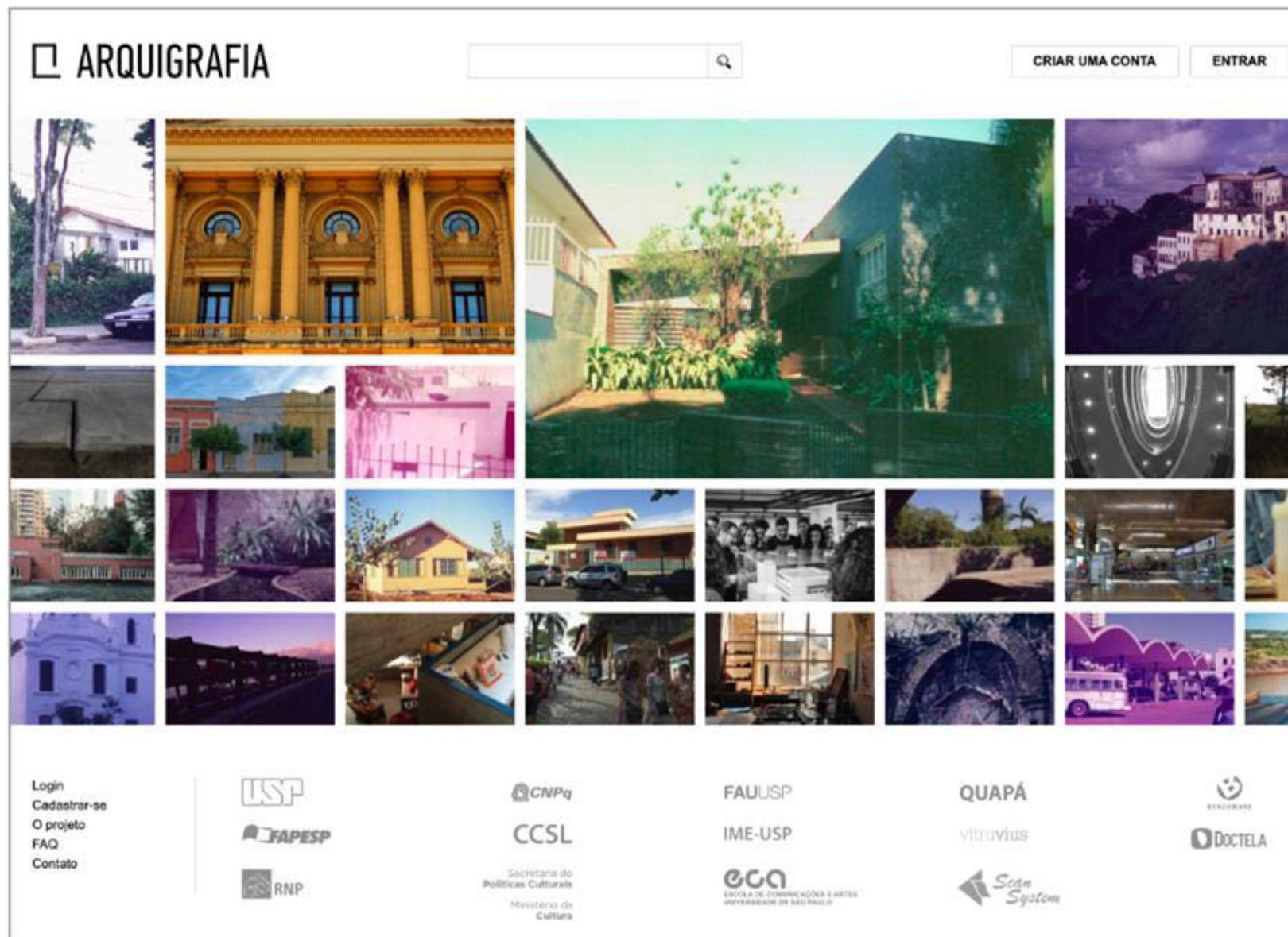


Fig. 1: Página inicial do Arquigrafia ([www.arquigrafia.org.br/home](http://www.arquigrafia.org.br/home)). Fonte: Autores, 2024.

O espírito de colaboração está no cerne do projeto Arquigrafia, distinguindo-o dos bancos de imagens institucionais na Internet, pois envolve uma rede heterogênea de colaboradores (Lima et al., 2020). Ele serve como referência para outros projetos, que buscam ser instrumentos de compartilhamento e colaboração de informações de design (Pierce, 2011; Rong et al., 2022).

Poucas iniciativas podem ser integralmente comparadas ao Arquigrafia, uma iniciativa gratuita e aberta na web com crescimento contínuo. Embora a Wikipédia e o *Wikimedia Commons* apresentem algumas semelhanças, ambas possuem limitações significativas. O foco da Wikipédia em conteúdo escrito restringe a inclusão de informações iconográficas, limitando sua utilidade na criação e manutenção de imaginários coletivos. O *Wikimedia Commons*, embora permita o compartilhamento gratuito de mídia, apresenta predominantemente conteúdos oriundos do Norte Global, marginalizando, assim, outras perspectivas culturais. Outra iniciativa com princípios semelhantes, mas com uma metodologia distinta, é o projeto *Photographes en Rhône-Alpes*, que compartilha fotografias históricas da região de Auvergne-Rhône-Alpes. Embora os residentes locais enviem fotos, nem todas as imagens estão disponíveis publicamente, devido a um processo de triagem (Rozestraten, 2020).

Apesar de seu sucesso inicial, o Arquigrafia tem experimentado uma redução na colaboração e na atividade dos usuários. Este artigo visa analisar o Arquigrafia como um estudo de caso para compreender os desafios específicos que as plataformas digitais colaborativas no Sul Global enfrentam. O estudo busca responder às seguintes perguntas:

- Como o Arquigrafia aborda as desigualdades digitais no Sul Global?
- Como as características dos usuários afetam o sucesso da plataforma?
- Como o desenvolvimento do Arquigrafia pode enfrentar desafios atuais e maximizar seu potencial para preservação cultural e na educação?

Ao abordar estas questões, este artigo examina o papel do Arquigrafia como plataforma colaborativa no Sul Global, destacando como ele promove um modelo contra-hegemônico para a preservação do patrimônio cultural digital e se posiciona como uma resistência às hegemonias digitais, segundo o conceito de colonialidade do poder de Quijano (2020).

## 2 Desenvolvimento do Arquigrafia

Desde a década de 1950, a comunidade educacional tem fotografado edifícios e espaços urbanos, doando imagens para enriquecer acervos públicos e contribuir para a formação de gerações de arquitetos e urbanistas. Quando o projetor de *slides* foi substituído pelo *datashow*, essas imagens foram afastadas da maioria das atividades de formação e permaneceram invisíveis em gavetas e armários. No início do século XXI, a *web* carecia de diversidade e qualidade de imagens, com a ausência de muitas imagens históricas e mapas nas salas de aula e nos ambientes de pesquisa, durante a transição do analógico para o digital.

Para enfrentar esta questão, o projeto Arquigrafia reuniu uma equipe multidisciplinar e iniciou o processo de digitalização de fotos históricas da Biblioteca da FAUUSP, carregando-as em uma plataforma *online* de acesso aberto, criando um ambiente colaborativo onde os usuários poderiam compartilhar imagens. Esta iniciativa possibilitou o estudo dessas mídias digitais a partir de perspectivas variadas e complementares. O Arquigrafia é uma proposta sobre o potencial de ambientes colaborativos de imagens baseados na *web*, concebidos como espaços nos quais as pessoas podem compartilhar e organizar imagens, trocar opiniões e emitir julgamentos estéticos, organizando-as em constelações visuais em contínuo crescimento.

O desenvolvimento histórico do projeto Arquigrafia pode ser dividido em quatro grandes fases, cada uma caracterizada por diferenças nas equipes de pesquisa associadas, nos financiamentos recebidos e nas atividades dos usuários na plataforma.

### 2.1 Fase 1: Fundação da plataforma (2008-2012)

A plataforma foi concebida em 2008, com a definição de requisitos de projeto e o design da interface feita por pesquisadores da FAUUSP. Após a programação, foi lançada em 2010, com funcionalidades como uma parede infinita de imagens, um sistema de catalogação de imagens e uma ferramenta de avaliação de imagens baseada nos usuários (Figura 2). Essas funcionalidades permanecem fundamentais para a plataforma até hoje. A Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) foram os principais apoiadores do projeto durante esse período.



Fig. 2: Primeira homepage do Arquigrafia e página de imagem do catálogo. Fonte: Autores, 2024.

## 2.2 Fase 2: Parceria com Biblioteca da FAUUSP e apoio PRCEU-USP (2012-2016)

O ano de 2012 marca o início da parceria entre o Arquigrafia e a Biblioteca da FAUUSP. Enquanto a biblioteca fornecia parte de seu acervo iconográfico de arquitetura e design (composto por fotografias, cartazes e pranchas de projetos arquitetônicos), a plataforma Arquigrafia servia como ambiente digital para o armazenamento e preservação desses materiais. Além de disponibilizar 7.428 imagens para o acervo do *website*, esta parceria resultou na produção do Manual de Procedimentos Técnicos do Projeto Arquigrafia (Rozestraten et al., 2019), uma publicação que documenta o processo de limpeza, digitalização e catalogação do material iconográfico da biblioteca da faculdade.

A Pró-Reitoria de Cultura e Extensão Universitária da Universidade de São Paulo (PRCEU-USP) apoiou o projeto nesta fase, assegurando uma equipe dedicada de pesquisadores. No entanto, em 2014, a Universidade de São Paulo implementou uma nova política de gestão financeira voltada para a redução de despesas, que, aliada à falta de apoio financeiro externo, impactou severamente o projeto, em 2017, quando os recursos foram suspensos.

## 2.3 Fase 3: Declínio das atividades na plataforma (2017-2021)

A falta de apoio financeiro levou à desmobilização da equipe do Arquigrafia, que deixou de contar com bolsas para seus pesquisadores de graduação e pós-graduação e para a equipe de desenvolvimento. No entanto, eventos pontuais organizados pelo projeto, como oficinas, visitas guiadas e iniciativas de pesquisa individuais, contribuíram para a manutenção do acervo do *website* durante esse período. Como exemplo, pesquisas conduzidas por Ferreira (2016, 2017) adicionaram várias novas imagens de residências ao acervo.

Essa fase do projeto também foi influenciada por dois fatores externos, que alteraram o comportamento dos usuários em relação ao armazenamento e compartilhamento de imagens. O primeiro foi a popularização da rede social Instagram entre os brasileiros. O segundo fator foi o aumento no número de *smartphones* entre a população em geral, que alcançou a marca de um dispositivo por habitante, em 2017 (Meirelles, 2017). Lançado em 2010 e com poucas alterações importantes desde então, o *website* do Arquigrafia apresenta melhor desempenho em *desktops* do que em dispositivos móveis, além de carecer de funcionalidades do Instagram, como o *feed* personalizado e *stories*, introduzidos em 2016. Esses fatores externos, originados no Norte Global, contribuíram diretamente para a diminuição do uso da plataforma.

57

## 2.4 Fase 4: Revitalização do projeto (2022-Atual)

Após os anos de pandemia, o projeto passou por uma reestruturação de seus objetivos. O novo foco foi estabelecido a partir de questões críticas sobre a produção hegemônica para a Internet e os desafios para a chegada da *Web 4.0*, visando promover um enriquecimento mútuo em relação à experiência sensível urbana cotidiana e à construção, organização, representação e recuperação do conhecimento sobre as cidades no presente, na memória e na vontade de projeto para o futuro. Estas questões orientam, assim, uma investigação interdisciplinar das condições atuais para o estabelecimento de ambientes colaborativos autônomos na *web*, os quais demandam um campo experimental. Em 2022, o projeto recebeu apoio da FAPESP como projeto temático (FAPESP, 2022). Esta fase é caracterizada pela presença de uma equipe dedicada de mais de trinta pesquisadores associados e uma equipe de desenvolvimento computacional em tempo integral.

## 3 Materiais e métodos

Este estudo adota uma abordagem de métodos mistos, combinando revisão de literatura, análise da base de dados da plataforma e entrevistas com especialistas, para proporcionar uma compreensão abrangente sobre o histórico do Arquigrafia.

A base de dados da plataforma inclui imagens do acervo, tabelas detalhadas sobre as informações de contas dos usuários e os metadados das imagens carregadas. Para realizar consultas nesses conjuntos de dados, utilizamos o *software MySQL* e a Linguagem de Consulta Estruturada (em inglês *SQL*), em abril de 2024<sup>1</sup>. A partir da tabela relacionada aos metadados das imagens, extraímos os dados referentes

<sup>1</sup> O MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional (RDBMS) de código aberto, usado para armazenar e gerenciar dados. SQL, que significa Structured Query Language (Linguagem de Consulta Estruturada), é uma linguagem de programação utilizada para recuperar, atualizar, deletar e manipular dados em bancos de dados relacionais.

à identificação dos usuários que carregaram as imagens e o ano em que foram carregadas. Considerando a identificação dos usuários, extraímos informações sobre o ano de criação da conta, o país do usuário, a região – no caso de ser do Brasil –, gênero, nível educacional e idade dos usuários. Em seguida, unimos essas duas tabelas para conectar as informações das imagens aos usuários que as carregaram. A tabela resultante foi importada para o SPSS<sup>2</sup> para análise de frequências e tabulações cruzadas. A seção de resultados e discussão analisa essas tabelas e mostra como as principais fases do desenvolvimento histórico do Arquigrafia influenciaram a colaboração dos usuários.

Para discutir o futuro e questões atuais da plataforma, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com quinze especialistas do Arquigrafia, entre março e abril de 2024 (Flick, 2014). Os entrevistados possuem diversos níveis educacionais, desde bacharelado até pós-doutorado, e experiência em disciplinas relacionadas ao projeto, incluindo arquitetura, biblioteconomia, ciência da computação e design. As entrevistas abordaram três temas principais: a) experiências passadas com o projeto, b) visões atuais da plataforma e c) perspectivas para o futuro do Arquigrafia. Todas as entrevistas foram analisadas pelo método do Diagrama de Afinidade, que agrupa ideias relacionadas em *clusters* para revelar padrões (Holtzblatt & Beyer, 2017).

#### 4 Resultados e discussão

A plataforma passou por uma atualização em 2015, o que resultou na perda de alguns dados relacionados à criação das contas de usuários e às datas de envio das imagens. Considerando esta limitação, a análise a seguir leva em conta o número total de usuários e imagens, no período de 2010 a 2015.

##### 4.1 Características dos usuários

O Arquigrafia possui um total de 5.237 contas de usuário. A criação de uma conta é necessária para o envio de imagens e comentários, para seguir usuários e compartilhar outras informações. Em 2015, o Arquigrafia tinha 1.625 contas de usuário. O ano de pico para novas inscrições foi 2017, com 1.033 novas contas (19,8%), seguido dos anos de 2016 e 2018. Em 2019 e nos anos seguintes, o volume de criação de novas contas de usuários caiu drasticamente (Tabela 1). A razão para essa diminuição pode ser relacionada à popularização do Instagram e ao início da pandemia de COVID-19, seguido pelo *lockdown*.

58

Ano	Novos usuários			
	No.	%	Nº acum.	Acum. %
2010-15	1.625	31,1%	1.625	31,1%
2016	710	13,6%	2.335	44,7%
2017	1.033	19,8%	3.368	64,4%
2018	697	13,3%	4.065	77,7%
2019	269	5,1%	4.334	82,9%
2020	247	4,7%	4.581	87,6%
2021	194	3,7%	4.775	91,3%
2022	131	2,5%	4.906	93,8%
2023	314	6,0%	5.220	99,8%
2024	17	0,3%	5.237	100%
<b>Total</b>	<b>5.237</b>	<b>100%</b>		

**Tabela 1:** Número de contas criadas por ano. Fonte: Autores, 2024.

<sup>2</sup> O SPSS, ou Statistical Package for the Social Sciences (Pacote Estatístico para as Ciências Sociais), é um conjunto de software estatístico para gerenciamento de dados e análises avançadas.

No Arquigrafia, está cadastrada uma ampla gama de usuários, de diversas regiões do país e com diferentes níveis de escolaridade. No entanto, a maioria dos usuários não fornece informações em seus perfis, resultando na falta de dados sobre a totalidade dos usuários. O objetivo, aqui, não é, portanto, o de generalizar os conteúdos desta análise, mas fornecer informações sobre os dados disponíveis para definição de uma visão geral sobre a plataforma. Como apresentado na Tabela 2, a maioria (80,4%) dos usuários que indicaram suas localizações é originária da região Sudeste do Brasil. Há quase o mesmo número de usuários dos sexos feminino e masculino. Em relação ao nível de escolaridade, a maioria dos usuários possui graduação ou mestrado. No entanto, a falta de dados dos usuários revela que a grande maioria prefere não fornecer suas informações demográficas, que podem ser importantes para sugerir conteúdo personalizado.

Características de usuários	Usuários		Gráficos
	No.	%	
Países (não declarados: 4.939)	Angola	1 0,3%	
	Argentina	1 0,3%	
	Brasil	294 98,7%	
	Espanha	1 0,3%	
	Israel	1 0,3%	
	Total	298 100%	
Regiões brasileiras (não declarados: 5.074)	Centro-Oeste	7 4,3%	
	Nordeste	7 4,3%	
	Norte	4 2,5%	
	Sudeste	131 80,4%	
	Sul	14 8,6%	
	Total	163 100%	
Gênero (não declarados: 5.070)	Feminino	87 52,1%	
	Masculino	80 47,9%	
	Total	167 100%	
Nível de escolaridade (não declarados: 5.101)	Ensino médio	4 2,9%	
	Graduação	98 72,1%	
	Mestrado	27 19,9%	
	Doutorado	7 5,1%	
	Total	136 100%	
Década de nascimento (não declarados: 5.122)	1970 ou anterior	12 10,4%	
	1980	21 18,3%	
	1990	79 68,7%	
	2010	3 2,6%	
	Total	115 100%	

Tabela 2: Características dos usuários. Fonte: Autores, 2024.

#### 4.2 Análise sobre as imagens do acervo colaborativo

Como apresentado na Tabela 3 e na Figura 3, no total, 14.154 imagens foram carregadas na plataforma, 5.237 usuários registraram contas, e uma média de 2,7 imagens por usuário. Entre 2010 e 2015, foram carregadas 5.700 imagens (40,3%) na plataforma. O número de imagens enviadas atingiu seu pico em 2016, com 3.622 imagens (25,6%) carregadas naquele ano. 2017 foi o segundo ano com maior número de envios, quando os usuários adicionaram 3.401 imagens (24,0%) à plataforma. O envio de novas imagens diminuiu drasticamente em 2018 e continuou a diminuir nos anos seguintes. Em 2016, tivemos a maior média de imagens enviadas por usuário, com quatro imagens por usuário, e, desde então, esta média continuou a cair. Esta diminuição mostra que os usuários estão colaborando menos com o compartilhamento de novas imagens, mas continuam utilizando a plataforma como fonte para descargar imagens.

Ano	Novas imagens				Usuários	nº imagens por total de usuários
	Nº	%	Nº acum.	Acum. %	Nº acum.	
<b>2010-15</b>	5.700	40,3%	5.700	40,3%	1.625	3,5
<b>2016</b>	3.622	25,6%	9.322	65,9%	2.335	4,0
<b>2017</b>	3.401	24,0%	12.723	89,9%	3.368	3,8
<b>2018</b>	574	4,1%	13.297	93,9%	4.065	3,3
<b>2019</b>	427	3,0%	13.724	97,0%	4.334	3,2
<b>2020</b>	76	0,5%	13.800	97,5%	4.581	3,0
<b>2021</b>	27	0,2%	13.827	97,7%	4.775	2,9
<b>2022</b>	40	0,3%	13.867	98,0%	4.906	2,8
<b>2023</b>	239	1,7%	14.106	99,7%	5.220	2,7
<b>2024</b>	48	0,3%	14.154	100%	5.237	2,7
<b>Total</b>	<b>14.154</b>	<b>100%</b>	-	-	-	-

Tabela 3: Frequência de envio de imagens e relação entre número de imagens por usuário. Fonte: Autores, 2024.

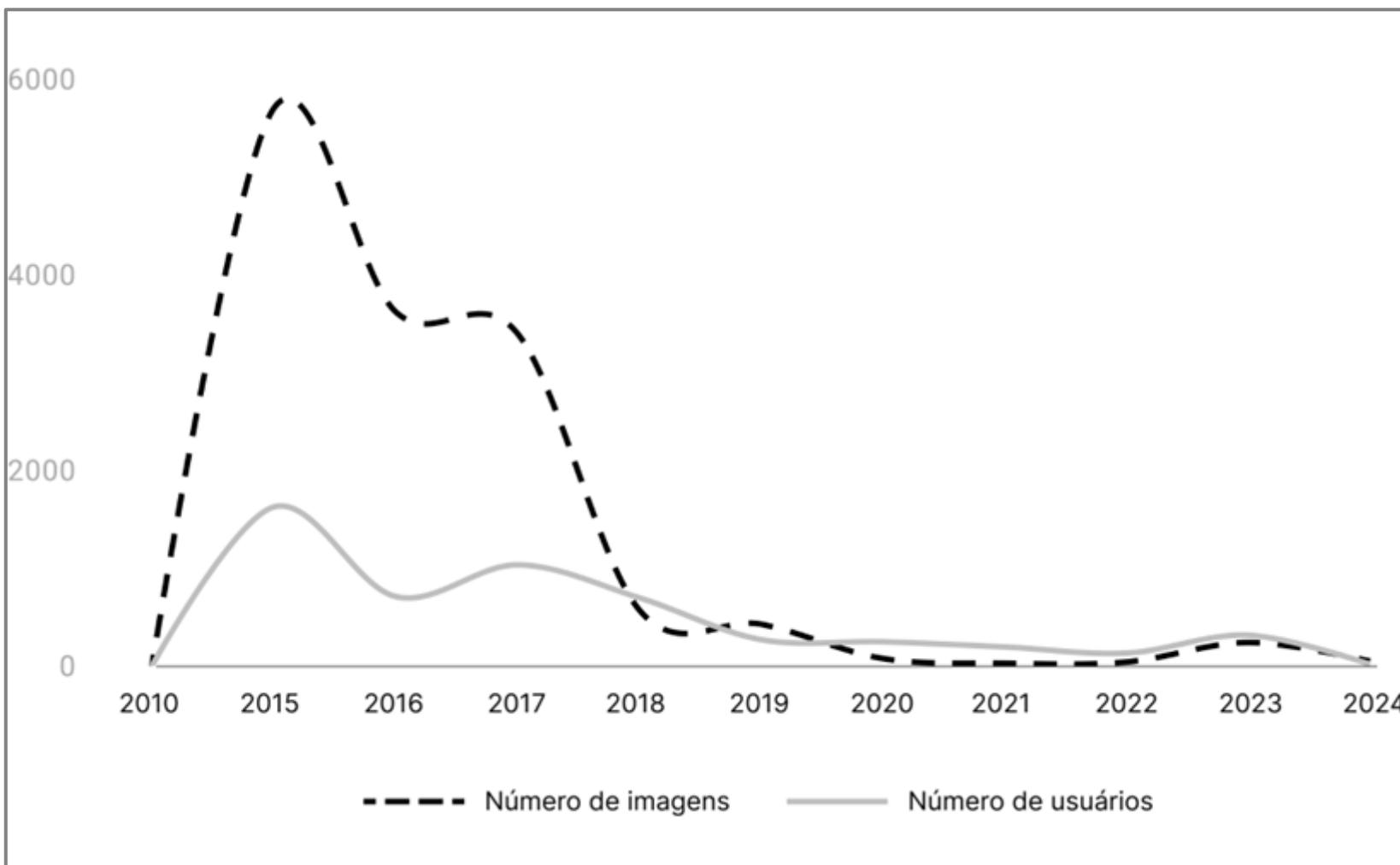
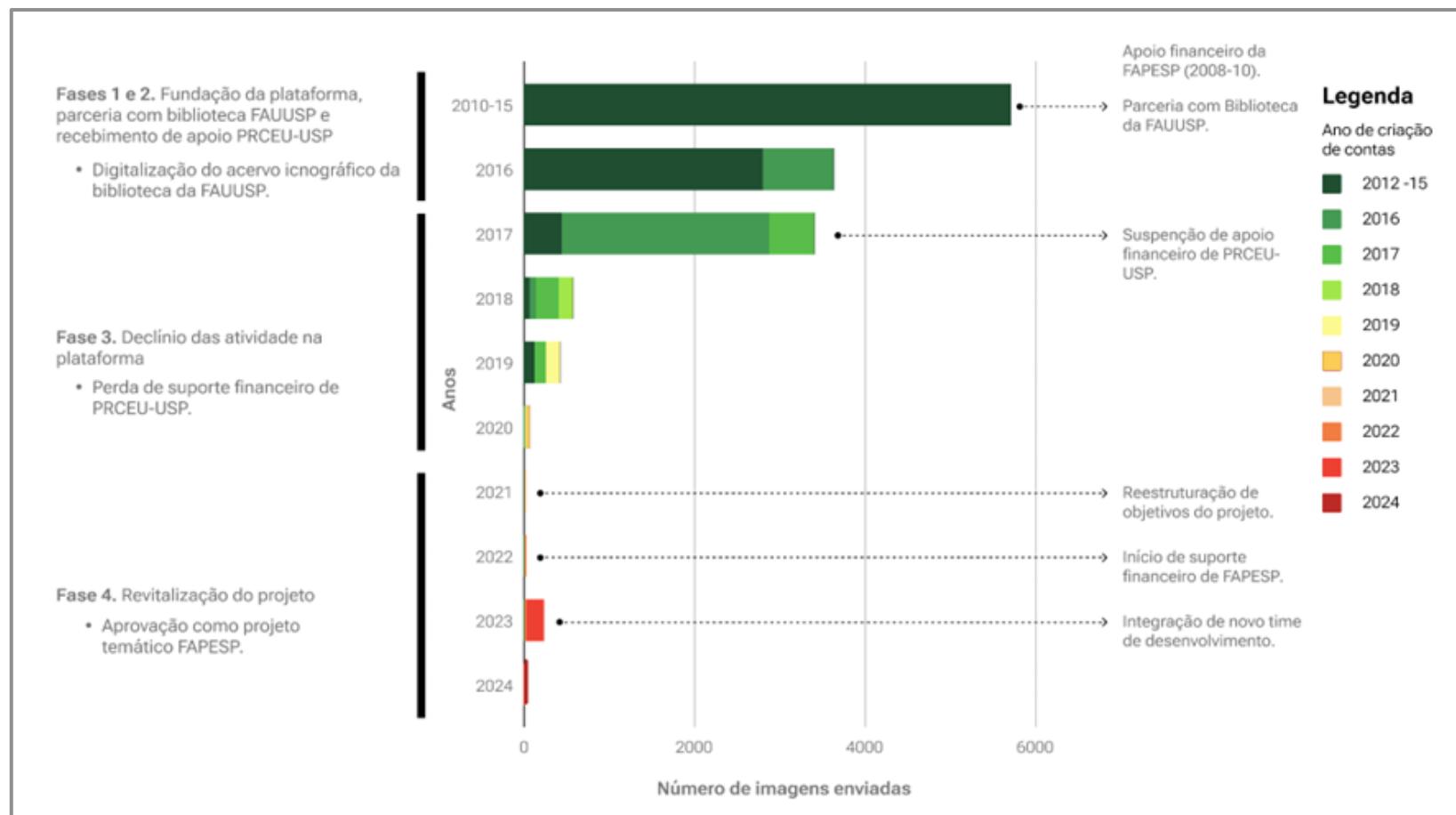


Fig. 3: Frequência de novos usuários e envio de novas imagens por ano. Fonte: Autores, 2024.

Como apresentado na Tabela 4 e na Figura 4, do total de 14.154 imagens, 9.170 (ou 64,8%) foram carregadas por usuários que criaram suas contas em 2015 ou antes desse ano. Nesta categoria, existem 1.625 usuários com a média mais alta de imagens por usuário: 5,6 imagens. A geração de usuários de 2016 é igualmente ativa, em termos de colaboração e fornecimento de novas imagens para a plataforma, considerando que foram responsáveis pelo envio de 3.387 imagens (ou 23,9%). Estes anos coincidiram com as fases 1 e 2 do projeto, quando ele recebeu apoio da RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa –, FAPESP e PRCEU-USP. Como mencionado, o número de novas contas criadas foi relativamente alto em 2017. No entanto, a geração de usuários deste ano, ao carregar apenas 899 imagens (6,4%), colaborou relativamente menos no envio de novas imagens. Neste ano, o projeto perdeu o apoio financeiro do PRCEU-USP e a colaboração de outras gerações de usuários que criaram suas contas posteriormente diminuiu. Além disso, a geração de usuários que se registrou em 2016 ou anteriormente continuou a colaborar relativamente mais nos anos seguintes. No entanto, os usuários que se registraram em 2017, ou posteriormente, tenderam a colaborar pontualmente, enviando imagens apenas no ano de criação de suas contas. De maneira geral, a colaboração com a plataforma, no que se refere ao envio de novas imagens, caiu drasticamente desde 2018, coincidindo com a perda de apoio financeiro para a manutenção do sistema.



62

Tabela 4: Cruzamento de dados entre ano de envio de imagens e ano de criação de contas de usuários. Fonte: Autores, 2024.

		Ano de criação de conta de usuários										Total											
		2010-15		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023		2024			
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%		
Ano de envio de imagens	2010-15	5.700	62,2%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.700	50,1%		
	2016	2.794	30,5%	828	24,4%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.622	31,9%		
	2017	447	4,9%	2.438	72,0%	516	57,4%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.401	29,9%		
	2018	81	0,9%	74	2,2%	253	28,1%	166	99,4%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	574	5,0%		
	2019	129	1,4%	0	0,0%	130	14,5%	1	0,6%	167	97,1%	-	-	-	-	-	-	-	-	427	3,8%		
	2020	0	0,0%	22	0,6%	0	0,0%	0	0,0%	4	2,3%	50	79,4%	-	-	-	-	-	-	76	0,7%		
	2021	12	0,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	9	14,3%	6	42,9%	-	-	-	-	-	-	27	0,2%		
	2022	4	0,0%	7	0,2%	0	0,0%	0	0,0%	1	0,6%	0	0,0%	8	57,1%	20	57,1%	-	-	40	0,4%		
	2023	3	0,0%	15	0,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	3	4,8%	0	0,0%	15	42,9%	203	97,1%	-	-	239	2,1%
	2024	0	0,0%	3	0,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	1,6%	0	0,0%	0	0,0%	6	2,9%	38	100%	48	0,4%
Total de imagens		9.170	100%	3.387	100%	899	100%	167	100%	172	100%	63	100%	14	100%	35	100%	209	100%	38	100%	1.4154	100%
		64,8%		23,9%		6,4%		1,2%		1,2%		0,4%		0,1%		0,2%		1,5%		0,3%		100%	
Total de usuários		1.625		710		1.033		697		269		247		194		131		314		17		5.237	
Imagen por usuário		5,6		4,8		0,9		0,2		0,6		0,3		0,1		0,3		0,7		2,2		2,7	

Fig. 4: Número de envio de imagens e fases do projeto. Fonte: Autores, 2024.

Como apresentado na Tabela 5, dentre todas as imagens, 4.827 (34,1%) foram carregadas por usuárias do sexo feminino e 870 imagens (6,1%) foram carregadas por usuários do sexo masculino. Estes números sugerem que as usuárias colaborativas ativas fornecem relativamente mais dados relacionados aos seus perfis. Dentre todas as imagens, 9.412 (66,5%) foram carregadas por pessoas com diploma de bacharelado ou mestrado, o que demonstra a popularidade da plataforma no contexto universitário. Considerando os dados disponíveis, o uso da plataforma é diverso entre as diferentes faixas etárias. Com 1.909 imagens carregadas (12,8%), a plataforma é mais popular entre os nascidos na década de 1990.

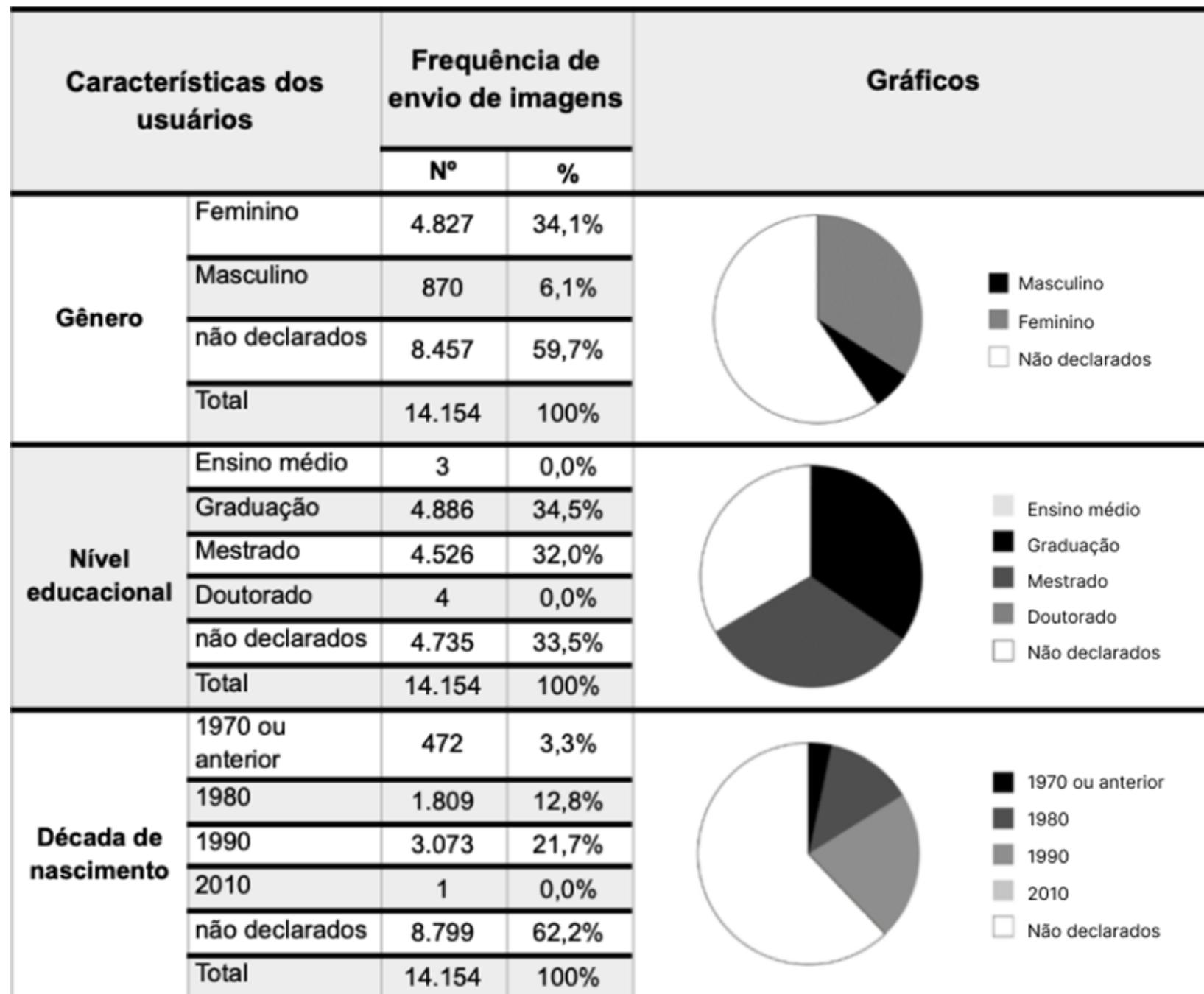


Tabela 5: Cruzamento de dados entre características dos usuários e frequência de envio de imagens. Fonte: Autores, 2024.

#### 4.3 O futuro do Arquigrafia

Para discutir as questões atuais e o futuro da plataforma, foram utilizados dados obtidos a partir de entrevistas semiestruturadas com especialistas. Para a maioria dos entrevistados, o fato de ser uma plataforma colaborativa diferencia o Arquigrafia de outras iniciativas semelhantes. Eles acreditam que esta característica deve ser estimulada dentro do projeto. Sabe-se que o sucesso das plataformas digitais

colaborativas depende de uma cultura organizacional positiva e comunicação eficaz e não apenas da tecnologia (Cardon, 2016). Além disso, a interação *online* e as redes sociais podem desempenhar um papel vital na formação de uma cibercultura tácita que molda as opiniões, o senso de pertencimento e os valores dos usuários. Uma plataforma colaborativa *online* pode promover a cibercultura (Tan et al., 2010). Seguindo estes princípios, os esforços de colaboração devem incluir tanto o desenvolvimento de *software*, quanto a promoção de uma cultura colaborativa entre os usuários.

Os entrevistados vêem a colaboração a partir de duas perspectivas: a primeira, como uma estratégia para a construção do acervo iconográfico do *website* e, a segunda, como um meio para o desenvolvimento da plataforma, incluindo o trabalho de programação do código. Do ponto de vista da formação do acervo colaborativo do *website*, há um consenso de que a permissão para qualquer pessoa carregar uma imagem garante que a plataforma ofereça uma visão diversificada do que é compreendido como arquitetura. Nesse sentido, existe um desejo de se ampliar o alcance do projeto. Exemplos de tais atividades incluem parcerias com o Sob Olhares SP<sup>3</sup>, Estúdio Ceda el Paso<sup>4</sup>, Acervos Digitais<sup>5</sup> e o aprimoramento das mídias sociais do Arquigrafia<sup>6</sup>, expandindo sua divulgação para públicos diversos. O plano da plataforma de desenvolver representações digitais interativas em 3D e rotas urbanas também se alinha a essa ideia.

Os pesquisadores têm visões conflitantes sobre o desenvolvimento colaborativo da plataforma. Metade deste coletivo acredita que os usuários devem poder também programar o sistema, como ocorre com *software* de código aberto, enquanto a outra metade pensa que ele deve ser associado a uma instituição acadêmica maior. Esta é, de fato, uma questão significativa para o projeto, pois a existência e a intensidade de suas atividades sempre estiveram diretamente relacionadas à disponibilidade de recursos financeiros. A disponibilidade de bolsas de pesquisa surgiu como um motivador importante para que os pesquisadores se filiassem ao projeto e permanecessem ligados a ele. Embora buscar financiamento seja uma preocupação, a maioria acredita que o projeto não deve adotar modelos de autofinanciamento baseados em publicidade ou cobrança pelo uso do *website*. Para eles, o projeto deve manter seu caráter público, aberto e contrahegemônico.

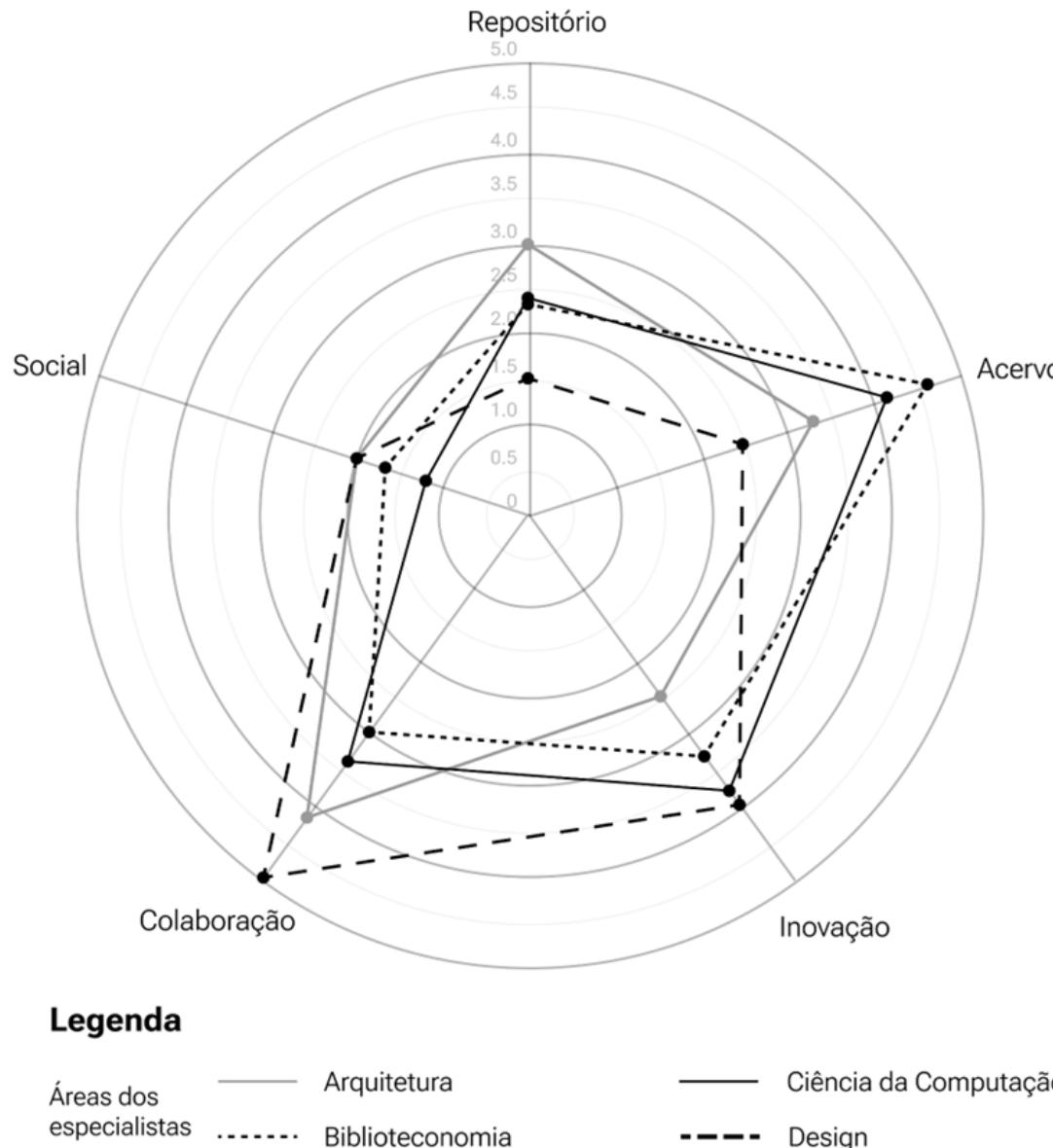
Embora a colaboração seja declarada como um princípio fundamental para a plataforma, não há consenso entre as áreas do projeto sobre se esse deve ser o foco durante a versão atualizada do *website*, que será lançada em 2025. A falta de consenso pode ser uma questão crucial para o projeto, já que uma colaboração bem-sucedida necessita de uma visão compartilhada e objetivos comuns (Small, 2001). Enquanto as equipes das áreas de Design e Arquitetura acreditam que o *website* deva enfatizar funcionalidades que incentivem a colaboração dos usuários, pesquisadores das áreas de Ciência da Computação e Biblioteconomia consideram que trabalhar em medidas para garantir informações precisas e confiáveis é um princípio fundamental para o sucesso do projeto (Figura 5). Isso mostra os dois requisitos principais da plataforma que precisam ser equilibrados: colaboração e confiabilidade.

<sup>3</sup> <https://sobolharessp.com.br/>

<sup>4</sup> <https://estudiocedaelpaso.lojavirtualnuvem.com.br/>

<sup>5</sup> <https://www.acervosdigitais.fau.usp.br/>

<sup>6</sup> <https://www.instagram.com/arquigrafiafau.oficial/>



**Fig. 5:** Ênfases para o futuro do Arquigrafia, segundo pesquisadores de cada área. Fonte: Autores, 2024.

Desde seus estágios iniciais, o Arquigrafia foi referido como uma rede social (Rozestraten et al., 2010; Ferreira, 2016). Atualmente, há um consenso entre as áreas sobre o aspecto social da plataforma. Considerando modelos hegemônicos de redes sociais, como o Facebook e o Instagram, quase todos os entrevistados afirmam que o *website* não deve emular tais modelos. Em vez disso, há o desejo de que a plataforma continue operando no âmbito acadêmico, seguindo o sucesso de outras iniciativas, como o VERGILIUS, uma plataforma colaborativa que oferece uma valiosa ferramenta de treinamento para estudantes (Capozzoli, 2021). Ao manter suas raízes acadêmicas, a mobilização do sistema para atividades educacionais poderia ser significativamente aprimorada.

## 5 Conclusão

É notória a escassez de imagens que representem adequadamente a arquitetura brasileira, especialmente em formatos digitais natos. Esta lacuna é comum em muitos países do Sul Global, onde as nações do Norte Global historicamente controlam a mídia e o conhecimento. O Arquigrafia visa enfrentar estas desigualdades históricas ao fornecer uma plataforma colaborativa para imagens da arquitetura e do espaço urbano brasileiro (Lima et al., 2020).

O projeto evoluiu significativamente desde seu início, demonstrando o potencial das plataformas colaborativas na preservação e no compartilhamento de imagens de arquitetura e do espaço urbano. O papel predominante do Arquigrafia alterou-se de uma plataforma

orientada para arquivos digitais de imagens de arquitetura e do espaço urbano para uma plataforma, principalmente, colaborativa. No entanto, nos últimos anos, com a popularização do Instagram, a perda de apoio externo e o *lockdown* devido à pandemia de COVID-19, o Arquigrafia tem sido utilizado, principalmente, como fonte para *download* de imagens. Para garantir sua sustentabilidade, a colaboração ativa dos usuários no envio de novas imagens para a plataforma é essencial.

Para enfrentar estes desafios, o projeto desenvolveu novas parcerias, iniciou campanhas nas redes sociais, aprimorou sua interface e implementou análises de uso. Para o sucesso contínuo, é recomendado que a cultura de colaboração seja aprimorada, estratégias para atrair novos usuários sejam introduzidas e o uso da plataforma como recurso de ensino seja explorado. Além disso, o Arquigrafia enfrenta desafios críticos em manter equipes de desenvolvimento diversificadas e gerenciar os custos associados à manutenção de infraestrutura técnica. Como a plataforma, atualmente, depende de bolsas de curta duração para sua equipe de desenvolvimento, estabelecer processos colaborativos no nível de programação computacional e buscar apoio institucional e governamental é vital para o desenvolvimento contínuo e a sustentabilidade do projeto.

À medida que o Arquigrafia se prepara para sua atualização, em 2025, ele busca abordar as desigualdades de representação digital e aumentar a colaboração, potencialmente enriquecendo a compreensão da história urbana e da arquitetura no Brasil, ao mesmo tempo em que serve como modelo para iniciativas semelhantes no Sul Global. A plataforma destaca a tensão entre a necessidade de representação do Sul Global e as infraestruturas centradas no Norte, permitindo que o Sul afirme sua identidade cultural e enfrente a exclusão digital nas discussões globais sobre estruturas culturais hegemônicas.

### Agradecimentos

Agradecemos a Ana Glória, Ana Paula Bertholdo, Beatriz Piccolotto, Jéssica Silva, Leandro Velloso, Kalinka Branco, Karina Leal, Martim Passos, Pedro Guglielmo, Rodrigo Akio, Vânia Lima e Zaira Zafalon, por seu apoio à pesquisa.

### Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. [Processos nº: 20/05134-9; 23/07847-0; 23/16249-0; 24/02943-4]

### Referências

- Abrantes, V. L. C. (2013). The photographic archive of the Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística and Tibor Jablonszky's view of female labor. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 20, 289–306. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702013000100015>.
- Åhlfeldt, J., & Matsson, A. (2024). The DIGARV Platform: A collaborative platform for working with cultural heritage data and research data. In E. Volodina, G. Bouma, M. Forsberg, D. Kokkinakis, D. Alfter, M. Fridlund, C. Horn, L. Ahrenberg & A. Blåder (Eds.). *Proceedings of the Huminfra Conference (HiC 2024)* (pp. 141-147). Gothenburg: Swedish Research Council. <https://doi.org/10.3384/ecp205019>
- Capozzoli, V. (2021). VERGILIUS: A Collaborative Platform for Studying and Promoting the Heritage of the University Paris 1 Panthéon-Sorbonne. In S. Feuser, S. Merten, & K. Wesselmann (Eds.), *Teaching Classics in the Digital Age* (vol. 2, pp. 49–56). Universitätsverlag Kiel | Kiel University Publishing. <https://dx.doi.org/10.38072/2703-0784/p20>
- Cardon, P. W. (2016). Community, Culture, and Affordances in Social Collaboration and Communication. *International Journal of Business Communication*, 53(2), 141–147. <https://doi.org/10.1177/2329488416635892>
- FAPESP (2022). *Experiência Arquigrafia 4.0*. Acessado 9 de dezembro de 2024 em <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/109498/experiencia-Arquigrafia-40>
- Ferreira, F. G. (2016). Preservação da memória através de representações: o registro de arquiteturas residenciais modernistas da cidade de Ribeirão Preto utilizando a rede social Arquigrafia. *Arq.Urb*, 16, 184-195. <https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/198>

Ferreira, F. G. (2017). Residências em Ribeirão Preto (1955 a 1980): discussão sobre uma produção moderna através de uma perspectiva urbana. [Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/D.16.2018.tde-29062017-14242>

Flick, U. (2004). *Uma Introdução à Pesquisa Qualitativa*. Porto Alegre: Bookmark.

Holtzblatt, K., & Beyer, H. (2017). *Contextual Design: Design for Life*. Elsevier.

Lacerda, A. L. D. (2002). Images of Brazil: a Rockefeller Archive Center Collection. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 9, 625-645. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702002000300008>

Lima, V. M. A., Rozestraten, A. S., & dos Santos, C. A. C. M. (2018). Arquigrafia: A Web Collaborative Environment for Architecture Images. In *XIX Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (XIX ENANCIB)* (pp. 4950–4965). Londrina: Universidade Estadual de Londrina. <https://repositorio.usp.br/directbitstream/8c967101-3b59-447a-84ff-35a3c0c6508a/002912575.pdf>

Lima, V. M. A., Rozestraten, A. S., dos Santos, C. A. C. M., de Azevedo Marques, E., & de Almeida Sampaio, L. (2016). Arquigrafia: um repositório digital de imagens em ambiente colaborativo web. *Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação*, 12, 103–107. <https://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/view/593>

Lima, V. M. A., dos Santos, C. A. C. M., & Rozestraten, A. S. (2020). The Arquigrafia Project: a Web Collaborative Environment for Architecture and Urban Heritage Image. *Journal of data and information science*, 5(1), 51–67. <https://doi.org/10.2478/jdis-2020-0005>

Meirelles, F. de S. (2017). *28º Pesquisa Anual do Uso de TI*. FGV EAESP.

Pierce, K. (2011). Collaborative Efforts to Preserve Born-Digital Architectural Records: A Case Study Documenting Present-Day Practice. *Art Documentation: Journal of the Art Libraries Society of North America*, 30(2), 43-48. <https://www.jstor.org/stable/41244064>

Quijano, A. (2020). *Cuestiones y horizontes: de la dependencia histórico-estructural a la colonialidad /descolonialidad del poder*. Buenos Aires: CLACSO.

Rong, S., Liu, X., & Bai, C. (2022). Innovative Research on Collaborative Design Mechanism of Cave Dwellings in Henan under Cloud Environment. *Scientific Programming*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8665362>

Rozestraten, A. (2020). *Poéticas dos lugares: entre a hegemonia e a autonomia radical das imagens – uma reflexão crítica sobre iniciativas iconográficas institucionais WEB e experiências sensíveis em Lyon e em São Paulo*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. <https://doi.org/10.11606/9786589514008>

Rozestraten, A. S., Andrade, B. M. de, & Figueiredo, F. G. (2019). *Manual de procedimentos técnicos do projeto Arquigrafia* (2º ed). São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. <https://doi.org/10.11606/9788580891348>

Rozestraten, A. S., Martinez, M. L., Gerosa, M. A., Kon, F., & Santos, A. P. O. (2010). Rede social Arquigrafia-Brasil: Estudos iconográficos da arquitetura brasileira na Web 2.0. In *Anais do Seminário Nacional Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o Uso de Tecnologias Digitais*. Salvador: Seminário Nacional Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o Uso de Tecnologias Digitais (ARQ.DOC'2010). <https://ccsl.ime.usp.br/files/publications/files/2010/ARQDOC2010.pdf>

Silva, J. M. D. C. E. (2016). Um acervo, uma coleção e três problemas: a Coleção Jacques Pilon da Biblioteca da FAUUSP. *Anais do Museu Paulista: História e Cultura Material*, 24(3), 45–70. <https://doi.org/10.1590/1982-02672016v24n0302>

Small, R. V. (2001). Developing a collaborative culture. *School Library Media Research*, 2(18), 1–5. [https://www.ala.org/sites/default/files/aasl/content/aaslpubsandjournals/slr/vol4/SLMR\\_CollaborativeCulture\\_V4.pdf](https://www.ala.org/sites/default/files/aasl/content/aaslpubsandjournals/slr/vol4/SLMR_CollaborativeCulture_V4.pdf)

Stewart, D. (2019). São Paulo pasado y presente: álbumes comparativos y la fotografía de arquitectura en Brasil. *Bitácora Arquitectura*, (41), 22–28. <https://doi.org/10.22201/fa.14058901p.2019.41.70675>

Tan, M., Tripathi, N., Zuiker, S. J., & Soon, S. H. (2010, April). Building an Online Collaborative Platform to Advance Creativity. In *Conference Proceedings of 4th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies*, 421–426. Dubai: IEEE. <https://doi.org/10.1109/DEST.2010.5610610>

Vasconcellos, M. D. P. C., & Rodrigues, J. (2006). A fotografia como instrumento do trabalho do higienista: São Paulo, primeira metade do século XX. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 13, 477–491. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702006000200014>

Verdegem, P. (2023). Critical AI studies meets critical political economy. In *Handbook of Critical Studies of Artificial Intelligence*, 302–311. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781803928562.00033>

**DO COMPUTACIONAL À FABRICAÇÃO:  
TEMAS E (DES)CAMINHOS NA AMÉRICA DO SUL**  
**FROM COMPUTATION TO FABRICATION:  
THEMES AND (MIS)PATHS IN SOUTH AMERICA**  
**RODRIGO SCHEEREN**

**Rodrigo Schereen** é Arquiteto e Urbanista, Mestre e Doutor em Arquitetura e Urbanismo. É Professor da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia. Pesquisa processos de projeto na arquitetura contemporânea, design computacional e tecnologias avançadas de fabricação digital. [rodrigoscheeren@gmail.com](mailto:rodrigoscheeren@gmail.com)  
<http://lattes.cnpq.br/8829860934484429>

## Resumo

A fabricação digital foi assimilada na América do Sul de maneira lenta, nas últimas duas décadas, mas enfrenta o desafio constante de encontrar caminhos significativos de sua aplicação nos contextos locais, diante das narrativas e modelos econômicos advindos do Norte Global. O objetivo deste artigo é apresentar uma reflexão crítica sobre as narrativas, tensionamentos e disputas por hegemonia tecnológica na relação Norte e Sul Global, a partir do panorama recente da fabricação digital, vislumbrado na América do Sul, em casos que indicam temas e tendências, estratégias de aplicação e arranjos locais. Procede por uma revisão de conceitos e eventos originários de países com economias e indústrias avançadas, analisados à luz da relação entre colonialidade e dominação. A partir do mapeamento de informações, revisão bibliográfica e sistemática, apresenta elementos que influenciam no imaginário da produção recente, no contexto sul-americano, identificando categorias temáticas que afirmam processos emergentes singulares, convergindo o digital, diversidade cultural e interseccionalidades, na produção do design, arquitetura e construção. Os resultados mostram iniciativas que buscam certa autonomia, mediante a proposição de práticas construtivas experimentais, investigações com novos materiais, inserção e democratização de atividades, inovações em produtos e na produção industrial.

**Palavras-chave:** Fabricação digital, Computacional, Apropriação tecnológica, Colonialismo digital, Sul Global

## 1 Introdução

Um dos grandes desafios para a arquitetura e o design está em expandir o ato de projetar, avançando da ideia para a execução. A utilização de técnicas e tecnologias de fabricação digital tornaram-se elemento central nos processos de desenvolvimento industrial, de inovação de produtos, auxílio em novas práticas e pedagogias, prototipagem e soluções de design. Emergem como novas formas de explorar e experimentar com sistemas avançados e automatizados. Quando mencionamos o tema, referimo-nos aos aparelhos tecnológicos que podem ser categorizados como aditivos – impressoras 3D –, subtrativos – fresadoras e cortadoras laser –, formativos – termoformadoras –, e de montagem ou flexíveis – sistemas robóticos. Contudo, a fabricação digital não se reduz às máquinas. Sua compreensão ampliada envolve, segundo Picon (2019), contradições e ambiguidades acerca de novas expressões materiais e poéticas, agendas políticas e sociais e as relações entre as dimensões objetiva e narrativa.

A fabricação digital na América do Sul enquadra-se nas dinâmicas relacionadas à noção de tecnologia apropriada (Bonsiepe, 2012), constituindo uma condição de assimetria e dependência. Essa trajetória iniciou-se lentamente nos anos 2000 e se difundiu, com mais intensidade, nos anos de 2010. As tecnologias de fabricação digital ainda não estão naturalizadas nos meios da educação, projeto e produção arquitetônica em nosso continente. Ademais, tendem a um declínio de interesses em certos setores, frente às dificuldades materiais, de continuidade sustentável das suas atividades e vinculação com o sistema produtivo. Diante deste cenário cambiante, cabe refletir sobre a diversidade cultural e interseccionalidades na produção do design, arquitetura e construção, na América do Sul, com a assimilação da fabricação digital. Surgem, assim, projetos de coexistência (Canclini, 1997), em que os impulsos renovadores não substituem as tradições locais, pois a heterogeneidade multicultural que nos caracteriza deve ser compreendida pelos termos: emancipação, expansão, renovação e democratização.

Estamos diante dos contrastes entre o Norte e o Sul Global, com suas perspectivas socioeconômicas, relações políticas e de poder, dependências, resistências e desigualdades. É a partir da instauração globalizada do meio técnico-científico-informacional que são geradas atividades, espaços, atores e tempos hegemônicos (Santos, 2013), plenos de tecnologias que fomentam processos de produção e de troca no mais alto nível, onde se instalaram as forças reguladoras da ação nos demais lugares. A globalização evoca a lógica da modernidade e da colonialidade (Mignolo, 2017), que permitiu a emergência de estruturas de controle e administração das relações econômicas, de poder, de gênero, de conhecimento e da formação da subjetividade. As dinâmicas da fabricação digital estão inseridas nesse quadro, discretamente encantando e gerando novas formas de dominação tecnológica e mercadológica, formando um modo operacional hegemônico, dependente de práticas e sistemas avançados.

Partiremos de algumas hipóteses para a reflexão: os usos da fabricação digital, nas áreas de design, arquitetura e construção, estão vinculados aos usos computacionais, exigindo domínio técnico, conhecimentos e habilidades super especializadas. Este combinado

tecnológico digital tem como condição essencial, mas não privilegiada, o seu uso exploratório e experimental em projetos e ações construtivas. Desse modo, a incorporação tecnológica, geralmente via importação, promove formas de colonialismo digital dos territórios de saber e meios de apreender culturalmente os modos de fazer, influenciando imaginários e alternativas de produção. Idealiza os caminhos possíveis a serem seguidos, enquanto lega oportunidades em atraso, desafiando os sentidos de autonomia e identidade cultural. O texto busca recuperar noções relacionadas às apropriações tecnológicas, à difusão de seus conhecimentos técnicos e à centralidade das questões socioeconômicas e culturais locais para a inovação, frente às narrativas globais.

## 2 Objetivos

A partir de uma pesquisa ampla (Scheeren, 2021), aprofundamos a reflexão crítica das relações tecnológicas Norte e Sul, sob a ótica do colonialismo digital, que determina narrativas, condições socioeconômicas, de poder e de subjetivação. Retomamos autores locais ligados à área da cultura e do design, entre outros, pela posição crítica às relações dominantes advindas do centro, ressignificando as suas ponderações em virtude das dinâmicas da fabricação digital. Apresentamos e discutimos casos da América do Sul, expandindo trabalhos prévios (Scheeren & Sperling, 2020, 2024), que representam esforços de autonomia, emancipação e contextualização da dimensão experimental com arranjos locais, mas também demonstrando variações, cadências e descompassos nos temas.

## 3 Métodos

O material apresentado surge do mapeamento de informações na Internet, revisão narrativa de conceitos e temas vinculados à perspectiva técnica e tecnológica, com base em revisão bibliográfica e revisão sistemática de publicações relativas à fabricação digital. Estudos de casos foram organizados em categorias temáticas, que surgiram como tendências na última década, abordados qualitativamente. Procedese, por fim, à discussão e reflexão crítica acerca de tensionamentos e disputas no campo da tecnologia e suas aplicações.

## 4 Panoramas norte globais

Entre centros e periferias, as estruturas dominantes produzem, além das tecnologias, discursos que se tornam hegemônicos ao longo do tempo. É o caso da fabricação digital, que emergiu como uma importante *buzzword* da cena tecnológica. Na plataforma *Google Trends*, o termo se destacou nas buscas, durante o segundo semestre de 2007<sup>1</sup>, com oscilações até 2009, mantendo um piso de interesse constante, com pequenas variações. Convém compreender por que essas técnicas e tecnologias alcançaram um estatuto próprio no Norte Global, sendo incorporadas aos meios da arquitetura, do design de produto e da construção. O primeiro tema é o da automação, preceito industrial que envolve o uso de sistemas de controle para se executar processos com precisão, eficiência e adequação logística de distribuição. Capazes de operar mediados por computadores, análise de dados e técnicas de aprendizado de máquina, equipamentos de controle numérico e robôs eliminam a presença humana em tarefas repetitivas, difíceis e perigosas.

Apesar da esperança de que a automação nos libertará de uma série de fardos e nos permitirá mais tempo livre, uma das críticas direcionadas a ela é que a geração de uma força de trabalho contínua e mais barata provoque a substituição de postos de trabalho. Essa virada pós-humana (Greenfield, 2017) remodelaria o nosso meio de vida e ação, não pelas necessidades e desejos humanos, mas dos sistemas que nos servem. Não é à toa que corporações como a *Amazon*, entre outras, buscam automatizar os seus serviços, do atendimento na Internet à seleção e empacotamento de objetos nos depósitos, guiados para otimizar a lógica do consumo. Os dados apresentados por Brynjolfsson & Mcafee (2014) indicam que o trabalho cognitivo não rotineiro e o manual não rotineiro cresceram, pois habilidades sensoriais e motoras exigem sofisticação e enorme esforço computacional, enquanto o raciocínio abstrato exige processos mais simples.

Outro tema é a Indústria 4.0, subsidiária da noção de terceira revolução industrial, um projeto gestado na Alemanha, inicialmente denominado de Fábricas do Futuro, no início dos anos 2010. A proposta visava defender a produção física, um campo em que a Alemanha era forte (Sangüesa, 2018). Esta narrativa surgiu em consonância com a proposta de Quarta Revolução Industrial, do economista fundador do Fórum Econômico Mundial, Klaus Schwab (2015), relacionada não apenas a planos de negócios, mas também de governança. A Indústria 4.0 promove a refundação da infraestrutura e dos sistemas de produção, da digitalização simples para a inovação combinada de

<sup>1</sup> Gráfico de interesse do termo fabricação digital, em inglês, ao longo do tempo: <https://trends.google.com/trends/explore?date=2004-01-01%202024-07-21&q=digital%20fabrication&hl=pt>

tecnologias, como inteligência artificial, robótica, IoT, veículos autônomos, impressão 3D, nanotecnologia, biotecnologia, ciência dos materiais, entre outros. Mais recentemente, surgiu o termo complementar Indústria 5.0, mais centrada no humano e sua colaboração com sistemas robóticos, transição verde com eficiência energética e de recursos, economia circular, além do funcionamento da indústria mais resiliente a situações externas (Madsen & Slåtten, 2023).

A inovação é outro tema recorrente, quando introduz um processo, método ou dispositivo novo de forma sistêmica, ou mesmo uma modificação significativa em algo existente. Uma das concepções de inovação conecta-se à ideia de disruptão (Christensen et al., 2015), um modelo que não só aprimora processos, produtos e serviços, mas foca nos usuários não atendidos em certos segmentos, entregando funcionalidades a um preço mais baixo, criando mercados e produtores onde antes eles não existiam. Emblemático é o caso da adaptação de máquinas em áreas não industriais, como as impressoras 3D. Depois de projetos abertos e da expiração de uma patente relacionada à tecnologia *Fused Deposition Modeling (FDM)*, máquinas de pequeno porte foram exponencialmente comercializadas por empresas como a estadunidense *MakerBot* e a chinesa *Creality*. O emprego das tecnologias de Controle Numérico e, também, o *Computer-Aided Design (CAD)* tem origem no cruzamento de interesses militares, industriais e acadêmicos, financiado pelo governo dos Estados Unidos no início da Guerra Fria, ilustrando uma visão hegemônica da tecnologia como a chave para o projeto nacional de supremacia e competitividade global (Llach, 2015).

A incorporação das tecnologias automatizadas digitalmente objetiva a recuperação do setor de manufatura em economias altamente industrializadas, pois introduz empregos mais qualificados na produção de bens e serviços, resultando também em maior produtividade e desenvolvimento. Ademais, exige a formação de uma nova classe de técnicos especialistas, que possuam habilidades para controlar os processos de manufatura utilizando as linguagens de programação. Países do Norte e Sul Global compreenderam que não se alcança um desenvolvimento econômico sustentado sem se aprimorar um setor manufatureiro internacionalmente competitivo (Hauge & Chang, 2019). Estados Unidos e países da Europa, para se manterem pioneiros na criação de máquinas e sistemas industriais avançados, repatriaram parte da produção de bens comoditizados empreendida na China e em outros países emergentes, para serem manufaturados localmente, acompanhado do retorno de alguns empregos especializados.

Muitos desses conceitos têm sua origem nas áreas da Administração, Economia e Engenharia de Produção, mas também, motivados por e direcionados a interesses governamentais, nas necessidades de economias capitalistas avançadas (Brynjolfsson & McAfee, 2014). Práticas, tecnologias e processos como esses implicam a ampliação do poder das empresas, sem alterar a tendência de concentração econômica ou a melhoria no cenário de concentração de renda (Silveira, 2018). A perspectiva transformadora para a arquitetura, o design e a construção surgiu da digitalização dos processos de produção, caracterizando-se pela customização, uso de novos materiais e técnicas, acessibilidade a maquinário e produção local. Assim, integrar tecnologias e promover transferências tecnológicas de outros setores retoma o que aconteceu nos anos de 1990, com a apropriação de materiais, métodos e processos de indústrias, como a naval, a automotiva e a aeroespacial (Kolarevic, 2005).

Os arquitetos exploraram as ferramentas digitais a fim de superar limitações geométricas e notacionais em formas mais livres e com os sistemas *Computer-Aided Manufacturing (CAM)* para a sua materialização. O uso de geometrias complexas ou irregulares, que antes eram de difícil realização, passaram a ser intensamente utilizadas por representantes da arquitetura contemporânea, como Frank Gehry, entre outros, que pavimentaram a assimilação da fabricação digital, aplicando a lógica da customização em massa. Além disso, provou-se da redução da lacuna entre o projeto e a produção, através da lógica das novas ferramentas digitais (Carpo, 2017). O acesso ao maquinário para o usuário final também contribuiu para a prototipagem de produtos, o desenvolvimento de estratégias pedagógicas e respostas para o âmbito social. A proposta de Neil Gershenfeld (2005), a partir da experiência com a disciplina *How To Make (almost) Anything*, iniciada em 1998, no *Massachusetts Institute of Technology – MIT*, conduziu ao surgimento do modelo de laboratórios *Fab Labs*, contando com o financiamento do governo dos EUA, através da *National Science Foundation*.

Projetos como este surgem como via de mão dupla. Ao se tornar uma rede de laboratórios para além dos muros da Universidade, instalados em centenas de locais pelo mundo, eles democratizariam o acesso às máquinas e equipamentos digitais, fomentando modos alternativos de produção, ao mesmo tempo que transferem modelos “enlatados” para países com distintas realidades e contextos. O estímulo inicial de abertura pode ser desvirtuado para uma lógica empreendedora, caso não exista estrutura de apoio condizente, gerando uma situação fragmentada e individualizada, distanciando-se da postulação de alternativas emancipatórias (Fonseca de Campos & Dias, 2018). Os

dispositivos de fabricação ainda são pouco úteis, custosos e alocados em locais em que menos se precisa deles, levando Greenfield (2017) a questionar se seria possível realizar uma revolução com uma impressora de \$2.000.

Implementar matrizes relacionadas à Indústria 4.0 no setor da construção envolve desafios e obstáculos. A complexidade dos empreendimentos, especificidades de cada local, quantidade de processos e participantes inter-relacionados, as incertezas relacionadas à falta de especificações, a cadeia de fornecimento fragmentada, o pensamento de curto prazo e a cultura resistente a mudanças são alguns desses fatores (Oesterreich & Teuteberg, 2016). No intuito de superá-los, laboratórios de pesquisa, universidades, centros tecnológicos e empresas incubadas nesses espaços têm desenvolvido projetos experimentais executados, que apresentam e testam técnicas, materiais e usos de tecnologias ainda não regulamentados. Exemplo disso é a *DFAB HOUSE* (Graser et al., 2021), desenvolvida pela *ETH Zurich* como parte da *NCCR Digital Fabrication*, um espaço para demonstrar um conjunto de sistemas construtivos e materiais gerados e fabricados digitalmente, com tecnologias que envolvem desde robôs produzindo no canteiro, quanto sistemas automatizados gerando pré-fabricados.

## 5 Panoramas sul globais

Distante do panorama anterior, mas não apartado dessa realidade, atores e redes constituíram-se paulatinamente na América do Sul, integrando processos computacionais avançados e a fabricação digital em múltiplas oportunidades (Scheeren, 2022). Entre afirmações e processos excludentes, as assimilações tecnológicas iniciais se somaram a certo deslumbramento e euforia acerca das novas possibilidades de modelar, prototipar e fabricar. A inserção de máquinas, como fresadoras e *routers* CNC, cortadoras a laser e impressoras 3D industriais complementaram, numa primeira etapa, as maquetarias das universidades de alguns países sul-americanos, como Chile e Brasil. Nesse ínterim, a capacidade de gerar formas e elementos complexos proporcionou um imaginário de novos caminhos criativos a serem explorados. De iniciativas particulares à difusão de práticas experimentais em currículos, pesquisas e atividades profissionais, a última década consolidou-se como um período relevante de uso das tecnologias digitais, correspondente ao demonstrado no Norte Global.

Com a ampliação dos interesses, conhecimentos e capacidade de aquisição das tecnologias, os protótipos e modelos de representação foram evoluindo para a execução de projetos em escala. Assim, houve um deslocamento das tarefas de projeto, antes concentradas nas fases iniciais do processo, para a execução de componentes de novas possibilidades arquitetônicas (García Alvarado, 2009). A partir da atualização da pesquisa, foram identificadas tendências de temas estruturadores vinculados à fabricação digital, utilizadas como categorias para organizar a exposição de alguns casos. Estes foram selecionados com base em critérios como seu surgimento nos últimos dez anos, diversidade de técnicas, estratégias e uso de tecnologias, além de resultados que apresentem esforços de emancipação, autonomia e contextualização da dimensão experimental com arranjos locais. Esta abordagem expande e complementa um trabalho prévio (Scheeren & Sperling, 2020), centrado na apresentação de artefatos que utilizaram a fabricação digital em sua concepção e execução.

Um tema recorrente é o pedagógico, seja na concepção de modelos ou de elementos lúdicos para o aprendizado. Combinando representações gráficas de edificações históricas com características ecléticas na cidade de Pelotas, no Brasil (Dametto et al., 2014), por meio de modelos em realidade virtual, realidade aumentada e impressão 3D, criaram-se registros da memória e do patrimônio da cidade. Esta documentação digital pode ser utilizada em processos de ensino na Universidade Federal de Pelotas, facilitando a visualização de características arquitetônicas, e na extensão, ao difundir informações e renovar o interesse da população pela arquitetura da cidade. Explorar padrões geométricos em composições utilizando técnicas de dobradura foi um exercício proposto na *Universidad Nacional del Litoral*, em Santa Fé, na Argentina, gerando sistemas modulares flexíveis e dinâmicos, que podem ser utilizados como peles de proteção para fachadas (Chiarella et al., 2014). Assim, unir modelagem, simulação ambiental e construção de objetos, gerando protótipos utilizando cortadora a laser e placa microcontroladora com mecanismos e sensores, aproxima as fases de concepção e execução.

O tema das ações táticas representa a aplicação das tecnologias de fabricação digital para além dos laboratórios de ensino e pesquisa, integrando comunidades externas em ações sociais. A proposta FavLab Maré foi realizada na Favela da Maré, Rio de Janeiro, Brasil, por estudantes e professores da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio e de um instituto vinculado à favela, criando uma instalação lúdica e interativa, com iluminação ativada pela voz na área externa da biblioteca das crianças (Natividade & Dias, 2019). Após oficinas conjuntas de modelagem e de projeto, o resultado obteve a participação da comunidade, executado com fresadora CNC e impressora 3D. Outro modelo de ação é o Laboratório Móvel, como faz o PRONTO3D, da Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis, Brasil. Além de difundir o conhecimento acerca das tecnologias, promove o ensino da matemática baseado em problemas,

utilizando jogos e elementos lúdicos em escolas municipais de nível fundamental, produzidos com cortadora a laser e impressora 3D (Pereira & Pupo, 2018). Através de oficinas, os estudantes criam os jogos baseados em conteúdos aprendidos em sala de aula, desenhando o projeto e entendendo como prototipar as peças para materializar suas ideias.

Novos espaços estão sendo constituídos para manipular materialidades biofabricadas, utilizando-se equipamentos digitais, principalmente impressoras 3D, para explorar técnicas e processos na geração de objetos baseados na natureza ou utilizando materiais orgânicos. Um exemplo é o Biofab.uc<sup>2</sup>, *Laboratorio de Biofabricación da Facultad de Diseño da Pontificia Universidad Católica de Chile*, em Santiago, Chile, espaço recém-inaugurado que oferece práticas de experimentação e investigação básica com materiais encontrados na região, por meio de oficinas. Outro laboratório que está se direcionando a essa área é o Fab Lab da *Universidad de Chile*<sup>3</sup>, também em Santiago, que tem desenvolvido equipamentos digitais próprios, como biomisturadores e impressoras 3D adaptadas para gerar matéria-prima própria, como bioplásticos. Cabe mencionar, também, o extenso trabalho de pesquisa com biotêxteis e bioagentes locais produzido pelo *Laboratorio de Biomateriales y Biofabricación de Valdivia*<sup>4</sup>, no Chile, que conta com expedições de seus colaboradores a territórios chilenos remotos, para a obtenção de fungos e conchas.

Ao observarmos o setor de manufatura industrial, identificamos certa disseminação das tecnologias digitais integradas desde o design à fabricação, em alguns setores ligados à construção. A Crosslam, de Suzano, Brasil, empresa especializada em produzir peças de madeira laminada cruzada (CLT), fabrica, desde 2009, painéis e estruturas sob demanda de projetos, utilizando um sistema de fresadora CNC de 5 eixos de grande porte para o corte das peças. A empresa zeromaquina, de São Paulo, Brasil, utiliza, desde 2014, fresadora CNC convencional para usinar madeira e outros materiais compósitos no design de objetos, mobiliário e componentes para a construção, oferecendo também oficinas e serviços para escritórios de arquitetura que queiram realizar projetos próprios. O Grupo MSH, localizado em Buenos Aires, na Argentina, é uma indústria que oferece serviços combinados de desenvolvimento de projetos e soluções customizadas, por meio de processos computacionais de modelagem e simulação, e fabricação, utilizando máquinas de corte a plasma e dobragem, gerando objetos personalizados em elementos metálicos para fachadas.

Na interface com o setor construtivo, a pré-fabricação digital de elementos pesados se encontra em níveis experimentais, tanto nos processos, quanto pela necessidade de máquinas em grande escala. A empresa Concreto<sup>5</sup>, de Medellín, Colômbia, criou, em 2016, um sistema de deslocamento CNC em pórtico e impressora 3D de grande formato, que, integrado a dados de projetos em BIM, permitiu a construção de um protótipo de habitação – a Casa Origami – em trinta e duas peças pré-fabricadas em concreto. Outra empresa investindo na pré-fabricação é a BAUMAX<sup>6</sup>, de Santiago, Chile, que criou uma linha de produção automatizada para a fabricação de painéis com variações de geometrias e de aberturas, efetuados por braços robóticos que cortam e alisam a argamassa depois de depositada em formas metálicas horizontais. Após moldadas, as partes das instalações são incorporadas e as peças são levadas à câmara de cura, em uma renovação do sistema de painéis KPD<sup>7</sup>, de 1972, do governo Salvador Allende, que pretendia produzir habitações em massa após o terremoto de 1971. Complementar é o trabalho de investigação desenvolvido no *Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción (CITEC)* da *Universidad del Bío-Bío*, em Concepción, Chile, que explora o uso de braços robóticos e composições entre materiais locais e concreto para a produção de peças no local e pré-fabricadas<sup>8</sup>.

Empresas e iniciativas individuais avançaram na criação de equipamentos e maquinário digital, com projetos direcionados aos setores de serviço, indústria e ação social. Uma delas é a companhia Trideo3D de Buenos Aires, na Argentina, que produz, desde 2014, impressoras 3D de pequeno porte para o público em geral, mas também máquinas de médio e grande porte que permitem a fabricação de protótipos e produtos finais para a indústria. Outra empresa é a DuraPrinter 3D, de Itaboraí, no Brasil, que, desde 2017, produz impressoras 3D no modelo Delta de pequeno e médio porte, utilizando um sistema de depósito em camadas de argila e materiais similares, para a produção

<sup>2</sup> Instagram BioFab UC: <https://www.instagram.com/biofab.uc/>

<sup>3</sup> Iniciativa “Nodo Biofabricación Digital” no Fab Lab da Universidad de Chile: <http://www.fablab.uchile.cl/proyectos/491/nodo-biofabricacion-digital/>

<sup>4</sup> Instagram LABVA: <https://www.instagram.com/somoslabva/>

<sup>5</sup> Impressora 3d de grande formato da Concreto, Colômbia: <https://concreto.com/sala-de-prensa/conozca-la-primer-impresora-3d-gran-formato-de-concreto-en-colombia/>

<sup>6</sup> Reportagem sobre a fábrica automatizada da Baumax, Chile: <https://construye2025.cl/2024/08/29/boetsch-y-spoerer-ingenieros-revelador-caso-de-integracion-temprana-en-proyecto-habitacional-con-sistema-baumax/>

<sup>7</sup> Sistema de painel pré-fabricado “KPD”, Chile: <https://www.archdaily.cl/cl/623067/en-detalle-especial-sistema-de-panel-prefabricado-kpd>

<sup>8</sup> Quiosque impresso 3D em concreto na Universidad del Bío Bío, Chile: <https://www.archdaily.com/1011919/3d-printed-cabin-universidad-del-bio-bio>

de artefatos cerâmicos. O desenvolvimento de um projeto de pesquisa orientou a construção de uma fresa CNC de baixo custo, inserida no contexto complexo de uma favela em Belo Horizonte, Brasil (Bernardo & Cabral, 2014). A iniciativa propõe um modelo alternativo e não dependente das máquinas comercializadas, contribuindo para a diversidade na produção de objetos a partir das necessidades locais, com o desafio da adaptação cultural deste equipamento, aliando alta e baixa tecnologia.

A diversidade dos temas expostos acompanha tendências que ocorreram na Europa, nos Estados Unidos e no Japão, como a construção 4.0, sustentabilidade e ciclo de vida da construção, economia circular, integração tecnológica multidisciplinar e formação técnica especializada. O interesse e encantamento no Sul Global surgiu dessa dimensão narrativa originária no Norte Global, enfocada na digitalização das cadeias produtivas e baseada em combinações de tecnologias. Tornaram-se, assim, espaços hegemônicos, que conceberam tecnologias hegemônicas e estabeleceram “novas formas de produzir” (Santos, 2013, p. 58), determinando hierarquias, transferência de conhecimentos, de técnicas e de tecnologias. Similarmente, a China está na primeira linha do desenvolvimento de sistemas automatizados de produção no Sul Global, e conta com uma longa trajetória de manufatura de componentes a baixo custo. Assim, o que se cria, via a canalização de equipamentos antes circunscritos às fábricas de manufatura para o setor de design, arquitetura e construção, são nichos em que a venda das tecnologias beneficia países centrais, por meio da transferência de recursos financeiros (Bonsiepe, 2012).

Esta situação demarca a concentração da tarefa de inovação tecnológica nos centros, enquanto nos leva à condição de importadores, por meio de uma transferência material e cultural (Bonsiepe, 2012). Além das narrativas, traz para o Sul Global o potencial exploratório de máquinas que executam procedimentos complexos de maneira automatizada e com efeitos diversos sobre e a partir da materialidade. Diferentemente do que Picon (2019) aponta, a assimilação da fabricação digital, em nossa realidade, não decorre da nostalgia pela restauração da unidade perdida entre quem projeta e quem executa, como acontecia na época dos artesãos, que tinha John Ruskin como defensor. Não se trata de um mero uso devido ao apreço pela produção ornamental. A incorporação da fabricação digital consiste, inevitavelmente, em avanços nos níveis de industrialização da produção e, para o usuário fora desses setores, meios de produzir respostas a necessidades mais urgentes. O desafio está em desenvolver, nas matrizes locais, objetos emancipatórios que não forneçam motivo para novas necessidades e dependências (Bonsiepe, 2012), para além das já existentes.

Como percebemos nos casos apresentados, a autonomia sempre aparece de maneira condicionada. Quando as atividades que visam resolver desafios de ensino ou ampliar e descentralizar ações em comunidades estão limitadas ao uso das tecnologias disponíveis, em parte influenciado por narrativas de modelos externos. Quando, pelos novos materiais extraídos de ambientes locais, surgem os desafios de adaptar ou criar máquinas que possam processar as suas especificidades e resultar em projetos partindo de modelos próprios. Quando, na oportunidade de se fabricar elementos complexos, em escala real e com durabilidade, há pouca flexibilidade nos modos de fazer, devido à assimilação do maquinário disponível no mercado e à pouca identificação cultural da produção com certames locais. Quando, na criação de maquinários localmente, estes surgem na dependência de outros projetos utilizados como referências. Constatamos avanços em iniciativas privadas e, também, no âmbito profissional e acadêmico, indicando maior pervasividade das tecnologias e oportunidades de aplicação.

A situação híbrida emerge de maneiras variadas nos diferentes temas. O âmbito pedagógico usufrui da mediação de protótipos para facilitar a interpretação de algumas condições de campo locais com novos instrumentos, seja pela valorização da história e da sua narração, ou através da materialização de projetos adaptados às condições climáticas e à linguagem arquitetônica. Nas ações táticas, há um sentido de sensibilização via a aproximação das tecnologias digitais às distintas realidades e cotidianos, promovendo a participação de não especialistas com profissionais. Nas materialidades biofabricadas, o panorama cultural da natureza existente é institucionalizado e se funde com as formas tradicionais de se trabalhar com os equipamentos. No design à fabricação, há a sinergia entre atores de diversas áreas e disciplinas para a concepção e materialização. A pré-fabricação digital rearticula proposições de projetos historicamente existentes ou de demandas existentes com novas formas de produzir. Na criação de maquinário, há a tentativa de se estabelecer desdobramentos locais com tecnologias adaptadas de projetos globais.

A acessibilidade à fabricação digital pode, por vezes, restringir-se pelo tipo de trabalho intelectual empregado, pois exige uma capacidade de controle informacional e de adaptação dos mesmos maquinários para diversas finalidades de uso. Quando se alcança este nível de especialização produtiva, ele se deve muito mais às condições técnicas e sociais do que aos recursos naturais (Santos, 2013). Logo, compreende-se o motivo de esta situação tornar-se ambígua ou até contraditória. Para alcançar um alto nível tecnológico, é necessário um

aprendizado condicionado aos padrões de funcionamento de cada máquina, configurados previamente em seus locais de origem e com seus propósitos determinados. Isso afasta não iniciados de se envolverem diretamente com o seu manuseio, quase sempre exigindo uma mediação. Apesar de as tecnologias viabilizarem variações de objetos com facilidade, há limitações nas ferramentas digitais disponíveis, que não permitem uma expansão de suas funcionalidades. Isto determina subjetividades atreladas à tendência de copiar modelos e projetos de maneira não crítica, obliterando formas de inovação que possam auxiliar em processos para a solução de problemas vinculados ao território e à escala local (Fonseca de Campos & Dias, 2018).

## 6 Considerações finais: caminhos, descaminhos e futuros possíveis

As tendências apresentadas emergem de um escopo mais amplo, como aquelas que se têm destacado na última década, indicando temas, aplicações e estratégias relevantes e atuais, vinculadas às tecnologias de fabricação digital na América do Sul. O cenário apresentado reforça potencialidades e limitações do Sul Global frente ao Norte Global. Para que se reforce a autonomia das dinâmicas culturais e sociais já existentes, não basta pensarmos em modos de apropriação das tecnologias, mas no desenvolvimento de projetos próprios, evitando-se a mera capacidade reprodutiva e certa autocolonização, pela dependência cultural (Bonsiepe, 2012). Esta dimensão cultural da fabricação digital é uma constante cena de disputa, em que o mesmo processo que integra e híbrida, também segregá (Canclini, 1997). Na ordem dos discursos do Norte Global, tenta-se manter a ordem econômica mundial de alguns setores sobre certas regiões, em detrimento de atrasos em outras, gerando assimetrias.

Cabe fomentar uma abordagem que permita a criação de processos, protótipos e artefatos, considerando as limitações do maquinário disponível, além de outros meios analógicos e digitais complementares, com os resultados destinando-se a soluções práticas e condizentes aos problemas locais. Para que as tecnologias contribuam de maneira significativa em termos de inovação social, é preciso “uma conjugação de esforços de diversos atores e instituições, incluindo governo, ensino, pesquisa e setor produtivo” (Bonsiepe, 2012, p. 15). Fab Labs e iniciativas individuais têm seus altos e baixos ao longo do tempo e, principalmente quando não estão associados a alguma instituição mantenedora, tornam-se centros de serviços. Redes de colaboração entre agentes, universidades e centros de pesquisa têm um papel importante na apreensão de saberes, difusão de conhecimentos, atividades de formação, inclusão social e conexão com o sistema produtivo.

Os casos apresentados traduzem uma busca pela automação, abertura dos processos e compartilhamentos através do ensino em diversos âmbitos. Apesar dos ditames da Indústria 4.0 estarem sendo integrados de modo fragmentado, há um enorme potencial a ser explorado em termos de técnicas construtivas e novos materiais. Com a constante necessidade de se inovar localmente, é plausível pensar em fábricas ou centros tecnológicos acessíveis para o desenvolvimento de projetos que poderiam ser vinculados “a um setor industrial ou a um arranjo produtivo local, em forma de associações ou cooperativas” (Bonsiepe, 2012, pp. 50-51). Contudo, a capacidade criativa vinculada às aplicações da fabricação digital também deve levar em conta aquilo que exalta o fator humano e sobrepuja os pretensos automatismos: os improvisos, as gambiarras e as desobediências.

## Referências

- Bernardo, M. V., & Cabral, J. d. S. (2014). Fabricação digital e variedade fora do contexto industrial. In *Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Design in Freedom* (pp. 320–323). Blucher. <http://dx.doi.org/10.5151/despro-sigradi2014-0063>
- Bonsiepe, G. (2012). *Design como prática de projeto*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. New York: W. W. Norton & Company.
- Canclini, N. G. (1997). Culturas híbridas y estrategias comunicacionales. *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas*, 3(5), 109-128.
- Carpo, M. (2017). *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*. Cambridge: MIT Press.
- Christensen, C. M., Raynor, M. E., & McDonald, R. (2015, dezembro). *What Is Disruptive Innovation?*. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2015/12/what-is-disruptive-innovation>

Chiarella M., Lopaczek S., Góngora, N., Raffin, A., Martini, S., & Bressan F. (2014). Pieles Arquitectónicas Dinâmicas. Protótipos a escala mediante prototipado rápido, microcontroladores y patrones plegados. In *Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Design in Freedom* (pp. 96–100). Blucher. <https://dx.doi.org/10.5151/despro-sigradi2014-0015>

Dametto, A. P., Pires, J. d. F., Veiga, M., & Silva, A. B. A. d. (2014). Representações de Patrimônio Arquitetônico: para documentar, difundir e tocar. In *Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Design in Freedom* (pp. 487–490). Blucher. <https://dx.doi.org/10.5151/despro-sigradi2014-0099>

Fonseca de Campos, P. E., & Dias, H. J. d. S. (2018). A insustentável neutralidade da tecnologia: o dilema do Movimento Maker e dos Fab Labs. *Liinc Em Revista*, 14(1). <https://doi.org/10.18617/liinc.v14i1.4152>

García Alvarado, R. (2009). Modelos Constructivos por Fabricación Digital. *Proceedings of the 13th Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics* (pp. 16–18). Blucher. [http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2009\\_676.content.pdf](http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2009_676.content.pdf)

Gershenfeld, N. (2005). *FAB: The Coming Revolution on Your Desktop – From Personal Computers to Personal Fabrication*. New York: Basic Books.

Graser, K., Kahlert, A., & Hall, D. M. (2021). DFAB HOUSE: implications of a building-scale demonstrator for adoption of digital fabrication in AEC. *Construction Management and Economics*, 39(10), 853–873. <https://doi.org/10.1080/01446193.2021.1988667>

Greenfield, A. (2017). *Radical Technologies: The Design of Everyday Life*. New York: Verso.

Kolarevic, B. (2005). *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. New York: Taylor & Francis.

Llach, D. C. (2015). *Builders of the Vision: Software and the Imagination of Design*. New York: Routledge.

Madsen, D. Ø., & Slåtten, K. (2023). Comparing the Evolutionary Trajectories of Industry 4.0 and 5.0: A Management Fashion Perspective. *Applied System Innovation*, 6(2), 48–69. <https://doi.org/10.3390/asi6020048>

Mignolo, W. D. (2017). Colonialidade: o lado mais escuro da modernidade. *Revista Brasileira De Ciências Sociais*, 32(94), 1–18. <https://doi.org/10.17666/329402/2017>

Natividade, V., & Dias, S. (2019). FavLab Maré Edition. In *Proceedings of 37 eCAADe and XXIII SIGraDi Joint Conference: Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution* (pp. 349–358). Blucher. [https://dx.doi.org/10.5151/proceedings-ecaadesigradi2019\\_552](https://dx.doi.org/10.5151/proceedings-ecaadesigradi2019_552)

Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the Implications of Digitisation and Automation in the Context of Industry 4.0: A Triangulation Approach and Elements of a Research Agenda for the Construction Industry. *Computers in Industry*, 83, 121–139. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>

Pereira, J. S. M., & Pupo, R. T. (2018). Learning Math and Digital Prototyping with Mobile Digital Fabrication Lab. In *Proceedings of the XXII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Technopolitics*, 1078–1083. Blucher. <https://dx.doi.org/10.5151/sigradi2018-1659>

Picon, A. (2019). Digital Fabrication, Between Disruption and Nostalgia. In C. Ahrens, & A. Sprecher (Eds). *Instabilities and Potentialities: Notes on the Nature of Knowledge in Digital Architecture*, 223–238. New York: Routledge.

Sangüesa, R. (2018, 17 de julho). *The 4.0 Revolution and its Tunes*. CCCBLAB. <https://lab.cccb.org/en/the-4-0-revolution-and-its-tunes/>

Santos, M. (2013). *Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e meio técnico-científico informacional*. São Paulo: Edusp.

Scheeren, R. (2021). *Fabricação digital na América do Sul: laboratórios, estratégias, processos e artefatos para o design, a arquitetura e a construção*. [Tese de Doutorado, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/T.102.2021.tde-05042022-173034>

Scheeren, R. (2022). Outros olhares para a práxis no design e na arquitetura. Notas sobre o princípio do uso das tecnologias de fabricação digital na América do Sul. *AREA*, 29(1), 1–14. <https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/area/article/view/2091>

Scheeren, R., & Sperling, D. M. (2020). Aplicações da fabricação digital em arquitetura, design e construção: processos de apropriação tecnológica e adequação sociotécnica em experimentos na América do Sul. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 15(3), 81–95. <https://doi.org/10.11606/gtp.v15i3.166255>

Scheeren, R., & Sperling, D. M. (2024). In between revolutions or the state of digital fabrication technologies in South America academia: a systematic and critical review. In *Proceedings of the XXVII International Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Accelerated Landscapes* (551–562). Blucher. <https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/sigradi2023/467.pdf>

Schwab, K. (2015, 12 de dezembro). *The Fourth Industrial Revolution. What It Means and How to Respond*. Foreign Affairs. <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>

Silveira, S. A. (2018). Revolução tecnológica, automação e vigilância. *COMCIÊNCIA (UNICAMP)*, 195. <https://www.comciencia.br/revolucao-tecnologica-automacao-e-vigilancia/>

**DO VOO DO PÁSSARO AO OLHAR DEBRUÇADO: O VIRTUAL COMO MÉTODO  
FROM A BIRD'S FLIGHT TO AN OVERLOOKING GAZE: VIRTUALITY AS A METHOD**  
PEDRO HENRIQUE VALE CARVALHO

**Pedro Henrique Vale Carvalho** é Arquiteto e Urbanista, Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Mestre em Planejamento Urbano e Design da Informação e Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP). Atualmente integra a equipe de São Paulo na construção da Rede Moradia-Assessoria, rede nacional que articula discussões sobre as Condições da Moradia Popular e Práticas de Assessoria Técnica no Brasil. [pedrocarvale@usp.br](mailto:pedrocarvale@usp.br) <http://lattes.cnpq.br/9771992793628919>

## Resumo

Objetos, conceitos e imagens apenas são apreendidos plenamente quando contextualizados em suas dimensões temporais e interpretativas. A montagem, como método, inclui sua própria desmontagem, revelando a complexidade intrínseca dos objetos e das imagens. Propõe-se, neste artigo, o exercício de uma tríade dialética – monta-desmonta-remonta –, onde imagens e significados são reinterpretados constantemente quando mobilizados para informar as realidades do Sul Global. Com a massificação de plataformas digitais, como o *Google Street View*, houve uma transformação na forma de colecionar e interpretar imagens, facilitando novas interações e apropriações, a partir da generalização de fenômenos. Este artigo apresenta uma metodologia de pesquisa baseada na virtualidade, usando o aplicativo *Street View* para analisar camadas autoconstruídas – os puxadinhos – em conjuntos habitacionais, identificando um movimento, quando conectamos o Olhar Aéreo ao Olhar Debrucado, frente à visão participante nos territórios. A coleta de imagens de conjuntos habitacionais em várias cidades brasileiras e latino-americanas destaca a presença de camadas autoconstruídas, desafiando a visão hegemônica do Conjunto Habitacional como solução total e demonstrando uma generalização da autoconstrução nos países do Sul Global. Defende-se a incorporação de tecnologias para ampliar a compreensão dos territórios, enfatizando a necessidade de se observar a cidade a partir das imagens cotidianas que a produzem, que seguem capitalizadas, mas não se sobrepõem à necessidade de se manter os pés nos territórios.

**Palavras-chave:** Imagens, Google Street View, Representações, Métodos científicos, Arquitetura popular

## 1 Introdução

Em *Remontée, remontage (Du temps)*, Didi-Huberman (2007, 2016) afirma que as coisas, reais e abstratas, só aparecem quando tomam posição, quando estão situadas em sua origem e em seu fim, no passado, no presente e no futuro. Não apenas no que o historicismo nos apresenta, mas enquanto construções complexas, sujeitas às múltiplas camadas de interpretação e apropriação. A montagem existe, assim, como um procedimento metodológico que também tem como ancoragem a sua própria desmontagem (Didi-Huberman, 2007). Este movimento, repensado e reconfigurado, predispõe rupturas que podem conter e desvelar dinâmicas e condições inerentes ao que se posiciona ou que se pretende posicionar. Camadas outras que reafirmam a complexidade dos objetos, das imagens, dos sentidos e das associações às quais esses elementos devem ser submetidos.

Como um movimento dialético tensionador das representações do Sul Global, podemos então pensar a construção de uma tríade da montagem a partir da coleção de imagens (MONTA - DESMONTA - REMONTA). Enquanto tese, antítese e síntese, esta tríade existe a partir da sua “negação e superação ao mesmo tempo” (Didi-Huberman, 2010, p. 180) e do reconhecimento de suas contradições, que informam ao passo que resultam da análise das imagens. Atribuímos, portanto, valores e sentidos, à medida que as mobilizamos, aproximando-as ou distanciando-as dos seus sentidos, sendo reapresentadas.

Aby Warburg, ao seu modo, também materializou esta tríade. Em seu *Atlas Mnemosyne (Der Bilderatlas Mnemosyne, 1924-1929)* e em sua Biblioteca sobre Ciências da Cultura (*Kulturwissenschaftliche Bibliothek Warburg*), é possível perceber a visualização desse “sistema complexo de imagens” (Samain, 2011, p. 39) e de livros montados, desmontados e remontados em seus significados. Agrupadas em mosaicos e por relações de vizinhança, a ação de colecionar essas imagens permite tensionar o que eram as posições dos sentidos e dos objetos, em uma cronologia da história e da arte que, até aquele momento, se mostrava encadeada em certa estabilidade, a partir dos eventos históricos, e na construção de uma identidade narrativa. Significa que, em se tratando das imagens, a criação de um movimento, a sua mobilização, ou seja, a ação de montar e desmontar a própria realidade, fornece informações e leituras importantes acerca da construção de significados sobre as dinâmicas e as coisas.

Com as transformações provocadas pela Internet na forma como operamos as imagens – o estabelecimento de uma “economia das imagens”<sup>1</sup> (Gunthert, 2009, p. 2, tradução nossa) –, observamos uma simplificação da disponibilização de conteúdo *online* associada à maior interação entre os usuários. Determinada pela lógica digital, também observamos uma mudança de paradigma na forma como

<sup>1</sup> Do original em francês: “l'économie des images”.

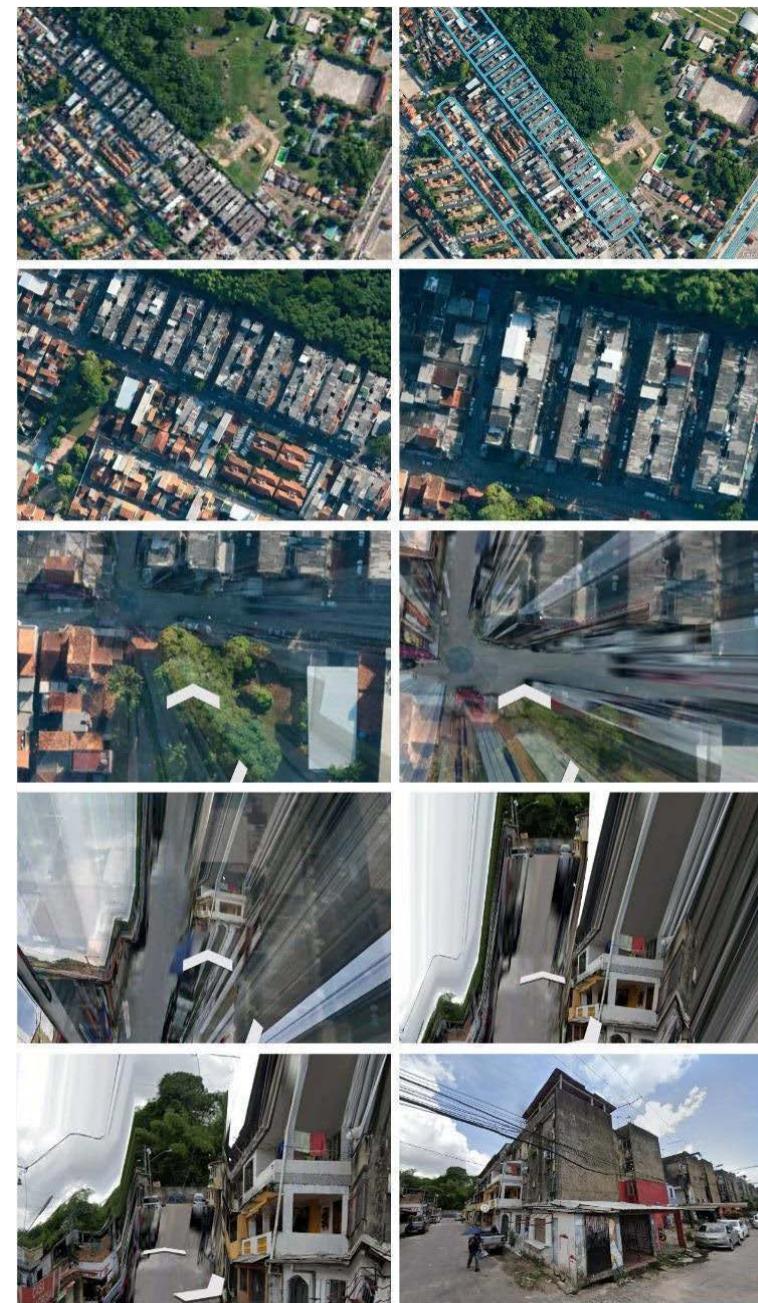
colecionamos as imagens, ou em como elaboramos a sua montagem. A facilidade do acesso viabiliza a apropriação das imagens pelos usuários, ampliando suas possibilidades e transformando o modo como a ação de colecioná-las se materializa no campo das representações. Esta realidade não somente posiciona as imagens e as representações em um novo patamar – agora também virtual – mas tende a generalizar a sua presença. Neste sentido, a tendência de se atribuir ao real as percepções que temos a partir das imagens, como afirma Susan Sontag (2004), reforça a capacidade de controle que as imagens podem exercer sobre a coisa representada.

Um desses exemplos de generalização das imagens é a Plataforma *Google Street View*. Lançada em 2007, mas concebida por Larry Page desde 2004, a plataforma surgiu como uma ideia complexa de mapeamento através das imagens e com o objetivo principal de criar um mapa em 360 graus do mundo. Dezessete anos após seu lançamento, a plataforma alcançou cento e dois países e territórios, incluindo grandes barreiras de corais, fiordes na Groenlândia e desertos, em um sistema de navegação com rotas virtuais sobrepostas ao mundo real, que reúne bilhões de imagens panorâmicas capturadas pelos equipamentos *Google* e por colaboradores locais.

É sobre estas duas bases da representação e sobre a ideia de uma tríade dialética da coleção de imagens que este artigo está ancorado. Também tenciona apresentar a construção de uma metodologia de pesquisa ancorada na virtualidade, a partir da coleção de imagens, utilizando a ferramenta *Street View*, que apresenta as materialidades construtivas dos puxadinhos em relação às preexistências dos conjuntos habitacionais, como expressão de uma desigualdade socioespacial (Carrasco, 2015, 2017). Este artigo é informado pela metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa de doutorado<sup>2</sup> intitulada “Puxadinho: desvelando camadas autoconstruídas na provisão pública de moradia”. Procura ilustrar o movimento existente entre o Voo do Pássaro e o Olhar Debruçado sobre os territórios, em um trabalho de identificação da prática da autoconstrução – que apresenta um considerável dinamismo – em realidades urbanas de cidades brasileiras, tensionadas com exemplares em outros contextos latino-americanos, constituindo manifestações de um Sul Global capitalista periférico.

Este movimento digital, bem como a sua fragmentação, estabelece um método que identifica camadas autoconstruídas e suas interações com o meio. As considerações resultam, principalmente, da ação de colecionar, montar, desmontar e remontar as imagens, destacando desse espaço uma sequência de capturas/*frames* que tratam de posicionar os objetos, no que descrevemos como um movimento que concretiza o salto entre o Voo do Pássaro e o Olhar Debruçado. Esta tríade dialética é também reapresentada pelo vórtex e pelo movimento retilíneo e digital, que resulta de um deslocamento da própria imagem, como podemos observar na decupagem presente na figura 1.

<sup>2</sup> Pesquisa de doutorado em desenvolvimento no Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAU USP. Vinculada ao Laboratório de Habitação e Assentamentos Humanos – LabHAB, com financiamento CAPES.



82

**Fig. 1:** Decupagem demonstrando o Vórtex do Voo do Pássaro ao Olhar Debruçado. Conjunto Império Amazônico (Belém-PA). Fonte: Google Street View adaptado e elaborado pelo Autor, 2024.

Replicando esse movimento, chegamos a um grande grupo de casos formado por cinquenta Conjuntos Habitacionais em treze cidades brasileiras (Belém/PA, Macapá/AP, Fortaleza/CE, Recife/PE, João Pessoa/PB, Campina Grande/PB, Salvador/BA, Maceió/AL, Belo Horizonte/MG, São Paulo/SP, Rio de Janeiro/RJ, Porto Alegre/RS e Alvorada/RS) e oito cidades em contexto Latino Americano (Barranquilla/COL, Santiago/CL, Havana/CUB, Cidade do México/MX, Buenos Aires/ARG, Lima/PE, Bogotá/COL e Montevidéu/UY). Este grupo pincela, inicialmente, a presença dessas camadas de autoconstrução em diálogo com uma estrutura de provisão pública de moradia – os conjuntos habitacionais –, que existem enquanto soluções exíguas e descoladas das necessidades e anseios no campo do habitar. Também demonstra a ampliação da capacidade de varredura territorial que o espaço digital e sua mediação proporcionam, enquanto procedimento metodológico.

Como um exercício metodológico que pousa no cotidiano, a partir de uma mediação realizada no e pelo mundo digital rumo a um olhar participante, este artigo e suas estruturas materiais e virtuais oportunizam uma visão multiescalar e transdisciplinar das discussões que operam na realidade sociopolítica e habitacional do Sul Global. Engendrado em um capitalismo periférico e uma disputa por hegemonia, o

grupo de países que almeja partilhar de uma mesma posição, no que se refere ao desenvolvimento tecnológico e digital, se permite hospedar as tecnologias que revelam, mas também capitalizam seus próprios cotidianos, como é o caso da plataforma *Google Street View*. A partir deste tensionamento complexo, estimulamos o debate através dos limites e perspectivas dos meios digitais, que colonizam, ao mesmo tempo que podem atuar como mediadores de análises e pesquisas sobre o cotidiano, as imagens, as condições da moradia popular e o acesso à cidade e à habitação.

Resguardadas as complexidades e variedades de conjunturas que conduzem o desenvolvimento e planejamento urbano deste agrupamento de cidades, bem como sua formação, a temporalidade e forma de elaboração das políticas públicas urbanas de provisão habitacional, temas que contextualizam o artigo, acredita-se que o processo de colecionar e montar as imagens permite uma aproximação mais ampla e panorâmica da presença de puxadinhos na provisão pública de moradia. Para além, indica uma aproximação preliminar da hipótese que conduz a pesquisa de doutorado que comunica este artigo, ou seja, a identificação de um processo de generalização da autoconstrução que tensiona a forma Conjunto Habitacional como solução total inócuia para a condição da vida e da moradia, em territórios populares, na periferia do capitalismo.

## 2 Do Voo do Pássaro ao Olhar Debruçado

Sabemos que as imagens não revelam a verdade de uma realidade (Didi-Huberman, 2007, 2016). Sabemos, entretanto, que elas “criam, ao mesmo tempo, um sintoma, como uma interrupção do saber e um conhecimento, como uma interrupção do caos” (Didi-Huberman, 2007, p. 214). Elas contêm e nos apresentam elementos que os mapas e as imagens aéreas ausentam. Este movimento intermediário e mediador do salto entre o voo do pássaro e o olhar debruçado – enquanto olhar que existe em excesso – parte de uma identificação do território dos conjuntos habitacionais e de uma aproximação que desloca a imagem, a partir de um ponto de referência. Trata-se de uma imagem que captura um momento, uma imagem dialética que se torna legível no presente, no real e no digital, como bem conceitua Walter Benjamin (1955).

Este procedimento digital e mediado, que aqui chamaremos de movimento, assim como na Física, representa a situação em que a posição de um corpo muda em relação a um referencial, no decorrer de certo intervalo de tempo, demandando um olhar apurado sobre a morfologia das cidades. Perpassa, portanto, a ação de desaplanar o olhar (Sousanis, 2017) no salto entre o voo do pássaro, a imagem aérea, o mapa, o satélite, por um lado, e o olhar debruçado ao nível do solo, a incursão nos territórios e a ferramenta *Street View*, por outro lado. O uso desse movimento reafirma não apenas a inevitabilidade de incorporar tecnologias e ferramentas no processo de pesquisa, mas, principalmente, a necessidade de se olhar para os territórios a partir do que eles realmente são e da importância que as imagens – temporal e territorialmente situadas – têm para a compreensão das cidades e suas dinâmicas.

Em tempos de drones e imagens de satélite, com atualizações em espaços de tempo cada vez mais curtos, chamamos a atenção para a permanência do protagonismo dado ao olhar aéreo, planificado, ao Voo do Pássaro, quase como um fetiche sobre o mapa, em detrimento do olhar debruçado (Didi-Huberman, 2015) e desaplanado (Sousanis, 2017). Conforme o campo acadêmico ampliado da Arquitetura e do Urbanismo exalta o “poder da vista aérea” (Taylor-Foster, 2015, p. 1), outro campo tenta entender como a paisagem urbana – portanto, também a prática do planejamento urbano – serão impactados por uma produção massiva de drones e pela crescente ocupação do espaço aéreo das cidades (Rawn, 2015, tradução nossa). Estas não são questões antagônicas, mas complementares. Quando tratamos de uma dependência dos arquitetos e planejadores em relação às representações em planta, evidenciamos a permanência da convenção das projeções ortográficas como forma total de representação. Foster (2015) indica uma limitação estilística da representação em planta para compreensão da complexidade do urbano, mas credita às fotografias aéreas e às vistas de topo a superação desta insuficiência.

Acreditamos na ideia propagada por Taylor-Foster (2015), segundo a qual as fotografias aéreas capturam sombras perfeitas, padrões inesperados, áreas de solo desgastado e composições de telhados, além dos vestígios de pessoas, animais e veículos trazem a arquitetura e o urbano à realidade? De acordo com os termos de Henri Lefebvre (1991), sim e não. Essencialmente, o exercício visual de identificar marcas cotidianas em imagens muito ganha com a apropriação das novas formas de captura e coleção pela Arquitetura e pelo Urbanismo, mas não podemos garantir a este formato um poder totalizante de percepção. Trabalhamos com uma infinidade de territórios que contêm especificidades, sobretudo quando tratamos de territórios populares. Trabalhamos com uma morfologia complexa e mutável de cidade,

observada na Figura 2, que muito se distancia da estabilidade e fixidez preservada dos projetos arquitetônicos e urbanos. Neste sentido, apenas a percepção aérea e ampla desses territórios não parece suficiente para a compreensão de sua totalidade.



84

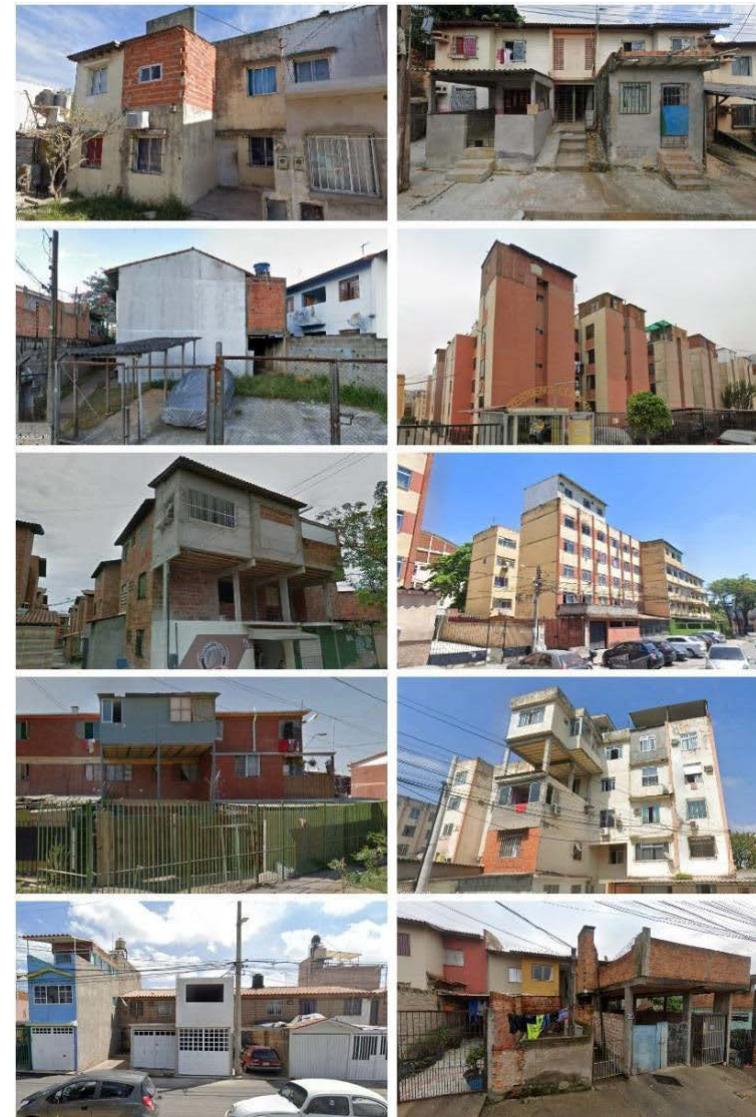
**Fig. 2:** O Voo do Pássaro. Fonte: Google Street View adaptado pelo Autor, 2024

Apesar disso, e à primeira vista, a compreensão de Taylor-Foster não parece de todo imprecisa. Se considerarmos a contribuição das imagens aéreas feitas por drones, ortofotos e restituições aerofotogramétricas para o mapeamento de favelas e comunidades populares (Dimitrov & Alvim, 2021), enquanto territórios que nem sempre constam dos mapeamentos oficiais, as imagens de topo podem permitir alguma superação da carência de informações sobre esses territórios, mas, sobretudo, novas possibilidades para seu levantamento, análise e intervenção. Podemos observar isto a partir do que Foster (2015, p. 3) considera como “uma lacuna entre o tangível e o intangível”, mostrando o contexto urbano e as condições naturais dos territórios que não comparecem em plantas e projeções ortográficas, mas que figuram nas imagens de drone e nas novas plataformas de coleção de imagens.

Também entre o tangível e o intangível situamos este artigo, em um espaço intermediário. Ainda que seja impossível desconsiderar as contribuições das imagens aéreas nas formas de representação dos territórios populares e em sua análise com maior complexidade de camadas, a hegemonia desta forma de ler a arquitetura, transportada para a forma de ler a cidade, potencializada pelo acesso aos serviços de mapeamento *online* e por um ensino da arquitetura e do urbanismo que parte da planificação, também simplifica a nossa assimilação desses territórios e das dinâmicas ali presentes. Por este motivo, refletimos, neste artigo, acerca de um método que acomode novas tecnologias e virtualidades, mas que incorpore o que consideramos como um movimento entre o Voo do Pássaro e o Olhar Debruçado, para desvelar dinâmicas possivelmente apagadas pela proeminência de uma única visão da cidade, do cotidiano e da própria arquitetura.

Esta visão, combinada com o conjunto de dados valiosos que as experiências empíricas nos fornecem, ainda não nos instrumentaliza com uma percepção total da realidade, mas nos aproxima ainda mais dela.

Entendemos que, no caso da autoconstrução e dos conjuntos habitacionais, esta reflexão fica ainda mais evidente. A cartografia e as imagens aéreas (figura 2), importantes ferramentas e linguagens para elaboração de análises sobre inserção urbana, regularização fundiária, densidade construtiva, topografia, bem como para o estudo de sintaxe espacial e de morfologia urbana, apresentam limitações quando confrontadas às imagens debruçadas, representadas na figura 3. As formas próximas e as formas distantes de olhar e conceber o espaço (Cazetta, 2009) apresentam, de um lado, camadas de inserção urbana e formas de relação com o entorno, mas, por outro lado, mascaram a presença de camadas autoconstruídas, os puxadinhos. Mais do que isso, reafirmam leituras dos conjuntos habitacionais como construções estanques e estáticas, que não se transformam, pois são consideradas, em sua origem e fim, como soluções arquitetônicas totais.



85

**Fig. 3:** O Olhar Debruçado. Fonte: Street View adaptado pelo Autor, 2024

Na figura 3, temos, em movimento e tensionamento, da esquerda para a direita e de cima para baixo, os seguintes territórios: Villa Tranquila (Buenos Aires, Argentina), Cidade Tiradentes (São Paulo, Brasil), Conjunto Miguel Arraes (Fortaleza, Brasil), Conjunto Habitacional Oscar Castro (Santiago, Chile), Unidad Ex Lienzo Charro (Cidade do México, México), Residencial Raimundo Cardoso I (Belém, Brasil), Residencial Campoy (Lima, Peru), Conjunto Rua da Gazela (Rio de Janeiro, Brasil), IAPI Padre Miguel (Rio de Janeiro, Brasil) e Conjunto Porto Novo (Porto Alegre, Brasil). Este grupo de imagens, parte de uma coleção maior de exemplares, demonstra a capacidade expansível

que os espaços virtuais têm – a exemplo do *Street View* – de permitir uma aproximação inicial de um complexo conjunto de territórios, a partir do posicionamento das imagens e de sua posterior coleção. Estes espaços partilham dinâmicas semelhantes, apesar de estarem em condições conjunturais latino-americanas distintas.

Esta operação imagética não é, portanto, meramente instrumental. Ela é criticamente informada e objetivamente tensionadora. O olhar panorâmico e debruçado, agora também mediado por dispositivos técnicos, exige, ainda, um repertório prévio sobre a morfologia típica de conjuntos habitacionais, de forma que a busca imagética, através do olhar de pesquisador, é requisito para o achado investigativo e a crítica da própria forma. Existe, então, uma ação participante através desta operação repetitiva, que sempre poderá ser complementada em campo. Como condições bastante distintas, não hierárquicas, a passagem entre o olhar debruçado virtualmente mediado e o olhar participante são igualmente importantes e complementares.

Isto posto, consideramos que apenas o olhar panorâmico sobrepujante das imagens aéreas, em conjunto com uma visão debruçada participante, pode nos aproximar do que são as dinâmicas reais presentes nesses territórios. Note-se que não tencionamos, aqui, apresentar uma solução total, mas um meio de aproximação, um espaço intermediário que tem as imagens e a sua coleção como ponto de partida e não como um fim em si mesmas. Muitas são as contradições quando optamos por instrumentalizar uma pesquisa científica por uma ferramenta *online*, principalmente uma ferramenta que se apresenta como percepção totalizante e abrangente da realidade. Para complexificar o debate, pensemos em uma das relações mais complexas até hoje, a relação “Espaço-Tempo”.

### 3 O Tempo Virtual e o Espaço Real - O Espaço Virtual e o Tempo Real

O principal elemento que comunica a plataforma *Street View* é a categoria Espaço. Representando a base de todo o pensamento geográfico, o espaço é um elemento importante para o entendimento da sociedade, para a construção de identidades e propagação das culturas. É um conjunto de objetos e de relações que se realizam em si mesmos, a partir de objetos intermediários suscetíveis à ação dos homens sobre o próprio espaço (Santos, 1988). Quando falamos da realidade da vida, o cotidiano é composto por um conjunto de repetições mecânicas e humanas (Lefebvre, 2001), que se relacionam mutuamente, situados em uma medida temporal – segundos, minutos, horas, dias e semanas. Esta é a dupla realidade que se mistura, enquanto pano de fundo, em cada foto panorâmica capturada pelo *Google Street View*. Nesta dupla realidade, observada a partir das imagens, estão contidos os principais elementos que informam as dinâmicas urbanas e arquitetônicas que queremos ressaltar: as transformações do espaço no tempo, apresentadas, de forma latente, na figura 4.



**Fig. 4:** Transformações físicas de um Conjunto Habitacional em Cidade Tiradentes entre 2010 e 2023 (São Paulo, Brasil). Fonte: *Google Street View* adaptado pelo Autor, 2024.

No digital, essas realidades se sobrepõem e se confundem. Diferentemente do que podemos perceber por meio de uma observação participante com os pés aterrados, a análise a partir da coleção das imagens capturadas pelo *Street View* tem, na sua maior contribuição, sua maior fragilidade. Ao passo que, visualmente, podemos constatar a intensidade com que os conjuntos são complementados com camadas autoconstruídas – o que valida a dinâmica que estamos observando, bem como a hipótese que situa este artigo –, temos, na relação espaço-tempo, algumas vulnerabilidades. Estão presentes as transformações físicas, enquanto estão ausentes, mas nem sempre, as transformações sociais e os eventos cotidianos daquele território. Essas dinâmicas não coincidem temporalmente com o momento de captura das imagens.

Também estão ausentes os agenciamentos que viabilizam o processo da autoconstrução. Etapas posteriores da pesquisa, realizadas localmente, a partir de visitas e entrevistas, constataram várias das percepções apreendidas através das imagens, mas trouxeram novas camadas de relações importantes para a reprodução da autoconstrução nesses territórios. Estas dinâmicas, por mais situada e detalhada que seja a imagem, estão limitadas na relação digital entre o espaço e o tempo. Ao passo que temos acesso a um recorte temporal, que seria quase impossível de produzir pelo pesquisador – imagens capturadas em vários intervalos de tempo – essas imagens, assim como o próprio método, não são percepções totais de uma realidade e, muito menos, uma perspectiva única sobre as dinâmicas.

Temos então uma dicotomiaposta: o real e o digital, que condicionam e são condicionados pelo tempo e pelo espaço. Nesta relação dialética, sempre muito bem-vinda, reafirmamos a capacidade das imagens de coordenar a coisa representada. Quando mobilizadas,

confrontadas e sobrepostas, estão aptas para comunicar o desenvolvimento de métodos científicos apoiados em ferramentas virtuais e digitais e que se propõem territorialmente abrangentes, como é o caso do exemplo apresentado. Ao promover uma experiência de imersão digital no tempo e no espaço, a utilização da plataforma parece exigir reformulações na teoria da comunicação, na teoria das representações e em pesquisas do campo ampliado da Arquitetura e do Urbanismo. A sua utilização, em face da aceleração tecnológica, já vem protagonizando formas de se ler e intervir na cidade, que não podem ser ignoradas, muito menos subutilizadas.

#### 4 Considerações finais

Enquanto instrumento de poder, não podemos ignorar que a plataforma *Street View* perpetua o poder, virtualmente, a partir da “extração de dados das nossas vidas sociais” (Mejias, U., s.d., como citado em Orazem, 2021, p. 2). Como situação posta, podemos refletir sobre a capacidade de subversão desta intenção colonizadora do pensamento, a partir da sua utilização para fomentar uma ampliação, em termos de abrangência territorial, das dinâmicas presentes em países latino-americanos, situados na periferia do capitalismo, no Sul Global, e a partir da mobilização das imagens mediadas por olhares de sujeitos latino-americanos. Para isso, precisamos popularizar pesquisas que se utilizem dessas ferramentas digitais como metodologia científica.

Neste sentido, este artigo esforça-se por contribuir para as reflexões, em certa medida, do ensino da arquitetura e do urbanismo, sobre as imagens, a representação, a produção e a intervenção nos espaços das cidades. Principalmente, daqueles territórios populares, onde mora a maior parte da população e onde as transformações são ainda mais latentes. A elaboração deste artigo parte, ainda, de uma inquietação metodológica, presente durante todo o período pandêmico da Covid-19, que coincidiu com o início da elaboração da pesquisa de doutorado que sustenta este trabalho.

Nesta discussão, também situada no campo das representações, o uso extensivo da imagem aérea não pretende reforçar qualquer hegemonia na forma de ver a arquitetura. A reflexão apresentada tem o papel de também complexificar a busca pela generalização de um fenômeno muito recorrente na periferia do capitalismo. A mediação instrumental, realizada pelo uso do *Street View*, possibilita varrer territórios, sem que haja a necessidade de visitá-los presencialmente. Trata-se de uma prospecção inicial importante para a composição do que entendemos como uma pesquisa em Atlas. O digital permite uma pesquisa ampliada, que trata de uma recorrência e de uma generalização. A ideia central do artigo parte, sobretudo, de uma valorização da materialidade que povoa o movimento realizado entre a visão aérea, a mediação digital experienciada pelo *Street View* e o olhar participante, social e cotidianamente viabilizado.

Parte, ainda, de uma tentativa de colaborar com outros trabalhos e pesquisadores que se utilizam das ferramentas digitais, a exemplo do *Google Street View* e outras, e que ainda observam o seu trabalho inserido em lacunas não preenchidas no campo ampliado da Arquitetura e Urbanismo. Não menos importante, busca exercitar a possibilidade de articular dialeticamente as áreas do Planejamento Urbano e da Produção da Habitação Popular com a Teoria das Representações. Busca, por fim, posicionar as imagens no real e no digital, não apenas como início ou fim, mas como um elemento intermediário, que tem capacidade de montar, desmontar e remontar percepções sobre uma determinada realidade, também quando mediada digitalmente.

## Referências

- Benjamin, W. (1955). *A obra de arte na era de sua reproduzibilidade técnica*. Porto Alegre: L&PM Editores.
- Carrasco, A. (2015). *O Conjunto Habitacional como expressão da desigualdade urbana* [Apresentação de trabalho]. 3º CIHEL - Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono. São Paulo. [https://www.researchgate.net/publication/350054159\\_O\\_CONJUNTO\\_HABITACIONAL\\_COMO\\_EXPRESSAO\\_DA\\_DESIGUALDADE\\_URBANA](https://www.researchgate.net/publication/350054159_O_CONJUNTO_HABITACIONAL_COMO_EXPRESSAO_DA_DESIGUALDADE_URBANA)
- Carrasco, A. (2017). *A provisão de moradias em projetos de reurbanização de favelas: decifrando o sentido do projeto de arquitetura* [Apresentação de trabalho]. 4º CIHEL - Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono. Porto, Portugal. [https://www.researchgate.net/publication/325404609\\_A\\_provisao\\_de\\_moradias\\_em\\_projetos\\_de\\_reurbanizacao\\_de\\_favelas\\_decifrando\\_o\\_sentido\\_do\\_projeto\\_de\\_arquitetura](https://www.researchgate.net/publication/325404609_A_provisao_de_moradias_em_projetos_de_reurbanizacao_de_favelas_decifrando_o_sentido_do_projeto_de_arquitetura)
- Cazetta, V. (2009). O status de realidade das fotografias aéreas verticais no contexto dos estudos geográficos. *Revista Pro-Posições*, 20(3), 71–86. <https://www.scielo.br/j/pp/a/n6YLDKsBsVWFkMFDX5MFczx>
- Didi-Huberman, G. (2016). Remontar, remontagem (do tempo) (M. Migliano, Trad.). *Edições Chão da Feira. Cadernos de Leituras*, (47). <https://chaodafeira.com/catalogo/caderno-n-47-remontar-remontagem-do-tempo/>
- Didi-Huberman, G. (2015). *Pensar debruçado*. Lisboa: KKYM.
- Didi-Huberman, G. (2007). Remontée, remontage (Du temps). *L'Étincelle Ircam*, (3), 23–25. Paris: Centre Pompidou..
- Didi-Huberman, G. (2010). *O que vemos, o que nos olha* (2ª Ed.). São Paulo: Editora 34.
- Dimitrov, S., & Alvim, A. (2021). Novas tecnologias como forma de diminuição da segregação urbana: o uso de drones para mapeamento de favelas na cidade de São Paulo, Barcelona e Bogotá. *Anais do XIII SIIU - Seminário Internacional de Investigación en Urbanismo*, (13). <https://revistes.upc.edu/index.php/SIIU/article/view/10114>
- Gunthert, A. (2009). L'image partagée. *Études Photographiques*. <https://journals.openedition.org/etudesphotographiques/2832>
- Lefebvre, H. (1991). *A vida cotidiana no Mundo Moderno* (A. J. de Barros, Trad.). São Paulo: Editora Ótica.
- Lefebvre, H. (2001). *O Direito à Cidade* (R. E. Farias, Trad.). São Paulo: Editora Centauro.
- Ozarem, E. (2021). *Sorria você está sendo colonizado: tecnologia é instrumento de poder entre países*. Jornal Brasil de Fato. <https://www.brasildefato.com.br/2021/04/18/sorria-voce-esta-sendo-colonizado-tecnologia-e-instrumento-de-poder-entre-paises#:~:text=%22Com%20colonizadores%20invadindo%20nossas%20vidas,afirma%20ao%20Brasil%20de%20Fato.>
- Rawn, E. (2015). *The Three-Dimensional City: How Drones Will Impact the Future Urban Landscape*. Revista Archdaily. [https://www.archdaily.com/583398/the-three-dimensional-city-how-drones-will-impact-the-future-urban-landscape?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/583398/the-three-dimensional-city-how-drones-will-impact-the-future-urban-landscape?ad_medium=gallery)
- Samain, E. (2011). As "Mnemosyne(s)" de Aby Warburg: entre Antropologia, Imagens e Arte. *Revista Poiésis*, 12(17), 29–51. <https://periodicos.uff.br/poiesis/article/view/27032>
- Santos, M. (1988). *Metamorfoses do Espaço Habitado. Fundamentos teórico e metodológico da geografia*. São Paulo: Hucitec.
- Sontag, S. (2004). *Sobre Fotografia* (1ª Ed.). São Paulo: Companhia das Letras.
- Sousanis, N. (2017). *Desaplanar* (1ª Ed.). São Paulo: Editora Veneta.
- Taylor-Foster, J. (2015). *O poder da vista aérea: Drones e a fotografia de arquitetura* (R. Baratto, Trad.). ArchDaily Brasil. <https://www.archdaily.com.br/br/762431/o-poder-da-vista-aerea-drones-e-a-fotografia-de-arquitetura>

**CAMADAS URBANO-DIGITAIS:  
DA INFRAESTRUTURA GLOBAL DA INTERNET ÀS DARK KITCHENS**  
**URBAN-DIGITAL LAYERS:  
FROM GLOBAL INTERNET INFRASTRUCTURE TO DARK KITCHENS**  
ALINE CRISTINA FORTUNATO CRUVINEL, LUISA DA CUNHA TEIXEIRA

Aline Cristina Fortunato Cruvinel é Arquiteta e Urbanista e Mestre em Urbanismo. É doutoranda em Urbanismo e Pesquisadora do Laboratório de Análise Urbana e Representação Digital da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Estuda habitação mediada por plataformas digitais, habitação social na América Latina e história urbana.  
aline.cruvinel@fau.ufrj.br <http://lattes.cnpq.br/2753003966135372>

Luísa Cunha Teixeira é Arquiteta e Urbanista e Mestre em Urbanismo. É doutoranda em Urbanismo, Pesquisadora do Laboratório de Análise Urbana e Representação Digital da Universidade Federal do Rio de Janeiro e integrante da equipe coordenadora do projeto Caronaê UFRJ. Estuda plataformas digitais, mídias locativas e mobilidade urbana.  
luisadacunhateixeira@gmail.com  
<http://lattes.cnpq.br/4829665566521854>

90

ARTIGO SUBMETIDO EM 4 DE AGOSTO DE 2024

Cruvinel, A. C. F., & Teixeira, L. C. (2024). Camadas urbano-digitais: Da infraestrutura global da Internet às *dark kitchens*. *V!RUS*, (28). O Digital e o Sul: Tensionamentos Vol. 1. 90-100 <https://doi.org/10.11606/2175-974x.virus.v28.229575>

## Resumo

Nas últimas décadas, o aumento da quantidade de plataformas digitais, tais como Uber, iFood e Airbnb, e sua influência na maneira como as cidades são produzidas e gerenciadas têm estimulado o debate sobre a relação entre o digital e o espaço urbano. Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo analisar o desenvolvimento da Internet como infraestrutura, em diferentes escalas e momentos históricos, com base em seus aspectos espaciais, de modo a constituir o que chamamos de camadas urbano-digitais. Para isso, apresentamos, inicialmente, o processo de desenvolvimento da Internet, nas décadas de 1990 e 2000, como uma infraestrutura global e nacional. Em seguida, analisamos a presença de *dark kitchens* da empresa Ifood, no bairro da Glória, no Rio de Janeiro, indicando como a plataforma espacializa uma infraestrutura de serviços no contexto local. Dados de cem estabelecimentos foram extraídos do website do iFood, através de um código em Python. Cada estabelecimento foi localizado via *Google Street View* e classificado como restaurante tradicional ou *dark kitchen*. Deste total, 64% são *dark kitchens*, que se concentram, em geral, em ruas menos centrais e menos movimentadas. Com base neste e em outros processos, indicamos como as plataformas têm constituído camadas urbano-digitais, que complexificam o processo de produção e gestão da cidade, gerando novas dinâmicas e tipologias espaciais. Por fim, propomos uma leitura da relação entre o digital e o urbano nas cidades brasileiras, com base em tendências globais e em particularidades socioespaciais de cada local, como expressão da presença das plataformas digitais no Sul Global.

**Palavras-chave:** Plataformas digitais, Urbanismo, Infraestrutura, Internet

## 1 Introdução

O uso das tecnologias digitais de comunicação tem engendrado efeitos significativos sobre as interações sociais com o espaço urbano, sendo bastante estudado há pouco mais de uma década. Apesar de a primeira ligação pública realizada por um telefone celular ter ocorrido ainda em 1973, só mais recentemente a popularização do fenômeno, junto com os avanços da Internet sem fio, teve maior alcance sobre a sociedade (Katz, 2008). Desde então, a comunicação móvel passou a alterar substancialmente as dinâmicas da sociabilidade urbana, adicionando-lhes novas camadas de informação. Hoje, a convergência das tecnologias de localização, GPS, Internet sem fio e redes sociais possibilita a criação de diversos dispositivos de interação com a cidade, baseados na localização (De Souza e Silva, 2013). Ao mesmo tempo, a portabilidade dos dispositivos de interface, como os aparelhos *smartphones*, permite o acesso a partir de, praticamente, qualquer lugar, na cidade, transformando o modo como nos relacionamos no e com o espaço urbano. O desenvolvimento destas tecnologias, em especial as tecnologias móveis de posicionamento, estimula o debate sobre as mudanças na interação entre o urbano e o digital.

Tais mudanças variam de um local para outro, influenciadas por dinâmicas geopolíticas, processos históricos e especificidades locais, fazendo emergir, no Sul Global, tensionamentos que, muitas vezes, não são evidentes nos países onde se originam as dinâmicas das plataformas digitais. Navarrete Escobedo (2020) exemplifica isto ao demonstrar como a plataforma Airbnb tem transformado dinâmicas imobiliárias, de modo atrelado à relação de desigualdade historicamente estabelecida entre México e Estados Unidos. Pollio (2021), por sua vez, indica como a Uber e a infraestrutura urbana interagem no contexto indiano e sul-africano, adquirindo expressões específicas, de acordo com características da cidade preexistente. Diante disso, este artigo tem como objetivo analisar o desenvolvimento da Internet como infraestrutura, em diferentes escalas, com base em seus aspectos espaciais, de modo a constituir o que chamamos de camadas urbano-digitais. Para isto, traçamos um percurso analítico da escala global para a local, iniciando-se na constituição da infraestrutura global da Internet, passando pela sua implementação, no contexto brasileiro, e finalizando na análise das *dark kitchens* – uma das novas tipologias espaciais que decorrem da interação entre o digital e o urbano – no ambiente construído do bairro da Glória, na cidade do Rio de Janeiro.

## 2 Metodologia

Primeiramente, analisamos a infraestrutura global da Internet, através de narrativas que apontam aspectos gerais do processo de desenvolvimento dos computadores, da Internet e da web. Em seguida, apresentamos elementos físicos que compõem essa infraestrutura e, na sequência, sintetizamos o desenvolvimento da Internet no Brasil, com artigos e relatórios do Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br). Sugerimos então a categoria camada urbano-digital como um caminho para a análise da interação entre digital e urbano. Em

seguida, apresentamos um estudo acerca das *dark kitchens* do iFood, no bairro da Glória, no Rio de Janeiro, e a história da empresa. Usando a técnica de *Web Scraping*, coletamos dados da plataforma com um código em linguagem Python, aprimoramos tais dados através de consulta aos endereços das *dark kitchens* no *Google Street View* e analisamos esses dados, com foco nos aspectos espaciais das *dark kitchens* identificadas. Por fim, retomamos as análises feitas nas primeiras duas seções, enfatizando como as cidades contemporâneas adquirem camadas urbano-digitais cada vez mais complexas, e argumentamos que sua análise deve levar em consideração o caráter multiescalar do digital, na atualidade.

### 3 O digital como uma infraestrutura global e nacional: Internet e camadas urbano-digitais

A década de 1960 pode ser considerada o marco inicial da história da Internet, como sinalizam narrativas existentes sobre o processo de desenvolvimento da Internet e da *web* (Ryan, 2010; McCullough, 2018). As primeiras redes de conexão entre computadores começaram a ser desenvolvidas nesse período, pautadas pela ideia de descentralização da estrutura das redes de telecomunicações e formuladas para o compartilhamento de informações militares (Ryan, 2010). A Internet resultou da necessidade de circulação da informação, à semelhança das redes de telecomunicações tradicionais, constituídas a partir do século XIX, que tiveram como dispositivos finais o telégrafo, o telefone, o rádio e a televisão. Nos anos 1990, a Internet viveu seu momento de difusão, com o desenvolvimento da *World Wide Web* (WWW, ou simplesmente *web*). Como um sistema de circulação de documentos hipermídia (como textos, imagens, áudios e vídeos) vinculados por hiperlinks, a *web* tornou possível navegar na Internet. Neste mesmo processo, computadores deixaram de ser grandes máquinas voltadas para atividades extraordinárias e se tornaram mais versáteis, usados para atividades triviais, o que se intensificou na década de 1970 e incluiu a criação de dispositivos, como o computador pessoal (PC, do inglês: *personal computer*), o *laptop* e o *smartphone* (Ryan, 2010; McCullough, 2018).

Apesar de a Internet ser frequentemente interpretada como invisível, imaterial, mágica, sobre-humana, especialmente depois do desenvolvimento das tecnologias de conexão sem fio e dos dispositivos móveis, sua materialização pode ser notada em diferentes escalas. Hoje, a infraestrutura global da Internet é constituída por uma rede de 529 cabos submarinos, que somam cerca de 1,5 milhão de quilômetros de extensão (TeleGeography, 2023) e que derivam da infraestrutura de telegrafia iniciada pela Grã-Bretanha, na década de 1860 (Winseck, 2017). A construção de cabos submarinos só alcançou escala similar à do século XIX a partir de 1997, definindo uma rede global, construída e gerenciada por grandes empresas, consórcios multinacionais e por governos locais, e impactada por disputas geopolíticas (Winseck, 2017).

Também compõem esta infraestrutura global os *data centers*, por vezes chamados de fábricas digitais, onde estão localizados os dados que pensamos estar em uma dimensão etérea que designamos como nuvem, ou com o termo em inglês: *cloud*. De acordo com o indicado pelo diretório *Cloudscene* em seu *website*, a importância do mercado imobiliário de *data centers* cresce mundialmente (Cloudscene, 2024). A empresa de telecomunicações em questão estimou 10.593 *data centers* no mundo todo, segundo pesquisa disponível no *website* Statista, mediante cadastro gratuito (Taylor, 2024). Zalis (2021) enfatiza a materialidade do *data center*, bem como seus impactos sociais e ambientais. Grande parte desta infraestrutura – também composta por outros elementos físicos, como cabos terrestres, antenas, torres de transmissão e cabeamentos domésticos – resulta de mudanças na forma de organização das indústrias de telecomunicações, a partir da década de 1990: de monopólios, alguns formados por empresas estatais, para a livre concorrência entre empresas privadas de diferentes portes (McCullough, 2018).

No Brasil, a implementação da infraestrutura da Internet seguiu esse caminho. Apesar de seus antecedentes remontarem à década de 1970 (Benakouche, 1997), a primeira conexão no país ocorreu, oficialmente, no Rio de Janeiro, em 1992, através de uma rede acadêmica desenvolvida pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) e conectada durante a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio-92 (Knight, 2016; RNP, 2022). Em 1998, com a criação da Lei Geral de Telecomunicações (Lei nº 9.742/1997), a privatização das telecomunicações brasileiras colocou a competição entre empresas privadas como estratégia para a expansão da infraestrutura de banda larga, cabendo ao Estado o papel de agente regulador (Marques & Lemos, 2012; Knight, 2016). Nas décadas seguintes, a penetração da Internet no país lidou com fatores espaciais, sociais e econômicos diversos. Dentre eles, desigualdades regionais, interesses divergentes entre o Estado e as operadoras – as quais priorizavam atender as metrópoles, onde o retorno financeiro era maior em relação ao investimento necessário em infraestrutura – e desigualdades sociais, que se expressavam nas condições de acesso e no comportamento de uso de dispositivos digitais (Marques & Lemos, 2012; Knight, 2016).

Os relatórios da *TIC Domicílios*, pesquisa realizada, desde 2005, pelo Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br), demonstram a transformação que o país viveu no que diz respeito à penetração da Internet. Em 2005, o Brasil possuía apenas 21% dos domicílios conectados à Internet, enquanto, em 2023, 84% dos domicílios já contavam com conexão. São notáveis também as mudanças no que se refere ao comportamento digital: o acesso, em 2005, era, principalmente, realizado através do computador de mesa – 12,8%, contra 4,5% pelo celular e 70,3% sem acesso à Internet nos três meses anteriores à pesquisa. Já em 2023, 84% dos entrevistados haviam acessado a Internet nos três meses anteriores. Deste total, 58% acessaram apenas pelo celular e 42%, pelo celular e pelo computador (CGI.br, 2006, CETIC.br, 2024).

Nesse processo, a relação entre o digital e o espaço urbano se manifestou de diferentes maneiras. Ainda nos anos 1990, a cidade de Piraí, no estado do Rio de Janeiro, foi pioneira no processo de inclusão digital, que envolveu infraestrutura física e capacitação, facilitando o acesso de seus moradores à rede. Já nos anos 2000, surgiram fenômenos mais abrangentes, como o das *LAN houses*, espaços de acesso à Internet que serviam como alternativa a uma infraestrutura ainda incipiente (Barbosa & Cappi, 2010). As *LAN houses* acrescentaram uma nova camada às cidades, como uma rede de espaços, gerenciados pela população local, que mesclavam a possibilidade de acesso ao ciberespaço e a potência do espaço físico como lugar de encontro e sociabilidade. Nesse mesmo período, os *orkontros* – encontros organizados através da rede social Orkut por grupos de pessoas que partilhavam interesses – passaram a ocupar os espaços públicos e *shopping centers* brasileiros.

Esta relação intensificou-se com a popularização dos dispositivos móveis, tornando cada vez mais difusas as fronteiras entre o físico e o digital e estimulando os chamados espaços híbridos, isto é, espaços que “combinam o físico e o digital, em um ambiente social criado pela mobilidade de usuários conectados por meio de dispositivos de tecnologia móvel” (De Souza e Silva, 2006, p. 263, tradução nossa). Ao longo da história, diferentes expressões da interação entre o digital e o urbano adicionaram à cidade o que chamamos de camadas urbanodigitais: camadas que mesclam espaços físicos e informação em uma estrutura de rede multiescalar. A história da Internet demonstra como a rede tem adicionado novos elementos ao espaço urbano, que se assentam, de modo diversificado, nas cidades.

Entendemos que a leitura a partir de diferentes camadas e escalas nos auxilia a compreender a dialética desse emaranhado de redes digitais e urbanas, que se cruzam, se fundem ou apenas coexistem. Na década de 2010, as plataformas digitais de economia compartilhada intensificaram esta dinâmica, com aplicativos que possibilitam uma interação, em tempo real, com a cidade. Eles complexificam tais camadas, na medida em que se beneficiam da circulação acelerada do capital e do processo histórico de mercantilização das cidades. A seguir, dedicamo-nos à análise da plataforma iFood, no contexto do bairro da Glória, no Rio de Janeiro, de modo a ilustrar como uma dessas camadas urbano-digitais se manifesta na escala local.

#### 4 O digital materializado na escala local: as *dark kitchens* do iFood no bairro da Glória

O iFood é uma empresa fundada no Brasil, com o objetivo de realizar entregas de comida em domicílio, conectando clientes, restaurantes e entregadores, através da infraestrutura da Internet, e realizando a mediação do pedido de entrega. É a maior empresa do tipo na América Latina, com presença na Argentina, no México e na Colômbia. A história do iFood começa em 1997, com a *Disk Cook*, empresa que oferecia um guia impresso de cardápios, com uma central telefônica para a qual se ligava para realizar o pedido. Inicialmente, o serviço utilizava a rede de telecomunicações para operar sua central. Porém, ao longo do tempo, a empresa cresceu e passou a enfrentar dificuldades típicas do sistema por telefone, desde a demora das ligações até os problemas com sinal, endereços mal anotados, dentre outros (Marques, 2023).

Em 2011, a empresa migrou para a Internet e passou a funcionar como *website*, recebendo o nome de iFood. O uso de *smartphones* estava começando a se popularizar no país e ainda era restrito a grupos específicos de consumidores, de forma que a maior parte dos pedidos vinha através do *website*. O sistema começou a crescer e se consolidou no mercado, com a criação do aplicativo para *iPhone*, lançado em 2012, podendo ser usado em diversos locais, através do sistema de geolocalização. A plataforma era capaz de receber diversos pedidos ao mesmo tempo, através de um *software*. O que hoje parece simples, significou, na época, uma importante transformação, pois a maioria dos restaurantes era dependente de uma linha de telefone que, além de conseguir receber apenas um pedido por vez, demandava um funcionário especializado em atender e anotar pedidos. Dessa forma, a criação de um sistema digital conectado à Internet significava, para o restaurante, mais pedidos em menos tempo e a redução de um funcionário.

A popularização dos *smartphones* consolidou também a era das plataformas digitais. Neste processo, o iFood se expandiu e passou a investir em tecnologia para segurança do usuário e do processamento dos dados de pagamento, o que culminou na criação de um sistema próprio de pagamento via aplicativo e no lançamento de um vale-refeição, o iFood Benefícios. O sistema de entregadores parceiros – tão presentes nas cidades, atualmente – não existia desde o início, na plataforma, de modo que o aplicativo era apenas um intermediador de pedidos e a entrega da comida era executada pelos restaurantes. Em 2015, começou a ser implementado o sistema de entregas, executadas por profissionais terceirizados cadastrados na plataforma. Em 2018, o iFood consolidou este modelo de logística, a partir da fusão com a *startup Rappido*, especializada em conectar entregadores às empresas. Ainda em 2018, adquiriu também a *Pedidos Já*, uma concorrente com forte atuação nos países latino-americanos, aumentando sua capilaridade.

Hoje, o aplicativo funciona em mais de novecentas cidades, conta com mais de cento e trinta e um mil restaurantes e cento e setenta mil entregadores cadastrados. É o aplicativo de entrega mais conhecido (96%) e utilizado (94%) no Brasil, segundo uma pesquisa realizada pela *Opinion Box*, em 2023, e divulgada no *website* da própria plataforma (iFood, 2023). O iFood foi criado com foco em entrega de comida pronta, ou seja, trabalhando com restaurantes. Passou a diversificar sua operação, oferecendo também compras de supermercados, farmácias e outras mercadorias, com a entrada de concorrentes deste perfil no mercado brasileiro. O desenvolvimento e a consolidação das plataformas digitais de entrega, no mercado de alimentação, impulsionaram também uma tendência que já vinha se estabelecendo como opção para reduzir o custo de implantação de novos restaurantes ou unidades em expansão: as *dark kitchens*.

*Dark kitchens*, ou *ghost kitchens* (cozinhas fantasmas, em inglês) são cozinhas comerciais utilizadas exclusivamente para operações de entrega em domicílio, “estabelecimentos de alimentação que se concentram, exclusivamente, na entrega de refeições e não possuem vitrines físicas ou áreas para consumo local” (Hakim et al., 2022, p. 2, tradução nossa). Os locais são montados com os equipamentos necessários para preparar refeições, mas não têm salão e recepção para atendimento de clientes, identificação do estabelecimento na fachada do imóvel e não permitem que se veja a maneira como a comida é preparada. Isto inclui cozinhas de espaço compartilhado, onde vários restaurantes alugam e compartilham o mesmo espaço, e cozinhas residenciais, onde se iniciam pequenos negócios familiares.

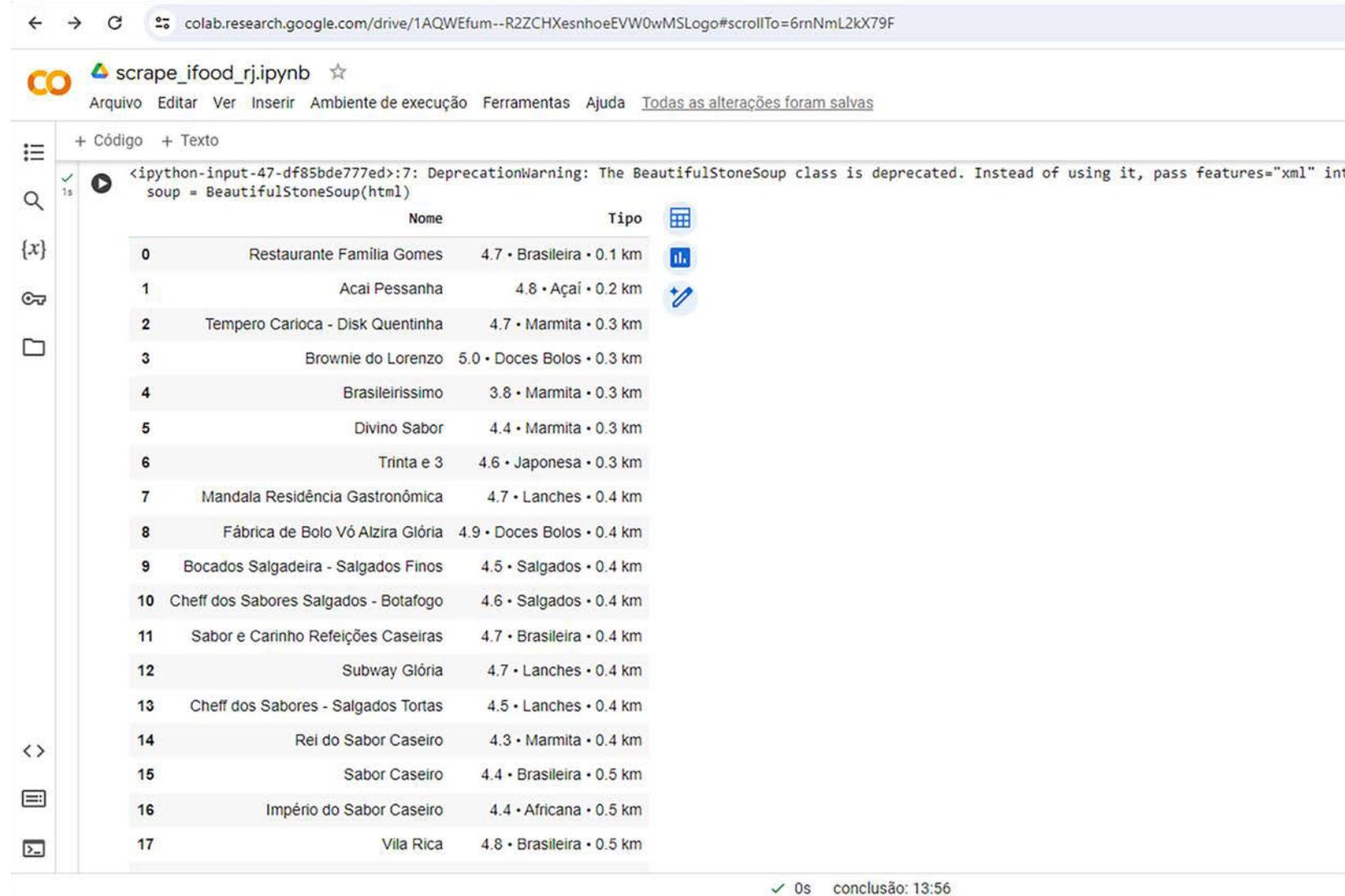
Em alguns casos, um operador individual pode gerenciar vários mini-restaurantes em uma única cozinha. Do ponto de vista urbano, elas geraram um novo ramo imobiliário, que atrai investidores: o *coworking* de *dark kitchen*. No Brasil, a *Kitchen Central* é a maior empresa do setor e o braço brasileiro da global *CloudKitchens*, criada pelo co-fundador e ex-presidente da Uber, Travis Kalanick. Segundo o arquiteto e urbanista Nabil Bonduki, elas têm sido instaladas em bairros de uso misto, nos quais predomina o uso residencial. Bonduki destaca que, “como o licenciamento é feito individualmente, primeiro se licencia o edifício como um espaço de *coworking* e depois cada uma das cozinhas passa a agir sem licenciamento individual” (Bonduki, 2022, p. 1).

Realizamos o mapeamento das *dark kitchens* no bairro da Glória, na cidade do Rio de Janeiro, a partir de dados de restaurantes presentes na plataforma do iFood, dada a sua clara relevância e predominância no mercado. A escolha do recorte territorial do estudo se justifica por ser um bairro que concentra uma diversidade de situações urbanas. Trata-se de um bairro histórico, localizado na área central da cidade, na divisa com a Zona Sul. Após anos de desvalorização, passa, atualmente, por um processo gradual de gentrificação, com a execução de projetos de renovação urbana – como o *Programa Dias de Glória* – e consequente aumento do turismo. Neste sentido, o bairro apresenta cada vez mais camadas urbano-digitais, com forte presença de plataformas, como Airbnb e Uber, por exemplo.

Mapear os estabelecimentos nos permite analisar seus efeitos no espaço urbano e perceber características, através de uma abordagem qualitativa, visando entender os padrões e demandas que este tipo de estabelecimento gera para o local onde se instala, como o acúmulo de bicicletas, motos e entregadores nas calçadas, ou o efeito de fachada cega, quando o estabelecimento não possui vitrine, nem entrada para clientes. Hakim e coautores (2023) realizaram um estudo sobre *dark kitchens* em cidades brasileiras, executando uma raspagem de dados da página do iFood e tratando manualmente esses dados. Os autores analisaram o desenvolvimento de cozinhas fantasmas em três centros urbanos no Brasil, a partir do iFood, mostrando que, apesar da impossibilidade de se acessar todos os dados de propriedade da plataforma, é possível usar os dados disponíveis ao usuário/cliente na própria interface, tratando-os manualmente depois.

Começamos filtrando, no *website* do iFood, a busca por restaurantes nas proximidades do bairro da Glória, através da geolocalização na própria interface do iFood. Compartilhando a nossa localização, obtivemos uma lista de restaurantes ordenados pela distância de um determinado ponto. Com os restaurantes listados por ordem de distância no *website*, extraímos uma lista com os cem primeiros, através de

um código em Python escrito no *Google Colab*, com base na técnica de *Web Scraping* aplicada por Barbosa (2021). A execução do código gerou o quadro indicado na Figura 1, que descarregamos em formato CSV, para ser utilizado no programa Excel. Nele, havia, inicialmente, o nome do restaurante, a distância, a classificação (de zero a cinco) e o tipo de comida (Brasileira, Pizza, Lanche, entre outras). Para analisar as *dark kitchens*, precisamos classificar o restaurante como cozinha fantasma ou tradicional. No geral, não há nenhuma informação na interface dos aplicativos de entrega, que distingua os estabelecimentos fantasmas dos tradicionais.



95

	Nome	Tipo
0	Restaurante Família Gomes	4.7 • Brasileira • 0.1 km
1	Açaí Pessanha	4.8 • Açaí • 0.2 km
2	Tempero Carioca - Disk Quentinha	4.7 • Mamita • 0.3 km
3	Brownie do Lorenzo	5.0 • Doces Bolos • 0.3 km
4	Brasileiríssimo	3.8 • Mamita • 0.3 km
5	Divino Sabor	4.4 • Mamita • 0.3 km
6	Trinta e 3	4.6 • Japonesa • 0.3 km
7	Mandala Residência Gastronômica	4.7 • Lanches • 0.4 km
8	Fábrica de Bolo Vó Alzira Glória	4.9 • Doces Bolos • 0.4 km
9	Bocados Salgadeira - Salgados Finos	4.5 • Salgados • 0.4 km
10	Cheff dos Sabores Salgados - Botafogo	4.6 • Salgados • 0.4 km
11	Sabor e Carinho Refeições Caseiras	4.7 • Brasileira • 0.4 km
12	Subway Glória	4.7 • Lanches • 0.4 km
13	Cheff dos Sabores - Salgados Tortas	4.5 • Lanches • 0.4 km
14	Rei do Sabor Caseiro	4.3 • Mamita • 0.4 km
15	Sabor Caseiro	4.4 • Brasileira • 0.5 km
16	Império do Sabor Caseiro	4.4 • Africana • 0.5 km
17	Vila Rica	4.8 • Brasileira • 0.5 km

Fig. 1: Lista de restaurantes nas proximidades do bairro da Glória. Fonte: iFood, ajustado pelas autoras no Google Colab, 2024.

Após filtrar os estabelecimentos que já tínhamos certeza de serem tradicionais, cada estabelecimento foi pesquisado no *Google Street View* para entender se se tratava de uma cozinha fantasma. Entramos na página *web* de cada restaurante, na interface do iFood, para encontrar os endereços, adicionando-os a uma nova coluna, juntamente com uma coluna para o tipo de estabelecimento, como evidenciado na Figura 2. Com o endereço, foi feita a análise de cada situação, observando a relação da fachada com a rua, a existência de alguma vitrine, placas de sinalização, tipo de entrada, entre outros aspectos. Após a primeira análise, selecionamos aqueles em que não foi possível identificar a situação para realizar a análise em campo. Plotamos o resultado em um mapa no *Google My Maps*, a partir da lista de endereços, e classificamos como fantasma ou tradicional, obtendo o mapeamento final, sintetizado na Figura 3. É possível explorar visualmente a disposição das *dark kitchens* e das cozinhas convencionais no território, materializando estes dados no espaço urbano. Desta visualização surgem algumas análises importantes sobre os resultados obtidos, que trataremos a seguir.

Nome	Avaliacao	Tipo	Distancia	Estabelecimento	Endereco	Bairro	Cidade
Restaurante Família Gomes	4.7	Brasileira	0.1 km	Tradicional	Rua Santo Amaro, 103	Glória	Rio de Janeiro
Acai Pessanha	4.8	Açaí	0.2 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 160	Glória	Rio de Janeiro
Fata Alimentos	Novidade	Pizza	0.2 km	Fantasma	R. Santo Amaro, 172	Glória	Rio de Janeiro
Tempero Carioca - Disk Quentinha	4.7	Marmita	0.3 km	Fantasma	Travessa Cassiano, 12	Santa Teresa	Rio de Janeiro
Brownie do Lorenzo	5.0	Doces e Bolos	0.3 km	Tradicional	Rua Benjamim Constant, 49	Glória	Rio de Janeiro
Sushi Novo Horizonte	4.8	Japonesa	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 200	Glória	Rio de Janeiro
Kaydo Sushi	5.0	Japonesa	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 351	Glória	Rio de Janeiro
Sushi San	4.5	Japonesa	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 351	Glória	Rio de Janeiro
Catete Burguer e Cia	5.0	Lanches	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 351	Glória	Rio de Janeiro
Brasileiríssimo	3.8	Marmita	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 349	Glória	Rio de Janeiro
Divino Sabor	4.4	Marmita	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 349	Glória	Rio de Janeiro
Pizza Arte	4.4	Pizza	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 349	Glória	Rio de Janeiro
Go Home Sushi	4.8	Japonesa	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 349	Glória	Rio de Janeiro
Mn Burguer	4.5	Lanches	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 349	Glória	Rio de Janeiro
Manos Burguer's	5.0	Lanches	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 349	Glória	Rio de Janeiro
Burguer's in House	4.8	Lanches	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 349	Glória	Rio de Janeiro
Mecflix Burger	4.6	Lanches	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 349	Glória	Rio de Janeiro
Zequinha Sushi	4.9	Japonesa	0.3 km	Fantasma	Rua Santo Amaro, 349	Glória	Rio de Janeiro
Suprema Pizzaria Zona Sul	4.8	Lanches	0.3 km	Fantasma	Rua Hermenegildo de Barros, 18	Glória	Rio de Janeiro
Trinta e 3	4.6	Japonesa	0.3 km	Tradicional	Rua Santo Amaro, 33	Glória	Rio de Janeiro
Ó Pastel	4.5	Lanches	0.4 km	Fantasma	Rua Pedro Américo, 759	Catete	Rio de Janeiro
Usama_food_culinaria_arabe		Arabe	0.4 km	Fantasma	Rua Pedro Américo, 218	Catete	Rio de Janeiro
Mandala Residência Gastronômica	4.7	Lanches	0.4 km	Tradicional	Rua Murtinho Nobre, 169	Santa Teresa	Rio de Janeiro
Fábrica de Bolo Vó Alzira Glória	4.9	Doces e Bolos	0.4 km	Tradicional	Rua do Catete, 30	Catete	Rio de Janeiro
Bocados Salgadeira - Salgados Finos	4.5	Salgados	0.4 km	Fantasma	Rua Pedro Americo, 76	Catete	Rio de Janeiro
Cheff dos Sabores Salgados - Botafogo	4.6	Salgados	0.4 km	Fantasma	Rua Pedro Americo, 76	Catete	Rio de Janeiro
Empada Delivery	Novidade	Lanches	0.4 km	Fantasma	Rua Pedro Americo, 76	Catete	Rio de Janeiro
Shay Sushi Delivery	4.8	Japonesa	0.4 km	Fantasma	Rua Pedro Americo, 560	Catete	Rio de Janeiro

Fig. 2: Lista de restaurantes nas proximidades do bairro da Glória. Fonte: iFood, extraído e ajustado pelas autoras no Excel, 2024.

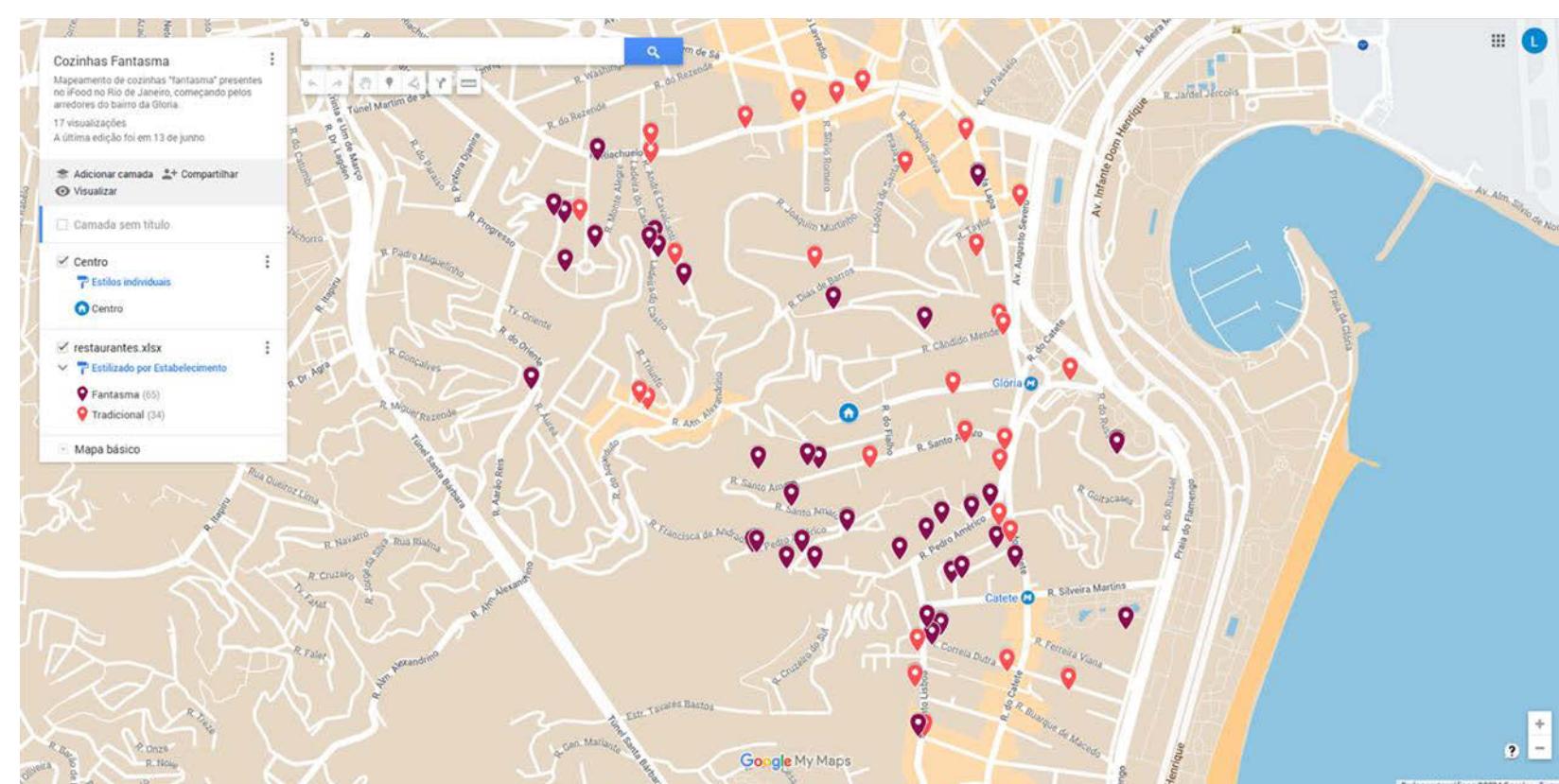


Fig. 3: Mapa de *dark kitchens* do iFood no bairro da Glória, Rio de Janeiro. Fonte: Autoras, elaborado com dados do iFood, utilizando a ferramenta Google My Maps e dados cartográficos © 2024 Google. Disponível em: <https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1D1X1lk5rGsPqE4B9RcwWoNpwqgsoEMA>

Primeiramente, observa-se que 64% dos estabelecimentos analisados foram classificados como *dark kitchens*, predominando, dentro das opções disponíveis na plataforma, neste recorte espacial. Há, no entanto, restaurantes cadastrados no mesmo endereço, indicando a utilização de mais de uma cozinha em um ambiente compartilhado. Alguns endereços se repetem em mais de cinco perfis diferentes de restaurantes, com tipos de comida diferentes. Hakim e coautores (2023) indicam que restaurantes podem usar diferentes nomes para contornar as métricas do aplicativo. Os autores mostram que esta pode ser uma estratégia interessante quando, por exemplo, o perfil de um restaurante recebe baixas avaliações e a plataforma deixa de mostrá-lo como a primeira opção no aplicativo. Assim, criar um novo perfil no aplicativo pode fornecer oportunidades de se destacar. Em contraste, uma cozinha virtual em um restaurante padrão, com menu diferente, pode criar novas oportunidades para o próprio espaço.

Com relação ao tipo de comida, destaca-se, nas cozinhas fantasma, a categoria “Lanches”, com treze restaurantes em um raio de um quilômetro, seguida por “Japonesa” e “Marmita”. Já para os estabelecimentos tradicionais, predominam restaurantes de comida “Brasileira”, seguido de “Lanches” e “Padaria”. Quando analisamos o mapa, vemos que há uma concentração de *dark kitchens* em algumas ruas residenciais e menos movimentadas, geralmente localizadas em subidas e ladeiras de acesso ao bairro de Santa Teresa, e de restaurantes convencionais em outras ruas, geralmente principais e mais movimentadas. Esta característica também está presente no estudo de Hakim e coautores, que encontrou maior densidade de restaurantes tradicionais nas regiões centrais das cidades analisadas, situando-se as *dark kitchens* a uma média maior de distância da área central (Hakim et al., 2023).

No caso apresentado, a Rua Riachuelo e a Rua da Glória, centrais e mais movimentadas, concentram os restaurantes convencionais. Já a concentração de *dark kitchens* se verifica nas subidas do entorno do morro Santo Amaro, entre os bairros da Glória e do Catete, e em subidas para o bairro de Santa Teresa. A maioria delas pode ser classificada como *dark kitchens* residenciais (Figura 4), que são normalmente negócios familiares realizados dentro da própria residência. De modo geral, as *dark kitchens* da Glória são ilustrativas da camada urbano-digital que surge a partir da interação entre a cidade existente e as atividades do iFood. Como demonstram Hakim e coautores (2023), as tipologias oriundas deste novo modelo de interação urbano-digital resultam de aspectos funcionais e de dinâmicas próprias do circuito produtivo da plataforma. Ao mesmo tempo, como indicamos em nossa análise, esse fenômeno se entrelaça com a cidade existente, envolvendo aspectos urbanos, sociais e econômicos locais.



Fig. 4: *Dark kitchen* do tipo residencial. Fonte: Google Street View © 2021 Google. Acesso em 05/07/2024.

## 6 Pensar as camadas urbano-digitais das cidades brasileiras

Podemos dizer que as plataformas digitais de entrega, como o iFood, reforçam a ideia da Internet como infraestrutura imaterial e invisível, tendência que já havíamos indicado na primeira seção, em uma escala mais abrangente e a partir de aspectos históricos. Posto que, dentro da plataforma, todas as cozinhas são fantasmas e a comida chega, como por mágica, aos domicílios dos clientes, o contexto material em que a comida é preparada perde importância. Por outro lado, as *dark kitchens* expressam a materialidade de grande parte dos restaurantes presentes nas plataformas e refletem características específicas do contexto urbano. No caso das cozinhas fantasmas do iFood, na Glória, destacam-se especificidades locais, como a presença de *dark kitchens* em áreas e entornos de favela, como no morro Santo Amaro. O iFood, enquanto uma plataforma digital de entrega, é apenas um dos mecanismos de interação entre o digital e o urbano na atualidade e, como demonstramos, reinventa dinâmicas urbanas na Glória, criando novas formas de informalidade social e urbana.

Diariamente, redes digitais, cada uma a seu modo, viabilizam interações em diferentes escalas: desde redes sociais, como Instagram e Twitter, que deslocam, cada vez mais, os espaços de sociabilidade para o digital, até outras plataformas de economia compartilhada, como Airbnb e Uber, com impactos mais evidentes na produção da cidade. No entanto, como argumentado, as interações existentes e possíveis entre as camadas definidas por essas redes urbanas e digitais, muitas vezes, não são evidentes. Como desenvolvido na primeira seção deste artigo, as cidades apresentam camadas urbano-digitais, que se assentam de modo diverso de um local para outro. No contexto brasileiro, este fator não deve ser negligenciado, uma vez que a própria extensão territorial brasileira possui uma diversidade social, cultural e urbana, que viabiliza um repertório de interações urbano-digitais ainda não mapeadas. Assim, compreendemos as camadas urbano-digitais como um caminho possível para apreender a interação entre o urbano e digital, diante da complexidade de seus fenômenos globais e da diversidade urbana brasileira.

## 7 Considerações finais

Este artigo analisou o desenvolvimento da Internet como infraestrutura em diferentes escalas e momentos históricos, com base em seus aspectos espaciais, propondo uma análise a partir de camadas urbano-digitais. Isto foi feito através de um percurso analítico, que retomou narrativas sobre a história da Internet, enfatizando sua materialidade em escala global e nacional. Na sequência, realizamos um estudo de caso que enfatizou como a plataforma iFood e o espaço urbano carioca interagem no contexto do bairro da Glória, refletindo-se em uma espacialização das *dark kitchens* de modo entrelaçado às preexistências da cidade. Entendemos a análise a partir de diferentes camadas e escalas como um caminho para trazer à tona esta materialidade do digital e apreender a complexidade que a relação entre o digital e o urbano apresenta, na atualidade.

A tipologia de *dark kitchens* residenciais, em cidades como o Rio de Janeiro, expressa alguns limites e potencialidades da relação entre as plataformas digitais e as cidades do Sul Global. Ao passo que plataformas como o iFood permitem divulgar, para uma grande quantidade de clientes, pequenos negócios familiares e, muitas vezes, informais, esta nova camada urbano-digital e suas consequentes transformações materiais no espaço urbano tornam-se cada vez mais presentes, combinando-se com as preexistências locais. Até o momento, nossa análise limitou-se a um recorte específico da cidade, podendo ser ampliada, em estudos futuros, para maior compreensão da dinâmica das *dark kitchens*, em outras partes do território. Ao assentar-se de forma diversa, de um lugar a outro, este processo se mostra material, espacial e urbano, exigindo o exercício analítico, no sentido de compreender, tanto as especificidades locais, quanto as semelhanças e diferenças regionais, com particular contribuição para os desdobramentos da economia de plataforma na urbanização do Sul Global.

## Referências

- Barbosa, A., & Cappi, J. (2010). O fenômeno das lan houses. *GV-executivo*, 9(1), 64–67. <https://doi.org/10.12660/gvexec.v9n1.2010.23580>
- Barbosa, T. (2021). *Web scraping: quantos restaurantes existem no iFood da minha cidade?* [Postagem]. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/web-scraping-quantos-restaurantes-existem-ifood-da-minha-barbosa/>
- Benakouche, T. (1997). Redes técnicas/redes sociais: pré-história da Internet no Brasil. *Revista USP*, 35, 124. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i35p124-133>

Bonduki, N. (2022, 7 de abril). *Avanço das “dark kitchens” exige regulamentação por parte da prefeitura*. Jornal da USP. <https://jornal.usp.br/radio-usp/avanco-das-dark-kitchens-exige-regulamentacao-por-parte-da-prefeitura/>

Centro Regional para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (CETIC.br). (2024). *TIC Domicílios 2023*. <https://cetic.br/pt/pesquisa/domiciliros/indicadores/>

Cloudscene. (2024). *Company*. <https://explore.cloudscene.com/company/>

Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br). (2006). *Pesquisa sobre o uso das tecnologias da informação e da comunicação no Brasil: TIC domicílios e TIC empresas 2005*. <https://bibliotecadigital.acervo.nic.br/items/99c52b25-be72-4ca7-baad-9e101c215568>

De Souza e Silva, A. (2006). From cyber to hybrid: Mobile technologies as interfaces of hybrid spaces. *Space and Culture*, 9(3), 261–278. <https://doi.org/10.1177/1206331206289022>

Hakim, M. P., Methner, V., Zanetta, L., Nascimento, L., & Cunha, D. (2022). What is a dark kitchen? A study of consumer's perceptions of delivery-only restaurants using food delivery apps in Brazil. *Food Research International Journal*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111768>

Hakim, M. P., Libera, V. M., Zanetta, L. D. A., Stedefeldt, E., Zanin, L. M., Soon-Sinclair, J. M., Wisnewska, M. Z., & Cunha, D. (2023). Exploring dark kitchens in Brazilian urban centres: A study of delivery-only restaurants with food delivery apps. *Food Research International*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112969>

iFood. (2023, 17 de abril). *iFood é o app de delivery mais conhecido e usado do país*. <https://institucional.ifoood.com.br/noticias/ifoood-preferido-delivery/>

Katz, J. (2008). *Handbook of Mobile Communication Studies*. The MIT Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262113120.001.0001>

Knight, P. (2016). O papel da banda larga no desenvolvimento do Brasil. In P. Knight, F. Feferman & N. Foditsch (Orgs.), *Banda larga no Brasil: passado, presente e futuro* (pp. 19–50). Figurati.

Marques, F. P. J. A., & Lemos, A. (2012). O Plano Nacional de Banda Larga Brasileiro: Um estudo de seus limites e efeitos sociais e políticos. *E-Compós*, 15(1). <https://doi.org/10.30962/ec.v15i1.765>

Marques, V. (2023). *iFood: do call center para o app, uma história de dominação*. Startse. <https://www.startse.com/artigos/historia-ifoood/>

McCullough, B. (2018). *How the Internet happened: from Netscape to the iPhone*. Liveright.

Navarrete Escobedo, D. (2020). Foreigners as gentrifiers and tourists in a Mexican historic district. *Urban Studies*, 57(15), 3151–3168. <https://doi.org/10.1177/0042098019896532>

Pollio, A. (2021). Uber, airports, and labour at the infrastructural interfaces of platform urbanism. *Geoforum*, 118, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.11.010>

Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP). (2022). *Nossa história*. <https://www.rnp.br/sobre/nossa-historia>

Ryan, J. (2010). *A history of the Internet and the digital future*. Reaktion Books.

Shapiro, A. (2022). Platform urbanism in a pandemic: Dark stores, ghost kitchens, and the logistical-urban frontier. *Journal of Consumer Culture*, 3(2). <https://doi.org/10.1177/14695405211069983>

Taylor, P. (2024, October 11). *Data centers worldwide by country 2024*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/1228433/data-centers-worldwide-by-country/>

TeleGeography. (2023). *Submarine cable map 2023*. <https://submarine-cable-map-2023.telegeography.com/>

Wearn, R. (2019, April 23). *Does your dinner come from a “dark kitchen”?* BBC News. <https://www.bbc.com/news/business-47978759>

Winseck, D. (2017). The geopolitical economy of the global Internet infrastructure. *Journal of Information Policy*, 7, 228–267. <https://doi.org/10.5325/jinfopoli.7.2017.0228>

Zalis, M. Z. (2021). Desdobramentos de uma arquitetura do Data Center. *Revista Prumo*, 6(9).  
<https://doi.org/10.24168/revistaprumo.v6i09.1694>

Zanetta, L. D. A., Hakim, M. P., Gastaldi, G. B., Seabra, L. M. A. J., Rolim, P. M., Nascimento, L. G. P., & da Cunha, D. T. (2021). The use of food delivery apps during the COVID-19 pandemic in Brazil: The role of solidarity, perceived risk, and regional aspects. *Food Research International*, 149(8). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110671>

## **REDUZINDO A BRECHA: EMPÍRICO VS. SIMULAÇÃO NA MODELAGEM DE FACHADAS VERDES**

### **BRIDGING THE GAP: EMPIRICAL VS. SIMULATION IN GREEN FACADE MODELING**

**CAMILA DA ROCHA HENDZEL, CLAUDIO VÁSQUEZ ZALDÍVAR**

**Camila Da Rocha Hendzel** é Arquiteta e Mestre em Arquitetura e Energia Sustentável. É doutoranda em Arquitetura e Estudos Urbanos e pesquisadora do Grupo de Estudio de Arquitetura y Fachadas da Universidade do Chile. Investiga Modelos Higrotérmicos para fachadas verdes. Participa do projeto Fondecyt Nº 1241886 sobre Microclimas Urbanos e Conforto Urbano, focado em ilhas urbanas de calor. cdarocha@uc.cl <https://orcid.org/0009-0002-2130-5789>

**Claudio Vásquez Zaldívar** é Arquiteto e Doutor em Arquitetura. É Professor Associado e Coordenador do curso de Mestrado em Arquitetura e Engenharia Sustentável da Universidade do Chile. É coordenador do Grupo de Estudio de Arquitetura y Fachadas e co-pesquisador do Projecto Fondecyt Nº 1241886, focado em Microclimas e Conforto Urbano, abordando especificamente em ilhas urbanas de calor. cvz@uc.cl <https://orcid.org/0000-0001-5962-2291>

**101**

ARTIGO SUBMETIDO EM 4 DE AGOSTO DE 2024

Hendzel, C. R., & Zaldívar, C. V. (2024). Reduzindo a brecha: Empírico vs. Simulação na modelagem de fachadas verdes. *VIRUS*, (28). O Digital e o Sul: Tensionamentos Vol. 1. 101-115 <https://doi.org/10.11606/2175-974x.virus.v28.229573>

## Resumo

Este artigo examina o papel transformador das ferramentas de simulação digital no design arquitetônico, com foco na implementação e avaliação de desempenho de fachadas verdes no Sul Global, em particular no Chile. Em alinhamento com o tema “O digital e o Sul: tensionamentos”, o estudo destaca como as simulações digitais permitem uma reavaliação crítica das tecnologias sustentáveis, diante dos desafios climáticos, sociais e urbanos únicos das regiões do Cone Sul do continente. Ao abordar a brecha de desempenho – a discrepância entre o projeto teórico e o desempenho empírico das edificações –, esta pesquisa explora como as ferramentas digitais podem reduzir esta diferença, fornecendo *insights* essenciais, difíceis de alcançar em contextos climáticos e urbanos específicos. O objetivo deste estudo é explorar como a modelagem digital pode preencher esta lacuna, oferecendo uma compreensão mais profunda dos impactos ambientais e energéticos das fachadas verdes, em diferentes microclimas urbanos. Utilizando uma metodologia mista, que combina estudos de casos, medições empíricas e simulações digitais avançadas, a pesquisa avalia o potencial das fachadas verdes para aprimorar a resiliência climática urbana e a eficiência energética. Os resultados indicam que a eficácia dessas fachadas varia, significativamente, com base nas condições climáticas locais e nas características específicas do local, ressaltando a necessidade de soluções arquitetônicas personalizadas para otimizar o desempenho. Ao refinar modelos de simulação para capturar interações ambientais complexas, este artigo contribui para estratégias de design sustentável mais precisas e eficazes, posicionando a simulação digital como uma ferramenta fundamental para adaptar as práticas arquitetônicas às realidades distintas do Sul Global.

**Palavras-chave:** Simulação digital, Fachadas verdes, Brecha de desempenho, Análise empírica, Design analítico

## 1 Introdução

À medida que as cidades do Sul Global se expandem e evoluem, a necessidade de soluções arquitetônicas sustentáveis torna-se cada vez mais urgente, impulsionada pela rápida urbanização e pelos crescentes impactos das mudanças climáticas. Esta região, caracterizada por condições climáticas diversas e restrições socioeconômicas, enfrenta desafios únicos, que demandam abordagens inovadoras para o desenvolvimento de edificações. Estes desafios são intensificados pelas condições climáticas extremas e pelo desenvolvimento urbano acelerado, exigindo soluções não apenas visualmente atraentes, mas também eficazes em melhorar a eficiência energética e a resiliência climática. Entre as soluções mais promissoras para estes desafios está a integração de infraestruturas verdes, particularmente fachadas verdes, na arquitetura urbana. As fachadas verdes oferecem uma forma de melhorar o desempenho dos edifícios, enquanto abordam questões ambientais, como ilhas de calor urbanas e consumo de energia.

A pesquisa sobre tecnologias de fachadas verdes ocorreu, predominantemente, no Hemisfério Norte, levando a uma lacuna de estudos apropriados para o contexto do Sul Global, particularmente no Chile. De acordo com uma revisão de Mela e co-autores (2023), a Europa é o principal local geográfico com pesquisas sobre jardins verticais, representando 51% de todas as publicações documentadas, seguida pela Ásia, com 31%, Oceania, com 7%, América do Sul, com 6% e América do Norte, com 5%. Na América do Sul, a maior parte das pesquisas foi realizada na Argentina e no Brasil, com uma quantidade menor no Chile. Esta concentração geográfica ressalta a necessidade urgente de mais pesquisas no Hemisfério Sul, onde as condições climáticas diferem significativamente daquelas do Norte e onde são necessárias soluções adaptadas para enfrentar desafios ambientais específicos.

Para preencher esta lacuna, a integração de infraestruturas como fachadas e paredes verdes nos projetos arquitetônicos tem sido cada vez mais reconhecida (Su et al., 2024). Esses sistemas verdes não apenas contribuem para o bem-estar estético e psicológico dos ambientes urbanos, mas também desempenham um papel fundamental em abordar questões ambientais críticas, como ilhas de calor urbanas e consumo de energia (Bakhshoodeh et al., 2022; Fu et al., 2022). Ao utilizar ferramentas de simulação digital, os arquitetos podem otimizar a integração destas infraestruturas verdes nos projetos de edifícios, garantindo que maximizem seus benefícios ambientais e contribuam, de forma eficaz, para a sustentabilidade geral dos desenvolvimentos urbanos.

No contexto de “O digital e o Sul: tensionamentos”, este artigo posiciona a simulação digital como uma ferramenta crítica que capacita arquitetos a responder aos desafios ambientais únicos. A eficácia das ferramentas de modelagem digital na previsão do desempenho de

edifícios depende, significativamente, da experiência do usuário. Apesar de seus potenciais benefícios, a implementação prática, muitas vezes, não atende às expectativas, devido a uma brecha persistente entre o projeto teórico e o desempenho real, exacerbada pelo uso limitado de simulações avançadas na prática (Dwyer, 2013), conhecida como a brecha de desempenho. Esta brecha, particularmente predominante na arquitetura sustentável, pode levar o consumo real de energia a exceder os níveis previstos por margens substanciais, às vezes em até 483% (Bai et al., 2024). A aplicação eficaz é ainda mais complicada pela falta de critérios padronizados para projetar e implementar infraestruturas alternativas, como paredes verdes (Ascione et al., 2020).

Este artigo explora como os modelos de simulação digital estão transformando o processo de desenvolvimento arquitetônico no Sul Global, preenchendo a brecha entre o design intuitivo e a avaliação empírica de desempenho. Examina as barreiras para a adoção dessas tecnologias e o potencial dessas ferramentas para facilitar o design de edifícios energeticamente eficientes e responsivos ao clima, que atendam às condições ambientais específicas da região. Ao focar no caso das fachadas verdes verticais no Chile, este estudo visa demonstrar os benefícios práticos e os resultados de desempenho aprimorados, alcançáveis por meio de ferramentas de simulação avançadas, posicionando a tecnologia digital como um recurso indispensável nas práticas arquitetônicas sustentáveis do Sul Global.

### 1.1 Fachada verde e modelagem digital

O estudo das infraestruturas verdes, em particular as fachadas verdes, avançou consideravelmente nas últimas duas décadas, impulsionado pela necessidade de melhorar os microclimas urbanos e aumentar a eficiência dos edifícios (Bustami et al., 2018). Estes avanços são marcados por desenvolvimentos metodológicos significativos, nos quais as simulações computacionais surgiram como uma ferramenta crucial, que permite a arquitetos e urbanistas modelar e analisar os efeitos térmicos das fachadas verdes, otimizando seus projetos para maximizar benefícios ambientais e energéticos. Pesquisas pioneiras iniciais, como aquela conduzida por Stec, van Paassen e Maziarz (2005), utilizaram simulações paramétricas para avaliar a capacidade de sombreamento das plantas em fachadas de pele dupla, fornecendo valiosos *insights* sobre sua eficácia, em relação a soluções tradicionais, como persianas (Ip et al., 2010).

Apesar destes avanços, o campo da Arquitetura ainda não adotou plenamente as técnicas associadas às fachadas verdes. As ferramentas atuais, muitas vezes, falham em integrar as interações complexas entre fachadas verdes e o ambiente urbano mais amplo (Bakhshoodeh et al., 2022). Esta brecha destaca a necessidade de modelos higrotérmicos mais precisos e eficazes, que possam considerar estes fatores, fornecendo previsões mais precisas e práticas sobre o impacto das fachadas verdes em contextos urbanos. Ascione e co-autores (2020) enfatizam a necessidade de dados abrangentes para melhorar as decisões de desenvolvimento, particularmente em relação à seleção de plantas e resposta climática, essenciais para o desempenho das paredes verdes. As ferramentas digitais facilitam a modelagem de cenários para prever o desempenho, abordando, assim, a brecha de desempenho, ao permitir decisões baseadas em dados empíricos e aumentando a confiabilidade do design e seu impacto ambiental.

O estado da arte atual do estudo do impacto higrotérmico das fachadas verdes se baseia em uma fusão de metodologias, incluindo simulações computacionais, análises experimentais e estudos de caso. Estas abordagens permitem a exploração de uma variedade de cenários e configurações, onde parâmetros como a profundidade da cavidade entre a fachada verde e a parede, a densidade da vegetação e a orientação do edifício são variados, para identificar as configurações mais eficientes, em termos de energia. As simulações computacionais são particularmente fundamentais no estudo do desempenho térmico das fachadas verdes. Elas permitem a recriação de múltiplos cenários para avaliar o impacto desses sistemas em diferentes contextos, prevendo o comportamento térmico das fachadas verdes e sua influência no consumo energético dos edifícios (Bagheri et al., 2021).

Para complementar estas simulações, as análises experimentais fornecem resultados essenciais. Esses experimentos, conduzidos em ambientes controlados e em edifícios reais, envolvem a medição de temperaturas de superfície e do ar circundante, usando sensores de temperatura e umidade para monitorar o desempenho térmico das fachadas verdes, em tempo real (Bakhshoodeh et al., 2022). Os dados empíricos obtidos são fundamentais para validar os modelos de simulação e refiná-los para melhor prever os resultados no mundo real, contribuindo para práticas de design mais confiáveis e eficazes. Estudos de caso em contextos urbanos específicos contribuem ainda mais para se entender o impacto das fachadas verdes em condições operacionais reais. Esses estudos consideram variáveis, como o clima local, a densidade urbana e a configuração arquitetônica, oferecendo *insights* vitais para se adaptar os projetos a condições específicas no Sul Global. A combinação de simulações computacionais, análises experimentais e estudos de caso estabeleceu uma base sólida para se

entender o desempenho térmico das fachadas verdes. No entanto, permanece uma brecha considerável, na disponibilidade e aplicação de modelos higrotérmicos eficazes (Ascione et al., 2020). Isto levanta questões importantes sobre por que a arquitetura ainda não adotou plenamente essas técnicas, apesar de sua eficácia comprovada, destacando-se a necessidade de se preencher a lacuna entre o projeto teórico e o desempenho real.

### 1.2 Fachadas verdes no Chile

A necessidade de soluções personalizadas no Sul Global torna-se particularmente evidente ao se examinar a implementação de fachadas verdes em regiões como o Chile. Embora o potencial destas fachadas para enfrentar desafios ambientais, como ilhas de calor urbanas e consumo de energia, seja ampla e globalmente reconhecido, sua eficácia depende fortemente das condições climáticas e das características específicas de cada local.

Desde 2016, surgiram estudos mais específicos no Chile, particularmente focados em telhados verdes (Reyes et al., 2016). Outros estudos examinaram a aplicação desses telhados em grandes superfícies comerciais, em Santiago e outros climas, concluindo que são mais eficientes no controle de cargas de resfriamento do que o isolamento de telhados convencionais (Vera et al., 2018). Além disso, dois modelos para calcular o desempenho de telhados verdes foram validados, com base em medições experimentais, tendo Santiago como cidade de referência (Vera et al., 2019).

Para soluções verticais verdes, estudos de modelagem exploraram a capacidade de telhados e paredes vivas para mitigar material particulado (PM 2,5<sup>1</sup>), em Santiago e outras cidades do mundo, concluindo que a implementação de telhados verdes com 50-75% de cobertura e 25% de paredes vivas poderia reduzir o material particulado em mais de 7% na cidade (Viecco et al., 2021). Os modelos de telhados verdes também foram adaptados para a análise de paredes vivas em Santiago, avaliando seu desempenho térmico em superfícies comerciais e constatando que eles podem reduzir a demanda de resfriamento em até 15%, enquanto as paredes vivas podem alcançar até 25% de redução, com potenciais reduções combinadas de até 37% (García et al., 2022).

Fachadas verdes de pele dupla têm sido integradas à arquitetura chilena há décadas. O Edifício Consorcio, de 1990, projetado pelos arquitetos Enrique Browne e Borja Huidobro, é um exemplo em que a integração da vegetação ao edifício demonstra seu alto potencial de aplicação, no clima chileno. Existem exemplos semelhantes com variados graus de sucesso em relação ao crescimento e adaptação das espécies vegetais utilizadas para melhorar o conforto térmico do edifício. Entretanto, a aplicação dessas soluções frequentemente se baseou na intuição e nas intenções dos arquitetos, e não em uma compreensão profunda de seu potencial energético. Em um estudo envolvendo medições *in situ* de temperatura e umidade relativa dentro da câmara de ar deste edifício e de outros três, os efeitos de controle térmico, considerados atributos dessas fachadas na literatura, foram plenamente confirmados. Estes efeitos incluem inversões de temperatura na câmara em relação ao exterior, com máximas de -8°C durante o dia e +5°C à noite, e inversões de umidade relativa de +15% durante o dia e -5% à noite, levando ao aumento das temperaturas noturnas (Vásquez et al., 2020).

No entanto, a implementação de fachadas verdes em Santiago tem sido esporádica e, muitas vezes, motivada mais por considerações estéticas do que por uma compreensão profunda de seu potencial energético. Exemplos como o Edifício Consorcio e o Edifício MBA, da Pontifícia Universidade Católica do Chile, de 2007, ilustrados na Figura 1, se destacam pelo design intuitivo e foco estético, mas carecem de uma avaliação prévia para garantir sua eficiência energética. Isto destaca um problema mais amplo: nem todas as soluções de fachadas verdes verticais são igualmente eficazes em diferentes climas e condições urbanas, evidenciando a importância de se adaptar estes sistemas a condições ambientais específicas.

<sup>1</sup> PM 2,5 refere-se a partículas com diâmetro inferior a 2,5 micrômetros.



**Fig. 1:** À esquerda: Edifício MBA PUC (2007). Fonte: Puentes UC, 2019. Disponível em: <https://www.uc.cl/temas/mba-uc/pagina2>. À direita: Edifício Consorcio (1990), Santiago, Chile. Foto de Nico Saieh (2009). Fonte: ArchDaily, 2009. Disponível em: <https://www.archdaily.cl/cl/02-14392/edificio-consorcio-sede-santiago-enrique-browne-borja-huidobro>.

105

Por exemplo, um estudo de uma fachada verde direta em clima quente e úmido, na China, mostrou reduções significativas de temperatura de 20,8°C na fachada externa e de 7,7°C no interior. No entanto, uma fachada verde indireta no mesmo local registrou apenas reduções modestas de 3,1°C (Chen et al., 2013). Em contraste, no clima seco e de alta radiação de Santiago, Chile, fachadas verdes indiretas demonstraram diferenciais de temperatura impressionantes de -8°C e uma umidade relativa de +30% dentro da cavidade, em comparação com o exterior (Vásquez et al., 2020). Isto ilustra como a adequação e a eficácia de diferentes tipos de sistemas verdes variam de acordo com o clima e as condições específicas do local. Em climas secos como no Chile, nas zonas Central e Norte, as fachadas verdes de pele dupla são particularmente adequadas, devido ao alto potencial solar e à baixa umidade, que permitem que a câmara de ar, influenciada pela evapotranspiração das plantas, funcione em condições ideais. Além disso, em condições mais frias e com baixa radiação solar, as fachadas verdes de pele dupla ajudam a manter as paredes mais aquecidas, com a câmara de ar atuando como um isolante adicional, reduzindo a perda de calor e diminuindo a necessidade de aquecimento interno (Bakhshoodeh et al., 2022). Este desempenho térmico duplo facilita a economia de energia, tanto no aquecimento, quanto no resfriamento, tornando essas fachadas altamente adaptáveis às flutuações sazonais e diárias de temperatura, típicas de áreas com alta oscilação térmica, como as zonas Central e Norte do Chile.

## 2 Método

Este estudo visa demonstrar as capacidades preditivas de ferramentas digitais na avaliação do comportamento térmico de fachadas verdes, estabelecendo sua viabilidade como componentes integrais do processo de desenvolvimento arquitetônico. A metodologia abrange tanto a coleta de dados empíricos de edifícios existentes, quanto simulações digitais avançadas, proporcionando uma estrutura robusta para análise.

### 2.1 Coleta de dados do estudo de casos

Os dados empíricos foram obtidos de quatro edifícios com fachadas verdes em Santiago, Chile. Estes edifícios, examinados no artigo *Hygrothermal Potential of Applying Green Screen Façades in Warm-dry Summer Mediterranean Climates* (Vásquez et al., 2020), oferecem uma variedade de orientações de fachada, espécies e maturidade das plantas. Esta diversidade permite uma análise abrangente de diferentes configurações de fachadas verdes.

A temperatura e a umidade relativa foram medidas tanto fora, quanto dentro das cavidades atrás das fachadas verdes durante o verão, usando Termohigrômetros Voltcraft DL-121TH Data Logger. Estes sensores foram posicionados em três alturas distintas, dentro de cada cavidade da fachada (0,5m, 1,5m e 2,5m a partir do piso de monitoramento), para capturar perfis verticais detalhados das condições térmicas e de umidade. Os dados foram coletados ao longo de um período de cinco dias, em março de 2019, coincidindo com a densidade máxima da folhagem no verão chileno, quando os espaços de escritórios estão em uso regular e as folhas das plantas estão em sua plenitude. Este período foi escolhido para maximizar a representatividade dos efeitos de resfriamento e sombreamento, embora estudos futuros possam se expandir para outras estações para explorar variações anuais. As medições foram realizadas em intervalos de um minuto, para capturar mudanças dinâmicas de temperatura e umidade, oferecendo dados detalhados para se entender o desempenho das fachadas ao longo de cada dia.

## 2.2 Simulação digital

Paralelamente à coleta de dados empíricos, foram realizadas simulações digitais usando o programa computacional *EnergyPlus*, com rotinas personalizadas desenvolvidas na plataforma *Grasshopper* no *Rhinoceros 3D* (versão 7.3.21039.11201), integradas ao *Climate Studio* (versão 1.9.8389.21977), para controle aprimorado das simulações. Este modelo higrotérmico integra equações convencionais de transferência de calor e evapotranspiração das plantas, prevendo como estes processos impactam a temperatura ambiente e o potencial evaporativo da fachada.

O modelo inclui as seguintes variáveis e componentes de simulação:

- **Radiação solar incidente:** Estimada usando geometria solar, condições de cobertura de nuvens e orientação da fachada para calcular uma exposição realista da luz solar nas fachadas.
- **Densidade da folhagem:** O Índice de Área Foliar (LAI) foi usado para estimar a transmitância solar através da folhagem, convertendo a densidade da camada de vegetação em um fator de sombreamento quantificável.
- **Propriedades térmicas e ópticas:** As características ópticas das fachadas verdes foram representadas usando um material personalizado Radiance, adaptado para aproximar os efeitos de sombreamento de plantas trepadeiras, seguindo o consenso da literatura atual (Larsen et al., 2015). Embora esta simplificação ignore propriedades térmicas e ópticas específicas para diferentes espécies de plantas, fornece uma base prática.

Um modelo tridimensional do envelope do edifício e da camada de vegetação foi também construído para representar com precisão o comportamento térmico. O Método *Big Leaf* foi utilizado, tratando a camada de plantas como uma única tela solar uniforme, cobrindo toda a fachada (Larsen et al., 2015). Esta abordagem, amplamente reconhecida nas pesquisas atuais, facilita a representação simplificada dos efeitos de sombreamento, sem a complexidade das características individuais das folhas. O modelo exclui contribuições térmicas do substrato, consideradas desprezíveis.

O modelo higrotérmico avançado calcula o potencial de resfriamento das fachadas verdes de pele dupla, incorporando os efeitos térmicos da vegetação como um elemento adicional no balanço térmico do edifício. Este balanço inclui a liberação de calor sensível, a absorção de calor latente durante mudanças de fase da água e uma pequena porção de energia usada na fotossíntese. O modelo baseia-se em uma série de equações de última geração, ligadas para criar um motor de computação, com referências de estudos de Allen, Pereira, Raes e Smith (1998), Stec, van Paassen e Maziarz (2005), Susorova, Angulo, Bahrami e Brent (2013), Larsen, Filippín e Lesino (2015), entre outros.

## 2.3 Validação e comparação

Os modelos digitais foram validados com base nos dados empíricos coletados ao longo do período de cinco dias, com foco na comparação das tendências de temperatura. Os dados de temperatura e umidade foram calculados como uma média dos três sensores posicionados verticalmente em cada caso, para criar um único valor representativo para a calibração. Finalmente, os resultados das medições e das simulações digitais foram comparados, para se avaliar a eficácia da modelagem digital em apoiar o design arquitetônico. Esta comparação

avaliou a capacidade das ferramentas digitais de prever os efeitos de resfriamento e aquecimento passivos observados empiricamente, com implicações para a otimização de projetos de fachadas verdes para maximizar seu potencial de regulação térmica em diferentes contextos.

### 3 Estudo de casos

O estudo inclui quatro casos diferentes, cada um representando características únicas em tipo de edifício, orientação e estrutura da fachada. O Caso 1 consiste em um edifício universitário de doze andares, orientado para o Nordeste. A fachada verde deste edifício é sustentada por perfis verticais e fios horizontais, posicionados a 105 centímetros da superfície da fachada. A espécie vegetal utilizada é *Jasminum grandiflorum* (jasmim-espanhol), caracterizada por uma folhagem de baixa densidade, que oferece pouca sombra e proteção. As plantas são instaladas em caixas de plantio embutidas na base de cada andar, resultando em um padrão de crescimento irregular na fachada devido aos diferentes níveis de maturidade. A manutenção da vegetação é realizada pela equipe do edifício.

O Caso 2 focaliza um edifício de escritórios de dezessete andares, com orientação Sudoeste. Aqui, a fachada é sustentada por perfis horizontais e verticais, que acompanham a forma curva do edifício, mantendo uma distância de 120 centímetros entre o edifício e a estrutura de suporte. A espécie de planta selecionada é *Parthenocissus quinquefolia* (hera-virginiana), que possui folhagem de densidade média e galhos mais lenhosos próximos ao substrato. As plantas são instaladas em caixas de plantio embutidas, localizadas na base de cada três andares, proporcionando um nível moderado de sombreamento e uma densidade média, em comparação com os outros casos.

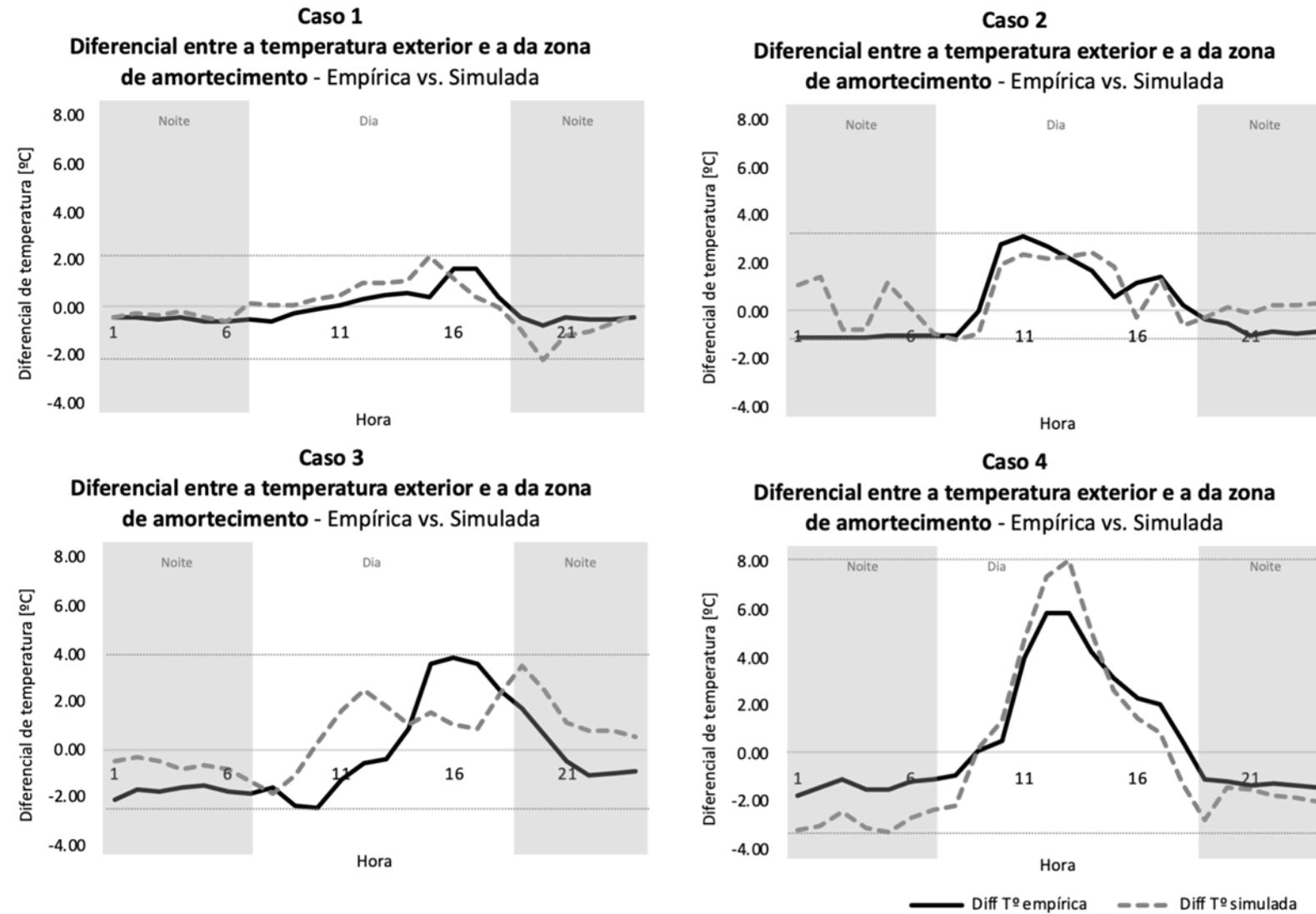
No Caso 3, é examinado um edifício universitário de quatro andares orientado para o Norte. A fachada verde deste edifício é sustentada por elementos verticais e fios horizontais, espaçados a 82 centímetros do envidraçamento. A espécie utilizada é a *Wisteria sinensis* (glicínia-chinesa), conhecida por sua folhagem de alta densidade. No entanto, o crescimento variou em altura e cobria apenas partes da fachada, no momento da medição, pois as plantas foram instaladas recentemente. As plantas são colocadas em caixas de plantio embutidas na base de cada dois andares, resultando em uma distribuição de folhagem não uniforme.

Por fim, o Caso 4 examina um edifício de escritórios de três andares orientado para o Noroeste. A fachada deste edifício possui uma estrutura de suporte composta por pilares e tela de metal expandido, posicionada a 70 centímetros do fechamento do edifício. A espécie *Parthenocissus quinquefolia* (hera-virginiana) é novamente a selecionada, apresentando folhagem muito densa, que cobre toda a altura do edifício, atingindo uma espessura de, pelo menos, 30 centímetros. Diferentemente dos outros casos, as plantas são plantadas diretamente no solo, o que promove um crescimento robusto e resulta na cobertura de vegetação mais densa entre os quatro casos.



**Fig. 2:** Superior-esquerda: Imagem da fachada e zona de amortecimento do Estudo de Caso 1; Superior-direita: Imagem da fachada e zona de amortecimento do Estudo de Caso 2; Inferior-esquerda: Imagem da fachada e zona de amortecimento do Estudo de Caso 3; Inferior-direita: Imagem da fachada e zona de amortecimento do Estudo de Caso 4. Fonte: Vásquez et al., 2020.

#### 4 Resultados



**Fig. 3:** Estes gráficos mostram os diferenciais de temperatura entre o exterior e as zonas de amortecimento ao longo do dia, segmentados por hora, para cada estudo de caso. Eles destacam as variações entre noite e dia, comparando as medições empíricas com as simulações. Fonte: Autores, 2024.

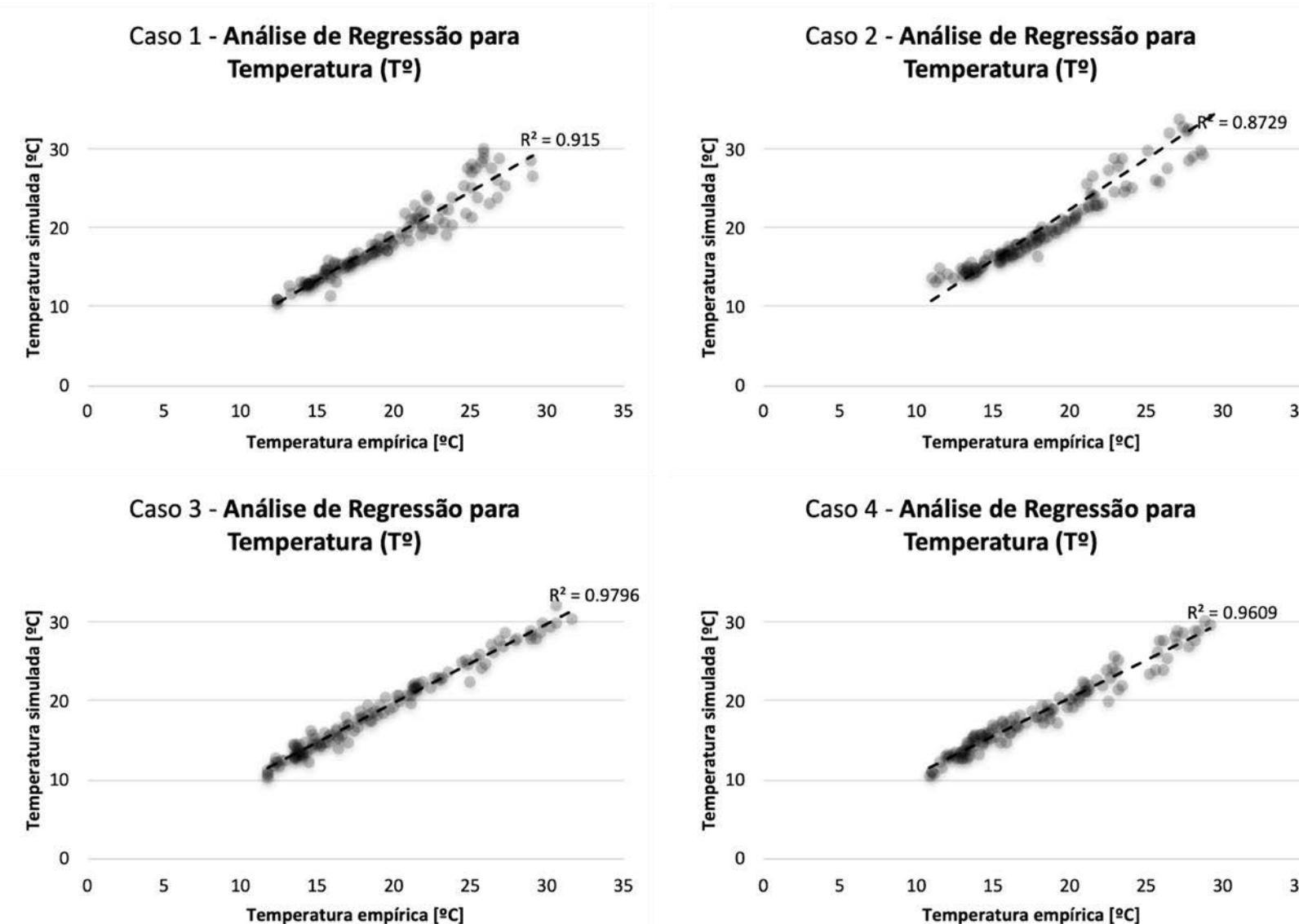
Em todos os estudos de caso, os dados geralmente mostraram um efeito de resfriamento acentuado durante o dia, devido à evapotranspiração, e um leve efeito de aquecimento à noite, decorrente das propriedades isolantes das plantas, como observado na figura 3. No entanto, a magnitude destes efeitos variou consideravelmente, influenciada pela densidade e cobertura da folhagem. As simulações, embora eficazes em capturar as tendências gerais, muitas vezes divergiram nos detalhes, especialmente em casos com densidade de folhagem média ou irregular.

As discrepâncias entre os dados simulados e empíricos destacam a necessidade de ajustes nos modelos digitais, particularmente em relação à representação das características das plantas e sua interação com as variáveis climáticas. Parte dessas discrepâncias pode ser atribuída ao desafio de se representar, com precisão, a variabilidade dinâmica do material vegetal, nas simulações. Tipicamente, esses modelos simplificam os componentes vegetais em condições homogêneas e estáticas, o que pode não capturar totalmente os comportamentos sutis das plantas vivas em resposta às mudanças ambientais. Melhorias nessas áreas poderiam aumentar a precisão preditiva das simulações, tornando-as ferramentas mais confiáveis no processo de design arquitetônico.

## 5 Discussão

### 5.1 Análise comparativa da precisão das simulações e brecha de desempenho

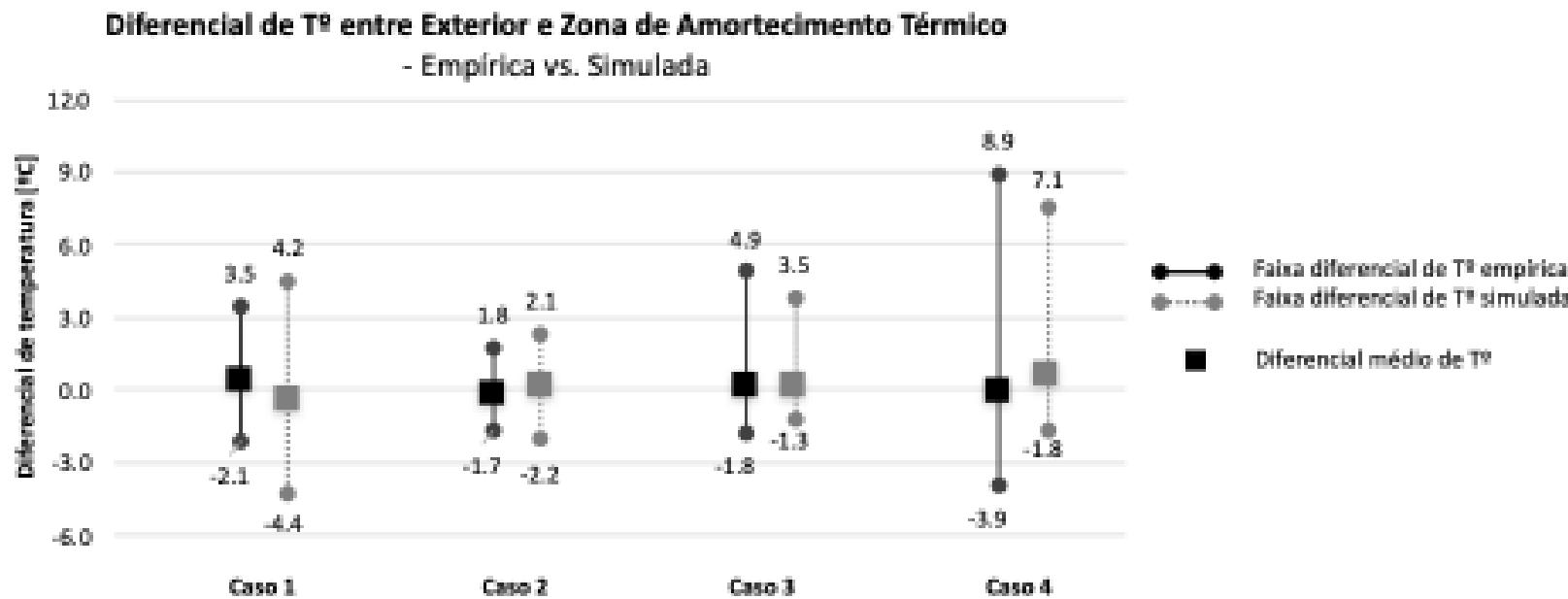
Para avaliar a eficácia das fachadas verdes pela lente da precisão das simulações, em comparação com as medições empíricas, foi realizada uma análise de regressão abrangente, em quatro estudos de caso distintos. A análise, centrada no coeficiente de determinação,  $R^2$ , quantifica o quanto bem as variações nas medições de temperatura medidas são representadas pelos modelos de simulação.



**Fig. 4:** Estes gráficos ilustram os valores para cada um dos quatro estudos de caso, indicando a precisão dos modelos de simulação na previsão dos dados empíricos de temperatura. Fonte: Autores, 2024.

Conforme mostrado na Figura 4, os valores de  $R^2$ , relatados no estudo, indicam, de modo geral, um bom desempenho do modelo em todos os casos. O Caso 1 apresentou um  $R^2$  de 0,92, indicando que as simulações foram altamente preditivas em relação aos dados empíricos, capturando efetivamente as dinâmicas térmicas. O Caso 2, com um  $R^2$  de 0,87, embora ligeiramente inferior, ainda reflete um bom nível de precisão, sugerindo que, mesmo em condições menos ideais, o modelo funciona de forma robusta. O Caso 3 exibiu a maior precisão preditiva, com um  $R^2$  de 0,98, demonstrando uma quase perfeita correspondência entre as medições simuladas e reais. Este nível de exatidão sugere que, com parâmetros de modelo finamente ajustados, as simulações podem refletir, com precisão, os resultados reais, sob diferentes condições ambientais. Da mesma forma, o Caso 4, com um  $R^2$  de 0,96, também demonstrou alta precisão do modelo, confirmando a confiabilidade das simulações em cenários com cobertura vegetal densa.

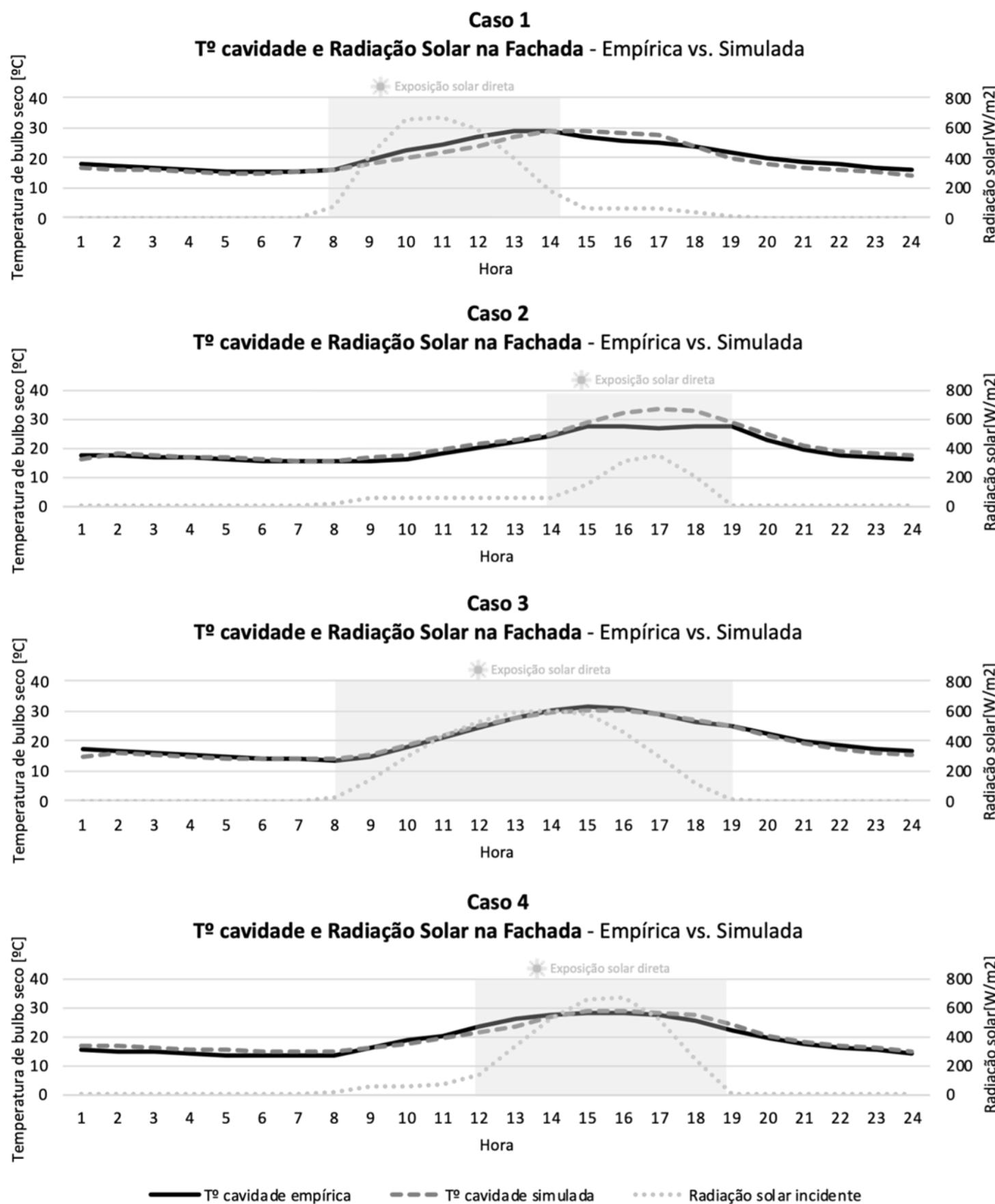
A partir destes resultados, os valores consistentemente altos em diferentes casos destacam a eficácia destes modelos em reproduzir as dinâmicas de temperatura influenciadas pelas fachadas verdes, reforçando que modelos de simulação, quando devidamente calibrados, constituem uma ferramenta eficaz para prever o impacto das fachadas verdes.



**Fig. 5:** Este gráfico exibe os diferenciais de temperatura mínimos, máximos e médios para cada estudo de caso, contrastando as medições empíricas com as previsões das simulações. Fonte: Autores, 2024.

Embora os modelos de simulação geralmente prevejam com exatidão as tendências de temperatura, há variações notáveis na precisão com que capturam os extremos das flutuações de temperatura. Por exemplo, no Caso 1, a simulação apresentou uma faixa mais ampla de diferenciais de temperatura e uma média inferior em comparação com as medições empíricas, indicando uma tendência do modelo a superestimar os efeitos extremos de moderação de temperatura. Isto contrasta com o Caso 2, onde os valores simulados refletiram de forma muito próxima os dados empíricos, sugerindo que o modelo é bastante eficaz na previsão do comportamento real da fachada verde nessas condições específicas. Nos casos 3 e 4, as simulações subestimaram tanto os diferenciais mínimos, quanto os máximos, em comparação com os dados empíricos, apontando lacunas de desempenho no modelo, especialmente em sua capacidade de capturar o potencial máximo de resfriamento observado empiricamente. Esta discrepância é especialmente evidente no Estudo de Caso 4, onde a simulação não capturou completamente o diferencial mínimo, embora tenha chegado perto do máximo, sugerindo algumas limitações na previsão precisa das condições mais frias da zona de amortecimento.

Estas diferenças entre os dados simulados e empíricos estão claramente ilustradas na Figura 5, no gráfico de diferencial de temperatura, que mostra os valores mínimos, máximos e médios para cada caso. A variabilidade na precisão da simulação ressalta a complexidade de se modelar interações dentro de fachadas verdes, que são influenciadas por múltiplos fatores, como densidade da vegetação, conteúdo de umidade e condições climáticas locais. Estes achados sugerem a necessidade de um refinamento iterativo dos modelos de simulação, incorporando uma compreensão mais profunda das propriedades fisiológicas das plantas e de sua interação com o ambiente.



**Fig. 6:** Estes gráficos apresentam dados horários de temperatura na zona de amortecimento e radiação solar, para quatro estudos de caso distintos, cada um com diferentes orientações de fachada. Eles destacam, especificamente, as horas de radiação solar direta na fachada, comparando medições empíricas com simulações. Fonte: Autores, 2024.

## 5.2 Sensibilidade às variáveis ambientais

Notavelmente, casos com folhagem densa, como o Caso 2 e o Caso 4, mostraram um efeito de resfriamento mais significativo e um controle de umidade aprimorado. Isto sugere que uma vegetação mais densa pode criar alterações microclimáticas mais substanciais, contribuindo para a redução de temperaturas e a moderação dos níveis de umidade ao redor das fachadas. Em contraste, o Caso 1, que apresentava vegetação mais esparsa, exibiu efeitos térmicos e de umidade menos pronunciados. Isto indica que, embora fachadas verdes com folhagem esparsa possam contribuir para o controle ambiental, seu impacto é consideravelmente mais limitado em comparação com aquelas com cobertura mais densa.

Esta variação de desempenho entre os estudos de caso destaca o papel fundamental da seleção de plantas e do design, na eficácia das fachadas verdes. Sugere que, para otimizar os benefícios das infraestruturas verdes, especialmente em condições climáticas e urbanas diversas, como as do Sul Global, é essencial uma consideração cuidadosa do tipo de vegetação e de sua configuração. Por exemplo, selecionar espécies de plantas com maior densidade de folhagem pode ser particularmente vantajoso em ambientes onde se desejam efeitos de resfriamento mais intensos.

Além disso, os resultados ressaltam a necessidade de soluções arquitetônicas adaptadas que levem em conta fatores ambientais locais. Ao integrar características específicas das plantas que se alinham com as condições climáticas e os requisitos arquitetônicos de um edifício, os projetistas podem aumentar a sustentabilidade e a eficiência energética de seus projetos. Esta abordagem não só melhora o microclima ao redor dos edifícios, mas também contribui para metas de sustentabilidade mais amplas, reduzindo a necessidade de resfriamento mecânico e aumentando a eficiência energética geral do tecido urbano.

A Figura 6 apresenta dados de temperatura da zona de amortecimento e radiação solar para os quatro casos distintos, cada um com diferentes orientações de fachada. A análise de sensibilidade revelou que todas as fachadas verdes responderam dinamicamente às mudanças ambientais, especialmente à radiação solar e à temperatura. No entanto, o grau desta resposta variou, de acordo com o tipo de vegetação e sua configuração. Por exemplo, a folhagem densa, nos Casos 2 e 4, proporcionou um controle de resfriamento e umidade mais significativo, enquanto a cobertura mais esparsa, no Caso 1, resultou em efeitos menos pronunciados. Esta variação ressalta a importância da seleção de plantas e do design da fachada, na otimização de infraestruturas verdes para condições climáticas e urbanas específicas. Também destaca a necessidade de soluções arquitetônicas adaptadas, que considerem fatores ambientais locais para maximizar a sustentabilidade e a eficiência energética dos edifícios no Sul Global.

## 6 Conclusões

A exploração e incorporação de fachadas verdes em ambientes urbanos, especialmente no Sul Global, apresenta uma oportunidade transformadora para enfrentar as ilhas de calor urbanas e melhorar a eficiência energética no design de edifícios. Este estudo demonstrou o potencial e a variabilidade das fachadas verdes em modificar microclimas, por meio da interação dinâmica com fatores ambientais, como radiação solar e temperatura. As principais descobertas desta pesquisa ressaltam o impacto significativo que a seleção de plantas e a orientação da fachada têm no desempenho das fachadas verdes. Em certos estudos de caso, a vegetação densa proporcionou efeitos substanciais de resfriamento e controle de umidade, revelando-se mais eficaz na moderação dos microclimas interno e externo do que configurações de vegetação mais esparsas. Isto destaca o papel essencial de abordagens de design personalizadas, que considerem condições ambientais locais específicas e necessidades arquitetônicas.

Questionar os desafios únicos do Sul Global exige abordagens inovadoras em simulação e design. As ferramentas de simulação digital mostraram-se promissoras na previsão precisa do desempenho de fachadas verdes, como demonstrado em vários estudos de caso. Essas ferramentas permitem ajustes precisos nos parâmetros de design, facilitando a otimização das fachadas verdes para alcançar o máximo de benefícios ambientais e economia de energia. Ao incorporar essas ferramentas, arquitetos e estudantes podem obter uma compreensão mais profunda das interações dinâmicas entre elementos arquitetônicos e condições ambientais, promovendo um avanço analítico e correspondente ao design.

No entanto, as discrepâncias observadas entre os resultados simulados e os dados empíricos destacam a necessidade de um refinamento contínuo dessas ferramentas, para capturar, com maior precisão, a complexa interação entre o ambiente construído e os elementos naturais.

Estas diferenças também revelam limitações nas variáveis atuais utilizadas no estudo, incluindo o breve período de coleta de dados, características específicas das espécies, como densidade da folhagem e ciclos de decomposição das folhas, e variações nas condições de plantio. Futuras melhorias devem visar não apenas o avanço dos algoritmos de simulação, mas também a incorporação de uma gama mais ampla de variáveis. Expandir a coleta de dados para diferentes estações pode oferecer *insights* sobre variações anuais no comportamento da vegetação e no desempenho das fachadas, aprimorando, assim, a precisão dos modelos.

Em conclusão, a pesquisa contínua e a aplicação de modelos de simulação refinados são essenciais para avançar na compreensão e implementação desses sistemas, garantindo que atendam às demandas específicas de paisagens urbanas diversificadas. Este estudo contribui para o crescente corpo de conhecimento sobre fachadas verdes e estabelece uma base para futuras pesquisas voltadas a reduzir a lacuna entre o design teórico e o desempenho prático.

### Agradecimentos

A pesquisa apresentada neste artigo é parte de uma tese de doutorado, que foi apoiada pela ANID BECAS/DOCTORADO NACIONAL 21110001.

### Referências

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). FAO Irrigation and Drainage Paper. No. 56 Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements).

Ascione, F., De Masi, R., Mastellone, M., Ruggiero, S., & Vanoli, G. (2020). Green Walls, a Critical Review: Knowledge Gaps, Design Parameters, Thermal Performances and Multi-Criteria Design Approaches. *Energies*, 13(9), 2296. <https://doi.org/10.3390/en13092296>

Bagheri, F., Navarro, I., Redondo, E., Fort, J. M., & Giménez, L. (2021). Understanding the Performance of Vertical Gardens by Using Building Simulation and its Influences on Urban Landscape. *ACE: Architecture, City and Environment*, 16(47). <https://doi.org/10.5821/ace.16.47.10321>

Bai, Y., Yu, C., & Pan, W. (2024). Systematic examination of energy performance gap in low-energy buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 202, 114701. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114701>

Bakhshoodeh, R., Ocampo, C., & Oldham, C. (2022). Thermal performance of green façades: Review and analysis of published data. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 155, 111744. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111744>

Bustami, R. A., Belusko, M., Ward, J., & Beecham, S. (2018). Vertical greenery systems: A systematic review of research trends. *Building and Environment*, 146(September), 226–237. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.045>

Chen, Q., Li, B., & Liu, X. (2013). An experimental evaluation of the living wall system in hot and humid climate. *Energy and Buildings*, 61, 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.030>

Dwyer, T. (2013). Knowledge is Power: Benchmarking and prediction of building energy consumption. *Building Services Engineering Research and Technology*, 34(1), 5–7. <https://doi.org/10.1177/0143624412471130>

Fu, J., Dupre, K., Tavares, S., King, D., & Banhalmi-Zakar, Z. (2022). Optimized greenery configuration to mitigate urban heat: A decade systematic review. *Frontiers of Architectural Research*, 11(3), 466–491. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.12.005>

García, M., Vera, S., Rouault, F., Gironás, J., & Bustamante, W. (2022). Cooling potential of greenery systems for a stand-alone retail building under semiarid and humid subtropical climates. *Energy and Buildings*, 259, 111897. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111897>

Ip, K., Lam, M., & Miller, A. (2010). Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy. *Building and Environment*, 45(1), 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.003>

Larsen, S. F., Filippín, C., & Lesino, G. (2015). Modeling double skin green façades with traditional thermal simulation software. *Solar Energy*, 121, 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.08.033>

Mela, D., Martinez, A. C. P., & Zuin, A. H. L. (2023). Vertical greening: The state of the art in digital modeling and simulation. *International Journal of Architectural Computing*. <https://doi.org/10.1177/14780771231197788>

Reyes, R., Bustamante, W., Gironás, J., Pastén, P. A., Rojas, V., Suárez, F., Vera, S., Victorero, F., & Bonilla, C. A. (2016). Effect of substrate depth and roof layers on green roof temperature and water requirements in a semi-arid climate. *Ecological Engineering*, 97, 624–632. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.025>

Stec, W. J., van Paassen, A. H. C., & Maziarz, A. (2005). Modelling the double skin façade with plants. *Energy and Buildings*, 37(5), 419–427. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.08.008>

Su, M., Jie, P., Li, P., Yang, F., Huang, Z., & Shi, X. (2024). A review on the mechanisms behind thermal effect of building vertical greenery systems (VGS): Methodology, performance and impact factors. *Energy and Buildings*, 303, 113785. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113785>

Susorova, I., Angulo, M., Bahrami, P., & Brent Stephens. (2013). A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance. *Building and Environment*, 67, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.04.027>

Vásquez, C., D'Alençon, R., De La Barra, P. P., Fagalde, M., & Salza, F. (2020). Hygrothermal Potential of Applying Green Screen Façades in Warm-dry Summer Mediterranean Climates. *Journal of Facade Design and Engineering*, 19-38 Pages. <https://doi.org/10.7480/JFDE.2020.2.5109>

Vera, S., Pinto, C., Tabares-Velasco, P. C., & Bustamante, W. (2018). A critical review of heat and mass transfer in vegetative roof models used in building energy and urban environment simulation tools. *Applied Energy*, 232, 752–764. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.079>

Vera, S., Pinto, C., Tabares-Velasco, P. C., Molina, G., Flamant, G., Bustamante, W., Pianella, A., & Kincaid, N. (2019). Analysis and comparison of two vegetative roof heat and mass transfer models in three different climates. *Energy and Buildings*, 202, 109367. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109367>

Viecco, M., Jorquera, H., Sharma, A., Bustamante, W., Fernando, H. J. S., & Vera, S. (2021). Green roofs and green walls layouts for improved urban air quality by mitigating particulate matter. *Building and Environment*, 204, 108120. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108120>

v.28