

O posto e seu oposto: reflexões sobre a morfose tecnológica de um novo arranjo produtivo

Thiago Lopes Ferreira,
João Marcos de Almeida Lopes*

Resumo Partindo de uma abordagem analítica acerca das características que conformam o atual modelo produtivo e seus arranjos na cadeia da construção civil, o artigo propõe um conjunto de reflexões teóricas quanto às possibilidades de recomposição produtiva, apontando para um novo arranjo pautado por distintas relações de produção dos materiais de construção e outras perspectivas sociotécnicas de aplicação. A morfose tecnológica de uma nova matriz produtiva configura-se como condição impreterível diante dos colapsos ambientais e das crises sociais factuais. Nesta orientação, a reinserção dos materiais naturais, de baixo impacto ambiental, como disparadores de novos arranjos produtivos, potencializa a reapropriação dos produtores da fabricação dos materiais e componentes construtivos, expandindo suas condições de autonomia produtiva, portadora de princípios educativos, criativos e emancipatórios.

Palavras-chave: matriz produtiva, tecnologia, materiais naturais.

El puesto y su opuesto: reflexiones sobre la morfose tecnológica de un nuevo arreglo productivo

Resumen Partiendo de una aproximación analítica acerca de las características que conforman el actual modelo productivo y sus arreglos en la cadena de la construcción, el artículo propone un conjunto de reflexiones teóricas sobre las posibilidades de recomposición productiva, apuntando a una nueva disposición guiada por distintas relaciones de producción de materiales de construcción y otras perspectivas sociotécnicas de aplicación. La morfose tecnológica de una nueva matriz productiva se configura como una condición ineludible ante el colapso ambiental y las crisis sociales fácticas. En esta orientación, la reinserción de materiales naturales, de bajo impacto ambiental, como disparadores de nuevos arreglos productivos, potencia la reapropiación de los productores de la fabricación de materiales y componentes constructivos, ampliando sus condiciones de autonomía productiva, portadora de principios educativos, creativos y emancipatorios.

Palabras clave: matriz productiva, tecnología, materiales naturales.

The post and its opposite: reflections on the technological morphosis of a new productive arrangement

Abstract Starting from an analytical approach about the characteristics that conform the current production model and its arrangements in the construction chain, the article proposes a set of theoretical reflections about the possibilities of productive recomposition, pointing to a new arrangement guided by distinct relations of production of construction materials and other socio-technical perspectives of application. The technological morphosis of a new production matrix is configured as an essential condition in face of environmental collapse and factual social crises. In this orientation, the reinsertion of natural materials, of low environmental impact, as triggers for new productive arrangements, potentiates the re-appropriation of the producers in the manufacturing of materials and constructive components, expanding their conditions for productive autonomy, bearer of educational, creative, and emancipatory principles.

Keywords: productive matrix, technology, natural materials.

O posto¹

Ainda que tenhamos acesso à uma ampla base de conhecimentos científicos, acadêmicos e populares a respeito das razões, consequências e intensidades dos impactos ambientais² gerados, principalmente, pelo conjunto dos setores produtivos e pelo modo de vida estabelecido de maneira global, pouco se tem avançado naquilo que é necessário para uma efetiva e duradoura resiliência³. Mesmo que perceptíveis e monitorados, os contínuos processos de crescimento das cidades e as ampliações de suas plantas industriais - sempre motivadas pela lógica da expansiva e irrestrita produção, demonstram e evidenciam as incompatibilidades deste sistema com os limites de seus biomas e as reservas mundiais de recursos naturais disponíveis.

A ideia de uma adequação dos modelos e práticas produtivas em prol do chamado *desenvolvimento sustentável*⁴ abriu caminho, nos últimos trinta anos, para o estabelecimento de acordos e tratados multilaterais, assumidos por um conjunto amplamente representativo de países, com o intuito de pactuar níveis e limites mais baixos para o conjunto dos impactos ambientais provocados no planeta, assim como, medidas que estabelecem controles e novas alternativas produtivas para seus membros signatários⁵. Entretanto, o que vem sendo observado por diferentes estudos reforçam as incapacidades destes acordos transformarem-se em políticas de estado operantes, eficazes e perduráveis.

Em 2017, o *Carbon Dioxide Information Analysis Center*⁶ publicou os resultados de uma pesquisa ligada ao *Global Carbon Project*⁷, estimando um aumento das emissões globais de CO₂ originárias da queima de combustíveis fósseis em mais de 50% nos últimos trinta anos⁸, contrariando, assim, os esforços e compromissos multinacionais assumidos em prol de uma redução considerável e necessária das emissões poluentes. De acordo com o documento, *“Desde 1751, pouco mais de 400 bilhões de toneladas métricas de carbono foram liberadas para a atmosfera a partir do consumo de combustíveis fósseis e da produção de cimento. Metade dessas emissões de CO₂ de combustível fóssil ocorreu desde o final dos anos 1980.”*⁹ (CDIAC, 2017)

A abundância dos recursos naturais acessíveis à baixo custo (águas, solos, rochas, florestas, oceanos, combustíveis fósseis, etc.) alimenta um modelo de matriz produtiva extrativista, estruturado a partir de plantas industriais de grande escala¹⁰, que através de processos de transformações físico-químicas dos materiais naturais - sob intenso regime de aplicação de energia, criam peças, elementos e sistemas padronizados, replicados em larga escala e vendidos como mercadorias em todo o mundo. Uma produção extremamente concentradora¹¹, com altos custos de implantação e complexos aparatos tecnológicos. Como busca, prioritariamente, a maximização dos lucros e a acumulação ilimitada de capitais, o modelo de produção capitalista prioriza estratégias que envolvam a ideia de que os impactos ambientais gerados são administráveis pela

* Thiago Lopes Ferreira é Arquiteto e Urbanista, Pós-doutorando no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, ORCID <<https://orcid.org/0000-0002-6023-7443>>. João Marcos de Almeida Lopes é Arquiteto e Urbanista, Professor do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, ORCID <<https://orcid.org/0000-0001-9999-2473>>.

¹ Este artigo é resultado da pesquisa de pós-doutorado “Arranjos produtivos para fábricas de adobes: tecnologia & formação”, realizada com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP-2018/17446-5), conduzida por Thiago Lopes Ferreira e supervisionada por João Marcos de Almeida Lopes, no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - IAUUSP.

² Em 2013, o documento *Climate Change: The Physical Science Basis* já apresentava, de acordo com o *Carbon Dioxide Information Analysis Centre*, “conclusões claras e robustas em uma avaliação global da ciência das mudanças climáticas. (...) O relatório confirma que o aquecimento do sistema climático é inequívoco, com muitas das mudanças observadas sem precedentes ao longo de décadas a milênios: aquecimento da atmosfera e do oceano, diminuição da neve e do gelo, aumento do nível do mar e aumento das concentrações de gases de efeito estufa. Cada uma das últimas três décadas foi sucessivamente mais quente na superfície da Terra do que qualquer década anterior desde 1850.” (IPCC, 2013, pg.v).

³ Segundo o relatório *Climate Change Performance Index 2021*, embora existam avanços e países comprometidos com políticas de redução de gases de efeito estufa nas diferentes categorias estipuladas por sua metodologia, nenhum país atingiu os esforços necessários e suficientes para prevenir as mudanças climáticas perigosas e já estabelecidas. <<https://ccpi.org/download/the-climate-change-performance-index-2021/>> (Visto em 04/03/21).

⁴ Termo definido pelo *Relatório Brundtland, Our Common Future*, de 1987.

⁵ Como exemplos de alguns acordos multilaterais assinados são amplamente conhecidos: a Agenda 21, Carta da Terra, Tratado de Não Proliferação Nuclear, Protocolo de Kyoto, Acordo de Paris, dentre outros.

⁶ <<https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/>> (Visto em 03/03/21).

⁷ <<https://www.globalcarbonproject.org/>> (Visto em 01/03/21).

economia financeira e passíveis de recuperação e adaptação através das inovações tecnológicas e dos arranjos políticos e jurídicos estabelecidos.

Para se ter uma ideia do que significa essa concentração de capitais e riquezas nas mãos de poucas pessoas e corporações, se tomadas as receitas mundiais de 2017, 69 dos 100 principais agentes econômicos do mundo eram empresas, e não governos¹², sendo que, neste universo empresarial, as 500 maiores corporações geraram US\$ 33,3 trilhões em receitas e US\$ 2,1 trilhões em lucros, somente em 2019¹³.

Segundo o documento *Extreme Carbon Inequality*¹⁴ produzido pela organização OXFAM, em 2015, “Entre as conferências climáticas de Copenhague e Paris, o número de bilionários na lista da Forbes com interesses em atividades de combustíveis fósseis aumentou de 54 em 2010 para 88 em 2015, enquanto o tamanho de suas fortunas pessoais combinadas aumentou cerca de 50% de mais de US\$ 200 bilhões para mais de US\$ 300 bilhões.” (pg.2, 2015). De acordo com o documento, os únicos beneficiários das políticas e ações de enfrentamento às mudanças climáticas, são constituídos por uma elite com interesses investidos na continuação de uma economia global altamente desigual, alimentada com alto teor de carbono. Essa elite super rica, pertencente ao chamado *Clube de Bilionários do Carbono*, produz e acumula riquezas com os negócios de mercados impulsionados pelas mudanças climáticas.

Ainda segundo o documento, “a metade mais pobre da população global é responsável por cerca de 10% das emissões globais, embora viva predominantemente nos países mais vulneráveis às mudanças climáticas - enquanto os 10% mais ricos do mundo são responsáveis por cerca de 50% das emissões globais.” (op.cit., pg.1, 2015)

Esse quadro fortalece o entendimento de como a crise ambiental é antes de tudo uma profunda crise social, política e econômica metodicamente construída, produzida pelos mecanismos de concentração de riqueza e poder.

Como, então, tratar a crise ambiental de forma desconexa e independente da justiça social, ambiental e da desconcentração de riquezas? (ACSELRAD, MELLO, BEZERRA, 2009) Como tratar as mudanças climáticas destacadas do pensamento decolonial, num país cuja balança econômica é ordenada pelo modelo de extração e exportação de recursos naturais não beneficiados, commodities financeiras dos donos da casa grande? (ARAÓZ, 2020; ACOSTA, 2016)

A ideia de que o capitalismo é capaz de regular os problemas dos impactos gerados e administrar as restrições ambientais, continua influente e decisiva nas negociações de leis, políticas públicas, financiamentos bancários e nos mercados de commodities. O lobby industrial é extremamente intenso e persuasivo nos bastidores políticos, conforme evidencia o documento *Extreme Carbon Inequality*, revelando que “os interesses dos combustíveis fósseis [donos das corporações exploradoras] declaram gastar € 44 milhões por ano em lobby junto à UE em Bruxelas - cerca de € 120.000 por dia. Nos EUA, em 2013, as indústrias de petróleo, gás e carvão gastaram quase \$ 157 milhões em lobby - mais de \$ 430.000 por dia, ou \$ 24.000 por hora.” (op.cit., pg.11, 2015)

Essa realidade ganha complexidade na medida em que todos os setores econômicos dependem de um fluxo constante de materiais industrializados em cadeias de produção e consumo, gerados por processos de excessivas emissões de gases de efeito estufa,

⁸ <<https://www.globalcarbon-project.org/global/multimedia/Global-CO2-emissions2019.mp4>> (Visto 04/03/21).

⁹ <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/tre_glob_2014.html> (Visto em 02/03/21).

¹⁰ Em 2019, a produção brasileira de aço foi de cerca de 32 milhões de toneladas, dentro de uma capacidade instalada para cerca de 50 milhões ton./ano. Da mesma maneira, a produção brasileira de cimento (2019) foi de cerca de 55 milhões de toneladas, dentro de uma capacidade instalada para cerca de 100 milhões ton./ano. Ver <<http://www.acobrasil.org.br>> e <<https://abcp.org.br/imprensa/vendas-de-cimento-confirmam-projecoes-e-crescem-35-em-2019/>>. (Visto em 05/03/21).

¹¹ No Brasil, o parque produtivo do aço está concentrado nas mãos de 12 grupos empresariais, que possuem 31 fábricas instaladas. Igualmente concentrada, a produção de cimento está distribuída entre 24 grupos empresariais que detêm 34 marcas de cimento e possuem 100 fábricas instaladas. Ver: <<http://www.acobrasil.org.br>> e <<https://cimento.org/cimento-no-brasil/>>. (Visto em 04/03/21).

¹² <<https://www.globaljustice.org.uk/news/2018/oct/17/69-richest-100-entities-planet-are-corporations-not-governments-figures-show>>. Visto em 01/03/21.

¹³ <<https://fortune.com/global500/>>. Visto em 04/03/21.

¹⁴ <https://www-cdn.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/mb-extreme-carbon-inequality-021215-en.pdf>. Visto em 03/03/21.

¹⁵ <<https://www.euro-petrole.com/bp-statistical-review-of-world-energy-2020-a-pivotal-moment-n-i-20698>>. Visto em 27/02/21.

¹⁶ <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/853969/>>. Visto em 04/03/21.

intensa geração de lixo e resíduos sólidos, elevado consumo de água, madeiras, rochas e minerais, entre outros.

Orientando as reflexões para o setor produtivo que integra a cadeia da construção civil, as etapas produtivas que o sustentam abrangem a extração dos recursos naturais, suas transformações industriais, circulação, aplicação, uso e manutenção de seus produtos, demolições, descartes e tratamentos finais. Essa matriz produtiva e energética possui dentre suas principais fontes de emissão de gases de efeito estufa, a queima de combustíveis fósseis para fabricação e transporte dos materiais, a decomposição do calcário durante a calcinação, e a extração de madeiras, areias e minerais diversos, ocasionando intensos processos de desmatamento e erosão.

A quase totalidade dos materiais industrializados (aço, vidro, cimento, cerâmicos, cal, alumínio etc.) necessita de altas temperaturas em seus processos de transformação e produção. Dentre os combustíveis fósseis mais utilizados e impactantes está o carvão mineral e vegetal, respondendo por cerca de 36% da energia global produzida. Dentre os maiores países consumidores, a China é responsável por 50% da demanda, seguida dos EUA, Índia e Austrália¹⁵. Seu ciclo produtivo engloba a extração, lavagem, transporte, transformação, queima e rejeitos, além de implicar na exploração dos territórios, potencializando a destruição de todo o bioma. O Brasil é o primeiro produtor mundial de carvão vegetal, com mais de 6 milhões de toneladas/ano, o que representa 12% da produção global. Desse carvão, mais de 90% vem da queima da madeira, e deste valor, cerca de 80% é utilizado pelas indústrias metalúrgica e siderúrgica¹⁶.

Considerando justamente a indústria siderúrgica, a produção mundial de aço bruto, em 2019, foi de cerca de 1,87 bilhões de toneladas. No grupo dos dez maiores produtores, a China ocupa a primeira posição com aproximadamente 1 bilhão de toneladas, seguida pelo Índia, com cerca de 111 milhões de toneladas. O Brasil, por sua vez, alcançou a nona posição, com aproximadamente 32 milhões de toneladas¹⁷ - o que representou, em 2019, um saldo comercial em torno de US\$ 5 bilhões de dólares. Deste volume produzido, cerca de 40% foi direcionado para o setor da construção civil, o que significou quase 13 milhões de toneladas de aço no ano.

Se direcionarmos as análises para a produção de cimento, os índices continuam elevados. De acordo com a *World Coal Association*, estima-se que a produção global de cimento atingiu 4,1 bilhões de toneladas em 2019¹⁸. No grupo dos principais produtores mundiais, a China reaparece na primeira colocação com mais de 2,5 bilhões de toneladas¹⁹. O Brasil, por sua vez, consiste no quinto produtor com cerca de 55 milhões de toneladas, sendo que no caso brasileiro, estima-se que as emissões médias de CO₂ estejam por volta de 600 kg por tonelada de cimento produzido, índice bem abaixo da média mundial de cerca de 850 kg por tonelada.

Como o cimento não é utilizado de forma isolada, mas adicionado a grandes quantidades de agregados (areias e britas) e água, seu impacto ganha amplitude muito mais relevante. Ainda segundo a *World Coal Association*, são necessários cerca de 200 kg de carvão para produzir uma tonelada de cimento e cerca de 350 kg de cimento para produzir um metro cúbico de concreto. Vale ressaltar que durante a calcinação ocorre a chamada *queima dobrada*, com a emissão de CO₂ tanto da queima do carvão quanto da descarbonatação do carbonato de cálcio (CaCO₃) em óxido de

¹⁷ <<https://www.abmbrasil.com.br/por/noticia/brasil-e-o-nono-maior-produtor-de-aco-do-mundo-aponta-levantamento>>. Visto em 26/02/21.

¹⁸ <<https://www.worldcoal.org/coal/uses-coal/coal-cement>> Visto em 04/03/21.

¹⁹ <<https://abcp.org.br/imprensa/vendas-de-cimento-confirmam-projecoes-e-crescem-35-em-2019/>>. Visto em 25/02/21.

²⁰ <https://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/tre_glob_2014.html>. Visto em 01/03/21.

²¹Ver, a respeito dessa “obstinação” da manufatura no processo de produção na construção civil, FERRO, 2006, particularmente as páginas 112 a 115.

cálcio (CaO)²⁰. A estimativa é de que a produção de cimento representa cerca de 6% das emissões de CO₂ no Brasil.

Temos então de forma sintetizada, um modelo de matriz produtiva, intensamente extrativista e organizado essencialmente para operação de forma manufatureira - que é o que caracteriza a cadeia da construção civil de forma geral e em escala global²¹ - caracterizado por: 1) causar um destrutivo e insustentável impacto ambiental, tanto a nível do consumo dos recursos naturais não-renováveis quanto da intensidade das poluições geradas na atmosfera, hidrosfera e litosfera; 2) produzir, de maneira contínua, grandes quantidades de determinadas mercadorias industrializadas e exigentes em energia; 3) priorizar o acúmulo ilimitado dos ganhos de capitais e minimizar os custos e despesas; 4) estruturar-se de maneira concentradora com tendência monopolista, apoiando-se nas propriedades privadas fundiárias e dos meios de produção (a produção brasileira, embora realizada pelo povo brasileiro, não é do povo brasileiro, ela tem dono e eles são muito poucos); 5) organizar o trabalho produtivo de forma controlada, verticalizada, fragmentada e externa ao espaço de produção; 6) articular-se em todas as dimensões da vida social e com as instâncias dos diferentes poderes nacionais e internacionais, acumulando e concentrando os capitais financeiros, políticos e simbólicos, de forma a perpetuar o modelo, mesmo que isso signifique acumular riquezas a partir da destruição da biosfera e da manutenção da pobreza e exclusão crescente da população majoritária.

Assim, participante ativo e corresponsável pelas realidades de colapsos ambientais e crises sociais, conforme os índices expostos, a cadeia da construção civil consiste em um dos primeiros setores da economia a ser pressionado a responder às novas condições e solicitações impostas, tanto pelo crescente esgotamento dos biomas e ecossistemas, quanto por grupos de pessoas e sociedades cada dia mais atentos às mudanças climáticas e suas consequências concretas. Justamente por configurar-se como um setor de alto consumo energético, intenso uso de materiais não renováveis, ampla produção de resíduos e geração de gases de efeito estufa, o estabelecimento de ações que transformem o paradigma tecnológico convencionalizado vem sendo debatido e praticado nos ensaios por processos de transição desta matriz energética e produtiva.

Oposto

De maneira antagônica e reversa, a negação do que está posto surge em novos contextos de experimentações e inovações tecnológicas, a partir de outras formas de exploração dos recursos naturais, outros processos de produção dos materiais de construção, outras relações de trabalho - e novos impactos ambientais e sociais que precisam ser analisados.

Diferentes grupos de arquitetos, engenheiros, pesquisadores, construtores, entre outros, que não fazem parte do *Clube de Bilionários do Carbono*, e se interessam pela adoção de posturas e novas práticas construtivas amparadas numa ética de sustentabilidade, estão cada vez mais comprometidos com processos produtivos de baixa emissão de gases de efeito estufa, de resíduos sólidos e otimização energética. Esta nova orientação produtiva encontra nos limites postos e impostos pela natureza e pelos direitos humanos e justiça social, os limites de suas possibilidades sociotécnicas de produção e superação da matriz capitalista. Uma outra matriz orientada para a

produção de tecnologias limpas, eficientes, de baixo carbono e renováveis, revistas de modo sistêmico a partir das engrenagens estruturais de seu modo de produção: macro estrutura político-econômica, propriedades, leis, normas, regras, conhecimentos técnicos, valores culturais, práticas de consumo, forças produtivas, relações de produção, entre outros, contribuindo para a descarbonização da economia (e da construção) e a superação das desigualdades sociais, econômicas e raciais que se encontram na base da destruição da biosfera terrestre.

Nesta orientação, tornam-se essenciais algumas atenções que devem ser tomadas no esforço de se evitar uma compreensão superficial do tema e se deixar levar pela contínua e rápida adaptabilidade do modelo produtivo capitalista, face às dinâmicas das sociedades. Comumente é possível observar que em prol de uma espécie de ajuste ambiental e de um crescimento dito ecológico dos territórios, o sistema promove adaptações tecnológicas sob a forma de mercadorias inovadoras, que atuam a serviço das resoluções pontuais de certos distúrbios ambientais. Um discurso sustentável e apaziguador focando num caráter menos invasivo e destrutivo de alguns setores e atividades da produção junto ao meio ambiente.

Críticas fundamentadas a esta postura do chamado *mercado verde* vêm decodificando os mecanismos que não se sustentam em suas abstrações, e se enquadram naquilo que João Medeiros e Eduardo Barreto (2013) chamam de *ecologismo acrítico*, ou seja, o ecologismo que possui como pretensão a superação dos problemas ambientais dentro do próprio sistema capitalista, sem precisar superá-lo para isso. Uma espécie de adequação com limites, índices e políticas de condutas e reparações. Segundo os autores, “*a defesa de uma nova ética, por conseguinte, baseia-se na crença de que a produção, ainda que submetida à lógica capitalista, seria subordinada aos desígnios de uma consciência radicalmente renovada, ecologicamente responsável, comprometida com a sustentabilidade ambiental.*” (MEDEIROS e BARRETO, pg.323, 2013)

Através de análises a respeito da categoria de *trabalho* em Marx e Lukács, desdobrada nas categorias de *valor* (trabalho), *dever ser* (objetivação do processo de trabalho) e *moral* (nexo entre valor e dever ser), os autores salientam a tese marxista de que na sociedade capitalista o trabalho figura como a própria finalidade das práticas econômicas dos seres humanos, configurando uma formação social em que o processo de produção domina o humano, e não mais o humano o processo de produção. Ou seja, diferentemente de regimes pré-capitalistas, no atual modo de produção o trabalho para além de constituir o meio de satisfação das demandas humanas, produzindo os diferentes valores de uso, torna-se o próprio valor (mercadoria), emergindo como fim e fazendo-se mediador nas relações entre indivíduos e coisas. Uma mediação de natureza subordinante e coercitiva que se expande na medida em que flui por entre as subjetividades dominantes da moral vigente. O acúmulo de riquezas vem intimamente aliado com a mercantilização do trabalho.

Segundo os autores (*op.cit.*, pg.331, 2013), visto que “*(...) a sociedade capitalista envolve a subordinação da moral e da ética ao Valor (trabalho), então os valores que constituem a ética implícita ao ecologismo acrítico não podem escapar a essa subordinação.*” Desta maneira, se as práticas deste *ecologismo* envolvessem ações contrárias à reprodução ampliada do *Valor*, elas seriam incompatíveis com o *modus operandi* do sistema capitalista, e assim, insustentáveis. Em suma, o trabalho teria que

deixar de ser tido como mercadoria - o trabalho também tem que mudar.

Eis o ponto que evidencia a condição *sine qua non* do processo de dever ser do trabalho: a compreensão sobre a existência de escolhas, de alternativas entre as possibilidades de conduta, e assim, dos tipos e formas de relações produtivas, buscando assumir as análises críticas das condicionantes dos atuais arranjos produtivos, com vias à constituição de outras práticas de produção - estabelecidas a partir de uma nova matriz renovável, de baixo impacto ambiental, humanista, não concentradora, solidária e formadora de novas consciências individuais e coletivas.

Um dos pontos de partida consiste nos processos de conscientização referentes às origens, propriedades e aplicações dos materiais de construção (componentes e sistemas construtivos) e de suas potencialidades sociotécnicas. Diante das condições e consequências da produção e uso dos materiais industrializados, conforme exposto anteriormente, um movimento de amplitude cada vez mais significativo vem trabalhando o resgate, revalorização e reinserção dos materiais naturais - de elevada autonomia produtiva, na realização das construções e constituição de territórios. Materiais estes, de usos milenares e universais, encontrados nos mais variados biomas e que uma vez manejados e integrados, causam baixo impacto ambiental e elevado impacto social.

Deste conjunto de materiais serão aqui evidenciados a madeira, o bambu e a terra²². De maneira sucinta, visto não ser aqui o espaço adequado para um tratamento mais técnico dos três materiais citados, elencamos algumas condições intrínsecas a eles, com o intuito de justificá-los enquanto elementos essenciais na constituição de uma nova matriz produtiva, apontando outras possibilidades técnicas e construtivas e outras possibilidades de relações de trabalho e de processos formadores.

Entre os materiais citados é a madeira que apresenta o quadro mais avançado de inserção no mercado da construção civil brasileira, seja por possuir numerosas normas técnicas referentes²³, seja pela extensa cadeia produtiva, a níveis local, regional e nacional, estruturada e inserida no mercado convencional da construção civil. Isso passa pela existência pulverizada em todo o país de serrarias de corte e manuseio, lojas de venda e distribuição, profissionais marceneiros(as), carpinteiros(as), engenheiros(as) e arquitetos(as), e ainda, de linhas produtivas em pré-fabricação - adotando inclusive práticas responsáveis de utilização de madeiras oriundas de plantios manejados de reflorestamento.

A cultura construtiva da madeira consiste num acúmulo milenar de conhecimentos aprofundados e práticas com as mais diversas finalidades, escalas e diversidade de técnicas e contextos. Seus usos compreendem uma grande variedade de sistemas estruturais, de fechamento de paredes, painéis, coberturas, pisos, escadas, mobiliários, utensílios, entre outros.

Como características e propriedades inerentes ao material, bem como suas potencialidades de uso e benefício social, vale destacar: 1) sua origem vegetal e renovável com extensa variedade de espécies; 2) sua capacidade em sequestrar e estocar carbono durante seu ciclo de vida; 3) a baixa exigência de energia para sua produção (cresce com energia solar) e beneficiamento como material construtivo (se pensarmos em relação à produção do aço e do cimento, por exemplo); 4) a alta durabilidade quando

²²Outros materiais de similar importância juntam-se aos já mencionados, como as fibras vegetais e as pedras, embora não sejam tratados neste texto.

²³Vale destacar a existência, na Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, do Comitê Brasileiro de Madeira (CB-031) que se ocupa "da normalização no campo de madeiras compreendendo produtos madeireiros em geral, como madeiras serradas e beneficiadas, chapas de compensado, painéis de fibras e particulados, cavacos de madeira; produtos de madeira, como portas, pisos, cruzetas, postes e carretéis; preservação e tratamento de produtos madeireiros e de madeira, no que concerne à terminologia, requisitos e métodos de ensaios." <<http://www.abnt.org.br/cb-31>>. Visto em 25/02/21.

aplicada corretamente; 5) a elevada resistência a esforços mecânicos e sua baixa massa volumétrica; 6) a possibilidade de execução de “obras secas” em processos de pré-fabricação; 7) a reduzida produção de resíduos sólidos quando utilizada de maneira planejada; 8) a possibilidade de aproveitá-la como material isolante natural, térmico e acústico; 9) o reduzido impacto ambiental gerado quando extraída adequadamente; 10) a alta potencialidade de ser utilizada em programas de geração de emprego, renda e formação técnica, à níveis local e regional, entre outros.

No caso do bambu, as mesmas considerações expressas acima são válidas para este nobre material. Conhecido na Ásia como “planta dos mil usos”, essa gramínea é a espécie vegetal com maior velocidade de crescimento, possuindo uma cultura perene que demanda poucos cuidados. Além de proteger os solos de processos de erosão com seu sistema de raízes, o bambu pode ser inteiramente utilizável, seja para a alimentação humana e animal, fabricação de papéis, cordas, tecidos, utensílios variados, ferramentas laborais, construções e arquiteturas, entre outros.

Como características do material destacamos: 1) sua origem vegetal, renovável e biodegradável, presente em abundância no território nacional; 2) sua capacidade de sequestrar e armazenar carbono; 3) seu rápido crescimento podendo atingir 30 metros de comprimento nos primeiros 6 meses; 4) sua elevada flexibilidade, resistência e durabilidade, quando utilizado corretamente; 5) sua potencialidade de aplicação em diferentes sistemas construtivos e processos de pré-fabricação (estruturas, painéis de parede, movelaria, pisos, forros, etc.); 6) sua facilidade de manipulação e trabalhabilidade, potencializando a utilização em programas de geração de emprego, renda e formação técnica, entre outros.

Recentemente, o bambu foi objeto de uma norma técnica brasileira, publicada em duas partes, abrangendo os temas relativos ao projeto²⁴ e à determinação de suas propriedades físicas e mecânicas.²⁵

De forma similar, a terra também vem sendo utilizada como material de construção desde tempos remotos, abrigando até hoje uma enorme parcela da população mundial em todos os continentes. No Brasil, dentre as técnicas mais comumente empregadas encontramos o adobe, a taipa de mão ou pau a pique e a taipa de pilão. Historicamente, as três técnicas foram utilizadas tanto em construções populares, quanto em arquiteturas nobres, coletivas e públicas, como exemplo: casas quilombolas e caiçaras em taipa de mão, casas de adobe no auge do ciclo do ouro mineiro, casas paulistas bandeirantes de taipa de pilão, e ainda, igrejas, casas sede de fazendas, casas de câmara e cadeia, edificações da administração pública, entre outros.

Dentre as características, propriedades e potencialidades do uso da terra, vale destacar sua condição como material natural que pode ser utilizado em diferentes sistemas construtivos - em função das características da terra empregada e do teor de água utilizado. Geralmente, no Brasil, a terra é aplicada em subsistemas de paredes (estruturais e de fechamento), painéis verticais, pisos e revestimentos (externos e internos).

Ademais, vale ressaltar: 1) a disponibilidade local ou regional do material, reduzindo custos e impactos com transporte; 2) o reduzido dispêndio de energia em seus processos de transformação e conformação de elementos construtivos; 3) a elevada reversibilidade

²⁴ ABNT NBR 16828-1:2020: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=459031>>. Visito em 04/03/21.

²⁵ ABNT NBR 16828-2:2020: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=459032>>. Visito em 04/03/21.

da terra, podendo ser reutilizada, minimizando os resíduos sólidos; 4) a natureza micro porosa e a elevada inércia térmica do material, potencializando a regulação térmica e higrométrica entre os ambientes; 5) a manutenção de ambientes saudáveis uma vez que não há liberação de COV (Composto Orgânico Volátil), nem outros resíduos de transformação industrial e química; 6) a facilidade de manipulação e trabalhabilidade uma vez que o material não é nocivo nem agressivo à saúde dos trabalhadores; 7) a potencialidade de valorização criativa e estética em virtude da diversidade de cores e possibilidades de aplicação; 8) a potencialidade de ser utilizada em programas de geração de emprego, renda e formação técnica, entre outros.

As iniciativas de constituição de regras e normas técnicas para o uso da terra como material construtivo, assim como o que ocorre com a madeira e o bambu, é fruto de múltiplos esforços de numerosos profissionais, técnicos e pesquisadores. No contexto brasileiro, foi publicada em janeiro de 2020 a norma para a técnica do adobe, intitulada “*Adobe: requisitos e métodos de ensaio*”²⁶. Sua publicação amplia o, ainda restrito, mercado da construção com terra no país, na medida em que torna possível a construção de novos cenários e arranjos para a produção do adobe em larga escala.

²⁶ABNT NBR 16814:2020: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=436212>>. Visto em 01/03/21.

#

A questão que se apresenta consiste na possibilidade, ou não, de se utilizar destes materiais naturais, de baixo impacto ambiental, como disparadores de novos processos produtivos orientados para a superação da matriz produtiva estabelecida e a reconexão do trabalho (categoria) com seus valores fundantes, numa orientação lukácsiana, de mediação material e objetiva do ser humano com a natureza.

Enquanto exercício reflexivo sugere-se um novo cenário que, embora não esteja ainda constituído, vem ganhando força na medida em que tais materiais passam a ser cada vez mais empregados, com as devidas qualidades técnicas, nas produções em arquitetura e nas construções. Neste contexto é possível estabelecer novas composições de organização das forças produtivas, das relações de trabalho, dos significados coletivos desses processos e dos impactos ambientais e sociais alcançados.

Isso passa necessariamente por um movimento de reapropriação e empoderamento da autonomia produtiva, da reconexão do produtor com os processos e frutos de seu trabalho - com sua autonomia criativa. Autonomia esta que lhe foi retirada quando da concentração e controle da produção dos materiais, pelas indústrias, através das complexas e custosas linhas de produção.

Quem possui condições para produzir clínquer no terreno de casa e fazer cimento?

Quem consegue produzir ferro gusa na garagem e fabricar lingotes de aço?

Tomando o adobe como exemplo neste exercício reflexivo, o primeiro desafio seria a investigação, experimentação e estruturação de um novo arranjo produtivo, em larga escala, que possibilitasse a constituição e a montagem de sua cadeia produtiva, em níveis locais e regionais. Neste sentido, adquire relevância o planejamento de plantas de produção integradas aos territórios, em suas diferentes escalas, e estruturadas por linhas parcialmente mecanizadas, facilitando processos de pré-fabricação leve *in loco*,

de gestão coletiva da produção, de geração de empregos locais, de renda familiar e de dinamização do setor da construção civil regional.

Possuir o material de construção nos pés e a tecnologia produtiva nas mãos permite aos trabalhadores escapar (ou minimizar) dos mecanismos de extração de mais valor sobre seus trabalhos, presentes nos canteiros de construção e nas linhas de produção dos elementos construtivos industrializados. Na produção de adobe, a matéria prima possui baixo custo com transportes e necessita de poucos equipamentos (energia) para sua confecção. Seu preparo pode ser coletivizado e desempenhado de forma rotativa, por não necessitar de alta especialização. A mecanização e os cuidados com a ergonomia na produção devem ser adotados de forma a aumentar o conforto operatório dos trabalhadores e diminuir o peso e os acidentes de trabalho, sem, entretanto, retirar sua autonomia produtiva e organizativa, valorizando os conhecimentos técnicos e culturais acumulados.

A produção de adobe não se configura como um processo fechado, totalmente automatizado, padronizado com funcionamentos pré-determinados, controlados e comandados por sujeitos exógenos ao processo produtivo. Ela se enquadra, ao contrário, como uma cadeia flexível de contínuos processos interligados e complementares, trabalhando em rede e estruturando o que Gilbert Simondon chama de *máquina aberta*.

“A máquina dotada de alta tecnicidade é uma máquina aberta, e o conjunto de máquinas abertas pressupõem o homem como organizador permanente, como intérprete vivo das máquinas, umas com relação às outras”. (SIMONDON, pg.46, 2020)

Neste sentido, seria a alta tecnicidade a principal condição que mantém as conexões necessárias com o caráter aleatório e produtivo da natureza, no caso dos adobes, ligado à qualidade da terra utilizada - o que exige atenção e conhecimento quanto à aplicação da técnica. Assim, a tecnologia é compreendida não como um meio, *“mas sim como ato, como fase de uma atividade de relação entre o homem e seu meio ambiente.”* (SIMONDON, pg.320, 2014)

Essas características da técnica do adobe possibilitam a constituição de arranjos produtivos locais mais integrados com seus territórios, uma vez que a planta produtiva consegue ser adaptável às condições locais, de maior ou menor mecanização, e ainda permitir uma mobilidade flexível a partir do planejamento de pequenas plantas móveis, contendo os equipamentos essenciais e podendo ser transportadas até o canteiro, e assim, facilitar a produção habitacional em territórios rurais, onde as obras são espacialmente dispersas e o transporte dos materiais dificultados. Essa flexibilidade converge com uma condição incontornável do processo produtivo no setor da construção civil, onde diferentemente de outros setores produtivos, não é o produto que anda pela linha de produção, mas pelo contrário, é a linha de produção que anda até o produto (CORIAT, 1983).

A construção deste novo arranjo tecnológico ainda encontra referência no que Ian Turner chamou de *industrialização parcial*, conceito *“baseado numa estratégia de produção que utiliza seletivamente alguns aspectos da industrialização, evitando ou adiando a utilização de outros.”* (pg.216, 1972) Turner propõe como alternativa aos constantes

riscos de contraproduktividade presentes nos países ditos “em desenvolvimento”, uma combinação de projeto de sistemas e componentes pré-fabricados em canteiro, com a qualificação dos trabalhadores e dos produtos construídos. Segundo o autor, *“componentes produzidos em massa que são leves, baratos, fáceis de manusear - e que podem ser facilmente utilizados pelos autoconstrutores - têm potencialmente um impacto muito maior.”* (pg.223, 1972)

Uma vez verificada a importância de se planejar e praticar novos arranjos produtivos na cadeia da construção civil, estabelecidos por uma base sustentável, humanista e não concentradora, entende-se melhor como estes processos de produção vão se aproximando de processos educativos e formadores, na medida em que fomentam, dentro do trabalho, práticas dialógicas, participativas, autogestionárias e de conscientização produtiva. Essa orientação converge para a transformação do canteiro em uma plataforma de trabalho cooperado e formação técnico-profissional.

Nesta vertente, a ideia de produzir e transferir tecnologia é substituída pela prática de sua construção coletiva, com a incorporação dos valores e saberes dos grupos produtores. As práticas educativas, autogestionárias e dialógicas aproximam e combinam os processos de trabalho dos processos de formação, dentro do mesmo ambiente, facilitando a compreensão do trabalho enquanto princípio educativo e ao mesmo tempo, da educação como produção social.

Considerações finais

Este artigo é fruto de uma pesquisa de pós doutoramento, conduzida ou supervisionada pelos autores, cujo objetivo consiste em ampliar e aprofundar os conhecimentos científicos e tecnológicos a respeito dos arranjos produtivos e inovações, quando orientados para montagens de processos semi-mecanizados de produção de adobe. Trata-se, portanto, de um projeto de desenvolvimento tecnológico, situado no campo da arquitetura socioambiental, particularmente analisado como processo construtivo usando a terra crua como material básico. No entanto, a proposta procura abordar algumas configurações de arranjos produtivos empregados na produção do adobe, articulados a estratégias de formação acadêmica, técnica e profissional. A origem dessa pesquisa responde, em parte, à recente publicação da Norma ABNT NBR 16814 - *Adobe — Requisitos e Métodos de Ensaio*, e ganha amplitude mediante a necessidade de se investigar adequadamente as possibilidades de constituição de uma cadeia produtiva em torno desta técnica.

Neste sentido - e partindo de abordagens analíticas e referenciais bibliográficos - o presente artigo apresenta alguns dados acerca das características que conformam o atual modelo produtivo e seus arranjos na cadeia da construção civil (extrativista intensivo e manufatureiro, como apresentado anteriormente), analisando seus impactos sociais e ambientais e propondo um conjunto de reflexões teóricas quanto às possibilidades de uma recomposição produtiva, apontando para novos arranjos, pautados por outras concepções de relações de produção, bem como a partir de outras perspectivas sociotécnicas de aplicação da terra crua como material construtivo e do adobe como componente elementar.

Qualquer recomposição de arranjos operativos no setor da construção civil, instruindo

uma nova matriz produtiva e conformando outras relações de trabalho, demanda mudanças nos valores estabelecidos que comandam o que ou aquele que comanda a engrenagem. Como já exposto, mesmo o mercado dito “verde” - ainda em consonância estrutural com a matriz produtiva estabelecida, nos condena a uma realidade insustentável e autodestrutiva, dentro de um período relativamente curto. Não há acordos possíveis senão os estruturais, os fundamentais para a superação deste modelo social, econômico e político, que faz a espécie humana enveredar em uma vida de brevidades e a um fim planejado.

Assim, torna-se impreterível a compreensão crítica do sentido de sustentabilidade, orientando seu entendimento pelas dimensões de justiça social e ambiental, conforme noção formulada por Henri Acselrad,(2009). Para o autor, a sustentabilidade seria uma espécie de categoria utilizada para se problematizar as condições materiais de produção e reprodução social, a partir da regulação dos acessos e distribuição dos recursos naturais. Tudo isso, segundo Acselrad, fundamentado por princípios éticos e políticos de legitimação da reproduzibilidade das práticas espaciais.

É nessa perspectiva que ensaiamos alguns princípios para esta nova matriz produtiva - particularmente no contexto da construção civil. A revalorização do uso de materiais naturais e dos conhecimentos e saberes históricos acumulados, ocorre aqui, através de movimentos de ressignificação crítica dos processos de desenho/projeto e das práticas produtivas no canteiro de obras. Isso passa pela redução progressiva e categórica da produção e utilização do concreto, aço e outros materiais industrializados, tendo em vista as consequências ambientais e sociais já abordadas anteriormente.

O exercício reflexivo aqui tomado a partir da possibilidade de se estruturar uma cadeia produtiva em torno da fabricação do adobe em larga escala²⁷, visto a nova conjuntura estabelecida a partir da normatização de sua produção e uso, regulamentando suas características específicas – matéria prima com disponibilidade local ou regional; processos de produção tecnológica de baixo impacto ambiental; acúmulo técnico milenar; fácil trabalhabilidade; acessibilidade descentralizada à produção, entre outros, aponta para uma perspectiva inovadora de desenvolvimento de um arranjo produtivo mais maleável, aproximando-se da ideia de *máquina aberta* de Simondon (2020) e dos processos de *industrialização parcial* de Turner (1972). Parece-nos possível, assim, vislumbrar a descentralização produtiva na constituição de fábricas regionais fixas e móveis, bem como a potencialização de processos de pré-fabricação, tanto fora quanto ao “pé do canteiro”, tanto para obras em proximidade quanto dispersas territorialmente.

Alguns contextos existentes indicam a possibilidade de constituição de arranjos produtivos adequados à fabricação sistemática do adobe em grande escala, inserida no mercado regional da construção civil. Esse é o caso da macrorregião abrangendo os estados do Novo México, Arizona e Texas, nos Estados Unidos, onde a presença de um mercado de compra e venda de adobes produzidos, artesanalmente ou em linhas semi-mecanizadas - com equipamentos, ferramentas, insumos, entre outros, alavanca significativamente a capacidade de fabricação em escala.

²⁷ A produção em escala do adobe surge aqui como uma possibilidade, entre outras tantas, de aplicação dos materiais naturais e suas técnicas construtivas, a serem melhor exploradas no âmbito da produção da arquitetura contemporânea. Assim como o adobe, inserem-se em condições similares, por exemplo, os sistemas construtivos com a madeira de reflorestamento e o bambu adequadamente manejado.



Figura 1 (topo): Produção semi-mecanizada de adobe em larga escala no Novo México, EUA. Fonte: Foto do autor, 2019.

Figura 2: O arranjo produtivo permite a fabricação de 1.000 adobes/dia a 2 pessoas. Fonte: Foto do autor, 2019.

Figura 3: Experimentação produtiva com a fôrma para 30 adobes, IAU USP São Carlos. Fonte: Foto do autor, 2020.

Figura 4: Produção de adobe com baixa mecanização - 250 adobes/dia a 2 pessoas. Fonte: Foto do autor, 2020.

Tais panoramas oferecem parâmetros teórico-técnicos para projetos e montagens de plantas de produção, favorecendo o desenvolvimento objetivo de uma nova cadeia produtiva e expandindo as possibilidades de inserção desse componente construtivo no mercado da construção civil brasileira - agora de forma regularizada e com possibilidades de acesso a políticas públicas e créditos financeiros.

Dentro deste cenário, a produção justa e consciente, a formação crítica e integral e a técnica ecológica e integrada pautam as renovadas relações produtivas. Novas possibilidades vão sendo experimentadas e promovidas, ao mesmo tempo em que as demandas sociais e ambientais por mudanças estruturais vão se tornando mais agudas.

A morfose tecnológica de uma nova matriz produtiva configura-se como condição impreterível diante dos colapsos ambientais e das crises sociais factuais. Nesta orientação, a reinserção dos materiais naturais, de baixo impacto ambiental, como disparadores de novos arranjos produtivos, potencializa a reapropriação dos produtores da fabricação dos materiais e componentes construtivos, expandindo suas condições de autonomia produtiva, portadora de princípios educativos, criativos e emancipatórios.

Referências bibliográficas

- ACOSTA, A. Extrativismo e neoextrativismo, in DILGER, G., LANG, M., FILHO, J. P. (Orgs.). *Descolonizar o imaginário: debates sobre pós-extrativismo e alternativas ao desenvolvimento*. Tradução Igor Ojeda. São Paulo: Fundação Rosa Luxemburgo, 2016.
- ACSELRAD, H. (org.). *A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas*. 2ªed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2009.
- ACSELRAD, H.; MELLO, C. C. A.; BEZERRA, G. N. *O que é justiça ambiental*. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.
- ARÁOZ, H. M., PERES, J. *Mineração, genealogia do desastre: O extrativismo na América como origem da modernidade*. Brasil: Editora Elefante. 2020.
- BODEN, T.A., MARLAND, G., ANDRES R.J. *Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A., 2017. Doi 10.3334/CDIAC/00001_V2017.
- BURCK, J., HAGEN, U., BALS, C., HÖHNE, N., NASCIMENTO, L. *Results Climate Mitigation Efforts of 57 Countries plus the EU*. Covering 90% of the Global Greenhouse Gas Emissions. Climate change performance index CCPI. Germany, 2021. Disponível em: <<https://ccpi.org/download/the-climate-change-performance-index-2021/>>.
- CORIAT, B. O processo de trabalho do tipo 'canteiro' e sua racionalização. *Ata do Colóquio "Le travail en chantiers"*. São Paulo: mimeo (tradução Jorge Oseki, revisão João Sette Whitaker Ferreira), 1983.
- FERRO, S. *Arquitetura e trabalho livre*. São Paulo, SP: Cosac Naify., 2006.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2013 The Physical Science Basis Working*. Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2013. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/09/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf>
- LOW CARBON ECONOMY INDEX. *Is Paris possible?* Publicação PWG France, 2017. Disponível em: <<https://www.pwc.co.uk/sustainability-climate-change/assets/pdf/lcei-17-pdf-final-v2.pdf>>
- MEDEIROS, J.L., BARRETO, E.S. Lukács e Marx contra o "ecologismo acrítico": por uma ética ambiental materialista. *Economia e Sociedade*, Campinas, v. 22, n. 2 (48), p. 317-333, agosto, 2013.

OXFAM. *Extreme carbon inequality*. Why the Paris climate deal must put the poorest, lowest emitting and most vulnerable people first. OXFAM MEDIA BRIEFING, 2015. Disponível em: <https://www-cdn.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/mb-extreme-carbon-inequality-021215-en.pdf>

SIMONDON, G. *Do modo de existências dos objetos técnicos*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2020.

_____. *Sur la technique*. Presses Universitaires de France, Puf, Paris, France, 2014.

TERNER, I. D., Technology and autonomy, in TURNER, J. e FICHTER; R., *Freedom to build: Dweller Control of the Housing Process*, Collier Macmillan, New York, - John F C Turner & Robert Fichter, eds., 1972.

Recebido [Jun. 07, 2021]

Aprovado [Fev. 03, 2022]