

CÓPIA DO REVISOR



978-2-3798-4166-8



REHUMANIZANDO O FUTURO ATRAVÉS DO DESIGN

Revista Aberta de ReFuturismo

EDIÇÃO ESPECIAL DO CENTENÁRIO

PRIMAVERA DE 2131

OPEN DESIGN SOCIETY, OSLO

Conteúdo

04 NOTAS DOS EDITORES

09 1. CULTURAS DE ENERGIA GLOCAL: COMPREENDENDO A INDIGENEIDADE RADICAL DO SÉCULO 22 E ALÉM

Irja Aoki, Parve Zenlin & Manuela Cadogan

1. Vivendo de tempo roubado: os paradoxos de uma emergência climática

1.1 *Emergência Climática no Espaço e no Tempo*

1.2 *A culpa de uma nação-fóssil*

1.3 *Mudança Verde no Mix de Energia*

2. Abolição de Combustíveis Fósseis e Reparações Climáticas

2.1 *Reenergizando o Bem Comum*

2.2 *Produção de Energia Socialmente Útil (2045-2076)*

2.2.1 *Infraestrutura Climática e Microrrede Municipal*

2.2.2 *Comunidades de Sequestro de Carbono*

2.2.3 *Cultivando Baterias Orgânicas*

2.2.4 *Células Solares Ópticas 3D*

2.3 *Surgimento de Culturas Energéticas Indígenas: O Povo Masisi (2076 em diante)*

2.3.1 *Os Rituais Energéticos dos Masisi*

2.3.2 *Desenvolvimentos nativos em energia bioorgânica Hi-TEK*

3. Discussão

Bibliografia

37 2. TORNANDO-SE TERRESTRE: SOBRE AS ZONAS DE RESILIÊNCIA CLIMÁTICA, FABRICAÇÃO SIMBIÓTICA E REGENERAÇÃO DE ECOSISTEMAS

!Kweiten-ta-||kwain & Lai Sinn Mei

1 Quebrando a Vida

1.1 *Aniquilação Biológica: Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos*

1.2 *Mordendo a mão que alimenta*

1.3 *'Land Back': Tratados quebrados e apagamento indígena*

1.4 *As crises de legitimidade*

2 Regenerando a Vida: Renovando as Liberdades Sociais para uma Ação Climática Global

2.1 *Repensando a Economia Planetária*

2.2 *Recuperando a Comunidade: Renovando a Vida Social*

2.3 *Descolonizando a Terra: Compreendendo a Soberania Indígena*

2.4 *O Rebaixamento do Carbono Longo: Renaturalização, Biodiversidade e Agroecologia (2028-2054)*

- 2.4.1 *Redes de Renaturalização de Zonas de Resiliência Climática (CRZs)*
- 2.4.2 *Semeadores de Guerrilha das Novas CRZs de Mombaça*
- 2.5 *Resiliência Transformativa: Zonas Autônomas Pan-Indígenas (2054 em diante)*
 - 2.5.1 *Surgimento do Mutualismo Simbiótico: Uma Prática Autoconsciente*
 - 2.5.2 *Fabricação Simbiótica dentro das CRZs*

3. *Discussão*

Bibliografia

71 3. ALÉM DO VAPORWARE: RELEMBRANDO OS PROGRAMAS DAS REPARAÇÕES AZUIS

Razia Jaladas, Ton Konpa & Maung Saw Chowdhury

1. *Vida em um planeta azul: da abundância sustentada à dissonância abrupta*

1.1 *Dinâmica da Criosfera*

1.2 *Hidrodinâmica*

1.3 *Biodiversidade Marinha*

1.4 *De emaranhados de água doce e dos reais custos humanos*

1.5 *As crises da imaginação: sem caminho, sem retorno e sem saída*

2. *Água é Vida: Reparações Dignas Desse Nome*

2.1 *Bens Tecnológicos Comuns e a Questão da Tecnologia Aberta*

2.1.1 *Tecnologias de Fabricação Biorremedial: Biomineralizadores*

2.1.2 *Com os Pés Na Terra: Surgimento da Simbiometalurgia Comunitária*

2.1.3 *De “Geradores de Chuva”, Estupas de Gelo e Geleiras Artificiais*

2.2 *Criando um Parentesco com o Pálido Ponto Azul*

2.2.1 *O Projeto Elétrico Para Reabilitação de Corais*

2.2.2 *Os Pântanos de Coral Negro dos Sundarbans*

3. *Discussão*

Bibliografia

111 4. POSFÁCIO

Bibliografia

118 5. APÊNDICE DE TECNOLOGIAS

Bibliografia

Notas dos Editores

Você tem em mãos a edição centenária do “The Open Journal of ReFuturing”. Para comemorar os cem anos da nossa primeira edição, a equipe editorial decidiu realizar um experimento reconstruindo eventos históricos responsáveis por um século de reparações climáticas. Na primavera de 2131, uma série de palestras foi organizada pelo Centro de Estudos de ReFuturos em Oslo para marcar a ocasião do centenário. O evento contou com uma série de palestras que formou uma coalizão disciplinar para o estudo da ação e inação climática do século anterior; uma visita ao passado para entender o que está à frente e relembrar o que estava em jogo. As palestras rejuvenescedoras entre os co-autores cultivaram provocações e discussões, que por sua vez deram origem a esta publicação. Para corresponder à gama de complexidade que os autores trazem, devemos nos afastar da tradição nesta edição especial centenária. Embora geralmente publiquemos artigos, fomos compelidos a responder na mesma medida ao escopo do resultado gerado dada a natureza peculiar do programa, repensando nossas convenções sobre os periódicos. Por isso, decidimos publicar três capítulos longos nesta edição. E como é tradição, a revista será publicada simultaneamente em vários idiomas regionais. Esta é a edição em português brasileiro.

Enquanto muitos que estudam o início do século 21 tendem a ver a sensação de inevitabilidade sobre as transformações sociais como algo auto evidente, o fato é que a situação toda foi muita coisa, menos óbvia. Os textos que você lerá daqui a pouco reconstruem o alcance da compreensão das crises na época, o que se sabia na ocasião e, uma vez compreendidos os desafios, quais foram as ações ou inações tomadas a partir desse conhecimento. Como nossos autores concluíram, conceber uma imagem radicalmente diferente da sociedade naquela época envolvia realizar algo aparentemente impossível para evitar o impensável. A vida humana naqueles tempos dependia de uma alienação do mundo natural. Tal uma cobra comendo o próprio rabo, esses regimes se contradiziam constantemente, destruindo tudo o que alegavam consertar e cuidar. Essas contradições eram evidentes e se repetiam mesmo nos momentos em que elas destruíram tais regimes — e, por mais bizarro que seja, refaziam-se quase instantaneamente, como se as sociedades não pudessem imaginar outra maneira de viver. Essa dita calcificação da imaginação social custou um preço amargo na biosfera planetária à medida que os limites climáticos foram ultrapassados.

Por causa disso, esta publicação foi uma tarefa árdua de reconstrução histórica, dado o quão estranha nos parece atualmente essa linha de raciocínio que nos

conduziu a tais tendências. Ainda é difícil de acreditar que este tipo de sociedade negligenciou deliberadamente as possibilidades de buscar liberdades que estavam apenas adormecidas, parcialmente ocultas de seus campos de visão. Um dos autores expressou apropriadamente essa tendência como “uma estupidez colossal de proporções civilizacionais”. Apesar das probabilidades inimagináveis, aqueles que lutaram pela abolição dos combustíveis fósseis e pelas reparações climáticas tiveram de praticar uma audácia criativa para imaginar uma sociedade diferente. Os capítulos a seguir também tentam iluminar algumas das lutas que nossos ancestrais enfrentaram e a brutal repressão que sofreram.

Por causa disso, às vezes é fácil esquecer que as reparações climáticas e o movimento das Reparções Azuis também eram movimentos civilizatórios. A reumanização da vida cotidiana nesse período viu muitas liberdades fundamentais amadurecendo em diversas culturas. A justiça climática na vida cotidiana era inegociável e a expansão de instituições de cuidados e liberdades sociais mostraram-se incomparavelmente mais simbióticas com os movimentos de resiliência climática do que muitos reconheceram na época. Talvez seja necessário examinar o que ainda falta quando reimaginamos essas formas de “liberdades sociais” descritas pelos autores. Liberdades estas que tornaram tangíveis esse impacto no mundo: das Zonas de Resiliência Climática às matas primárias pan-indígenas; das microrredes municipais conectadas à cultura da indigenização da energia emergentes em paisagens radioativas; da liberdade de imaginar esquemas impossíveis aos sucessos das práticas simbiometalúrgicas; e disso para os colossais projetos de reabilitação dos recifes de coral negro.

Esperamos que aqueles que lerem esta publicação se preocupem com as ideias contidas nela tanto quanto nós nos preocupamos com sua elaboração.

A equipe editorial

Centro de Estudos de ReFuturos

Open Design Society, Oslo



Uma busca de sentido planetário

Ilustração de Sephin Alexander

“Nunca houve uma crise de energia, apenas uma crise de civilização”

– Noam Appiah (2106) na Primeira Carta dos Anciãos Masisi ao Velho Mundo



1. Culturas de Energia Glocal: Compreendendo a Indigeneidade Radical do Século 22 e Além

Traduzido do sueco, sami, puruborá e português

Introdução

O século 22 segue sofrendo a longo prazo com os legados das infraestruturas do combustível fóssil dos séculos passados e sua devastação dos ecossistemas de nosso planeta. Ao mesmo tempo em que uma civilização industrial momentânea emergiu, ela se tornou uma ameaça existencial para toda a vida e para si mesma. Este capítulo irá explorar os legados tecno-históricos deste período que antecedeu o século 22, o que pode nos ajudar a entender as culturas energéticas globais de nossos ancestrais na época —com base em séculos de combustível de hidrocarboneto fóssil “barato” bombeando carbono da Terra e dos leitos oceânicos. Apesar do quase colapso da civilização ao longo do caminho, o século 22 parece mostrar alguns sinais promissores de recuperação, se pudermos dizer assim.

Embora seja possível explorar as lutas políticas, socioeconômicas e ecológicas deste período dentro dos registros abertos, este capítulo irá analisar algumas dessas perspectivas para uma compreensão mais coerente das práticas regenerativas de resiliência comunitária por meio de alguns artefatos de energia renovável. Outras práticas surgiram no século passado, permitindo a transformação de infraestruturas de energia renovável em todo o mundo. Enquanto alguns artefatos, tais como impressoras de bateria orgânica e células solares de fibra ótica impressa em 3D, foram integrados em microrredes municipais, vamos enquadrá-los no contexto em que foram criados. Estes artefatos e suas aplicações podem ter levado à “indigeneidade radical” emergente em regiões específicas que nos permitiram reimaginar de maneira mais profunda as noções simbióticas de produção e consumo de energia. À medida em que diversos caminhos socioculturais e ecológicos para reparações climáticas continuam a se desenvolver, também se desenvolveu a indigenização radical das esferas tecno-sociais da vida comunal. Há uma possibilidade recém-descoberta de que o aquecimento global médio possa começar a cair abaixo de 2°C, por mais incerto que tal possa soar.

Irja Aioki

Teórico do design,
Open Science Institute, Inari

Parve Zenlin

Antropólogo Social,
Open Anthropological Society, Estocolmo

Manuela Cadogan

Historiadora das Mudanças Climáticas,
Open Anthropological Society, Estocolmo

Palavras-chave:

Energia renovável;
Alterações climáticas;
Abolição dos combustíveis fósseis;
Desigualdade de carbono;
Indigenização

1. Vivendo de tempo roubado: os paradoxos de uma emergência climática

Não é necessário explicar que os desafios do século 22 são diferentes do século que o precedeu, separados por contínuos de espaço e tempo. No entanto, a questão sobre como foi possível que a civilização praticamente entrasse em colapso ainda segue sem resposta, enquanto grande parte do século 22 segue cambaleando debaixo de um efeito estufa previsto há mais de um século (Steffen et al., 2018; Ubumwe, 2114). Por mais drástica que tenha sido a redução nas pegadas de energia global observadas recentemente (Richardson et al., 2129), esta mudança ocorreu em meio a muita turbulência, criando a série de ciclos de emissões negativas necessárias para as transições de energia renovável e regenerativa. Para tentar compreender o surgimento dessas mudanças, é preciso analisar o contexto onde elas surgiram e talvez garantir que haja uma estabilidade na biosfera para a humanidade para além do estado de estufa.

1.1 Emergência Climática no Espaço e no Tempo

Durante décadas, os comitês intergovernamentais responsáveis por analisar esta situação concluíram unanimemente que eram necessárias mudanças radicais na vida humana em sociedade. Eles pediram o fim das emissões de carbono fóssil e o fim da “aniquilação intencional de ecossistemas inteiros”, instando os governos a tomar medidas drásticas para restaurar e regenerar ecossistemas (IPCC, 2018; IPBES, 2019). Os sistemas hegemônicos socioeconômicos ignoravam essas propostas com a mesma frequência com que elas eram publicadas. Os Estados-nações e os regimes dominantes investiram em atividades extraordinariamente bizarras e irracionais para manter o crescimento econômico infinito sob o pretexto de manter o progresso. A civilização humana foi cruzando os limites termodinâmicos inegociáveis do planeta enquanto os mecanismos e estruturas que causaram estas crises foram propostos como os meios para resolvê-los (Figura 1a).

Mudanças na temperatura da superfície global relativas ao período entre 1850-1900

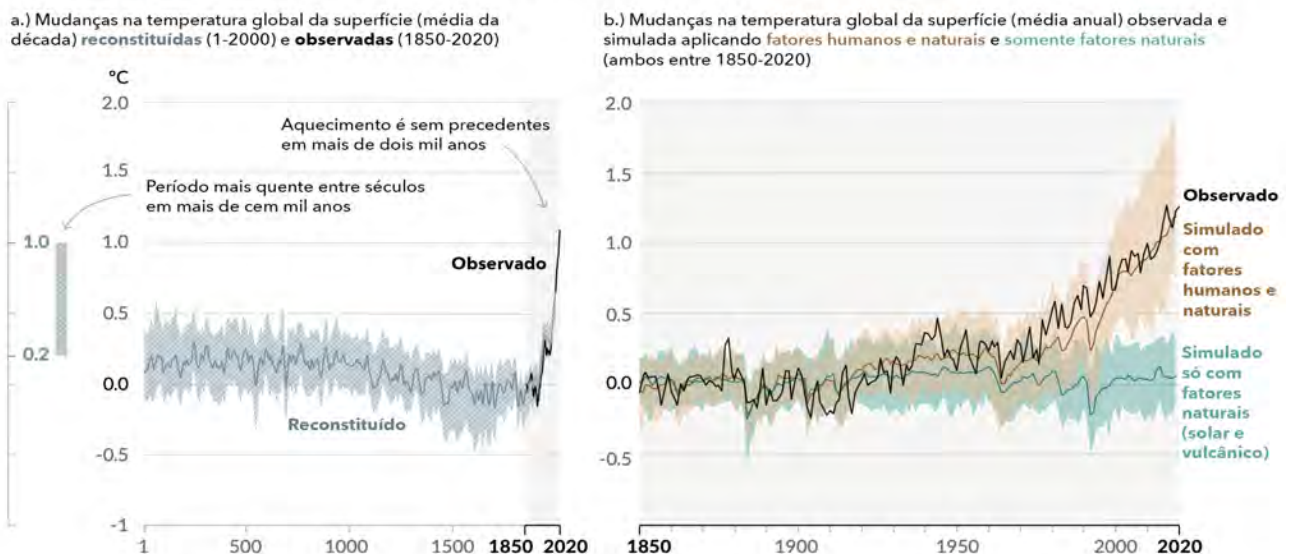


Figura 1: O que se sabia sobre a mudança da temperatura global e as causas do aquecimento global a partir de dados por volta de 2020 a) Mudanças na temperatura na superfície global, reconstruída a partir de arquivos paleoclimáticos e observações diretas; b) Mudanças na temperatura da superfície global causadas por causas naturais e humanas (marrom) e apenas por causas naturais (atividade solar e vulcânica, verde). Crédito: (IPCC, 2021)

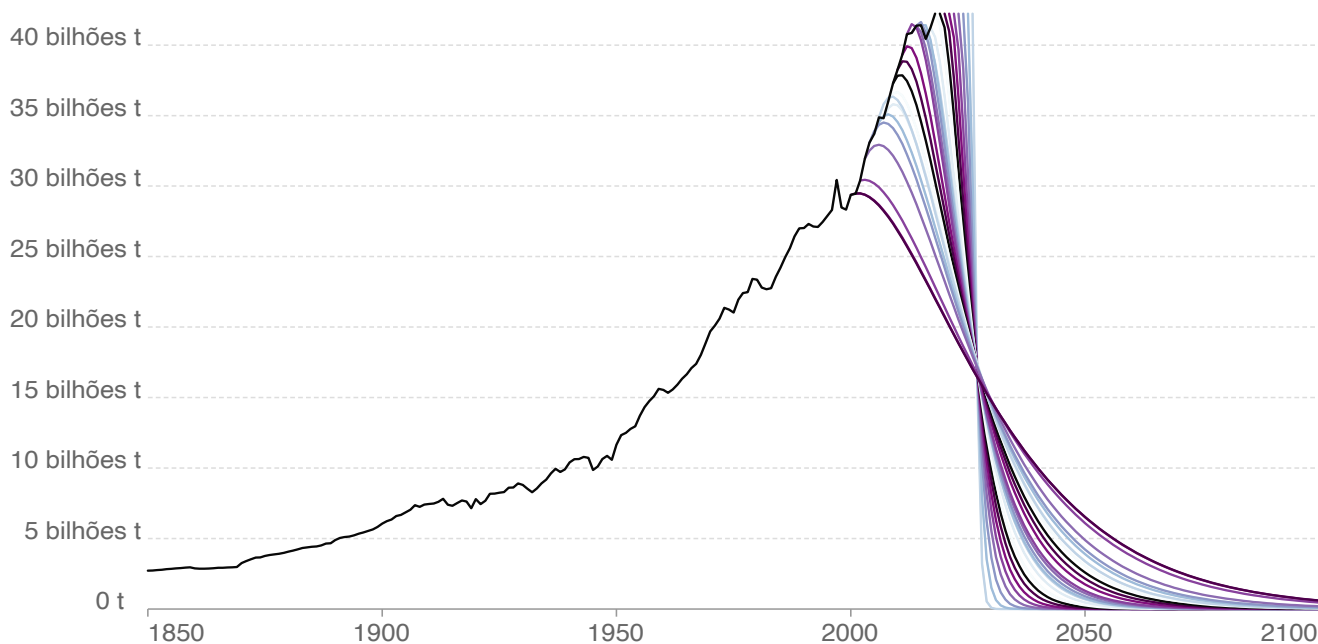


Figura 2: A trajetória de transição de energia renovável no início do século 21 estava focada em limitar o aquecimento global a 1,5°C, mas a ação global foi adiada até o último minuto — uma oportunidade perdida, pois nem todo o uso de energia podia ser eletrificado na época e esse tempo estava se esgotando muito antes de qualquer uma dessas mudanças pudesse acontecer. Imagem por Our World in Data, 2019

O elefante na sala ficou óbvio demais para ser ignorado. O consumo de energia e as emissões cresceram exponencialmente, de maneira muito mais notável do que na era pré-industrial (Figura 1b). Apesar dos avanços significativos na adoção de energias renováveis, isso não causava tanto impacto em comparação com a capacidade total dos combustíveis fósseis em uso no momento dentro do sistema energético global (Figura 2), sem demonstrar sinais de parada. Dada a inércia do sistema climático, os efeitos de aquecimento das emissões não seriam notados por cerca de três décadas. Devido a esse “atraso de carbono”, grande parte do aquecimento não poderia mais ser interrompido mesmo que as emissões globais se reduzissem a zero da noite para o dia, o que não parecia possível na época apesar de toda a retórica (Rauf, 2064). Quanto mais o mundo esperava para agir, mais íngreme a curva se tornava para as reduções drásticas das emissões (Figura 2). Nestas circunstâncias, não era possível abordar a questão das energias renováveis no contexto histórico de emissões de combustíveis fósseis no sistema de energia, em um cenário que pregava que os negócios deviam “seguir como de costume” (business as usual). A parcela da infraestrutura de combustível fóssil existente no mix global de energia teve que se contrair radicalmente (Figura 2). Em segundo lugar, quaisquer sistemas de energia necessários para funções civilizacionais essenciais precisariam ser substituídos por energias renováveis em menos do que uma fração do tempo que levou para construí-los (Figura 2).

1.2 A culpa de uma nação-fóssil

Em termos bastante simplistas, a riqueza das nações “desenvolvidas” sob esses arranjos contavam com os legados de mais de cinco séculos de experiências coloniais, pós-coloniais e regimes neocoloniais. As medidas de sucesso de muitos experimentos socioeconômicos basearam-se em indicadores econômicos que representavam capacidades insaciáveis de consumir a biosfera viva como “combustível e alimento para a dominação do capital acumulado”. Talvez os últimos dois séculos sejam mais relevantes para nossa discussão — quando essas capacidades de acumulação extrativistas aumentaram exponencialmente, baseando-se em commodities de

combustíveis fósseis “baratas”, como carvão, petróleo bruto e gás natural (Ubumwe, 2114). A abundância e a extração subsidiada desses recursos tornaram estas fontes de energia “baratas”, permitindo ao longo do tempo formas de expansões neocoloniais por meio da exploração e dominação, criando ao mesmo tempo formas de dependências vulneráveis destas mesmas fontes (Patel & Moore, 2017; Ubumwe, 2114).

Impulsionada por esse barateamento, foi inventada uma entidade abstrata chamada “economia nacional”. Esta invenção muito peculiar do início do século 20 foi criada para gerenciar o planejamento da produção de guerra excedente e controlar a distribuição monetária para evitar crises, com indicadores macroeconômicos especializados e ferramentas desenvolvidas para medir tal economia de puro valor de troca. A medida agora obsoleta do Produto Interno Bruto (PIB) foi uma das ferramentas confiáveis para medir o estado dos sistemas capitalistas dos países dominantes na época, e era entendido como tal mesmo que essas medidas fossem meras abstrações fabricadas (Maithili & Tenzing, 2106).

No entanto, esses modelos econômicos não ajudaram a atender às necessidades essenciais de uma sociedade para uma boa qualidade de vida (Munda, 2058; Ubumwe, 2114). Entre nações, surgiu a ideia de certas “nações privilegiadas” cujas emissões de estilo de vida excederam em muito as das nações pobres (Althor et al., 2016; Doon, 2035; IPBES, 2043; Oxfam, 2015). Essas desigualdades foram construídas sobre legados ilegítimos de pilhagem colonial histórica e contestadas por tais motivos (Hickel, 2018). E ainda havia a questão de quais classes socioeconômicas deveriam mudar suas emissões de estilo de vida. Vários estudos confirmaram que a responsabilidade pelas emissões do estilo de vida está correlacionada com a posição de cada um na hierarquia econômica (Althor et al., 2016; Chancel & Piketty, 2015; Doon, 2035; Ubumwe, 2114). Os 10% maiores emissores, espalhados por todos os continentes em uma ordem econômica globalizada, foram responsáveis por cerca de duas mil vezes mais emissões que o grupo de países de renda mais baixa (Chancel & Piketty, 2015). Além disso, as “emissões de afluência” dos 10% foram responsáveis por 45% das emissões globais, e as “emissões de sustento” dos 50% mais pobres contribuíram para meros 13% das emissões globais (Figura 3).

Apesar do “período pós-colonial” ter visto alguns rearranjos drásticos nessas relações, muitos padrões de ecocídio do chamado “Norte Global” foram internalizados no “Sul Global” como um caminho para o desenvolvimento. Desta forma, enquanto o PIB global crescia, a extração consumia habitats naturais (Raymond, 2044). Em breves períodos cíclicos, onde quer que tais arranjos surgissem, um excedente diferente de tudo que a cultura já havia experimentado antes era criado —mas tal excedente era extraído das relações humanas e do mundo natural. No entanto, muito desse excedente visto como “crescimento” foi imediatamente canalizado de volta para impulsionar o crescimento com a mesma rapidez que se acumulou (Maithili & Tenzing, 2106). O mundo industrial do século XXI nasceu de tal legado, apoiado nas costas de pessoas marginalizadas e da chamada “natureza selvagem” (Hickel, 2018; Munda, 2058; Thekaekara, 2019). Curiosamente, esse excedente criou uma hostilidade para com a biosfera viva. Portanto, a riqueza de uma nação sob tais condições eram ‘pagas’ por “terras sacrificiais e povos sacrificados” (Munda, 2058; Ubumwe, 2114).

Com o barateamento dos combustíveis fósseis, as sociedades dependentes de diversas fontes de energias sazonais agora tinham acesso a fontes fósseis mais densas em energia para atender às suas necessidades. No entanto, essas novas fontes foram se acumulando além das capacidades existentes, aumentando o consumo em todas

**Top 10% de emissores:
45% das emissões mundiais**



**40% dos emissores médios:
42% das emissões mundiais**



**50% menores emissores:
13% das emissões mundiais**



Figura 3: Detalhamento dos 10% maiores, 40% médios e 50% menores emissores do mundo em 2015. As populações mais ricas do mundo consumiam muito mais do que as populações pobres. Mesmo entre os 10% maiores emissores globais, 40% das emissões de CO₂ vinham de cidadãos dos EUA, 20% da UE e 10% da China. Crédito: Chancel & Piketty, 2015

as frentes. Apesar do excedente material criado sob o paradigma do crescimento econômico infinito, as infraestruturas do combustível fóssil dentro do mix global de energia acelerou ainda mais o consumo entre as modalidades, encontrando novos mercados artificiais para o recurso e aumentando as capacidades de extração (Polimeni, 2008; Ubumwe, 2014; York, 2017). Essa tendência, denominada 'paradoxo de Jevons', só iria inviabilizar ainda mais os objetivos de limitar o aquecimento global atmosférico a 1,5°C.

Na década de 1970, pessoas à frente de instituições de combustíveis fósseis e seus Estados patrocinadores foram informados de que as trajetórias das emissões globais de carbono levariam ao colapso da capacidade de suporte ecológica da biosfera (Speth, 2021). Muito antes da gravidade das crises emergirem na consciência social, e mesmo tendo conhecimento do que estava por vir, as empresas utilizaram esse conhecimento para sustentar ganhos ilegítimos enquanto simultaneamente semeavam dúvidas sobre a ciência, turvando as percepções do público (Hall, 2015; Speth, 2021). Este período também testemunhou a maior de todas as dissoluções dos contratos sociais sob o neoliberalismo e deteriorou as instituições sociais de cuidado. A cada nova geração, as sociedades não podiam mais enxergar um futuro melhor.

Neste contexto de ansiedade e medo climáticos com um mundo que enfrenta iminentes ameaças, reais e imaginárias, apelos ao autoritarismo tornaram-se comuns. O armamento em massa da desinformação climática amplificou misturas inconsistentes e hiperbólicas. Essas instituições, alinhadas aos interesses dos combustíveis fósseis, usaram a angústia de populações descontentes para alimentar movimentos paterno-nacionalistas, com um aumento da repressão contra os mais vulneráveis (Malm & The Zetkin Collective, 2021; Mishra, 2017; Robinson, 2019; Zuboff, 2019). Esses regimes ecocidas foram, em essência, formas elaboradas de negação climática destinadas a afastar quaisquer tentativas de ação climática. Assim, mais da metade da emissão de combustíveis fósseis na atmosfera em toda a História da humanidade aconteceu enquanto se tinha pleno conhecimento das consequências

do fato (Wallace-Wells, 2019).

1.3 Mudança Verde no Mix de Energia

Tendo percebido a urgência do desafio, tornou-se crucial buscar estratégias para mitigar alguns dos desafios das crises climáticas à medida que estes surgiam. No entanto, graças aos poderosos cartéis de combustíveis fósseis, as transições para fontes de energia renovável não tiveram um investimento crítico sistemático à época. Neste contexto, as energias renováveis centraram-se na eletrificação da rede global de energia, com uma produção que acabou representando uma fração escassa do uso total de energia (Raymond, 2044). A eletrificação da estrutura com energias renováveis em níveis equivalentes demandaria também uma mudança no consumo exponencial de energia fóssil em nível global (Figura 4a). Muitos nos estabelecimentos políticos globais até se maravilharam com o crescimento e a drástica “barateza” dessas energias renováveis em comparação com as fontes de combustível fóssil (Gore, 2016). Esse “barato” dependia de uma cadeia de suprimentos neocolonial formada por corpos e ecologias escravizados e marginalizados, deixando rastros de violência e destruição ecológica em seu rastro (Doon, 2035).

Uma transição renovável completa nos mesmos níveis de consumo afluente iriam causar o esgotamento de todos os recursos críticos bem antes de quaisquer transformações da rede global de energia (García-Olivares & Solé, 2015). Este fato por si só colapsaria as economias capitalistas da época (García-Olivares & Solé, 2015), embora isso estivesse bem encaminhado. Apesar dos muitos sinais de alerta dos cientistas climáticos (Ripple et al., 2017, 2019), as trajetórias de aquecimento global ainda assim seguiram inabaláveis (Díaz et al., 2019), enquanto as perspectivas de “crescimento crescimento” pareciam impossíveis, quando não improváveis (Hickel & Kallis, 2019). Em escala global, esses eram objetivos bastante míopes, focados na energia como uma mercadoria lucrativa em vez de uma infraestrutura social essencial, externalizando os custos ecológicos ainda mais.

Por volta deste mesmo período, o mundo também estava esperando desesperadamente pela mítica ‘tecnologia de emissões negativas’ à medida que o tempo estava se esgotando para atender às metas de emissões (IPCC, 2018, 2028). As soluções de Captura e Armazenamento de Carbono (CCS), lançadas diversas

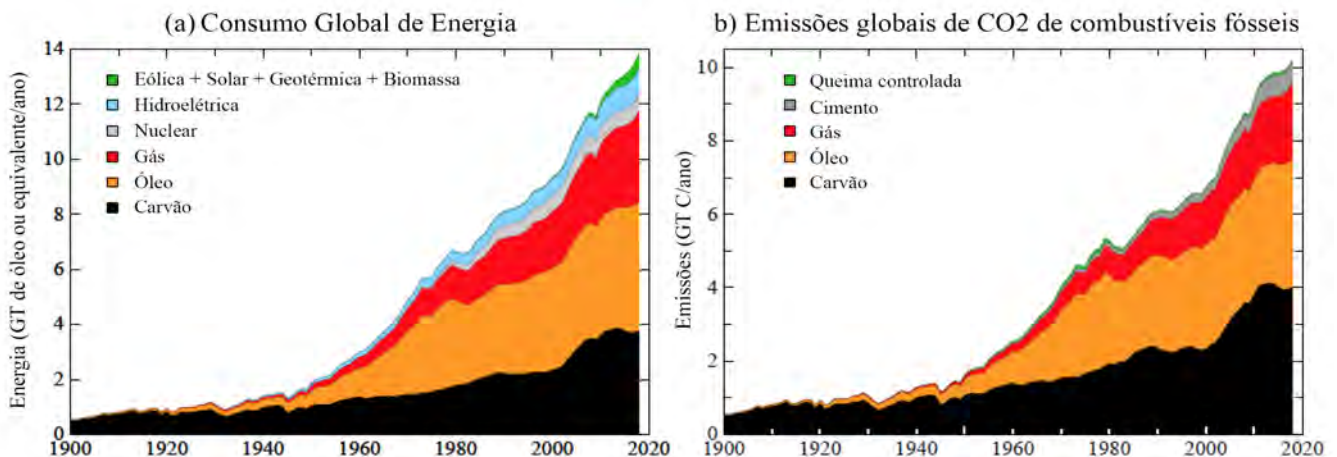


Figura 4 a) A participação das energias renováveis no mix de energia global foi minúscula em comparação com o consumo de combustíveis fósseis. b) Crescimento exponencial das emissões globais de combustíveis fósseis (dados de 2020). Imagem de Hansen (2020).

vezes por instituições de combustíveis fósseis para continuar evitando encarar sua responsabilidade, nunca se materializam nas escalas necessárias. Além disso, para essas tecnologias de descarbonização rápidas funcionarem, elas teriam de ser implementadas em escalas globais de produção, operação e velocidade. Além disso, a energia necessária para produzir, fazer funcionar e manter esses sistemas precisaria vir de fontes carbono-negativas para terem alguma chance de atingir as metas climáticas (Doon, 2035). Dada a pegada material existente da sociedade industrial na época (Zalasiewicz et al., 2016), parecia inconcebível que a adoção em massa de programas de sequestro de carbono fosse suficiente para as escalas exigidas, como visto na Figura 4b.

Logo ficou claro que essas trajetórias de emissões dentro de um programa de crescimento econômico perpétuo eram fundamentalmente incompatíveis com o bem-estar planetário. Desta forma, enquanto as tendências de aquecimento global continuaram a acelerar (Xu et al., 2018), percebeu-se que os caminhos para limitar temperaturas médias globais para não mais de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais eram, no mínimo, dramaticamente ingênuos (Schwartz, 2018). Nossos antepassados caminhavam em direção ao precipício de olhos bem abertos, mesmo que isso custasse a destruição inadvertida das possibilidades materiais e econômicas do futuro de seus descendentes (García-Olivares & Solé, 2015; Ubumwe, 2114). Hoje, sabemos que a ameaça existencial foi um sintoma de uma questão civilizacional ainda por responder, algo no âmago de todas as crises que ainda confunde os historiadores daquela época, mesmo um século depois.

2. Abolição de Combustíveis Fósseis e Reparações Climáticas

Na década de 2020, as metas climáticas estavam mudando para limitar as temperaturas médias globais a 2°C em vez de 1,5°C. Cada ano que passava mostrava conversas de promessas e eventual inação, cúpula do clima após cúpula do clima. Essa raiva social alimentava movimentos insurrecionais climáticos globais que ganhavam força a cada ano. O custo da manutenção do sistema capitalista e a militarização da vida social cresceram em antecipação a esses movimentos (Vemula, 2116). A angústia do público tornou-se palpável quando se percebeu que poderia não haver tempo suficiente e nada menos que escolhas radicais e drásticas seriam ações legítimas para a justiça climática (IPCC, 2028). Mesmo com novos tratados climáticos, as estruturas sociais, políticas e econômicas tornaram mais difícil manter sua legitimidade. Quando o Tratado sobre Justiça Climática Universal (UCJ), um acordo internacional juridicamente vinculativo, foi ratificado por mais de 170 nações, seu impacto não foi claro, ou talvez não claro o suficiente para o desafio e a urgência que a situação exigia (Achibe, 2029).

Revelações dramáticas ofuscaram rapidamente este tratado no meio do movimento de Abolição dos Combustíveis Fósseis. Após longas décadas de batalhas judiciais dramáticas, o “complexo de mídia fóssil-fascista” foi julgado e considerado culpado de crimes contra a humanidade e ecocídio (ICC, 2039). De acordo com o estabelecido pelo relatório da Comissão Donziger, o “complexo de mídia fóssil-fascista” exarcebou as crises climáticas ao longo de mais de meio século de negação do clima global, por meio de apelos desesperados ao nacionalismo, e também por meio do anti-intelectualismo, da censura, da expulsão e de fronteiras fortificadas (Malm & The Zetkin Collective, 2021). Este nexos reacionário sabotou deliberadamente a ação climática, semeando dúvidas na mente pública, e cultivando uma atmosfera de profundo pessimismo. Eles “mobilizaram uma gama vasta e complexa de estratégias

retóricas ao longo de todo o espectro político sem buscar consistência, pois sua incoerência fazia parte de seu poder” (ICC, 2039). A verdadeira extensão de suas ações ecocidas aproximou perigosamente a sociedade do colapso social total, causando miséria humana incalculável e colocando em risco toda a vida o próprio planeta ao longo do caminho (Ubumwe, 2114). Esses nexos institucionais de combustível fóssil foram acusados de ações ecocidas e dissolvidos, e seus ativos foram apropriados para financiar reparações climáticas (ICC, 2039; Ubumwe, 2114).

É claro que só esta sentença não foi o suficiente. O movimento de abolição dos combustíveis fósseis foi ainda sustentado pela constante ação social e política em todo o mundo, forçando projetos de boicotes e desinvestimentos, sistematicamente apagados dos próprios mercados globais. Globalmente, as assembleias climáticas e os referendos democráticos forçaram os Estados-nação a responder à decisão, garantindo a execução da sentença em todo o mundo. Essas ações provaram ser um ponto de inflexão final para abolir as infraestruturas de energia fóssil globalmente, fazendo acontecer algo que era aparentemente impossível (Doon, 2035; Ubumwe, 2114). O Programa de Reparações Climáticas (CLIMAREP) deveria redistribuir e devolver ativos dessas instituições transnacionais e criar o maior conjunto de programas de financiamento já visto na história da humanidade (Doon, 2035). Ele foi imediatamente redirecionado ao pagamento de indenizações por ecocídio às comunidades indígenas, além de cuidar e garantir a recursos para uma infraestrutura resiliente ao clima (Vemula, 2116).

2.1 Reenergizando o Bem Comum

No final da década de 2030, quase não restavam infraestruturas transnacionais de combustíveis fósseis, uma vez que a base foi removida por completo. Com a infraestrutura fóssil sem uso e seus mercados abolidos, suas tecnologias proprietárias foram abertas sob a cláusula de “Transferência de Tecnologia Aberta” do tratado UCJ e redistribuídas para produção e reconstrução de coisas mais úteis, socialmente falando (Cuentas et al., 2029; Devi, 2035). Uma das muitas facetas do tratado era uma renda vitalícia incondicional e universal, garantindo liberdades econômicas fundamentais para todas as pessoas com paridade (PNUD, 2029). Este ponto de alavancagem singular foi fundamental para reduzir a pobreza global de uma só vez, coincidindo com o aumento dramático dos índices de desenvolvimento humano em todo o mundo, em especial no Sul Global (Doon, 2035). Os fundos de reparação também ajudaram a devolver recursos para fortalecer a infraestrutura da comunidade, já que a criação de propriedades cooperativas baseada na participação coletiva na tomada de decisão era um pré-requisito para o acesso. Ao contrário das expectativas de muitos proponentes e detratores da renda habitável, mais da metade da população global foi libertada da pobreza debilitante e da necessidade de trabalhar, mas não ficou parada sem fazer nada (Doon, 2035; Ubumwe, 2114; Vemula, 2116). Em muitas partes do antigo “Sul Global”, as pessoas ocuparam-se criando e aplicando programas como infraestruturas socializadas e participativas de saúde, educação, habitação e agricultura ecológica.

Com as avaliações do progresso humano baseadas no PIB agora tornadas obsoletas, o foco no bem-estar humano e ecológico tornaram-se as medidas preferidas para maximizar a qualidade da vida. Subsídios fósseis se tornariam úteis para direcionar programas de reparação do que era, até então, uma rede de cuidados amplamente não remunerado (Graeber, 2014, 2018) e o trabalho à margem da sociedade (Illich, 1980). Esta “economia do cuidado” não reconhecida, feita por mulheres marginalizadas e por outras populações, continuaram a ser essenciais para a reprodução da sociedade

(Doon, 2035). Esse enquadramento integrou uma visão muito mais holística e “ecológica” da economia, impactando diretamente as emissões, reduzindo o uso de materiais e ainda melhorando o bem-estar econômico de uma forma que não tinha sido jamais vista. A ideia da renda habitável garantida, juntamente com a redução do semana de trabalho global para um máximo de 3 dias, era conhecida no início do século 21 apenas como um fenômeno marginal e principalmente limitado a um escopo teórico (Paul, 2019), mas acabaria se tornando uma semana de trabalho padrão na prática (Fabre, 2032). As infraestruturas industriais e econômicas se reduziram por conta própria, ao invés de serem reduzidas por causa de um colapso. As capacidades excedentes foram desviadas e adaptadas a um renascimento das liberdades sociais e dos serviços ecossistêmicos, encolhendo a economia de muitos países superdesenvolvidos e transferindo recursos para as comunidades que precisavam deles.

Embora a atividade econômica arregimentada tenha desacelerado dramaticamente, a expansão das liberdades sociais e culturais tornou as comunidades mais vibrantes e resilientes, ao mesmo tempo em que garantiam redes de segurança social sustentáveis de bem-estar e diversão a longo prazo (Lai, 2056). A noção de uma ‘semana de trabalho’ parece absurda para nós no século 22, porque este período viu a expansão dos horizontes sociais, começando com os fins de semana de quatro dias que libertaram as sociedades dos chamados “trabalhos de merda” (Graeber, 2018). Deste modo, as comunidades possuíam muito mais tempo livre do que nunca para cuidar de suas próprias vidas e de seus interesses sem coação. Ao contrário do que foi propagado muitas vezes como argumento contra os programas de renda, não era possível dizer que havia uma “epidemia de tédio em uma classe trabalhadora preguiçosa e sem propósito.” Melhorias consideráveis no bem-estar público e na coesão do tecido social tomavam forma, com as comunidades se unindo em projetos de ajuda mútua, como restauração de ecossistemas, limpeza de rios ou o estabelecimento de programas comunitários de alimentação “da fazenda à cozinha”. Muitas dessas iniciativas coordenaram seus esforços voluntários com as redes globais de solidariedade dos programas de Ação Climática Popular (Fabre, 2032). No final do século, “trabalhar” significava uma responsabilidade de cuidado com e para os outros. Por exemplo, pode-se presentear alguém com os meios para aproveitar o tempo em algo que lhe agrade. Esse comportamento ajudou a desencadear forças intelectuais antes adormecidas, desabrochando um renascimento social e uma resiliência climática com conhecimento aberto, ciência aberta e movimentos tecnológicos (Cuentas et al., 2029).

No entanto, enfrentar esses desafios exigia um alto nível de coordenação em nível global. Nos primeiros dias dos tratados de reparações, houve muita resistência das estruturas de poder estabelecidas para ceder terreno. A participação no que já foi chamado de ciência cidadã disparou (Wildschut, 2017). Isso tornou-se rapidamente parte integrante da ação regional e global, conectando os programas de ação climática com a tomada de decisões democrática e a participação popular. As transições ecológicas e sociais urgentes foram administradas por assembleias climáticas cujos membros eram escolhidos por meio de sorteio. Materialmente, economias industriais inteiras foram democraticamente transferidas para a gestão comunitária com um mandato claro para produzir infraestruturas climáticas socialmente relevantes. Essa “produção socialmente útil” exigia conhecimentos sofisticados de alta tecnologia em uma escala municipal localizada (Cooley, 1987; Devi, 2035; Smith, 2014). Infraestruturas fósseis, propriedades de terra e infraestruturas tecnológicas tornaram-se locais de recuperação de tecnologias avançadas. As fábricas da Tecnosfera e as economias de guerra foram ocupadas por aqueles que trabalhavam por lá, e devidamente

reconfiguradas para se adequarem aos projetos de resiliência da comunidade (Doon, 2035).

Os recursos direcionados para as capacidades socioeconômicas e industriais locais construíram instituições e estruturas cooperativas que se tornaram essenciais. Essas estruturas, por sua vez, apoiaram mais programas de resiliência climática de ação direta, como agroecologia comunitária, zonas de resiliência climática (CRZs, na sigla original em inglês), gestão da água e regeneração de ecossistemas. Novas entidades industriais foram obrigadas a ser negativas em carbono na fonte e se basear em meios de produção regenerativos para bens essenciais. Essas instituições coordenaram esforços com grupos de ação indígena unindo a ciência cidadã, movimentos de conhecimento aberto e órgãos de pesquisa acadêmica. A descentralização e distribuição de capacidades de produção de alta tecnologia ampliou os ciclos regenerativos de consumo local alimentados por captura e armazenamento de energia renovável. Culturas materiais regenerativas do passado surgiram no mainstream, fortalecidas por redes sindicalizadas de fab labs municipais. Esses laboratórios, considerados marginais no início deste processo (Kohtala, 2016; Attias et al., 2017; Camarões & Karana, 2018) foram voluntariamente se tornando bibliotecas de ciência cidadã e tecnologia aberta em meados do século, substituindo a produção industrial em massa (Krets, 2048). Em retrospecto, estes se tornaram locais de grandes avanços tecno-sociais quando a “produção socialmente útil” uniu forças com as transformações educacionais dentro dos esforços mais significativos de renascimento cívico e cultural (Ngata, 2076). Estas organizações reconfiguradas, com suas instituições geridas por trabalhadores municipais e oficinas de fabricação comunitária, mostraram-se fundamentais na transição mais significativa da economia nas décadas que se seguiram.

Embora fosse impossível na época saber se essas mudanças no zeitgeist socioeconômico poderiam funcionar nas escalas necessárias para a redução de emissões, elas mudaram profundamente a velha lógica de extração e estabeleceram lógicas alternativas de cooperação para as necessidades humanas essenciais. Em uma sociedade com tempo livre e lazer, pode-se também observar saltos profundos na abundância material, sincronizados com a capacidade da comunidade de buscar formas sociais de entretenimento, seja por meio do aprendizado, da brincadeira, do esporte, da diversão ou do companheirismo (Devi, 2035). Esse aspecto do bem-estar social estava muito ausente do discurso em torno do movimento Green New Deal que o precedeu (Bernes, 2019). Por outro lado, não era historicamente incomum encontrar culturas complexas que vivessem em um equivalente de baixa energia de uma vida materialmente realizada (Brown, 2012). Com os últimos resquícios da economia fóssil global entrando em colapso por volta de 2034, e com a mudança para um paradigma de ciclo fechado de zero/baixa energia, a magnitude desses desenvolvimentos foi impressionante em uma escala global.

2.2 Produção de Energia Socialmente Útil (2045-2076)

Por volta da década de 2040, o mundo assistiu ao surgimento de uma renovação da vida cultural como uma série de possibilidades políticas, econômicas e sociais dos movimentos cooperativos interseccionais, uma “comunidade de comunidades” global que chegou a um consenso sobre a urgência de agir e se alinhar em direção aos objetivos de resiliência climática. À medida que o bem-estar humano melhorou, apesar do consumo em colapso, as emissões de carbono também caíram drasticamente, e o carbono atmosférico armazenado em material utilizável formou um efeito em cascata da atividade e inatividade humana (Devi, 2035). Combinado

com as perspectivas indígenas locais sobre a regeneração ecológica em suas terras devolvidas, foi possível remediar ecossistemas danificados, por mais longo e árduo que tenha sido o processo (Munda, 2058).

Ao se tornarem centros para os mecanismos de transferência tecnológica renovável (Ngata, 2076), as infraestruturas de fabricação municipal complementaram esses movimentos, auxiliando a adoção local em larga escala da manufatura aditiva. Além dos incentivos de mercado, esses espaços uniam grupos de ciência cidadã, pesquisa fundamental e outras instituições acadêmicas para criar canais alternativos de produção e distribuição de bens e serviços essenciais (Devi, 2035). Tais instituições democráticas tornaram-se centros intencionais para a proliferação tecnológica de infraestruturas de resiliência climática, como a produção, distribuição, reparo e manutenção das microrredes municipais locais. A infraestrutura essencial de resiliência climática, como as redes de energia, seria desenvolvida, adaptada e expandida com a ajuda de ferramentas e tecnologias de origem local baseadas em química verde e ciência aberta. Após a redistribuição do poder político e econômico para as comunidades nos níveis municipais, surgiu a “exaptação” da infraestrutura e das tecnologias de combustíveis fósseis (Devi, 2035). As redes de energia eram, portanto, mantidas e governadas por comunidades chamadas de cooperativas de plataforma (Schneider, 2018).

2.2.1 Infraestrutura Climática e Microrrede Municipal

A adaptação das redes municipais tendia a mudar de séculos de barateamento artificial dos combustíveis fósseis para formas mais abundantes e regenerativas. O objetivo do sistema adaptado de microrrede era capturar a radiação solar e produzir energia térmica, mecânica, elétrica e biológica na fonte. Com as demandas de energia reduzidas drasticamente, a transformação de redes de energia em cooperativas de propriedade da comunidade trouxe soluções muito mais ajustadas às necessidades locais, permitindo diversas fontes de energia e armazenamento em resposta a choques climáticos. Além disso, a abertura da propriedade intelectual tornou possível obter localmente a maioria dos equipamentos, bens e serviços essenciais necessários para o desenvolvimento holístico das comunidades (Krets, 2048). Assim, estes se tornaram locais de teste de sistemas de fabricação de ponta e seguiram desenvolvendo tecnologias que funcionavam com baixo consumo de energia e usavam materiais benignos de origem local (Devi, 2035). Com pouca ou nenhuma energia incorporada para fabricar essas infraestruturas, elas poderiam durar muito mais, pois foram projetadas para serem consertadas e reutilizadas ao longo de gerações. Essa infraestrutura baseada em química verde também acomodava infraestruturas solares de décadas anteriores que estavam chegando ao fim da vida útil e precisavam de recuperação, manutenção e reparo (Devi, 2035).

Um dos primeiros desafios foi adaptar a infraestrutura energética resiliente ao clima onde fosse necessário, fechando os ciclos de produção de energia, de agroecologia urbana, água e sistemas de saneamento em nível municipal (Figura 5). Essa infraestrutura permitiu operações de gerenciamento de resíduos hiperlocalizados e da energia gerada em vários estágios. A radiação solar foi convertida diretamente em eletricidade por meio de painéis solares tradicionais de silício e células solares óticas impressas em 3D mais inovadoras. Os biorreatores se conectam aos sistemas de saneamento baseados em fermentação para capturar nutrientes essenciais do solo para os esforços locais de agroecologia como matéria-prima. A pirólise de plasma alimentada por micro-ondas processaria ainda mais os resíduos orgânicos para criar gás sintético para calor e biocarvão ou matéria orgânica carbonizada, um meio bioativo para regeneração do solo (Devi, 2035). Esses sistemas de gerenciamento

térmico usavam bombas de calor reversíveis em cada estágio do processo para coletar mudanças de gradiente térmico residual entre sequências termelétricas para gerar energia renovável, se necessário. Em pouco tempo, essas microrredes de energia foram conectadas aos ciclos bio-opto-químico-mecânicos dos circuitos de energia doméstica urbana e rural, retornando o excesso de volta ao ciclo de produção material.

Este ciclo não apenas capturou a energia solar na forma de energia fotovoltaica e térmica, mas o fez dentro de uma rede “biodinâmica” integrada com o resultado líquido do sequestro de carbono na fonte (Figura 5). Com isso, um padrão comunitário de distribuição para uma microrrede de energia tomava forma. Sob a cláusula de transferência de tecnologia aberta dentro do tratado UCJ, patentes tecnológicas e pesquisas foram abertas ao domínio público (Cuentas et al., 2029). Graças ao engajamento dos cidadãos e à pesquisa acadêmica que chegava às comunidades de tecnologia aberta, desenvolvimentos inspiradores e sua adoção na produção socialmente útil tornaram-se comuns. Esses compromissos levaram a muitos avanços em sistemas de fabricação biofílicos, o desenvolvimento de baterias orgânicas à base de algas, ultracapacitores de biocarbono, geradores termoacústicos em sistemas combinados de calor e energia e até sistemas de transmissão de fibra ótica solar (Ngata, 2076).

A fermentação do lixo orgânico garantiu que ele não se decompsesse em mais gases de efeito estufa, como metano e CO₂, mas fossem, ao invés disso, utilizados em compostagem ou na fermentação de fertilizantes ricos em fósforo e nitrogênio para correção do solo. Essa ação, integrada às práticas de produção de biocombustíveis microbianos a partir de efluentes domésticos e municipais, forneceu fertilizantes ricos em nutrientes para a infraestrutura agroflorestal municipal nas Zonas de Resiliência Climática regionais, com adubos orgânicos de alta qualidade para fins

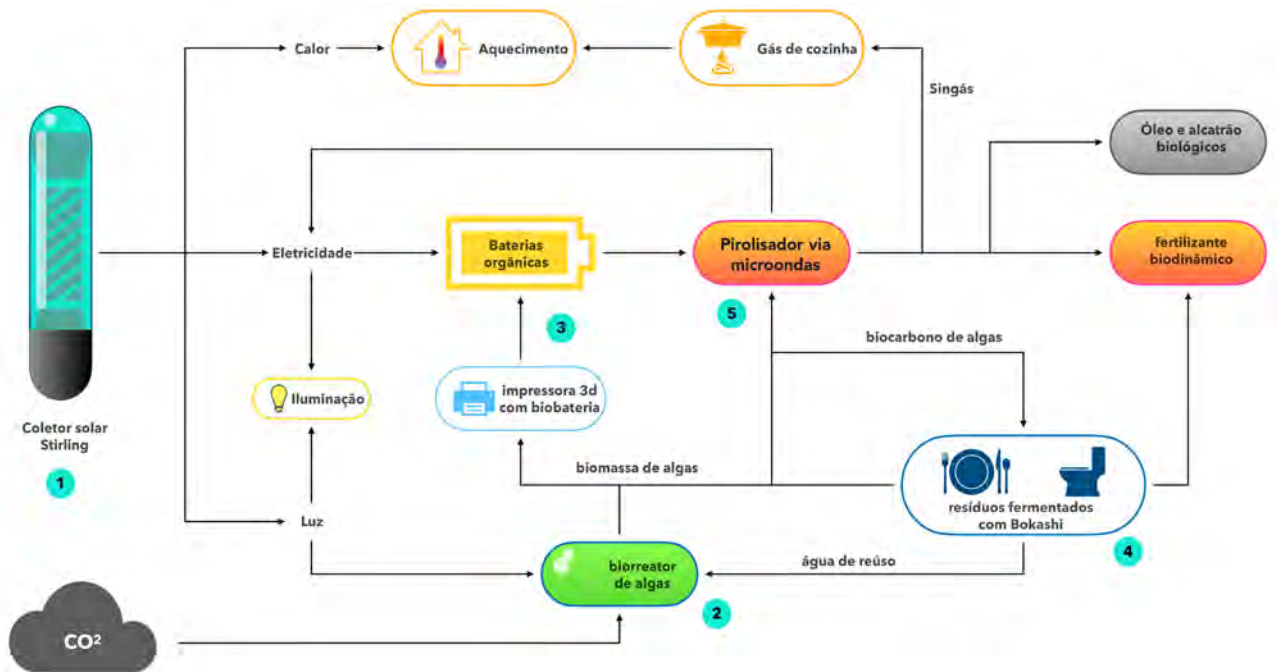


Figura 5 Diagrama esquemático mostrando o funcionamento de uma microrrede municipal típica, focando no fechamento de ciclos de carbono e nutrientes em infraestruturas climáticas, e administrada como uma cooperativa de plataformas. Ilustração por (Devi 2035).

regenerativos. Os ecossistemas terrestres, sem nutrição e atividade microbiana saudável, e as zonas aquáticas em ecossistemas de água doce e oceânica mortas pelo uso indiscriminado de fertilizantes fósseis e pesticidas foram regenerados e reabastecidos. Esse fechamento dos ciclos de energia e nutrientes nas regiões que implementaram essas microrredes foi uma notável reviravolta na biocapacidade de nutrientes dos solos e na qualidade da água dos ecossistemas de água doce (Min & Devi, 2052).

2.2.2 Comunidades de Sequestro de Carbono

Com as pessoas trabalhando menos e desconectadas de um valor de “mercado” graças às rendas universais de vida, e com o foco da economia mudando para a produção e o consumo localizados de bens essenciais, a extração de recursos e as emissões de carbono diminuíram consideravelmente, maximizando o bem-estar humano. Como efeito disso, as comunidades puderam sustentar-se materialmente e prosperar socialmente sem precisar voltar aos padrões familiares de exploração e catástrofes ecológicas em busca do bem-estar humano. O que as microrredes municipais demonstraram era algo conhecido desde o início: as míticas tecnologias de sequestro de carbono do início do século 21 (IPCC, 2018) não eram uma tecnologia – eram uma cultura que precisava ser vivida (Devi, 2035). As possibilidades de uma cultura carbono-negativa não eram desconhecidas na História humana (Glaser et al., 2001) e também foram discutidas no contexto das mudanças climáticas e captura de carbono bem cedo na história (Bates & Draper, 2019). Sob os programas de reparação climática, as tecnologias de captura de carbono agora são abertas sob os bens comuns, criando uma nova cultura material sequestrando emissões fósseis históricas.

Dentro de um sistema de microrredes municipais de circuito fechado, resíduos domésticos e municipais fermentados e processados foram redirecionados para programas agroflorestais locais “da fazenda à mesa” e para os esforços de regeneração do solo. Os subprodutos pirolíticos da matéria orgânica de múltiplos fluxos forneceram carbono puro como biocarvão e bio-óleos. Estas matérias-primas pirolisadas foram ajustadas para conter propriedades eletromecânicas específicas em instalações de produção cooperativas municipais, como as fundições solares comunitárias que seguem fabricando produtos de grafite sequestrados de alta qualidade e metais reciclados até hoje. O ato de fechar os ciclos de fim de vida desses materiais ajudou a criar ecologias localizadas e escalonadas de materiais altamente distribuídos, em uma espiral de emissões e pegadas de consumo de infraestruturas essenciais.

Devemos reconhecer que os movimentos de conhecimento aberto, incluindo o trabalho das comunidades de Tecnologia Aberta e Ciência Aberta, foram precursores da mudança como os avanços tecnológicos surgiram na economia. Naquela época, eles eram subsidiados por meio de financiamento público, principalmente em orçamentos de guerra. Apesar dos tropeços iniciais na questão dos direitos de propriedade intelectual, as estruturas de tecnologia aberta se tornaram a fonte mais significativa para a democratização tecnológica até o final do século XXI. Com os movimentos de Tecnologia Aberta, especialistas locais organizados em confederações cooperativas de oficinas municipais tinham licença para projetar e fabricar bens tecnológicos em pequenas capacidades de produção. Além da questão de qualidade, os bens tinham que ser essenciais para as necessidades da comunidade, de acordo com o contexto geográfico e sociocultural. Em vez de competir em um mercado, essas tecnologias tiveram que ser projetadas para serem resilientes ao clima e com manutenção constante. As comunidades de tecnologia

aberta dizem que a descentralização das infraestruturas de energia com as iniciativas de microrredes foi um movimento fundamental para resolver muitos dos desafios tecnológicos do século 22 relacionados às transições de energia renovável.

2.2.3 Cultivando Baterias Orgânicas

Com as demandas globais de energia despencando, os sistemas de energia se tornaram mais sincronizados com os padrões sazonais de geração de energia, exceto para as infraestruturas sociais consideradas essenciais. Este desafio exigiu uma reimaginação do armazenamento de energia de suas inúmeras formas. Um dispositivo de fabricação 3D foi desenvolvido para a fabricação de baterias orgânicas a partir de algas e biopolímeros à base de quitosana para conectar de volta à microrrede de energia.

No verão de 2042 em São Paulo, um festival de ciência cidadã trouxe designers e tecnólogos para trabalhar com arquivos de patentes abertos. Nas oficinas de fabricação municipal, a tecnologia desenvolveu-se rapidamente e refinou-se dentro da comunidade de ciência aberta em pouco tempo. O projeto, batizado como “biomA” (Figura 6a,b), foi concebido para cultivar baterias orgânicas a partir de processos carbono-negativos e processos químicos e biológicos benignos, utilizando matérias-primas como algas da lagoa e biopolímeros de quitosana derivados de extratos de micélio (Eonas, 2045).

Em termos práticos, o biomA se baseou em estoques de algas cultivados a partir da microrrede e os processou ainda mais. O dispositivo utilizava uma mistura específica de biopolímeros de algas e quitosana, levitando-os acusticamente no espaço tridimensional para formar uma estrutura morfogenética. Ao mesmo tempo, um laser ultravioleta transformou o biocompósito resultante



Figura 6a) Versões iniciais de baixa resolução das baterias orgânicas de biopolímero de algas-quitosana cultivadas no biomA. b) biomA, um dispositivo de fabricação de baterias projetado para produção e consumo local de baterias de algas, rapidamente adaptado pelos grupos de ciência cidadã global para microrredes municipais. Imagens dos Arquivos Públicos Abertos (2052)

em uma bateria orgânica (Eonas, 2045). Dado o conhecimento aberto e a infraestrutura de oficinas municipais em vigor, o conceito se espalhou amplamente à medida que as melhorias no projeto foram amplamente refinadas.

Assim, essas baterias orgânicas rapidamente se integraram às microrredes municipais, atualizando a infraestrutura de biobaterias do esquema elétrico. Os biorreatores de algas ajustaram as condições dos nutrientes para o cultivo de genótipos específicos de algas locais da região, e processados em seguida nas oficinas sindicalizadas. Em praticamente todos os casos, a energia incorporada para produzir estes materiais ocorreu nas épocas de baixa demanda energética. Os processos de pirólise para eletrodos de biocarbono de alta qualidade usaram resíduos orgânicos reciclados nas chamadas “cascatas de carbono” positivas (Bates & Draper, 2019; Hassan et al., 2019). O gás de síntese residual e os bio-óleos resultantes encontraram novas aplicações em correções de solo, baterias e aplicações de biopolímeros em culturas de materiais que se reforçam mutuamente dentro dessas comunidades sequestradoras de carbono (Devi, 2035).

2.2.4 Células Solares Óticas 3D

Um dos projetos mais comuns nos movimentos Open Tech focava-se no desenvolvimento de regeneradores termoelétricos solares e de células solares impressas em 3D (Figura 7 a). Não demorou muito para que surgissem dispositivos como o biomA, em que a comunidade científica aberta trabalhou com o material para, em um caso específico, adaptá-lo para a produção de células solares. Esses experimentos em larga escala com o biomA aceleraram a fabricação de estruturas solares de fibra ótica. Com o tempo, eles se tornaram os substitutos da tecnologia que usava wafers de silício, que já chegavam ao fim de sua vida útil. Com química benigna e uma produção de baixo limiar com manufatura aditiva e estruturas abertas,



Figura 7 (a) As células solares óticas impressas em 3D e (b) as células adaptadas às infraestruturas urbanas existentes. Imagens do Open Public Archives 2052

essas células solares de fibra ótica impressas em 3D se proliferaram rapidamente.

A pesquisa fundamental para essas tecnologias solares, como o aerossol de estruturas de fibra ótica impressas em 3D e revestidas com perovskitas, já era conhecida (Bag et al., 2017). Essas estruturas óticas foram gravadas e revestidas com 'tintas solares' híbridas de perovskita e permaneceram totalmente independentes de minerais de terra-rara para efeitos fotovoltaicos. Essas células tinham dimensões múltiplas vezes menores em comparação com sua capacidade solar, possibilitando adaptar rapidamente os espaços urbanos verticais existentes em coletores solares, complementando assim a pegada solar limitada do telhado sem a necessidade de revisões significativas da infraestrutura (Figura 7 b). Este movimento também foi de grande ajuda em nossas atuais infraestruturas comunitárias de sequestro de carbono baseadas em energia passiva ou de baixa energia. Essas células serviram como um marco importante no caminho para o desenvolvimento das células fotônicas do século 22.

2.3 Surgimento de Culturas Energéticas Indígenas: O Povo Masisi (2076 em diante)

Em uma noite de primavera em 2076, dois satélites de baixa órbita terrestre (LEO) desativados colidiram na órbita terrestre. Hoje, esta colisão é conhecida como o "Evento Kessler" (Chakraborty et al., 2076). Os detritos dessa colisão criaram um efeito borboleta exponencial que acabou por envolver a Terra em detritos espaciais e estilhaços de alta velocidade. Esses projéteis interromperam as comunicações por satélite e derrubaram cerca de dois terços de todos os satélites LEO. O campo de detritos impossibilitou os lançamentos de satélites nas próximas décadas, ao mesmo tempo em que enviava detritos espaciais em direção ao planeta (Chakraborty et al., 2076). Este evento causou falhas críticas em muitos sistemas de comunicação que dependiam desses satélites. Muitas comunidades foram isoladas, sem conexão com o resto do mundo. Algumas destas comunidades tentaram se engajar na sobrevivência baseada no esforço local, e algumas acabaram desertando completamente dos assentamentos urbanos, unindo-se em comunas temporárias, movendo-se de acordo com as mudanças nas condições habitáveis. Estes viajantes climáticos tornaram-se uma parte substancial das migrações humanas causadas pela turbulência sociopolítica no início do século XXI.

Os movimentos climáticos do início do século XXI que expandiram as liberdades sociais reificaram formas mais humanas de mobilidade global em resposta às paisagens climáticas imprevisíveis de nosso tempo (Xolotl et al., 2127). Os movimentos sociais e políticos emergentes ajudaram as pessoas a afirmar a liberdade de se mudar e escapar de ambientes inabitáveis. A partir da última ratificação do Acordo de Fronteiras Abertas em 2126, essas comunidades têm assegurada a liberdade de movimento e integração sob todos os tratados municipais, marcando o retorno a certas formas de liberdade outrora usufruídas por nossos ancestrais ao longo da maior parte da História humana. Essas comunidades autônomas, em muitos casos, formaram uma cooperação mais ampla com muitos dos grupos indígenas regionais que lhes ofereceram abrigo, formando comunas intergeracionais experimentais, reorganizando constantemente os arranjos sociais autossuficientes de maneira consciente como uma prática de prosperidade mútua.

Uma dessas comunidades são os povos Masisi, que se acredita serem descendentes de uma comunidade das regiões do norte de Svalbard, tendo migrado para a região há muito abandonada de Tchernóbil logo após o evento Kessler (Zenlin,

2109). Esta região, antigamente uma zona de precipitação radioativa imprópria para habitação humana, viu esta comunidade prosperar no local como se fosse nativa. Sua relação com o ecossistema radioativo parece ter deixado sinais reveladores de biorremediação espalhados pelos solos radioativos. Em contraste com as microrredes municipais integradas de circuito fechado, os rituais energéticos ritualísticos como prática cultural são um fenômeno bastante recente, apesar de terem sido relatados em comunidades móveis semelhantes em todo o mundo. Os curiosos rituais de energia dos Masisi mostram uma mistura dinâmica de sistemas de crenças ligados à terra enraizados no conhecimento científico do início do século 21 que parece ter se desenvolvido de maneira bastante única na História (Zenlin, 2109).

Uma das características mais especiais desta comunidade é o modo como eles desenvolveram uma relação com sua tecnologia, que pode ser melhor compreendida como a forma como eles entendem a própria energia. Eles parecem ter integrado um jogo deliberado e autoconsciente com seus quadros epistemológicos enquanto encenam seus “rituais de energia” (Figura 8). Esta prática aparentemente autoconsciente visa uma forma da prática de aprendizagem incorporada à medida que os jovens membros exploram ao máximo o ambiente vivo e ainda altamente radioativo ao seu redor. Para essa comunidade, o ato de reviver os ecossistemas terrestres permanece no centro de sua visão de mundo como uma prática holística na vida cotidiana. Conforme foi descoberto, o estilo de vida do grupo envolve formas de “biorremediação cultural, destinadas a reconectar o passado com o futuro dentro de uma prática vivida” (Appiah, 2106). Relatórios de campo de regiões ainda inacessíveis, mas aparentemente habitáveis, sugerem que os solos ao redor destas comunidades mostram reduções notáveis na radioatividade e um ressurgimento da flora e fauna que podem ser seguros para a habitação humana (Zenlin, 2109).

2.3.1. Os Rituais Energéticos dos Masisi

Os primeiros relatos sugeriram que a comunidade pratica uma forma de biorremediação que evoluiu para uma “colheita de energia” ritualística (Figura 8)

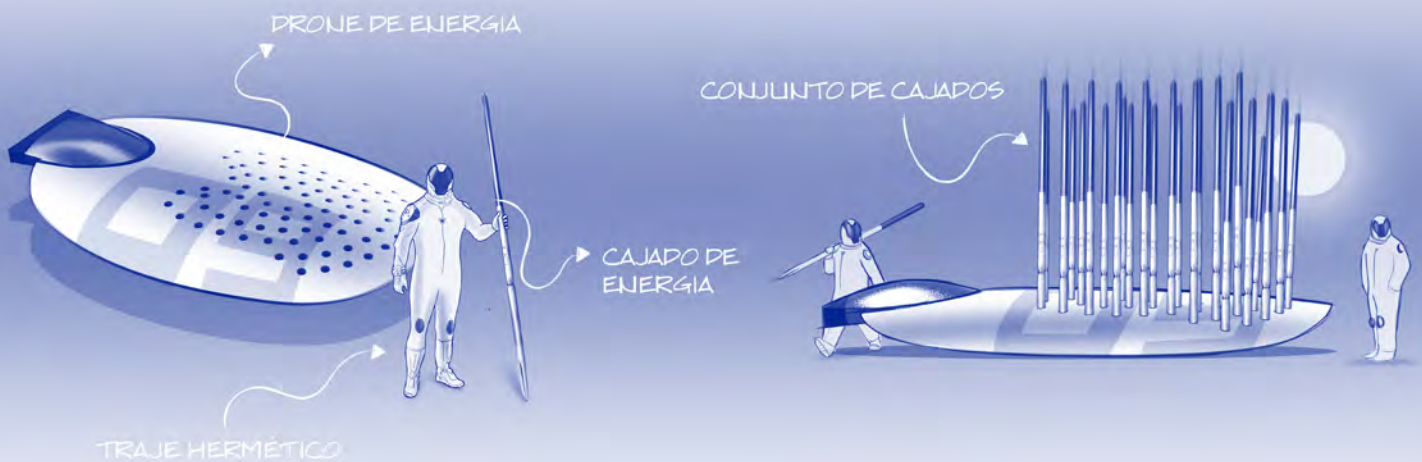


Figura 8 Esquema do ritual de energia do clã Masisi em Tchernóbil, conforme descrição do povo Masisi. Os níveis de radiação na região dificultam a transmissão e o processamento das imagens e, portanto, os registros são limitados. Ilustração: (Zenlin, 2109)

da qual toda a comunidade participa (Zenlin, 2109). Essa prática parece ser baseada em uma curiosa interpretação multigeracional da pesquisa microbiana de mais de um século atrás, que propunha mecanismos para tratar solos tóxicos com micélio (Joshi et al., 2011; Whiteside et al., 2019). Surpreendentemente, os Masisi descobriram enquanto limpavam as terras radioativas que o micélio também poderia produzir energia a partir da radiação mortal. Agora sabemos que isso foi descoberto muito antes (Dadachova et al., 2007), mas nunca tinha sido documentado como uma prática cultural até os primeiros relatórios dos Masisi. Parece que essa prática desempenha um papel na transmissão de seus conhecimentos para as gerações mais jovens por meio do que eles descrevem como “aprendizagem planetária”. Em sua perspectiva, “isso estimula os jovens a expandir seu aprendizado, baseado na comunidade e no holismo ecológico” (Appiah, 2106).

Conforme relatado, “esta colheita de energia parece ser a prática para transmitir conhecimento ecológico e comunitário relacional para a geração mais jovem” (Zenlin 2109). Esta ‘expedição de energia’ parece garantir que os jovens não sofram danos, salvo o risco de níveis perigosos de radiação para os quais eles se prepararam meticulosamente ao incluir um acolchoado de melanina proveniente de micélio nos ‘trajes biológicos’ que os protegem da radiação enquanto eles estão fora de suas residências (Figura 9a). Essas expedições nas zonas radioativas são um programa educacional destinado a incentivar os jovens a explorar o ecossistema ao seu redor junto com os mais velhos, o que os Masisi chamam de ‘dar um sentido planetário’ ao ambiente. O processo de aprendizado por meio da remediação do ecossistema usando os ‘bastões de energia’ e uma nave autônoma de levitação torna o ritual mais uma busca exploratória do que uma tarefa árdua.

O hovercraft autônomo (Figura 9b) organiza as condições ideais para a colheita após uma análise das melhores combinações de luz solar, vento e radioatividade, e envia a energia biosolar colhida para uma estação base via transferência de energia

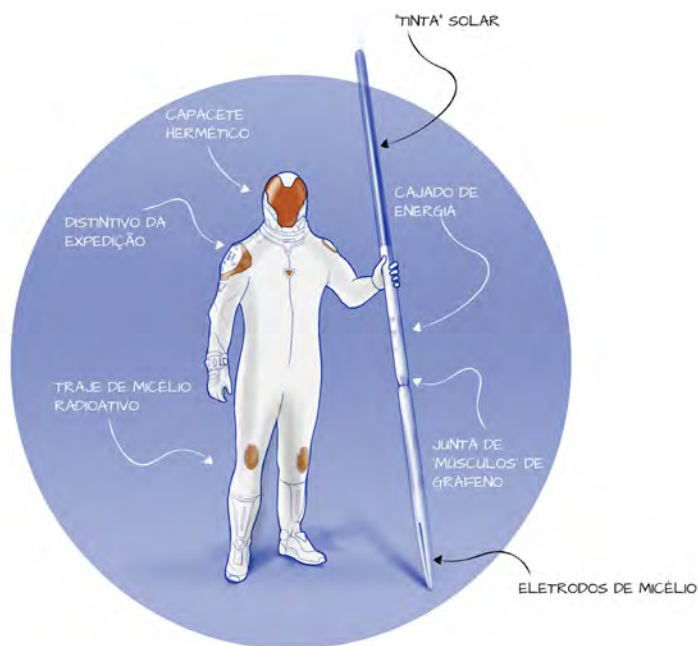


Figura 9a O traje biológico Masisi que protege da radioatividade, feito de compostos de melanina micelial. b) Um hovercraft auxiliando na colheita de energia para os Masisi, com o biodomo da comunidade ao fundo. Imagens e ilustração: (Zenlin, 2109)

de micro-ondas sem fio. Depois de plantar o cajado, o micélio preto se alimenta do solo radioativo por quatro ou cinco semanas. As cepas miceliais produtoras de melanina prosperam notavelmente na radiação do solo e liberam energia residual capturada pelos eletrodos no cajado. A nave autônoma transmite energia para os trajes, se necessário, ou a armazena para uso posterior, enquanto o cajado aproveita a energia do sol e do vento. Essa “colheita” também é bastante literal, pois eles arrancam os cogumelos que cresceram nos cajados após terem bioacumulado elementos altamente radioativos, como césio, arsênico, chumbo, cádmio e outros minerais raros (Zenlin, 2109). A administração Masisi da região promove relações com outros humanos e não humanos locais. Suas práticas de remediação se espalharam por toda a região e ainda permitiram que os Masisi desenvolvessem infraestruturas tecnicamente complexas essenciais sob condições desagradáveis. Essas práticas têm se mostrado bastante bem-sucedidas na biorremediação, mostrando níveis muito mais baixos de radioatividade e, simultaneamente, mostrando uma regeneração radical da biodiversidade exclusiva dessas regiões.

2.3.2. Desenvolvimentos nativos em energia bioorgânica Hi-TEK

Parece necessário para nossas discussões obter informações sobre os principais artefatos que os Masisi empregam em seu ritual de energia. Embora sua infraestrutura comunitária esteja constantemente em movimento, os relatos sugerem que sua base técnica parece ter se originado dos arquivos de ciência aberta do século 20, como em qualquer outro lugar. Eles, no entanto, parecem ter confiado em uma rede informal de compartilhamento, com cópias físicas ligeiramente desatualizadas. Ao que parece, ao terem sido isolados do resto do mundo após o Evento Kessler, eles foram aparentemente forçados a seguir suas explorações baseados em qualquer material científico que pudessem encontrar como referências, como artigos de revistas de tecnologia aberta com estudos sobre células solares de fibra ótica (Bourzac, 2009) e fotovoltaicas de grafeno (Casaluci et al., 2016), e células de combustível microbianas (MFCs) de origem fúngica (Gajda et al., 2015) alimentando-se de radioatividade (Qu et al., 2019). Esses estudos parecem tê-los levado a uma interpretação desses primeiros estudos e podem ser vistos incorporados aos cajados energéticos rituais (Figura 10), que os Masisi utilizam em seu ritual energético, plantando-os em configurações topográficas específicas.

O cajado é composto por três funções: captação de energia solar, eólica e radioativa. Eles permitem uma ampla dispersão espectral da energia solar, absorvidas por suas fibras para criar um efeito fotovoltaico e um efeito termoelétrico com fibras de grafeno quelatadas e revestidas com tinta solar transparente. O “músculo do vento” de carbono aproveita os ventos turbulentos na região. Ao mesmo tempo, as partes plantadas do cajado contém eletrodos miceliais que se alimentam da radioatividade do solo na base, convertendo-a em mais energia utilizável. Além disso, esses cajados seguem um padrão ‘biomimético hierárquico’ que os Masisi afirmam ter otimizado para aumentar a absorção de radiação em múltiplas escalas (Zenlin, 2109). Embora os cajados integrem funções de captação de energia em uma única unidade, não se trata apenas de um objeto utilitário. A cultura material ligada à natureza e o conhecimento técnico criaram uma cultura “biofílica” única que adota uma abordagem naturalista para regenerar o mundo natural. Esse aprendizado relacional com o mundo natural talvez seja o motivo pelo qual eles são tão resilientes como comunidade, apesar de viverem em uma das condições mais duras do planeta.

A trajetória de desenvolvimento das comunidades nesta região foi emulada e difundida mundialmente com base em um princípio de respeito mútuo pelo ecossistema no qual a comunidade pretende prosperar (Bhim & Larsson, 2124). Culturas curiosas

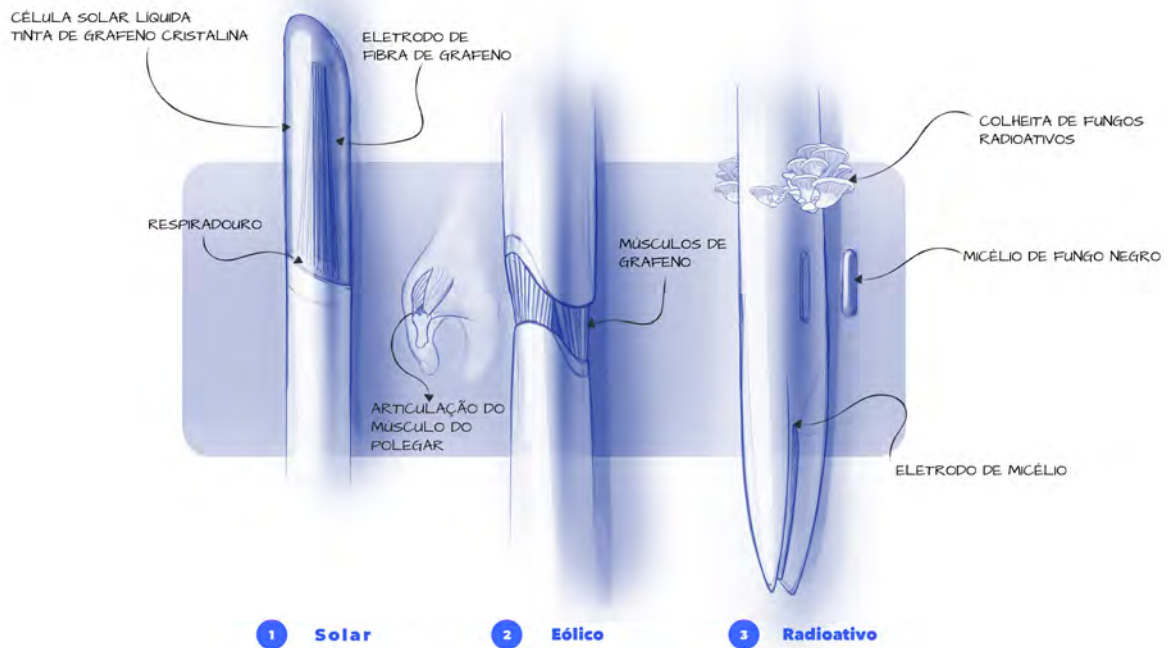


Figura 10 Diagrama esquemático do bastão ritual de energia do clã Masis. Ilustração por (Zenlin, 2109)

semelhantes surgiram, embora tais formas de interfaces de computação biológica ainda não tenham sido relatadas em outros lugares (Vanoor et al., 2128). Tais interfaces nutrem interfaces “micélio-neurais” que “conversam” com as redes microbianas nos solos radioativos como um sistema de sondagem não invasivo para pesquisa da estabilidade do serviço ecossistêmico por meio da coordenação e compartilhamento de conhecimento com o meio do solo. O que torna esses desenvolvimentos ainda mais profundos é que eles corroboraram essas descobertas e as desenvolveram ainda mais, em quase total isolamento do mundo. Este conhecimento é parte integrante dos Masis, que praticam um sistema de conhecimento exclusivamente indigenizado a partir da deliberação geracional dentro de uma cultura viva.

3. Discussão

O que podemos dizer sobre todas essas reviravoltas históricas dramáticas que nos levaram ao ponto onde nos localizamos hoje? Estudos recentes sugerem que as temperaturas globais se estabilizaram em 2,1°C acima dos níveis pré-industriais (Richardson et al., 2129)—um número previsto há mais de um século. No entanto, esses estudos permanecem inconclusivos devido aos conjuntos de dados limitados disponíveis dos satélites geoespaciais, enquanto as futuras infraestruturas de satélite seguem incapacitadas no futuro próximo (Balan et al., 2126). Esses achados também foram corroborados (Richardson et al., 2129). Podemos ver os dados e supor que tudo pode ter sido em vão, mas gostaríamos de argumentar que esse pode ter sido o melhor cenário possível. Podemos ter estabilizado o aquecimento global apenas por causa das reduções drásticas nas emissões, e também graças às lutas constantes pela abolição global dos combustíveis fósseis e os programas universais de reparação climática que se seguiram aos primeiros anos do século XXI. Apesar dos desenvolvimentos do século passado, e das emissões históricas serem o que ainda são, uma desmistificação da civilização industrial quando confrontada com as necessidades de justiça climática e bem-estar humano talvez devesse ter acontecido muito mais cedo no arco da História (Achibe, 2029; Lakota, 2125).

Naquela época, as conversas sobre a redução das emissões de carbono e retirada

do CO₂ da atmosfera (Hawken, 2018) pareciam ter se fixado numa narrativa míope focada apenas na energia e nas reduções de emissões. Entre os muitos pontos de alavancagem do clima, abordar as crises de energia isoladamente nunca poderia ser transformador o suficiente por si só. Os projetos de reparação climática, culminando na regeneração humana, social e ecológica universal, juntamente com a contração dos danos materiais e ecológicos dentro de um paradigma de decrescimento, podem ser vistos hoje como intervenções críticas do século XXI consideradas “politicamente impensáveis” pela ordem social. A abolição das infraestruturas de combustíveis fósseis também foi considerada impensável pelos interesses estabelecidos. É claro que a abolição dos combustíveis fósseis acabou liberando recursos para serem reinvestidos nas comunidades, expandindo ainda mais programas de renda vital e reparações pelo trabalho de cuidado e de restauração ecológica (Doon, 2035). A contração das infraestruturas industriais e a construção de resiliência comunitária para prontidão climática global com produção e consumo localizados autossustentáveis e solidários (Ngata, 2076) devem ser considerados notavelmente prescientes para aqueles de nós que vivem na Terra-Estufa.

As tendências das emissões globais de carbono ligadas ao uso de energia até agora mostraram-se consistentemente em queda. Muitas atividades industriais redundantes do século 21 foram abolidas ou reabilitadas por “exaptação” como programas “socialmente úteis” em uma escala municipal limitada. Essa mudança foi permitida graças à uma liberação do trabalho intelectual e criativo que agora poderia cooperar dentro de economias solidárias, atendendo necessidades essenciais como água, energia, alimentação, educação, saúde, manutenção e o trabalho de cuidado de maneiras novas e engenhosas (Fabre, 2032). Mesmo analisado por medidas arcaicas de bem-estar humano e ecológico, o renascimento social e a participação e o bem-estar das comunidades tiveram uma profunda evolução à medida em que a reconfiguração cooperativa das artes, humanidades e ciências construíram ecologias de novos sistemas de conhecimento e causaram uma compreensão mais profunda do conhecimento disciplinar disseminado em estruturas abertas de conhecimento (Krets, 2048; Lai, 2056; Ngata, 2076).

Como acontece com qualquer empreendimento humano, essas “economias de Estados estacionários” racionais vieram com suas complicações e possibilidades particulares. Enquanto o século 22 ainda está se desenrolando diante de nossos olhos (Figura 11), os desafios das realidades climáticas imprevisíveis e instáveis de nossa geração permanecem precários no futuro próximo (Richardson et al., 2129). Apesar de suas falhas, as culturas econômicas de hoje parecem ter como premissa atender às necessidades humanas essenciais e garantir uma alta qualidade de vida – sejam economias simbióticas, participativas, de doação, de ajuda mútua ou solidárias. E elas fizeram isso com abundância notável, que se tornou mais possível do que nunca atualmente (García-Olivares & Solé, 2015; Lai, 2056). A revelação do século passado foi notar que o surgimento de comunidades sequestradoras de carbono não era inerentemente tanto uma questão de capacidades intelectuais ou produtivas, ou mesmo uma questão técnica.

Com as temperaturas globais ainda oscilando entre 2°C e 2,5°C (Richardson et al., 2129), nosso relacionamento com um clima planetário instável talvez ainda não tenha terminado (Figura 11). No entanto, a mudança do uso dos recursos materiais e intelectuais globais para a construção de medidas essenciais de resiliência e adaptação ao clima ofereceu um vislumbre de esperança para prosperar, apesar dos tempos difíceis atrás de nós e à nossa frente. Esperamos que as tapeçarias contrastantes apresentadas aqui iluminem mesmo aqueles que vivem neste século

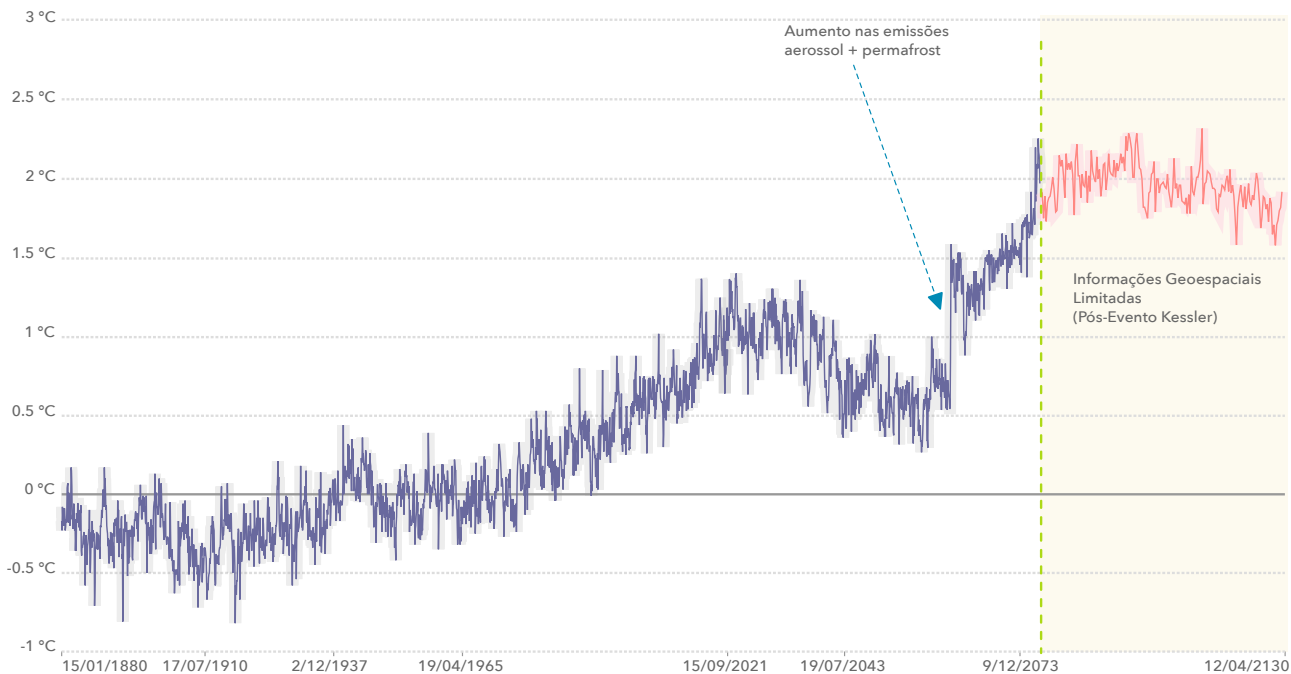


Figura 11 Tendências do Aquecimento Global de 1880 a 2130. Imagem de Richardson et al., (2129).

de indigeneidade radical de nossas culturas, para que saibamos que aquilo que aconteceu nunca foi inevitável, mas sempre foi uma possibilidade suprimida à vista de todos (Lakota, 2125). Talvez ela fosse um tipo de sensibilidade que precisava de nutrição autoconsciente. Como sugerem os anciãos Masisi, “sempre foi uma escolha disponível para nós, tendo nos libertado dos fardos de nossa ancestralidade e escolhendo a reconciliação de nossa humanidade” (Appiah, 2106).

Bibliografia do capítulo 1

- Achibe, V. (2029, January 12). *Is the Treaty on Universal Climate Justice too little too late?* The New York Times. <https://www.nytimes.com/2029/01/12/magazine/universal-climate-justice.html>
- Althor, G., Watson, J. E. M., & Fuller, R. A. (2016). *Global mismatch between greenhouse gas emissions and the burden of climate change*. *Scientific Reports*, 6, 20281.
- Appiah, N. (2016). *First Letter of the Masisi Elders to the Old World*. The Masisi Despatch Station.
- Attias, N., Danai, O., Ezov, N., Tarazi, E., & Grobman, J. (2017, September 6). *Developing novel applications of mycelium-based bio-composite materials for design and architecture*.
- Bag, S., Deneault, J. R., & Durstock, M. F. (2017). *Aerosol-Jet-Assisted Thin-Film Growth of CH₃NH₃PbI₃ Perovskites—A Means to Achieve High Quality, Defect-Free Films for Efficient Solar Cells*. *Advanced Energy Materials*, 7(20), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/aenm.201701151>
- Balan, V., Mathew, T., & Fernandes, D. (2126). *Trajectories of Space Exploration in a Post Kessler World*. *International Journal of Orbital Mechanics*, 97(12). <https://doi.org/10.9780/8713253.2126.8268432>
- Bates, A., & Draper, K. (2019). *Burn: Using Fire to Cool the Earth*. Chelsea Green Publishing.
- Bernes, J. (2019, April 25). *Between the Devil and the Green New Deal*. *Commune*. <https://communemag.com/between-the-devil-and-the-green-new-deal/>
- Bhim, S., & Larsson, B. (2124). *Biophilic Cultures: Indigenisation of the Material and Technological Arts*. *Open Society of Naturalist Studies*, 50(12). <https://doi.org/10.9340/9841723.2124.6452438>
- Bourzac, K. (2009, October 30). *Wrapping Solar Cells around an Optical Fiber*. *MIT Technology Review*. <https://www.technologyreview.com/s/416052/wrapping-solar-cells-around-an-optical-fiber/>
- Brown, A. (2012). *Just enough: Lessons in living green from traditional Japan*. Tuttle Pub.; /z-wcorg/. <http://site.ebrary.com/id/10655570>
- Camere, S., & Karana, E. (2018). *Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice*. *Journal of Cleaner Production*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.081>
- Casaluci, S., Gemmi, M., Pellegrini, V., Carlo, A. D., & Bonaccorso, F. (2016). *Graphene-based large area dye-sensitized solar cell modules*. *Nanoscale*, 8(9), 5368–5378. <https://doi.org/10.1039/C5NR07971C>
- Chakraborty, D., Al-Rawi, F., Long, Z., & Richardson, P. (2076). *The Kessler Event: Possible Implications for Low Earth Orbit and beyond*. *International Journal of Orbital Mechanics*, 47(12). <https://doi.org/10.2340/2346753.2076.4222432>
- Chancel, L., & Piketty, T. (2015). *Carbon and inequality: From Kyoto to Paris Trends in the global inequality of carbon emissions (1998-2013) & prospects for an equitable adaptation fund* *World Inequality Lab* (p. 50). Paris School of Economics.
- Cooley, M. (1987). *Architect or bee? : The human price of technology* (New ed. with a new introduction by Anthony Barnett.). Hogarth Press.
- Cuentas, L., Chen, L., & Trommen, G. (2029). *All Knowledge to All the People*. *The Journal of Open Technology*, 1(4). <https://doi.org/10.8423/JOPNTCH.9264-49.2029>
- Dadachova, E., Bryan, R. A., Huang, X., Moadel, T., Schweitzer, A. D., Aisen, P., Nosanchuk, J. D., & Casadevall, A. (2007). *Ionizing Radiation Changes the Electronic Properties of Melanin and Enhances the Growth of Melanized Fungi*. *PLOS ONE*, 2(5), e457. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000457>
- Devi, S. (2035). *Integrated Municipal Energy Microgrids In Action (1st Edition)*. Open Tech Society, Delhi.
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Watson, R., Baste, I., Larigauderie, A., Leadley, P., Pascual, U., Baptiste, B., Dziba, L., Erpul, G., Fazal, A., Fischer, M., ... Vilá, B. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services – unedited advance version*. 39.
- Doon, R. (2035). *Carbon and Its Malcontents: Reparations for capital gains from fossil extractivism*. Red House.
- Eonas, N. (2045). *biomA: An algae-chitosan energy storage production solution*. *Designing Breakthrough For The People*, 24. <https://doi.org/10.1580/2207853.2045.1948465>
- Fabre, M. (2032). *On the Abolition of Bullshit Industries*. *International Journal of Care Work*, 7(8), 20–39. <https://doi.org/10.1180/2307753.2032.1388432>
- Gajda, I., Greenman, J., Melhuish, C., & Ieropoulos, I. (2015). *Self-sustainable electricity production from algae grown in a microbial fuel cell system*. *Biomass and Bioenergy*, 82, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.05.017>
- García-Olivares, A., & Solé, J. (2015). *End of growth and the structural instability of capitalism—From capitalism to a Symbiotic Economy*. *Futures*, 68, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.09.004>
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. (2001). *The "Terra Preta" phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics*. *Naturwissenschaften*, 88(1), 37–41. <https://doi.org/10.1007/s001140000193>
- Gore, A. (2016). *The case for optimism on climate change*. https://www.ted.com/talks/al_gore_the_case_for_optimism_on_climate_change
- Graeber, D. (2014, March 26). *Caring too much. That's the curse of the working classes* | David Graeber | Opinion | The Guardian. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2014/mar/26/caring-curse-working-class-austerity-solidarity-scourge>
- Graeber, D. (2018). *Bullshit Jobs: A Theory*. Penguin Books, Limited. <https://books.google.no/books?id=uB5kvgAACAAJ>
- Hall, S. (2015, October 26). *Exxon Knew about Climate Change Almost 40 Years Ago*. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/exxon-knew-about-climate-change-almost-40-years-ago/>
- Hansen, J. (2020, February 3). *Climate Models vs. Real World*. *Climate Science, Awareness and Solutions*. http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2020/20200203_ModelsVsWorld.pdf
- Hassan, M. F., Sabri, M. A., Fazal, H., Hafeez, A., Shezad, N., & Hussain,

- M. (2019). Recent trends in activated carbon fibers production from various precursors and applications—A comparative review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 104715. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104715>
- Hawken, P. (Ed.). (2018). *Drawdown: The most comprehensive plan ever proposed to roll back global warming*. Penguin Books.
- Hickel, J. (2017). Is global inequality getting better or worse? A critique of the World Bank's convergence narrative. *Third World Quarterly*, 38(10), 2208–2222. <https://doi.org/10.1080/01436597.2017.1333414>
- Hickel, J. (2018). *The Divide: A brief guide to global inequality and its solutions*. William Heineman.
- Hickel, J., & Kallis, G. (2019). Is Green Growth Possible? *New Political Economy*, 0(0), 1–18. <https://doi.org/10.1080/13563467.2019.1598964>
- ICC. (2039). *Final Assessment Report to the United Nations Global Climate Assembly on the "Fossil Fascism Complex" and its Crimes Against Humanity: The Donziger Commission (p. 5000) [Summary Report]*. International Criminal Court.
- Illich, I. (1980). *Shadow-work*. University of Cape Town.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Global warming of 1.5°C*. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, I. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- IPBES. (2043). *Summary report of the global reassessment of biodiversity and ecosystem services (p. 39)*. Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPCC. (2028). *Limiting Global warming to 2°C*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc.ch/report/sr18/>
- Joshi, P. K., Swarup, A., Maheshwari, S., Kumar, R., & Singh, N. (2011). Bioremediation of Heavy Metals in Liquid Media Through Fungi Isolated from Contaminated Sources. *Indian Journal of Microbiology*, 51(4), 482–487. <https://doi.org/10.1007/s12088-011-0110-9>
- Kohtala, C. (2016). *Making sustainability: How Fab Labs address environmental issues*. Aalto University. <https://aaltodoc.aalto.fi/443/handle/123456789/21755>
- Krets, M. (2048). *Technological Emergence and Exaptation: From Intellectual Property to Collective Knowledge*. Open Tech Society.
- Lai, X. (2056). *The Point Is To Have Fun: Long Term Sustainability and Social Playfulness*. Digua Research Wing.
- Lakota, T. (2125). *Becoming Native: A Study of Transformative Indigeneity*. *International Journal of Care Work*, 100(8).
- Malm, A. & The Zetkin Collective. (2021). *White Skin, Black Fuel: On the Danger of Fossil Fascism*. Verso Books.
- Min, K., & Devi, L. (2052). *The Economics of Soil Nutrition: A study on Anthropocentric value extractivism of soil resources*. Institute of Ecological Economics.
- Mishra, P. (2017). *Age of anger: A history of the present*. Farrar, Straus and Giroux.
- Munda, B. (2058). *The Scorched Earth: Was Capitalism Worth Destroying Indigenism? (English Reprint)*. Adivasi Vaani.
- Ngata, K. (2076). *ReImagining Socially Useful Production: Alternatives in the Making (Centenary edition)*. International Society for Socially Useful Production.
- Oxfam. (2015). *EXTREME CARBON INEQUALITY Why the Paris climate deal must put the poorest, lowest emitting and most vulnerable people first [Data set]*. Koninklijke Brill NV. https://doi.org/10.1163/2210-7975_HRD-9824-2015053
- Patel, R., & Moore, J. W. (2017). *A history of the world in seven cheap things: A guide to capitalism, nature, and the future of the planet*. University of California Press.
- Paul, K. (2019, November 4). Microsoft Japan tested a four-day work week and productivity jumped by 40%. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/technology/2019/nov/04/microsoft-japan-four-day-work-week-productivity>
- Polimeni, J. M. (Ed.). (2008). *The Jevons paradox and the myth of resource efficiency improvements*. Earthscan.
- Qu, Y., Li, H., Wang, X., Tian, W., Shi, B., Yao, M., & Zhang, Y. (2019). Bioremediation of Major, Rare Earth, and Radioactive Elements from Red Mud by using Indigenous Chemoheterotrophic Bacterium *Acetobacter sp.* *Minerals*, 9(2), 67. <https://doi.org/10.3390/min9020067>
- Rauf, W. (2064). *The Energy of Climate Breakdown: Of Political Economies and Energy Monopolies*. Union of Concerned Scientists.
- Raymond, D. (2044). The New Storms of Our Children. *The Open Sociological Review*, 21(8), 56–98. <https://doi.org/10.1080/2356753.2044.1388432>
- Richardson, L., Weaver, K., & Karup, P. M. (2129). Stability of Climate Systems at 2.5°C. *International Journal of Earth System Dynamics*, 101(12). <https://doi.org/10.9310/8042753.2129.7892133>
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Barnard, P., & Moomaw, W. R. (2019). World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, biz088. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz088>
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Galetti, M., Alamgir, M., Crist, E., Mahmoud, M. I., Laurance, W. F., & 15,364 scientist signatories from 184 countries. (2017). World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. *BioScience*, 67(12), 1026–1028. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix125>
- Robinson, W. I. (2019). *Global Capitalist Crisis and Twenty-First Century Fascism: Beyond the Trump Hype*. *Science & Society*, 83(2), 155–183. <https://doi.org/10.1521/osis.2019.83.2.155>
- Schneider, N. (2018). *Everything for Everyone: The Radical Tradition That Is Shaping the Next Economy*. PublicAffairs; /z-wcorg/.
- Schwartz, J. (2018, January 20). *Paris Climate Deal Is Too Weak to Meet Goals, Report Finds*. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2016/11/17/science/paris-accord-global-warming-ia.html>
- Smith, A. (2014). *Socially Useful Production*. STEPS Working Paper, 58, 44.
- Speth, J. G. (2021). *They Knew: The US Federal Government's Fifty-Year Role in Causing the Climate Crisis*. MIT Press.
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C. P., Barnosky, A. D., Cornell, S. E., Crucifix, M., Donges, J. F., Fetzer, I., Lade, S. J., Scheffer, M., Winkelmann, R., & Schellnhuber, H. J. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252–8259. <https://doi.org/10.1073/>

- Thekaekara, M. M. (2019, February 25). A huge land grab is threatening India's tribal people. They need global help | Mari Marcel Thekaekara. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2019/feb/25/land-grab-tribal-people-india-advansi>
- Ubumwe, K. (2014). Centuries of Fossil Guilt: Taking stock of the catastrophic cost to human society from fossil fuel infrastructures. *International Journal of Ecological Economics*, 95(4), 230–267. <https://doi.org/10.1080/13563467.2114.1598964>
- UNDP. (2029). *Universal Liveable Income: Global Policy and Implementation Parameters* (p. 200) [Summary Report]. UN Climate Action Commission.
- Vanoor, R., Ackman, B., & Qiao, B. (2128). Advances in Mycelial Neurobiology: The Mycelial Neural interface "Brain". *The Journal of Open Neuroscience*, 90(4). <https://doi.org/10.3523/JNEUROSCI.8343-83.2128>
- Vemula, R. (2116). A Centenary of Global Climate Justice: The Legacies of the Treaty of Universal Climate Justice. *Blue Future Collective*.
- Wallace-Wells, D. (2019). *The uninhabitable earth: Life after warming*. Tim Duggan Books.
- Whiteside, M. D., Werner, G. D. A., Caldas, V. E. A., van't Padje, A., Dupin, S. E., Elbers, B., Bakker, M., Wyatt, G. A. K., Klein, M., Hink, M. A., Postma, M., Vaitla, B., Noë, R., Shimizu, T. S., West, S. A., & Kiers, E. T. (2019). Mycorrhizal Fungi Respond to Resource Inequality by Moving Phosphorus from Rich to Poor Patches across Networks. *Current Biology*, 29(12), 2043-2050.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.061>
- Wildschut, D. (2017). The need for citizen science in the transition to a sustainable peer-to-peer-society. *Futures*, 91, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.11.010>
- Xoloti, D., Wujjiwa, P., & Appadurai, N. (2127). Open Borders Accord: A review of the Origins and possibilities for the Future of Global Policy. *Open Journal of Human Geography*, 74(10).
- Xu, Y., Ramanathan, V., & Victor, D. G. (2018). Global warming will happen faster than we think. *Nature*, 564(7734), 30. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07586-5>
- York, R. (2017). Why Petroleum Did Not Save the Whales. *Socius: Sociological Research for a Dynamic World*, 3, 1–13. <https://doi.org/10.1177/2378023117739217>
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Waters, C. N., Barnosky, A. D., Palmesino, J., Rönnskog, A.-S., Edgeworth, M., Neal, C., Cearreta, A., Ellis, E. C., Grinevald, J., Haff, P., Sul, J. A. I. do, Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Odada, E., Oreskes, N., Price, S. J., ... Wolfe, A. P. (2016). Scale and diversity of the physical technosphere: A geological perspective: The Anthropocene Review. <https://doi.org/10.1177/2053019616677743>
- Zenlin, P. (2109). *The Masisi: Chronicles of Kinship and Radioactive Symbiosis* (Vol. 7). Open Anthropological Society, Stockholm.
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for the future at the new frontier of power*. Profile Books.



O retorno dos walezi wa msitu

Ilustração de Sephin Alexander

“Não há mais terras sacrificiais, não haverá mais pessoas sacrificadas”.

– Declaração sobre a Justiça Climática Universal (2029)



2. Tornando-se Terrestre: Sobre as Zonas de Resiliência Climática, Fabricação Simbiótica e Regeneração de Ecossistemas

Traduzido do *kx'a*, suaíli e cantonês

Introdução

O desenvolvimento histórico de nossa espécie tem sido, principalmente, um fenômeno terrestre. Na década de 2020, esse domínio que impulsionava os motores do crescimento econômico infinito nos forçou a reavaliar a situação. Talvez como um sinal do que nos esperava, os ecossistemas terrestres e a interrupção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos revelaram que nosso experimento civilizacional tão peculiar era uma ameaça a si mesmo, desenrolando-se em uma espiral regressiva quase no mesmo momento em que se formou. Neste capítulo, discutiremos relatos do início da Sexta Extinção em Massa, perda de biodiversidade e colapso dos serviços ecossistêmicos, com foco nos ecossistemas terrestres.

Iremos reconstruir as modalidades, estratégias e artefatos muitas vezes esquecidos, embora fundamentais, que ajudaram a traçar as ações em grande escala nos ecossistemas terrestres. Dado o declínio abismal da biodiversidade e dos ecossistemas terrestres na época, a urgência dos movimentos Land Back tornou-se primordial, junto com as Zonas de Resiliência Climática (CRZs, na sigla original), cruciais para a regeneração de serviços ecossistêmicos terrestres e programas agroecológicos para comunidades em todo o mundo. Embora separados pelo espaço e tempo, este capítulo irá buscar ações que surgiram dentro dessas CRZs, como os dispositivos de semeadura florestal desenvolvidos na CRZ de Mombaça com base em colaboração e a cultura do mutualismo e fabricação simbióticos nas florestas sagradas da CRZ de Hong Kong

Hoje, as CRZs se tornaram em Zonas Autônomas Pan-Indígenas – um santuário para a administração indígena global e para o desenvolvimento de culturas materiais simbióticas. O legado de práticas de fabricação socialmente úteis nas CRZs aliviou drasticamente as pressões ecológicas sobre a biodiversidade regional e os serviços ecossistêmicos do solo regenerados, criando uma abundância de alimentos e segurança material global e tornando esses locais centros de conservação e regeneração de habitats. A globalização dessas culturas sociotécnicas simbióticas ajudou principalmente no realinhamento da pegada material, social e ecológica diretamente para o bem-estar humano, reforçando mutuamente a qualidade de vida, o bem-estar social e a resiliência climática. Esses desenvolvimentos oferecem possibilidades e desafios profundos para o próximo século, diferente do último, onde a regeneração social e ecológica estão enredadas uma na outra, precisando de sustentação e cuidado para os objetivos de longo prazo de florescer em uma Terra Estufa.

!Kweiten-ta-||kwain

Antropólogo e cronista indígena do povo San, Arquivos de Sementes do Povo, Mombaça

Lai Sinn Mei

Pesquisador de design
Sociedade de Design Aberto de Hong Kong

Palavras-chave:

Regeneração do ecossistema
Zonas de Resiliência Climática
Fabricação simbiótica
Biodiversidade e serviços ecossistêmicos
Descolonização
Land Back

1. Quebrando a Vida

Se quisermos caminhar para uma reconciliação de nossa herança ecológica compartilhada nesta Terra Estufa, devemos reconhecer os legados que nos foram entregues, tanto nas escolhas feitas quanto no que nos tornamos por causa delas. Essa reconciliação exige que reconheçamos que o legado das trajetórias complexas dos serviços ecossistêmicos planetários e da biodiversidade que vemos hoje no século 22 não foram inevitáveis, mas sim escolhas deliberadas. Eles foram um caminho percorrido deliberadamente, provocado pelos desenvolvimentos calamitosos em setores afluentes da humanidade. Por volta desse período, a negociação do crescimento econômico infinito e contínuo parecia superar os apelos mais fundamentados por ação climática. Em 2019, com a divulgação de um relatório histórico sobre biodiversidade e serviços ecossistêmicos que alertava para um desencadeamento iminente de pontos de inflexão, ficou claro que crescimento e ação climática não eram compatíveis um com o outro (Díaz et al., 2019).

O relatório foi explicitamente claro em sua conclusão – a exploração sem precedentes da natureza resultou no rápido declínio dos ecossistemas e da biodiversidade globalmente (Díaz et al., 2019). As descobertas alarmantes dos vários estudos publicados na época alertaram que o mundo do século 21 estava desencadeando



Figura 1: Os vários pontos de inflexão explorados no cenário de Terra Estufa. Imagem (Steffen et al., 2018)

vários pontos de inflexão onde o colapso de ecossistemas inteiros parecia altamente provável. O planeta estava se aproximando cada vez mais do precipício, provocando ciclos de retroalimentação em cadeia – os incêndios na floresta amazônica e o derretimento da camada de gelo da Groenlândia e do permafrost já aconteciam mais rápido do que o esperado. À medida que o século passado avançava, a ameaça dos pontos de inflexão climáticos (Figura 1) ameaçava mergulhar o planeta cada vez mais perto de uma “Terra Estufa” (Raabi et al., 2073; Steffen et al., 2018).

1.1. Aniquilação Biológica: Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos

Com a biodiversidade diminuindo de maneira drástica globalmente, os serviços ecossistêmicos que o mundo natural oferecia como garantia para a sobrevivência humana estavam diminuindo rapidamente (Díaz et al., 2019). Ao mesmo tempo, os notáveis declínios na biodiversidade (Figura 2) sinalizaram o início da Sexta Extinção em Massa (Ceballos et al., 2017). Esses declínios foram atribuídos a muitos fatores: perda de habitat; conversão para agricultura intensiva e urbanização; poluição pelo uso indiscriminado de pesticidas e fertilizantes sintéticos; patógenos e espécies introduzidas; e mudanças climáticas (Díaz et al., 2019; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). A sociedade humana organizada enfrentou implicações catastróficas para a produção de alimentos. Noventa e cinco por cento do suprimento global de alimentos vinha de terras onde a agricultura industrial garantiu que 25% das emissões globais de gases de efeito estufa fossem emitidas pelo desmatamento, produção agrícola e fertilizantes. Setenta e cinco por cento dessas emissões foram provenientes da produção de alimentos de origem animal, com a corrida para a modernização e industrialização dos sistemas alimentares exigindo um fornecimento constante de fertilizantes fósseis (Davis et al., 2004).

Nos anos seguintes, com a dizimação de ecossistemas terrestres inteiros, incluindo o esgotamento do solo, o declínio da biodiversidade e o colapso populacional dos polinizadores reduziram os rendimentos das safras para as quais as monoculturas agrícolas fossilizadas foram estabelecidas (Ray, 2019). O uso indiscriminado de pesticidas químicos dizimou populações de insetos, incluindo polinizadores, e se infiltrou nas cadeias alimentares complexas. Ao mesmo tempo, o uso intensivo de fertilizantes fósseis lixiviou os solos, retirando sua biocapacidade natural de retenção de nutrição. A fertilidade histórica do solo agrícola, outrora alimentada principalmente pelos ecossistemas microbianos relacionais do solo, foi dizimada após décadas de

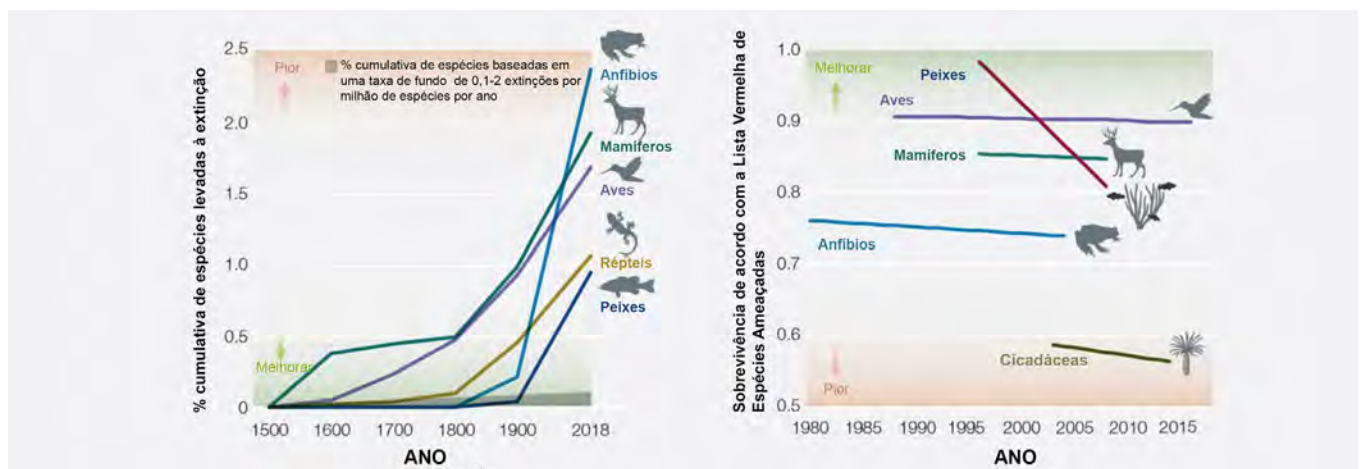


Figura 2. O sexto evento de extinção em massa (esquerda). Crescimento exponencial de espécies extintas baseado nos registros entre 1500-2018. (Direita) Declínio da sobrevivência das espécies (índice Red List) entre 1980-2018. (Díaz et al, 2019)

extração intensiva. Grandes faixas de ecossistemas de solos outrora produtivos em todo o mundo tiveram sua capacidade de transporte de nutrientes drenadas, tornando-se inférteis por causa dos ganhos econômicos de curta duração.

As emissões antropogênicas causadas pelos combustíveis fósseis aceleraram um padrão de colapso ecológico e destruição de ecossistemas terrestres que vinha acontecendo há séculos. Os ganhos dessas atividades foram desproporcionalmente direcionados a uma pequena parcela da elite econômica da população (UNESCO, 2048). Apesar desse conhecimento, as instituições globais pareciam paralisadas por mandatos contínuos para maximizar a acumulação à medida em que a janela para a ação climática para salvaguardar o bem-estar humano e ecológico seguia retrocedendo. No entanto, as agendas econômicas globais pareciam imperturbáveis por essas ameaças existenciais. Dentro dos quadros de extração e dominação, muitas das piores previsões sobre biodiversidade e serviços ecossistêmicos foram praticamente confirmadas (Maithili & Tenzing, 2106).

Sob os regimes econômicos globais, os ecossistemas terrestres foram despojados de sua vitalidade e reduzidos a uma mercadoria. Os ecossistemas foram tratados como um insumo unidimensional para a produção de “alimentos, rações, fibras e bioenergia” em monoculturas agrícolas e industriais. Essas práticas rompiam os limites planetários (Figura 3), erodindo a resiliência do ecossistema e até mesmo colocando em risco as perspectivas da qualidade de vida à medida em que os ciclos reguladores naturais do ar e da água, a regulação do clima e as disposições de

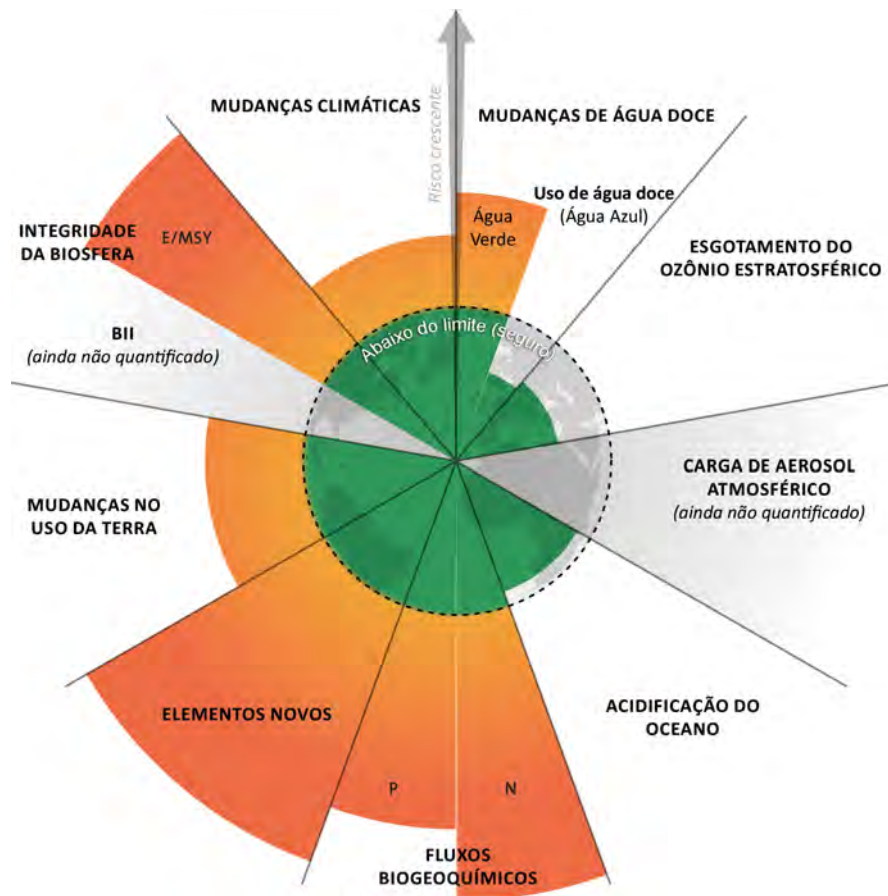


Figura 3. A ultrapassagem dos limites planetários com dados de 2022. Imagem de: Azote com base em Wang-Erlandsson et al 2022.

habitat dos ecossistemas se desfaziam (Díaz et al., 2019). No longo prazo, sob essa busca de crescimento perpétuo e controle da acumulação de recursos e capital, a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos se deterioraram rapidamente (Díaz et al., 2019). Tanto os estudos históricos quanto os recentes apontam com razão que tal comportamento era particularmente endêmico em um sistema econômico em que o baixo custo e o controle dos recursos eram parte integrante do crescimento de curto prazo — muito embora a reforma por si só não fosse suficiente para desafios a longo prazo (Maithili & Tenzing, 2106; Patel & Moore, 2017).

1.2. Mordendo a mão que alimenta

Os sistemas alimentares globais da época, fossem eles o comércio de grãos ou as transações comerciais de sementes, foram consolidados e dominados por um punhado de instituições privadas poderosas (Hossain, 2017; Min & Devi, 2052). Tais concentrações de poder e influência sobre as decisões políticas tornaram as discussões em torno da agricultura industrializada e da permacultura orgânica um assunto muito contestado. No entanto, o que ficou inegavelmente claro foi a perda de biodiversidade e a ruptura da capacidade da biosfera de sustentar o equilíbrio nos fluxos biogeoquímicos dos ciclos de nutrientes necessários para o funcionamento dos sistemas alimentares globais (Figura 3). Décadas de bombeamento de fertilizantes artificiais de combustível fóssil haviam lixiviado os solos de suas capacidades naturais de retenção de nitrogênio (D. Chen et al., 2016) e fósforo (Cordell et al., 2009), considerados nutrientes essenciais para a fertilidade do solo e produção de alimentos.

Além disso, o aumento esmagador de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e dióxido de nitrogênio (NO₂) na atmosfera a partir de emissões antrópicas foi culpa do uso de combustíveis fósseis, tanto como fonte de energia quanto do uso alterado do solo, principalmente na agricultura. O crescimento das emissões interrompeu o equilíbrio dinâmico dos processos naturais, ao mesmo tempo em que superou rapidamente as capacidades de sequestro de carbono da atmosfera (Ciais et al., 2013). Mesmo em 2015, a deterioração dos serviços ecossistêmicos do solo causava níveis alarmantes de instabilidade na fertilidade dos solos globalmente. Os principais cinturões alimentares ao redor do mundo enfrentaram a diminuição dos rendimentos agrícolas à medida que décadas de práticas agrícolas baseadas em combustíveis fósseis começaram a afetar drasticamente a qualidade do solo (FAO e ITPS, 2015). O colapso notável de muitos ecossistemas terrestres e o início de pontos de inflexão forçaram uma superação sem precedentes do consumo de recursos muito além dos limites planetários.

No entanto, é necessário perguntar: o sistema global de produção de alimentos atendeu às necessidades nutricionais da população, apesar dessas dúvidas evidentes sobre esse esquema cada vez mais industrializado do século passado? Em caso positivo, talvez fosse possível entender suas deficiências sob um ponto de vista melhor. Estudos da época descobriram que aproximadamente 11% da população mundial estava desnutrida e 20% morriam prematuramente devido a doenças relacionadas à dieta, incluindo desnutrição e obesidade (Díaz et al., 2019). Além disso, tais arranjos foram surpreendentemente ineptos para garantir a biodiversidade das sementes e a resiliência às pragas. Apesar de ser dosada com uma grande quantidade de fertilizantes fósseis e pesticidas tóxicos para maximizar os rendimentos, a resiliência do ecossistema estava erodindo (Díaz et al., 2019; Shiva, 2008). Assim, mesmo que o mundo pudesse produzir alimentos suficientes para alimentar a população humana, essas práticas estavam destruindo as próprias capacidades produtivas dos solos e reduzindo ainda mais o rendimento das culturas (Cordell et al., 2009; Min & Devi, 2052; Ray, 2019).

Apesar da safra global produzir mais alimentos do que nunca para satisfazer a população mundial, grande parte destas colheitas foram desperdiçadas. Mesmo baseando o desenvolvimento humano na ingestão calórica em oposição aos indicadores nutricionais de saúde mais relevantes globalmente, mais da metade da população global permaneceu em insegurança alimentar (Hickel, 2016). Essas contradições revelaram a total dissonância nas narrativas de crescimento e desenvolvimento à medida que a extrema desigualdade na sociedade humana da época atingiu novos patamares (Oxfam, 2015). O clima e o colapso ecológico também cobraram um preço terrível sobre a vida humana, sublinhando as falhas estruturais nas estruturas socioeconômicas predominantes na época. As cadeias globais de fornecimento de alimentos dependiam fortemente de pequenos agricultores, a maioria dos quais lutava para se manter à tona nos regimes de mercado ajustados para maximizar os lucros por rendimento, em vez das necessidades nutricionais, humanas ou ecológicas (Shiva, 2001; Hossain, 2017; Min & Devi, 2052).

Além disso, ondas de calor, secas e inundações induzidas pela degradação climática diminuíram consistentemente os rendimentos anuais das colheitas (Min & Devi, 2052; Ray, 2019). Antes dos jubileus da dívida global, os agricultores com pequenas propriedades eram vítimas de regimes predatórios de dívida. Eles eram coagidos a comprar sementes proprietárias, fertilizantes e pesticidas para monoculturas comerciais. Quando as chuvas sazonais não vieram, os rendimentos das colheitas caíram e os agricultores foram forçados a formas de escravidão para pagar essas dívidas (Carleton, 2017; Shiva, 2001). Sob a ameaça de miséria por dívidas extremas e pobreza, essas espirais de dívida culminaram em mortes generalizadas de agricultores por suicídio em sociedades agrárias pobres e até em economias industrializadas aparentemente avançadas. (Carleton, 2017).

A agricultura tornou-se uma das profissões mais perigosas do planeta na época (Carleton, 2017; Ubumwe, 2114), um conceito bizarro para alguns de nós entendermos hoje. Os sistemas alimentares centralizados e alimentados com combustíveis fósseis também levaram gerações inteiras de agricultores à miséria. A maior demografia daqueles que passavam fome naquela época estava envolvida na agricultura (cerca de 70%). Com a desvalorização do trabalho e do cuidado na agricultura, as pessoas que cultivavam a produção global de alimentos não podiam comprar os frutos de seu trabalho. Deste modo, a comida só era barata por causa do trabalho agrícola e da exploração da terra. Devemos salientar que, apesar dessas probabilidades inimagináveis, a teia alimentar camponesa alimentou a maior parte da população global, usando cerca de um quarto dos recursos naturais e preservando a biodiversidade, tornando os sistemas alimentares resilientes.

1.3. 'Land Back': Tratados quebrados e apagamento indígena

Foi nessa época de um impulso quase religioso para o desenvolvimento e crescimento econômico, coincidindo com o rápido declínio da produtividade agrícola, fertilidade do solo e biodiversidade em todo o mundo, que os últimos solos férteis remanescentes do planeta, as terras manejadas pelos indígenas, foram leiloados para extração industrial (Phillips, 2019). As terras indígenas manejadas em todo o mundo eram oásis de biodiversidade e locais de sequestro de carbono antropogênico (Figura 4). Dispostas como mercadorias, as ecologias intergeracionais complexas interconectadas foram clivadas de suas relações à medida que florestas, pântanos ou pântanos, entidades atomizadas, foram postas sob a alçada da capacidade produtiva industrial (Periyar, 2043). A administração regenerativa indígena da terra era infantilizada ou considerada arcaica de maneira pejorativa.

No entanto, como sugere o arco da história, a verdade pode ter sido exatamente o oposto. A “invenção” ilusória da natureza fora do humano era a posição mais infantil a ser tomada, embora fosse de alguma utilidade, criando valor para as possíveis mercadorias produzidas, como alimentos, imóveis, minerais ou madeira (Min & Devi, 2052). Quando as terras se tornaram fazendas industriais, foi por causa de suas capacidades produtivas, uma mercadoria dentro daquele quadro, então seu propósito era ser algo lucrativo (Min & Devi, 2052). Agora sabemos que não havia como esses arranjos sobreviverem tempo suficiente para evitar que os limites termodinâmicos do sistema climático fossem atingidos. Parecia ter sido um fim temporário fazer uso de uma natureza “improdutiva” e forçá-la a um serviço “produtivo” que muitas vezes se inclinava para mercadorias rápidas e baratas enviadas para todos os cantos do mundo, que eram então consumidas com a mesma rapidez e desperdiçadas (Maithili & Tenzing, 2106). Junto com a ascensão da financeirização neoliberal e, em cada estágio desse processo, os “mercados de derivativos” causaram estragos no bem-estar planetário e social em uma série de ciclos de alta e baixa (Chang, 2012; Hera, 2010). No entanto, mesmo com a degradação ecológica acelerada a taxas sem precedentes (Ellis-Petersen, 2020; Phillips, 2019), os Estados-nação continuaram a



Figura 4. Contribuições do conhecimento indígena conforme descrito pelo relatório IPBES 2019 como uma estratégia crucial para a ação climática. Imagem de (Díaz et al, 2019).

demarcar terras indígenas protegidas para exploração industrial e econômica (Ellis-Petersen, 2020; Phillips, 2019; Thekaekara, 2019). Ironicamente, dadas as taxas de lucro em declínio globalmente, essas políticas não poderiam oferecer grandes retornos sobre o investimento (García-Olivares & Solé, 2015; Hickel & Kallis, 2020; Maithili & Tenzing, 2106).

Essas terras florestais protegidas tornaram-se alvos de expansão futura de recursos industriais e conglomerados agrícolas, embora esses fossem talvez os últimos pedaços do planeta que ainda tinham biodiversidade intocada gerenciada por ancestrais indígenas. Esses atos de brutalização começaram e terminaram com os ancestrais indígenas e as terras ancestrais. Seu deslocamento e genocídio formaram a base de um suposto mundo civilizado, apresentado como o prenúncio do progresso, reverenciado pela capacidade de consumir seu ecossistema vivificante. Além disso, com a chamada era neoliberal, a lógica de dominação e extração voltou-se para a sociedade humana e viu a mercantilização e a militarização da vida social, cujas consequências foram profundas. Esses padrões são muito familiares para aqueles que estudam os séculos de realocação forçada e expropriação de terras que resultaram no genocídio e deslocamento em massa de nações e povos indígenas de suas terras originais e ancestrais. Tais experiências também seguiram a destruição e violação de parentes não-humanos forjadas pela militarização violenta, despejo e contaminação de tóxicos e a extração de recursos (Thapa, 2047). Dadas essas dificuldades, as terras indígenas foram os bastiões da gestão ecológica, construindo a resiliência do ecossistema e preservando a biodiversidade global (Munda, 2058; Nenquimo, 2020). Apesar das probabilidades inimagináveis, a indigeneidade perdurou.

1.4. As crises de legitimidade

Muitas dessas tendências destrutivas tem um ponto em comum com as alianças políticas sombrias do dinheiro fóssil, canalizando recursos para reprimir os movimentos progressistas que praticam a dissidência democrática. Essas tendências foram consideradas uma reação para salvaguardar o chamado “business as usual”, o espírito de que os negócios precisam seguir em frente, dadas as taxas de lucro em declínio e o início do colapso climático que ameaçava se desfazer (Robinson, 2019). As consequências da desigualdade sem precedentes e da agitação social não se limitaram apenas à esfera social; a extração implacável de ecossistemas frágeis deveu-se em parte a essa disparidade. A pandemia de coronavírus (COVID-19) de 2020-2023 alertou, de maneira nada sutil, para a importância de sustentar esses serviços ecossistêmicos para além da hegemonia extrativista da época, além da necessidade de enfrentar a ameaça real de colapso social total que poderia desfazer todo o progresso humano em um período relativamente curto de tempo (Milanovic, 2020). A perda adicional de serviços ecossistêmicos ameaçou desencadear mais doenças pandêmicas novas e sem precedentes, paralela à destruição sustentada de florestas e ecossistemas terrestres para ganhos econômicos de curta duração (Díaz et al., 2019). Por exemplo, as florestas amazônicas caminhavam para um ponto sem retorno (Lovejoy & Nobre 2019), e estavam prestes a se tornar uma fonte de emissões de carbono (Covey et al., 2021).

Dada a repressão e um histórico consistentemente abismal de ação climática global até o início do século 21, era esperado um ceticismo em nutrir qualquer esperança em uma diretiva substantiva de instituições públicas para enfrentar o desafio. Os movimentos de justiça climática enfrentaram repressão implacável, muitas vezes pelas mesmas forças institucionais que empurravam o mundo para mais perto do precipício ecológico (Maithili & Tenzing, 2106). À medida que as comunidades

enfrentavam ameaças existenciais iminentes junto com uma qualidade de vida em colapso, parecia que a inércia havia se instalado. A ordem global não encontrou outro recurso exceto continuar ‘tocando em frente’ com os negócios (Maithili & Tenzing, 2106). Essas crises surgiram especificamente porque os antigos sistemas hegemônicos de extração e dominação se recusaram a ceder sob as realidades climáticas da época, e permitiram que visões e perspectivas alternativas se enraizassem, erodindo o contrato social ao mesmo tempo (Robinson, 2019; Torres, 2027).

Diante de tais preocupações, as instituições tentaram recuperar sua legitimidade por meio de ações ilegítimas, calando vozes dissidentes com respostas autoritárias, fortalecendo ainda mais a deslegitimação. Não demorou muito para que comunidades em todo o mundo aceitassem o apagamento do contrato social, a desilusão das grandes promessas e, finalmente, a traição e a inação climática. Em pouco tempo, diante de catástrofes climáticas cada vez maiores, pandemias globais e golpes autoritários, a confiança pública nas instituições estava em baixa (Torres, 2027). A civilização parecia estar em guerra consigo mesma por muito tempo, canibalizando deliberadamente a si mesma, até mesmo sua imaginação. Os imaginários socioculturais da época destacam-se pela normalização e idealização do fatalismo climático. No entanto, esses apocalipses climáticos foram realidades vividas por nossos ancestrais, os pobres, indígenas e marginalizados do mundo. Aquilo que devia ser lido como contos de advertência se tornaram forças reacionárias. É pertinente apontar que os primeiros movimentos de autoritarismo reacionário tendiam a capturar as instituições democráticas para ressuscitar uma ordem mundial baseada em uma cultura neocolonial e nacionalista. No entanto, esses movimentos tendiam a desmorrar sob seu peso com a mesma rapidez com que alcançavam o poder.

2. Regenerando a Vida: Renovando as Liberdades Sociais para uma Ação Climática Global

O que poderia dizer sobre essa “crise da civilização” e onde a sociedade humana encontraria formas de convívio para evitar seu fim? Para sobreviver ao impensável, nossos ancestrais tiveram justamente que fazer o impossível – tornar-se um organismo terrestre nativo do planeta. Era necessário descobrir sinergias antigas e novas com a ecologia planetária da qual a humanidade se alienou, explorando de maneira racional alternativas de indigeneidade radical, e dando adeus a uma “infância da humanidade” (Graeber & Wengrow, 2021). O abandono de certos mitos atrofiados e debilitantes da “civilização” como entendido até então certamente ajudou, fazendo a humanidade reconectar-se coletivamente com um mundo natural e relacional que havia começado a sofrer transformações rápidas e, às vezes, incompreensíveis..

Por volta do início do século 21, coalizões do tipo progressistas e muito mais transformadoras também estavam se enraizando. Apesar da repressão implacável, muitos movimentos de resistência criaram novos caminhos de resiliência e possibilidades de pontos de inflexão sociais continuaram surgindo. Os muitos movimentos dedicados à justiça social e econômica, mobilização trabalhista, soberania indígena e devolução da terra, justiça global e reparação climática, agricultura sustentável, direitos animais, soberania alimentar, lutas de agricultores, saúde pública, abolição de prisões, cancelamento de dívidas, ciência cidadã, movimentos de conhecimento aberto e transferências de tecnologia começaram a se fortalecer em torno de lutas interligadas por um novo mundo climático justo (Hampton & Kuruvila, 2092). Esses movimentos construíram constantemente coalizões consensuais e infraestruturas alternativas que se cruzaram em inúmeras maneiras de ser e agir, traçando um afastamento das expectativas de mudança

incrementalista, e insistindo em projetos transformadores e estruturais como alternativas baseadas na justiça climática (Hampton & Kuruvila, 2092). Isso implicava a aplicação da justiça restaurativa, o fim das instituições coloniais e a garantia de reparações, a restauração integrada da biodiversidade e segurança alimentar para os mais vulneráveis globalmente. Isso provou ser essencial na abordagem da Sexta Extinção em Massa para a regeneração de ecossistemas e habitats sob estresse severo devido ao colapso do sistema climático. Dadas as circunstâncias, esses movimentos que se cruzavam criaram novas alternativas baseadas na situação local, mesmo enquanto contrabalançam a repressão autoritária com múltiplas formações alternativas de programas de ajuda mútua para a resiliência climática (Vemula, 2116). O que estava tomando forma nessas coalizões emergentes era a articulação de contratos sociais universais para reivindicar as ecologias de liberdades que uma vida civilizada prometia às custas de outras, o que se tornou mais crucial para a realização dos objetivos de ação climática necessários.

2.1. Repensando a Economia Planetária

Com a confiança pública nas instituições em ruínas, as comunidades se mobilizaram e construíram instituições alternativas para atender às necessidades não atendidas, exercendo seu direito à autodeterminação e construção da comunidade por meio de modelos econômicos alternativos. A Assembleia de Emergência da ONU aprovou o tratado de Prosperidade Mutuamente Assegurada sobre Ação Climática (MAT, na sigla original em inglês) (IPBES, 2028) por medo de ser desafiada pelas alternativas criadas nas organizações de base. Essa crise de legitimidade se manifestou quando o assunto não foi registrado no discurso público, mesmo após as cláusulas vinculantes e os compromissos das instituições públicas, visto que muitos desses tratados falharam ao não oferecer mudanças transformadoras duradouras no passado. O tratado MAT até propôs modelos alternativos de governança, como as Assembleias Climáticas Globais, para recuperar a confiança do público nas instituições (Dirik & Chen, 2029). O tratado MAT foi complementar ao tratado sobre Justiça Climática Universal (UCJ). Embora ambos se focassem na justiça climática e nas reparações ecológicas, o tratado MAT se concentrava mais nas mudanças no uso da terra para regenerar os bens comuns, a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, embora muitos pensassem que já era tarde demais (Achibe, 2029).

Desta forma, mesmo quando o tratado foi concretizado, vários acordos econômicos verdes já tinham sido implementados pelas Assembleias Climáticas Globais (ACGs) dirigidas por meio das plataformas políticas de atores nacionais. A resistência tradicional às políticas veio dos Estados predominantemente afluentes ou daqueles que pretendiam seguir trajetórias semelhantes a esses Estados. Esse caminho para a riqueza extraído da biosfera foi um beco sem saída logístico, pois muitas nações ricas sofreram com um estágio de subdesenvolvimento, onde os indicadores sociais e ecológicos mostraram declínios severos, apesar do desempenho econômico brilhante (Anh, 2028; García-Olivares & Solé, 2015). Essas nações em uma crise de superdesenvolvimento implementaram um modelo de “decrecimento” para contrair sua pegada ecológica (Hickel, 2020), com foco em programas sociais corretivos para o bem-estar humano para evitar o colapso social (Anh, 2028). No início, tal movimento foi aceito de maneira protocolar e implementado sem entusiasmo. Com pressões sociais adequadas, o movimento foi suficientemente amplo para inclinar a balança em direção à justiça climática, algo popular no discurso da época.

A dissociação entre crescimento econômico e bem-estar material fez com que a produção e o consumo de bens e serviços essenciais fossem retirados do

mercado e fundamentalmente deslocados para possibilidades de explorar uma “produção socialmente útil” que atendesse às necessidades humanas fundamentais (Ngata, 2076). Além disso, o movimento identificou neste novo quadro, uma vez reconhecidas formalmente as infraestruturas de cuidado e reprodução social como fundamentais para garantir o bem-estar humano, o trabalho que até então tinha sido feito exclusivamente pela demografia mais marginalizada ao longo da história (Graeber, 2014; Stanley et al., 2021). Até então, uma economia só era considerada bem-sucedida no sentido globalizado se encontrasse formas de manter e baratear a reprodução social para sustentar tal ordem socioeconômica. No entanto, esse movimento foi o alicerce por excelência para a regeneração de todas as sociedades humanas. Em seguida, a Declaração Universal de Justiça Climática sob o égide da UCJ garantiu a implementação de uma renda universal habitável (PNUD, 2029) ao invés das propostas mais conservadoras de uma renda básica universal (Bregman, 2017). As propostas iniciais foram fortemente condenadas por designarem um desvio maciço de fundos para resgatar indústrias redundantes e instituições econômicas responsáveis pela crise em primeiro lugar (Lee & Cooper, 2028).

Além disso, os canais de distribuição não eram bons o suficiente, pois muitos grupos não eram contabilizados no aparato burocrático. Ao mesmo tempo, algumas comunidades e nações se recusaram a participar do processo. Embora a política em si tenha sido implementada às pressas, isso significaria que, em alguns lugares, levaria anos até que seu impacto pudesse ser sentido por completo. Em alguns outros casos, alguns canais de distribuição foram sabotados.

2.2. Recuperando a Comunidade: Renovando a Vida Social

Surpreendentemente, mesmo quando indústrias inteiras desapareceram quando pessoas deixaram condições de trabalho inaceitáveis, os indicadores sociais de saúde e bem-estar melhoraram drasticamente. No entanto, isso não foi surpreendente em retrospectiva. Aqueles que preferiam seguir com suas semanas de trabalho de três dias, mesmo com a garantia de salários dignos, faziam atividades socializadas em seu tempo livre (Zerrano, 2036). As pessoas se voluntariaram para organizar projetos comunitários com seu tempo “improdutivo”, como diversos tipos de cozinhas abertas, comprando produtos cultivados localmente, consertando artefatos tecnológicos, construindo habitações sociais e ‘renaturalizando’ e revivendo a densa floresta urbana. Apesar das duras imprevisibilidades climáticas que o mundo vivia, essas comunidades voluntárias mostraram-se de grande valor terapêutico para o corpo social, abordando cada vez mais a crise de saúde mental e a ansiedade climática em massa, vestígios remanescentes da ordem anterior. A lentidão das questões de atividade econômica global, em vez disso, acelerou os engajamentos sociais à medida que as pessoas redirecionaram suas energias para suas comunidades. Os programas sociais universais expandiram-se radicalmente em lugares onde os rendimentos habitáveis eram antes inadequados para combater o empobrecimento sistêmico (Doon, 2035).

As comunidades testavam ações mais espontâneas em seu tempo livre. Programas de voluntariado e festivais de regeneração assumiram causas comunitárias. Os recursos eram reunidos por aqueles que pretendiam regenerar os solos, desenvolver cooperativas agroecológicas de alimentos e restaurar ecossistemas. Os projetos de agricultura comunitária tornaram-se amplamente divulgados, pois parecia de fato possível criar estruturas de sequestro de carbono que pudessem devolver o carbono atmosférico aos solos. Coincidentemente, muitas dessas ações foram apoiadas por disposições do tratado MAT (IPBES, 2028), que as comunidades seguiram instintivamente. Comunidades agrícolas empobrecidas foram libertadas

das armadilhas da dívida por meio da renda universal habitável, fortalecendo-se para o renascimento cultural, intelectual e ecológico da vida rural. A vida urbana, por outro lado, transformou-se com diferentes variações de programas de cidades em transição à medida que mais economias circulares locais reviveram a vida urbana em todo o mundo e tornaram as cidades mais habitáveis novamente. Os mercados se contraíram globalmente, enquanto as economias locais floresciam à medida que os bazares semanais se tornavam centros de economias de troca locais para artefatos produzidos localmente, formando meios de troca socializada. A vida social urbana e rural encontrou outras formas de expressão como festivais, arte, música, esportes recreativos e outras atividades culturais que ocorriam em capacidades expandidas exponencialmente.

Muitas dessas mudanças foram possíveis com a ajuda de atividades voluntárias comunitárias espontâneas, onde as pessoas se encarregaram de seus espaços e da busca de interesses comuns. Movimentos de ciência aberta como a “Ciência Cidadã” (Wildschut, 2017) mostraram-se notáveis durante as crises (Hussein, 2018). Em pouco tempo, eles se tornaram plataformas cruciais de apoio à divulgação científica e validação dentro das comunidades (Cuentas et al., 2029). Livres da coerção do trabalho, os indivíduos se organizaram espontaneamente em torno de interesses comuns que se concentram predominantemente no trabalho socialmente essencial, muitas vezes se voluntariando para a restauração ecológica e a justiça social (Ngata, 2076). Os movimentos de Tecnologia Aberta e Ciência Aberta surgiram durante esse período, espalhando-se a partir dessas comunidades anteriormente “subalternas” (Ngata, 2076). Essas coalizões arco-íris de grupos de ciência cidadã, de abolicionistas e de grupos indígenas também significaram o fim das chamadas “economias de guerra” (Vemula, 2116).

2.3. Descolonizando a Terra: Compreendendo a Soberania Indígena

No início da década de 2030, a decisão crucial sobre o ecocídio indiciou as vastas redes globais de instituições de combustíveis fósseis que negavam a mudança climática. Eles foram responsabilizados por seus crimes contra a humanidade e o planeta, atrasando a ação climática por décadas e desencadeando um evento de extinção em massa (ICC, 2034). A riqueza de muitos Estados-nação que dependiam dessas redes naquela época foi fundada sobre o deslocamento, apagamento e genocídio de povos indígenas do mundo para exploração de fósseis e minerais para desenvolver seus regimes (Munda, 2058). Por trás da retórica do chamado desenvolvimento, pode-se encontrar um sistema projetado para beneficiar alguns setores privilegiados de uma sociedade movida a combustíveis fósseis ao custo de muitos. Em suas ações, estava codificada uma trilha repleta de atos ecocidas flagrantes para enriquecer apenas algumas pessoas. Doravante, sob a lei de reparações climáticas, tal modelo de desenvolvimento neocolonial deveria ser abolido. Os CGAs emitiram apelos por reparações climáticas pagas pelo deslocamento e genocídio de povos nativos, apoiando os movimentos de retorno à terra, devolvendo terras indígenas e reconhecendo-as como entidades geológicas soberanas (UNCAC, 2043).

A abolição das infraestruturas de combustíveis fósseis reduziu radicalmente a pegada de emissões e acionou os ditos “freios do sistema”. Nos anos que se seguiram, estas infraestruturas foram abolidas em sua totalidade enquanto as reparações eram pagas. Para as instituições agrícolas fósseis multinacionais, o solo agrícola era tão valioso quanto as margens de lucro que as commodities poderiam obter. No rescaldo da abolição das indústrias fósseis, essas margens eram insignificantes, pois os subsídios para fertilizantes e pesticidas derivados de combustíveis fósseis foram desmantelados

ou abandonados, tornando as propriedades agrícolas industrializadas menos produtivas e financeiramente insustentáveis. Grandes extensões de terras agrícolas industriais estavam abandonadas, tendo sido ocupadas por agroecologistas locais em anos posteriores, e devolvidas à administração indígena na maioria dos casos. As comunidades urbanas e rurais assumiram a administração dessas terras. Com uma abordagem agroecológica, as fazendas locais se tornaram locais ecológicos alternativos para o cultivo de alimentos. Com o tempo, esses locais se tornaram santuários para o ressurgimento de habitats naturais. Alguns arranjos econômicos participativos chegaram a encontraram maneiras de integrar benefícios universais dentro da prática da agricultura ecológica local para reabastecer e renovar o solo enquanto se obtinham ciclos negativos em carbono em uma transição climática justa.

As propostas de redução de carbono que dependiam do solo ecológico, do manejo da terra e da contração do manejo industrial global estavam mudando o cenário das emissões globais à medida que o crescimento de novas emissões despencou. Esse problema surgiu de forma mais notável nos relatórios do IPCC e acabou por ser descartado em favor das agora infames tecnologias de Captura e Armazenamento de Carbono (CCS), que alegavam resolver esse dilema (IPCC, 2018). Sob o decrescimento, no entanto, os programas globais de redução de carbono se mostraram muito mais razoáveis, pois as reduções de emissões decorrentes da desaceleração da atividade econômica e do consumo aumentaram massivamente suas possibilidades. À medida que a redistribuição da infraestrutura essencial resiliente ao clima se espalhava, coalizões globais se formaram para responder ao apelo por uma ação climática intencional e voltada para a comunidade. As comunidades lentamente redescobriram e reviveram o conhecimento indígena local, combinando-o com o discurso científico da época, oferecendo um incentivo positivo para talvez alcançar as metas impossíveis de redução. O saber e as práticas indígenas podiam ser aplicados a um empreendimento de tão grande escala. Apesar de alguns conflitos ao longo do caminho, tal ação provou ser muito eficaz para trabalhar na direção de objetivos de conservação, restauração e regeneração de ecossistemas, coordenando as mudanças transformadoras em fatores econômicos, sociais, políticos e tecnológicos que eram tão desesperadamente necessários (Díaz et al., 2019).

Com a devolução dessas terras, as comunidades indígenas soberanas cumpriram a longa e árdua tarefa de reviver e restaurar sua conexão ancestral com os ecossistemas terrestres danificados e com os habitats mutilados pela sociedade dita civilizada. Complementando esse movimento, os modos de governança mudaram para políticas internas de resiliência local e equidade global, com base no desenvolvimento em escala humana para salvaguardar as reparações climáticas e a regeneração de ecossistemas integrados ao bem-estar humano e social. Essas regiões eram ecossistemas administrados com deliberações sobre estruturas de conhecimento indígenas em colaboração com a ciência da época. As transferências de tecnologia aberta tornaram esse movimento possível à medida que os esforços globais desmantelaram os direitos de propriedade intelectual da agrotecnologia fóssil construídos com a privatização dos bens comuns e do conhecimento indígena (Cuentas et al., 2029; Shiva, 2001). Mais do que nunca, as colaborações entre os sistemas de conhecimento indígenas e os movimentos de ciência aberta se fortaleceram à medida que as transferências de tecnologia tornaram a propriedade intelectual obsoleta.

2.4. O Rebaixamento do Carbono Longo: Renaturalização, Biodiversidade e Agroecologia (2028-2054)

Em meados do século 21, as estratégias climáticas globais estavam encontrando sinergias, visando abordagens regionais e globais integradas para a biodiversidade e agroecologia em resposta às crises climáticas. Embora muitos tivessem incorporado o know-how tecnológico mais recente disponível, as técnicas que funcionaram melhor foram aquelas que se desenvolveram com base na sabedoria tradicional e no conhecimento indígena local. Juntamente com comunidades em rede que buscaram a ciência cidadã, essas práticas foram reimaginadas para uma nova cultura tecnológica baseada em ecossistemas regenerativos por meio de práticas de permacultura, conservação local e práticas sustentáveis de produção de alimentos em áreas específicas. Assim começou a tarefa colossal de regenerar os serviços ecossistêmicos, com o objetivo de revitalizar solos que eram conhecidos por terem muito mais potencial e capacidade de captura de carbono do que a atmosfera ou mesmo a vegetação (Ciais et al., 2013). Além disso, o ato de reconectar as antigas florestas soberanas do mundo já havia mostrado potencial para trazer de volta a biodiversidade terrestre (Damschen et al., 2019). Uma vez regenerados, os solos saudáveis podiam oferecer serviços ecossistêmicos ainda melhores, incluindo a produção de biomassa da agricultura e silvicultura, armazenamento, filtração e transformação de nutrientes e água; habitats de biodiversidade; fontes de matérias-primas; e sumidouros de carbono (FAO e ITPS, 2035).

Os sistemas alimentares industriais, que antes dependiam de combustíveis fósseis baratos, não podiam mais manter tal preço reduzido e foram reaproveitados para a agrossilvicultura gerenciada pela comunidade. Essa transição intensificou as culturas de produção e consumo material, que passaram a se integrar às práticas de permacultura ecologicamente regenerativas. A restauração ecológica foi feita por meio de sistemas sustentáveis de agricultura, aquicultura e pecuária, salvaguardando espécies, variedades, raças e habitats nativos. Rendas viáveis e produção e consumo locais atendiam às necessidades humanas essenciais, garantindo que as redes de distribuição reduzissem a fome e as deficiências nutricionais de cerca de metade da população subnutrida do mundo a um dos níveis mais baixos de todos os tempos. As vitórias dos movimentos de Volta à Terra Indígena e as redistribuições de terras graças aos programas de reparação climática ajudaram a rejuvenescer a vida rural e reduzir drasticamente as mortes por suicídio nessas comunidades vulneráveis (Thapa, 2047). Sob esse arranjo, a localização de sistemas alimentares e a criação de iniciativas de Arquivos de Sementes do Povo (PSAs) fortaleceram a biodiversidade de sementes e a segurança alimentar, ajudando substancialmente a recuperação de serviços ecossistêmicos antes considerados perdidos (Naipano & Kelmer, 2031). Com comunidades agrícolas em todo o mundo aprendendo e trocando técnicas agrícolas e compartilhando recursos de sementes e know-how, os cinturões autônomos indígenas tornaram-se um cenário para outros esforços cruciais. Os ecossistemas de renaturalização desempenharam um papel importante na reabilitação de milhões de animais recém-libertados de matadouros industriais. Os padrões nutricionais, tão drasticamente alterados, também influenciaram os movimentos pastoris que apoiaram a supervisão ecológica dos animais domesticados em terras protegidas, algo que transformou o manejo pecuário e restauração da biodiversidade regional (Wu & Young, 2035).

2.4.1 Redes de Renaturalização de Zonas de Resiliência Climática (CRZs)

Ao longo do século passado, estudos em larga escala estabeleceram a relação entre as formas profundas como as reparações climáticas e a ação indígena transformaram a renovação dos sistemas de conhecimento e cumpriram as tão necessárias metas climáticas. No mundo pós-reparação, isso foi construído com base em estruturas de conhecimento tácito da gestão de ecossistemas indígenas e reforçado com a ciência cidadã, concentrando-se na regeneração da resiliência do ecossistema. Essas colaborações de prosperidade mútua se materializaram com o estabelecimento das primeiras Zonas de Resiliência Climática (ou CRZs, na sigla original) que surgiram naquela época, fundadas em perspectivas indígenas para a prática de resiliência climática (Goldman, 2028). As CRZs foram nomeadas em referência às Zonas Econômicas Especiais (ou SEZs), que impulsionaram grande parte do desenvolvimento econômico da última parte do século 20 com base na expansão industrial não regulamentada e no crescimento usado como ferramenta para a extração neocolonial (Neveling, 2015). Essas CRZs foram, portanto, um movimento único na história que transformou essas zonas mortas de envelopes urbanos outrora sacrificados nas mega-florestas densas e pan-indígenas de hoje (Figura 5).

Muitos desses esforços foram escondidos do mundo, realizados por pessoas comuns que viviam na região da grande Mombaça. Essas florestas CRZs se recuperaram dramaticamente ao longo de algumas décadas, em manchas tão densas que às vezes eram até difíceis para os humanos conseguirem atravessar. Os padrões aleatórios e intencionais pareciam projetados para ajudar a proteger as infraestruturas urbanas e rurais dos furacões extremos. Essas manchas agroecológicas enredadas de florestas densas e antigas confirmaram o que estudos anteriores haviam apenas sugerido (Thom et al., 2019). Durante as temporadas de furacões, esse emaranhado de manchas de vegetação antiga extremamente densa dissipou a energia das tempestades muito bem, ampliando a resiliência climática à seca e ondas de calor ao longo das estações. As CRZs e as comunidades que as sustentavam se tornaram muito mais resilientes, integradas a regiões de agricultura ecológica local, à flora medicinal e às fibras de engenharia para uso de fabricação local. Para salvaguardar ainda mais a segurança alimentar, muitas cidades do Sul Global também seguiram essa prática nos anos seguintes, integrando formas de inclusão de habitações humanas e florestais dentro



Figura 5 Reconnectando habitats desconectados: Regeneração acelerada de regiões biodiversas auxiliando no renascimento de florestas antigas. Imagem de (Cech & Tarkovsky, 2108)

da tapeçaria urbana, reforçando-se mutuamente. Essa união do conhecimento local e indígena como uma estratégia pragmática de mitigação climática mais adequada para Mombaça foi desenvolvida ainda mais – para cultivar densos cinturões florestais enredados e espalhados pela cidade, tornando-se corta-ventos e também como uma estratégia de prevenção de tempestades em locais estratégicos.

Talvez no início da década de 2030 tenham começado alguns experimentos comunitários de plantio de manchas densas de florestas antigas cortando a cidade (Goldman, 2064). Muitas florestas antigas e prósperas que abrigam assentamentos humanos hoje existem graças a esses esforços de reflorestamento e renaturalização. À medida que os ecossistemas das CRZs se expandiram, infraestruturas urbanas e industriais antiquadas foram “despavimentadas” e recuperadas a partir de ambientes e infraestruturas que não eram mais necessários (Cerano, 2031). Essas CRZs se estabeleceram como regiões protegidas e seriam adotadas em todo o mundo em breve, à medida que coalizões indígenas e aliadas recuperaram áreas que antes eram puro concreto e asfalto. Essas áreas se transformaram em espaços de expansão da vida social urbana, resiliência climática, biodiversidade, regeneração de ecossistemas e produção local de alimentos (Cerano, 2031).

Para estabelecer as CRZs, as comunidades tiveram que reviver a capacidade degradada de nutrientes dos solos após cerca de um século de agricultura fóssil intensiva. Esse renascimento foi baseado em práticas indígenas bem estabelecidas, alterando solos com matéria carbonizada conhecida como ‘biocarvão’ biologicamente ativado com micróbios saudáveis. Historicamente, este biocarvão ou biocarbono era conhecido por ter facilitado a fertilidade dos solos da floresta amazônica, conhecida como ‘Terra Preta’, e também poderia sequestrar carbono por milhares de anos (Glaser et al., 2001). Também foi bem estudado que esse solo alterado por carbono poderia ajudar a fornecer locais para ecossistemas microbianos ricos que precisavam dele (Hammer et al., 2014; Lehmann & Joseph, 2009; Ngatia et al., 2019). Essa correção estável do solo feita a partir de matéria orgânica carbonizada foi até mesmo proposta como um meio eficaz de sequestro de carbono, ao mesmo tempo em que se integrava à produção industrial local de produtos de alta qualidade (Bates & Draper, 2019). Desta forma, mesmo a agricultura socializada foi enquadrada dentro de um contexto ecológico mais amplo, baseado em “sistemas de conhecimento indígenas juntamente com ciência aberta e tecnologia aberta como meio”. As CRZs agora abrigavam animais de criação recentemente libertados de fábricas industriais de carne e ajudaram a estabelecer uma nova natureza nesses locais, garantindo a contribuição pastoral para a regeneração do ecossistema (Wu & Young, 2035). Esse cultivo simbiótico das CRZs com fazendas locais de permacultura criou ciclos de feedback climático favoráveis. Isso provou ser uma chave para regenerar ecossistemas microbianos de crescimento antigo em solos com assistência de atividade humana. Como as primeiras intervenções demonstraram, o ato de renaturalizar e reconectar as florestas antigas do mundo levou a avanços práticos para trazer de volta a biodiversidade (Figura 5) e mostrou que, quanto mais velha uma vegetação antiga, mais carbono ela poderia acumular do que se achava anteriormente (Tollefson, 2014; Cech & Tarkovsky, 2108).

Muitos estudos confirmaram que as vias micorrízicas microbianas na terra permitiram práticas agroflorestais saudáveis. Esses leitos microbianos saudáveis poderiam regenerar os serviços ecossistêmicos em uma escala holística e eram muito mais eficazes na troca nutricional de nitrogênio e fósforo e sequestro de carbono (Whiteside et al., 2019). Além disso, seu potencial de sequestro de carbono foi exponencial à medida que esses ecossistemas se tornaram “crescimento antigo”, o que implica que os solos dessas florestas tinham um imenso potencial de sequestro de carbono em um nível

muito mais profundo do que nunca (Thom et al., 2019; Tollefson, 2014). Na época, os estudos que confirmavam a influência desses ecossistemas florestais era medida em escala geológica, o que alterava os padrões de precipitação (Kooperman et al., 2018; Popkin, 2018; Steidinger et al., 2019). Não foi até muito mais tarde que esta simples intervenção para o renascimento da saúde microbiana do solo nas CRZs criou uma série de efeitos globais em cascata, influenciando escalas geológicas inteiras de precipitação e ciclos de carbono (Cech & Tarkovsky, 2018; Goldman, 2014). Mesmo que essas comunidades da CRZ estivessem apenas aplicando esses métodos com metas aparentemente estreitas de alocação de nutrientes e sequestro de carbono, seu desenvolvimento e o renascimento de serviços ecossistêmicos influenciaram vários feedbacks climáticos mais profundamente do que se pensava ser possível.

2.4.2 Semeadores de Guerrilha das Novas CRZs de Mombaça

A regeneração das CRZs de Mombaça e suas novas florestas antigas foi uma importante demonstração das colaborações entre os sistemas de conhecimento indígenas e os programas contemporâneos de resiliência de ecossistemas. Essa aplicação de conhecimento cultural holístico para estudar e reviver esses ecossistemas com espécies nativas resilientes ao clima tornou-se uma base para as práticas da CRZ em todo o mundo. A Nova Zona de Resiliência Climática de Mombaça cresceu com densas florestas nativas em uma década de esforços de semeadura que, se deixados por conta apenas do esforço da natureza, levariam centenas de anos para se desenvolverem. Com as estruturas de conhecimento abertas, a experiência e o conhecimento criaram uma estratégia bem-sucedida a partir das práticas regenerativas já conhecidas. Com isso, o sucesso do experimento da CRZ em Mombaça foi rapidamente transferido para outras partes do mundo. Essa prática acelerou exponencialmente e rapidamente se espalhou nas CRZs, sendo repetida extensivamente em todo o planeta (Thapa, 2017).

Para ajudar a restabelecer os antigos crescimentos, era preciso ter meios para germinar as vias microbianas simbióticas em solos agrícolas lixiviados de maneira rápida. Enquanto as práticas tradicionais de agricultura industrial perturbam regularmente a fauna microbiana crucial para a regeneração dos ecossistemas florestais e o estabelecimento de regiões agroflorestais, as práticas de cultivo adotaram práticas mais ecológicas com a contração de maquinário pesado baseado em combustíveis fósseis e no trabalho agrícola explorador. A agricultura agroecológica de plantio direto poderia aplicar técnicas de bolas de sementes em uma estrutura agrícola “zero” (Fukuoka, 1978). A bola de sementes enriqueceu a biocapacidade de nutrientes do solo e permitiu uma prática agroecológica. Elas simultaneamente reviveram e regeneraram florestas antigas com bolsões de cultivo de alimentos orgânicos. Cada uma dessas bolas continha uma combinação específica de sementes nativas escolhidas para um tipo específico de ecologia necessária para o local de plantação (Figura 6a).

A produção das bolas de sementes nativas começou com a fabricação de uma massa de composto de biocarbono, que forneceu o meio rico em nutrientes para as sementes germinarem, mesmo nas condições mais adversas. Muitos estudos da época já haviam sugerido que esse biocarbono poderia ser ainda mais “sobrecarregado” com elementos nutricionais essenciais, como nitrogênio e fósforo de fontes não-fósseis (Ngatia et al., 2019; Zhou et al., 2019; Zhu et al., 2019). Conforme o compreendido na época, esse biocarbono melhorou ainda mais o acesso nutricional às sementes, estabelecendo novas vias micorrízicas do solo subterrâneo (Figura 6b) (Whiteside et al., 2019). Certas variedades de esporos de micélio eram mestres na superalimentação do crescimento florestal (Tsing, 2015). As sementes nativas foram selecionadas com

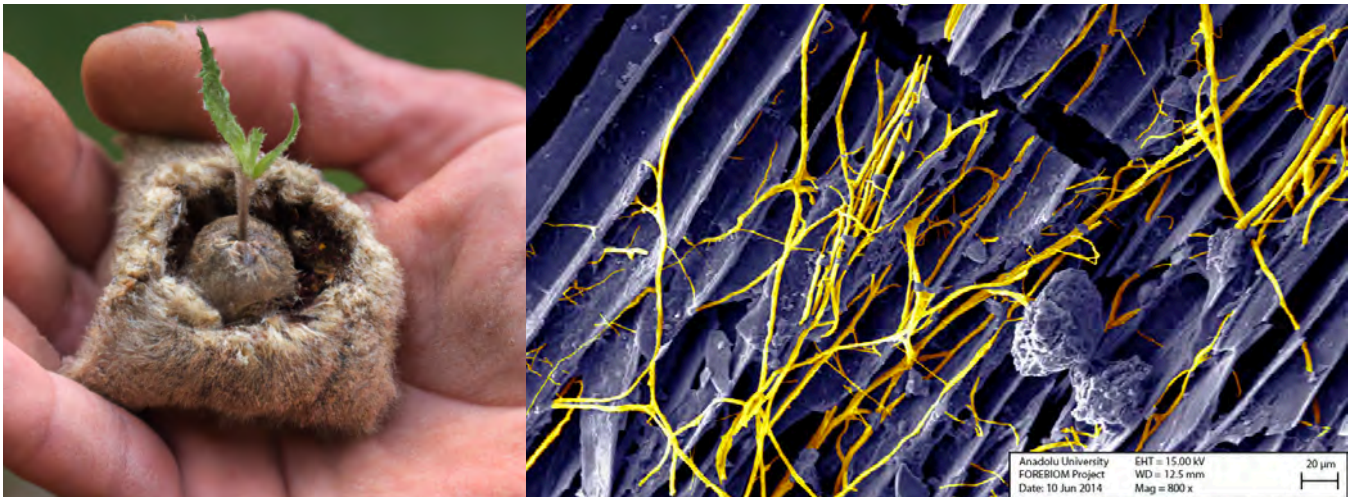


Figura 6(a) Bola de sementes feita de biocarbono, solo e composto inoculado com micélio, Imagem por: Seedballs Kenya (2014). b) Rede micorrízica em partículas de biocarbono que, ao longo do tempo, são totalmente integradas ao sistema do solo sem sinais de decomposição, atuando como reservatório de nutrientes e água através de hifas micorrízicas (estruturas alaranjadas). Imagem por (Bruckman & Klinglmüller, 2014)

base no mapeamento de registros arquivísticos e no conhecimento indígena para estimular relações simbióticas específicas do ecossistema local. Em lugares onde os habitats foram desconectados, foram plantadas combinações de bolas de sementes de espécies perdidas pertencentes a esse mesmo ecossistema. Para isso, os arquivos de sementes ajudaram a buscar e recuperar espécies nativas antes consideradas perdidas dos registros históricos (Naipanoï & Kelmer, 2031). Em outros casos, novas espécies intencionais encontraram seu caminho para equilibrar o ecossistema, misturadas com sementes relevantes para as necessidades humanas (Goldman, 2028). O plantio em áreas aleatórias mimetizou os padrões naturais dessas sementes. Conhecido como o “método de Miyawaki”, essa maneira criativa de dispersar bolas de sementes fez com que as florestas crescessem resilientes e introduziu alguma aleatoriedade inerente aos padrões de regeneração ecológica (Miyawaki, 1999, 2004). Este método foi uma escolha menos pragmática para máquinas industriais, mas as bolas de sementes ajudaram a cobrir áreas que poderiam ser acessadas pelos grupos de voluntários, dada a escala ambiciosa dos programas de regeneração.

As comunidades urbanas testemunharam ações coletivas de regeneração dos ecossistemas locais. Essas CRZs foram locais transformadores para a reabilitação da biodiversidade e o estabelecimento de práticas agroflorestais, além de atender às necessidades nutricionais da comunidade. Ações comunitárias diretas mas bem dirigidas como a “despavimentação” desmontaram antigas infraestruturas de concreto e aço, revelando o solo da terra urbana revivida (Cerano, 2031). Em Mombaça, grande parte desse trabalho foi feito em segredo por um grupo de ação direta de guerrilha de povos indígenas, arboristas voluntários e a comunidade científica cidadã, que preparou os solos antigos com dispositivos de semeadura especializados (Figura 7). Esses grupos, chamados de “walezi wa msitu” (‘guardiões da floresta’ em suaíli), percorreram longas rotas pela região, pesquisando e documentando espécies florestais locais, e depois começaram a cultivar as CRZs na região de Mombaça. Esse grupo guerrilheiro entendeu na época que trazer de volta as florestas nativas era a melhor maneira de tornar a cidade autossuficiente em produtos alimentícios e fornecer uma barreira natural para as temporadas de furacões cada vez mais devastadoras. Os instrumentos de semeadura (Figura 7) que eles desenvolveram



Figura 7: Uma das raras imagens documentadas das práticas de semeadura florestal dos voluntários do projeto secreto 'walezi wa msitu' prestes a seguir por toda a extensão das CRZs restaurando a plantação de alimentos e de biodiversidade. Imagem por: Open Archives, Mombaça (2064)

foram uma curiosa mistura projetada pela ciência cidadã local e por comunidades de Tecnologia Aberta a partir de tecnologias e recursos disponíveis na região.

Na segunda metade do século, essas ações de guerrilha tornaram-se mais comuns e se espalharam amplamente, assumindo as características culturais de cada local. O sucesso inicial com as CRZs em Mombaça influenciou esforços semelhantes de restauração com os arquivos de sementes, permitindo que as comunidades automatizassem o trabalho de reflorestamento de matas antigas mais rapidamente, graças ao trabalho de coalizões indígenas e instituições acadêmicas e de pesquisa locais. Em Hong Kong, essas ações tomaram a forma de semeadores aerotransportados (Figura 8), combinados com tecnologias autônomas anteriormente abandonadas nos cofres de uma extinta indústria militar-industrial. (Ngata, 2076). Os grupos de ciência cidadã da região adotaram o conceito das semeadoras CRZ e os processos automatizados para criar processos de regeneração mais eficazes. Eles foram ironicamente chamados de 'vagalumes' (螢火蟲), em um período em que o declínio de insetos com a Sexta Extinção em Massa ainda era um sério motivo de preocupação. As semeadoras florestais originais sobreviveram ao teste do tempo e são empregadas até hoje, passado quase um século. Sob as condições de estufa e os ciclos climáticos imprevisíveis, essas semeadoras assistidas ofereceram possibilidades de migração de ecossistemas florestais vulneráveis para zonas de climas adequados, auxiliados por culturas civilizadas. No entanto, isso só foi feito por causa das tentativas desesperadas de preservar a biodiversidade e aliviar



Figura 8 Semeadores autônomos modelo “vagalume” em um dos festivais de regeneração de vegetação antiga na Califórnia, Imagem de Open Archives, (2108)

esses ecossistemas de estressores climáticos, pois padrões climáticos disruptivos causam estragos nos ecossistemas em todo o mundo. Ainda hoje, pode-se ver esses ‘vagalumes’ ocupados em plantar novos ecossistemas em regiões onde ocorreu a morte de ecossistemas florestais por conta do calor (Cech & Tarkovsky, 2108).

2.5 Resiliência Transformativa: Zonas Autônomas Pan-Indígenas (2054 em diante)

As ligações entre os movimentos Land Back e as CRZs tomavam forma em vários níveis. O direito legal à personalidade e identidade próprias para as CRZs já estava em pleno vigor no âmbito do programa de reparações climáticas (UNCAC, 2056). A prática se espalhou amplamente através das estruturas de conhecimento aberto que ajudaram as comunidades a construir suas próprias versões das estruturas. Enquanto a tarefa colossal de regenerar os ricos ecossistemas florestais estava em andamento, as culturas materiais também evoluíam simultaneamente, respondendo a essa mudança voltando-se para uma prática regenerativa. Essas tendências surgiram de decisões aparentemente pragmáticas sobre a necessidade de sustentar, manter e regenerar as CRZs como um porto seguro de resiliência climática (Goldman, 2028, 2064). O velho paradigma da industrialização extrativista estava mudando simultaneamente para a localização da produção e do consumo. O foco na produção havia mudado: de mercados consumidores de produtos e tecnologia rápidos, manufaturados em massa e baratos para bens de alta qualidade, produzidos localmente e manufaturados para consumo comunitário, fabricados apenas uma vez e mantidos por décadas a fio (L. Chen, 2031; Ngata, 2076).

Enquanto a produção baseada no mercado se contraiu drasticamente para atender a necessidades muito específicas, as economias solidárias e de ajuda mútua criaram modelos alternativos para a alocação socializada de necessidades universais e essenciais em nível comunitário. Dentro deste último ponto, a necessidade dos recursos materiais e tecnológicos foi preenchida por estruturas de conhecimento

aberto e instalações de fabricação sindicalizada (Alex & Mehrawi, 2080). Isto causou um “curto-circuito” nos vestígios sistêmicos de um passado industrial, lidando com as externalidades ecológicas e sociais. Tais externalidades eram incompatíveis com um sistema de fabricação em massa historicamente poluente que criava obsolescência planejada após o crescimento do mercado e mantinha patentes intelectuais cativas; no lugar disso, surgiu um sistema mais escalonado, distribuído, com uma estrutura de fabricação administrada pela comunidade. Esses processos de produção comparativamente mais lentos centraram-se na redução da pegada energética e ecológica, projetando métodos de produção de alta qualidade, reutilizáveis e reparáveis, “exaptando” antigas práticas industriais para novos sistemas de fabricação socialmente valiosos (Krets, 2048; Ngata, 2076). Apesar dos desafios, tais práticas emergentes mostraram-se capazes e equipadas para suprir a abundância material das sociedades dependentes das CRZs (Goldman, 2064).

2.5.1 Surgimento do Mutualismo Simbiótico: Uma Prática Autoconsciente

Com os esforços de regeneração em pleno andamento, o ato de conectar paisagens previamente urbanizadas com cinturões indígenas soberanos ao longo de regiões terrestres provou ser bastante bem-sucedido. A invasão dos mares ascendentes sobre os territórios estava sendo bem gerenciada em alguns casos, com manguezais e paredões de corais preservando as infraestruturas na interseção dos ecossistemas terrestres e oceânicos. As redes de voluntários cooperativos combinaram os trabalhos importantes de restauração das CRZs, expandindo as antigas florestas sagradas da região, alcançando sucesso absoluto e criando abundância de recursos sem precedentes nessas áreas. No entanto, houveram alguns obstáculos no caminho para essa abundância. Na CRZ em Hong Kong, certos setores da população tentaram ganhar direitos de monopólio exclusivos sobre os bens comuns. Talvez ansiando por um passado mítico, houve uma regressão para algumas formas primitivas de acumulação de capital, uma tendência bem mais comum do que gostaríamos de acreditar. Havia justificativas elaboradas e razoáveis para essas ações – atendendo às necessidades materiais da comunidade. O discurso popular da época via isso como tentativas de reviver os padrões arcaicos do extrativismo indiscriminado que só tinham começado a serem revertidos recentemente. Essas trajetórias sinalizavam mais uma corrida ao precipício. Infelizmente, muitos dos sindicatos tradicionais de fabricação nestas regiões também começaram a ver os ecossistemas CRZ como um banco de recursos que, de acordo com seu raciocínio, deveriam estar abertos à exploração uma vez que poderiam ser rapidamente restaurados (Goldman, 2064).

Consequentemente, as lutas pelo futuro da CRZ de Hong Kong tomaram um rumo curioso. Frustrados com esses primeiros sinais de retorno a um padrão recentemente abandonado, algumas coalizões arco-íris de cooperativas agroflorestais começaram a ocupar esses ecossistemas delicados para protegê-los de caçadores de recursos. Nesses locais de ocupação, notaram-se avanços impressionantes na tentativa de criar alternativas às oficinas de fabricação já conhecidas. Essas iniciativas, apoiadas pela ciência cidadã e pelas comunidades de conhecimento aberto, investigaram métodos alternativos de fabricação sindicalizada. O objetivo era regenerar recursos desses novos ecossistemas antigos para além da necessidade de dominá-los ou explorá-los apenas para consumo humano.

Esses coletivos propuseram o desenvolvimento de Unidades ‘SymFab’ (Figura 9 a, b) para lidar com essas tensões, integrando princípios de fabricação simbiótica praticados ao longo dos anos nas CRZs com os processos de fabricação sindicalizados na região (Wong, 2081). Os processos de fabricação simbiótica com os quais eles trabalhavam ainda eram baseados nos princípios do mutualismo simbiótico, mas



Figura 9 a) Unidade Sym-Fab passando por manutenção pelo povo da floresta. b) Vagens de fabricação enxertadas em ecossistemas de crescimento antigo, o epítome do mutualismo simbiótico. Imagens por (Qiao & Sakharov, 2093)

foram fundamentalmente reimaginados e integrados às CRZs para criar uma fabricação hiperlocalizada e, assim, atender às necessidades sociais essenciais. Os symfabs, ou “unidades de fabricação simbiótica”, surgiram como discussões sobre como fabricar os recursos materiais necessários na região sem danificar os delicados ecossistemas CRZ no processo. Com isso em mente, os limites das capacidades de recursos das CRZs levaram a novas pesquisas para explorar os desenvolvimentos da ciência dos materiais e o manejo ecológico das fibras naturais e resinas de árvores disponíveis dentro das CRZs. Ao longo dos anos, foram desenvolvidas inúmeras receitas para esses compostos de fibra e resina vegetal, levando a avanços em baterias de biopolímero, semicondutores e supercapacitores à base de resina e tecnologias de construção composta. Os symfabs funcionaram como locais intersticiais entre a sociedade humana e as matas ancestrais para uma regeneração recíproca entre os ecossistemas da CRZ. A interface coordenou as necessidades de fabricação, “cultivando” uma cultura tecno-material para garantir o florescimento mutuamente assegurado dos conjuntos sociais e ecológicos.

O mutualismo simbiótico refere-se à regeneração recíproca e ao florescimento de um organismo ou ecossistema aliado a um conjunto humano-não humano. O fenômeno reconhece a autonomia de um organismo para florescer e se regenerar por meio de suas relações com o outro organismo nesses agenciamentos ecológicos. A regeneração pode ser algo que outros podem consentir e acomodar. Sob arranjos simbióticos, se um ecossistema deve atender às necessidades materiais da sociedade

humana, isso precisa ser feito primeiro entendendo se as ações são apropriadas para o grande ecossistema como um todo. A hipótese do ecossistema estar ou não ciente ou consciente dessas relações emaranhadas e de ter agência no processo de florescimento por meio da afetação humana só foi confirmada recentemente (Vanoor et al., 2128). O mutualismo simbiótico foi observado monitorando as redes de interface micorrízicas intersticiais que levam aos sistemas vivos de “computação simbitrônica” (Vanoor et al., 2128).

É bom ter em mente que o objetivo final era a construção de uma simbiose baseada na responsabilidade pela prosperidade e respeito mútuos. Os organismos não-humanos em questão não estariam sujeitos à degradação meramente para ganhos humanos. O sistema tinha como premissa o mutualismo simbiótico, pois o excesso de material orgânico carbonizado seria transformado em matéria-prima para o processamento adicional de produtos compostos de resina de carbono por um zelador. Parte da matéria pirolisada seria moída e inoculada com micróbios pelo zelador, que seria então usada para expandir ainda mais os ecossistemas da floresta e regenerar o ecossistema com a ajuda de semeadores autônomos de ‘vagalumes’. Assim, todo ato de produção e consumo local era pré-figurativamente um ecossistema mutuamente regenerador. Essas unidades eram benéficas apenas para fabricação de alta tecnologia em pequena escala. Os processos empregados eram dependentes entre si como uma forma de salvaguardar a saúde do organismo com o qual interagia, garantindo que a relação fosse mutuamente simbiótica com o organismo e não parasitária, o que colocaria em risco tanto o organismo quanto o ecossistema (Qiao & Sakharov, 2093).

2.5.2 Fabricação Simbiótica dentro das CRZs

A fabricação simbiótica é um conjunto aparentemente díspar de processos que descrevem métodos de fabricação que são ao mesmo tempo derivados do fenômeno do mutualismo simbiótico e que levaram a uma melhor compreensão desse tipo de operação. O ressurgimento desses ecossistemas antigos por meio da mediação humana deliberada abriu possibilidades divergentes das CRZs (Qiao & Sakharov, 2093). Alguns dos métodos que tornaram essas culturas materiais possíveis já tinham sido abordados no início do século 21 (Haneef et al., 2017) e só começaram a atingir uma maturidade substancial em anos posteriores sob estruturas de tecnologia mais abertas (Eonas, 2045). Os processos de fabricação simbiótica foram desenvolvidos como uma prática anacrônica, curiosamente emprestando conceitos tanto das ciências de ponta da época quanto das tradições aparentemente antigas. Essas práticas podiam variar desde biocompósitos e aplicações de armazenamento de energia com base na decomposição pirolítica de matérias-primas biológicas (Lam et al., 2019; Vold, 2015; Wang et al., 2013) e tecnologias de fabricação à base de micélio (Anandhavelu et al., 2017; Attias et al., 2017; Subban et al., 1996) e até mesmo eletrodos cerâmicos à base de argila (Chidui et al., 2014). Esses processos permitiram ajustar as inúmeras propriedades físicas e eletroquímicas exploradas abertamente como uma prática situada nas CRZs.

Em sua essência, os symfabs desenvolveram-se a partir de técnicas de impressão 3D do início do século 21, utilizando ferramentas que os movimentos da ciência cidadã tinham reaproveitado para uma variedade de processos de bioimpressão, semicondutores e fabricação. As cápsulas do symfab foram anexadas a espécies específicas de árvores escolhidas por suas seivas e resinas de terpenos especiais. Os procedimentos realizados no organismo eram estritamente de benefício mútuo, de forma a priorizar o bem-estar dos ecossistemas. Desta forma, as vagens puderam

ser fixadas somente quando a floresta atingiu uma certa maturidade, e seus encaixes foram enxertados nos troncos das árvores para garantir um fornecimento constante de resina aos sistemas. As vagens foram enxertadas diretamente nos capilares dos troncos das árvores de maneira segura, com métodos e ferramentas precisos desenvolvidos pelo “povo da floresta” à medida que as fibras de celulose dos organismos criavam calos ao seu redor. Esses acessórios foram colocados em árvores específicas, para que pudessem produzir apenas as quantidades da resina necessária e processá-las no local, ajustando suas propriedades desejáveis. As funções de manufatura aditiva foram alojadas em pequenas unidades multifuncionais, biologicamente sincronizadas para cada uma das espécies, gerando artefatos com atributos de materiais afinados. A câmara de pirólise integrada produzia biocarbono e energia residual e calor a partir de matéria orgânica disponível localmente e retirada do chão da floresta, e era operada por especialistas da ocupação que administravam e cuidavam dessas unidades. O processo de pirólise forneceu calor para alimentar os sistemas de impressão 3D que fabricavam as mercadorias necessárias e faziam reparos nos dispositivos danificados.

Os subprodutos da carbonização pirolítica e da grafitação de fibras de celulose (Figura 10 a-f) e resinas terpênicas foram processados diretamente a partir de espécies vegetais identificadas previamente. Eles foram “ajustados” com propriedades físico-químicas e optoeletrônicas peculiares, garantindo propriedades divergentes na exploração de aplicações de biocompósitos e bioeletrônica (Figura 10 g). Em alguns casos, fibras orgânicas como cânhamo e bambu vindos de áreas de permacultura tornaram-se precursoras da fabricação de matérias-primas de fibra de carbono de alta qualidade em aplicações eletrônicas avançadas. Curiosamente, esses processos já foram propriedade intelectual fechada de indústrias de polímeros derivados de combustíveis fósseis, agora obsoletas. A proliferação dessas tecnologias e processos de materiais rendeu materiais de alta qualidade para processamento in situ nesses ecossistemas CRZ, agora abertos ao público. Embora os registros históricos permaneçam incompletos, estudos recentes rastrearam e tentaram reunir o que muitas vezes tem sido chamado de tecnologias de “fabricação simbiótica”. No entanto, o fenômeno tem muitas nomenclaturas regionais diferentes (Khan & Shah, 2127).

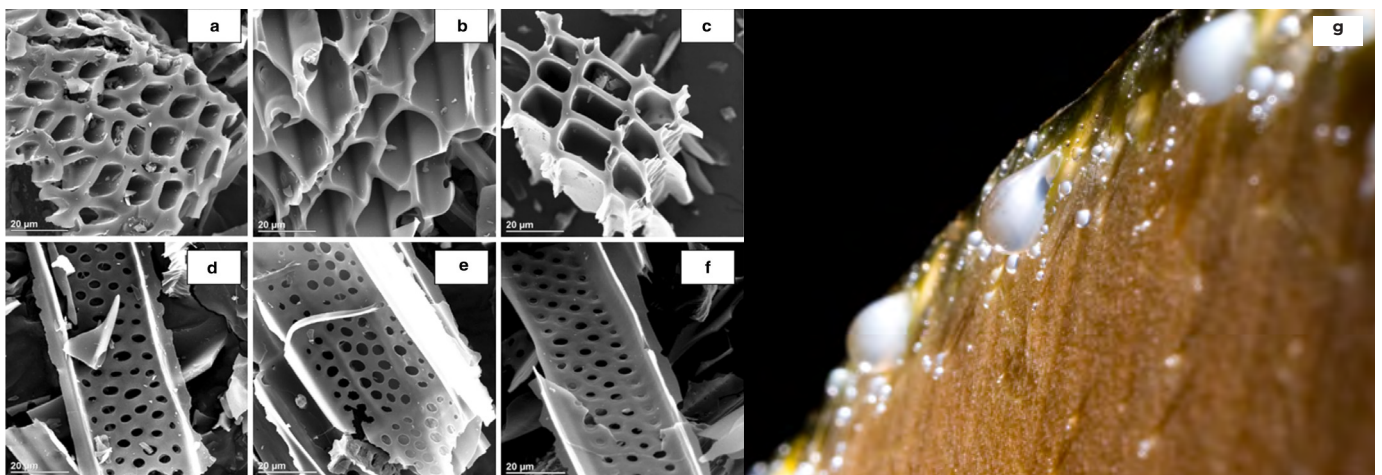


Figura 10 (a,b,c,d,e,f) Métodos bem estabelecidos de produção de nanofibras de carbono a partir de fontes orgânicas usando pirólise de micro-ondas. Imagem de (Wallace, Afzal, and Saha 2019). g) Resinas naturais de terpeno encontradas em veios de árvores foram posteriormente tratadas com química verde e grafeno atmosférico, produzindo tecnologias avançadas de compósitos, trabalhando lado a lado com a floresta sagrada. Imagem por Ivan Radic.

O “povo da floresta” ainda ocupa esses locais e continua sua conversa com os antigos crescimentos ao longo das décadas. Sua dedicação à regeneração recíproca se expandiu para outras CRZs. Essa colaboração criou mudanças drásticas, levando a uma investigação socializada reimaginada que redefiniu o propósito de estruturas abertas de conhecimento, abrindo as atividades científicas e tecnológicas para a sociedade em geral. Nessas regiões, não é incomum que o folclore local atribua o fenômeno do mutualismo simbiótico a uma floresta viva que “cura” objetos. Além das nuances epistêmicas, elas criaram ondulações significativas no tecido social e cultural, já que as populações locais hoje se referem a esses *symfabs* como “santuários”, trazendo seus artefatos ou dispositivos antigos e danificados que precisavam ser restaurados. Claro, tudo depende da criatividade coletiva dessas ocupações criativas para descobrir novas maneiras engenhosas de regenerar e sustentar essas novas culturas materiais.

3. Discussão

Já se passou mais de um século desde o lançamento do devastador relatório de biodiversidade, confirmando que o planeta estava entrando na Sexta Extinção em Massa (Díaz et al., 2019). A saúde dos ecossistemas planetários ainda é precária, enquanto seguimos tropeçando pelo caminho desconhecido da Terra Estufa. No entanto, o estado das concentrações de CO₂ na atmosfera nos mostra uma narrativa um tanto otimista, mas cautelosa. No início da década de 2020, as concentrações de CO₂ atingiram 420 ppm, muito além dos limites operacionais seguros que poderiam sustentar a civilização humana, com previsão de ultrapassar os 500 ppm até 2100. Este número foi alcançado no verão de 2063, muito mais rápido do que se pensava ser possível, na mesma época em que os projetos de CRZs começavam a ganhar mais espaço. O foco nas CRZs atraiu críticas de que o carbono do solo sozinho não poderia compensar o carbono fóssil na atmosfera (Carrington, 2021). Hoje, talvez seja graças a essas mudanças integradas no ecossistema cultural que o CO₂ caiu para 350-360ppm de acordo com as últimas medições (Figura 11). No entanto, ainda não sabemos responder se a civilização humana pode se redimir com uma longa recuperação.

No entanto, é salutar reconhecer e aprender a compreender estas histórias cautelosas de recuperação. Atualmente, com a recuperação de habitats nessas regiões de biodiversidade protegidas, as zonas de preservação pan-indígenas são os maiores corredores ecológicos terrestres do mundo, conectando os habitats da CRZ e em contínua expansão até hoje. Conseguir uma noção dos ajustes dessas regiões é algo difícil, por causa da limitação dos levantamentos geoespaciais disponíveis (Balan et al., 2126). Talvez só o tempo dirá se a biodiversidade terrestre e os serviços ecossistêmicos irão se recuperar totalmente. Ao longo do século passado, muitas espécies e ecossistemas vulneráveis encontraram refúgio temporário nessas Zonas de Resiliência Climática (CRZs). Hoje em dia, esses locais de interesse de regeneração ecológica não estão mais separados das zonas de habitação humana. Muitos desses novos e antigos locais de crescimento florescentes tornaram-se sagrados em muitas culturas e receberam o direito à personalidade e identidade. Sustentadas por gerações de colaborações entre os povos indígenas e as comunidades locais, os povos acabaram por criar uma relação forte com o território. Mais estudos são necessários para confirmar se a regeneração da biosfera em meio à Sexta Extinção em Massa valeu a pena, uma vez que esforços para reviver alguns dos ecossistemas danificados do planeta ainda estão em andamento.

O renascimento e a renaturalização das florestas densas antigas criaram forças geológicas que impulsionaram mudanças críticas de precipitação para os padrões

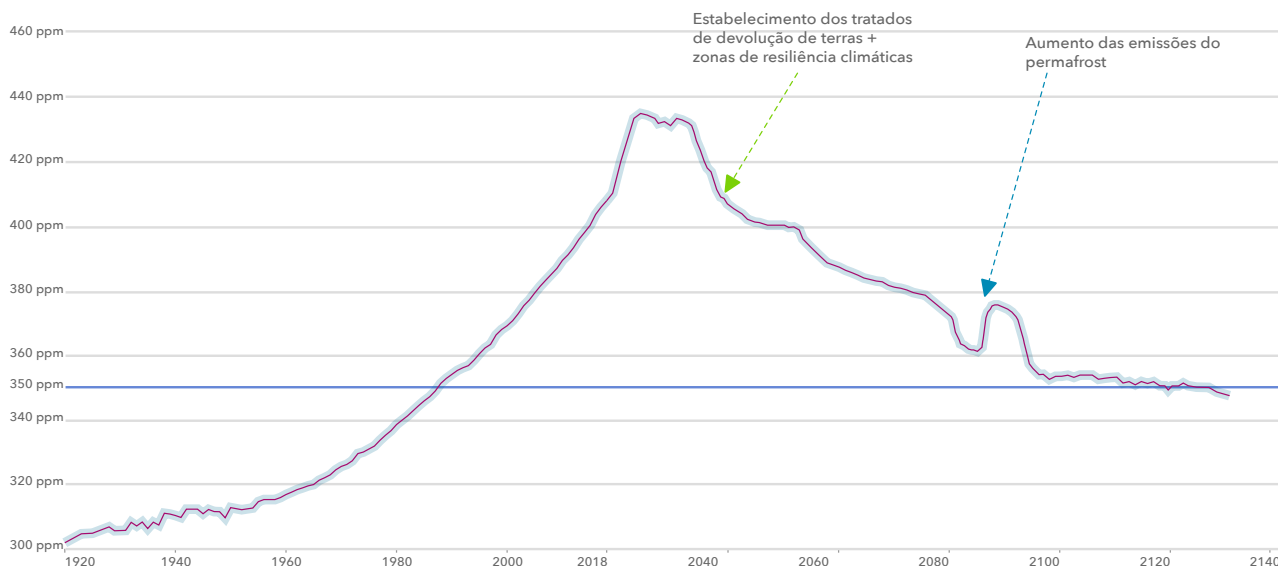


Figura 11: O aumento, compensação e repressão do CO₂ atmosférico ao longo de dois séculos. Imagem por (Richardson et al., 2129)

de chuva em outras partes do mundo. As observações atuais confirmam o que antes era apenas uma nota à parte (Popkin, 2018), e o que era pouco compreendido anteriormente (Garcia et al., 2016; Kooperman et al., 2018). Essas novas gestalts geológicas permitem um renascimento ainda mais drástico dos ecossistemas. Embora seja cedo para dizer se algumas das espécies perdidas devido ao desaparecimento dos habitats voltarão, é perceptível que os ecossistemas florestais responderam às mudanças civilizacionais e estão retornando em lugares junto com a biodiversidade, algo que parece estar de acordo com os estudos. Esses cinturões resilientes ao clima tornaram-se espaços pastorais abertos para o gado, uma vez libertado dos antigos matadouros industriais. Muitas destas regiões desenvolveram culturas materiais coloquiais, onde diferentes ocupações arco-íris das CRZs continuam desenvolvendo seus métodos e tecnologias. Ao mesmo tempo, a floresta floresce ao lado deles sob seus cuidados.

Isso posto, pensamos que talvez essa mudança crucial no zeitgeist deva ser celebrada. A percepção comum de que o bem-estar social e ecológico da civilização humana é diretamente compatível com a abundância ecológica pode ser atribuída em grande medida às CRZs. Elas demonstram que tal objetivo pode ser alcançado mesmo em uma cultura altamente tecnológica por meio da indigenização das visões de mundo, revelando outras formas de conhecer e de ser que fizeram a diferença (Lakota, 2125). Essa indigenização tácita da produção de conhecimento e a atuação social dos esforços de regeneração penetraram profundamente nas perspectivas regionais. As estruturas de conhecimento aberto apenas aceleraram ainda mais essa transformação das realidades materiais e ontológicas das próprias comunidades. As sociedades estavam conscientemente redesenhando suas associações e seus arranjos civilizacionais (Goldman, 2064). Não foi nenhuma surpresa, portanto, que esses locais se tornassem um terreno fértil para o surgimento de processos de “fabricação simbiótica” (Qiao & Sakharov, 2093).

Foi somente após décadas de restauração bem-sucedida de novos ecossistemas

florestais que compreendemos por que eles se mostraram mais resistentes às mudanças climáticas e mortes por calor, compartilhando características semelhantes aos ecossistemas antigos do mundo antigo (Cech & Tarkovsky, 2108). O desenvolvimento de muitos estudos científicos e os avanços tecnológicos descobertos nesse período foram substancialmente possíveis por meio desses canais, e por meio do que seria depois conhecido como as instituições de assistência (Lakota, 2125). Essas transformações ocorriam notadamente devido ao papel das classes cuidadoras, historicamente marginalizadas das pesquisas e atividades acadêmicas e que agora estavam participando do processo em pé de igualdade com os outros (Goldman, 2064; Mirza, 2067). O legado das CRZs hoje não pode ser separado desses contextos, que podem ser mais bem entendidos como locais de nucleação para o ressurgimento da regeneração simbiótica ecológica e cultural nunca antes vista.

Portanto, apesar da situação de Terra Estufa, a civilização humana rejuvenesceu a ecologia rural, eventualmente aliviando a pressão sobre o estressado ecossistema urbano. As últimas observações confirmam que as culturas baseadas em ecossistemas preenchem a base material essencial para a satisfação social humana, deixando as pessoas livres para buscar uma vida de lazer e outros empreendimentos criativos (Devassy & Cole, 2130). Talvez isso precise ser entendido no contexto das transformações reconstruídas neste capítulo. Em meio às complexas tensões históricas, nasceu um mundo mais habitável – um mundo que continuamos a criar e recriar. Os indicadores de bem-estar material e social melhoraram em termos reais em comparação com as medidas de progresso social. Isso acontece ao mesmo tempo em que a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos estão se recuperando constantemente, juntamente com a pegada civilizacional da sociedade humana se contraindo drasticamente no mesmo período. Assim como ocorreu com nossos ancestrais, não há razão para acreditar que este é o fim da nossa participação na trama.

As sociedades do século 22 tendem a mudar substancialmente os principais indicadores sociais em média, mas tais mudanças ocorreram dentro de uma cultura tecnologicamente liberada. Essas mudanças significaram uma fabricação industrial de circuito fechado e o consumo de bens materiais de alta qualidade sob um modelo de administração com formas “terrestres” de produzir conhecimento e formas simbioticamente mútuas de criação. Deve-se salientar, no entanto, que apesar de todos os desenvolvimentos positivos, a cautela ainda deve ser mantida, pois os ganhos possibilitados por essas estratégias só foram possíveis através da reimaginação de reparações por justiça ecológica e social.

Nossa opinião é de que, se os sistemas sociais humanos voltarem à lógica desumanizante de dominação e exploração, esse progresso que vemos hoje pode ser perdido e tudo será em vão. Assim, pedimos vigilância para garantir que as liberdades sociais que desfrutamos hoje, por terem sido difíceis de conquistar, sejam sustentadas por gerações, para muito além da Terra Estufa.

Bibliografia do capítulo 2

- Achibe, V. (2029, January 12). *Is the Treaty on Universal Climate Justice too little too late?* *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2029/01/12/magazine/universal-climate-justice.html>
- Alex, P., & Mehrawi, C. (2080). *Beyond Market Economics: Human Welfare through Mutual Aid and Gifting Economies in Climate Resilience Zones*. *Open Journal of Human Geography*, 78(3), 34–89.
- Anandhavelu, S., Dhanasekaran, V., Sethuraman, V., & Park, H. J. (2017). *Chitin and Chitosan Based Hybrid Nanocomposites for Super Capacitor Applications*. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 17(2), 1321–1328. <https://doi.org/10.1166/jnn.2017.12721>
- Anh, D. (2028). *The Paradox of Underdeveloping Nations: Understanding Collapsing Social Indicators in Global North with Increasing Economic Growth*. *Ecology and Society*, 33(4).
- Attias, N., Danai, O., Ezov, N., Tarazi, E., & Grobman, J. (2017, September 6). *Developing novel applications of mycelium based bio-composite materials for design and architecture*.
- Balan, V., Mathew, T., & Fernandes, D. (2126). *Trajectories of Space Exploration in a Post Kessler World*. *International Journal of Orbital Mechanics*, 97(12). <https://doi.org/10.9780/8713253.2126.8268432>
- Bates, A., & Draper, K. (2019). *Burn: Using Fire to Cool the Earth*. Chelsea Green Publishing.
- Bregman, R. (2017, March 2). *Want utopia? Start with universal basic income and a 15-hour work week*. *Wired UK*. <https://www.wired.co.uk/article/universal-basic-income-utopia>
- Bruckman, V., & Klinglmüller, M. (2014). *Potentials to Mitigate Climate Change Using Biochar—The Austrian Perspective*. *IUFRO Occasional Papers*, 27, 1–23.
- Carleton, T. A. (2017). *Crop-damaging temperatures increase suicide rates in India*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(33), 8746–8751. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701354114>
- Carrington, D. (2021, March 24). *One of Earth's giant carbon sinks may have been overestimated—Study*. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/environment/2021/mar/24/soils-ability-to-absorb-carbon-emissions-may-be-overestimated-study>
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., & Dirzo, R. (2017). *Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30), E6089–E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>
- Cech, E., & Tarkovsky, Y. (2108). *Reviving Ecosystems After Heat Death: Strategic Leverage Points for Regeneration*. *Open Journal of Ecosystem Regeneration*, 72(1). <https://doi.org/10.3523/OJECOREGEN.2389-92.2093>
- Ceranos, P. (2031). *Depaving: A Methodological review and strategies for Open Architecture practise*. In *Open Source Urbanism: Designing Climate Resilient Cities (Vol. 3)*. Open Architecture Collective, Verona.
- Chang, H.-J. (2012). *23 things they don't tell you about capitalism*. Bloomsbury Press.
- Chen, D., Ng, E. L., & Edis, R. (2016, December 4). *Nitrogen pollution: The forgotten element of climate change*. *The Conversation*. <http://theconversation.com/nitrogen-pollution-the-forgotten-element-of-climate-change-69348>
- Chen, L. (2031). *The Slow Fabrication Movement: New Perspectives on Technological Progress*. *The Journal of Socially Useful Production*, 3(6). <https://doi.org/10.8423/JSUPRDN.9264-43.2031>
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., Jones, C., Quéré, C. L., Myneni, R. B., Piao, S., & Thornton, P. (2013). *Carbon and Other Biogeochemical Cycles*. In *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 465–570)*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.015>
- Cordell, D., Drangert, J.-O., & White, S. (2009). *The story of phosphorus: Global food security and food for thought*. *Global Environmental Change*, 19(2), 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009>
- Covey, K., Soper, F., Pangala, S., Bernardino, A., Pagliaro, Z., Basso, L., Cassol, H., Fearnside, P., Navarrete, D., Novoa, S., Sawakuchi, H., Lovejoy, T., Marengo, J., Peres, C. A., Baillie, J., Bernasconi, P., Camargo, J., Freitas, C., Hoffman, B., ... Elmore, A. (2021). *Carbon and Beyond: The Biogeochemistry of Climate in a Rapidly Changing Amazon*. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.618401>
- Cuentas, L., Chen, L., & Trommen, G. (2029). *All Knowledge to All the People*. *The Journal of Open Technology*, 1(4). <https://doi.org/10.8423/JOPNTCH.9264-49.2029>
- Damschen, E. I., Brudvig, L. A., Burt, M. A., Fletcher, R. J., Haddad, N. M., Levey, D. J., Orrock, J. L., Resasco, J., & Tewksbury, J. J. (2019). *Ongoing accumulation of plant diversity through habitat connectivity in an 18-year experiment*. *Science*, 365(6460), 1478. <https://doi.org/10.1126/science.aax8992>
- Davis, D. R., Epp, M. D., & Riordan, H. D. (2004). *Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999*. *Journal of the American College of Nutrition*, 23(6), 669–682. <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719409>
- Devassy, Z., & Cole, L. (2130). *Rethinking Human Progress: Mapping Social Indicators of Liberty, Social Cohesion and Global Happiness Indices 2125-2130*. *Open Journal of Human Geography*, 128(1), 120–147.
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneeth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Watson, R., Baste, I., Larigauderie, A., Leadley, P., Pascual, U., Baptiste, B., Dziba, L., Erpul, G., Fazel, A., Fischer, M., ... Vílá, B. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services – unedited advance version*. 39.
- Dirik, D., & Chen, A. (2029). *Global Climate Assemblies: A*

- Comprehensive Guide to People's Governance for Climate Justice. UN Climate Action Commission.
- Doon, R. (2035). *Carbon and Its Malcontents: Reparations for capital gains from fossil extractivism*. Red House.
- Ellis-Petersen, H. (2020, August 8). *India plans to fell ancient forest to create 40 new coalfields*. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/world/2020/aug/08/india-prime-minister-narendra-modi-plans-to-fell-ancient-forest-to-create-40-new-coal-fields>
- Eonas, N. (2045). *biomA: An algae-chitosan energy storage production solution*. *Designing Breakthrough For The People*, 24. <https://doi.org/10.1580/2207853.2045.1948465>
- FAO and ITPS. (2015). *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report* (p. 650). Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. <http://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>
- FAO and ITPS. (2035). *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report* (p. 874). Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. <http://www.fao.org/7/i3289e/i8229e.pdf>
- Fukuoka, M. (1978). *The one-straw revolution: An introduction to natural farming*.
- García, E. S., Swann, A. L. S., Villegas, J. C., Breshears, D. D., Law, D. J., Saleska, S. R., & Stark, S. C. (2016). Synergistic Ecoclimate Teleconnections from Forest Loss in Different Regions Structure Global Ecological Responses. *PLOS ONE*, 11(11), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165042>
- García-Olivares, A., & Solé, J. (2015). *End of growth and the structural instability of capitalism—From capitalism to a Symbiotic Economy*. *Futures*, 68, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.09.004>
- Ghidiu, M., Lukatskaya, M. R., Zhao, M.-Q., Gogotsi, Y., & Barsoum, M. W. (2014). Conductive two-dimensional titanium carbide 'clay' with high volumetric capacitance. *Nature*, 516(7529), 78–81. <https://doi.org/10.1038/nature13970>
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. (2001). The "Terra Preta" phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88(1), 37–41. <https://doi.org/10.1007/s001140000193>
- Goldman, F. (2028). *Climate Resilient Zones: A post-Capitalist Development Policy for Planetary Ecological Crises*. In *The Universal Declaration of Climate Justice*. Union of Concerned Scientists.
- Goldman, F. (2064). *Revisiting Climate Resilient Zones: Developments in Global Climate Action and their Outcomes*. *Open Journal of Ecosystem Regeneration*, 29(6).
- Graeber, D. (2014, March 26). *Caring too much. That's the curse of the working classes | David Graeber | Opinion | The Guardian*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2014/mar/26/caring-curse-working-class-austerity-solidarity-scurge>
- Graeber, D., & Wengrow, D. (2021). *The Dawn of Everything: A New History of Humanity (First American edition)*. Farrar, Straus and Giroux.
- Hammer, E. C., Balogh-Brunstad, Z., Jakobsen, I., Olsson, P. A., Stipp, S. L. S., & Rillig, M. C. (2014). A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surfaces. *Soil Biology and Biochemistry*, 77, 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.06.012>
- Hampton, M., & Kuruwila, C. (2092). *The Pluriverse: Rainbow Intersectionality beyond a Counterhegemonic Practise*. EZLN.
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). *Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties*. *Scientific Reports*, 7, 41292.
- Hawken, P. (Ed.). (2018). *Drawdown: The most comprehensive plan ever proposed to roll back global warming*. Penguin Books.
- Hera, R. (2010, May 11). *Forget About Housing, The Real Cause Of The Crisis Was OTC Derivatives*. *Business Insider*. <https://www.businessinsider.com/bubble-derivatives-otc-2010-5>
- Hickel, J. (2016). *The true extent of global poverty and hunger: Questioning the good news narrative of the Millennium Development Goals*. *Third World Quarterly*, 37(5), 1–19. <https://doi.org/10.1080/01436597.2015.1109439>
- Hickel, J. (2020). *Less is more: How degrowth will save the world*. William Heinemann.
- Hickel, J., & Kallis, G. (2020). *Is Green Growth Possible? New Political Economy*, 25(4), 469–486. <https://doi.org/10.1080/13563467.2019.1598964>
- Hossain, N. 2017. *Inequality, hunger, and malnutrition: Power matters*. In *2017 Global Hunger Index: The inequalities of hunger*. Chapter 3 P 24–29. Washington, D.C.; Bonn; and Dublin: International Food Policy Research Institute, Welthungerhilfe, and Concern Worldwide. https://doi.org/10.2499/9780896292710_03
- Hussein, S. (2018, March 11). *"Citizen scientists" track radiation seven years after Fukushima*. <https://phys.org/news/2018-03-citizen-scientists-track-years-fukushima.html>
- ICC. (2034). *International Criminal Court Ruling on Ecocide: Investigation into Climate Propaganda and Fascist forces 1977-2034*. International Criminal Court.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). *Global warming of 1.5°C*. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- IPBES. (2028). *Treaty on Mutually Assured Thriving: A Global Plan of Action* (p. 432). Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Khan, I., & Shah, R. (2127). *Collected Works of Symbiotic Fabrication Technologies: Asia Archive Edition*. Open Tech Society, Ahmedabad.
- Kooperman, G. J., Chen, Y., Hoffman, F. M., Koven, C. D., Lindsay, K., Pritchard, M. S., Swann, A. L. S., & Randerson, J. T. (2018). *Forest response to rising CO₂ drives zonally asymmetric rainfall change over tropical land*. *Nature Climate Change*, 8(5), 434–440. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0144-7>
- Krets, M. (2048). *Technological Emergence and Exaptation: From Intellectual Property to Collective Knowledge*. Open Tech Society.

- Lakota, T. (2125). *Becoming Native: A Study of Transformative Indigeneity*. *International Journal of Care Work*, 100(8).
- Lam, S. S., Azwar, E., Peng, W., Tsang, Y. F., Ma, N. L., Liu, Z., Park, Y.-K., & Kwon, E. E. (2019). Cleaner conversion of bamboo into carbon fibre with favourable physicochemical and capacitive properties via microwave pyrolysis combining with solvent extraction and chemical impregnation. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117692>
- Lee, E., & Cooper, T. (2028). *Capital Flight or Fight: Declining Rates of Profit, Universal Income and Capitalist Self-Preservation*. Verso.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). *Biochar for environmental management*. Earthscan London.
- Lovejoy, T. E., & Nobre, C. (2019). Amazon tipping point: Last chance for action. *Science Advances*, 5(12), eaba2949. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba2949>
- Maithili, M., & Tenzing, J. (2106). *The Capitalocene: An Economic History of Primitive Accumulation, Climate Breakdown and Social Collapse*. Institute of Alternative Economics.
- Milanovic, B. (2020, March 19). *The Real Pandemic Danger Is Social Collapse*. *Foreign Affairs*. <https://www.foreignaffairs.com/articles/2020-03-19/real-pandemic-danger-social-collapse>
- Min, K., & Devi, L. (2052). *The Economics of Soil Nutrition: A study on Anthropocentric value extractivism of soil resources*. Institute of Ecological Economics.
- Mirza, K. (2067). *Climate Action: Gendered Justice, Liberation and Care*. Open Anthropological Society, Tehran.
- Miyawaki, A. (1999). *Creative Ecology: Restoration of Native Forests by Native Trees*. *Plant Biotechnology*, 16(1), 15–25. <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.16.15>
- Miyawaki, A. (2004). *Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice*. *Ecological Research*, 19(1), 83–90. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2003.00606.x>
- Munda, B. (2058). *The Scorched Earth: Was Capitalism Worth Destroying Indigenism? (English Reprint)*. Adivasi Vaani.
- Naipano, & Kelmer, B. (2031). *People's Seed Archives: A Biodiversity Regeneration Initiative*. *Open Journal of Biodiversity and Ecosystem Services*, 7(2).
- Nenquimo, N. (2020, October 12). *This is my message to the western world – your civilisation is killing life on Earth | Amazon rainforest | The Guardian*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/oct/12/western-worldyour-civilisation-killing-life-on-earth-indigenous-amazon-planet>
- Neveling, P. (2015). *Export Processing Zones, Special Economic Zones, and the Long March of Capitalist Development Policies during the Cold War*. In *Decolonization and the Cold War: Negotiating Independence*. Bloomsbury Academic. <https://doi.org/10.5040/9781474210591>
- Ngata, K. (2076). *Relmaging Socially Useful Production: Alternatives in the Making (Centenary edition)*. *International Society for Socially Useful Production*.
- Ngatia, L. W., Iii, J. M. G., Moriasi, D., Bolques, A., Osei, G. K., & Taylor, R. W. (2019). *Biochar Phosphorus Sorption-Desorption: Potential Phosphorus Eutrophication Mitigation Strategy*. *Biochar - An Imperative Amendment for Soil and the Environment*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82092>
- Oxfam. (2015). *EXTREME CARBON INEQUALITY Why the Paris climate deal must put the poorest, lowest emitting and most vulnerable people first [Data set]*. Koninklijke Brill NV. https://doi.org/10.1163/2210-7975_HRD-9824-2015053
- Patel, R., & Moore, J. W. (2017). *A history of the world in seven cheap things: A guide to capitalism, nature, and the future of the planet*. University of California Press.
- Periyar, P. (2043). *Perspectives on Terrestrial Economics: The Fight to preserve Unproductive Nature*. Zero Farming Society.
- Phillips, D. (2019, July 19). *Bolsonaro declares "the Amazon is ours" and calls deforestation data "lies."* *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/world/2019/jul/19/jair-bolsonaro-brazil-amazon-rainforest-deforestation>
- Popkin, B. (2018, October 9). *Forests Emerge as a Major Overlooked Climate Factor*. *Quanta Magazine*. <https://www.quantamagazine.org/forests-emerge-as-a-major-overlooked-climate-factor-20181009/>
- Qiao, B., & Sakharov, S. (2093). *Symbiotic Mutualism phenomenon as observed in Climate Resilience Zones*. *Open Journal of Ecosystem Regeneration*, 57(4). <https://doi.org/10.3523/OJECOREGEN.2389-92.2093>
- Raabi, Q., Lundkvist, R., Vaidya, W., & Shah, E. (2073). *Ecosystem Dynamics of a Hothouse Earth*. *Journal of Climate Dynamics*, 45(6). <https://doi.org/10.2923/JCDNM.2434-83.2073>
- Ray, D. (2019, July 9). *Climate change is affecting crop yields and reducing global food supplies*. <https://theconversation.com/climate-change-is-affecting-crop-yields-and-reducing-global-food-supplies-118897>
- Richardson, L., Weaver, K., & Karup, P. M. (2129). *Stability of Climate Systems at 2.5°C*. *International Journal of Earth System Dynamics*, 101(12). <https://doi.org/10.9310/8042753.2129.7892133>
- Robinson, W. I. (2019). *Global Capitalist Crisis and Twenty-First Century Fascism: Beyond the Trump Hype*. *Science & Society*, 83(2), 155–183. <https://doi.org/10.1521/asiso.2019.83.2.155>
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). *Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers*. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Shiva, V. (2001). *Protect or plunder? : Understanding intellectual property rights*. Zed Books.
- Shiva, V. (2008). *Soil not oil: Climate change, peak oil, and food insecurity*. Zed Books.
- Stanley, I., Buller, A., & Mathew, L. (2021). *Caring for the earth, caring for each other: An industrial strategy for adult social care (p. 41)*. *Common Wealth & Centre for Local Economic Strategies*.
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C. P., Barnosky, A. D., Cornell, S. E., Crucifix, M., Donges, J. F., Fetzer, I., Lade, S. J., Scheffer, M., Winkelmann, R., & Schellnhuber, H. J. (2018). *Trajectories of the*

- Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252–8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
- Steidinger, B. S., Crowther, T. W., Liang, J., Van Nuland, M. E., Werner, G. D. A., Reich, P. B., Nabuurs, G. J., de-Miguel, S., Zhou, M., Picard, N., Herault, B., Zhao, X., Zhang, C., Routh, D., & Peay, K. G. (2019). Climatic controls of decomposition drive the global biogeography of forest-tree symbioses. *Nature*, 569(7756), 404–408. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1128-0>
- Subban, R. H. Y., Arof, A. K., & Radhakrishna, S. (1996). Polymer batteries with chitosan electrolyte mixed with sodium perchlorate. *Materials Science and Engineering: B*, 38(1), 156–160. [https://doi.org/10.1016/0921-5107\(95\)01508-6](https://doi.org/10.1016/0921-5107(95)01508-6)
- Thapa, B. (2047). *Indigenous Life and Rural India: A Post-Climate Reparations Review*. People's Archive of Rural India (PARI).
- Thekaekara, M. M. (2019, February 25). A huge land grab is threatening India's tribal people. They need global help | Mari Marcel Thekaekara. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2019/feb/25/land-grab-tribal-people-india-advansi>
- Thom, D., Golivets, M., Edling, L., Meigs, G. W., Gourevitch, J. D., Sontner, L. J., Galford, G. L., & Keeton, W. S. (2019). The climate sensitivity of carbon, timber, and species richness covaries with forest age in boreal–temperate North America. *Global Change Biology*, 25(7), 2446–2458. <https://doi.org/10.1111/gcb.14656>
- Tollefson, J. (2014). Tree growth never slows. *Nature News*. <https://doi.org/10.1038/nature.2014.14536>
- Torres, F. (2027). *Global Collapse in Trust of Public Institutions: A Review and its Remedial Solutions*. *Global Governance and Policy*, 33(4), 137–144.
- Tsing, A. L. (2015). *The mushroom at the end of the world on the possibility of life in capitalist ruins*. <http://portal.igpublish.com/iglibrary/search/PUPB0004227.html>
- Ubumwe, K. (2114). Centuries of Fossil Guilt: Taking stock of the catastrophic cost to human society from fossil fuel infrastructures. *International Journal of Ecological Economics*, 95(4), 230–267. <https://doi.org/10.1080/13563467.2114.1598964>
- UNCAC. (2043). *Global Reparations for Genocide of Indigenous Peoples and Erasure of Indigenous Cultures* (p. 211). UN Climate Action Commission.
- UNCAC. (2056). *Declaration of Right To Personhood for Ecosystems* (p. 211). UN Climate Action Commission.
- UNDP. (2029). *Universal Liveable Income: Global Policy and Implementation Parameters* (p. 200) [Summary Report]. UN Climate Action Commission.
- UNESCO. (2048). *World Climate Inequality Report* (p. 300). Intergovernmental Panel on Rapid Climate Action.
- Vanoor, R., Ackman, B., & Qiao, B. (2128). Advances in Mycelial Neurobiology: The Mycelial Neural interface “Brain”. *The Journal of Open Neuroscience*, 90(4). <https://doi.org/10.3523/JNEUROSCI.8343-83.2128>
- Vemula, R. (2116). *A Centenary of Global Climate Justice: The Legacies of the Treaty of Universal Climate Justice*. Blue Future Collective.
- Vold, J. L. L. (2015). *Microwave Torrefaction of Natural Fibers for Incorporation into Engineering Thermoplastic Biocomposites*. <https://library.ndsu.edu/ir/handle/10365/24819>
- Wallace, C. A., Afzal, M. T., & Saha, G. C. (2019). Effect of feedstock and microwave pyrolysis temperature on physio-chemical and nano-scale mechanical properties of biochar. *Bioresources and Bioprocessing*, 6(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s40643-019-0268-2>
- Wang, H., Xu, Z., Kohandehghan, A., Li, Z., Cui, K., Tan, X., Stephenson, T. J., King'ondo, C. K., Holt, C. M. B., Olsen, B. C., Tak, J. K., Harfield, D., Anyia, A. O., & Mitlin, D. (2013). Interconnected Carbon Nanosheets Derived from Hemp for Ultrafast Supercapacitors with High Energy. *ACS Nano*, 7(6), 5131–5141. <https://doi.org/10.1021/nn400731g>
- Wang-Erlandsson, L., Tobian, A., van der Ent, R. J., Fetzer, I., te Wierik, S., Porkka, M., Staal, A., Jaramillo, F., Dahlmann, H., Singh, C., Greve, P., Gerten, D., Keys, P. W., Gleeson, T., Cornell, S. E., Steffen, W., Bai, X., & Rockström, J. (2022). A planetary boundary for green water. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8>
- Whiteside, M. D., Werner, G. D. A., Caldas, V. E. A., van't Padje, A., Dupin, S. E., Elbers, B., Bakker, M., Wyatt, G. A. K., Klein, M., Hink, M. A., Postma, M., Vaitla, B., Noë, R., Shimizu, T. S., West, S. A., & Kiers, E. T. (2019). Mycorrhizal Fungi Respond to Resource Inequality by Moving Phosphorus from Rich to Poor Patches across Networks. *Current Biology*, 29(12), 2043–2050.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.061>
- Wildschut, D. (2017). The need for citizen science in the transition to a sustainable peer-to-peer-society. *Futures*, 91, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.11.010>
- Wong, N. (2081). *SymFabs: Introduction to Symbitronic Fabrication Methods, Processes and Material Development* (p. 24). Open Design Society, Hong Kong.
- Wu, N., & Young, T. (2035). *Beyond Indignant Slaughter: The case for Climate Reparations for Industrial Farm Animals*. ALF.
- Zerrano, P. (2036). *Comparative Assessment of Global Social Indicators and Global Happiness Indices: 2031-2036*. *Open Journal of Human Geography*, 33(4), 23–65.
- Zhou, L., Xu, D., Li, Y., Pan, Q., Wang, J., Xue, L., & Howard, A. (2019). Phosphorus and Nitrogen Adsorption Capacities of Biochars Derived from Feedstocks at Different Pyrolysis Temperatures. *Water*, 11(8), 1559. <https://doi.org/10.3390/w11081559>
- Zhu, Y., Tang, W., Jin, X., & Shan, B. (2019). Using biochar capping to reduce nitrogen release from sediments in eutrophic lakes. *Science of The Total Environment*, 646, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.277>



Manejo da Vida Cotidiana

Ilustração de Sephin Alexander

“Sempre nos diziam sobre ‘garantir assentos nas mesas’, mas as mesas eram feitas com os ossos de nossos ancestrais e pintadas com o sangue dos escravizados e, em dado momento, ficamos exaustos de falar de cadeiras e, ao invés disso, começamos a quebrar mesas.”

– Aruká Juma & Anahira Watene em “Defesa da Terra e da Água: O Esforço pela Soberania e Autonomia Indígenas” (2041)



3. Além do Vaporware: Relembrando os Programas das Reparações Azuis

Traduzido do bangla

Introdução

Por cerca de 3,5 bilhões de anos, a água da superfície do planeta Terra alimentou as condições primordiais das quais toda a vida conhecida e desconhecida emergiu. Dentro desses quadros geológicos, o experimento humano emergiu de inúmeras bifurcações evolutivas acidentais, das quais surgiu toda a civilização. Este planeta azul testemunhou a passagem de inúmeras épocas, mesmo suspenso em um estado de atemporalidade geológica. Até recentemente, nossas noções populares das grandes historicidades acreditavam que a ideia de civilização era uma característica inevitável, construída sobre o atemporal e o permanente, e não um conjunto de arranjos em estado de fragilidade permanente, exigindo cuidados constantes, para não falar de simbiose. Diante do clima de estufa do século 22, encontram-se as impressões digitais de uma civilização humana espalhadas pelos sistemas hidrológicos planetários. Em meados do século 21, já tendo absorvido grande parte da energia das emissões fósseis antropogênicas, os sistemas oceânicos globais estavam prestes a romper vários pontos de inflexão climáticos e, com isso, os mecanismos circulatórios da hidrosfera planetária estavam ameaçados.

Este capítulo discute o legado das coalizões globais chamadas de “Reparações Azuis” e dos movimentos de justiça climática do século 21, cujas ações transformaram e remodelaram radicalmente as construções sociopolíticas da resiliência climática do século 22. As Reparações Azuis e outros programas foram definidos dentro de uma visão contextual mais ampla, como uma série de intervenções para defender, reviver e regenerar os ecossistemas de água doce, glaciais e marinhos em estados terríveis. Nossas discussões irão explorar isso por meio de alguns arquétipos tecnológicos quase inteiramente desenvolvidos de forma nativa, produzidos localmente e baseados no conhecimento científico aberto mais avançado disponível na época. Estes incluem os “biomineralizadores” biorremediando minerais de terra-rara, usados na planície Indo-Gangética; os altamente controversos “geradores de chuva” que coletavam rios atmosféricos e construíam geleiras artificiais; e os compostos de recifes eletrificados conhecidos como ‘corais negros’ na região do Sundarbans, que reabilitaram corais barreiras marítimas. O relato que algumas dessas estratégias e artefatos dos programas das Reparações Azuis nos oferecem é uma mistura de lições a serem aprendidas. Os ecossistemas da criosfera se recuperaram mais lentamente, e ainda aguardamos os resultados de longo prazo destes esforços.

Embora muitas comunidades tenham adotado novas práticas sociotecnológicas e desenvolvido culturas materiais baseadas na regeneração de água doce e muitos ecossistemas marinhos, ainda é prematuro afirmar que as estratégias das Reparações foram bem-sucedidas. As trajetórias de reparação permanecem incompletas; muitos ecossistemas ainda precisam se recuperar e podem nunca se restabelecer. Dentro desta incompletude, no entanto, ainda podemos garantir possibilidades para aqueles que vierem depois de nós.

Razia Jaladas

Pesquisadora Sênior,
Centro Bandarban para a Biodiversidade
Marinha

Ton Konpa

Antropólogo do clima
Universidade de Daca

Maung Saw Chowdhury

Historiador de design,
Sociedade de Tecnologia Aberta de
Bandarban,
Divisão Lama Chittagong

Palavras-chave:

Alterações climáticas
Água
Reparações
Restauração de corais
Geleiras
Recifes de coral
Criosfera

1. Vida em um planeta azul: da abundância sustentada à dissonância abrupta

Historicamente, as sociedades humanas mantiveram um parentesco com a água em todos os seus estados. A água sempre foi inseparável do que nos torna instintivamente humanos, constantemente nos lembrando de nossa conexão evolutiva com o planeta. No entanto, nos últimos dois séculos, talvez até milênios, a biosfera viu um desvio incomum dessas sinergias. A biosfera planetária foi rebaixada ao status de recurso a ser consumido, percebida como uma 'externalidade' sem vida para o experimento civilizacional, agora adequado ao consumo em massa. A humanidade parecia esterilizar deliberadamente essa sopa primordial de vida. A extração econômica e a mercantilização industrial dos ecossistemas planetários violavam as capacidades ecológicas dos ecossistemas globais de água doce, glaciais e marinhos em todo o mundo. O que veremos a seguir é uma tentativa de compreensão para aqueles que ainda tentam juntar as peças do temperamento complicado desse experimento de ecocídio e os caminhos que foram trilhados para transformá-lo.

Os arquivos paleoclimáticos que sobreviveram hoje nos ajudaram a montar uma história que abrange centenas de milhares de anos, graças à análise espectral da composição isotópica de dados de núcleos de gelo antigos. O que pode-se concluir a partir da análise é que durante o último período glacial (120.000-11.000 anos atrás), ocorreram mais de 20 períodos abruptos de aquecimento, conhecidos como eventos Dansgaard-Oeschger (D-O) (Dansgaard, 1985). A única vez nos 60.000 anos anteriores em que a temperatura da Groenlândia se desviou mais de 1°C a cada década foi durante esses eventos D-O. Quando compreendidas no período da História humana, a última vez que tais mudanças foram observadas foi cerca de 12.500 anos atrás. O pico glacial da última "era do gelo" deu lugar a um planeta mais quente, do qual a civilização humana emergiu. Desta forma, embora pareça que a mudança climática abrupta foi um fenômeno comum em escalas de tempo planetárias, a atividade humana ao longo do século passado forçou mudanças em sistemas que não podem ser qualitativamente contabilizadas apenas a partir de dados de núcleos de gelo.

O que estava se tornando explícito era que o aquecimento global seguia ultrapassando níveis que só poderiam ser descritos como "mudanças climáticas abruptas", um termo altamente discutível que descrevia a resposta não-linear dos sistemas climáticos causada por forças externas (Jansen et al., 2020). Embora mudanças abruptas tenham surgido de mecanismos internos do oceano, da atmosfera e dos sistemas de gelo marinho na ausência de forçamento externo no passado geológico, essa brusquidão foi atribuída ao excesso de emissões fósseis globais e descrito como tal em pesquisas (IPCC, 2028; Jansen e outros, 2020). A transição do sistema climático para um novo "estado estável" estava acontecendo em uma escala de tempo mais rápida do que qualquer nível de forçamento responsável que poderia ser alcançado (Raabi et al., 2073). Essa mudança de fase característica dos vários mecanismos climáticos do planeta garantiu um equilíbrio estável ao longo de vastas linhas de tempo civilizacionais.

No entanto, com tais mudanças abruptas no sistema climático, os mecanismos fundamentais da hidrosfera e da criosfera foram se desfazendo. Junto com eles, desvendou-se a estabilidade do Holoceno que tornou possível esta versão da civilização humana. Com o surgimento do ecocídio alimentado por emissões de carbono fóssil, no entanto, essa estabilidade deixou de ser garantida, derrubando e rompendo os limites da dinâmica circulatória subjacente aos sistemas hidrológicos planetários.

1.1. Dinâmica da Criosfera

Os primeiros sinais dessas mudanças abruptas no clima global se tornaram mais pronunciados na criosfera, à medida que as tendências de aquecimento global aceleraram drasticamente o derretimento do gelo polar e os eventos de extinção glacial no início do século XXI (Engel, 2019). A água elementar tem uma capacidade extraordinariamente alta de calor latente de fusão e evaporação. A água precisa absorver grandes quantidades de energia térmica antes de sofrer mudanças de fase, ainda mais se as mudanças de fase em questão estiverem ocorrendo em escalas geológicas, aquecendo um corpo de água no planeta. Com o surgimento da civilização industrial global, cerca de noventa por cento de toda a energia térmica baseada em combustíveis fósseis estava sendo bombeada para os oceanos incansavelmente, interrompendo os mecanismos reguladores térmicos do planeta (Figura 1). O excesso de energia térmica absorvida nos oceanos estava derretendo a criosfera, que até então amortecia o impacto do aquecimento global, mas que agora se desintegrava rapidamente.

Estimativas conservadoras da época calculavam a magnitude média dessa energia térmica absorvida pelos oceanos como sendo cerca de uma bomba nuclear a cada segundo desde o século XIX (Carrington, 2019a). No entanto, esta foi uma estimativa média ao longo de 150 anos; na virada do século passado, a estimativa estava mais próxima de cerca de oito bombas atômicas por segundo, revelando o crescimento exponencial da máquina térmica planetária em funcionamento (Figura 1). Nessas escalas, pontos de inflexão planetários imprevistos e mudanças abruptas revelaram o quão frágeis eram esses estados aparentemente estáveis. No início do século 21, esse excesso de energia também saturava as profundezas do oceano, atingindo pontos de inflexão em que todo o corpo de água do próprio planeta estava aquecendo rapidamente o planeta (Cheng et al., 2020).

Os primeiros estudos previam que a extensão anual de gelo e neve estava diminuindo drasticamente, especialmente no Hemisfério Norte (Fountain, 2020; Gilbert & Kittel, 2021; Mallett et al., 2021). As impressionantes taxas de derretimento das calotas polares causaram uma redução extensa e sem precedentes nos volumes, variações e extensões de gelo e cobertura de neve, sabotando ainda mais seu papel crítico no sistema climático. A devastação dos polos planetários foi um ponto crítico que poderia interromper a circulação planetária de calor, nutrientes e sedimentos (Mallett et al., 2021). Com suas grandes áreas, mas volumes relativamente pequenos, suas

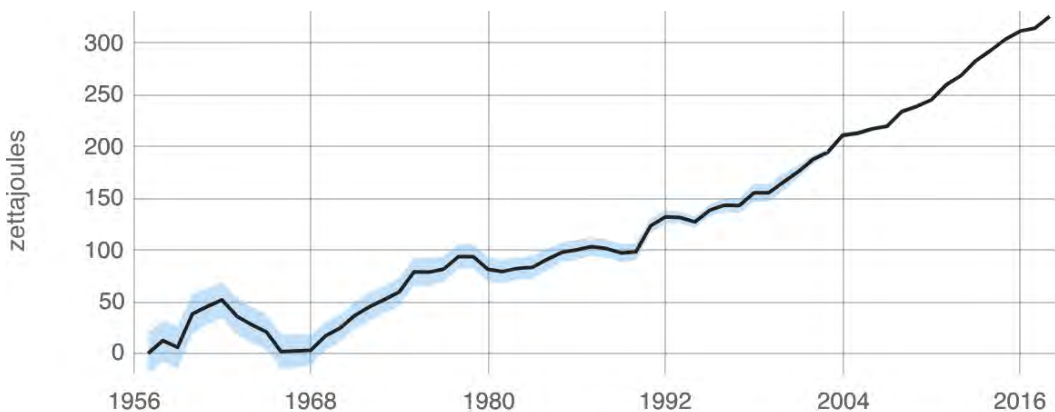


Figura 1 Dados de 2020 mostrando a aceleração extrema no conteúdo global de calor oceânico absorvido no corpo oceânico. Imagem do NOAA/NCEI World Ocean Database (2021)

interações e feedback em escala global, incluindo aí refletividade solar e sistemas de gerenciamento térmico oceânico, estavam em risco. Os oceanos mais quentes desestabilizaram drasticamente os padrões de formação de gelo nos polos no início do século XXI (Figura 2 a, b). As camadas de gelo continentais na Antártida e na Groenlândia, com os ecossistemas de geleiras de montanha de alta altitude em todo o mundo, influenciaram os sistemas climáticos globais em escalas geológicas, de milênios a milhões de anos.

No início do século 20, os impensáveis “verões sem gelo” do Ártico estavam se tornando possíveis. Com neve insuficiente para refletir a radiação solar, o efeito albedo ameaçou acelerar ainda mais o aquecimento irreversível dos oceanos, criando pontos de inflexão (Wadhams, 2017). No Polo Sul, as plataformas de gelo da Antártida sofreram eventos de clivagem à medida que o aumento do escoamento glacial aumentou sua vulnerabilidade ao “hidrofraturamento”, um processo pelo qual as plataformas de gelo racham e se desintegram. Além disso, um planeta mais quente significava que as taxas de regeneração do manto de gelo do Ártico não poderiam acompanhar as taxas de derretimento, provocando uma espiral em colapso (Gilbert & Kittel, 2021).

O permafrost, outrora perenemente congelado, foi outra vítima desse aquecimento contínuo observado nas altas latitudes do norte. O permafrost é um dos componentes da criosfera mais sensíveis ao aquecimento, influenciando o conteúdo de água do solo e a vegetação nas regiões do norte em uma escala continental. Sua degradação e derretimento foram expondo lentamente material orgânico anteriormente congelado nos solos, o que liberaria gases de efeito estufa na atmosfera e aumentaria a taxa de aquecimento global (Watts, 2020). As estimativas de emissões de carbono desse degelo gradual do permafrost sozinho variaram de aproximadamente 22 Gt a 432 Gt de CO₂ em um cenário de emissões reduzidas que não levou em conta o degelo abrupto e incêndios florestais (Natali et al., 2021). No contexto da época, sob um cenário de emissões moderadas, as emissões de carbono do solo e do permafrost deveriam aumentar 30% até o final do século, considerando os incêndios florestais, e em comparação somente com as emissões do aquecimento. Eventos de degelo abrupto aumentariam as emissões de carbono em 40% se as emissões de combustíveis fósseis não fossem reduzidas (Natali et al., 2021). Felizmente, a combinação da dinâmica das

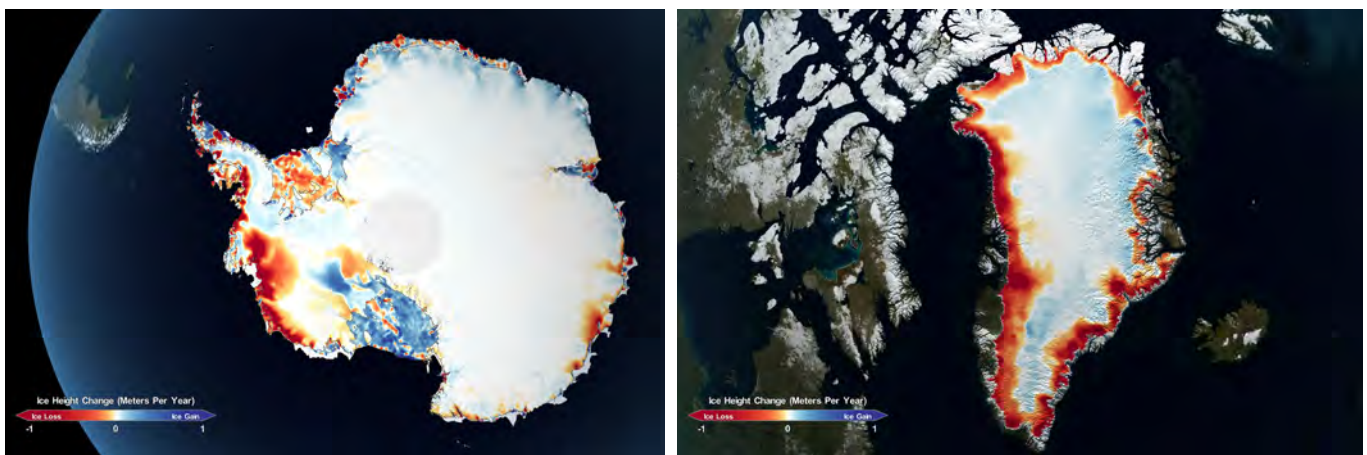


Figura 2 a) Mudanças na espessura do gelo terrestre da Antártida conforme medido pelos satélites ICESat (2003-2009) e ICESat-2 (2018-). b) Mudanças na espessura do gelo terrestre da Groenlândia, conforme medido pelos satélites ICESat (2003-2009) e ICESat-2 (2018-). Imagens dos Arquivos do Estúdio de Visualização Científica da NASA (2020)

ondas frias com medidas drásticas para abolir as emissões de combustíveis fósseis e intervenções humanas como geleiras artificiais impediram esses eventos abruptos de degelo. As projeções de emissões subestimaram as transformações sociais que travaram as estimativas de emissões antrópicas de longo prazo (Tosh & Varkey, 2110).

Como iremos argumentar nas páginas a seguir, as tentativas globais de mitigar e reduzir a suscetibilidade das plataformas de gelo ao colapso com geleiras artificiais provaram ser mais difíceis do que se pensava anteriormente, mesmo um século depois. Apesar dos resultados promissores, a luta para conter os níveis do mar em níveis nominais segue precária. À medida que as tendências de aquecimento continuaram, os núcleos de gelo que registraram os períodos históricos de mudança abrupta ao longo de milhões, até bilhões de anos, permanecem perdidos para sempre. No entanto, ainda hoje, a saúde da criosfera, ou o que resta dela, ainda é universalmente considerada um indicador crítico do sistema climático da Terra, que permaneceu particularmente sensível ao efeito estufa.

1.2. Hidrodinâmica

Para entender melhor as implicações dessas mudanças que levaram o planeta a tais estados instáveis imprevistos, é preciso compreender os sistemas hidrodinâmicos que sustentaram os estados estáveis. Um desses sistemas era a circulação termohalina (CTH) sob as águas oceânicas, que atua como um sistema de circulação de calor para o planeta, muito parecido com uma “bomba de calor” (Figura 3). Esta bomba de calor sob as águas do oceano circulou energia térmica entre o equador e os dois pólos, dependendo de uma delicada interação de calor e salinidade. A interrupção desse sistema de regulação estava colocando em risco os sistemas circulatórios

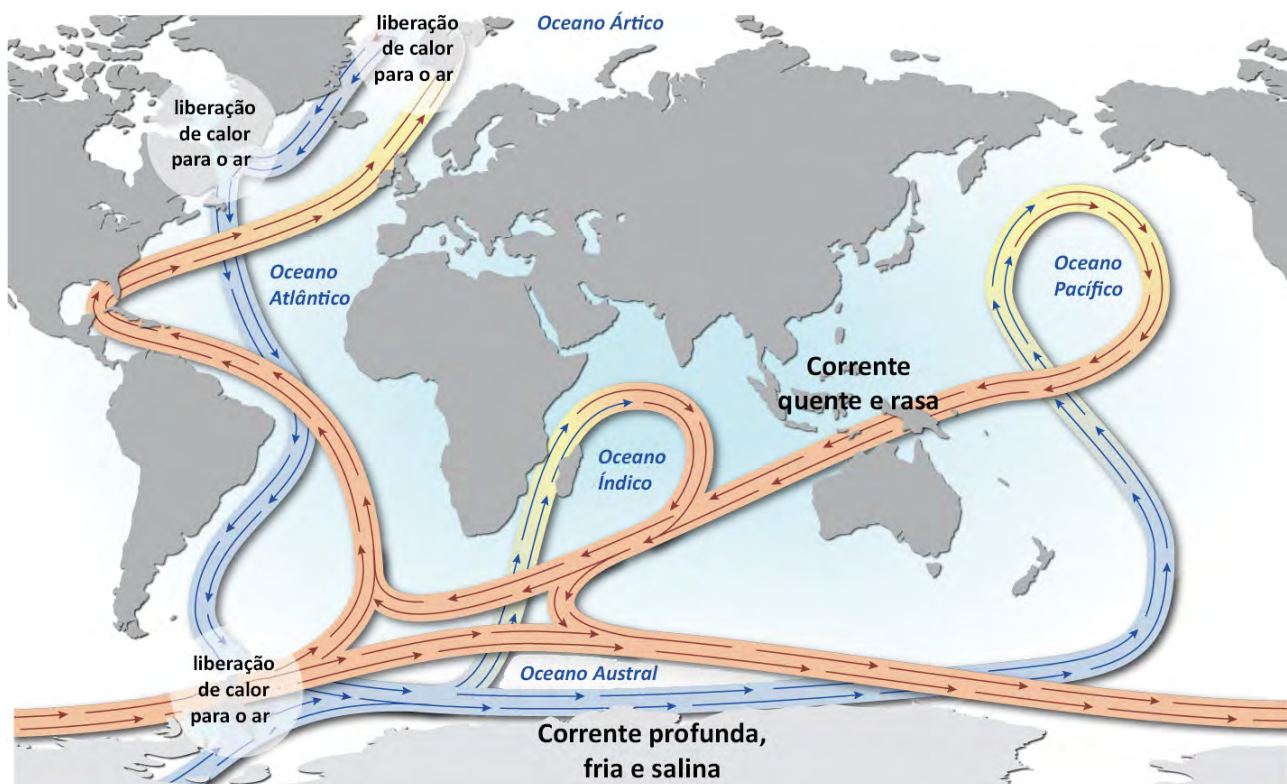


Figura 3 Circulação Termohalina regulando o clima global, liberando o calor do oceano para a atmosfera. Imagem por: Maphoto/Riccardo Pravettoni UNEP/GRID-Arendal, 2007

hidrológicos e regulatórios dinâmicos do planeta. Com o excesso de energia térmica absorvida pelo corpo d'água oceânico e o derretimento sem precedentes da água doce das camadas de gelo da Groenlândia (Resnick, 2017), o frágil equilíbrio entre a temperatura do oceano e a salinidade estava se desfazendo (Steffen et al., 2018). Essas condições eram inadequadas para um sistema de circulação termohalina estável, o que era essencial para manter a estabilidade termodinâmica do planeta. Sem a função de regulação climática do oceano, é impossível manter condições estáveis para a civilização humana (Zanna et al., 2019).

Mesmo quando estas interações ocultas entre vários pontos de inflexão começaram a ser melhor estudadas, as tendências de aquecimento continuaram em escalas incompreensíveis. Sistemas atmosféricos saturados com energia térmica fóssil e emissões ameaçavam os procedimentos de formação de nuvens. Se estes não fossem controlados, eles poderiam ter interrompido a formação de nuvens estratocúmulos em regiões específicas e afetado sua capacidade de refletir a radiação solar que ajuda a resfriar o planeta (Schneider et al., 2019). Se esse ponto de inflexão tivesse sido rompido, a temperatura da Terra teria subido mais 8 graus Celsius, além dos quatro graus de aquecimento causados diretamente pelo CO₂ (Schneider et al., 2019). Uma vez desfeitos, essas camadas de nuvens estratos-cúmulos só seriam reformadas na virada do século, e somente se as concentrações de CO₂ caíssem substancialmente abaixo dos níveis em que a instabilidade ocorreu pela primeira vez, com o fim do que foi chamado de cenário de emissões “business-as-usual”. (Wolchover, 2019). Além disso, oceanos mais quentes e com taxas de evaporação de superfície mais altas garantiram mais umidade na atmosfera, alterando os padrões globais de precipitação de forma incomum. O excesso de vapor de água de oceanos e corpos d'água mais quentes abriu caminho para inchar os chamados “rios atmosféricos” (Figura 4a, b).

Esses “rios” nas partes superiores da atmosfera agora carregavam um excesso de vapor de água, interrompendo a dinâmica da atmosfera e intensificando ainda mais os furacões, que por sua vez atingiam a Terra com muito mais energia do que nunca, à medida que tempestades costeiras e enchentes causavam estragos às comunidades anualmente (Smith, 2018). Extremos climáticos que ocorriam uma vez a cada cem anos, como tempestades e secas, tornaram-se muito mais comuns à medida que os padrões climáticos globais criaram classes inteiras de pessoas vivendo existências

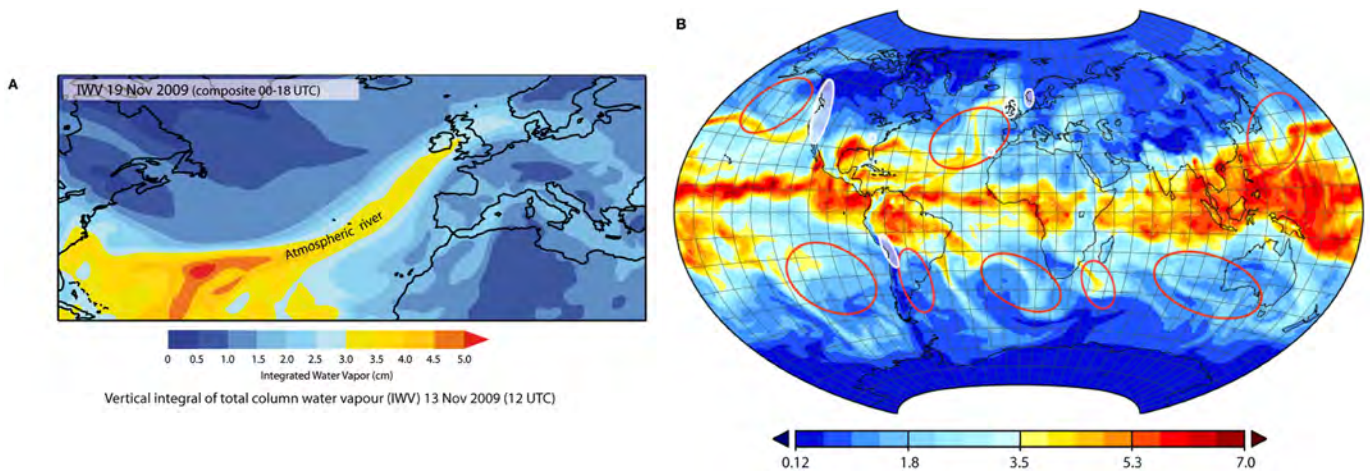


Figura 4a) Um rio atmosférico (RA) associado à precipitação extrema que afetou o Reino Unido em 2009. b) A imagem mostra uma distribuição geral das áreas de ocorrência de RAs (contornos vermelhos). Os contornos brancos mostram as áreas continentais onde os RAs estão ligados a precipitações extremas e inundações. Imagens de (Gimeno et al., 2014)

precárias. Com a intensificação das inundações e secas, a pressão sobre os sistemas alimentares mantidos pela chuva forçou muitas regiões a conflitos geopolíticos provocados pelo clima. É possível estudar como as mudanças climáticas abruptas no passado geológico influenciaram essas circulações hidrodinâmicas profundas, desde a circulação termohalina oceânica profunda até os rios atmosféricos e formações de nuvens estratos-cúmulos. A sabotagem desses sistemas, induzida pelo homem, revelou as complexas interações responsáveis pela estabilidade que os estados pré-industriais tinham como certa até meados do século XXI.

1.3. Biodiversidade Marinha

Com os oceanos absorvendo as emissões de CO_2 , foram relatadas mudanças drásticas na química fundamental das águas oceânicas do planeta – o pH das águas oceânicas de superfície em 2020 caiu 0,1 pH, um aumento sem precedentes de 30% na acidez em escala logarítmica (NOAA, 2020). Talvez em nenhum outro lugar a urgência das crises tenha sido mais aparente e dramática do que no impacto sobre a vida marinha, que se encontrava em um ecossistema profundamente alienante. Antes repletos de vida, os ecossistemas marinhos tornaram-se um ponto esquecido e esmaecido, um receptáculo morto para as externalidades da civilização humana (Xia, 2020). Um século depois, apesar de nossos melhores esforços, grande parte dessa acidez permanece em “zonas mortas” no oceano, onde os valores de pH são duas vezes mais ácidos. Em algumas dessas zonas, as únicas criaturas que ainda sobrevivem são as cianobactérias *Prochlorococcus* (Figura 5), que têm sido notavelmente resilientes ao aumento da acidez e do aquecimento.

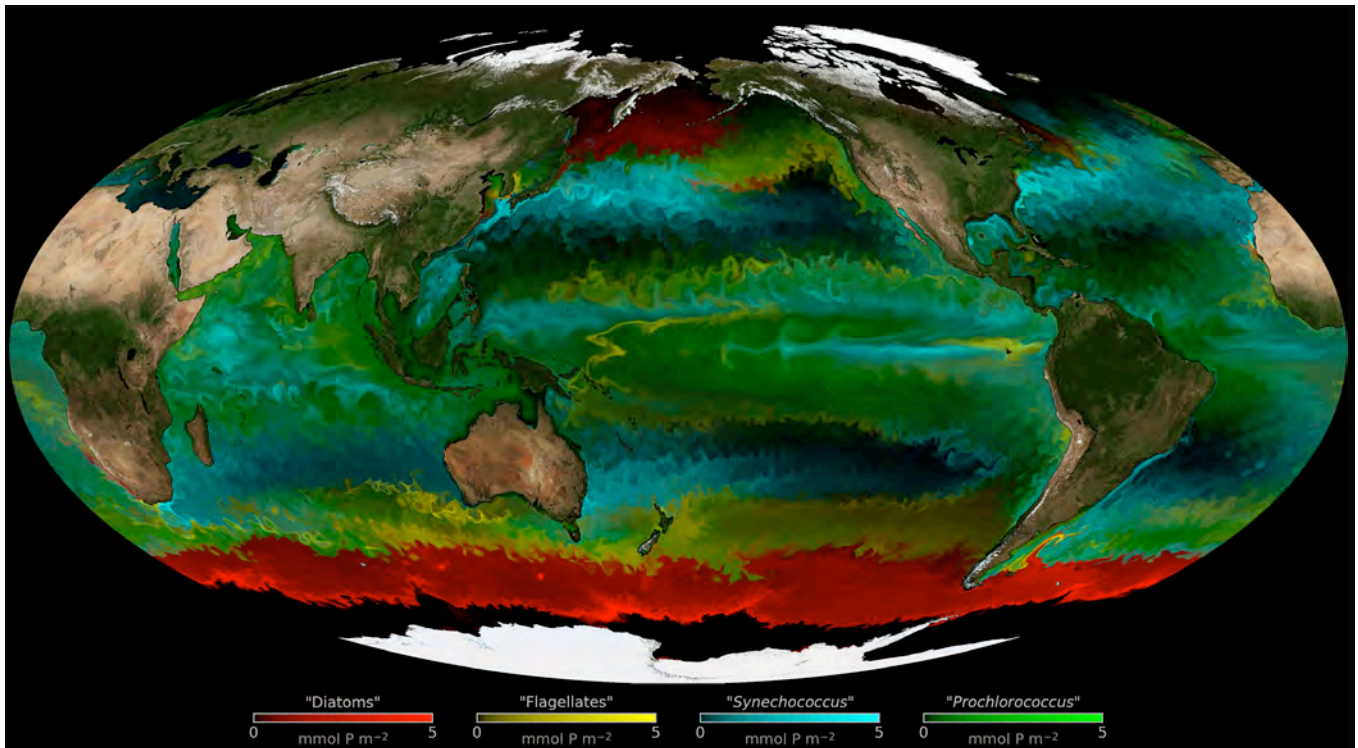


Figura 5. O “pasto invisível” marítimo mostra os tipos dominantes de fitoplâncton nos oceanos, com a soberania do *Prochlorococcus* na maioria do globo, e diatomáceas maiores próximas aos polos. Um modelo multianual mostra a distribuição dos quatro tipos de fitoplâncton. Crédito: MIT Darwin Project, ECCO2, MITgcm, Oliver Jahn (MIT), Chris Hill (MIT), Mick Follows (MIT), Stephanie Dutkiewicz (MIT), Dimitris Menemenlis (JPL), 2015

Os oceanos são chamados hoje de ‘pulmões’ do planeta por causa dos serviços ecossistêmicos de espécies como a cianobactéria *Prochlorococcus*, responsável por 5% da fotossíntese global, sequestrando dióxido de carbono. Ela continua a ser um motor planetário da evolução, tendo alimentado a explosão do início da vida nos oceanos, e responsável por grande parte do oxigênio na atmosfera que respiramos (Pennisi, 2017). Embora seu renascimento em pastagens oceânicas como zonas críticas de biodiversidade tenha mantido a biodiversidade marinha à tona, elas tiveram que se adaptar e sobreviver a um oceano mais quente e acidificado, e se recuperar da destruição do ecossistema do passado. No entanto, quando pensamos nos ecossistemas de recifes de coral, a história muda de figura: eles eram mais vulneráveis à acidificação e aquecimento dos oceanos induzidos pelas mudanças climáticas. Dada a intensificação crescente desses parâmetros, os corais sofreram grandes “eventos de branqueamento” no final do século 20 e início do século 21, à medida que continuavam a ser dizimados pelo feedback climático agravado pelas ações humanas. Os corais foram mortos por causa do calor, devido ao rompimento da relação simbiótica entre as algas e os pólipos de coral — e só não foram extintos graças a intervenções drásticas. As mudanças nos oceanos foram muito avassaladoras para os corais se adaptarem, por conta do acréscimo de estressores indevidos na fisiologia dos corais e outras espécies de algas calcificantes. Essas espécies mostraram pouca ou nenhuma evidência de que a aclimação a esses novos estados ácidos seria possível. A acidificação abrupta interrompeu seus mecanismos de calcificação pelos quais as estruturas de carbonato de cálcio poderiam ser formadas (Comeau et al., 2019; Cornwall et al., 2021; Kyriaku et al., 2089).

O declínio acelerado de corais chamou a atenção para a condição devastadora da biota marinha encurralada por mortes causadas pelo calor e exacerbadas por outros fatores, como a destruição do habitat pela pesca de arrasto industrial no fundo do mar e pela pesca excessiva. Assim, esses ecossistemas de recifes enfraquecidos que preservam a biodiversidade marinha reduziram-se para cerca de um quinto de sua cobertura anterior com 1,5°C de aquecimento. Esses ecossistemas pareciam estar a caminho da extinção, com altas taxas de mortalidade de corais em episódios de branqueamento maciço (Figura 6). Desde a década de 1870, mais de dois terços dos corais vivos nos recifes foram perdidos, acelerados por perdas devido ao colapso climático, enquanto a inação reforçou ainda mais outros pontos de inflexão climáticos (Díaz et al., 2019). Como argumentamos em seções posteriores, sua reabilitação exigiria mudanças monumentais nos esforços humanos dedicados à restauração da comunidade para rejuvenescer e reviver esses processos de calcificação.

A situação dos recifes de coral levou ao declínio de outros ecossistemas marinhos frágeis, ilustrando em termos nada sutis o início da Sexta Extinção em Massa. A industrialização da pesca no século XIX acelerou os declínios extraordinários na disponibilidade de peixes que vivem no fundo das águas, causando uma reorganização profunda de seus ecossistemas. Por exemplo, em um século, a caça às baleias matou cerca de 2 milhões de baleias de barbatanas, levando consigo o estrume rico em ferro que fertilizava águas empobrecidas e que criava os circuitos de retroalimentação das ricas redes alimentares que esta mesma pesca explorava. Quando as populações de baleias foram caçadas, os ecossistemas ricamente biodiversos que dependiam delas entraram em colapso, transformando-os em desertos marinhos (Yong, 2021). A pesca industrial tornou-se igualmente notória por destruir a biodiversidade marinha ao longo dos séculos XX e XXI com as suas capacidades aceleradas, utilizando infraestruturas de combustíveis fósseis, à medida que a mecanização e os ganhos de eficiência aumentaram as capacidades de expansão industrializada, permitindo uma exploração econômica desenfreada da vida oceânica (York, 2017). A prática agora

obsoleta de “arrasto de fundo” era responsável por mais emissões do que as viagens aéreas na época, liberando quantidades sem precedentes de 1 gigaton de CO₂ por ano (Sala et al., 2021). Estes eram também os métodos de pesca menos rentáveis existentes, e não teriam sobrevivido sem subsídios econômicos. No início do século 21, cerca de metade dos estoques de peixes foram classificados como superexplorados e mais da metade das áreas oceânicas estavam sujeitas à pesca industrial. A pesca industrial para exportações globais reduziu as capturas globais de peixes, apesar de expandir geograficamente e penetrar em águas mais profundas (Díaz et al., 2019). A pesca estava varrendo migalhas do que costumavam ser celeiros prósperos para as comunidades costeiras.

Os relatórios de biodiversidade consequentes sinalizaram que muitas populações de peixes em declínio se moviam em direção aos polos por conta do aquecimento do oceano, levando a extinções drásticas de espécies locais nos trópicos, o que estressava ainda mais os ecossistemas locais e a segurança alimentar nessas regiões (Díaz et al., 2019). No entanto, observou-se que essa migração não aumentou a biodiversidade



Observação do Recifes de Coral NOAA -Área máxima de alerta de branqueamento de coral via satélite 5km - Junho 2014 a Maio 2017

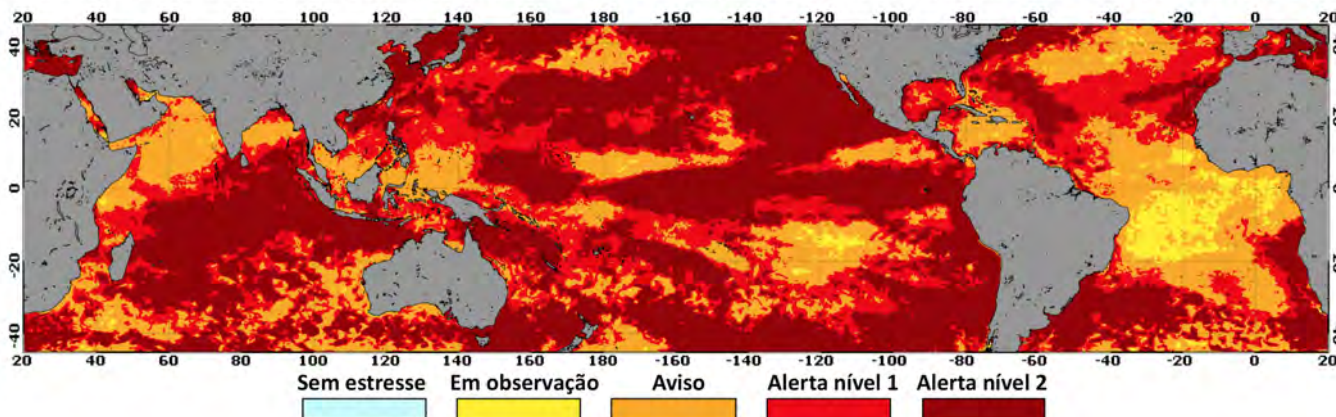


Figura 6 Acima: Um coral descolorido. Imagem por XL Catlin Seaview Survey. Abaixo, a área de alerta de branqueamento de corais do satélite NOAA Coral Reef Watch, mostrando o estresse térmico máximo durante o Terceiro Evento Global de Branqueamento de Corais de 1º de junho de 2014 a 31 de maio de 2017. O estresse térmico de nível 1 indicou um branqueamento significativo de corais. Mais de 70% dos recifes de coral em todo o mundo sofreram estresse térmico, causando branqueamento e/ou mortalidade durante o evento global de três anos. Imagem por NOAA Coral Reef Watch, 2017

nos mares polares, devido ao rápido declínio no gelo marinho e nos verões árticos sem gelo, juntamente com a acidificação do oceano de águas frias. Com as águas costeiras com os mais altos níveis de metais e poluentes orgânicos persistentes de descarga industrial e escoamento agrícola até então registrados, os efeitos severos do excesso de concentrações de nutrientes em locais específicos deterioraram a biota dos peixes e do fundo do mar (Díaz et al., 2019).

Esses mesmos ecossistemas forneceram um santuário para os corais sobreviverem ao branqueamento (Greenwood, 2015) e sustentaram a pesca das comunidades costeiras (Sato et al., 2005). Estes ecossistemas de manguezais e corais atuaram como barreiras marítimas protegendo as comunidades de intensos furacões na região, absorvendo a energia das subseqüentes tempestades e do aumento do nível do mar (Blankespoor et al., 2017). No entanto, as perdas e a deterioração desses ecossistemas marinhos reduziram drasticamente tanto a capacidade de proteção das linhas costeiras e das pessoas e espécies que ali viviam contra tempestades e furacões, quanto sua capacidade de fornecer meios de subsistência sustentáveis (Díaz et al., 2019). Assim como a proporção cada vez maior de estoques de peixes marinhos e

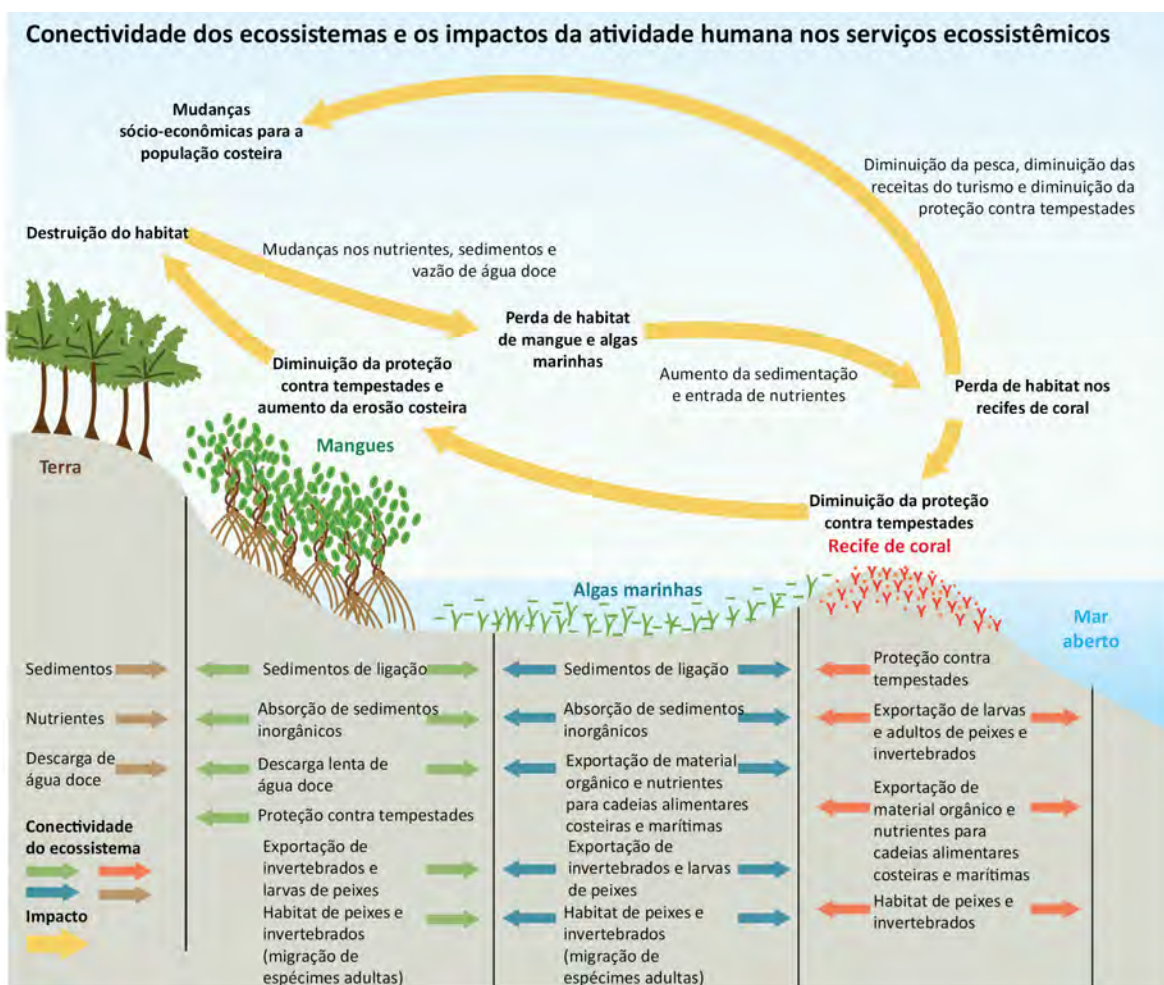


Figura 7 Diagrama mostrando a conectividade do ecossistema entre manguezais, ervas marinhas e recifes de coral. A conectividade ecológica e física entre os ecossistemas é descrita para cada ecossistema: terrestre (setas marrons), manguezais (setas verdes), ervas marinhas (setas azuis) e recifes de coral (setas vermelhas). Os feedbacks potenciais entre os ecossistemas dos impactos de diferentes atividades humanas nos serviços ecossistêmicos também são mostrados (setas amarelas). Fonte: (Silvestri & Kershaw, 2010)

espécies economicamente importantes se tornaram sobrepescados, os serviços dos ecossistemas marinhos em todo o mundo diminuíram drasticamente de outras maneiras (Figura 7). As cidades costeiras de todo o mundo eram devastadas em um ritmo alarmante por mudanças no uso do mar, como o desenvolvimento costeiro, a aquicultura offshore, a maricultura e arrasto de fundo e as mudanças no uso da terra, como o desmatamento e a expansão urbana ao longo das costas, juntamente com a poluição de rios e poluição de fontes terrestres das nascentes em diante (Díaz et al., 2019). Em nome de um desenvolvimento urbano do litoral, a remoção da proteção ecológica local tornou essas costas mais vulneráveis às mudanças climáticas, agravadas por furacões e tempestades.

Com o aumento do nível do mar, as áreas costeiras antes protegidas por essas proteções naturais foram consistentemente pavimentadas e substituídas por infraestruturas técnicas caras. Essas infraestruturas incorreram em altos custos futuros e não conseguiram fornecer benefícios sinérgicos, como habitats de berçário para peixes comestíveis ou oportunidades recreativas como as dos métodos naturais contra tempestades (Díaz et al., 2019). A dizimação deliberada de habitats costeiros erodiu ainda mais seus serviços ecossistêmicos, ao mesmo tempo em que as temporadas de furacões se intensificaram e atingiram litorais sensíveis ano após ano. A intensificação das temporadas de furacões ameaçava ainda mais os estuários e deltas, habitats essenciais para o florescimento da biota marinha e das economias regionais (Díaz et al., 2019; Penney, 2020). Esse forçamento persistente do planeta em direção aos estados voláteis atuais criou condições altamente precárias para a maior parte da vida na Terra (Raabi et al., 2073; Steffen et al., 2018). Naquele período, não havia indicadores na literatura científica de que essas pressões evolutivas rapidamente intensificadas levariam ao desenvolvimento de novos traços evolutivos que pudessem ajudar os organismos a se adaptarem adequadamente. É necessário lembrar que esses ecossistemas raramente experimentaram tais estressores existenciais, a não ser no cenário de um evento de extinção. O século passado viu a integridade de seus ecossistemas sobrecarregada e atrapalhada para sustentar e nutrir a própria vida, sem falar nas medidas dos serviços ecossistêmicos que eles poderiam fornecer às sociedades humanas.

1.4. De emaranhados de água doce e dos reais custos humanos

O destino dos oceanos permaneceu entrelaçado com os ecossistemas de água doce e com os ecossistemas terrestres sobrecarregados. Enquanto os rios atmosféricos desviavam a umidade e energizavam furacões e tempestades cada vez mais poderosos, a circulação atmosférica, tais como os padrões de fluxo de jato, também estava sendo interrompida (Masters, 2019). Grande parte do suprimento global de alimentos na época dependia de mais da metade dos aquíferos de água doce ameaçados ao redor do mundo — e eles, por sua vez, dependiam da estabilidade dos padrões globais de precipitação. O colapso do clima trouxe mais declínios e interrompeu os padrões de precipitação, causando ondas de calor e seca extremas e inundações acentuadas, com consequências duradouras para o esquema “just-in-time” do sistema globalizado de produção e distribuição de alimentos, que não tinha resiliência para se adaptar a tais condições precárias (Min & Devi, 2052).

A região do Hindu-Kush é o melhor exemplo de como a escala humana foi enredada nas crises que o projeto das Reparações Azuis pretendia abordar (UNCAC, 2044). Em meados do século, as geleiras do Himalaia enfrentavam um derretimento acelerado de sua criosfera, desencadeado por ondas de calor sem precedentes que engolfaram a região anualmente, afetando severamente o derretimento glacial que fornecia água doce a bilhões de pessoas a jusante. Com o encolhimento das geleiras do Himalaia,

as águas subterrâneas e os lagos começaram a secar rapidamente. As monções indianas que os reabasteciam começaram a se desviar (Steffen et al., 2018). Com o recuo drástico das geleiras das montanhas da região do Hindu Kush-Himalaia (Figura 8 a), bilhões de pessoas estavam sedentas por água em uma região historicamente referida como “o terceiro polo” ou “a torre de água da Ásia” (Figura 8 b). Variações sensíveis ao clima de derretimentos glaciais e fluxo de precipitação de mudanças nos padrões de monções indianas interromperam o fluxo dos rios Indus, Ganga e Brahmaputra. As taxas aceleradas de recuo das geleiras do Himalaia ameaçaram diretamente o sustento de bilhões de pessoas tanto a montante quanto a jusante em uma das regiões biodiversas mais férteis do mundo (Bolch et al., 2019).

Essas regiões outrora ricas em água eram a “cesta de alimentos” do mundo e abrigavam alguns dos locais de biodiversidade mais intocados do planeta. O degelo glacial do Himalaia expôs as dimensões globais da crise. Isso teve um custo humano inquantificável que foi pago pelos menos responsáveis, as populações mais vulneráveis vivendo em uma ordem social injusta (Carleton, 2017). Os movimentos de resistência a esses desenvolvimentos avisaram sobre tais infraestruturas e sobre as causas do desmoronamento desses delicados ecossistemas de água doce às custas da saúde, sustento e amenidades das comunidades locais (Gadgil & Guha, 1994; Juma & Watene, 2041). As lutas ecológicas na região servem como um lembrete para quem tenta entender o falso binarismo contencioso entre preservar a ecologia ou buscar o progresso. Muitas vezes, esses ecossistemas sagrados foram represados para eletricidade, explorados para irrigação da agricultura industrial ou usados para escoar efluentes industriais por meio de arranjos coloniais e neocoloniais. Os resíduos de metais tóxicos e efluentes haviam se espalhado por toda parte.

Sob a velha guarda, a industrialização extrativa sintonizada com o crescimento em si se confundia com as intenções de desenvolvimento e como uma medida de progresso. Nessa narrativa, as complexidades dos ecossistemas de água doce foram varridas por um fervor quase entusiástico pelo desenvolvimento. No entanto, como muitos outros ecossistemas da época, a narrativa implicava a redução e a mercantilização desses ecossistemas vivos como meros recursos. Um dos grandes mitos da época era que a água era um bem escasso como qualquer outro, e que, portanto, era necessário cobrar pelo acesso. Sob essa lógica, isso se tornou uma

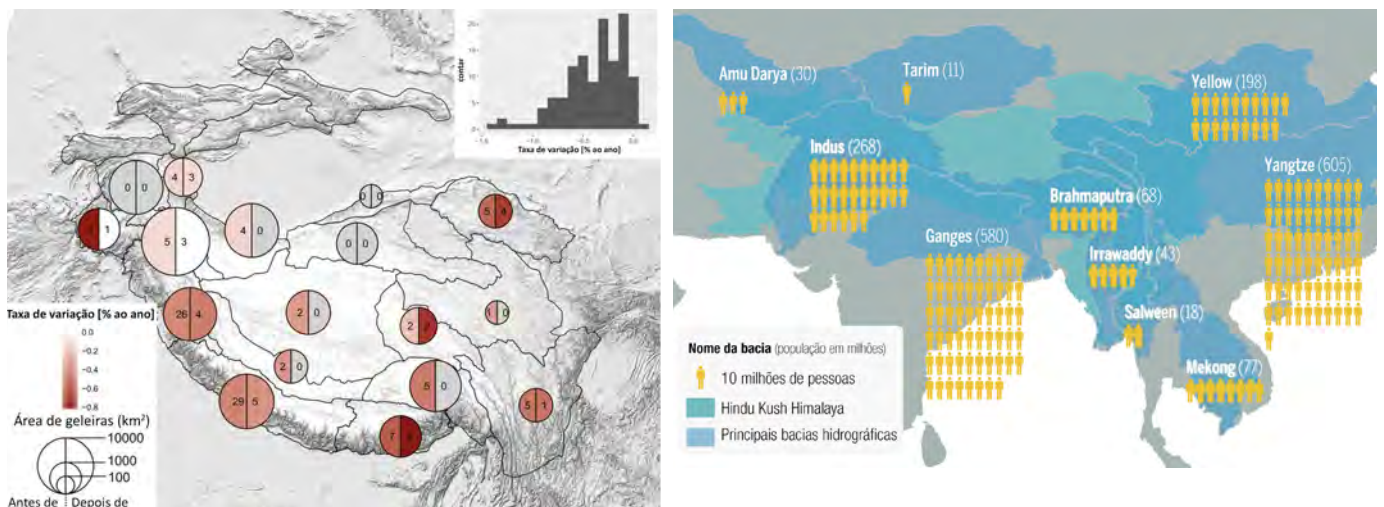


Figura 8 a) Perda de cobertura dos glaciares da cadeia de montanhas Hindu Kush-Himalaia. Imagem de Bolch et al., (2019). b) O impacto humano das bacias alimentadas pelos glaciares do Hindu Kush. Imagem de Scott et al., (2019)

profecia auto-realizável. No início do século, um quinto da água doce do mundo era utilizada para a rápida urbanização e expansão das capacidades industriais em todo o mundo. Com “progresso” e “desenvolvimento” como sinônimos de industrialização, um quinto da água doce globalmente foi usada na rápida urbanização e expansão das capacidades industriais em todo o mundo. Sob este programa, isso também se tornou uma profecia auto-realizável. A invasão do tecido urbano na capacidade de água doce provou ser um experimento de curto prazo, pois os espaços urbanos enfrentaram a escassez de água subterrânea devido à superexploração (Rodada, 2019). Como resultado, o início do colapso climático alterou drasticamente os volumes de fluxo sazonais, reduzindo os escoamentos glaciais e os fluxos diminuídos nas sub-bacias juntamente com o declínio dos fluxos pré-monções, ameaçando de maneira significativa a irrigação, a energia hidrelétrica e os serviços ecossistêmicos.

Talvez esses serviços ecossistêmicos fornecidos pela natureza pudessem ser substituídos. Por exemplo, a água potável de alta qualidade poderia ser obtida de ecossistemas artificiais de zonas úmidas que filtram poluentes, ou por meio de instalações de tratamento de água projetadas pelo homem. No entanto, os ecossistemas naturais estavam sendo dizimados muito mais rápido do que jamais poderiam ser substituídos (Díaz et al., 2019). A região de Hindu-Kush nos dá um vislumbre das altas taxas de declínio da maioria das águas interiores, pântanos e ecossistemas de água doce do planeta na época. Curiosamente, a mesma dinâmica de precipitação que alimentava o gelo de rios e lagos, juntamente com geleiras e calotas polares com suas áreas e volumes menores, reagiu de forma relativamente rápida aos efeitos climáticos, influenciando os ecossistemas e as atividades humanas em escala local (Díaz et al., 2019). Os serviços ecossistêmicos também revelavam emissões anteriormente não contabilizadas da decomposição microbiana subaquática de matéria orgânica em lagoas e ecossistemas lacustres espalhados pelo mundo (Boycott-Owen, 2019; Kraemer et al., 2021).

No século 21, muitos dos frágeis ecossistemas de lagoas, rios e lagos do mundo carregavam consigo as cicatrizes de tais desenvolvimentos, às vezes até literalmente esfacelando-se debaixo de tal peso. As infraestruturas das barragens envelheceram ao ponto de se deteriorarem. Com emergências climáticas mais frequentes, essas infraestruturas em ruínas se tornaram um desastre ecológico esperando para acontecer (Pearce, 2021). Essas infraestruturas prometiam garantir a soberania hídrica, mas a segurança energética com energia hidrelétrica estava causando mais danos a longo prazo. O esquema estava alterando os habitats de todos os organismos de água doce, bloqueando as migrações de peixes, causando fragmentação e degradação contínuas de habitats e exigindo requisitos de infraestrutura cada vez maiores para permanecerem funcionais. Quase metade de todos os rios com mais de mil quilômetros permaneciam fluindo livremente em toda a sua extensão, muitas vezes apenas em regiões remotas que foram rapidamente invadidas (Pearce, 2021).

Além disso, apesar das promessas de progresso e eficiência, mais de 80% das águas residuais globais foram despejadas no meio ambiente sem tratamento. Cerca de 300 a 400 milhões de toneladas de metais pesados, solventes, lodo tóxico e outros resíduos de instalações industriais foram despejados nas águas do mundo por ano. A aplicação excessiva de fertilizantes agrícolas fez com que as toxinas do escoamento de campos e fazendas entrassem nos ecossistemas de água doce e costeira, produzindo zonas de hipóxia que dizimaram a vida marinha (Díaz et al., 2019). As mudanças globais precárias nos ciclos hidrológicos ameaçaram as infraestruturas essenciais de água, irrigação e saneamento, tornando as sociedades mais vulneráveis e agravando as fragilidades sociais, tensões, violência e conflitos existentes. Afinal, a

segurança hídrica implicava a capacidade das populações de salvaguardar o acesso sustentável a quantidades adequadas de água potável para se adaptarem a uma maior variabilidade climática e hidrológica. Dada a natureza crítica da urgência, as sociedades precisavam trabalhar para estimular com sucesso a segurança hídrica transfronteiriça e a cooperação regional. No entanto, neste clima, estas mesmas estruturas políticas geoespaciais passavam por crises.

1.5. As crises da imaginação: sem caminho, sem retorno e sem saída

O que estava sendo decretado na hidrosfera vivificante do planeta era apenas um reflexo das crises na sociedade humana. Nesse período, as relações sociais se mercantilizaram e as buscas pela acumulação atingiram os limites físicos da biosfera. Uma profunda alienação se instalou no coração do corpo social mais amplo, e a civilização humana começou a se canibalizar (Forbes, 2010). Pelo que podemos depreender, foram raras as tentativas de contabilizar as consequências desta alienação profunda. Ela poderia muito bem estar escondida à vista de todos, dado o quão tremendamente normalizada ela havia sido. Suas consequências, no entanto, eram bem visíveis na paralisia da imaginação social que buscava a aniquilação total dos outros humanos e não humanos. Essa disposição às vezes tomava a forma de uma desintegração do discurso social, da regressão na mobilidade social e, mais fundamentalmente, até mesmo do colapso das instituições sociais de cuidado (Sarnai & Solongo, 2118). A frase “apartheid climático” passou a ser aplicada para definir essa era em que tais contorções exacerbavam ainda mais as desigualdades socioeconômicas, mesmo quando confrontadas com uma biosfera em colapso (Carrington, 2019b) – a humanidade estava em guerra consigo mesma..

As sociedades agora desiludidas não conseguiam se ver como participantes do processo de civilização, ou melhor, não se viam como uma civilização digna de ser salva (Ponkh, 2031; Zerrano, 2036). Muitos movimentos nacionalistas violentos surgiram durante esse período, corroendo ainda mais os contratos sociais e rompendo os limites ecológicos junto com eles. Esse período inicial minou os direitos à vida, à água, à alimentação, à moradia, à democracia e ao Estado de Direito de bilhões de pessoas. Esses regimes geopolíticos movidos a fósseis da época minaram sistematicamente as fundações democráticas e negaram contratos sociais básicos em face de uma aceleração climática e crises ecológicas sob empreendimentos escrupulosos (ICC, 2039). Parecia que o mundo era mantido unido meramente por alucinações em massa e pela ameaça de violência (Tlouse & Wakkari, 2130). Estudos posteriores revelaram que essas reações serviam para ofuscar o fato de que a economia global já estava explodindo, atingindo os limites planetários de acumulação de capital - a taxa decrescente de lucros, novas fronteiras limitadas para o crescimento e a exaustão dos bens ecológicos existentes. Alex & Mehrawi, 2080; Anh, 2028).

Curiosamente, desprovidos de ideias melhores, muitos desses mecanismos acabaram recriando os mesmos padrões responsáveis pelas crises em primeiro lugar. Mesmo quando cientistas climáticos de todo o mundo avisaram sobre o derretimento do Ártico (Jansen et al., 2020; Wadhams, 2017), as economias de combustíveis fósseis viram o derretimento dos polos como uma oportunidade para extrair novos recursos de petróleo em áreas anteriormente inacessíveis sob o gelo (Crowley & Rath, 2020; Dunn, 2019). Essa busca de nova exploração de petróleo e gás no Ártico era ilegal sob vários estatutos constitucionais soberanos (ICC, 2039; Joselow, 2021; Sjøfjell & Halvorssen, 2016). Em outros lugares, a corrida em direção às energias renováveis também deu início a uma corrida silenciosa de programas de mineração em alto mar, ameaçando a limpeza dos ricos leitões oceânicos carregados de biodiversidade para

extrair metais de terras-raras na forma de nódulos polimetálicos (McCarthy, 2020). Os regimes econômicos ficaram cada vez mais desesperados para encontrar uma fonte estável de recursos planetários para se manter à tona em climas em declínio, tentando recorrer a agressões militares sobre recursos para garantir as condições para continuar a ordem global ecocida anteriormente estabelecida (Ahmed, 2020).

Essencialmente, essas ordens sociais baseadas nas economias de guerra com a natureza também estavam em guerra consigo mesmas. Os plásticos, os aclamados materiais de engenharia derivados do petróleo bruto fóssil, percorreram o sistema planetário e retornaram aos humanos como microplásticos. Com os ciclos rápidos de consumo de bens, não demorou muito para que grande parte do planeta estivesse nadando em plástico descartado (Samy, 2129). Uma vez no mar, a luz solar, o vento e a ação das ondas aceleraram sua decomposição em pequenas partículas: os microplásticos (MPs) (A. Thompson, 2018). Seus efeitos foram observados em ambientes aquáticos que se infiltram nas teias alimentares terrestres, de água doce e oceânicas, saturando todos os ecossistemas vivos do planeta ao longo do caminho (Barrett et al., 2020; Botterell et al., 2019; A. Thompson, 2018) . Esses materiais não biodegradáveis eram vetores de poluentes ambientais, eventualmente retornando e sendo ingeridos por humanos em alimentos e fontes de água. Os microplásticos estavam se acumulando em tecidos e órgãos humanos, como a placenta (Carrington, 2020; Ragusa et al., 2021) ou mesmo afetando a fertilidade humana com produtos químicos que agiam como desreguladores endócrinos (D'Angelo & Meccariello, 2021). O que a circulação de microplásticos fez foi prejudicial à saúde animal e humana a longo prazo. A lição mais óbvia, portanto, era que dentro das circulações maiores de sistemas hidrológicos dentro de limites planetários finitos, todo ecossistema era tanto uma foz quanto uma nascente.

É válido perguntar se essa lição valiosa poderia ter sido aprendida de uma maneira menos cataclísmica. No entanto, algumas questões expuseram contradições e complicações mais do que outras. A civilização humana é tão frágil ou resiliente quanto a imaginação humana e, por extensão, quanto sua natureza humana e não-humana permitia que ela fosse. Havia uma sensação de que um mundo diferente poderia ter sido possível. No entanto, sem mudanças previsíveis ou acionáveis nos fundamentos do que já foi chamado de vida civilizada, as linhas de base para a ação climática continuam mudando, e o mundo, ao que parecia, preferiria ser “administrado” até a extinção (Tlouse & Wakkari, 2130). Talvez o fato de grande parte do sistema econômico global do século passado ter um elaborado ritual global de negação do clima não pareça tão surpresa assim. Seja pela abolição total ou pela Sexta Extinção em Massa, a era da extração de fósseis estava para terminar.

2. Água é Vida: Reparações Dignas Desse Nome

Considerando como as referências para a ação climática estavam em constante mudança, e também levando em consideração a ampliação das crises e a legitimidade do colapso das instituições globais, não demorou muito para que insurreições climáticas começassem a surgir em todo o mundo. Apesar da repressão e genocídio brutais, os defensores ancestrais da terra e da água e outros cúmplices indígenas do planeta estavam na vanguarda. Essas linhas de frente dos movimentos de justiça climática não podiam mais ser subjugadas pela força, inspirando novas esperanças entre aqueles nas chamadas “margens”, recuperando a soberania e reivindicando terras ancestrais novamente (Juma & Watene, 2041; UNCAC, 2043). As comunidades mais afetadas pelas crises também começaram a recuperar o poder democrático, unindo-se umas às outras. Suas ações forçaram essas instituições a se apresentarem como iguais em assembleias climáticas e conselhos climáticos

cidadãos. As Assembleias Climáticas Globais (AGCs) faziam parte das muitas redes de coalizões de ação climática que surgiram espontaneamente com a promessa de novas democracias alternativas e construção de consenso (Dirik & Chen, 2029).

Esta época, vista como um período de reanimação, marcou a união das coalizões globais de justiça climática para sustentar e regenerar os bens comuns em uma aliança mutuamente respeitosa com as culturas indígenas (Tlouse & Wakkari, 2130). Os defensores ancestrais da terra e da água tiveram importância crítica nestas transformações, e suas vitórias garantiram direitos soberanos da natureza (UNCAC, 2056) em uma tentativa de enfrentar de frente os desafios que o mundo sofria, dado o cenário. (Wehi et al., 2021). Com terras e águas soberanas devolvidas aos movimentos indígenas de libertação da terra, as economias industriais buscaram um esforço mais concentrado na época em que medidas drásticas de decrescimento foram instituídas (Tlouse & Wakkari, 2130). O Projeto das Reparações Azuis foi formulado especificamente por muitos desses conselhos climáticos globais para restaurar e regenerar ecossistemas de água doce, marinhos e glaciais (UNCAC, 2044). Este projeto foi um complemento do programa de Reparações Climáticas (CLIMAREP, na sigla original em inglês), com quadros holísticos de política de ação climática e transformações institucionais possibilitadas pelas bases estabelecidas por coalizões autônomas de Terras Indígenas e Defensores da Água, trabalhando com programas de soberania nativa e biorremediação (UNCAC, 2043).

A estrutura institucional global estava mudando, com economias desacelerando com decrescimento planejado e serviços sociais universais estabelecidos (Coote, 2021). Junto com uma semana de trabalho muito reduzida (Fabre, 2032), foram implementados protocolos de Renda de Vida Universal globalmente equitativos. Estes incentivos foram complementados com jubileus simultâneos de dívidas, que cancelaram dívidas financeiras de grande alcance (Hampton & Kuruvila, 2092). Esses mecanismos finalmente afastaram o trabalho produtivo global das indústrias de serviço da dívida, notórias por criar ciclos de turbulências econômicas e climáticas. Em pouco tempo, pessoas de todas as esferas viram melhorias notáveis na qualidade de vida, com uma existência cotidiana dissociada do valor econômico. Essas ações aliviaram dramaticamente algumas das tensões políticas causadas pela extrema desigualdade econômica, algo que era considerado impossível, além de aliviar as pressões sobre as classes trabalhadoras e marginalizadas envolvidas na chamada economia do cuidado (Lai, 2056; Mirza, 2067). Essas coalizões interseccionais dos movimentos de abolição clamavam por uma “harmonia coletiva” em vez de guerra e armas de destruição em massa, pela abolição de instituições globais e locais de dominação e opressão, a abolição da semana de trabalho e do trabalho alienante – construindo uma “liberdade genuína digna desse nome” (Hampton & Kuruvila, 2092). Essas coalizões climáticas prefiguram as condições para que uma civilização do século 22 “digna desse nome” emergisse à medida que a renovação dos contratos sociais e garantias sociais estavam em andamento ao redor do mundo (Lai, 2056; Mirza, 2067).

Viver em um mundo desvinculado do impacto climático material dos sistemas econômicos sem colapso social acabou se tornando algo concebível, e isso foi fundamental para criar um impulso para a ação climática. Essa dissociação reduziu drasticamente as pressões civilizacionais sobre os ecossistemas planetários, realinhando as prioridades socioeconômicas que se concentraram em melhorar radicalmente as medidas de qualidade de vida das sociedades humanas e abordar as liberdades sociais essenciais que haviam sido corroídas e descumpridas em regimes anteriores.

2.1 Bens Tecnológicos Comuns e a Questão da Tecnologia Aberta

Os movimentos do impulso social e cultural seguiam na direção da ação climática coletiva. Ao mesmo tempo, a regeneração ecológica também trouxe questões sobre como sustentar e permanecer no curso dessas mudanças a longo prazo. A questão do desenvolvimento tecnológico, no entanto, seguiu sendo uma preocupação. O que seria necessário para criar os avanços tecnológicos para fazer a transição das infraestruturas tecnológicas essenciais até então integralmente dependentes de combustíveis fósseis? O otimismo tecnocrático daquela época era exacerbado e muitas vezes acrítico em relação à extensão do quanto as estratégias tecnológicas poderiam permitir a mitigação climática rumo ao século 22 (Keyßer & Lenzen, 2021). No entanto, mesmo não sendo um tecno-otimista, ter uma compreensão das mudanças pode ser essencial para testemunhar os desenvolvimentos tecnológicos ao longo do século passado.

O superdesenvolvimento tecnológico da era industrial não foi acompanhado de uma reflexão profunda sobre as realidades sociais em constante mudança por causa das crises climáticas e ecológicas. Até meados do século XXI, uma economia planejada e industrializada de alta tecnologia só era possível com o apoio direto e indireto das economias de guerra imperiais. Esses canais forneceram a base para grande parte da pesquisa fundamental que levou a profundas descobertas tecnológicas nas sociedades industriais, impostas por orçamentos de guerra inflados e cooptados em monopólios corporativos (Noble, 1977; Ubumwe, 2014). O acesso à mercantilização dessas descobertas foi permitido como uma decisão direta dos programas econômicos nacionais de criar monopólios competitivos para os agentes privados do que era essencialmente pesquisa financiada com recursos públicos, ou seja, os bens comuns. Essa dinâmica formou as bases para as economias de guerra competitivas de alta tecnologia nos últimos dois séculos.

Em última análise, esses programas reforçaram uma corrida para expandir as capacidades de extração, acumulação e redistribuição dos bens comuns sociais, ecológicos e tecnológicos. No entanto, isso levaria a um excesso de produção, projetado para consumo afluente em todo o mundo (Noble, 1977; Thirumalai & Halden, 2007). O otimismo tecnológico também tendia a se apresentar como aquilo que carregava o peso de liderar a civilização para longe das preocupações confusas e problemáticas que assolam a humanidade. Era um cenário bem conveniente para se criar, caso fosse preciso ficar na linha de frente das “balas de prata” que matariam o ‘monstro’. Os saltos profundos nos avanços tecnológicos nesse período são indiscutíveis; no entanto, os ganhos dessas inovações para a sociedade em geral não criavam abundância, mas sim prejudicava a abundância. Esse período viu uma proliferação tecnológica na sociedade canalizada por meio de complexos mecanismos de mercado neocoloniais considerados extraordinariamente perdulários e ineficientes, mesmo para redistribuição social (Chin, 2019; Thirumalai & Halden, 2007). Quando confrontadas com condições climáticas e de colapso ecológico, essas “economias de guerra” de alta tecnologia tendiam a buscar padrões um tanto previsíveis de “uma guerra de todos contra todos” para preservar uma ordem hegemônica de dominação e controle (Ahmed, 2020; Thirumalai & Halden, 2007). Não havia recursos suficientes para manter toda a sociedade global a par desses avanços na tecnologia. Mesmo se desconsiderarmos que as chamadas “soluções de bala de prata” podem não ser necessariamente uma coisa boa, pode-se argumentar que o propósito de tais sistemas, além de suas reivindicações, nunca foi destinado à emancipação em massa em primeiro lugar. Em vez disso, as reparações climáticas exigiram a criação e sustentação de infraestruturas resilientes ao clima de longo prazo, com foco na qualidade de vida, alimentadas por transições de energia verdadeiramente

renováveis em todo o mundo (Doon, 2035; Rahman et al., 2096).

Uma das maneiras de fazer isso foi instituir programas globais de transferência de tecnologia que acelerassem a proliferação e a transferência de conhecimento para infraestruturas resilientes ao clima. Com a aprovação dos atos de ecocídio e reparações forçadas e referendos sobre ações climáticas, ambos promovidos pelas assembleias públicas sobre o clima, as tecnologias renováveis se abriram a partir da propriedade intelectual fechada e obsoleta (Krets, 2048). Essas tecnologias foram construídas com pesquisas com financiamento público e não poderiam ser fechadas sob propriedade privada, já que isso violaria o acesso aos bens comuns e à resiliência climática. Mecanismos de transferência de tecnologia foram então implementados para abrir patentes e tecnologias industriais ao domínio público (Krets, 2048). Movimentos de tecnologia aberta eram livres para usar propriedade intelectual fechada (IP, na sigla original) para desenvolver infraestruturas de resiliência climática sem repressão legal.

Os programas de transferência de tecnologia também promoviam a distribuição e capacitação de tecnologias de produção, métodos de treinamento e técnicas para garantir a proliferação necessária de infraestruturas essenciais resistentes ao clima globalmente. Os fundos para reparações climáticas tinham como condições de uso a incorporação de uma estrutura de transição em nível municipal com centros de tecnologia autogerenciados por comunidades cooperativas que pudessem difundir as principais tecnologias inovadoras para as comunidades. Eles foram encarregados de “exaptar” – ou seja, reimaginar o propósito dessas tecnologias fósseis para funções sustentáveis de longo prazo. Inúmeras habilidades de capacidade de fabricação de alta precisão de tecnologias de consumo de alta tecnologia disponíveis na época, como as indústrias de semicondutores, aeroespacial e de guerra, também foram “exaptadas” e reaproveitadas para apoiar novos desenvolvimentos em infraestruturas climáticas essenciais (Krets, 2048).

Estes desenvolvimentos foram fundamentais para a capacitação dos Serviços Básicos Universais (Coote, 2021; Gough, 2019) por meio de vários meios para redirecionar recursos de economias de guerra destrutivas (Fabre, 2032). Curiosamente, as trajetórias de desenvolvimento que essas tecnologias deram certo, impulsionadas pelos movimentos criativos agora livres para participar de capítulos regionais de ciência cidadã trabalhando com design fundamental e academias de pesquisa, quando um sem-número de patentes se tornou disponível para necessidades sociais (Chen, 2031; Ngata, 2076). Isso estabeleceria as bases para as infraestruturas críticas que emergiram dos projetos de reparação climática e que viriam a apoiar os avanços tecnológicos globalmente (Bhim & Larsson, 2124; Khan & Shah, 2127; Ngata, 2076). Com a crescente plataforma institucional cooperativas de oficinas de fabricação municipal, movimentos de ciência cidadã e instituições de pesquisa desenvolveram os canais de fabricação e distribuição para essas infraestruturas climáticas essenciais dentro de redes comunitárias localizadas.

2.1.1 Tecnologias de Fabricação Biorremedial: Biomineralizadores

Quando a estrutura jurídica dos conceitos de IPs e patentes se tornou obsoleta e foi praticamente abolida com os atos de reparação (Bhim & Larsson, 2124), as infraestruturas industriais globais foram direcionadas e reequipadas para a produção de infraestrutura resiliente ao clima, cujos desenvolvimentos compilaram e abriram os bens tecnológicos comuns (Ngata, 2076). Acordos cooperativos, em vez de conflitos legais, moldaram o que viria a seguir. Falaremos sobre eles em alguns dos

movimentos de tecnologia aberta que moldaram as bases tecnológicas do século 22, onde designers e tecnólogos não estavam mais tentando projetar novos desejos de mercado. Em vez disso, essa polinização cruzada se concentrou na descoberta criativa de novas maneiras para construir sinergias regenerativas entre as necessidades humanas essenciais, sua pegada material e os limites ecológicos (Khan & Shah, 2127). Graças à transformação das redes de energia para a produção e distribuição de energia em nível municipal, e com as atividades industriais subjugadas, as infraestruturas de barragens envelhecidas puderam ser desmanteladas, começando pelas que representavam riscos tanto para os ecossistemas fluviais como para a habitação humana dependente delas (Hernandez et al., 2062). Essas ações comprovadamente reduziram a erosão do solo, a sedimentação e o escoamento de poluição em ecossistemas marinhos e de água doce a jusante, desenvolvendo notável resiliência aos choques induzidos pelo clima (Rahman et al., 2096).

As Zonas de Resiliência Climática (CRZs) já haviam estabelecido um impulso para uma abordagem holística, regenerativa e agroecológica dos movimentos de recuperação do ecossistema terrestre e da biodiversidade (Hernandez et al., 2062). A integração adequada de infraestruturas resilientes ao clima melhorou consideravelmente os sistemas de navegação. Ao mesmo tempo, o controle de enchentes complementou antigas práticas indígenas de manejo de áreas úmidas, além de recuperar pântanos e viveiros urbanos e reviver aquíferos de água doce superficiais e subterrâneos em todas as regiões urbano-rurais (Goldman, 2064; Hernandez et al., 2062). Essas ações foram fundamentais para melhorar a dinâmica da umidade do solo nas CRZs e criaram abundância hídrica gerenciada nas regiões atingidas pela seca. Além disso, elas ajudaram a conter o escoamento de nutrientes tóxicos da agricultura e reabastecer rios e aquíferos subterrâneos, ao mesmo tempo em que desenvolveram sistemas de controle de tempestades e inundações em outras regiões (Hernandez et al., 2062).

Muitos grupos voluntários de ciência cidadã focados na capacitação tecnológica nasceram da preocupação com as crescentes emergências climáticas nas regiões com escassez de água no mundo. Essas ações complementaram os planos de defesa da terra e da água indígenas, que fizeram uma extensa conservação da água e restauração de seus rios e lagos antes sagrados. Nas planícies de inundação do Ganges, muitos ecossistemas de água doce se degeneraram ao longo de séculos de exploração industrial e lixiviação de efluentes tóxicos (Rahman et al., 2096). Esses ecossistemas de água doce e marinhos profanados foram remediados com o uso de métodos biológicos promissores que degradaram e capturaram os poluentes-alvo.

No devido tempo, essas ações se mostraram uma maneira eficaz de reviver e limpar esses habitats de maneira mais ecologicamente correta do que outras alternativas de remediação. Um desses métodos foi a Biomineração, que já era uma tecnologia madura na época. A biomineração poderia ser aplicada para extrair ecologicamente metais de minérios e outras fontes minerais sem a necessidade de operações ecocidas. Os minerais foram mineralizados biologicamente — ou “biomineralizados” — de maneira ecologicamente regenerativa com a ajuda de procariontes, fungos ou plantas que poderiam lixiviar biologicamente minerais de seus minérios usando meios naturais (Brisson et al., 2016; Qu et al., 2019; V.S. Thompson et al., 2018). A biomineração e a biolixiviação podem recuperar simultaneamente esses metais e minerais cruciais com a ajuda de microrganismos que também remediaram o solo e a água no processo. A biomineralização sempre foi um fenômeno difundido na natureza, sintetizando minerais, silicatos, diatomáceas, carbonatos e fosfatos de cálcio em organismos, muitas vezes para formar características estruturais (Figura

9a).

Os vários métodos de biorremediação praticados nas CRZs fortaleceram as colaborações entre os movimentos indígenas de defesa da água e os voluntários da ciência cidadã. Dispositivos chamados “biomineralizadores” (Figura 9b) costumavam ser protótipos experimentais usados em programas espaciais. Os biomineralizadores eram, essencialmente, uma tecnologia de biorreator que combinava a eletrólise de águas residuais com a biomineração microbiana, uma estrutura já conhecida anteriormente (Contreras et al., 1981; Tartakovsky et al., 2011). No entanto, essa estrutura estava saindo dos laboratórios para o campo para aplicar esses processos eletrobioquímicos de forma eficaz para limpar nitratos, fosfatos e metais pesados de ecossistemas de água doce (Anwar & Hoang, 2052). Com as transferências de tecnologia aberta, esses biomineralizadores, liberados para o domínio público, desenvolveram-se em plataformas de biomineração em escalas distribuídas, fabricadas pelas cooperativas de fabricação municipal (Bhim & Larsson, 2124; Ngata, 2076).

O desenvolvimento de biomineralizadores (Figura 10 a) foi o auge das energias sociais aplicadas a métodos naturais, dentro de uma cultura regenerativa nascente expressa nas tecnologias que emergiram desta nova aplicação. Ao contrário dos problemáticos processos industriais em escala, os biomineralizadores abordavam a biorremediação e a extração de minerais de terra-rara. Eles poderiam atuar no ponto de contaminação em escala local com um processo de restauração e remediação mutuamente benéfico em colaboração com microrganismos nativos do ecossistema, cultivados e sem modificação genética. Foi finalmente possível aplicar a biomineração para limpar corpos d’água e aterros contaminados por séculos de efluentes industriais de minerais e metais de terra-rara.

Os cartuchos de micélio-carbono (Figura 10 b) desenvolvidos para esta operação inocularam com cepas de micélio ou bactérias quelaram e sequestraram os minerais de terra-rara do meio de carbono da água (Colins & Ariel, 2062). Os biomineralizantes flutuariam em águas que seriam “nutritivas” para a biota biomineralizante nativa. Os cartuchos individuais de micélio-carbono foram projetados para inocular biomas que pudessem concentrar minerais específicos (Colins & Ariel, 2062). Suas taxas de saturação ajustadas dependem do tipo de metal a ser biominado e das cepas

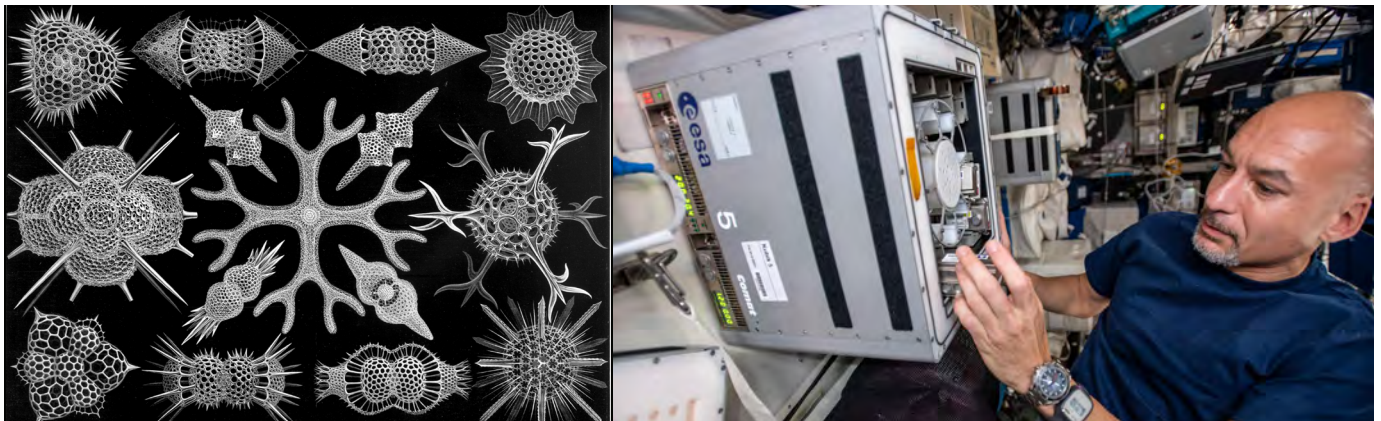


Figura 9 a) Uma ilustração de sílica opalina biomineralizada nos microfósseis de *Polycystinea* da subclasse *Spumellaria*, ilustração de Ernst Haeckel em “*Kunstformen der Natur*” (*Formas de Arte da Natureza*), (1904). b) O astronauta Luca Parmitano coloca reatores de biomineração em uma centrífuga a bordo da Estação Espacial Internacional. Crédito: NASA, 2020



Figura 10 a) Uma plataforma de biomineralização. b) Cartuchos de biomineração que coletam materiais de terra-rara para biomineração comunitária. Imagens de Vahidi et al., (2118)

microbianas inoculadas nos biomas do cartucho (Khan & Shah, 2127). Esses processos funcionavam em condições de temperatura ambiente e sequestravam cartuchos com baixos rendimentos. No entanto, neste caso eles sequestraram minerais de terras-raras de pureza muito alta.

Esses rendimentos eram adequados para um processamento adicional nos laboratórios comunitários ou nas oficinas para a produção local de tecnologias socialmente úteis e ecologicamente regenerativas. Além disso, as sanções sobre o ecocídio e a abolição dos fósseis também dissolveram muitas das instituições financeiras globais, e com eles os generosos subsídios e programas que favoreciam a expansão da pegada industrial de massa da Tecnosfera (Bernes, 2019; García-Olivares & Solé, 2015). Mesmo que tais programas ainda existissem, esses processos não seriam viáveis nas mesmas economias de escala, uma vez que muitas das fontes de mineração do mundo se esgotaram antes da transição total das energias renováveis. O fracasso monumental da mineração em águas profundas para minerais de terra-rara e a necessidade simultânea de recuperação de minerais de terra-rara nas infraestruturas obsoletas sinalizaram o amadurecimento desses processos de fabricação renovável (Thirumalai & Halden, 2087).

2.1.2 Com os Pés Na Terra: Surgimento da Simbiometalurgia Comunitária

Os biomineralizadores abriram caminho para os primeiros desenvolvimentos e descobertas no campo da Simbiometalurgia, com muitos dos princípios fundamentais de sua aplicação ainda intactos atualmente. A simbiometalurgia, uma fusão do conceito “metalurgia simbiótica e biológica”, é um subconjunto de técnicas de fabricação simbiótica que surgiu ao longo do século passado criando alternativas abertas que preencheram o vácuo dos materiais de engenharia deixados para trás pela abolição dos combustíveis fósseis e de grande parte da indústria de polímeros (Khan & Shah, 2127). Sob protocolos de tecnologia aberta, a maturidade das capacidades de fabricação e os métodos de precisão necessários para desenvolver essas técnicas aceleraram o suficiente nas cooperativas sindicalizadas, que continuam a ser locais de experimentos projetados e expandidos exponencialmente com os biomineralizadores. As taxas de bioacumulação e biodisponibilidade melhoraram a passos largos através do uso respeitoso dos processos de biomineração e biomineralização em relações sinérgicas com o ambiente material. Hoje, a biomineralização é o único meio viável de concentrar muitos dos minerais mais necessários (Figura 11).



Figura 11. Práticas populares de biomineração que se tornaram comuns para a colheita de terras-raras, usando as tecnologias dos biomineralizadores para produção em *symfabs*. Imagem de Vahidi et al., (2118)

A bioacumulação de minerais mostrou-se um método mais racional para o refino de minerais. Seu sucesso com minerais de terra-rara esgotados provou ser viável para outros componentes como ferro, cobre, zinco, cobalto, magnésio e ouro. Esses sistemas eram ideais para a produção e consumo local de bens de alta tecnologia, previstos para serem extraídos de asteroides ou por arrasto destrutivo no fundo do oceano. Mais de um século de pegadas radicalmente transformadas e contraídas da Tecnosfera lançaram as bases para que elas surgissem. Com o inevitável envelhecimento das infraestruturas tecnológicas herdadas, não demorou muito para que as plataformas de biomineração se tornassem essenciais para sequestrar metais e minerais de infraestruturas tecnológicas obsoletas. Desta forma, reimaginar os métodos tradicionais de fabricação também permitiu que os biomineralizadores aumentassem a recuperação de metais como lítio, cobalto, ouro, tântalo, níquel, manganês, cobalto, níquel e zinco, evitando que eles voltassem aos ecossistemas que tinham sido meticulosamente remediados (Vahidi et al., 2118).

Nas últimas décadas, as tecnologias simbiometalúrgicas se expandiram para o processamento de silicatos e para o uso de lateritas para remediar lixões de minas do passado, bem como minérios de sulfeto e minérios de urânio (Chihiro et al., 2123; Vahidi et al., 2118). No entanto, equívocos à parte, a simbiometalurgia tem sido fundamentalmente antitética à manipulação genética para fins extrativos, tendo ao invés disso criado sistemas de administração simbióticos que dependem do florescimento do ecossistema (Vahidi et al., 2118). Talvez ela seja também a única alternativa ecologicamente responsável por sequestrar minerais terra-rara pesados

(Figura 11) e metais do grupo da platina, e por vezes até resíduos radioativos de corpos de água doce com a ajuda de micróbios (Vahidi et al., 2118).

Biomíneralizadores continuam a ser utilizados para bioacumulação de elementos radioativos de locais de resíduos nucleares onde os métodos de biorremediação parecem ter mostrado possibilidades notáveis (Zenlin, 2109). A promessa dessas estratégias foi adotada em regiões historicamente contaminadas por pilhagem industrial, como as zonas de contaminação nuclear e tóxica reveladas recentemente, locais onde a neutralização de radionuclídeos permanece crítica (Chihiro et al., 2123). A eficácia e o aspecto ecológico de longo prazo da biorremediação e as capacidades materiais reimaginadas permitiram que as comunidades não voltassem a manter relações regressivas com seus ecossistemas. O desenvolvimento dos campos simbiometalúrgicos ao longo do século passado mostrou como esses recursos minerais seguem essenciais para nossa compreensão dos processos naturais, para além de apenas atender às necessidades humanas materiais. A simbiometalurgia vai além no mapeamento dos processos ecológicos de bioacumulação e biodisponibilidade, onde os fluxos de nutrientes e minerais podem nos dar uma visão geral da saúde de nossos ecossistemas no espaço e no tempo de maneiras antes impensáveis (Vahidi et al., 2118). Além desses traços explícitos, essas práticas também nos permitem compreender as esferas dos ecossistemas em pujança, periodicamente dependentes das ações humanas e às vezes independentes delas. Tais práticas abrem espaços para as inúmeras maneiras pelas quais os emaranhados humanos e não humanos podem ser revelados.

2.1.3 De “Geradores de Chuva”, Estupas de Gelo e Geleiras Artificiais

É fundamental entender que esse período de regeneração social e garantias sociais desencadeou muitas das energias sociais reprimidas por muito tempo por causa da vida precária. Portanto, nem todas as tecnologias adotadas para as iniciativas das Reparações Azuis se desenvolveram desprovidas de controvérsias e complicações. Com o agravamento das estações anuais de seca induzidas pelo clima, havia perigos reais de escassez descontrolada de água doce em uma região que enfrenta estações de seca extremas. Nas planícies do Ganges, confrontadas com a flutuação da estação das monções indianas e degelos glaciais instáveis na região do Himalaia, a escassez aguda de água tornou-se uma crise que precisava de ação. Muitos nas comunidades de design aberto e de tecnologia aberta sugeriram o uso de colheitadeiras de “rios atmosféricos”, chamadas Rainmakers (“geradores de chuva”, em português). As comunidades abertas de design desenvolveram os Rainmakers para apoiar os esforços de restauração de projetos de recuperação de poços, pântanos, rios e lagos nas CRZs, reabastecendo-os conforme necessário. Isso foi possível a partir do cache inicial de patentes abertas sob as transferências de tecnologia e desenvolvidas pelas comunidades de design aberto (Gautam et al., 2053). Essas estruturas mais leves que o ar eram capazes de condensar o vapor de água atmosférico com suas superfícies e estruturas hidrofílicas e precipitá-los sobre os reservatórios secos (Gautam et al., 2053).

Em meados do século, os Rainmakers (Figura 12) foram ainda mais compartilhados nas comunidades de ciência e tecnologia abertas. Muitos periódicos que apoiaram essas ações, incluindo este, publicaram propostas e especificações dos equipamentos (Gautam et al., 2053). Os ajustes de operações necessários para que os aparelhos fossem de algum uso para uma comunidade significava que eles só poderiam ser implantados depois de ajustes altamente localizados para reabastecer os ecossistemas aquáticos e a biodiversidade locais. Tais impactos empalideceram em comparação com os efeitos da implementação bem-sucedida das CRZs, que



Figura 12. Rainmakers atmosféricos coletando água doce para regiões áridas. Imagem de Gautam et al., (2053)

mostraram-se bem mais promissores na criação de um excedente líquido de precipitação que poderia influenciar os padrões de precipitação em uma escala mundial mais extensa, à medida que novas florestas antigas encontraram suas raízes nas CRZs (Hernandez et al. , 2062). Curiosamente, embora muitos desses desenvolvimentos tenham tornado esses geradores redundantes nestes propósitos específicos, suas ações seriam cruciais para outro objetivo – o renascimento glacial.

As comunidades da região do Hindu Kush-Himalaia inventaram há muito tempo uma prática para criar geleiras artificiais chamadas “estupas de gelo” (Divya A, 2020) e, tendo encontrado os projetos para fabricação dos Rainmakers, começaram a desenvolvê-los para outros fins. Eles planejavam implantar os geradores de chuva para salvar as geleiras sagradas do Himalaia do derretimento. A implantação de geradores de chuva para acelerar a produção de estupas de gelo (Figura 13) ou geleiras artificiais forçou a população da região a redesenhar seus equipamentos para esse uso mais urgente: o controle e reabastecimento das geleiras das quais dependiam para sua água doce. Essas ações foram seu último esforço para salvar suas geleiras sagradas do derretimento catastrófico. De fato, os geradores de chuva se ajustaram para servir como locais de “nucleação” de gelo glacial que poderiam permitir que os derretimentos glaciais recongelassem, agindo como geleiras artificiais e esperançosamente cultivando mais geleiras ao longo do caminho de forma passiva. Essas geleiras artificiais foram construídas com práticas enxutas por meio da ação comunitária, respondendo ao recuo das geleiras e preservando a cultura e a história daqueles que dependiam das geleiras das montanhas ameaçadas pelas condições

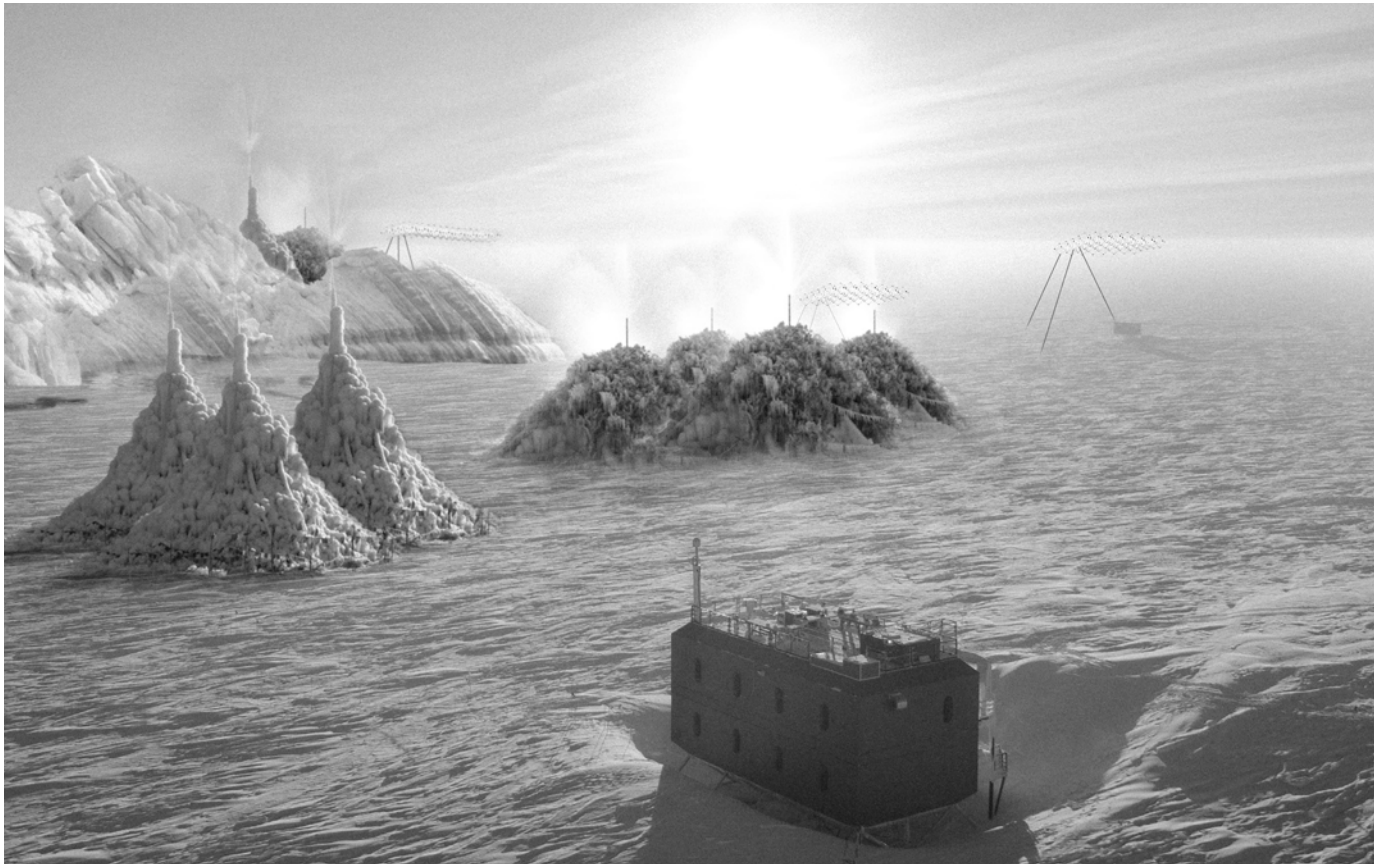


Figura 13. As primeiras tentativas documentadas de Rainmakers utilizados na fabricação de estupas de gelo na Antártida. Imagem de Rogers et al., (2121)

causadas pelo efeito estufa. O sucesso dessas comunidades em documentar e modificar os Rainmakers inspiraram muitos grupos de ação climática, que queriam aproveitar o sucesso das estupas de gelo, aplicando estratégias semelhantes na escala do renascimento glacial do Ártico e da Antártida, ajustando esses processos para reviver a criosfera em os pólos (Rogers et al., 2121).

É correto afirmar que muitos desenvolvedores de aparelhos Rainmaker desejavam somente manter os legados pessoais de um passado tecnopositivista. A regeneração de lagos e lagoas para uma comunidade local era viável em termos tecnológicos. No entanto, a regeneração de geleiras do Ártico e da Antártida era um trabalho que demandava serviços maciços de geoengenharia, e com razão (Zaidi, 2056). Várias assembleias climáticas publicaram suas deliberações sobre as possíveis consequências imprevistas de um sistema tão amplo em escala e escopo. Tais esforços de geoengenharia tinham possibilidades de exercer um poder aterrador sobre aqueles que não possuíam a tecnologia, além de inúmeras possibilidades de abuso por pessoas e grupos desonestos e sem regulamentação. Mesmo que os esquemas de glaciação artificial se desenvolvessem sob supervisão comunitária dentro dos freios e contrapesos democráticos do programa das Reparações Azuis, era legítimo que qualquer um se preocupasse com eles, tendo estudado as turbulências sociais e políticas do início do século. Esses dispositivos foram, portanto, exclusivamente reservados para o reavivamento crítico e recarga da criosfera para evitar derretimentos catastróficos, fosse nas geleiras do Ártico e da Antártida, no permafrost derretido ou nas geleiras das montanhas no Himalaia, seguindo protocolos

rigorosos. O tanto de gelo glacial recuperado na criosfera hoje está lá graças aos programas de recuperação criados por muitos conselhos de ação climática, como o Tratado Climático Antártico, que se esforçou para regenerar geleiras artificiais no Polo Sul (Padmanaban & Holdren, 2079).

Até hoje, a criosfera segue particularmente sensível ao efeito estufa e também é um indicador e regulador crítico do sistema climático da Terra. A última década de levantamentos de sobrevoo estratosférico viu uma recuperação no volume de gelo medido na criosfera (Portho & Arivu, 2130). Apesar de terem travado o declínio no volume total de gelo, com a mudança inadvertida de gelo velho para gelo jovem, tais geleiras artificiais ainda são consideradas uma barganha faustiana (Rogers et al., 2121). Por isso, as expedições de regeneração climática para os locais de nucleação glacial do Ártico e Antártico implantaram geradores de chuva para criar geleiras artificiais. No entanto, eles ainda são vistos com grande ceticismo e não são considerados uma solução duradoura. Quase um século desde sua criação, esse trabalho ainda segue em andamento para salvar o que resta dos mantos de gelo glacial ártico e antártico, uma vez que esses ecossistemas podem ter muitas consequências mais duradouras além de sua recuperação a longo prazo.

2.2 Criando um Parentesco com o Pálido Ponto Azul

As lutas globais para reviver a integridade da criosfera revelaram o nível de nossas crises planetárias à medida em que o efeito estufa foi se instalando. Nenhum evento análogo em toda nossa História evolutiva poderia nos oferecer uma resposta rápida ou articulada o suficiente para enfrentar tamanhas intensidades nos oceanos diante da Sexta Extinção em Massa (Ceballos et al., 2017). As sociedades tiveram que reconhecer o impensável. Para termos alguma esperança de um renascimento dos oceanos, era necessário um programa de reparações à altura colossal do desafio. Globalmente, os projetos das Reparações Azuis e a abolição total das infraestruturas de combustíveis fósseis já haviam tornado antieconômicas a pesca industrial e a pesca de arrasto em alto-mar. Dada a vulnerabilidade dos assentamentos costeiros, a pesca marinha industrializada e as zonas de extração econômica em mar aberto foram abolidas, dando lugar ao equivalente marinho das zonas de resiliência climática. As comunidades costeiras estavam revivendo a vida marinha e as pastagens oceânicas por vontade própria, enquanto recuperavam o controle da pesca das mãos das propriedades industriais extensas e das economias de guerra (Rahman et al., 2096; UNCAC, 2043). O que se seguiu é uma prova dos esforços comunitários de revitalização que lançaram as bases da resiliência climática do século 22.

A perda de muitos sistemas confiáveis de monitoramento por satélite que auxiliavam na detecção e monitoramento reduziu a visão de campo (Chakraborty et al., 2076). Sem uma infraestrutura de monitoramento geoespacial, os defensores ancestrais da água desenvolveram outros meios de regeneração e reparação constantes do planeta. Esses meios alternativos estavam enraizados na criação de uma “capacidade instintiva para formas tácitas de aprender, ver e fazer” (Juma & Watene, 2041; Sarnai & Solongo, 2118). Deste modo, a ação localizada seguiu em frente, inseparável da vida cotidiana que precisou entender e se adaptar a essas condições mutáveis — pois não havia nem um passado mítico para o qual retornar, nem uma natureza ficcional para ressuscitar. Os impactos da pesca excessiva, da pesca de arrasto e da extração de fósseis nos ecossistemas marinhos foram muito significativos, deixando pouco espaço para um retorno a um estado primordial em um oceano que não poderia mais ser como antes. Com o apoio dos programas das Reparações Azuis, as comunidades retornaram às suas terras ancestrais, reconstruindo e recuperando as costas que os mares devastaram. Mesmo grandes assentamentos urbanos,

como as cidades costeiras vulneráveis de Hong Kong, Mumbai, Nova York e Xangai, viram seus conselhos climáticos se reunirem para proteger suas costas de furacões e tempestades. Suas intenções culminaram em tentativas de cultivar barreiras marítimas naturais offshore, reabilitando ecossistemas de manguezais e corais como diques e quebra-tempestades.

Esses diques ecológicos marinhos eram zonas integradas de permacultura oceânica que estabeleceram um ciclo mutuamente reforçado de conservação, regeneração e pesca, construído com a ajuda do conhecimento indígena local em conjunto com biólogos marinhos e grupos de ciência cidadã local (Tlouse & Wakkari, 2130; Vici et al., 2087).). Esses diques se mostraram eficazes na dissipação de furacões e na conservação e restauração de ecossistemas marinhos, regenerando estoques sobrepescados. Isso complementou outras ações que impediram, dissuadiram e eliminaram a pesca ilegal, não declarada e não regulamentada; também encorajou a gestão da pesca baseada em ecossistemas, e controlou e tratou da poluição plástica nos giros oceânicos (Rahman et al., 2096). No século 22, esses locais se tornaram novos centros marinhos de restauração da biodiversidade e aumento da conectividade entre os habitats oceânicos. Na prática, tais centros se multiplicam em escala global ao longo de milhares de quilômetros quadrados, já que eram ao mesmo tempo uma proteção adequada da linha de costa e uma área para a criação de novas zonas climáticas resilientes para a biodiversidade marinha até o século 22 (UNCAC, 2129).

2.2.1 O Projeto Elétrico Para Reabilitação de Corais

Embora os métodos de restauração de corais tenham sido estudados e sugeridos anteriormente (Boström-Einarsson et al., 2020), os processos que tiveram sucesso foram aqueles que combinaram estrategicamente esforços múltiplos de recifes artificiais eletrificados com a propagação de corais por meios de reprodução assexuada e sexuada (Suman & Monyeki, 2117). Com os avanços nas práticas de fabricação 3D dessas fibras, os esforços de restauração de corais submarinos estavam a caminho de produzir recifes de acreção de minerais compostos de carbono negativo. Tais técnicas precisavam do auxílio de mergulhadores recreativos de recifes e cientistas cidadãos para coletar gametas de coral e construir recifes compostos de carbono-calcário. Os gametas de coral seriam colhidos de espécies específicas de corais, criados com

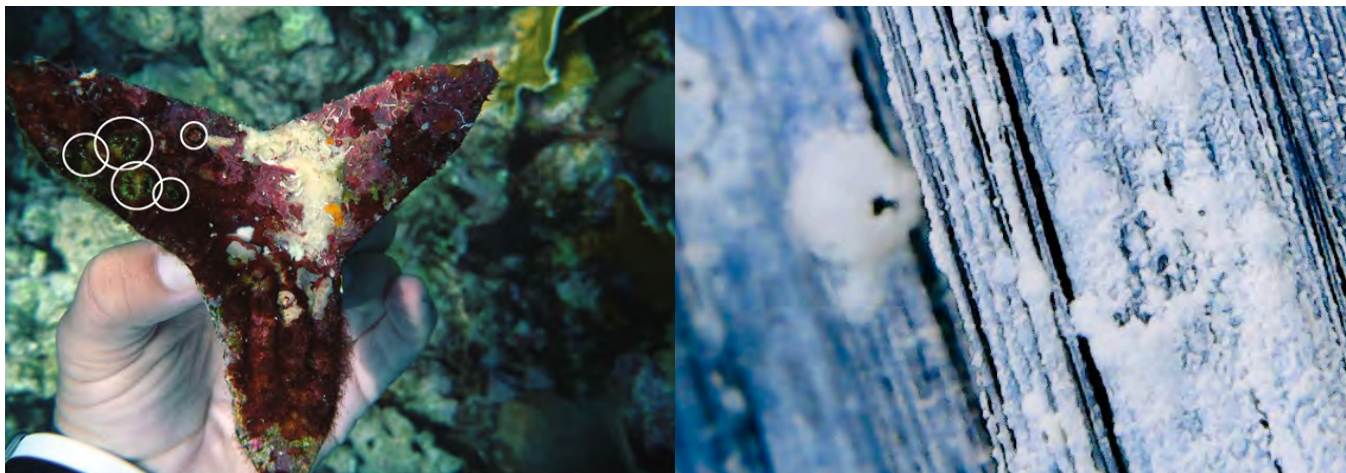


Figura 14 a) Pólipos de coral plantados em estruturas tetrápodes. Imagem de (Chamberland et al., 2017). b) Fibra de carbono biochar com composto de micro aragonita. Imagem por (Suman & Monyeki, 2117)

outros membros da mesma espécie de forma autônoma ou manual, e cultivados em viveiros para garantir as maiores chances de resiliência a eventos de branqueamento (Goreau, 2012; Vici et al., 2087). Pólipos de coral colhidos de diferentes espécies foram depositados em estruturas de calcário em forma de tetrápodes (Figura 14a) e incorporados nos compostos de recifes artificiais (Chamberland et al., 2017; Suman & Monyeki, 2117). Essa tecnologia de propagação sexuada e acréscimo mineral acelerou a regeneração de corais, reabilitando-os em novos habitats de paredões marítimos integrados a florestas de mangue (Suman & Monyeki, 2117).

A tecnologia de acreção mineral, também chamada de “bio-rocha”, foi descoberta há cerca de dois séculos e é um método inovador para criar esses diques artificiais em grande escala e restaurar os ecossistemas dos corais. Existem até relatos de como a aplicação desta tecnologia trouxe de volta praias em estado severo de erosão (Goreau & Prong, 2017; Vici et al., 2087). Esses métodos de acreção mineral baseavam-se em aparelhos rudimentares de eletrólise da água do mar, funcionando com baixa tensão e baixa corrente por décadas a fio. Eles se utilizaram de uma estrutura de malha catódica feita de fibras de carbono condutoras para levar eletricidade de baixa corrente e baixa tensão (aprox. 1,5 V). O mineral aragonita foi depositado sobre esses substratos de fibra (Figura 14 b) para produzir um compósito de calcário de carbono de alta resistência (Suman & Monyeki, 2117) e, em muitos casos, em infraestruturas de plataformas de petróleo em águas profundas desativadas e abolidas, que foram adaptadas como recifes artificiais. Estes foram movidos para locais offshore específicos e reaproveitados como barreiras marítimas e plataformas de restauração de corais, aplicando tecnologia de acreção mineral em águas profundas usando nutrientes das profundezas (Suman & Monyeki, 2117). O processo eletrolítico da tecnologia de acreção mineral desempenhou um papel crucial para o coral construir suas conchas de carbonato sem gastar energia em excesso, que poderia ser melhor utilizada para seu crescimento.

A eletrólise lenta foi vantajosa para garantir condições estáveis para o crescimento dos corais. O sistema permitiu que o organismo de coral controlasse sua química de fluido calcificante (FC) na água do mar, melhorando a biodisponibilidade de íons de carbonato e carbono inorgânico dissolvido (CID) para o crescimento de corais. Este processo fortalece a saturação de íons carbonato dentro do FC, que é aproximadamente três a quatro vezes maior do que a água do mar circundante (Kyriaku et al., 2089). Em essência, isso levou à produção mais rápida da estrutura esquelética do organismo com controle de pH localizado, dado o estado ácido de grande parte dos oceanos acidificados circundantes e as capacidades de aquecimento da água do mar (Kyriaku et al., 2089). Esses métodos mostraram a possibilidade de taxas de recuperação drásticas para recifes de coral, mesmo para ecossistemas danificados (Goreau & Prong, 2017; Kyriaku et al., 2089).

Em muitas regiões, essas estruturas de acreção mineral têm um tom preto diferente dos recifes artificiais. As estruturas de recifes artificiais baseadas em fibra de carbono orgânica (Figura 14 b) atuaram como sumidouros de carbono, com o carbono orgânico bloqueado dentro das complexas geometrias tecidas impressas em 3D no local. A deposição eletroquímica de sais de cálcio e magnésio do mar ajudou a criar estruturas cristalinas de aragonita para criar o substrato para as formas do recife. A aragonita foi depositada eletroquimicamente em cátodos feitos de fibras orgânicas carbonizadas condutoras (Halden, 2094; Hilbertz, 1979; Suman & Monyeki, 2117). Essas técnicas de produção de recifes foram postas em prática por conservacionistas marinhos nas águas rasas, pesquisando e coletando gametas de corais dos últimos habitats de corais remanescentes.

Os conservacionistas cultivaram os pólipos em viveiros de corais e os transferiram para os novos paredões nas costas de mangue-corais, usando padrões específicos de resistência a furacões (Ganguli & Nakamura, 2047). Plataformas de petróleo reaproveitadas foram enviadas para os locais de reabilitação de corais e “tecidas” com fibra eletrificada em estruturas que favoreciam os corais, construídas especialmente para iniciar sistemas de acréscimo mineral. Essas estruturas de recife tecidas a partir de fibras de carbono condutores formaram estruturas de carbono-aragonita autorregenerativas e tornaram os ecossistemas de corais reabilitados altamente resilientes a oceanos acidificados (Goreau, 2012; Kyriaku et al., 2089; Suman & Monyekei, 2117). Era possível construir estruturas de pedra calcária com qualquer material condutor e não corrosivo em qualquer formato ou forma, dadas as condições certas, mesmo em milhares de quilômetros quadrados.

2.2.2 Os Pântanos de Coral Negro dos Sundarbans

As diversas culturas de regeneração de corais conhecidas hoje têm origens variadas. Eles assumiram formas culturais únicas, testemunhando o surgimento de muitas novas culturas comemorativas em torno dos programas de reabilitação e regeneração das barreiras de coral. Hoje, esses locais intergeracionais pioneiros de preservação e culturas marinhas revivem e regeneram a biodiversidade por meio da deliberação entre técnicas antigas e novas, abordando a justiça climática dentro de sua estrutura, mas a princípio não ficou claro como isso tudo aconteceria. É comum pensar atualmente nessas zonas de regeneração de recifes de corais e manguezais como os locais que corrigiram as trajetórias para as quais nossos sistemas hidrodinâmicos marinhos pareciam inevitavelmente seguir (Portho & Arivu, 2130). A estratégia global de mitigação do clima e os programas de resiliência de ecossistemas conduzidos pela comunidade sobreviveram até o século 22.

Nos mangues arbóreos dos Sundarbans, essas culturas de resiliência e abundância se infiltraram no folclore local em torno dos recifes costeiros artificiais. Os recifes compostos que hospedam os esforços de reabilitação de mangue e coral são coloquialmente chamados de coral negro ou ‘Kalo Probal’ no idioma bangla. Essas estruturas de corais, que não devem ser confundidas com espécies de corais negros, receberam o nome da cor das fibras orgânicas carbonizadas tecidas para serem as estruturas compostas de carbono dos recifes. Estes corais ao redor dos Sundarbans não foram de forma alguma os pioneiros desta tecnologia. No entanto, eles se tornaram famosos por regenerar a biodiversidade desses ecossistemas costeiros em um ritmo muito mais rápido do que em qualquer outro lugar do mundo (Suman & Monyekei, 2117; Vici et al., 2087). Os movimentos de arquitetura de coral dos Sundarbans levaram a métodos semelhantes para essa arquitetura não humana. São expressões de práticas vernáculas de cultivo de manguezais e estruturas de recifes de corais ao lado de viveiros de corais e replantá-los em novos pântanos salgados, ajudando a manter as águas costeiras calmas (Halden, 2094). No século 22, esses recifes se transformaram em diques de coral, e seu crescimento surpreendeu até mesmo seus proponentes.

Os assentamentos costeiros optaram por se reconectar com seu ecossistema e celebrá-lo na forma de festivais. Tais eventos permaneceram intrinsecamente ligados aos esforços de restauração da biodiversidade, mesmo após décadas de prática contínua. Dado o quão mais frágil e urgente era restaurar as comunidades costeiras, o apoio dos movimentos de ciência cidadã foi uma mudança bem-vinda. No entanto, antes dos programas das Reparações Azuis, a região havia sofrido algumas das piores catástrofes climáticas e ecológicas já registradas, devastadas por tempestades e

furacões que deslocaram milhões de pessoas no início do século passado. Assim, mesmo quando a energia dos furacões anuais previsivelmente se intensificou, no momento em que as tempestades na região atingiram a terra, elas encontraram infraestruturas climáticas mais resilientes. O que mudou drasticamente foi a ecologia social da paisagem, com cascatas culturais e tecnológicas sincronizadas em apenas algumas décadas na região, conectando diretamente a regeneração do ecossistema e o bem-estar humano (Devassy & Cole, 2130).

Uma dessas necessidades era construir o ecossistema de manguezais dos Sundarbans partindo de um cenário de devastação quase total, plantando barreiras marítimas de mangue e corais cultivadas naturalmente. As ferramentas utilizadas foram apropriadas de infraestruturas de combustíveis fósseis e adaptadas para esses fins, atendendo às necessidades humanas essenciais da comunidade (Suman & Monyeki, 2117). Em pouco tempo, a região se iluminava com uma energia cultural renovada, e formas de desobediência tecnológica para resiliência climática passaram a articular uma tecnologia social e ecologicamente responsável baseada na autodeterminação, o que não era inédito (Oroza & Marchand-Zanartu, 2009 ; Yu & Pabst, 2051). As indústrias têxteis da região tiveram seus métodos de fabricação reaproveitados pelas comunidades que administravam essas instituições, mudando para novas experiências de produção socialmente úteis. Movimentos de design de guerrilha semelhantes compartilharam e transcreeveram alternativas de tecnologia aberta para reabilitar os diques de coral. Este periódico foi bastante popular nessas comunidades ao publicar plantas e projetos iniciais (Ganguli & Nakamura, 2047). Dada a gravidade da emergência climática nesta área, o surgimento de maneiras práticas de cultivar esses diques de corais de maneira social e ecologicamente responsável exigiu colaborações locais e institucionais com comunidades nativas, designers, arquitetos e ecologistas que tentavam articular um renascimento tecnológico pelas comunidades na vanguarda e transformar os contextos sociais da época (Ngata, 2076).

Atualmente, o folclore local fala do ressurgimento dos corais negros e dos manguezais. As histórias das mulheres pescadoras, dos conservacionistas de corais e dos cientistas cidadãos cuja dedicação e esforços ajudaram a semear a primeira geração de cinturões de mangue-corais em condições adversas continuam a ser celebradas no folclore regional até hoje. As conexões diretas entre a restauração do ecossistema de recifes artificiais de manguezais e corais trouxeram prosperidade geral à região, culminando em uma tradição anual de restauração de ecossistemas e semeadura de corais. Toda primavera, em torno das cidades e vilas costeiras dos Sundarbans, pessoas de todas as classes sociais se reúnem para celebrar a tradição de semear novos canteiros e construir as paredes de coral (Figura 15). Esses festivais garantem habitats de peixes, regeneram a biodiversidade local e criam possibilidades para o ressurgimento de longo prazo e o renascimento da vida da comunidade local para as populações costeiras em todo o mundo. Esses ecossistemas de corais protegem os ecossistemas costeiros urbanos e rurais de furacões e ondas de águas pluviais, aumentando a pesca e os meios de subsistência de pessoas vulneráveis em todo o litoral do mundo.

Esses diques de coral negro (Figura 16) tornaram-se sumidouros de “carbono azul” de longo prazo. Em certa medida, essas práticas se assemelham a outras práticas históricas de redução de carbono, como a Terra Preta no Amazonas (Halden, 2094). Quase um século depois, a reabilitação e o crescimento exponencial dessas barreiras de recifes de coral criaram corredores ecológicos marinhos exclusivos. Por meio dos poucos satélites restantes em órbita baixa da Terra, sabemos que estes são os habitats



Figura 15 Kalo Probal: Experiência inicial nos recifes compostos eletrificados. Festivais de sementeira de corais, populares entre as comunidades costeiras, usam uma mistura de técnicas de sementeira para a restauração do ecossistema. Imagem de Vici et al., (2087)

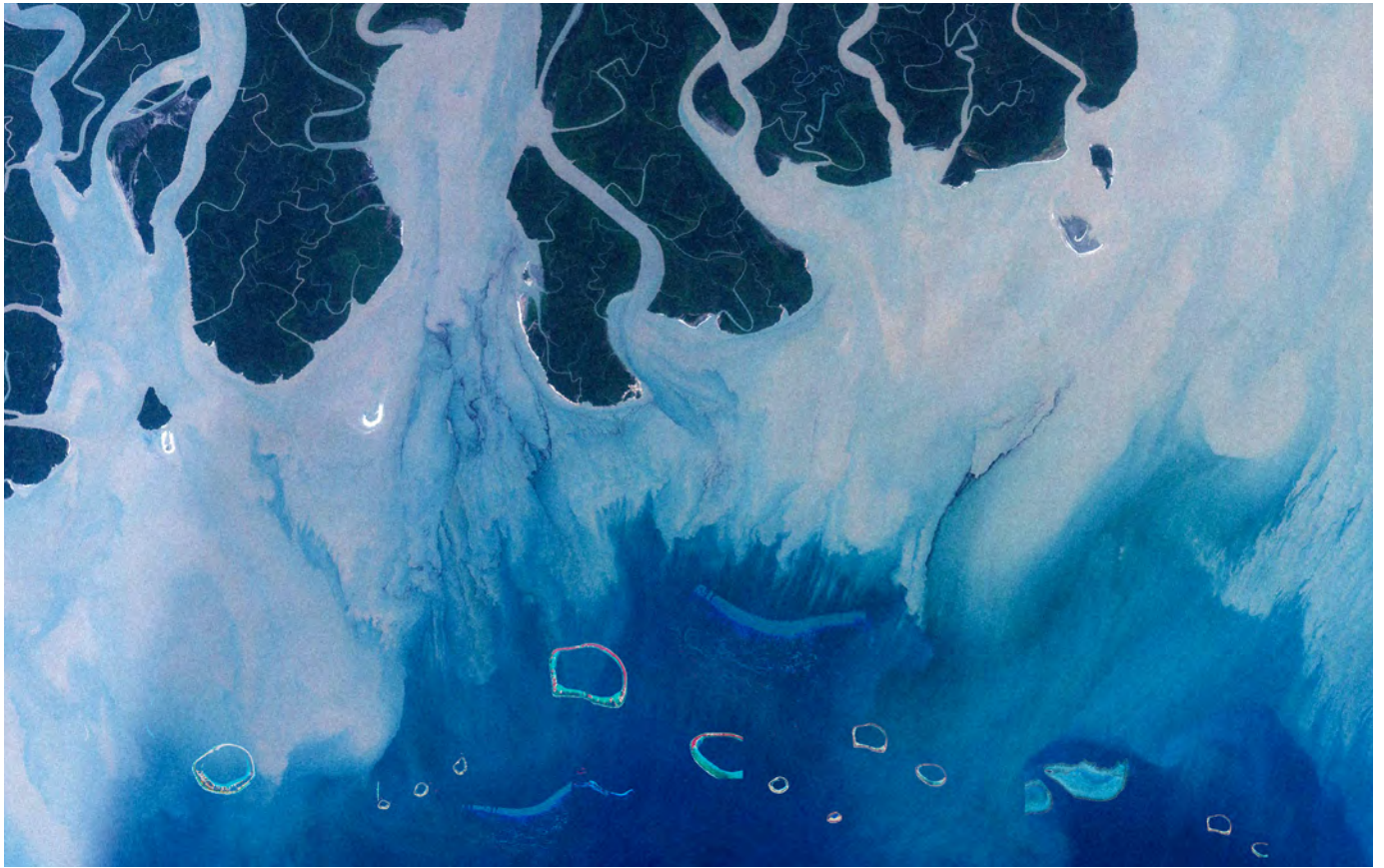


Figura 16 Vista atual de uma muralha composta de mangue e coral ao largo da costa de Sundarbans, a partir do mapeamento climático de alta altitude. Os dados do infravermelho próximo foram sobrepostos nesta imagem para fazer algumas áreas nos recifes se destacarem em relevo vermelho brilhante. A faixa infravermelha próxima reúne melhor a assinatura eletromagnética de um ecossistema próspero. Imagem por (UNCAC, 2126)

submarinos artificiais mais proeminentes, complementados em terra pelas zonas autônomas Pan-Indígenas (Portho & Arivu, 2130). A mudança da pesca industrializada para a prática de pesca baseada na permacultura local trouxe de volta espécies de peixes e acelerou ainda mais a recuperação do ecossistema, alcançando novos ciclos de feedback positivo com ecossistemas de mangue-corais que se tornaram novos paraísos locais para a biodiversidade (UNCAC, 2129). Hoje, esses locais de reabilitação estão integrados às culturas locais com base no conhecimento indígena conectam a regeneração, resiliência e abundância do ecossistema marinho global (Devassy & Cole, 2130). Com habitats marinhos e espécies se recuperando graças à intervenção humana, as tendências de aquecimento oceânico e aceleração da acidificação têm mostrado desacelerações consistentes ao longo da primeira década do século 22, um fato notável considerando que isso era impensável anteriormente.

3. Discussão

Nossos ancestrais, os indígenas defensores da terra e da água, falavam dos séculos de colonização da Terra. Para eles, não foi “como um capítulo sombrio da história, mas um livro que estava constantemente sendo escrito onde a maior parte do mundo vivia a história de outra pessoa, com as responsabilidades e as consequências desconhecidas de quem o escreveu” (Juma & Watene, 2041). Este sinal revelador do capítulo mais sombrio da História humana parece ter sido apagado dos registros geológicos dos núcleos de gelo, marcando sua presença pela própria ausência. O século 22 parece um livro diferente, com a promessa de soberania e sustentação

indígena fundadas na harmonia progressiva com o mundo natural à medida que nos reconectamos a esse mundo alienado, mas habitável.

Tais metamorfoses surgiram em todo o mundo e se infiltraram na cultura material e tecnológica como algo necessário e socialmente benéfico. Elas marcaram mudanças significativas nas culturas materiais em todo o mundo, levando ao surgimento deliberado de métodos e práticas de fabricação simbiótica como conhecemos hoje. Além disso, a revisão completa dos regimes industriais e agrícolas globais reorientou as energias sociais para o desenvolvimento de capacidades criativas inatas para bens socialmente úteis, fabricados localmente por meio de ciência cidadã e dos movimentos de tecnologia aberta. Mesmo que se removam as lentes cor-de-rosa do tecno-otimismo, não há como negar que as estruturas de tecnologia aberta e ciência cidadã revigoraram as possibilidades de exaptação tecnológica.

Os biomineralizadores, uma das exaptações tecnológicas discutidas neste capítulo, surgiu primeiro nas sociedades de tecnologia aberta. A simbiometalurgia e a biomineração continuam sendo os únicos meios viáveis para bioacumular e refinar numerosos minérios e elementos radioativos necessários para os sindicatos de fabricação lenta. Sem surpresa, eles ajudaram a diminuir drasticamente a pressão sobre os ecossistemas naturais da exploração. A contração das pressões existenciais devido à atividade civilizatória sobre esses ecossistemas permitiu que eles recuperassem os habitats das terras úmidas outrora perdidos e regenerassem os aquíferos subterrâneos. A prevenção da contaminação dos ecossistemas costeiros mais a jusante reduziu drasticamente as zonas hipóxicas no mar e trouxe ainda mais segurança hídrica para milhões de comunidades, criando enormes ganhos de saúde pública ao longo do caminho. Essas capacidades ecológicas eram necessárias para construir iniciativas de resiliência climática, como as CRZs e as escalas locais de iniciativas de biodiversidade terrestre de mudanças regenerativas e agroecológicas em alimentos que trariam mudanças radicais 'a jusante'.

Embora seja difícil dizer se os oceanos realmente irão se recuperar de séculos de exploração, novos estudos apontam que a regeneração dos paredões de mangue e coral criou um refúgio de biodiversidade para a vida marinha e forneceu às comunidades costeiras sustento e resiliência climática. Embora as taxas de regeneração em muitas dessas regiões tenham sido notáveis, muito do trabalho para garantir a estabilidade a longo prazo dessas conquistas segue incompleto. Embora as geleiras do Himalaia tenham mostrado sinais de retorno, há muito a se dizer sobre a ainda preocupante instabilidade do gelo da Antártida e do Ártico. Ainda é muito cedo para dizer se os esforços para desenvolver geleiras artificiais poderão ter sucesso. No entanto, as preocupações com o derretimento do permafrost, a circulação termohalina e os ciclos hidrológicos permanecem urgentes.

Muitas vezes, a literatura de revisão histórica tende a atribuir a recuperação drástica dos ecossistemas de água doce do planeta à abolição global total das infraestruturas de combustíveis fósseis. Embora isso seja algo razoável, o reforço simultâneo dessas ações auxiliou na renovação dos contratos sociais e dissociou o bem-estar social do crescimento econômico, e o ganho material não pode ser subestimado. Apesar dessas preocupações, parece que um mundo mais abundante ainda é possível. É possível supor que haja sempre um legado substantivo dos programas das Reparações Azuis. Nesse caso, ele será lido como um livro inacabado, servindo como um testemunho sobre como assumir a responsabilidade há muito tempo adiada de regenerar nosso parentesco com a vitalidade dessa 'sopa de vida' primordial, de longe o único planeta azul no universo conhecido que podemos chamar de parente.

Bibliografia do capítulo 3

- Ahmed, N. (2020, September 14). *British Military Prepares for Climate-Fueled Resource Shortages*. *Vice*. <https://www.vice.com/en/article/ep4w5j/british-military-prepares-for-climate-fueled-resource-shortages>
- Alex, P., & Mehrawi, C. (2080). *Beyond Market Economics: Human Welfare through Mutual Aid and Gifting Economies in Climate Resilience Zones*. *Open Journal of Human Geography*, 78(3), 34–89.
- Anh, D. (2028). *The Paradox of Under-developing Nations: Understanding Collapsing Social Indicators in Global North with Increasing Economic Growth*. *Ecology and Society*, 33(4).
- Anwar, P., & Hoang, S. (2052). *Bioremediation Techniques using Biomineralisers: Development of Biomining and Contaminated Freshwater Ecosystems*. *Open Journal of Biotechnology*, 28(3), 72–103.
- Barrett, J., Chase, Z., Zhang, J., Holl, M. M. B., Willis, K., Williams, A., Hardesty, B. D., & Wilcox, C. (2020). *Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments From the Great Australian Bight*. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.576170>
- Bernes, J. (2019, April 25). *Between the Devil and the Green New Deal*. *Commune*. <https://communemag.com/between-the-devil-and-the-green-new-deal/>
- Bhim, S., & Larsson, B. (2124). *Biophilic Cultures: Indigenisation of the Material and Technological Arts*. *Open Society of Naturalist Studies*, 50(12). <https://doi.org/10.9340/9841723.2124.6452438>
- Blankespoor, B., Dasgupta, S., & Lange, G.-M. (2017). *Mangroves as a protection from storm surges in a changing climate*. *Ambio*, 46(4), 478–491. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0838-x>
- Bolch, T., Shea, J. M., Liu, S., Azam, F. M., Gao, Y., Gruber, S., Immerzeel, W. W., Kulkarni, A., Li, H., Tahir, A. A., Zhang, G., & Zhang, Y. (2019). *Status and Change of the Cryosphere in the Extended Hindu Kush Himalaya Region*. In P. Wester, A. Mishra, A. Mukherji, & A. B. Shrestha (Eds.), *The Hindu Kush Himalaya Assessment: Mountains, Climate Change, Sustainability and People* (pp. 209–255). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92288-1_7
- Boström-Einarsson, L., Babcock, R. C., Bayraktarov, E., Ceccarelli, D., Cook, N., Ferse, S. C. A., Hancock, B., Harrison, P., Hein, M., Shaver, E., Smith, A., Suggett, D., Stewart-Sinclair, P. J., Vardi, T., & McLeod, I. M. (2020). *Coral restoration – A systematic review of current methods, successes, failures and future directions*. *PLOS ONE*, 15(1), e0226631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226631>
- Botterell, Z. L. R., Beaumont, N., Dorrington, T., Steinke, M., Thompson, R. C., & Lindeque, P. K. (2019). *Bioavailability and effects of microplastics on marine zooplankton: A review*. *Environmental Pollution*, 245, 98–110. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.065>
- Boycott-Owen, M. (2019, November 18). *Lakes are a climate change “ticking time bomb”, warn scientists*. *The Telegraph*. <https://www.telegraph.co.uk/news/2019/11/18/lakes-climate-change-ticking-time-bomb-warn-scientists/>
- Brisson, V. L., Zhuang, W.-Q., & Alvarez-Cohen, L. (2016). *Bioleaching of rare earth elements from monazite sand*. *Biotechnology and Bioengineering*, 113(2), 339–348. <https://doi.org/10.1002/bit.25823>
- Carleton, T. A. (2017). *Crop-damaging temperatures increase suicide rates in India*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(33), 8746–8751. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701354114>
- Carrington, D. (2019a, January 7). *Global warming of oceans equivalent to an atomic bomb per second*. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2019/jan/07/global-warming-of-oceans-equivalent-to-an-atomic-bomb-per-second>
- Carrington, D. (2019b, June 25). *‘Climate apartheid’: UN expert says human rights may not survive*. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/environment/2019/jun/25/climate-apartheid-united-nations-expert-says-human-rights-may-not-survive-crisis>
- Carrington, D. (2020, August 17). *Microplastic particles now discoverable in human organs*. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2020/aug/17/microplastic-particles-discovered-in-human-organs>
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., & Dirzo, R. (2017). *Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30), E6089–E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>
- Chakraborty, D., Al-Rawi, F., Long, Z., & Richardson, P. (2076). *The Kessler Event: Possible Implications for Low Earth Orbit and beyond*. *International Journal of Orbital Mechanics*, 47(12). <https://doi.org/10.2340/2346753.2076.4222432>
- Chamberland, V. F., Petersen, D., Guest, J. R., Petersen, U., Brittsan, M., & Vermeij, M. J. A. (2017). *New Seeding Approach Reduces Costs and Time to Outplant Sexually Propagated Corals for Reef Restoration*. *Scientific Reports*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17555-z>
- Chen, L. (2031). *The Slow Fabrication Movement: New Perspectives on Technological Progress*. *The Journal of Socially Useful Production*, 3(6). <https://doi.org/10.8423/JSUPRDN.9264-43.2031>
- Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). *Record-Setting Ocean Warmth Continued in 2019*. *Advances in Atmospheric Sciences*, 37(2), 137–142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>
- Chihiro, E., Rocha, E., & Baldwin, R. (2123). *Bioaccumulation and Neutralisation of Radionuclides within Nuclear contamination sites: The Case of Fukushima*. *Open Journal of Biotechnology*, 99(6), 29–53.
- Chin, W. (2019). *Technology, war and the state: Past, present and future*. *International Affairs*, 95(4), 765–783. <https://doi.org/10.1093/ia/iz106>
- Colins, N., & Ariel, Y. (2062). *Combining citizen science bioremediation practises of stable isotopes reveals new metallurgical fabrication possibilities for ultra-high purity of bioleached rare earth concentrates*. *Journal of Applied Ecology*, 99(6), 29–53.
- Comeau, S., Cornwall, C. E., DeCarlo, T. M., Doo, S. S., Carpenter, R. C., & McCulloch, M. T. (2019). *Resistance to ocean acidification in coral reef taxa is not gained by acclimatization*. *Nature Climate Change*, 9(6), 477–483. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0486-9>
- Contreras, S., Pieber, M., & Tohá, J. (1981). *Purification of wastewater by electrolysis*. *Biotechnology and Bioengineering*, 23(8), 1881–1887. <https://doi.org/10.1002/bit.260230814>

- Coote, A. (2021). *Universal Basic Services and Sustainable Consumption. Sustainability: Science, Practice and Policy*, 17(1), 32–46. <https://doi.org/10.1080/15487733.2020.1843854>
- Cornwall, C. E., Comeau, S., Kornder, N. A., Perry, C. T., Hoidonk, R. van, DeCarlo, T. M., Pratchett, M. S., Anderson, K. D., Browne, N., Carpenter, R., Diaz-Pulido, G., D'Olive, J. P., Doo, S. S., Figueiredo, J., Fortunato, S. A. V., Kennedy, E., Lantz, C. A., McCulloch, M. T., González-Rivero, M., ... Lowe, R. J. (2021). Global declines in coral reef calcium carbonate production under ocean acidification and warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(21). <https://doi.org/10.1073/pnas.2015265118>
- Crowley, K., & Rath, A. (2020, October 5). *Exxon's Plan for Surging Carbon Emissions Revealed in Leaked Documents*. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-10-05/exxon-carbon-emissions-and-climate-leaked-plans-reveal-rising-co2-output>
- D'Angelo, S., & Meccariello, R. (2021). Microplastics: A Threat for Male Fertility. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph18052392>
- Dansgaard, W. (1985). Greenland ice core studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 50(1), 185–187. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(85\)80012-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(85)80012-2)
- Devassy, Z., & Cole, L. (2130). Rethinking Human Progress: Mapping Social Indicators of Liberty, Social Cohesion and Global Happiness Indices 2125–2130. *Open Journal of Human Geography*, 128(1), 120–147.
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneh, A., Balvanera, P., Brauman, K., Watson, R., Baste, I., Larigauderie, A., Leadley, P., Pascual, U., Baptiste, B., Dziba, L., Erpul, G., Fazel, A., Fischer, M., ... Vilá, B. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services – unedited advance version. 39.
- Dirik, D., & Chen, A. (2029). *Global Climate Assemblies: A Comprehensive Guide to People's Governance for Climate Justice*. UN Climate Action Commission.
- Divya A. (2020, August 14). Ice stupas help ghost villages of Ladakh become habitable again. *The Indian Express*. <https://indianexpress.com/article/india/ice-stupas-help-ghost-villages-of-ladakh-become-habitable-again-6554438/>
- Doon, R. (2035). *Carbon and Its Malcontents: Reparations for capital gains from fossil extractivism*. Red House.
- Dunn, K. (2019, October 18). *Norway Is Set To Drill More Than Ever Before*. *Fortune*. <https://fortune.com/2019/10/18/norway-drilling-climate-oil-and-gas/>
- Engel, C. (2019, July 22). *Scientists Unveil Memorial To Iceland's "First" Dead Glacier* | *Time*. <https://time.com/5631599/iceland-glacier-climate-change/>
- Fabre, M. (2032). *On the Abolition of Bullshit Industries*. *International Journal of Care Work*, 7(8), 20–39. <https://doi.org/10.1180/2307753.2032.1388432>
- Forbes, J. D. (2010). *Columbus and Other Cannibals: The Wetiko Disease of Exploitation, Imperialism and Terrorism*. In *Columbus and Other Cannibals*. Seven Stories Press.
- Fountain, H. (2020, December 8). *Arctic's Shift to a Warmer Climate Is 'Well Underway, Scientists Warn*—*The New York Times*. *New York Times*. <https://www.nytimes.com/2020/12/08/climate/arctic-climate-change.html>
- Gadgil, M., & Guha, R. (1994). *Ecological Conflicts and the Environmental Movement in India*. *Development and Change*, 25(1), 101–136. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.1994.tb00511.x>
- Ganguli, P., & Nakamura, S. (2047). *The Case for Carbon Negative Electrolytic Reefs: Designing Composite Reefs as Wave breakers and Zones Exclusive to Marine Biodiversity*. *The Open Journal of ReFuturing*, 16(4).
- García-Olivares, A., & Solé, J. (2015). *End of growth and the structural instability of capitalism—From capitalism to a Symbiotic Economy*. *Futures*, 68, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.09.004>
- Gautam, N., Rozario, L., & Jagmohan, S. (2053). *Rainmakers: Harvesting Atmospheric Rivers for Freshwater Aquifer Regeneration*. *The Open Journal of ReFuturing*, 22(3).
- Gilbert, E., & Kittel, C. (2021). *Surface Melt and Runoff on Antarctic Ice Shelves at 1.5°C, 2°C, and 4°C of Future Warming*. *Geophysical Research Letters*, 48(8). <https://doi.org/10.1029/2020GL091733>
- Gimeno, L., Nieto, R., Vázquez, M., & Lavers, D. A. (2014). *Atmospheric rivers: A mini-review*. *Frontiers in Earth Science*, 2. <https://doi.org/10.3389/feart.2014.00002>
- Goldman, F. (2064). *Revisiting Climate Resilient Zones: Developments in Global Climate Action and their Outcomes*. *Open Journal of Ecosystem Regeneration*, 29(6).
- Goreau, T. J. F. (2012). *Marine Electrolysis for Building Materials and Environmental Restoration*. *Electrolysis*. <https://doi.org/10.5772/48783>
- Goreau, T. J. F., & Prong, P. (2017). *Biorock Electric Reefs Grow Back Severely Eroded Beaches in Months*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 5(4), 48. <https://doi.org/10.3390/jmse5040048>
- Gough, I. (2019). *Universal Basic Services: A Theoretical and Moral Framework*. *The Political Quarterly*, 90(3), 534–542. <https://doi.org/10.1111/1467-923X.12706>
- Greenwood, V. (2015, February 11). *To Save Coral Reefs, First Save the Mangroves*. *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.com/news/2015/2/150210-mangrove-protect-coral-bleaching-science/>
- Halden, O. (2094). *Blue Carbon Sinks: Black Coral levees of the Sundarbans and Terra Preta in the Amazonas*. *Journal of Applied Ecology*, 131(6).
- Hampton, M., & Kuruvila, C. (2092). *The Pluriverse: Rainbow Intersectionality beyond a Counterhegemonic Practise*. *EZLN*.
- Hernandez, A., Wajid, K., Krishnamoorthy, E., Ma, N., & Sankara, N. (2062). *Agroecological Agriculture in Climate Resilience Zones (CRZs) and their impact on River Water Chemistry*. *Journal of Applied Ecology*, 99(6), 29–53.
- Hilbertz, W. (1979). *Electrodeposition of minerals in sea water: Experiments and applications*. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 4(3), 94–113. <https://doi.org/10.1109/JOE.1979.1145428>
- ICC. (2039). *Final Assessment Report to the United Nations Global Climate Assembly on the "Fossil Fascism Complex" and its Crimes Against Humanity: The Donziger Commission (p. 5000) [Summary Report]*. *International Criminal Court*.
- IPCC. (2028). *Limiting Global warming to 2°C*. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. <http://www.ipcc.ch/report/sr18/>
- Jansen, E., Christensen, J. H., Dokken, T., Nisancioglu, K. H., Vinther, B. M., Capron, E., Guo, C., Jensen, M. F., Langen, P. L., Pedersen, R. A., Yang, S., Bentsen, M., Kjær, H. A., Sadatzki, H., Sessford, E., &

- Stendel, M. (2020). Past perspectives on the present era of abrupt Arctic climate change. *Nature Climate Change*, 10(8), 714–721. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0860-7>
- Joselow, M. (2021, May 27). Court Orders Shell to Slash Emissions in Historic Ruling. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/court-orders-shell-to-slash-emissions-in-historic-ruling/>
- Juma, A., & Watene, A. (2041). *Defend the Land and Water: The Struggle for Indigenous Sovereignty and Autonomy*. Magabala.
- Keyßer, L. T., & Lenzen, M. (2021). 1.5 °C degrowth scenarios suggest the need for new mitigation pathways. *Nature Communications*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22884-9>
- Khan, I., & Shah, R. (2127). *Collected Works of Symbiotic Fabrication Technologies: Asia Archive Edition*. Open Tech Society, Ahmedabad.
- Kraemer, B. M., Pilla, R. M., Woolway, R. I., Anneville, O., Ban, S., Colom-Montero, W., Devlin, S. P., Dokulil, M. T., Gaiser, E. E., Hambright, K. D., Hessen, D. O., Higgins, S. N., Jöhnk, K. D., Keller, W., Knoll, L. B., Leavitt, P. R., Lepori, F., Luger, M. S., Maberly, S. C., ... Adrian, R. (2021). Climate change drives widespread shifts in lake thermal habitat. *Nature Climate Change*, 11(6), 521–529. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01060-3>
- Krets, M. (2048). *Technological Emergence and Exaptation: From Intellectual Property to Collective Knowledge*. Open Tech Society.
- Kyriaku, F., DiMarco, A., Noor, P., & Bonaccorso, N. (2089). Acclimatization of Marine Biota under Ocean Acidification Conditions and Other Interventions. *Nature Climate Change*, 79(6). <https://doi.org/10.2338/s48958-089-6496-79>
- Lai, X. (2056). *The Point Is To Have Fun: Long Term Sustainability and Social Playfulness*. Digua Research Wing.
- Mallett, R. D. C., Stroeve, J. C., Tsamados, M., Landy, J. C., Willatt, R., Nandan, V., & Liston, G. E. (2021). Faster decline and higher variability in the sea ice thickness of the marginal Arctic seas when accounting for dynamic snow cover. *The Cryosphere*, 15(5), 2429–2450. <https://doi.org/10.5194/tc-15-2429-2021>
- Masters, J. (2019, December 9). Newly Identified Jet-Stream Pattern Could Imperil Global Food Supplies. *Scientific American*. <https://blogs.scientificamerican.com/eye-of-the-storm/newly-identified-jet-stream-pattern-could-imperil-global-food-supplies/>
- McCarthy, R. (2020, November 8). Deep Sea Rush. *The Baffler*. <https://thebaffler.com/salvos/deep-sea-rush-mccarthy>
- Min, K., & Devi, L. (2052). *The Economics of Soil Nutrition: A study on Anthropocentric value extractivism of soil resources*. Institute of Ecological Economics.
- Mirza, K. (2067). *Climate Action: Gendered Justice, Liberation and Care*. Open Anthropological Society, Tehran.
- Natali, S. M., Holdren, J. P., Rogers, B. M., Treharne, R., Duffy, P. B., Pomerance, R., & MacDonald, E. (2021). Permafrost carbon feedbacks threaten global climate goals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(21). <https://doi.org/10.1073/pnas.2100163118>
- Ngata, K. (2076). *Reimagining Socially Useful Production: Alternatives in the Making (Centenary edition)*. International Society for Socially Useful Production.
- NOAA. (2020, April). *Ocean acidification*. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification>
- Noble, D. F. (1977). *America by design: Science, technology, and the rise of corporate capitalism*. Alfred A. Knopf.
- Oroza, E., & Marchand-Zanartu, N. (2009). *Rikimbili: Une étude sur la désobéissance technologique et quelques formes de réinvention*.
- Padmanaban, T., & Holdren, T. (2079). *Antarctic Climate Treaty: How little is too late?* *The Cryosphere*, 63(1).
- Pearce, F. (2021, February 3). *Water Warning: The Looming Threat of the World's Aging Dams*. Yale E360. <https://e360.yale.edu/features/water-warning-the-looming-threat-of-the-worlds-aging-dams>
- Penney, V. (2020, November 10). *5 Things We Know About Climate Change and Hurricanes*. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2020/11/10/climate/climate-change-hurricanes.html>
- Pennisi, E. (2017, March 9). *Meet the obscure microbe that influences climate, ocean ecosystems, and perhaps even evolution*. *Science | AAAS*. <https://www.sciencemag.org/news/2017/03/meet-obscure-microbe-influences-climate-ocean-ecosystems-and-perhaps-even-evolution>
- Ponkh, L. (2031). *Conditions of Social Collapse and Nurturing Societies of Care: A review*. *Journal of Social Care*, 2(4).
- Portho, T., & Arivu, L. (2130). *GPK1 Mapping Mission: Suborbital Survey Dataset of Climate Indicators and Datasets (JAN 2124-DEC 2129)* (p. 98). *People's Climate Action Coalition*.
- Qu, Y., Li, H., Wang, X., Tian, W., Shi, B., Yao, M., & Zhang, Y. (2019). *Bioleaching of Major, Rare Earth, and Radioactive Elements from Red Mud by using Indigenous Chemoheterotrophic Bacterium Acetobacter sp.* *Minerals*, 9(2), 67. <https://doi.org/10.3390/min9020067>
- Raabi, Q., Lundkvist, R., Vaidya, W., & Shah, E. (2073). *Ecosystem Dynamics of a Hothouse Earth*. *Journal of Climate Dynamics*, 45(6). <https://doi.org/10.2923/JCDNM.2434-83.2073>
- Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M. C. A., Baiocco, F., Draghi, S., D'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M., & Giorgini, E. (2021). *Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta*. *Environment International*, 146, 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>
- Rahman, F., Sen, O., & Palit, N. (2096). *A People's Report and Impact Analysis of the Blue Reparations Project (2044-2094)*. *People's Climate Action Coalition*.
- Resnick, B. (2017, December 12). *We're witnessing the fastest decline in Arctic sea ice in at least 1,500 years*. *Vox*. <https://www.vox.com/energy-and-environment/2017/12/12/16767152/arctic-sea-ice-extent-chart>
- Rogers, E., Salim, G., Lawrence, A., Tosh, F., & Varkey, Y. (2121). *Impact of Artificial Ice Stupa Glaciers on water vapor diffusion and latent heat on the effective thermal conductivity of snow in the Arctic and Antarctic Ice Caps*. *The Cryosphere*, 115(6), 2739–2755.
- Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D., Cabral, R. B., Atwood, T. B., Auber, A., Cheung, W., Costello, C., Ferretti, F., Friedlander, A. M., Gaines, S. D., Garilao, C., Goodell, W., Halpern, B. S., Hinson, A., Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., Leprieur, F., McGowan, J., ... Lubchenco, J. (2021). *Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate*. *Nature*, 592(7854), 397–402. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03371-z>
- Samy, E. (2129). *Out of Sight Out of Mind: Legacy Fossil Fuel Infrastructures in the 21st Century*. *Open Journal of Ecology*, 91(8).

- Sarnai & Solongo. (2118). Everything was Forever until There was Nothing: Hypernormalisation in the times of Ecocide. *Open Anthropological Society, Darkhan*.
- Sato, G., Fisseha, A., Gebrekiros, S., Karim, H. A., Negassi, S., Fischer, M., Yemane, E., Teclamarium, J., & Riley, R. (2005). A novel approach to growing mangroves on the coastal mud flats of Eritrea with the potential for relieving regional poverty and hunger. *Wetlands*, 25(3), 776–779. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2005\)025\[0776:ANATGM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2005)025[0776:ANATGM]2.0.CO;2)
- Schneider, T., Kaul, C. M., & Pressel, K. G. (2019). Possible climate transitions from breakup of stratocumulus decks under greenhouse warming. *Nature Geoscience*, 12(3), 163–167. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0310-1>
- Scott, C. A., Zhang, F., Mukherji, A., Immerzeel, W., Mustafa, D., & Bharati, L. (2019). Water in the Hindu Kush Himalaya. In P. Wester, A. Mishra, A. Mukherji, & A. B. Shrestha (Eds.), *The Hindu Kush Himalaya Assessment: Mountains, Climate Change, Sustainability and People* (pp. 257–299). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92288-1_8
- Silvestri, S., & Kershaw, F. (2010). *Framing the Flow: Innovative Approaches to Understand, Protect, and Value Ecosystem Services Across Linked Habitats [Text]*. UNT Digital Library; UNEP World Conservation Monitoring Centre. <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc28503/>
- Sjåfjell, B., & Halvorssen, A. M. (2016). *The Legal Status of Oil and Gas Exploitation in the Arctic: The Case of Norway* (SSRN Scholarly Paper ID 2636542). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=2636542>
- Smith, E. (2018, May 24). Climate change may lead to bigger atmospheric rivers. *Climate Change: Vital Signs of the Planet*. <https://climate.nasa.gov/news/2740/climate-change-may-lead-to-bigger-atmospheric-rivers>
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C. P., Barnosky, A. D., Cornell, S. E., Crucifix, M., Donges, J. F., Fetzer, I., Lade, S. J., Scheffer, M., Winkelmann, R., & Schellnhuber, H. J. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252–8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
- Suman, E., & Monyeki, B. (2117). *Slow Architecture and Coral Sea Walls: Testing the limits of Mineral Accretion, Mangrove-Coral Nurseries and Electric Reefs for Coastline Communities*. Open Tech Society, Sundarbans.
- Tartakovsky, B., Mehta, P., Bourque, J.-S., & Guiot, S. R. (2011). Electrolysis-enhanced anaerobic digestion of wastewater. *Bioresource Technology*, 102(10), 5685–5691. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.02.097>
- Thirumalai, W., & Halden, O. (2087). *War and Peace: A People's History of the Military Industrial Complex and It's role in creating High Tech Consumer Cultures*. Open Tech Society, Paris.
- Thompson, A. (2018, September 4). From Fish to Humans, A Microplastic Invasion May Be Taking a Toll. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/from-fish-to-humans-a-microplastic-invasion-may-be-taking-a-toll/>
- Thompson, V. S., Gupta, M., Jin, H., Vahidi, E., Yim, M., Jindra, M. A., Nguyen, V., Fujita, Y., Sutherland, J. W., Jiao, Y., & Reed, D. W. (2018). Techno-economic and Life Cycle Analysis for Bioleaching Rare-Earth Elements from Waste Materials. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(2), 1602–1609. <https://doi.org/10.1021/acsschemeng.7b02771>
- Tlouse, R., & Wakkari, T. (2130). *Synchronization and Social Change: A People's History of Social Dissonance of Development*. Open Journal of Social Ecology, 100(2).
- Tosh, F., & Varkey, Y. (2110). Dodging the Permafrost "Carbon Bomb": The Curious Case of Permafrost Emissions and How the World may have averted a guaranteed extinction event. *The Cryosphere*, 104(1), 110–136.
- Ubumwe, K. (2114). Centuries of Fossil Guilt: Taking stock of the catastrophic cost to human society from fossil fuel infrastructures. *International Journal of Ecological Economics*, 95(4), 230–267. <https://doi.org/10.1080/13563467.2114.1598964>
- UNCAC. (2043). *Global Reparations for Genocide of Indigenous Peoples and Erasure of Indigenous Cultures* (p. 211). UN Climate Action Commission.
- UNCAC. (2044). *The Blue Reparations Directive: Summary Report on International Mobilisation Program for Water Defence and Regeneration* (p. 320). UN Climate Action Commission.
- UNCAC. (2056). *Declaration of Right To Personhood for Ecosystems* (p. 211). UN Climate Action Commission.
- UNCAC. (2129). *Preliminary Status Report on the Biodiversity Regeneration programs for Marine Ecosystem Services* (p. 204). UN Climate Action Commission.
- Vahidi, L., Arenas-Vargas, B., & Gaard, M. (2118). *Symbiometallurgy: A Technological Review*. Open Journal of Biotechnology, 94(6), 89–109.
- Vici, N., Aslan, Y., Umu, W., Ødemark, N., & Oden, N. (2087). *Symbiotically Fabricated Coral Reefs and their Ecosystem Resilience to Global Bleaching Events*. *Journal of Applied Ecology*, 124(6).
- Wadhams, P. (2017). *A farewell to ice: A report from the Arctic*. Oxford University Press.
- Watts, J. (2020, October 27). "Sleeping giant" Arctic methane deposits starting to release, scientists find. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/science/2020/oct/27/sleeping-giant-arctic-methane-deposits-starting-to-release-scientists-find>
- Wehi, P. M., van Uitregt, V., Scott, N. J., Gillies, T., Beckwith, J., Rodgers, R. P., & Watene, K. (2021). Transforming Antarctic management and policy with an Indigenous Māori lens. *Nature Ecology & Evolution*, 1–5. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01466-4>
- Wheeling, K. (2019, July 13). Major cities in India are starting to run out of water. <https://theweek.com/articles/850956/major-cities-india-are-starting-run-water>
- Wolchover, N. (2019, February 25). *A World Without Clouds*. *Quanta Magazine*. <https://www.quantamagazine.org/cloud-loss-could-add-8-degrees-to-global-warming-20190225/>
- Xia, R. (2020, October 25). How the waters off Catalina became a DDT dumping ground. *Los Angeles Times*. <https://www.latimes.com/projects/la-coast-ddt-dumping-ground/>
- Yong, E. (2021, November 3). *The Enormous Hole That Whaling Left Behind*. *The Atlantic*. <https://www.theatlantic.com/science/archive/2021/11/whaling-whales-food-krill-iron/620604/>
- York, R. (2017). Why Petroleum Did Not Save the Whales. *Socius: Sociological Research for a Dynamic World*, 3, 1–13. <https://doi.org/10.1177/2378023117739217>
- Yu, Z., & Pabst, Å. (2051). *Tangible Archetypes for Technological*

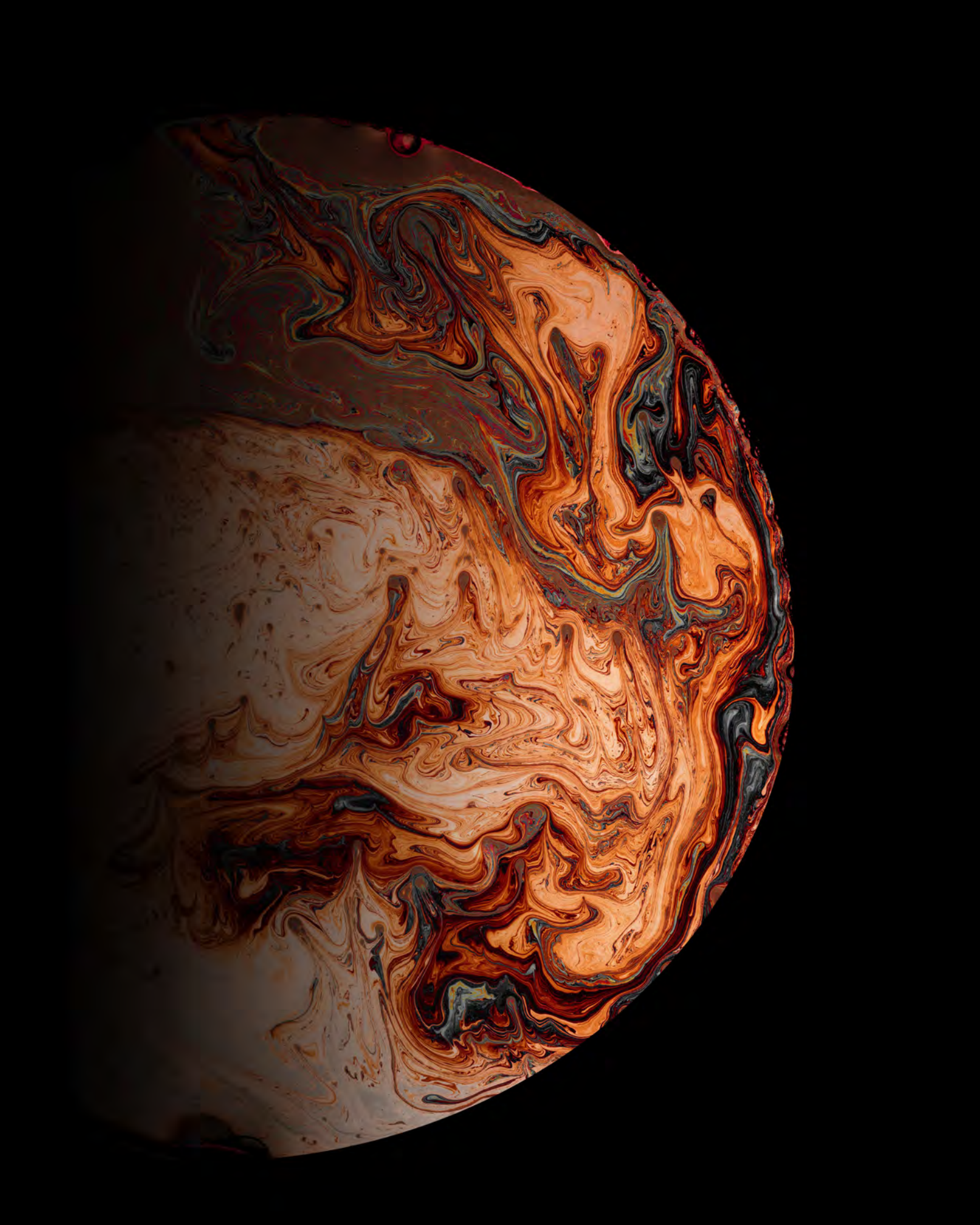
Disobedience: Designing Tangible Interventions for Climate Repairs. *The Open Journal of ReFuturing*, 20(5).

Zaidi, D. (2016, June 12). *Playing with Fire: Are Rainmakers a Geo-Engineering project in the Making?* *The Hindu*.

Zanna, L., Khatiwala, S., Gregory, J. M., Ison, J., & Heimbach, P. (2019). *Global reconstruction of historical ocean heat storage and transport.* *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(4), 1126–1131. <https://doi.org/10.1073/pnas.1808838115>

Zenlin, P. (2019). *The Masisi: Chronicles of Kinship and Radioactive Symbiosis (Vol. 7).* Open Anthropological Society, Stockholm.

Zerrano, P. (2016). *Comparative Assessment of Global Social Indicators and Global Happiness Indices: 2031-2036.* *Open Journal of Human Geography*, 33(4), 23–65.



“Obras de ficção científica estritamente de exploração geralmente chegam mais ou menos onde chega o Clube de Roma: em algum lugar entre a extinção gradual da liberdade humana e a extinção total da vida na Terra.”

– Ursula K. Le Guin, na introdução de *“A Mão Esquerda das Escuridão”* (1976)

“A idealização apocalíptica é uma profecia auto-realizável. É o mundo linear terminando de dentro para fora. A lógica apocalíptica existe dentro de uma zona espiritualmente, mentalmente e emocionalmente morta que também se canibaliza. São os mortos ressuscitados para consumir toda a vida.”

– Jack Forbes, *“Colombo e outros canibais”* (2008)

4. Posfácio

Esta publicação e os artefatos associados são fragmentos de uma “ficção de design”. Embora seja possível enganar-se lendo este trabalho como ficção científica, ele é na verdade um empreendimento experimental do ponto de vista do design. É parte ficção de design (Bleecker, 2009), um artigo de pesquisa parcialmente ficcional (Lindley & Coulton, 2016), parte revisão de literatura e um artefato projetado imaginando um futuro justo. Este artefato de pesquisa é resultado de um projeto de doutorado de “pesquisa por meio do design” intitulado “Artefacts from the Pluriverse: designing for long term Sustainability” (“Artefatos do Pluriverso: design para uma sustentabilidade a longo prazo”). Embora se pareça com ficção científica, não é. Escrito em 2020-21, com a pandemia global COVID-19 ainda a todo vapor, todas as referências antes de 2021 nesta ficção de design foram fruto de uma discussão abrangente de diversas publicações revisadas por pares sobre os vários temas em questão. Eventualmente, as ações climáticas globais que se seguiram após 2022 foram apenas relatos especulativos e ficcionais. Embora essas referências possam ser fictícias, elas foram desenvolvidas com cuidado e atenção deliberadas, sugerindo possibilidades. Esta ficção de design visa se envolver com as possibilidades e oportunidades de transformações sociais em direção à ação climática que podem estar disponíveis para desenvolver futuros sustentáveis de longo prazo à medida que avançamos em nossos futuros climáticos incertos.

A primeira metade de cada capítulo explora os legados da inação climática como uma revisão de literatura resumida, discutindo os contos dispersos das rotas que não foram seguidas e das sensibilidades que não foram cultivadas. Isso foi feito para entender por que, apesar da vasta sabedoria e conhecimento sobre a urgência das crises, uma compreensão mais abrangente da ação climática ainda parece evasiva, enquanto um sentimento profundo de desespero climático parece ter sido normalizado. Portanto, mesmo que mais carbono tenha sido emitido na atmosfera conscientemente do que jamais foi feito por ignorância (Wallace-Wells, 2019), as bases para a ação climática seguem sendo continuamente alteradas (Jackson et al., 2011). Parece-nos, então, que o conhecimento por si só “não é o caminho que leva ao entendimento, porque o porto do entendimento está em outra margem”, e isso requer uma “navegação diferente” (Max-Neef, 2009). O grupo de pesquisa ReFuturing Studio do AHO concentrou-se em tentar essa “navegação diferente” com base nessa posição. São justamente as possibilidades e desafios desta nova navegação os pontos que guiam esta publicação.

Os pressupostos sociais em que este projeto de pesquisa se baseia contrastam deliberadamente com os muitos cenários climáticos distópicos já imaginados, que tendem a gravitar em direção a um “aviso de coisas que estão por vir”, de futuros que nenhum de nós deseja habitar (Tonkinwise, 2014). Apesar da conclusão inequívoca sobre nossos futuros climáticos, essas tendências de construção de um desespero climático parecem mais sintonizadas com expressões elaboradas de negacionismo climático que continuam a ser profundamente internalizadas em nossa imaginação social (Klein, 2014). À medida que os capítulos progridem, eles articulam as possibilidades que podem estar disponíveis para nós – uma agência “projetada” além do desespero climático que pode ser feita para além das restrições sistêmicas de nosso paradigma atual. Ainda pode ser possível compreender e abordar a maldade de tal situação existencial. Além disso, como é impossível provar e prever tal futuro, esta ficção de design não se preocupa em mapear detalhadamente todas as suas idiosincrasias.

Esta ficção de design sugere um mundo 2°C-2,5°C mais quente no próximo século; o último relatório do IPCC indica esse número como uma trajetória intermediária das tendências de aquecimento para 2100. O aquecimento a 1,5°C já é um desastre, e um mundo de 2°C já pode desencadear ciclos de feedback além do nosso controle. 2°C é uma sentença de morte garantida para milhões de pessoas. Portanto, devem-se limitar as emissões como se a meta fosse de 1,5°C em vez de 2°C, que está sendo proposta como uma meta mais “razoável”. Por isso, a questão de podermos ou não considerar a floresta e as árvores torna-se uma questão existencial. Ultrapassar o limite de 1,5°C representa mais do que o número em si. Por trás disso estão ameaças ainda desconhecidas e os complexos emaranhados das crises climáticas e ecológicas – as biodiversidades e os serviços ecossistêmicos, os declínios agrícolas, as mortes de agricultores, a desigualdade socioeconômica, a fome, justiça social, a sustentabilidade de longo prazo, a Sexta Extinção em Massa e a boa qualidade da vida (Díaz et al., 2019). Seja essa mudança intencional ou causada por colapso, a qualidade dessas escolhas permanece relevante para o bem-estar humano e planetário, independentemente dos limites que cruzamos neste século, seja no social, no clima ou em ambos.

Em última análise, o propósito desta ficção de design não é afirmar quão exato será esse futuro, mas criar um diálogo crítico sobre um futuro mais esperançoso caso certas suposições fundamentais de nosso paradigma atual mudem. Se o texto pinta uma conclusão ‘utópica’, não é por meio de um apelo para extrapolar o sistema que existe hoje cem anos no futuro. É para “refuturar” o que já foi desfuturado, recuperar os futuros desumanizados das crises ecológicas recuperando nossa humanidade, aquilo que Freire chama de tarefa de reumanização (Freire, 2014). Essa reumanização é o aquilo ao qual o termo ‘refuturar’ no título desta publicação alude, algo que sem dúvida requer uma reimaginação, um repensamento e uma reumanização do design de futuros para quebrar os parâmetros constantemente estreitos do “Business as Usual”. Refuturar requer abrir possibilidades ‘pluriversais’ que sugerem ações climáticas hoje, trazendo talvez um futuro radicalmente diferente quando se chega a ele.

Além disso, refuturar é imaginar uma esperança radical quando nenhuma esperança parece próxima, mesmo que o planeta se torne cada vez mais inabitável para a espécie humana (Wallace-Wells, 2019). No entanto, deve-se notar que utopias re-humanizantes não implicam que futuros alternativos sejam desprovidos de qualquer conflito. Eles continuarão sendo espaços altamente contestados, com muitos caminhos emergindo, divergindo e convergindo novamente. Nesses espaços contestados e pluriversais, “onde existem muitos mundos”, as deliberações sobre preocupações mútuas podem ser trabalhadas por práticas de convívio e autonomia (Escobar, 2018). Isto pode ser um aprendizado reflexivo em ação com a biosfera como espécie. Os futuros reumanizados seriam aqueles que podemos consentir conscientemente, deixando espaço para danças, risadas, brincadeiras, diversão, lazer, criatividade e até tédio – o que parece impossível de imaginar hoje.

Ao tentar imaginar uma recusa às nossas crises perversas, certas sensibilidades foram cultivadas enquanto outras foram ignoradas. Essas sensibilidades foram baseadas em diferentes pressupostos para um novo paradigma de suspensão da descrença dentro da ficção do design. Dito isso, alguns dos caminhos para a reparação climática discutidos aqui podem até ser interpretados como politicamente impossíveis, criando experiências desagradáveis e inquietantes para alguns leitores, ao mesmo tempo que causam preocupações e desafiam algumas das “regras” mais profundamente arraigadas no nosso paradigma existente. Isso não quer dizer que todos os desafios ao paradigma devam ser inquietantes ou mesmo um meio para a ação climática.

Inevitavelmente, nesse processo, essas ficções falam por aquelas pessoas que ainda não existem, agindo como substitutas que colocam questões e exploram possibilidades de refletir e agir a partir de uma definição diferente de civilização. Isso pode parecer desrespeitoso, mesmo dentro de um mundo fictício onde a narrativa coloca o ônus da transformação das ações sustentáveis em um coletivo amorfo de vozes “das margens” – afinal, para os povos indígenas e marginalizados do mundo, o apocalipse climático é uma realidade cotidiana, enquanto os responsáveis pelas crises continuam seguindo em frente como se nada estivesse acontecendo (Althor et al., 2016; Carrington, 2019; Chancel & Piketty, 2015).

Este trabalho não pretende desrespeitar, descaracterizar ou transformar as pessoas citadas nesta publicação em caricaturas. Em vez disso, essas vozes especulativas pretendem ser reflexões para o convívio, para que possamos compreender nossa situação mais profundamente. Espera-se que esta publicação seja um convite para uma leitura crítica, mas especulativa, para entender as oportunidades para a ação — muitas das quais não são exatamente difíceis de seguir. Os caminhos sugeridos aqui não são apenas viáveis, mas seriam radicalmente transformadores para garantir o bem-estar humano e ecológico, mantendo-se simultaneamente abaixo do limite de 1,5°C (Fazey et al., 2020; Folke et al., 2021; Keyßer & Lenzen, 2021; Kuhnhenh e outros, 2020). A necessidade de renovar os contratos sociais globalmente propõe liberar as sociedades humanas para participar da ação climática. Pode ser possível sermos menos “produtivos” para um motor econômico movido a combustíveis fósseis e mais focados em uma sociedade ecológica mais tranquila e cuidadosa que garanta uma boa qualidade de vida (Coote, 2021; Gough, 2019).

À medida que as comunidades constroem a resiliência climática local e global com métodos de fabricação e consumo locais e sustentáveis, as ações podem ser ampliadas em vez de serem meramente aumentadas. Essa estratégia pode permitir a integração em vários níveis de infraestruturas de energia renovável projetadas para a sustentabilidade a longo prazo. Isso pode ser instituído dentro de cascatas negativas de carbono mutuamente reforçantes, atendendo ao mesmo tempo às necessidades humanas essenciais. Para que isso seja posto em prática, podem ser necessárias transformações sociais que enquadrem essa adaptação de tecnologias para as necessidades sociais e ecológicas. Estas infraestruturas resilientes ao clima podem usar transferências de tecnologia aberta e a ciência cidadã para seguir formulando diversas formas de abundância ecológica e material em um mundo sem combustíveis fósseis baratos por meio de uma estrutura de reparação climática descolonizada. Essas questões estão tacitamente envolvidas nos artefatos explorados na ficção de design que incorpora a diegese da descolonização e da justiça climática, tornando esses futuros imagináveis, sensatos e factíveis hoje. Uma lista de referência mais detalhada das tecnologias pode ser encontrada no apêndice de tecnologias a seguir.

Os artefatos desenvolvidos nesta publicação sugerem um caminho de indigenização do cotidiano para nós não-indígenas. Este caminho é proposto não para alcançar um estado primordial mítico, mas como um ‘projeto político autoconsciente’ para culturas de prosperidade mútua, fundamentadas e florescentes dentro das ecologias planetárias, o que pode ser essencial à medida que o clima e o colapso ecológico continuam, e talvez para além do cenário de colapso. Na prática do design, os artefatos muitas vezes se tornam um meio de refletir a ação, de pensar e repensar proposições por meio do conhecimento tácito. Espera-se que este exercício demonstre uma compreensão maior da sustentabilidade de longo prazo pelo design. Nesta busca, os artefatos podem ser criados hoje, embora ainda sejam especulativos.

Dos biomineralizadores aos recifes de corais eletrificados e geradores de chuva, dos semeadores florestais às symfabs, das impressoras orgânicas de bateria de algas-quitosana às estruturas solares óticas impressas em 3D dentro de redes de energia municipais e aos rituais de energia do povo fictício Masisi — todos esses equipamentos são baseados em especulações existentes na literatura tecnológica fundamental.

Os aspectos da sustentabilidade de longo prazo expressos nesses artefatos diegéticos podem dar ao leitor uma ideia de que a sustentabilidade de longo prazo ainda pode ser alcançada. No entanto, o progresso tecnológico não precisa depender de noções arcaicas de solucionismo tecnocrático. Não precisa depender de modelos extrativistas e coloniais restringindo as possibilidades humanas ao invés de expandi-las. As propostas para transferências de tecnologia aberta e os movimentos de ciência aberta caminham para um vislumbre de saltos mais profundos em direção a tecnologias “poéticas” emergentes do que as ações burocráticas destinadas a desumanizar a tecnologia (Graeber, 2018; Noble, 1984; Zuboff, 2019). Este periódico também oferece perspectivas sobre quem desenvolverá essas tecnologias neste novo paradigma, propondo questões sobre o cuidado e reprodução social que investigam a criação desses grupos e os recursos que as criam, talvez até compartilhando livremente essas capacidades à medida que a vida social se torna estrategicamente desmercantilizada. Aqui, sob condições libertadoras, as infraestruturas tecnológicas resilientes ao clima podem até proliferar relativamente mais rápido do que jamais foi considerado possível, talvez tomando uma trajetória social e ecológica diferente daquela a que nos acostumamos hoje.

É bem verdade que a complexidade perversa das crises climáticas e ecológicas (Morton, 2016) não pode ser meramente “solucionada” apenas por balas de prata. Pode haver certos limites para os designers abordarem esses problemas sozinhos (Dorst, 2019). Esta publicação de design por si só não pode dar conta de todas as minúcias dessas questões — se a vida social planetária em um mundo de estufa de 2°C a 2,5°C é possível ou previsível com precisão está muito além do escopo deste periódico. No entanto, pode ser possível termos um mundo de 2°C dentro de uma mentalidade de “os negócios não podem parar” e ainda assim vivermos uma distopia climática angustiante além da nossa imaginação. Muitas dessas visões talvez já estejam presentes nas visões distópicas com as quais estamos familiarizados hoje. Em vez disso, o foco deste exercício é sugerir possibilidades de uma natureza diferente, em direção ao imaginário da ação climática baseada na verdadeira descolonização e justiça climática por meio de reparações climáticas ‘efetivas’, que está em constante tensão com a lógica colonial ‘eficiente’ dos “negócios de sempre” . Para que isso aconteça, é preciso navegar em águas desconhecidas e traçar conexões criativas entre fenômenos e preocupações aparentemente desconexas para poder vislumbrar arranjos contra-hegemônicos e possibilidades paradigmáticas de transformações sustentáveis de longo prazo.

No entanto, mesmo que se imagine esses paradigmas diferentes, não se pode esperar que eles ocorram de maneira independente, nem que eles aconteçam exatamente como prescrito. Independentemente das escolhas à frente, seriam necessários esforços cooperativos constantes para que as necessidades essenciais fossem fabricadas ecologicamente e cuidadas, alimentadas, reproduzidas socialmente e sustentadas, se assim desejado, o que exige esforços ao longo de várias gerações. Essa prática multigeracional precisará ser complementada por regulamentos e estruturas ecocidas rigorosas, literalmente descolonizando a terra, a água, o ar e até o espaço sideral. Além disso, os serviços ecossistêmicos podem precisar ser remediados e regenerados, instituindo reparações para a biosfera. Com isso tudo em mente, esta

ficção de design tenta contribuir com possibilidades que disciplinas fora do design articularam anteriormente, trabalhando para a imaginação pluriversal especulada por esta publicação. Talvez mentes muito mais capazes possam sonhar cenários mais profundos além dessas especulações que foram ingenuamente simplificadas aqui, ou podem até ser conservadoras em outras questões.

Esta publicação apresenta as possibilidades refutadas de nossos passados, presentes e futuros climáticos, embutidos em um profundo emaranhado das nossas definições de “civilização” que ainda precisam ser reconciliadas. Quaisquer formas de ações climáticas que o futuro reserve poderão precisar de negociação constante. O futuro que criamos precisará de um convívio profundo, de autonomia e de cooperação que possam nos ajudar a fazer e refazer o mundo tão intimamente quanto normalizamos a chegada das distopias climáticas hoje. O século 22 ainda emergirá; se é um futuro mais esperançoso e resiliente ao clima como o especulado nesta publicação, ou um que vê a civilização humana correr à beira da extinção, isso ainda é uma questão em aberto. Com as realidades da inação climática como são hoje, a primeira opção oferece uma possibilidade criativa para uma esperança radical, ainda que estreita. Em contraste, a outra opção nos fornece uma previsível falta de escolha no assunto. As perspectivas de uma civilização sustentável de longo prazo digna desse nome, se ela um dia existirá, ainda pode depender da possibilidade de que a espécie humana, com toda a sua engenhosidade, encontre e execute formas de tornar-se nativa de sua biosfera vivificante.

Bibliografia - Posfácio

- Althor, G., Watson, J. E. M., & Fuller, R. A. (2016). *Global mismatch between greenhouse gas emissions and the burden of climate change*. *Scientific Reports*, 6, 20281.
- Bleecker, J. (2009). *Design Fiction: A Short Essay on Design, Science, Fact and Fiction*. 49.
- Carrington, D. (2019, June 25). 'Climate apartheid': UN expert says human rights may not survive. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/environment/2019/jun/25/climate-apartheid-united-nations-expert-says-human-rights-may-not-survive-crisis>
- Chancel, L., & Piketty, T. (2015). *Carbon and inequality: From Kyoto to Paris Trends in the global inequality of carbon emissions (1998-2013) & prospects for an equitable adaptation fund* World Inequality Lab (p. 50). Paris School of Economics.
- Coote, A. (2021). *Universal Basic Services and Sustainable Consumption*. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 17(1), 32–46. <https://doi.org/10.1080/15487733.2020.1843854>
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneeth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Watson, R., Baste, I., Larigauderie, A., Leadley, P., Pascual, U., Baptiste, B., Dziba, L., Erpul, G., Fazel, A., Fischer, M., ... Vilá, B. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services – unedited advance version*. 39.
- Dorst, K. (2019). *Design beyond Design*. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 5(2), 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2019.05.001>
- Escobar, A. (2018). *Designs for the Pluriverse: Radical Interdependence, Autonomy, and the Making of Worlds*. Duke University Press. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/ahono/detail.action?docID=5322528>
- Fazey, I., Schöpke, N., Caniglia, G., Hodgson, A., Kendrick, I., Lyon, C., Page, G., Patterson, J., Riedy, C., Strasser, T., Verveen, S., Adams, D., Goldstein, B., Klaes, M., Leicester, G., Linyard, A., McCurdy, A., Ryan, P., Sharpe, B., ... Young, H. R. (2020). *Transforming knowledge systems for life on Earth: Visions of future systems and how to get there*. *Energy Research & Social Science*, 70, 101724. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101724>
- Folke, C., Polasky, S., Rockström, J., Galaz, V., Westley, F., Lamont, M., Scheffer, M., Österblom, H., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Seto, K. C., Weber, E. U., Crona, B. I., Daily, G. C., Dasgupta, P., Gaffney, O., Gordon, L. J., Hoff, H., Levin, S. A., ... Walker, B. H. (2021). *Our future in the Anthropocene biosphere*. *Ambio*, 50(4), 834–869. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01544-8>
- Freire, P. (2014). *Pedagogy of the Oppressed: 30th Anniversary Edition*. Bloomsbury Academic & Professional. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/ahono/detail.action?docID=1745456>
- Gough, I. (2019). *Universal Basic Services: A Theoretical and Moral Framework*. *The Political Quarterly*, 90(3), 534–542. <https://doi.org/10.1111/1467-923X.12706>
- Graeber, D. (2018). *The Utopia of Rules: On technology, stupidity, and the secret joys of bureaucracy*. Melville House.
- Jackson, J. B. C., Alexander, K., & Sala, E. (Eds.). (2011). *Shifting baselines: The past and the future of ocean fisheries*. Island Press.
- Keyßer, L. T., & Lenzen, M. (2021). *1.5 °C degrowth scenarios suggest the need for new mitigation pathways*. *Nature Communications*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22884-9>
- Klein, N. (2014). *This Changes Everything. Capitalism vs. The Climate*. Penguin Books.
- Kuhnhenh, K., Costa, L., Mahnke, E., Schneider, L., & Lange, S. (2020). *A Societal Transformation Scenario for Staying Below 1.5°C (Economic & Social Issues, Vol 23)*. Heinrich Böll Stiftung. <https://www.boell.de/en/2020/12/09/societal-transformation-scenario-staying-below-15degc>
- Lindley, J., & Coulton, P. (2016). *Pushing the Limits of Design Fiction: The Case For Fictional Research Papers*. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 4032–4043. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858446>
- Max-Neef, M. (2009). *From knowledge to understanding – Navigations and returns*. In *What Next volume II – The Case for Pluralism (Vol. 2)*. Dag Hammarskjöld Foundation. https://www.daghammarskjold.se/wp-content/uploads/2009/DD52_web.pdf
- Morton, T. (2016). *Dark ecology: For a logic of future coexistence*.
- Noble, D. F. (1984). *Forces of production: A social history of industrial automation*. Knopf.
- Tonkinwise, C. (2014). *How We Intend to Future: Review of Anthony Dunne and Fiona Raby, Speculative Everything: Design, Fiction, and Social Dreaming*. *Design Philosophy Papers*, 12(2), 169–187. <https://doi.org/10.2752/144871314X14159818597676>
- Wallace-Wells, D. (2019). *The uninhabitable earth: Life after warming*. Tim Duggan Books.
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for the future at the new frontier of power*. Profile Books.

5. Apêndice de Tecnologias

Os artefatos explorados nesta revista situam-se em um mundo que passou por transformações sociais para chegar na ação climática. Caminhos alternativos de desenvolvimento foram trilhados para criar uma tapeçaria de estratégias centradas na justiça climática, transformando as culturas materiais da civilização e subvertendo sua relação extrativista com os ecossistemas planetários. A leitura especulativa dos artigos técnicos que fundamentam essas tecnologias é ao mesmo tempo algo antigo e novo, misturando algumas tecnologias de ponta e outras baseadas em conhecimentos passados, algumas coisas baseadas na ciência moderna e outras baseadas em práticas indígenas. Em muitos casos, os estudos foram interpretados ou especulados de forma bastante criativa até um certo extremo, além do que os autores dos estudos pretendiam. No entanto, não se trata de extrapolar o que existe, mas de especular “e se” – como um exercício criativo para abrir diferentes trajetórias que, como o leitor pode ter vislumbrado nesta revista, podem possibilitar saltos tecnológicos ‘exaptados’ em direção à produção socialmente útil para suprir as necessidades humanas essenciais, num esforço que era aplicado anteriormente ao consumo insustentável.

Esta revista defende que o desenvolvimento tecnológico pode dar saltos profundos ao buscar uma agência e participação climáticas genuínas capazes de retroalimentarem-se, o que permitiria possibilidades para uma mudança epistêmica dentro de um processo autopoietico. No entanto, esses saltos criativos não são garantia de “sucesso” e podem até levar a resultados indesejáveis, como sugere o caso dos Rainmakers. Portanto, os artefatos criados nesta revista representam certos arquétipos de produtos neste mundo futuro especulativo que podem surgir para diversos propósitos. Os contratos sociais renovados podem ter deixado claro para o leitor que as tecnologias sustentáveis de longo prazo estão enquadradas em uma visão de mundo mais ecológica, ampliando a qualidade da vida humana e não humana nas zonas de resiliência climática. Eles também sugerem uma mudança na relação material para culturas simbióticas pluriversais que ainda podem conter a promessa de saltos tecnológicos mais profundos, conforme discutido por meio de fabricação simbiótica e simbiometalurgia.

Isso não significa dizer que estes são os únicos arquétipos possíveis. Talvez mentes melhores possam preencher as possibilidades de necessidades essenciais de maneiras diferentes das que exploramos nesta edição. O que segue nesta seção é uma visão geral, uma bibliografia dos trabalhos técnicos para os interessados em prosseguir os estudos que fundamentam essas especulações. Eles podem ser úteis para entender melhor e talvez criar de fato os artefatos projetados por esta revista. Não é de forma alguma uma lista exaustiva das leituras na área, e é possível expandi-la.

Cap. 1 Culturas de Energia Glocal: Compreendendo a Indigeneidade Radical do Século 22 e Depois

1. Microrredes Municipais

Uma rede de energia negativa de carbono holística e distribuída a nível local, que faz parte da infraestrutura resiliente ao clima com base em princípios regenerativos. Em essência, a rede integra sistemas combinados de calor e energia (CHP), alguns baseados em alternadores reversíveis baseados em ciclo Stirling para uma operação livre de manutenção a longo prazo. Este sistema também inclui práticas regenerativas de saneamento e gestão de resíduos integradas nos quadros agroflorestais municipais. A energia solar na forma de luz e calor é concentrada e redirecionada através de mais sistemas de concentração de fibra ótica (Amara et al., 2011; Gorthala et al., 2017; Jaramillo & Río, 2002) e usada em módulos combinados de calor e energia para cozinhar e aquecimento de ambientes térmicos internos. Os resíduos orgânicos são carbonizados através de pirólise de micro-ondas (Hoseinzadeh Hesas et al., 2013) ou pirólise solar (Ayala-Cortés et al., 2019) para produzir meios ricos em carbono em banheiros de fermentação para sobrecarregar a matéria de carbono que seria ainda utilizada como corretivos do solo, ricos em fertilizantes orgânicos de nitrogênio e fósforo, fechando os ciclos de nutrientes, ao mesmo tempo em que localizam a produção e o consumo de energia. O processo de pirólise de resíduos orgânicos carbonizados em uma cascata de carbono (Bates & Draper, 2019; Hassan et al., 2019) com resultados resultantes de calor, gás de síntese e bio-óleos poderia ainda ser usado em alterações de solo, baterias e bioplásticos em reforço mútuo cascatas de carbono.

a. Estruturas solares óticas impressas em 3D:

Estruturas solares fabricadas localmente convertem diretamente o espectro térmico e visível da radiação solar dentro de células solares sintonizadas opticamente (Bag et al., 2017), que são fibras óticas impressas em 3D revestidas com aerossol e revestidas com tintas solares de perovskita (Bag et al., 2017). Essas células, no entanto, também consistem em materiais de mudança de fase que podem estender sua eficiência usando propriedades de mudança de fase e serem utilizadas para ciclos infinitos de armazenamento de energia térmica que podem ser redirecionados quando a radiação solar for inadequada, como os períodos noturnos e o sol de inverno (Goli et al., 2013; Liu et al., 2017; Yang et al., 2016).

b. Baterias orgânicas impressas em 3D:

O sistema de armazenamento de energia consiste em baterias e ultracapacitores a base de algas-quitosana cultivadas biologicamente, produzidos localmente para armazenar energia elétrica (Salimi et al., 2019; Wang et al., 2015). Sua fabricação depende da levitação ultrassônica controlada de material de estoque (Azadi et al., 2021; Marzo & Drinkwater, 2019) e fabricação de baterias compostas a partir do processamento pirolítico afinado de fibras orgânicas ricas em carbono e matéria-prima em estado bruto, criando baterias e ultracapacitores orgânicos baseados na captura de carbono (Gabhi et al., 2017; Huggins et al., 2014; Salimi et al., 2019), (Anandhavelu et al., 2017; Attias et al., 2017; Subban et al., 1996) e baterias e ultracapacitores a base de papel de algas (Salimi et al., 2019; Wang et al., 2015). A conversão de energia química em energia térmica é gerada através do ciclo reversível de Stirling de combustão de plasma de gás de síntese (Punčochář et al., 2012), reduzindo ainda mais os poluentes da pirólise de micro-ondas (Hoseinzadeh Hesas et al., 2013).

2. Rituais de Energia do (Fictício) Povo Masisi

As tradições indígenas no cultivo de energia do povo Masisi baseiam-se na adaptação técnica da integração de células solares de fibra ótica (Bourzac, 2009) revestidas com grafeno (Casaluci et al., 2016) juntamente com uma célula de combustível microbiana fúngica (MFC) (Gajda et al., 2015) que se alimenta de solos radioativos (Qu et al., 2019). As propriedades miceliais também são aplicadas aos seus trajes de proteção contra radiação. As estruturas celulares do bastão e seu preparo são baseados em 'biomiméticos hierárquicos' inspirados nas estruturas óticas naturais, como a esponja de vidro (Sundar et al., 2003) e em pelos de ursos polares (Preciado et al., 2008). A comunidade indígena se concentra na aplicação de micorremediação para limpar os solos radioativos em suas regiões (Joshi et al., 2011; Whiteside et al., 2019) e o micélio também é capaz de produzir energia a partir de fontes radioativas (Dadachova et al., 2007).

Cap. 2. Tornando-se Terrestre: Sobre as Zonas de Resiliência Climática, Fabricação Simbiótica e Regeneração de Ecossistemas

1. Semeadores Florestais e Semeadores Vaga-lumes nas Zonas de Resiliência Climáticas

Nas Zonas de Resiliência Climática, replantar e reconectar as florestas antigas do mundo traz de volta a biodiversidade (Damschen et al., 2019). Isso é feito com a ajuda de dispositivos de semeadura florestal que usam 'bolas de sementes' para estabelecer florestas novas e antigas. Essas bolas de sementes (Fukuoka, 1978; Guest, 2019) usam um meio carbonizado "sobrecarregado" com nitrogênio e fósforo de fontes biológicas (Ngatia et al., 2019; Zhou et al., 2019; Zhu et al., 2019). Além disso, o meio carbonizado também é inoculado com esporos de micélio que ajudam no estabelecimento de florestas antigas, aumentando ainda mais a disponibilidade de nutrição ao rejuvenescer a saúde microbiana do solo ligando redes de raízes de plantas de compartilhamento de recursos aos solos antigos, espalhando redes micorrízicas (Tsing, 2015; Whiteside et al., 2019). Essas bolas de sementes são espalhadas em padrões aleatórios usando formas "criativas" de ecologia (Miyawaki, 1999, 2004) ao semear florestas antigas que oferecem formas muito mais resilientes de recuperação da biodiversidade. Esses semeadores florestais são usados para restaurar os solos e regenerar os serviços ecossistêmicos terrestres, complementando os esforços de conservação, incluindo aí a produção de biomassa da agricultura e silvicultura, armazenamento, filtragem e transformação de nutrientes e água; habitats de biodiversidade; fontes de matéria-prima e sumidouros de carbono (Hammer et al., 2014; Lehmann & Joseph, 2009; Ngatia et al., 2019). Tal prática é baseada em um fenômeno bem estudado com os solos de 'Terra Preta' na Amazônia (Glaser et al., 2001).

2. Tecnologias de fabricação simbiótica nas Florestas Sagradas: SymFabs

As unidades SymFab permitem formas localizadas e ecológicas de produção de alta tecnologia e consumo de compósitos avançados usando uma "fabricação simbiótica". A carbonização de matéria orgânica e fibras (Rajapaksha et al., 2015; Tsang et al., 2015) são aplicadas para criar substituições eficazes de compósitos de alto desempenho de fontes orgânicas (Haneef et al., 2017) para sistemas de fabricação socialmente úteis (Smith, 2014) que sequestram carbono integrando-se à produção industrial local para aplicações tecnológicas avançadas (Lam, Azwar, et al., 2019; Wang et al., 2013). A carbonização pirolítica dessas fibras naturais, quando

processadas como biocompósitos produzidos a partir de fibras orgânicas (Vold, 2015) com processamento in situ de resinas à base de plantas (O'Donnell et al., 2004; Turner et al., 2019), pode até mesmo ser usada para criar eletrodos cerâmicos com base de argila (Alqadoori, 2018). Muito disso também é possível com formas biomiméticas de “interfaces computacionais simbitrônicas” (Adamatzky, 2018; Gow & Morris, 1995) que mediam as interações entre essas infraestruturas de fabricação para manter e nutrir os processos ecológicos.

Cap. 3. Além do Vaporware: Lembrando os Programas das Reparações Azuis

1. Biomineralizadores

Os biomineralizadores sugerem um meio de refinar minerais de terras-raras de seus minérios usando processos biológicos de biomineração e biolixiviação (Brisson et al., 2016; Qu et al., 2019; Thompson et al., 2018). Os biomineralizadores também aplicam esses métodos combinando-os com eletrólise de águas residuais para biorremediação (Contreras et al., 1981; Tartakovsky et al., 2011). Juntamente com processos bioquímicos de crescimento microbiano usando um meio de carbono, tem-se um meio comprovado, eficaz e barato para limpar nitratos, fosfatos e metais pesados de ecossistemas de água doce (Mani & Kumar, 2014; Wang, Yu, et al., 2019; W. Xu et al., 2015; Yang et al., 2019). Os rendimentos estão de acordo com as necessidades de um processo de fabricação lento. Certas cepas de fungos e espécies de organismos vegetais são conhecidas por lixiviar biologicamente minerais de minérios como parte de seu metabolismo (Brisson et al., 2016; Qu et al., 2019; Thompson et al., 2018). Além da produção de cobre e ouro, a biomineração também pode ser aplicada em escala local para refinar elementos como cobalto, níquel, zinco e urânio. A biomineração tem sido aplicada no processamento de minérios de sulfeto e urânio (Schippers et al., 2013).

2. Geradores de chuva

Os Rainmakers são compostos por estruturas modulares/tecidas autônomas (Beeby & White, 2010; Rojas et al., 2013) atuando como dispositivos de acúmulo de umidade que funcionam apenas com radiação solar (Zhao et al., 2019). Eles são destinados a oferecer um último esforço para aproveitar a umidade dos rios atmosféricos e direcioná-la para fornecer acesso à água doce onde pode ser necessário, pois a chuva se torna precária para as necessidades agroflorestais e até mesmo usada para construir geleiras e calotas polares recuadas com estupas de gelo. Estas estupas, que já estão sendo implementadas no Himalaia (Divya A, 2020), oferecem vislumbres de possibilidades, já que novas práticas culturais de reabastecimento e expansão de novas geleiras poderiam surgir se fossem incentivadas e vinculadas à ação comunitária – o que, talvez, fosse mais adequado para resiliência local. Os próprios Rainmakers seguem adiante com essas práticas com métodos e materiais avançados de fabricação biológica (Attias et al., 2017; Haneef et al., 2017; Karana et al., 2018), sintonizados com o uso de princípios biomiméticos e até mesmo algumas técnicas de captação de água desses rios atmosféricos (H. Kim et al., 2017) e propulsão de campo elétrico para navegação (H. Xu et al., 2018).

3. Tecnologias de Acreção Mineral: Coral Negro Elétrico

A implementação de paredões de mangue e coral é projetada para fornecer proteção contra furacões intensos e temporadas de tempestades mais pesadas em regiões mais vulneráveis a extremos climáticos, absorvendo o impacto das

tempestades subsequentes e do aumento do nível do mar (Blankespoor et al., 2017). . Esses ecossistemas, assim como as Zonas de Resiliência Climática (CRZs) em terra, destinam-se a reabilitar as comunidades costeiras, reduzindo a força das tempestades, mas também fornecem um santuário para que os corais possam sobreviver a eventos de branqueamento (Greenwood, 2015), além de reviver a pesca e o sustento para as comunidades costeiras (Sato et. al., 2005) ao mesmo tempo que revive a biodiversidade marinha. Esses recifes eletrificados, no entanto, são feitos de deposição catódica de aragonita que pode ser utilizado como material arquitetônico (Hilbertz, 1979) o que possibilita a criação de recifes artificiais altamente resilientes e com escala de crescimento acelerado (Goreau, 2012). O chamado método “biorock” mostra possibilidades de recuperação de recifes de corais em taxas incríveis, mesmo se danificados além do reparo (Goreau & Prong, 2017), combinando com uma ‘semeadura’ tradicional e viveiros de corais, ajudando em uma recuperação rápida (Chamberland et al., 2017).

Bibliografia das tecnologias

Referências tecnológicas do capítulo 1: Culturas de energia global

- Agarwal, H., Terrés, B., Orsini, L., Montanaro, A., Soriano, V., Pantouvakis, M., Watanabe, K., Taniguchi, T., Thourhout, D. V., Romagnoli, M., & Koppens, F. H. L. (2021). 2D-3D integration of hexagonal boron nitride and a high-dielectric for ultrafast graphene-based electro-absorption modulators. *Nature Communications*, 12(1), 1070. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-20926-w>
- Amara, S., Nordell, B., Benyoucef, B., & Benmoussat, A. (2011). Concentration Heating System with Optical Fiber Supply. *Energy Procedia*, 6, 805–814. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.05.091>
- Anandhavelu, S., Dhanasekaran, V., Sethuraman, V., & Park, H. J. (2017). Chitin and Chitosan Based Hybrid Nanocomposites for Super Capacitor Applications. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 17(2), 1321–1328. <https://doi.org/10.1166/jnn.2017.12721>
- Arianna Callegari & Andrea Capodaglio. (2018). Properties and Beneficial Uses of (Bio)Chars, with Special Attention to Products from Sewage Sludge Pyrolysis. *Resources*, 7(1), 20. <https://doi.org/10.3390/resources7010020>
- Aslian, A., Honarvar Shakibaei Asli, B., Tan, C. J., Adikan, F. R. M., & Toloel, A. (2016). Design and Analysis of an Optical Coupler for Concentrated Solar Light Using Optical Fibers in Residential Buildings [Research Article]. *International Journal of Photoenergy; Hindawi*. <https://doi.org/10.1155/2016/3176052>
- Attias, N., Danaei, O., Ezov, N., Tarazi, E., & Grobman, J. (2017, September 6). Developing novel applications of mycelium based bio-composite materials for design and architecture.
- Ayala-Cortés, A., Arancibia-Bulnes, C. A., Villafán-Vidales, H. I., Lobato-Peralta, D. R., Martínez-Casillas, D. C., & Cuentas-Gallegos, A. K. (2019). Solar pyrolysis of agave and tomato pruning wastes: Insights of the effect of pyrolysis operation parameters on the physicochemical properties of biochar. *180001*. <https://doi.org/10.1063/1.5117681>
- Azadi, M., Popov, G. A., Lu, Z., Eskenazi, A. G., Bang, A. J. W., Campbell, M. F., Hu, H., & Bargatin, I. (2021). Controlled levitation of nanostructured thin films for sun-powered near-space flight. *Science Advances*, 7(7), eabe1127. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abe1127>
- Bag, S., Deneault, J. R., & Durstock, M. F. (2017). Aerosol-Jet-Assisted Thin-Film Growth of CH₃NH₃PbI₃ Perovskites—A Means to Achieve High Quality, Defect-Free Films for Efficient Solar Cells. *Advanced Energy Materials*, 7(20), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/aenm.201701151>
- Bates, A., & Draper, K. (2019). *Burn: Using Fire to Cool the Earth*. Chelsea Green Publishing.
- Beeby, S., & White, N. (2010). *Energy Harvesting for Autonomous Systems*. Artech House.
- Bourzac, K. (n.d.). *Micro Solar Cells Handle More Intense Sunlight*. MIT Technology Review. Retrieved March 1, 2020, from <https://www.technologyreview.com/s/417431/micro-solar-cells-handle-more-intense-sunlight/>
- Bourzac, K. (2009, October 30). *Wrapping Solar Cells around an Optical Fiber*. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/s/416052/wrapping-solar-cells-around-an-optical-fiber/>
- Burghardt, I., & Wägele, H. (2014). The symbiosis between the 'solar-powered' nudibranch *Melibe engeli* Risbec, 1937 (*Dendronotoidea*) and *Symbiodinium* sp. (*Dinophyceae*). *Journal of Molluscan Studies*, 80(5), 508–517. <https://doi.org/10.1093/mollus/eyu043>
- Caruso, M., Gatto, E., Palleschi, A., Morales, P., Scarselli, M., Casaluci, S., Quatela, A., Di Carlo, A., & Venanzi, M. (2017). A bioinspired dye sensitized solar cell based on a rhodamine-functionalized peptide immobilized on nanocrystalline TiO₂. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 347(Supplement C), 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2017.07.027>
- Casaluci, S., Gemmi, M., Pellegrini, V., Carlo, A. D., & Bonaccorso, F. (2016). Graphene-based large area dye-sensitized solar cell modules. *Nanoscale*, 8(9), 5368–5378. <https://doi.org/10.1039/C5NR07971C>
- Chandler, D. (2019, October 30). *System provides cooling with no electricity*. MIT News | Massachusetts Institute of Technology. <https://news.mit.edu/2019/system-provides-cooling-no-electricity-1030>
- Dadachova, E., Bryan, R. A., Huang, X., Moadel, T., Schweitzer, A. D., Aisen, P., Nosanchuk, J. D., & Casadevall, A. (2007). Ionizing Radiation Changes the Electronic Properties of Melanin and Enhances the Growth of Melanized Fungi. *PLOS ONE*, 2(5), e457. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000457>
- Duy, L. X., Peng, Z., Li, Y., Zhang, J., Ji, Y., & Tour, J. M. (2018). Laser-induced graphene fibers. *Carbon*, 126, 472–479. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2017.10.036>
- Fang, Z., Gao, Y., Bolan, N., Shaheen, S. M., Xu, S., Wu, X., Xu, X., Hu, H., Lin, J., Zhang, F., Li, J., Rinklebe, J., & Wang, H. (2020). Conversion of biological solid waste to graphene-containing biochar for water remediation: A critical review. *Chemical Engineering Journal*, 390, 124611. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124611>
- Feuermann, D., & Gordon, J. M. (n.d.). SOLAR FIBER-OPTIC MINIDISHES: A NEW APPROACH TO THE EFFICIENT COLLECTION OF SUNLIGHT. *Solar Energy*, 65(3), 159–170.
- Franze, K., Grosche, J., Skatchkov, S. N., Schinkinger, S., Foja, C., Schild, D., Uckermann, O., Travis, K., Reichenbach, A., & Guck, J. (2007). Müller cells are living optical fibers in the vertebrate retina. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(20), 8287–8292. <https://doi.org/10.1073/pnas.0611180104>
- Gabhi, R. S., Kirk, D. W., & Jia, C. Q. (2017). Preliminary investigation of electrical conductivity of monolithic biochar. *Carbon*, 116, 435–442. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2017.01.069>
- Gajda, I., Greenman, J., Melhuish, C., & Ieropoulos, I. (2015). Self-sustainable electricity production from algae grown in a microbial fuel cell system. *Biomass and Bioenergy*, 82, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.05.017>
- Goli, P., Legedza, S., Dhar, A., Salgado, R., Renteria, J., & Balandin, A. A. (2013). Graphene-Enhanced Hybrid Phase Change Materials for Thermal Management of Li-Ion Batteries. *ArXiv:1305.4140 [Cond-Mat]*. <http://arxiv.org/abs/1305.4140>
- Gorthala, R., Tidd, M., & Lawless, S. (2017). Design and development of a faceted secondary concentrator for a fiber-optic hybrid solar lighting system. *Solar Energy*, 157, 629–640. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.08.070>

- Grolms, M. (2018, November 15). *Plasmalysis Converts Pollutants into Energy*. *Advanced Science News*. <https://www.advancedsciencenews.com/plasmalysis-converts-pollutants-into-energy/>
- Gu, Z., & Wang, X. (n.d.). *Carbon Materials from High Ash Bio-char: A Nanostructure Similar to Activated Graphene*. 2, 20.
- Han, T. H., Moon, H.-S., Hwang, J. O., Seok, S. I., Im, S. H., & Kim, S. O. (2010). *Peptide-templating dye-sensitized solar cells*. *Nanotechnology*, 21(18), 185601. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/21/18/185601>
- Hao, J., Huang, Y., He, C., Xu, W., Yuan, L., Shu, D., Song, X., & Meng, T. (2018). *Bio-templated fabrication of three-dimensional network activated carbons derived from mycelium pellets for supercapacitor applications*. *Scientific Reports*, 8. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18895-6>
- Hassan, M. F., Sabri, M. A., Fazal, H., Hafeez, A., Shezad, N., & Hussain, M. (2019). *Recent trends in activated carbon fibers production from various precursors and applications—A comparative review*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 104715. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104715>
- Hong, W., Xu, Y., Lu, G., Li, C., & Shi, G. (2008). *Transparent graphene/PEDOT-PSS composite films as counter electrodes of dye-sensitized solar cells*. *Electrochemistry Communications*, 10(10), 1555–1558. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2008.08.007>
- Hoseinzadeh Hesas, R., Wan Daud, W. M. A., Sahu, J. N., & Arami-Niya, A. (2013). *The effects of a microwave heating method on the production of activated carbon from agricultural waste: A review*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 100, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2012.12.019>
- Hu, X., Gong, X., Zhang, M., Lu, H., Xue, Z., Mei, Y., Chu, P. K., An, Z., & Di, Z. (2020). *Enhanced Peltier Effect in Wrinkled Graphene Constriction by Nano-Bubble Engineering*. *Small*, 16(14), 1907170. <https://doi.org/10.1002/sml.201907170>
- Huggins, T., Wang, H., Kearns, J., Jenkins, P., & Ren, Z. J. (2014). *Biochar as a sustainable electrode material for electricity production in microbial fuel cells*. *Bioresource Technology*, 157, 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.058>
- Jaramillo, O. A., Huelsz, G., & Río, J. A. del. (2002). *A theoretical and experimental thermal study of SiO₂ optical fibres transmitting concentrated radiative energy*. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 35(2), 95–102. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/35/2/301>
- Jaramillo, O. A., & Río, J. A. del. (2002). *Optical fibres for a mini-dish/Stirling system: Thermodynamic optimization*. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 35(11), 1241–1250. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/35/11/322>
- Joshi, P. K., Swarup, A., Maheshwari, S., Kumar, R., & Singh, N. (2011). *Bioremediation of Heavy Metals in Liquid Media Through Fungi Isolated from Contaminated Sources*. *Indian Journal of Microbiology*, 51(4), 482–487. <https://doi.org/10.1007/s12088-011-0110-9>
- Kalaga, K., Rodrigues, M.-T. F., Gullapalli, H., Babu, G., Arava, L. M. R., & Ajayan, P. M. (2015). *Quasi-Solid Electrolytes for High Temperature Lithium Ion Batteries*. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7(46), 25777–25783. <https://doi.org/10.1021/acsami.5b07636>
- Keck, T., Schiel, W., Reinalter, W., Heller, P., & Bergermann, S. (n.d.). *EuroDish – an innovative dish/Stirling system*. 8.
- Kim, H., Yang, S., Rao, S. R., Narayanan, S., Kapustin, E. A., Furukawa, H., Umans, A. S., Yaghi, O. M., & Wang, E. N. (2017). *Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight*. *Science*, 356(6336), 430–434. <https://doi.org/10.1126/science.aam8743>
- Kobayashi, N. P., Demaray, R. E., & Mullapd, R. (n.d.). *PLANAR OPTICAL WAVEGUIDE COUPLER TRANSFORMERS FOR HIGH-POWER SOLAR ENERGY COLLECTION AND TRANSMISSION*. 14.
- Kovo, Y. (2015, February 20). *Optical Fiber for Solar Cells [Text]*. NASA. <http://www.nasa.gov/ames-partnerships/technology/technology-opportunity-optical-fiber-for-solar-cells>
- Lam, S. S., Azwar, E., Peng, W., Tsang, Y. F., Ma, N. L., Liu, Z., Park, Y.-K., & Kwon, E. E. (2019). *Cleaner conversion of bamboo into carbon fibre with favourable physicochemical and capacitive properties via microwave pyrolysis combining with solvent extraction and chemical impregnation*. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117692>
- Lenert, A., Bierman, D. M., Nam, Y., Chan, W. R., Celanović, I., Soljačić, M., & Wang, E. N. (2014). *A nanophotonic solar thermophotovoltaic device*. *Nature Nanotechnology*, 9(2), 126–130. <https://doi.org/10.1038/nnano.2013.286>
- Liou, Y.-J., & Huang, W.-J. (2015). *A Process for Preparing High Graphene Sheet Content Carbon Materials from Biochar Materials*. *Electroplating of Nanostructures*. <https://doi.org/10.5772/61200>
- Liu, H., Wang, X., & Wu, D. (2017, May 24). *Fabrication of Graphene/TiO₂/Paraffin Composite Phase Change Materials for Enhancement of Solar Energy Efficiency in Photocatalysis and Latent Heat Storage [Research-article]*. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b00321>
- Liu, Z., Liu, L., Li, H., Dong, Q., Yao, S., Kidd IV, A. B., Zhang, X., Li, J., & Tian, W. (2012). *“Green” polymer solar cell based on water-soluble poly [3-(potassium-6-hexanoate) thiophene-2, 5-diyl] and aqueous-dispersible noncovalent functionalized graphene sheets*. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 97, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2011.09.023>
- Liu, Z., Song, H., Ji, D., Li, C., Cheney, A., Liu, Y., Zhang, N., Zeng, X., Chen, B., Gao, J., Li, Y., Liu, X., Aga, D., Jiang, S., Yu, Z., & Gan, Q. (2017). *Extremely Cost-Effective and Efficient Solar Vapor Generation under Nonconcentrated Illumination Using Thermally Isolated Black Paper*. *Global Challenges*, 1(2), 1600003. <https://doi.org/10.1002/gch.2.201600003>
- Lo, C. W., Li, C., & Jiang, H. (2010). *A photoelectrochemical capacitor with direct solar energy harvesting and storage capability*. *2010 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics*, 65–66. <https://doi.org/10.1109/OMEMS.2010.5672183>
- Manjakkal, L., Navaraj, W. T., Núñez, C. G., & Dahiya, R. (n.d.). *Graphene-Graphite Polyurethane Composite Based High-Energy Density Flexible Supercapacitors*. *Advanced Science*, 0(0), 1802251. <https://doi.org/10.1002/advs.201802251>
- Marzo, A., & Drinkwater, B. W. (2019). *Holographic acoustic tweezers*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(1), 84–89. <https://doi.org/10.1073/pnas.1813047115>
- Miyasaka, T., & Murakami, T. N. (2004). *The photocapacitor: An efficient self-charging capacitor for direct storage of solar energy*. *Applied Physics Letters*, 85(17), 3932–3934. <https://doi.org/10.1063/1.1810630>
- Mohammadzadeh Kakhki, R. (2019). *A review to recent developments in modification of carbon fiber electrodes*. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(7), 1783–1794. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.11.058>

- Nijboer, B. (2019, July 25). Plasma Improves Adhesion of 3D Printing. *Advanced Science News*. <https://www.advancedsciencenews.com/plasma-improves-adhesion-of-3d-printing/>
- Orrill, M., Abele, D., Wagner, M., & LeBlanc, S. (2020). Ink synthesis and inkjet printing of electrostatically stabilized multilayer graphene nanoshells. *Journal of Colloid and Interface Science*, 566, 454–462. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.01.095>
- Pan, S., Zhang, Z., Weng, W., Lin, H., Yang, Z., & Peng, H. (2014). Miniature wire-shaped solar cells, electrochemical capacitors and lithium-ion batteries. *Materials Today*, 17(6), 276–284. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2014.04.024>
- Park, S.-H., Jung, H.-R., & Lee, W.-J. (2013). Hollow activated carbon nanofibers prepared by electrospinning as counter electrodes for dye-sensitized solar cells. *Electrochimica Acta*, 102, 423–428. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2013.04.044>
- Pitkänen, O., Järvinen, T., Cheng, H., Lorite, G. S., Dombovari, A., Rieppo, L., Talapatra, S., Duong, H. M., Tóth, G., Juhász, K. L., Kónya, Z., Kukovec, A., Ajayan, P. M., Vajtai, R., & Kordás, K. (2017). On-chip integrated vertically aligned carbon nanotube based super- and pseudocapacitors. *Scientific Reports*, 7(1), 16594. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16604-x>
- Preciado, J. A., Rubinsky, B., Otten, D., Nelson, B., Martin, M. C., & Greif, R. (2008). Radiative Properties of Polar Bear Hair. 57–58. <https://doi.org/10.1115/IMECE2002-32473>
- Prudhvi, S. (n.d.). *Wireless Power Transmission Technologies for Solar Power Satellite*. Retrieved February 17, 2017, from http://www.academia.edu/4875442/Wireless_Power_Transmission_Technologies_for_Solar_Power_Satellite
- Punčochář, M., Ruj, B., & Chatterj, P. K. (2012). Development of Process for Disposal of Plastic Waste Using Plasma Pyrolysis Technology and Option for Energy Recovery. *Procedia Engineering*, 42, 420–430. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.433>
- Qu, Y., Li, H., Wang, X., Tian, W., Shi, B., Yao, M., & Zhang, Y. (2019). Bioleaching of Major, Rare Earth, and Radioactive Elements from Red Mud by using Indigenous Chemoheterotrophic Bacterium *Acetobacter* sp. *Minerals*, 9(2), 67. <https://doi.org/10.3390/min9020067>
- Salimi, P., Norouzi, O., Pourhosseini, S. E. M., Bartocci, P., Tavasoli, A., Di Maria, F., Mahdipour Pirbazari, S., Bidini, G., & Fantozzi, F. (2019). Magnetic biochar obtained through catalytic pyrolysis of macroalgae: A promising anode material for Li-ion Batteries. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.077>
- Sané, S., Jolival, C., Mittler, G., Nielsen, P. J., Rubenwolf, S., Zengerle, R., & Kerzenmacher, S. (2013). Overcoming Bottlenecks of Enzymatic Biofuel Cell Cathodes: Crude Fungal Culture Supernatant Can Help to Extend Lifetime and Reduce Cost. *ChemSusChem*, 6(7), 1209–1215. <https://doi.org/10.1002/cssc.201300205>
- Savage, N. (2012, January 27). Nanostructures Catch the Light. *IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News*. <https://spectrum.ieee.org/green-tech/solar/nanostructures-catch-the-light>
- Scott, C. (2018, February 8). Clemson University Scientists Generate Clean Energy with 3D Printed Graphene. *3DPrint.Com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing*. <https://3dprint.com/203022/clean-energy-3d-printed-graphene/>
- Shahparnia, M., Packirisamy, M., Juneau, P., & Zazubovich, V. (2015). Micro photosynthetic power cell for power generation from photosynthesis of algae. *TECHNOLOGY*, 03(02n03), 119–126. <https://doi.org/10.1142/S2339547815400099>
- Smith, L. (2018, April 8). Zinc Batteries: Stable MnO₂ Cathodes and Knittable Battery Tech. *Advanced Science News*. <https://www.advancedsciencenews.com/knittable-zinc-air-batteries/>
- Smith, M. (n.d.). Fern-Like Sheets of Graphene Could Boost Solar Panel Efficiency. *Seeker*. Retrieved June 22, 2020, from <https://www.seeker.com/tech/materials/fern-like-sheets-of-graphene-could-boost-solar-panel-efficiency>
- Sogabe, T., Shen, Q., & Yamaguchi, K. (2016). Recent progress on quantum dot solar cells: A review. *Journal of Photonics for Energy*, 6(4), 040901. <https://doi.org/10.1117/1.JPE.6.040901>
- Subban, R. H. Y., Arof, A. K., & Radhakrishna, S. (1996). Polymer batteries with chitosan electrolyte mixed with sodium perchlorate. *Materials Science and Engineering: B*, 38(1), 156–160. [https://doi.org/10.1016/0921-5107\(95\)01508-6](https://doi.org/10.1016/0921-5107(95)01508-6)
- Sun, J., Cui, B., Chu, F., Yun, C., He, M., Li, L., & Song, Y. (2018). Printable Nanomaterials for the Fabrication of High-Performance Supercapacitors. *Nanomaterials*, 8(7), 528. <https://doi.org/10.3390/nano8070528>
- Sundar, V. C., Yablon, A. D., Grazul, J. L., Ilan, M., & Aizenberg, J. (2003). Fibre-optical features of a glass sponge. *Nature*, 424(6951), 899–900. <https://doi.org/10.1038/424899a>
- Sundaram, M. (n.d.). *Electrochemical Additive Manufacturing*. 29.
- Thekkekara, L. V., & Gu, M. (2017). Bioinspired fractal electrodes for solar energy storages. *Scientific Reports*, 7, 45585. <https://doi.org/10.1038/srep45585>
- Ulloa, C., Eguía, P., Miguez, J. L., Porteiro, J., Pousada-Carballo, J. M., & Cacabelos, A. (2013). Feasibility of using a Stirling engine-based micro-CHP to provide heat and electricity to a recreational sailing boat in different European ports. *Applied Thermal Engineering*, 59(1), 414–424. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.06.015>
- Wang, Z., Xu, C., Tammela, P., Huo, J., Strømme, M., Edström, K., Gustafsson, T., & Nyholm, L. (2015). Flexible freestanding *Cladophora* nanocellulose paper based Si anodes for lithium-ion batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 3, 14109–14115. <https://doi.org/10.1039/C5TA02136G>
- Whiteside, M. D., Werner, G. D. A., Caldas, V. E. A., van't Padje, A., Dupin, S. E., Elbers, B., Bakker, M., Wyatt, G. A. K., Klein, M., Hink, M. A., Postma, M., Vaitla, B., Noë, R., Shimizu, T. S., West, S. A., & Kiers, E. T. (2019). Mycorrhizal Fungi Respond to Resource Inequality by Moving Phosphorus from Rich to Poor Patches across Networks. *Current Biology*, 29(12), 2043–2050.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.061>
- Yang, J., Qi, G.-Q., Liu, Y., Bao, R.-Y., Liu, Z.-Y., Yang, W., Xie, B., & Yang, M.-B. (2016). Hybrid graphene aerogels/phase change material composites: Thermal conductivity, shape-stabilization and light-to-thermal energy storage. *Carbon*, 100, 693–702. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2016.01.063>
- Yang, Y., & You, J. (2017). Make perovskite solar cells stable. *Nature News*, 544(7649), 155. <https://doi.org/10.1038/544155a>
- Ye, R., Chyan, Y., Zhang, J., Li, Y., Han, X., Kittrell, C., & Tour, J. M. (2017). Laser-Induced Graphene Formation on Wood. *Advanced Materials*, 29(37), 1702211. <https://doi.org/10.1002/adma.201702211>
- Yoon, J., Kim, U., Yoo, Y., Byeon, J., Lee, S.-K., Nam, J.-S., Kim, K., Zhang, Q., Kauppinen, E. I., Maruyama, S., Lee, P., & Jeon, I. (2021). Foldable Perovskite Solar Cells Using Carbon Nanotube-Embedded Ultrathin Polyimide Conductor. *Advanced Science*,

8(7). <https://doi.org/10.1002/advs.202004092>

- Yu, Z., Tetard, L., Zhai, L., & Thomas, J. (2015). Supercapacitor electrode materials: Nanostructures from 0 to 3 dimensions. *Energy & Environmental Science*, 8(3), 702–730. <https://doi.org/10.1039/C4EE03229B>
- Zhou, Y., Guan, X., Zhou, H., Ramadoss, K., Adam, S., Liu, H., Lee, S., Shi, J., Tsuchiya, M., Fong, D. D., & Ramanathan, S. (2016). Strongly correlated perovskite fuel cells. *Nature*, 534(7606), 231. <https://doi.org/10.1038/nature17653>

Referências tecnológicas do capítulo 2: Tornando-se terrestre

- Adamatzky, A. (2018). Towards fungal computer. *Interface Focus*, 8(6), 20180029. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2018.0029>
- Ahmad, M., Rajapaksha, A. U., Lim, J. E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee, S. S., & Ok, Y. S. (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. *Chemosphere*, 99, 19–33. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.071>
- Åkesson, D., Foltynowicz, Z., Christéen, J., & Skrifvars, M. (2012). Microwave pyrolysis as a method of recycling glass fibre from used blades of wind turbines. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 31(17), 1136–1142. <https://doi.org/10.1177/0731684412453512>
- Alqadoori, M. (2018). The Used Raw Clay in Composite of Electrode Fabricate for Super capacitor.
- Bruckman, V., & Klinglmüller, M. (2014). Potentials to Mitigate Climate Change Using Biochar—The Austrian Perspective. *IUFRO Occasional Papers*, 27, 1–23.
- Chen, S. (2020). Catalytic Graphitization of Biochar to Produce Graphitic Carbon Materials. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-279436>
- Clemmensen, K. E., Bahr, A., Ovaskainen, O., Dahlberg, A., Ekblad, A., Wallander, H., Stenlid, J., Finlay, R. D., Wardle, D. A., & Lindahl, B. D. (2013). Roots and Associated Fungi Drive Long-Term Carbon Sequestration in Boreal Forest. *Science*, 339(6127), 1615–1618. <https://doi.org/10.1126/science.1231923>
- Covey, K., Soper, F., Pangala, S., Bernardino, A., Pagliaro, Z., Basso, L., Cassol, H., Fearnside, P., Navarrete, D., Novoa, S., Sawakuchi, H., Lovejoy, T., Marengo, J., Peres, C. A., Baillie, J., Bernasconi, P., Camargo, J., Freitas, C., Hoffman, B., ... Elmore, A. (2021). Carbon and Beyond: The Biogeochemistry of Climate in a Rapidly Changing Amazon. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.618401>
- Damschen, E. I., Brudvig, L. A., Burt, M. A., Fletcher, R. J., Haddad, N. M., Levey, D. J., Orrock, J. L., Resasco, J., & Tewksbury, J. J. (2019). Ongoing accumulation of plant diversity through habitat connectivity in an 18-year experiment. *Science*, 365(6460), 1478. <https://doi.org/10.1126/science.aax8992>
- Dumanli, A. G., & Windle, A. H. (2012). Carbon fibres from cellulosic precursors: A review. *Journal of Materials Science*, 47(10), 4236–4250. <https://doi.org/10.1007/s10853-011-6081-8>
- Fang, Z., Gao, Y., Bolan, N., Shaheen, S. M., Xu, S., Wu, X., Xu, X., Hu, H., Lin, J., Zhang, F., Li, J., Rinklebe, J., & Wang, H. (2020). Conversion of biological solid waste to graphene-containing biochar for water remediation: A critical review. *Chemical Engineering Journal*, 390, 124611. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124611>
- Fornes, F., & Belda, R. M. (2018). Biochar versus hydrochar as growth media constituents for ornamental plant cultivation. *Scientia Agrícola*, 75(4), 304–312. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0062>
- Fukuoka, M. (1978). The one-straw revolution: An introduction to natural farming.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. (2001). The “Terra Preta” phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88(1), 37–41. <https://doi.org/10.1007/s001140000193>
- Gow, N. A. R., & Morris, B. M. (1995). The electric fungus. *Botanical Journal of Scotland*, 47(2), 263–277. <https://doi.org/10.1080/03746609508684833>
- Guest, P. (2019, April 28). Tropical forests are dying. Seed-slinging drones can save them. *Wired UK*. <https://www.wired.co.uk/article/feature-biocarbon-drones>
- Hammer, E. C., Balogh-Brunstad, Z., Jakobsen, I., Olsson, P. A., Stipp, S. L. S., & Rillig, M. C. (2014). A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surfaces. *Soil Biology and Biochemistry*, 77, 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.06.012>
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. *Scientific Reports*, 7, 41292.
- Hao, J., Huang, Y., He, C., Xu, W., Yuan, L., Shu, D., Song, X., & Meng, T. (2018). Bio-templated fabrication of three-dimensional network activated carbons derived from mycelium pellets for supercapacitor applications. *Scientific Reports*, 8. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18895-6>
- Hornung, A., Khan, Harlied, Hillen, & Stenzel, F. (2017, August 25). Biochar: Production, Characterization and Applications ECI Conference. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21385.75366>
- Jabr, F. (2020, December 3). The Social Life of Forests. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/interactive/2020/12/02/magazine/tree-communication-mycorrhiza.html>

- Kambo, H. S., & Dutta, A. (2015). A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 359–378. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.050>
- Kim, Y., Oh, J.-I., Lee, S. S., Lee, K. H., Lee, J., & Kwon, E. E. (2019). Decontamination of petroleum-contaminated soil via pyrolysis under carbon dioxide atmosphere. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117724. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117724>
- Kooperman, G. J., Chen, Y., Hoffman, F. M., Koven, C. D., Lindsay, K., Pritchard, M. S., Swann, A. L. S., & Randerson, J. T. (2018). Forest response to rising CO₂ drives zonally asymmetric rainfall change over tropical land. *Nature Climate Change*, 8(5), 434–440. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0144-7>
- Lam, S. S., Azwar, E., Peng, W., Tsang, Y. F., Ma, N. L., Liu, Z., Park, Y.-K., & Kwon, E. E. (2019). Cleaner conversion of bamboo into carbon fibre with favourable physicochemical and capacitive properties via microwave pyrolysis combining with solvent extraction and chemical impregnation. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117692>
- Lam, S. S., Lee, X. Y., Nam, W. L., Phang, X. Y., Liew, R. K., Yek, P. N., Ho, Y. L., Ma, N. L., & Rosli, M. H. (2019). Microwave vacuum pyrolysis conversion of waste mushroom substrate into biochar for use as growth medium in mushroom cultivation. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 94(5), 1406–1415. <https://doi.org/10.1002/jctb.5897>
- Lam, S. S., Liew, R. K., Wong, Y. M., Yek, P. N. Y., Ma, N. L., Lee, C. L., & Chase, H. A. (2017). Microwave-assisted pyrolysis with chemical activation, an innovative method to convert orange peel into activated carbon with improved properties as dye adsorbent. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1376–1387. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.131>
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). *Biochar for environmental management*. Earthscan London.
- Lim, A., Atmaja, P. C., & Rustiani, S. (2020). Bio-mediated soil improvement of loose sand with fungus. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 12(1), 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2019.09.004>
- Liou, Y.-J., & Huang, W.-J. (2015). A Process for Preparing High Graphene Sheet Content Carbon Materials from Biochar Materials. *Electroplating of Nanostructures*. <https://doi.org/10.5772/61200>
- Liu, H., Ning, W., Cheng, P., Zhang, J., Wang, Y., & Zhang, C. (2013). Evaluation of animal hairs-based activated carbon for sorption of norfloxacin and acetaminophen by comparing with cattail fiber-based activated carbon. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 101, 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2013.01.016>
- Loterie, D., Delrot, P., & Moser, C. (2018). Volumetric 3D printing of elastomers by tomographic back-projections. <https://doi.org/10.13140/RC.2.2.20027.46889>
- Menéndez, J. A., Arenillas, A., Fidalgo, B., Fernández, Y., Zubizarreta, L., Calvo, E. G., & Bermúdez, J. M. (2010). Microwave heating processes involving carbon materials. *Fuel Processing Technology*, 91(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2009.08.021>
- Miyawaki, A. (1999). *Creative Ecology: Restoration of Native Forests by Native Trees*. *Plant Biotechnology*, 16(1), 15–25. <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.16.15>
- Miyawaki, A. (2004). Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice. *Ecological Research*, 19(1), 83–90. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2003.00606.x>
- Nahil, M. A., & Williams, P. T. (2011). Recycling of carbon fibre reinforced polymeric waste for the production of activated carbon fibres. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 91(1), 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2011.01.005>
- Ngatia, L. W., Iii, J. M. G., Moriasi, D., Bolques, A., Osei, G. K., & Taylor, R. W. (2019). *Biochar Phosphorus Sorption-Desorption: Potential Phosphorus Eutrophication Mitigation Strategy. Biochar - An Imperative Amendment for Soil and the Environment*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82092>
- O'Donnell, A., Dweib, M. A., & Wool, R. P. (2004). Natural fiber composites with plant oil-based resin. *Composites Science and Technology*, 64(9), 1135–1145. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2003.09.024>
- Ok, Y. S., Uchimiya, S. M., Chang, S. X., & Bolan, N. (Eds.). (2015). *Biochar: Production, Characterization, and Applications* (0 ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18920>
- Ok, Y.-S., Uchimiya, S. M., Chang, S. X., & Bolan, N. (2015). *Biochar: Production, Characterization, and Applications*. CRC Press LLC. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/ahono/detail.action?docID=4742713>
- Özçimen, D., İnan, B., Akış, S., & Koçer, A. T. (2015). Utilization Alternatives of Algal Wastes for Solid Algal Products. In A. Prokop, R. K. Bajpai, & M. E. Zappi (Eds.), *Algal Biorefineries: Volume 2: Products and Refinery Design* (pp. 393–418). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20200-6_12
- Pandit, N. R., Schmidt, H. P., Mulder, J., Hale, S., Husson, O., & Cornelissen, G. (2019). Nutrient effect of various composting methods with and without biochar on soil fertility and maize growth. *Archives of Agronomy and Soil Science*. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2616800>
- Pilehvar, S., Arnhof, M., Pamies, R., Valentini, L., & Kjøniksen, A.-L. (2020). Utilization of urea as an accessible superplasticizer on the moon for lunar geopolymer mixtures. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119177. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119177>
- Punčochář, M., Ruj, B., & Chatterj, P. K. (2012). Development of Process for Disposal of Plastic Waste Using Plasma Pyrolysis Technology and Option for Energy Recovery. *Procedia Engineering*, 42, 420–430. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.433>
- Rajapaksha, A. U., Mohan, D., Igalavithana, A. D., Lee, S. S., & Ok, Y. S. (2015). Definitions and Fundamentals of Biochar. In *Biochar: Production, Characterization, and Applications* (p. 13). CRC Press LLC.
- Salehi, R., Dadashian, F., & Abedi, M. (2017). Preparation of activated carbon fabrics from cotton fabric precursor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 254, 042024. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/4/042024>
- Singh, K. (2015). WOMEN AND THEIR ROLE IN NATURAL RESOURCES: A STUDY IN WESTERN HIMALAYAS. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, 3(10), 128–138. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v3.i10.2015.2938>
- Smith, A. (2014). *Socially Useful Production*. STEPS Working Paper, 58, 44.
- Steidinger, B. S., Crowther, T. W., Liang, J., Van Nuland, M. E., Werner, G. D. A., Reich, P. B., Nabuurs, G. J., de-Miguel, S., Zhou, M., Picard, N., Herault, B., Zhao, X., Zhang, C., Routh, D., & Peay, K. G. (2019). Climatic controls of decomposition drive the global biogeography of forest-tree symbioses. *Nature*, 569(7756), 404–408. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1128-0>

- Terrer, C., Phillips, R. P., Hungate, B. A., Rosende, J., Pett-Ridge, J., Craig, M. E., van Groenigen, K. J., Keenan, T. F., Sulman, B. N., Stocker, B. D., Reich, P. B., Pellegrini, A. F. A., Pendall, E., Zhang, H., Evans, R. D., Carrillo, Y., Fisher, J. B., Van Sundert, K., Vicca, S., & Jackson, R. B. (2021). A trade-off between plant and soil carbon storage under elevated CO₂. *Nature*, 591(7851), 599–603. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03306-8>
- Tsang, D. C. W., Beiyuan, J., & Deng, M. (2015). Emerging Applications of Biochar. In *Biochar* (p. 19). CRC Press LLC.
- Tsing, A. L. (2015). *The mushroom at the end of the world on the possibility of life in capitalist ruins*. <http://portal.igpublish.com/iglibrary/search/PUPB0004227.html>
- Turner, G. W., Parrish, A. N., Zager, J. J., Fishedick, J. T., & Lange, B. M. (2019). Assessment of flux through oleoresin biosynthesis in epithelial cells of loblolly pine resin ducts. *Journal of Experimental Botany*, 70(1), 217–230. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery338>
- University, © Stanford, Stanford, & California 94305. (2016, June 9). *Biological transistor enables computing within living cells*. Stanford School of Engineering. <https://engineering.stanford.edu/magazine/article/biological-transistor-enables-computing-within-living-cells>
- University, © Stanford, Stanford, & California 94305. (2020, June 15). *Researchers develop an artificial synapse that works with living cells*. Stanford School of Engineering. <https://engineering.stanford.edu/magazine/article/researchers-develop-artificial-synapse-works-living-cells>
- Vincevica-Galle, Z., Stankevica, K., Irtiseva, K., Shishkin, A., Obuka, V., Celma, S., Ozolins, J., & Klavins, M. (2019). Granulation of fly ash and biochar with organic lake sediments – A way to sustainable utilization of waste from bioenergy production. *Biomass and Bioenergy*, 125, 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.04.004>
- Vold, J. L. L. (2015). *Microwave Torrefaction of Natural Fibers for Incorporation into Engineering Thermoplastic Biocomposites*. <https://library.ndsu.edu/ir/handle/10365/24819>
- Wang, H., Xu, Z., Kohandehghan, A., Li, Z., Cui, K., Tan, X., Stephenson, T. J., King'ondo, C. K., Holt, C. M. B., Olsen, B. C., Tak, J. K., Harfield, D., Anyia, A. O., & Mitlin, D. (2013). Interconnected Carbon Nanosheets Derived from Hemp for Ultrafast Supercapacitors with High Energy. *ACS Nano*, 7(6), 5131–5141. <https://doi.org/10.1021/nn400731g>
- Warren, D. (n.d.). *Low Cost Carbon Fiber Overview*. 29.
- Watson, J., & Davis, W. (2019). *Lo-TEK : design by radical indigenism*. [/z-wcorg/](http://z-wcorg/).
- Whiteside, M. D., Werner, G. D. A., Caldas, V. E. A., van't Padje, A., Dupin, S. E., Elbers, B., Bakker, M., Wyatt, G. A. K., Klein, M., Hink, M. A., Postma, M., Vaitla, B., Noë, R., Shimizu, T. S., West, S. A., & Kiers, E. T. (2019). Mycorrhizal Fungi Respond to Resource Inequality by Moving Phosphorus from Rich to Poor Patches across Networks. *Current Biology*, 29(12), 2043-2050.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.061>
- Williams, P. T., & Reed, A. R. (2004). High grade activated carbon matting derived from the chemical activation and pyrolysis of natural fibre textile waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 71(2), 971–986. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2003.12.007>
- Zhou, L., Xu, D., Li, Y., Pan, Q., Wang, J., Xue, L., & Howard, A. (2019). Phosphorus and Nitrogen Adsorption Capacities of Biochars Derived from Feedstocks at Different Pyrolysis Temperatures. *Water*, 11(8), 1559. <https://doi.org/10.3390/w11081559>
- Zhu, Y., Tang, W., Jin, X., & Shan, B. (2019). Using biochar capping to reduce nitrogen release from sediments in eutrophic lakes. *Science of The Total Environment*, 646, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.277>

Referências tecnológicas do capítulo 3: Além do Vaporwave

- Attias, N., Danai, O., Ezov, N., Tarazi, E., & Grobman, J. (2017, September 6). Developing novel applications of mycelium based bio-composite materials for design and architecture.
- Bain, J. (2015). *Bioinspired nanoreactors for the biomineralisation of metallic-based nanoparticles for nanomedicine*. 14.
- Bain, J., & Staniland, S. (2015). *Bioinspired nanoreactors for the biomineralisation of metallic-based nanoparticles for nanomedicine*. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 17(24), 15508–15521. <https://doi.org/10.1039/C5CP00375J>
- Beeby, S., & White, N. (2010). *Energy Harvesting for Autonomous Systems*. Artech House.
- Blankespoor, B., Dasgupta, S., & Lange, G.-M. (2017). Mangroves as a protection from storm surges in a changing climate. *Ambio*, 46(4), 478–491. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0838-x>
- Boström-Einarsson, L., Babcock, R. C., Bayraktarov, E., Ceccarelli, D., Cook, N., Ferse, S. C. A., Hancock, B., Harrison, P., Hein, M., Shaver, E., Smith, A., Suggett, D., Stewart-Sinclair, P. J., Vardi, T., & McLeod, I. M. (2020). Coral restoration – A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. *PLOS ONE*, 15(1), e0226631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226631>
- Brisson, V. L., Zhuang, W.-Q., & Alvarez-Cohen, L. (2016). Bioleaching of rare earth elements from monazite sand. *Biotechnology and Bioengineering*, 113(2), 339–348. <https://doi.org/10.1002/bit.25823>
- Chamberland, V. F., Petersen, D., Guest, J. R., Petersen, U., Brittsan, M., & Vermeij, M. J. A. (2017). *New Seeding Approach Reduces Costs and Time to Outplant Sexually Propagated Corals for Reef Restoration*. *Scientific Reports*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17555-z>
- Cockell, C. S., Rettberg, P., Rabbow, E., & Olsson-Francis, K. (2011). Exposure of phototrophs to 548 days in low Earth orbit: Microbial selection pressures in outer space and on early earth. *The ISME Journal*, 5(10), 1671–1682. <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.46>
- Cockell, C. S., Santomartino, R., Finster, K., Waajen, A. C., Eades, L. J., Moeller, R., Rettberg, P., Fuchs, F. M., Van Houdt, R., Leys, N., Coninx, I., Hatton, J., Parmitano, L., Krause, J., Koehler, A., Caplin, N., Zuijderduijn, L., Mariani, A., Pellari, S. S., ... Demets, R. (2020). Space station biomineral experiment demonstrates rare earth element extraction in microgravity and Mars gravity. *Nature Communications*, 11(1), 5523. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19276-w>
- Contreras, S., Pieber, M., & Tohá, J. (1981). Purification of wastewater by electrolysis. *Biotechnology and Bioengineering*, 23(8), 1881–1887. <https://doi.org/10.1002/bit.260230814>
- Divya A. (2020, August 14). Ice stupas help ghost villages of Ladakh become habitable again. *The Indian Express*. <https://indianexpress.com/article/india/ice-stupas-help-ghost-villages-of-ladakh-become-habitable-again-6554438/>
- Gazem, M. A. H., & Nazareth, S. (2013). Sorption of lead and copper from an aqueous phase system by marine-derived *Aspergillus* species. *Annals of Microbiology*, 63(2), 503–511. <https://doi.org/10.1007/s13213-012-0495-7>
- Geneseo, S. U. of N. Y. at. (n.d.). *To Rebuild Coral Reefs Quickly, Just Add Electricity*. *Treehugger*. Retrieved August 27, 2020, from <https://www.treehugger.com/rebuild-coral-reefs-quickly-just-add-electricity-4867751>
- Goreau, T. J. F. (2012). *Marine Electrolysis for Building Materials and Environmental Restoration*. *Electrolysis*. <https://doi.org/10.5772/48783>
- Goreau, T. J. F., Hilbertz, W., Azeez, A., Hakeem, A., & Allen, J. (2003). *Shore protection, beach formation, and production of building materials and energy using seawater electrolysis technology*. *Oceans 2003. Celebrating the Past ... Teaming Toward the Future (IEEE Cat. No.03CH37492)*, 5, 2366–2366. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2003.178283>
- Goreau, T. J. F., & Prong, P. (2017). *Biorock Electric Reefs Grow Back Severely Eroded Beaches in Months*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 5(4), 48. <https://doi.org/10.3390/jmse5040048>
- Greenwood, V. (2015, February 11). *To Save Coral Reefs, First Save the Mangroves*. *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.com/news/2015/2/150210-mangrove-protect-coral-bleaching-science/>
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). *Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties*. *Scientific Reports*, 7, 41292.
- Heidrich, E. S., Dolfing, J., Scott, K., Edwards, S. R., Jones, C., & Curtis, T. P. (2013). Production of hydrogen from domestic wastewater in a pilot-scale microbial electrolysis cell. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(15), 6979–6989. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4456-7>
- Hilbertz, W. (1979). *Electrodeposition of minerals in sea water: Experiments and applications*. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 4(3), 94–113. <https://doi.org/10.1109/JOE.1979.1145428>
- Johnson, M. (2019a, July 5). *Science Soars to the Space Station on SpaceX CRS-18* [Text]. NASA. http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/spx18-research
- Johnson, M. (2019b, July 18). *Harnessing the power of microbes for mining in space* [Text]. NASA. http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/biorock-iss-research-microbes-space
- Karana, E., Blauwhoff, D., Hultink, E.-J., & Camere, S. (2018). *When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials*. *International Journal of Design*, 12, 119–136.
- Kim, D., Kim, W., Yun, C., Son, D., Chang, D., Bae, H., Lee, Y., Sunwoo, Y., & Hong, K. (2013). *Agro-industrial Wastewater Treatment by Electrolysis Technology*. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 8, 16.
- Kim, H., Yang, S., Rao, S. R., Narayanan, S., Kapustin, E. A., Furukawa, H., Umans, A. S., Yaghi, O. M., & Wang, E. N. (2017). *Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight*. *Science*, 356(6336), 430–434. <https://doi.org/10.1126/science.aam8743>
- Lackner, K. S., Wendt, C. H., Butt, D. P., Joyce, E. L., & Sharp, D. H. (1995). *Carbon dioxide disposal in carbonate minerals*. *Energy*, 20(11), 1153–1170. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(95\)00071-N](https://doi.org/10.1016/0360-5442(95)00071-N)
- Li, Z., Li, C., Liu, X., Cao, L., Li, P., Wei, R., Li, X., Guo, D., Huang, K.-W., & Lai, Z. (2021). *Continuous electrical pumping membrane process for seawater lithium mining*. *Energy & Environmental Science*, 14(5), 3152–3159. <https://doi.org/10.1039/D1EE00354B>
- Liang, X., & Gadd, G. M. (2017). *Metal and metalloid biorecovery*

- using fungi. *Microbial Biotechnology*, 10(5), 1199–1205. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12767>
- Lim, A., Atmaja, P. C., & Rustiani, S. (2020). Bio-mediated soil improvement of loose sand with fungus. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 12(1), 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2019.09.004>
- Loudon, C.-M., Nicholson, N., Finster, K., Leys, N., Byloos, B., Houde, R. V., Rettberg, P., Moeller, R., Fuchs, F. M., Demets, R., Krause, J., Vukich, M., Mariani, A., & Cockell, C. (2018). BioRock: New experiments and hardware to investigate microbe–mineral interactions in space. *International Journal of Astrobiology*, 17(4), 303–313. <https://doi.org/10.1017/S1473550417000234>
- Mani, D., & Kumar, C. (2014). Biotechnological advances in bioremediation of heavy metals contaminated ecosystems: An overview with special reference to phytoremediation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(3), 843–872. <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0299-8>
- Moskvitch, K. (2012, March 21). Biomining: Bacteria “mine” copper. *BBC News*. <https://www.bbc.com/news/technology-17406375>
- Murphy, A. (2016, January 20). Bioleaching of Rare Earth Elements. *Advanced Science News*. <https://www.advancedsciencenews.com/bioleaching-of-rare-earth-elements/>
- Puspasari, R., Wiadnyana, N. N., Hartati, S. T., & Rachmawati, R. (2020). EFFECTIVENESS OF ARTIFICIAL REEF IN INCREASING THE RESILIENCE OF CORAL REEF ECOSYSTEMS OVER CLIMATE VARIABILITY. *Jurnal Segara*, 16(2), 117–128. <https://doi.org/10.15578/segara.v16i2.9093>
- Qu, Y., Li, H., Wang, X., Tian, W., Shi, B., Yao, M., & Zhang, Y. (2019). Bioleaching of Major, Rare Earth, and Radioactive Elements from Red Mud by using Indigenous Chemoheterotrophic Bacterium *Acetobacter* sp. *Minerals*, 9(2), 67. <https://doi.org/10.3390/min9020067>
- Rawlings, D. E., & Johnson, B. D. (Eds.). (2007). *Biomining*. Springer.
- Reed, D. W., Fujita, Y., Daubaras, D. L., Jiao, Y., & Thompson, V. S. (2016). Bioleaching of rare earth elements from waste phosphors and cracking catalysts. *Hydrometallurgy*, 166, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2016.08.006>
- Rojas, A., Arunachalam, K., Garcia, M., & Sfeir, M. (2013). AADR L BEHAVIOURAL PRODUCTION: THREAD. AA School of Architecture, London. https://www.kokkugia.com/AADR L-aerial-robot-thread-construction?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com
- Salimi, P., Norouzi, O., Pourhosseini, S. E. M., Bartocci, P., Tavasoli, A., Di Maria, F., Mahdipour Pirbazari, S., Bidini, G., & Fantozzi, F. (2019). Magnetic biochar obtained through catalytic pyrolysis of macroalgae: A promising anode material for Li-ion Batteries. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.077>
- Sané, S., Jolival, C., Mittler, G., Nielsen, P. J., Rubenwolf, S., Zengerle, R., & Kerzenmacher, S. (2013). Overcoming Bottlenecks of Enzymatic Biofuel Cell Cathodes: Crude Fungal Culture Supernatant Can Help to Extend Lifetime and Reduce Cost. *ChemSusChem*, 6(7), 1209–1215. <https://doi.org/10.1002/cssc.201300205>
- Sato, G., Fisseha, A., Gebrekiros, S., Karim, H. A., Negassi, S., Fischer, M., Yemane, E., Teclerariam, J., & Riley, R. (2005). A novel approach to growing mangroves on the coastal mud flats of Eritrea with the potential for relieving regional poverty and hunger. *Wetlands*, 25(3), 776–779. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2005\)025\[0776:ANATGM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2005)025[0776:ANATGM]2.0.CO;2)
- Schippers, A., Hedrich, S., Vasters, J., Drobe, M., Sand, W., & Willscher, S. (2013). Biomining: Metal Recovery from Ores with Microorganisms. In A. Schippers, F. Glombitza, & W. Sand (Eds.), *Geobiotechnology I* (Vol. 141, pp. 1–47). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/10_2013_216
- Sundaram, M. (n.d.). *Electrochemical Additive Manufacturing*. 29.
- Tambutté, S., Holcomb, M., Ferrier-Pagès, C., Reynaud, S., Tambuté, É., Zoccola, D., & Allemand, D. (2011). Coral biomineralization: From the gene to the environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 408(1), 58–78. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.07.026>
- Tartakovsky, B., Mehta, P., Bourque, J.-S., & Guiot, S. R. (2011). Electrolysis-enhanced anaerobic digestion of wastewater. *Bioresource Technology*, 102(10), 5685–5691. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.02.097>
- Thompson, V. S., Gupta, M., Jin, H., Vahidi, E., Yim, M., Jindra, M. A., Nguyen, V., Fujita, Y., Sutherland, J. W., Jiao, Y., & Reed, D. W. (2018). Techno-economic and Life Cycle Analysis for Bioleaching Rare-Earth Elements from Waste Materials. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(2), 1602–1609. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02771>
- Voutsinos, M. (n.d.). *Biomining the elements of the future*. *The Conversation*. Retrieved August 19, 2020, from <http://theconversation.com/biomining-the-elements-of-the-future-87621>
- Wang, L., Wang, J., He, C., Lyu, W., Zhang, W., Yan, W., & Yang, L. (2019). Development of rare earth element doped magnetic biochars with enhanced phosphate adsorption performance. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 561, 236–243. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.10.082>
- Wang, L., Yu, T., Ma, F., Vitus, T., Bai, S., & Yang, J. (2019). Novel self-immobilized biomass mixture based on mycelium pellets for wastewater treatment: A review. *Water Environment Research: A Research Publication of the Water Environment Federation*, 91(2), 93–100. <https://doi.org/10.1002/wer.1026>
- Whitney, K. D. (1989). Systems of Biomineralization in the Fungi. In R. E. Crick (Ed.), *Origin, Evolution, and Modern Aspects of Biomineralization in Plants and Animals* (pp. 433–441). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6114-6_34
- Wilson-Corral, V., Anderson, C., Rodriguez-Lopez, M., Arenas-Vargas, M., & Lopez-Perez, J. (2011). Phytoextraction of gold and copper from mine tailings with *Helianthus annuus* L. and *Kalanchoe serrata* L. *Minerals Engineering*, 24(13), 1488–1494. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2011.07.014>
- Wu, Y., Meng, Y., Yakupoglu, B., & Adams, M. (2019). A metamaterial/liquid-core waveguide microfluidic optical sensor. *Sensors and Actuators A: Physical*, 300, 111592. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.111592>
- Xu, H., He, Y., Strobel, K. L., Gilmore, C. K., Kelley, S. P., Hennick, C. C., Sebastian, T., Woolston, M. R., Perreault, D. J., & Barrett, S. R. H. (2018). Flight of an aeroplane with solid-state propulsion. *Nature*, 563(7732), 532–535. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0707-9>
- Xu, W., Jian, H., Liu, Y., Zeng, G., Li, X., Gu, Y., & Tan, X. (2015). Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution Using Mycelial Pellets of *Penicillium simplicissimum* Impregnated with Powdered Biochar. *Bioremediation Journal*, 19(4), 259–268. <https://doi.org/10.1080/1089868.2015.1066302>
- Yang, W., Wang, Z., Song, S., Han, J., Chen, H., Wang, X., Sun, R., & Cheng, J. (2019). Adsorption of copper(II) and lead(II) from seawater using hydrothermal biochar derived from

Enteromorpha. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110586. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110586>

Yi, L., Xia, Y., Tan, Z., Fang, X., Zhao, L., Wu, H., & Guo, S. (2020). Design of tubelike aerogels with macropores from bamboo fungus for fast oil/water separation. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121558. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121558>

Zhao, F., Zhou, X., Liu, Y., Shi, Y., Dai, Y., & Yu, G. (2019). Super Moisture-Absorbent Gels for All-Weather Atmospheric Water Harvesting. *Advanced Materials*, 31(10), 1806446. <https://doi.org/10.1002/adma.201806446>

Zhu, Y., Tang, W., Jin, X., & Shan, B. (2019). Using biochar capping to reduce nitrogen release from sediments in eutrophic lakes. *Science of The Total Environment*, 646, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.277>

Zhuang, W.-Q., Fitts, J. P., Ajo-Franklin, C. M., Maes, S., Alvarez-Cohen, L., & Hennebel, T. (2015). Recovery of critical metals using biometallurgy. *Current Opinion in Biotechnology*, 33, 327–335. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2015.03.019>

Zielińska, A., Oleszczuk, P., Charmas, B., Skubiszewska-Zięba, J., & Pasieczna-Patkowska, S. (2015). Effect of sewage sludge properties on the biochar characteristic. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 112, 201–213. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2015.01.025>



*Este modelo de publicação foi desenvolvido por Jomy Joseph para a disseminação de sua
pesquisa de doutorado em Design.*

Obrigado a estes seres humanos fantásticos por sua colaboração na criação deste trabalho:

Supervisão: **Håkan Edeholt & Bodhisattva Chattopadhyay**

Ilustrações de abertura dos capítulos : **Sephin Alexander**

Versão em português por **Anna Martino**

PHD RESEARCH THROUGH/BY DESIGN 2021

