



Organismo Arquitetónico Habitar e Edificar a Terra

Roberto André Monteiro Fernandes

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Arquitetura

Mestrado integrado

Versão final após defesa

Orientador: Prof. Doutor João Paulo Fialho de Almeida Pereira Delgado

Outubro de 2023

Declaração de integridade

Eu, Roberto André Monteiro Fernandes, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição 39004 de Arquitetura da Faculdade de Engenharia, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referência de frases, excertos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Roberto fernandes _____

Universidade da Beira Interior, Covilhã 26/10/2023

Dedicatória

Aos meus pais.

Agradecimentos

Aos meus amigos e professores, por toda a sua dedicação.

Resumo

Esta dissertação dedica-se ao estudo da crise climática e ecológica, no contexto da arquitetura. Este tema foi escolhido porque é atualmente o maior desafio que a humanidade tem para solucionar, e muitas questões dependem da sua resolução. O objetivo desta dissertação é expor, de forma simplificada, uma pesquisa extensa, que quis analisar alguns dos problemas fundamentais da Humanidade, ajudando-nos a definir claramente, o que temos diante de nós. Como todos sabemos, este problema é causado pela queima de combustíveis fósseis, que emite gases tóxicos e provoca o aquecimento do planeta. No entanto, continuamos numa trajetória autodestrutiva, um terço de todas as emissões históricas de dióxido de carbono foram emitidas desde 2005. O que nos leva a permanecer neste caminho? O que nos leva a arriscar o nosso sucesso e a vida dos nossos filhos?

É urgente desmistificar as nossas sociedades, para que exista hipótese de ação. São claramente necessários novos caminhos para a vida, felicidade, e prosperidade, para conseguirmos equilibrar as aspirações humanas com o planeta. Para nós, este estudo iniciou uma transformação, e o texto que se segue espera conseguir fazer o mesmo por vocês.

Palavras-chave

Arquitetura; Ecologia; Humanidade; materiais; energia.

Abstract

This dissertation is dedicated to the study of the climate and ecological crisis in the context of architecture. This topic was chosen because it is currently the greatest challenge facing humanity and many issues depend on its resolution. The aim of this dissertation is to present, in a simplified way, an extensive piece of research that sought to gain a better understanding of some of humanity's fundamental problems, so we'll be able to clearly define what we have in front of us. As we all know, this problem is caused by the burning of fossil fuels, which emits toxic gases and causes the planet to heat up. However, we remain on a self-destructive path, a third of all historical carbon dioxide emissions have been emitted since 2005. What makes us stay on this path? What makes us risk our success and the lives of our children?

It is urgent to demystify our societies so that there is a chance for action. New paths to life, happiness and prosperity are clearly needed if we are to balance human aspirations with the planet. In us, this study has initiated a transformation and the following text hopes to do the same for you.

Keywords

Humanity; history; ecology; energy; materials; architecture

Índice

I. História	1
Pré-História	2
Agricultura	6
Civilizações	8
Idade Média.....	11
Idade Moderna	16
Revolução Industrial	20
Idade Contemporânea	24
II. Ambiente.....	32
Combustíveis.....	33
Dióxido de carbono	36
Água.....	39
Florestas	40
Agricultura	41
Alimentação	43
Biodiversidade	45
III. Sociedade	46
Economia	47
Consumo.....	49
Resíduos.....	50
Energia Renovável.....	52
Decrescimento	57
Renaturalização	58
Ética.....	60
IV. Arquitetura.....	62
Necessidades futuras	63
Energia incorporada	64
Eficiência	66
Biomateriais	68
Arquitetura.....	76
Comunidades.....	79
Conclusão.....	81
Anexos	83
Bibliografia.....	93
Créditos das imagens.....	98

Lista de Figuras

Figura 1 - Pedra de Olduvai, ferramenta de picar com 2 milhões de anos, à esquerda. Lança de madeira Schoningen, artefacto com 800 mil anos, à direita

Figura 2 - Stonehenge, Salisbury, Reino Unido, 2075 a.C.

Figura 3 - Machados em bronze, The British Museum, Londres, 2150 a.C.

Figura 4 - Ruínas do Templo de Vénus e Roma, Fórum Romano, Roma, 141.

Figura 5 - Descanso na fuga do Egito, Joachim Patinir, Museu do Prado, Madrid, 1520

Figura 6 - Produção de carvão vegetal, L'Encyclopédie de Diderot et d'alembert 1772.

Figura 7 - Secção da Catedral de York, Reino Unido, 1220-1472.

Figura 8 - Interior com uma mulher a ler e uma criança com um arco, oil on canvas, Pieter de Hooch, Leamington Gallery & Museum, 1664.

Figura 9 - Secção da cúpula do Capitólio dos EUA, Thomas U. Walter, 1859.

Figura 10 - Pessoas e cavalos sobre o tronco de uma sequoia gigante, Califórnia, 1917.

Figura 11 - Ponte Saginatobel concebida por Robert Maillart, Schiers, Suíça, 1930

Figura 12 - Gerberettes de 11 toneladas em aço fundido, Centro Pompidou, Paris, 1975

Figura 13 - Carroçaria ultra-leve em alumínio, Audi space Frame, 1994

Figura 14 - Robert Flaherty e a sua esposa Frances na sala de edição, 1949

Figura 15 - Buckminster Fuller e o pavilhão dos E.U.A na Expo 67, Montreal, 1967

Figura 16 - Gráfico das emissões de dióxido de carbono entre 1750 e 2021

Figura 17 - Descongelamento do permafrost na ilha de Herschel, Canadá, 2013

Figura 18 - Desmatamento da Amazónia, Charlie Hamilton James, Juriti, 2017

Figura 19 - Colheita de monoculturas de soja, Paulo Fridman, Mato grosso do sul, 2008

Figura 20 - Série fotográfica Hungry Planet, Uma semana em comida, Peter Menzel, 2005.

Família Brown da Austrália, em cima. Família Ayme do Equador, em baixo.

Figura 21 - Presidente Ursula Von der Leyen, no Fórum Económico Mundial, Davos, 2020

Figura 22 - Explosão de resíduos durante a Pandemia de Covid-19, Manhattan, 2020

Figura 23 - Presidente Emmanuel Macron, anuncia novas centrais nucleares, Belfort, 2022

Figura 24 - Presidente Obama promove centrais fotovoltaicas nos E.U.A, Califórnia 2012

Figura 25 - Indígenas da tribo Awá, Charlie Hamilton James, Amazónia, 2017

Figura 26 - Greta Thunberg no parlamento Sueco, "Greve escolar pelo clima", 2018

Figura 27 - BOF para produção de Aço na Scunthorpe Steelwork's, Uwe Niggmeier, 2014

Figura 28 - Edifício Tamedia, Shigeru Ban, Zurique, 2013

Figura 29 - Remate de cobertura de uma Minka Japonesa, Shirakawa-go, 2019

- Figura 30 - Mercado de Yusuhara, Kengo Kuma, Japão, 2010
- Figura 31 - Blocos de Taipa industrializados, Erden, Áustria, 2020
- Figura 32 - Cidade de Shibam, Construção vertical em terra crua, século XVI, Iémen
- Figura 33 - Moinhos de vento "Asbads", construídos durante o Seculo X, Irão.
- Figura 34 - New Barris Village, Hassan Fathy, Egito, 1967
- Figura 35 - Substituição da cobertura em Colmo de uma Minka, Shirakawa-go, 2022
- Figura 36 - Fundação para turbina eólica, 2015
- Figura 37 - Torres medievais, Sec. XII, Bolonha
- Figura 38 - Asbads, Sec. X, Irão
- Figura 39 - 611 West 56th Street, Manhattan, 2023
- Figura 40 - Bruxelas, Braun & Hogenberg, 1576
- Figura 41 - Torre de vento, lazde, Irão

Lista de Acrónimos

AVAC - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BP - British Petroleum
CLB - Cross Laminated Bamboo
CLT - Cross Laminated Timber
DECA - Departamento de Engenharia e Civil e Arquitetura
EDF - Electricité de France
EUA - Estados Unidos da América
FAO - Food and Agriculture Organization
GRP - Gabinete de Relações Públicas
IEA - International Energy Agency
OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PE - Polietileno
PEM - Proton-exchange membrane
PIB - Produto Interno Bruto
PP - Polipropileno
PVC - Policloreto de vinil
UBI - Universidade da Beira Interior
UE - União Europeia

I. História

Pré-História

Os seres humanos evoluíram, inicialmente, na África Oriental, há cerca de 2,5 milhões de anos, a partir de um género anterior de símios chamados *Australopitecos*. Estes homens e mulheres arcaicos, instalaram-se em vastas áreas do norte de África, Europa e Ásia, dando origem a pelo menos 6 espécies distintas de homens, adaptados a diferentes climas. A posição do género *Homo* na cadeia alimentar situava-se, nessa altura, exatamente a meio e, durante milhões de anos, os seres humanos caçaram criaturas mais pequenas, ao mesmo tempo que eram caçados por predadores de maiores dimensões. Há cerca de 800 mil anos a.C., os humanos arcaicos aprenderam a manusear o fogo, e o seu controlo e uso, é a técnica definitiva que vai permitir aos homens desenvolver-se. O fogo é uma fonte segura de luz e calor, mas também uma arma mortífera contra os predadores. Quando é utilizado para cozinhar, facilita a digestão de alimentos, permitindo cérebros maiores e barrigas menores. Foi o fogo que abriu o primeiro fosso significativo entre o homem e os outros animais, dotando-o de uma força obediente e potencialmente ilimitada. (Harari, 2011)

Quando a nossa espécie se desenvolveu há cerca de 200 mil anos, a maior parte da África e da Eurásia já estava colonizada por outros seres humanos. Os *Homo Sapiens* faziam parte de uma grande família, distinguindo-se pelos dentes e maxilares mais pequenos e cérebros maiores. Eram também mais leves e menos musculosos, o que os deixava em desvantagem em relação aos seus irmãos. No entanto, eles conseguiram conquistar o mundo, sobretudo, graças à sua linguagem. Aprenderam a associar os poucos sons e gestos que tinham à sua disposição, numa quantidade infinita de frases, possibilitando a partilha de informações complexas através do espaço e do tempo. Tornaram-se, pelo conhecimento partilhado, muito mais inteligentes, ganhando vantagens sobre as outras espécies. Foi o desenvolvimento da linguagem que permitiu ao *Homo Sapiens* saltar para o topo da cadeia alimentar. Ascendeu tão depressa, que o ecossistema não teve tempo de se adaptar. Mais, nós próprios não fomos capazes de nos adaptar. Os predadores do planeta são, sua grande maioria, são criaturas majestosas, milhões de anos de domínio encheram-nos de autoconfiança. Mas nós, tendo sido desfavorecidos da savana, nutrimos muitos medos e ansiedades, o que nos torna duplamente cruéis e perigosos. (Harari, 2011)

Os humanos arcaicos utilizavam muito poucos artefactos, e estes representavam um papel relativamente modesto na sua existência. A maior parte dos utensílios utilizados pelos antigos caçadores-recolectores era feita de madeira, embora a maioria dos objetos preservados fosse realizada em pedra. As ferramentas mais antigas foram descobertas no leste de África, na garganta de Olduvai, e foram datadas com cerca de 2 milhões de anos. Todas elas eram engenhosamente executadas, esteticamente agradáveis, e admiravelmente ergonómicas e práticas. As mais antigas lanças de madeira encontradas foram datadas com 400 mil anos. (Smil, 2014)



Figura 1 - Pedra de Olduvai, ferramenta de picar com 2 milhões de anos, à esquerda. Lança de madeira Schöningen, com 800 mil anos, à direita

Há cerca de 120 mil anos, a nossa espécie, que já não era assim tão nova, começou a rumar a norte. Chegaram ao Médio Oriente há cerca de 100 mil anos, à Europa há 40 mil e às Américas há 20 mil. À medida que se dispersaram de África e se espalharam pelo mundo, as comunidades às quais se juntaram começaram a mudar. Quando chegámos ao médio oriente e à Europa, encontramos os neandertais. Estes humanos eram mais musculosos que nós, tinham cérebros maiores e estavam melhor adaptados aos climas frios. Usavam utensílios e fogo, eram bons caçadores e, aparentemente, cuidavam dos doentes e enfermos. Foram descobertos ossos de neandertais que viveram muitos anos com graves deficiências físicas, prova de que recebiam cuidados dos seus familiares. (Smil, 2014) (Harari, 2011)

Passado pouco tempo da nossa chegada, os neandertais extinguiram-se. É provável que tenha sido a primeira campanha de limpeza étnica da história. Se os neandertais tivessem sobrevivido, ainda nos imaginaríamos como criaturas à parte? Talvez tenha sido por isso que os nossos antepassados os dizimaram. Eram demasiadamente familiares para serem ignorados, mas excessivamente diferentes para serem tolerados. Quer a culpa seja ou não dos sapiens, mal eles chegavam a uma nova localização, a população nativa desaparecia. Os últimos restos mortais do *Homo solensis* datam de há cerca de 50 mil anos, dos neandertais há mais ou menos 30 mil anos, e os últimos humanos anões da ilha de flores desapareceram há cerca de 12 mil anos. (Harari, 2011)

À medida que o tempo passava, dispersavam para zonas cada vez mais distantes no Norte gelado, prosperando a perseguir mamutes, mastodontes e renas. Por volta de 14 mil a.C., estas caçadas conduziram alguns destes homens da Sibéria para o Alasca. O estabelecimento dos sapiens na América foi sangrento, deixando para trás um longo rasto de vítimas. Espécies de animais, sobretudo de grande porte (entre os quais os vombates gigantes, rinocerontes lanosos e as preguiças gigantes), começaram a extinguir-se. Sabe-se que estas extinções ocorreram em diferentes épocas nos diversos continentes e que correspondem à chegada de colonos humanos. Na nossa primeira fase de interação com a vida selvagem, começamos logo a determinar o destino evolutivo de outras espécies. A extinção da Megafauna foi uma catástrofe ecológica geologicamente instantânea, mas demasiado gradual para ser percebida pelas pessoas que a desencadearam. Se conjugarmos as extinções em massa, da Austrália e da América, e acrescentarmos outras, ocorridas enquanto o Homo sapiens se espalhava por África e pela Ásia, assim como a extinção de todas as outras espécies humanas, a conclusão inevitável é que a primeira vaga da colonização sapiens foi um dos maiores e mais rápidos desastres ecológicos que se abateram sobre o Reino Animal. (Harari, 2011) (Smil, 2014) (Shapiro, 2022)

As sociedades pré e proto-agrícolas deixaram para trás uma série de monumentos megalíticos quase indestrutíveis, sobretudo na Europa Ocidental. Entre eles, incluem-se Menhirs (pedras únicas, usualmente na vertical), grupos de pedras (como os alinhamentos de Carnac, Stonehenge ou Avenbury) ou a categoria mais comum, câmaras funerárias, normalmente capeadas por grandes pedras. Ainda hoje ficamos impressionados com a inventividade e a perícia utilizadas, uma vez que tanto as distâncias como as massas eram muitas vezes consideráveis. Por exemplo, o círculo interior de Stonehenge foi construído com 80 pedras azuis de 4 t, que foram extraídas a 380 km de distância, nas montanhas de Prescelly, e o seu transporte provavelmente envolveu embarcações costeiras. (Smil, 2014)

Embora as sociedades pré-históricas não tenham feito uso de qualquer tipo de metal, algumas delas conseguiram mudar as propriedades dos minerais, produzindo cerâmica cozida. Escavações em alguns dos primeiros lugares habitados indicam que já usavam a cal, um material cuja produção requer um processamento quase tão sofisticado como a fundição de minérios. Para se conseguir transformar o calcário em cal é necessário esmagar as rochas à mão até um tamanho relativamente pequeno e uniforme, evitando o pó. Recolher madeira suficiente, modelar um poço ou um forno para melhor se confinar o processo, fazer a gestão da temperatura (que deve chegar a pelo menos a 825 C°) e mantê-la durante um longo período de tempo, para a calcinação se efetuar. Por fim, a sua remoção e manuseamento é perigosa, porque a cal é altamente cáustica e reage com a humidade da pele, olhos e pulmões, produzindo irritação severa e queimaduras. Foi descoberta cal, datada de 9600 a.C. em Gobekli Tepe, o que torna a queima de calcário no primeiro processo industrial bem-sucedido, dependente de uma reação química. (Smil, 2014) (Courland, 2011)



Figura 2 - Stonehenge, Salisbury, Reino Unido, 2075 a.C

O modo de vida dos caçadores recolectores diferia de forma significativa de região para região e de estação para estação, contudo, no geral, parecem ter gozado de um estilo de vida confortável e recompensador. Eram, em geral, mais altos e saudáveis que os seus descendentes agricultores, porque na maior parte dos locais, e na maior parte do tempo, a recolção garantia uma nutrição ideal, e as crianças, que sobrevivessem aos perigosos primeiros anos, tinham boas hipóteses de chegar aos 60 ou mesmo 80 anos. Os recolectores viveram sem moradas permanentes e não deixaram traços dos seus abrigos temporários, construídos por ramos, ervas, canas, ou folhas de palmeira. Os mais antigos componentes de abrigos preservados são, naturalmente, pedras arranjadas para proteção e ossos e presas de mamute transformadas em paredes. Em contraste aos desaparecidos espaços de vivência dos caçadores-recolectores, arqueólogos descobriram milhares de fundações pertencentes a casas, abrigos e armazéns de muitas sociedades pré-agrícolas ou primeiras sociedades sedentárias. (Smil, 2014)

Agricultura

Os recolectores já conheciam os segredos da natureza, muito antes da revolução agrícola, pois a sua sobrevivência dependia de um conhecimento íntimo dos animais que caçavam, e das plantas que colhiam. A transição para agricultores, começou lentamente há cerca de 10 mil anos, em áreas restritas do globo, como o crescente Fértil, localizado na charneira entre os continentes Africano, Europeu e Asiático. Devido á docilidade de algumas das espécies aí encontradas, como cabras e ovelhas, foi possível aos seres humanos adotarem novas estratégias de caça, em que mantinham as populações de presas, em vez de as levar à extinção. Também passaram a lançar sementes à terra, optando por propagar as plantas que produziam mais alimento ou que amadureciam ao mesmo tempo. À medida que os nossos antepassados faziam a transição de caçadores para pastores e de coletores para agricultores, transformaram a terra onde viviam e as espécies das quais dependiam cada vez mais. Não tardaram a selecionar os animais que seriam progenitores da geração seguinte, destinando á alimentação aqueles que não conseguiram domesticar. (Harari, 2011)

A revolução agrícola aumentou, a quantidade de alimentos ao dispor da humanidade, mas a comida adicional não correspondeu a uma dieta melhor ou a mais tempo de lazer. O agricultor comum trabalhava mais do que o recolector e recebia, em troca, uma dieta pior. Além disso as novas tarefas agrícolas exigiam tanto tempo, que as pessoas eram obrigadas a instalar-se permanentemente junto dos campos de trigo, o que mudou por completo o seu modo de vida. Os antigos caçadores-recolectores viviam em áreas que cobriam muitas dezenas, e até centenas de quilómetros quadrados, de montes, rios e bosques, e o seu Lar era todo esse território. Mas os camponeses, por outro lado, passavam a maior parte dos dias a trabalhar num pequeno terreno, ou pomar e as suas vidas domésticas estavam centradas numa exígua estrutura de madeira, pedra ou terra, que não media mais do que algumas dezenas de metros: A Casa. O camponês criou uma ligação muito forte a esta estrutura, o que representou uma evolução de longo alcance, cujo impacto foi tanto psicológico quanto arquitetónico. A partir desse momento, a ligação ao lar, e a separação dos vizinhos, tornou-se o traço psicológico distintivo de uma criatura muito mais egoísta. (Harari, 2011)

Os novos territórios agrícolas não só eram muito mais pequenos, mas também eram muito mais artificiais. Os agricultores derrubavam florestas, escavavam canais, limpavam campos, construíram casas, lavravam sulcos e plantavam árvores de frutos em filas organizadas. O habitat artificial resultante destinava-se apenas aos seres humanos e às suas plantas e animais. As famílias de agricultores erigiam à volta da sua casa defesas particularmente fortes, e faziam tudo o que podiam para manterem afastados os animais selvagens e as teimosas ervas daninhas. (Harari, 2011)

A vida nas aldeias trouxe, certamente, alguns benefícios imediatos aos primeiros agricultores, como uma melhor proteção contra animais selvagens, a chuva e o frio. No entanto, as desvantagens provavelmente suplantavam os benefícios. As pessoas não podiam deixar as suas casas, campos e celeiros sem correrem sérios riscos de perda. Além disso, á medida que o tempo ia passando, acumulavam cada vez mais coisas que



Figura 3 - Machados em bronze, The British Museum, Londres, 2150 a.C.

não eram fáceis de transportar e que os prendiam. Os antigos agricultores podem parecer miseráveis, mas uma família típica possuía mais artefactos do que uma tribo inteira de recolectores. (Harari, 2011)

O cobre é o primeiro metal a ser utilizado pela humanidade por ser macio, maleável, e fácil de ligar. Quando puro, não necessita de qualquer fundição e pode ser moldado a frio. Esta facilidade torna-o no metal dominante entre 3000 e 1000 a.C., no entanto, a redução deste minério, em metal puro não é simples. O cobre tem um ponto de fusão razoavelmente alto a 1083 °C, e as queimas dos minérios eram realizadas em fornos pequenos e primitivos, e por isso, necessitava de ser continuamente purificado por aquecimento adicional, para produzir metal puro. As elevadas exigências energéticas desta metalurgia, começaram a devastar os recursos madeireiros locais e regionais. Como o cobre tinha baixa resistência, o bronze que é muito mais forte e tornou-se na primeira liga prática da história. O Bronze, é uma liga de cobre com 10% de estanho, que têm uma boa resistência à tração, e é quase seis vezes mais dura, boa o suficiente para facas, espadas, machados e ferramentas duráveis. (Smil, 2014)

A revolução agrícola foi acompanhada por uma revolução religiosa. Os caçadores-recolectores colhiam plantas e perseguiam animais selvagens, que podiam ser vistos como tendo igual estatuto ao homem. Os seres vivos comunicavam uns com os outros diretamente e negociavam entre si as regras que governavam o seu habitat partilhado. Os agricultores, por outro lado, possuíam e manipulavam animais e plantas, e dificilmente se rebaixavam ao negociar os seus bens. Como tal, o primeiro efeito religioso da revolução agrícola, foi transformar as plantas e os animais de membros igualitários de uma mesa-redonda, em propriedade. E grande parte da religião começa, de facto, com um contrato legal através do qual os seres humanos prometem devoção eterna em troca do domínio das plantas e dos animais, tal como acontece no livro do Génesis. Foi assim, que as nossas ações, os nossos sacrifícios, e as nossas orações, passaram a determinar o destino de todo o ecossistema. (Harari, 2011)

Civilizações

Durante milhares de anos depois da revolução agrícola, as sociedades humanas permaneceram relativamente pequenas e simples. Quando a quantidade de pessoas e propriedades ultrapassava um limiar crítico, tornava-se necessário armazenar e processar grandes quantidades de dados matemáticos, e como cérebro humano não o conseguia fazer, o sistema colapsava. Os primeiros a ultrapassar este problema foram os antigos sumérios, que inventaram um sistema para armazenar e processar a informação fora dos seus cérebros, a escrita. (Harari, 2011)

O mundo material destas antigas sociedades, era determinado pela sua envolvente imediata, o que resultava em abrigos em grutas escavadas, ou em diversas construções de terra, tijolos ou pedra encaixada. Os homens começaram a construir com argila modelada em tijolos, desde o início da sua sedentarização. A eficiência e simplicidade deste método permitiu que as primeiras culturas da Mesopotâmia (sumérios, babilónios e assírios) produzissem quantidades prodigiosas de tijolos que usaram para construir as suas casas, palácios e torres. Estes tijolos eram feitos misturando argila com água, areias, e palha picada ou estrume, conformados por moldes de madeira e deixados a secar ao sol. Estas estruturas de terra crua, são bastante eficientes, desde que bem fabricadas e mantidas secas. São totalmente recicláveis, e com o tempo, devolvem-se a montes de barro. Para construir de uma forma mais resistente ou duradoura, é necessário cozer-se os tijolos. Tijolos cozidos em fornos alimentados com madeira ou carvão foram utilizados pela primeira vez na antiga Mesopotâmia, e tornaram-se num importante material de construção em muitas culturas do mundo antigo. (Smil, 2014)

As sociedades da antiguidade também dominaram a queima de argilas modeladas para produzir cerâmica, objetos utilitários, e ornamentais. A queima remove a água das argilas, fixando a sua forma, e reforçando a peça final. Queimar argila para produzir um pequeno objeto requer temperaturas relativamente baixas (500-600°C), no entanto, para fazer peças maiores e utilitárias as temperaturas necessitam de chegar aos 1000°C. Após 6000 a.C. tornaram-se comuns na Europa objetos cerâmicos cozidos a altas temperaturas, como recipientes, copos, pratos, e figurinos, produzindo-se faianças mais duráveis. (Smil, 2014)

Embora os historiadores não disponham de dados precisos sobre sua origem, o vidro já era conhecido à pelo menos 4 mil anos antes da era cristã, e foi descoberto de forma casual. As primeiras pequenas peças de vidro foram encontradas na Mesopotâmia e têm cerca de 5.000 anos. A arte de moldar o vidro foi aperfeiçoada durante o antigo Egito, e pequenas peças são comuns em sítios romanos. Por volta do ano 100 a.C., os romanos desenvolveram as técnicas de fabrico, e começaram a utilizar o sopro e moldes, possibilitando a produção em série. (Smil, 2014)

A durabilidade da pedra tonou-a no material preferido de algumas sociedades sedentárias para construir estruturas religiosas e funerárias. Algumas destas construções monumentais são impressionantes, e envolveram grandes desafios, para a sua edificação. Os problemas mais comuns da construção em pedra são a extração elaborada, o transporte, a

necessidade de acabamento preciso, bem como a colocação de componentes maciços. (Smil, 2014)

Hoje só podemos especular sobre as técnicas artesanais e gestão necessárias para construir a grande pirâmide de Quéops. Esta tarefa é ainda mais notável porque os pedreiros do planalto de Gizé apenas dispunham de cinzéis de cobre e malhos de dolerite. Este feito impressionante, não deve alimentar ilusões otimistas sobre as redes de cooperação em massa do Egito faraônico. A ordem social imaginada não era natural nem justa, e dividia as pessoas em grupos fictícios organizados de forma hierárquica. Os homens de classe superior gozavam de enormes privilégios e poder, os plebeus sofriam de opressão, e os escravos eram espancados caso se queixassem. Ao longo de milénios, muitas culturas pequenas e simples fundiram-se em civilizações maiores e mais complexas, conquistando novos territórios, para os submeter a uma exploração social organizada. (Harari, 2011)

O Império Romano obteve a maior parte da sua riqueza nas províncias da África do Norte, nos Balcãs, e no Médio Oriente. As províncias romanas da Europa Ocidental eram pobres desertos, que contribuíram com pouca coisa para além de minerais e escravos. O norte Europa, era de tal forma ermo e bárbaro, que nem valia a pena conquistá-lo. Verões quentes e húmidos coincidiram com os períodos de prosperidade do império, e períodos de seca durante o terceiro século, coincidem com grandes migrações. A sobre-exploração de recursos, provocou uma vasta degradação ambiental e a consequente queda de produção da sua fonte de energia básica: as culturas de trigo e alfafa. (Smil, 2014)

Durante o império romano, grandes quantidades de pedra foram utilizadas para a construção de aquedutos e para o seu extenso sistema de estradas, mas a maior parte das suas estruturas monumentais (exceto arcos de triunfo e colunas) eram estruturas construídas em tijolo. Finos e longos, os tijolos romanos (45x 30 x 3.75) foram indispensáveis para expansão da Roma imperial, que necessitava de produzir material em grande escala relativamente barato para construir. Os tijolos Crus mantiveram-se como a opção mais utilizada para as edificações civis, exceto, onde por necessidade de mais pisos ou paredes mais finas se optava pela utilização do tijolo cozido. Os tijolos romanos cozidos eram utilizados para a estrutura de todos os edifícios monumentais, devido á sua resistência e durabilidade. Eram revestidos a mármore, e sobreviveram bastante bem mesmo depois dessa camada protetora lhes ser arrancada. As construções duráveis de tijolo necessitam de um bom material de ligação como as argamassas á base de Cal. (Smil, 2014)

Usualmente atribuímos aos romanos a invenção do betão, mas isto é bastante impreciso. Não havia cimento no *Opus caementicium* e, portanto, essa mistura, não é o material hoje conhecido como betão. *Opus caementicium* continha agregados (areia, cascalho, pedras, tijolos quebrados ou telhas) e água, mas seu agente de ligação era argamassa de cal. A combinação de cal apagada e areia vulcânica do Monte Vesúvio (pozolana), produzia uma mistura superior que endurecia mesmo debaixo de água e que poderia ser utilizada para construir portos e molhes, mas também paredes maciças e duráveis, bem como grandes abóbadas. (Adam, 1994) (Smil, 2014)

O baixo ponto de fusão do chumbo, e a sua fácil maleabilidade, tornaram-no no metal preferido para a construção de canalizações nas cidades romanas, o que provocou a intoxicação generalizada da sua população. O Império Romano, foi vítima de vários problemas associados ao seu próprio progresso, incluindo super expansão, mudanças climáticas, degradação ambiental e más lideranças. (Bardi, 2019)



Figura 4 - Ruínas do Templo de Vénus e Roma, Roma, 141 d.C

Idade Média

Os homens medievais acreditavam que o verdadeiro valor de uma pessoa era determinado pelo seu lugar na hierarquia social e pelo que outras pessoas diziam acerca dela. Ser alvo de chacota era uma indignidade horrível, e os nobres ensinavam os seus filhos a protegerem seu bom nome a qualquer custo. O sistema de valores medieval manifestava-se na pedra dos seus castelos, que raramente incluíam quartos privados para as crianças ou para qualquer pessoa. O filho adolescente de um barão medieval dormia ao lado de muitos outros jovens num grande salão, onde estava constantemente em exposição, e tinha de ter sempre em consideração o que os outros viam e diziam. A teologia, era a monarca incontestável, que ajudava os homens a compreender a ordem sobre-humana que regulava o mundo, permitindo-lhes ajustar o seu comportamento. (Harari, 2011)



Figura 5 - Descanso na fuga do Egito, Joachim Patinir, Museu do Prado, Madrid, 1520.

Devido à sua capacidade de renovação, os resíduos das colheitas anuais costumavam ser materiais indispensáveis em todas as sociedades agrícolas tradicionais. Em muitas regiões desflorestadas, eram a única fonte de combustível doméstico. Misturas de palha e argila eram transformadas em tijolos, feixes eram utilizados para a construção de telhados, para encher camas e tecer e partes de mobiliário. Em alguns países, os camponeses usavam sandálias e casacos de palha, que também era aproveitada como alimento e cama para animais domesticados. (Smil, 2014)

A madeira era usada em qualquer forma disponível: ramos caídos, partidos ou aparados, galhos, casca e raízes, mas boa madeira cortada do tronco só estava disponível onde eram de uso corrente boas ferramentas de corte, como enxós, machados, e mais tarde serras, que poderiam ser utilizadas para produzir longas tábuas e outros componentes de corte preciso. Surpreendentemente, a variedade da madeira fazia pouca diferença. Há milhares de plantas lenhosas e, embora as diferenças entre elas sejam substanciais, a sua composição química é extraordinariamente uniforme. (Smil, 2013)

Durante a idade média, era usual transformar-se a madeira em carvão vegetal, um combustível de alta qualidade, praticamente isento de fumo, e cujo conteúdo energético é cerca de 50% superior ao da madeira seca ao ar. Outra vantagem do carvão é a sua elevada pureza (quase não contém enxofre ou fósforo), o que faz dele o melhor combustível não só para usar dentro de casa, mas também para produção de tijolos e cal, ou na fundição de minérios. Contudo, a produção tradicional deste combustível implicava grande desperdício. O carvão vegetal era produzido através do aquecimento da madeira num ambiente pobre em oxigénio, até que esta sofresse pirólise, deixando para trás uma massa de carbono praticamente puro. Cerca de 70% da energia original da madeira perdia-se, porém, a compensação estava na qualidade do combustível. A queima do carvão podia produzir uma temperatura de 900°C, e por meio de um fole, podia mesmo chegar próximo de 2000°C, mais do que suficiente para fundir até minérios de ferro. (Smil, 2013)

O ferro é um metal tenaz, amplamente distribuído, e que em muitos locais pode ser extraído sem afundar poços, mas requer temperaturas extremamente altas (1535°C) para a sua fundição. A substituição do cobre pelo ferro, dá-se muito lentamente, devido a grandes dificuldades em trabalhar este metal. O ferro nunca foi fundido por nenhuma sociedade do mundo antigo, e está necessariamente associado à produção em grande escala de carvão. Apenas a abundância de minérios de ferro e os lentos avanços na fundição do metal acabaram por torná-lo no metal mais importante da antiguidade. Desde antiguidade até à idade média, o ferro foi largamente produzido na Europa através do método da forja. Fundia-se o minério britado com carvão vegetal, em pequenas fornalhas, onde as temperaturas não atingiam mais do que 1200 °C. Isto era suficiente reduzir o óxido de ferro, mas muito abaixo do seu ponto de fusão. O produto final era uma espessa barra de metal moldável, cuja massa medieval típica era de apenas 5 a 15 quilos. Este ferro maleável tinha de ser reaquecido e martelado repetidamente para produzir um pedaço de ferro forjado resistente e maleável que contivesse menos de 0,1% de carbono. Como a produção de um único quilograma de ferro exigia 6kg de minério e mais de 100kg de madeira, a sua produção provocou, inevitavelmente, uma extensa desflorestação em torno dos locais onde havia fornalhas. Este foi o preço ambiental pago pela produção de pregos, machados, e ferraduras, bem como de cotas metálicas, lanças, armas e munições para canhão. (Smil, 2014)

Altos fornos maiores, e um maior contacto entre o minério e o combustível, criaram temperaturas mais elevadas, que conseguiram, por fim, produzir ferro líquido. O ferro fundido, é uma liga com 1,5 a 5% de carbono, que não pode ser forjada ou laminada diretamente. Devido ao seu teor de carbono relativamente alto, o ferro fundido é diferente do ferro forjado, e apresenta baixa resistência à tração (inferior ao bronze),

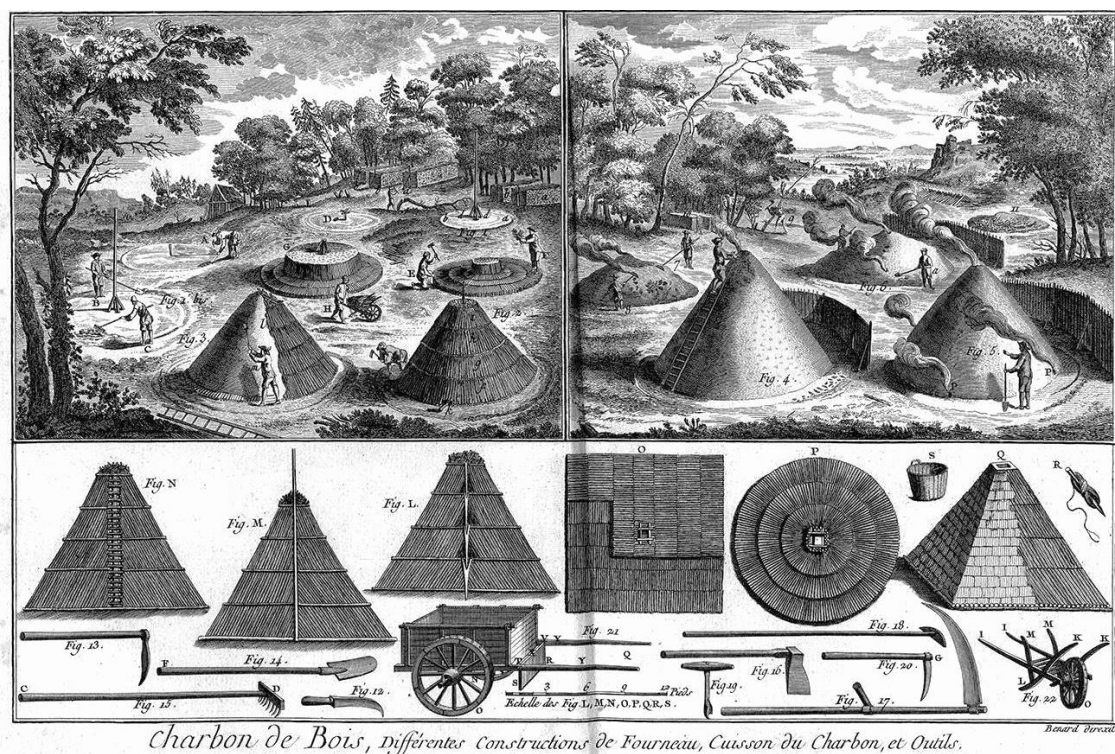


Figura 6 - Produção de carvão vegetal, L'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert 1772.

baixa resistência ao impacto e também ductilidade muito baixa. Mas a liga é forte sob compressão, tornando-a boa o suficiente para uma grande variedade de ferramentas, utensílios e objetos, mas impedindo seu uso onde quer que o metal estivesse sujeito a maior tensão. Apesar do ferro ser relativamente abundante em muitas sociedades pré-industriais, o aço só estava disponível para usos especiais. Tal como ferro fundido, o Aço também é uma liga, mas o seu teor médio em carbono (0,15 a 1,5%) garante-lhe um desempenho superior. As sociedades pré-industriais carbonizavam ferro forjado, ou descarbonizavam ferro fundido para obter aço. A forma mais antiga de produzir aço é por cementação, que adiciona carbono ao ferro forjado, através de um aquecimento prolongado de lâminas em contacto com carvão vegetal. Este processo produz uma camada externa de aço carburado que é dura, mas o núcleo inalterado ainda é macio e dúctil, e por isso, era necessário o forjamento repetido. No total, eram necessários 250kg de madeira para produzir 1kg de aço. Assim sendo, o aço permaneceu um material extremamente dispendioso, e de uso limitado até ao século XIX. (Smil, 2014) (Birch, 1967) (Potter, 2023)

A Europa medieval ergueu a arquitetura de pedra a alturas sem precedentes, celebrando, através das suas extraordinárias catedrais, uma época de grande prosperidade criada pelo período quente medieval. Longos anos de colheitas generosas, criaram a riqueza e a disponibilidade para construir estas estruturas de engenharia sofisticada, que preservaram o sentimento de alegria dessa longa primavera, e da abertura do homem ao mundo. O terrível medo da natureza e das suas criaturas deu lugar a uma abertura espiritual, mediada pela confiança em Deus. Com os seus audaciosos desenhos, estas catedrais tornaram-se possíveis graças a reforços metálicos não aparentes que consolidam todos os seus finos detalhes, pilares, arcobotantes, e altas flechas. É esta utilização dissimulada do ferro, que

permite transfigurar a pedra, e gerar a sua leveza. O vidro surge pela primeira vez como material de construção importante para a realização das janelas das catedrais, e dependeu de técnicas artesanais complexas para produzir painéis de tamanhos limitados. O material derretido era soprado para criar uma grande bolha, e depois girado, perfazendo um disco (até 1 m de diâmetro) que, após o arrefecimento, era cortado. Este tipo de vidro que se caracteriza pelo seu formato de disco, era muito caro para o envidraçamento de casas comuns, sendo apenas utilizado em edifícios nobres. (Smil, 2014)

Os nobres medievais gastavam os seus rendimentos em torneios, banquetes, palácios e guerras, bem como na caridade e em catedrais monumentais. Poucos tentaram reinvestir os lucros e aumentar a produção de suas casas, porque, em termos económicos, eles acreditavam que a riqueza total estava limitada. É claro o rei de Inglaterra podia ficar mais rico, mas só roubando ao rei de França. Era possível cortar o bolo de muitas maneiras, mas este nunca crescia. No final da idade média poucas cidades tinham mais de 100 mil habitantes, a maior parte dos edifícios era construída com terra, madeira e palha, e um edifício de três andares era um arranha-céus. As ruas eram sulcos abertos na terra, poeirentas no verão e lamacentas no inverno, usadas por peões, cavalos, cabras, galinhas e algumas carroças. A maior parte dos sons urbanos comuns resumia-se as vozes dos homens e dos animais, e o ruído ocasional do martelo e da serra. Ao pôr-do-sol, a cidade ficava negra, com o tremeluzir ocasional de uma vela ou archote na escuridão. (Harari, 2011)

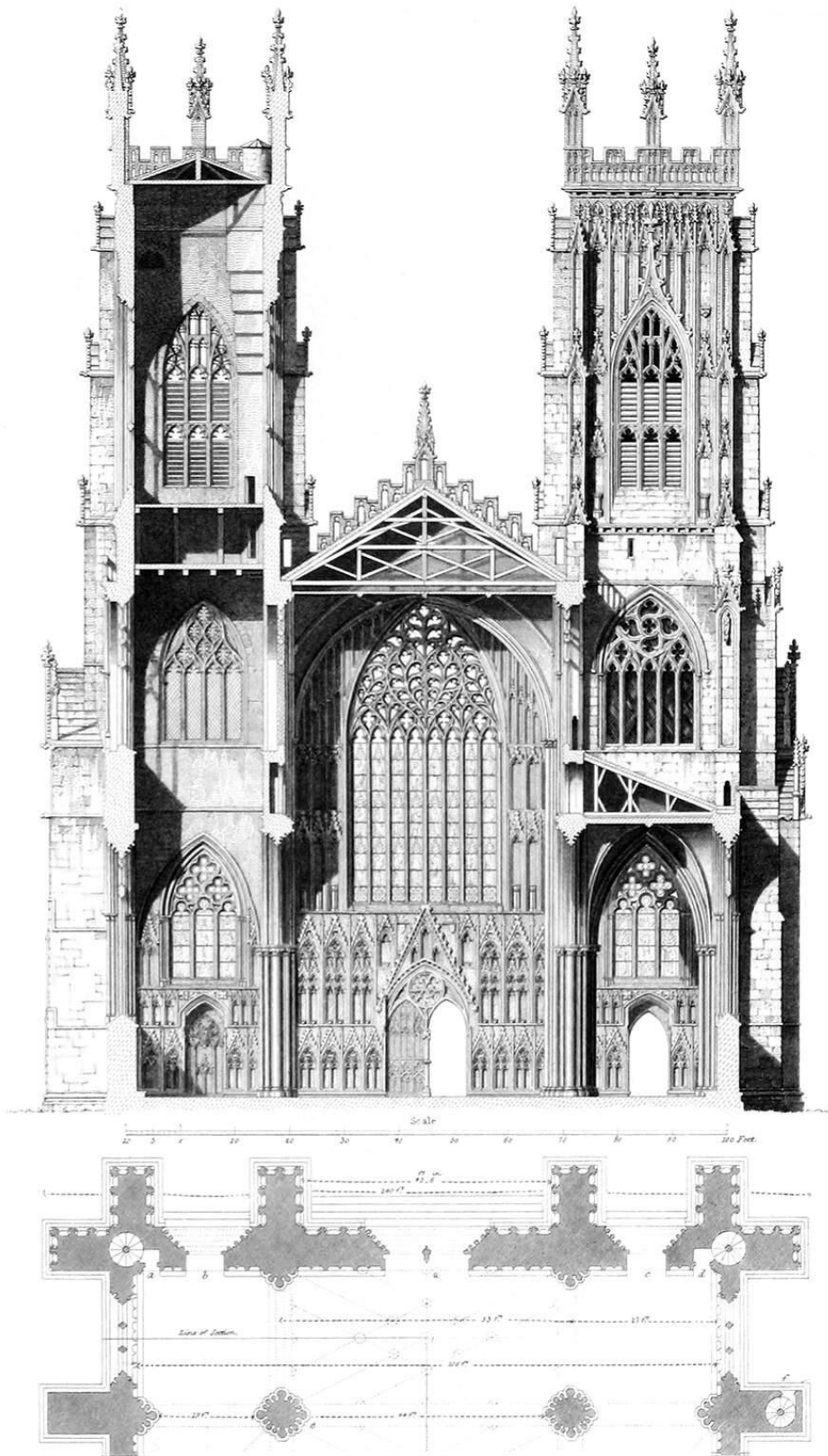


Figura 7 - Seção da Catedral de York, Reino Unido, 1220-1472.

Idade Moderna

Em 1492, Cristóvão Colombo navegou para Ocidente, a partir de Espanha, à procura de um novo caminho para a Ásia oriental. Quando colidiu com as Caraíbas, pensava ter chegado à Indonésia. Estava de tal maneira convencido que conhecia o mundo todo, que nem a sua espantosa descoberta o fez acreditar no contrário. Para ele, e para muitos da sua geração, a ideia de que pudesse existir um continente desconhecido das escrituras era absolutamente inconcebível. O primeiro Homem a perceber que haviam descoberto um mundo novo foi Américo Vespúcio, dando início à revolução científica. Afinal, existiam factos importantes que as pessoas desconheciam, como um enorme continente, que durante os 250 anos seguintes iria enriquecer os reis, banqueiros e mercadores europeus, para lá dos seus sonhos mais loucos. (Smil, 2014) (Harari, 2011)

Por esta altura, o planeta entrava numa nova fase de arrefecimento, com uma queda inicial das temperaturas por volta do ano 1300, mas tornando-se o frio mais acentuado e abrupto por volta de 1570. Este período de arrefecimento da superfície terrestre durou até ao final do século XIX, e ficou conhecido como a pequena Idade do gelo. As temperaturas médias globais desceram até dois graus Celsius, o que pode não parecer muito, mas foi absolutamente dramático para as pessoas que a viveram. Há provas de que este arrefecimento se deveu a uma diminuição da atividade solar, mas também coincide com um aumento de erupções vulcânicas, e pelo menos em parte, também foi provocado pelo homem. Cinquenta e seis milhões de pessoas morreram de doenças nas Américas após a chegada de Colombo, permitindo a reflorestação de grandes áreas que antes eram utilizadas para agricultura.

Os efeitos desta descida das temperaturas foram pronunciados à escala global. Na China, que na altura era o país mais populoso do mundo, a dinastia Ming caiu em 1644, minada, entre outras coisas, por colheitas erráticas. Na Europa, rios, lagos e portos congelaram, dando origem a fenómenos como as "Frost fair" no rio Tamisa, que passaram de uma raridade a um acontecimento semi-regular. Homens e mulheres morriam de hipotermia, e até a barba do rei de França congelava enquanto ele dormia. A austera moda espanhola, caracterizada por volumosos mantos e gibões pretos, que se disseminou por todas as cortes da Europa a partir do final do século XVI, é uma resposta às baixas temperaturas da época. As impressões digitais deste período também podem ser encontradas nos violinos fabricados por Stradivarius e Guarneri, construídos com árvores que demoravam mais tempo a amadurecer, o que resultava numa madeira mais densa, e com melhores qualidades sonoras e ressonância mais intensa.

A Pequena Idade do Gelo constituiu uma crise agrícola de longo prazo e à escala mundial. As colheitas de cereais não voltaram aos níveis anteriores durante pelo menos cento e oitenta anos, e isso afetou tudo o que dizia respeito ao funcionamento da sociedade. A sociedade europeia organizava-se segundo um sistema feudal, onde a maior parte da população era constituída por camponeses, que viviam em terras pertencentes a uma classe senhorial. Esta ordem estabelecida, que tinha durado séculos, foi derrubada. Na negociação básica da vida feudal, um camponês guardava uma parte da sua colheita para si, outra voltava a colocar na terra, e dava a última parte ao seu senhor feudal. Quando os

camponeses deixaram de ter excedentes de cereais, este sistema entrou em colapso. Se as colheitas locais falhassem, o comércio para trazer mercadorias de longe era fundamental, e a capacidade de comprar e vender com dinheiro passava a assumir um papel mais importante. É nesta relação que surge a ideia de que os mercados e as suas regras têm supremacia nos assuntos humanos, oferecendo oportunidades a uma nova raça de homens ambiciosos e implacáveis de espírito comercial.

Se no final da idade média, a escravatura era praticamente desconhecida na Europa cristã, durante o início do período moderno, a ascensão do capitalismo europeu foi acompanhada pela ascensão do comércio Atlântico de escravos. As forças do mercado sem restrições foram as responsáveis por esta calamidade, e os novos governantes estavam interessados em pouco mais do que enriquecer. A nova ética de exploração, permitiu aos bancos e a toda a economia florescer, aumentando a confiança geral no futuro. Passados cem anos, príncipes e banqueiros estavam dispostos a conceder muito mais crédito aos sucessores de Colombo e tinham muito mais capital à sua disposição, graças aos tesouros obtidos na América. O crédito foi o segredo do êxito holandês. Os financiadores concederam aos holandeses crédito suficiente para criarem exércitos e frotas, os quais lhes deram controlo das rotas de comércio mundiais, e que, por sua vez, lhes proporcionaram lucros generosos. Amesterdão tornou-se rapidamente num dos mais importantes portos da Europa. (Harari, 2011)

Em 1621, a Companhia Holandesa das Índias Orientais, incendiou a cidade de Jacarta e liderou atos de destruição nas ilhas de especiarias vizinhas, para punir os comerciantes que tinham quebrado o monopólio holandês sobre a noz-moscada, vendendo-a a mercadores ingleses e portugueses. Executaram os comerciantes e mataram mais de quinze mil pessoas, vendendo os sobreviventes como escravos, com o objectivo de sustentar lucros artificialmente altos para os seus investidores. Justificaram-se dizendo, que nada lhes teria sido possível se O Todo-Poderoso não tivesse lutado ao seu lado e os tivesse abençoado. Deus e as regras do mercado começavam a tornar-se inseparáveis, uma estranha fusão, que distorce o sentido da palavra sagrada, mas fundamental para justificar a exploração brutal de pessoas e recursos naturais.

O materialismo não foi uma consequência da industrialização, porque em algumas partes da Europa atlântica já era bastante evidente durante o século XVI. As pinturas dos artistas holandeses do século de ouro, mostram muitas casas espaçosas e bem arrumadas em Amesterdão, Haarlem ou Delft, com quintais pequenos, mas bem cuidados, chão de azulejos limpos, grandes janelas de vidro, paredes adornadas com quadros ou mapas, instrumentos musicais, e não faltam móveis e roupa de cama bem construídos. Os interiores pintados por Jan Molenaar, Pieter de Hooch e Jan Vermeer deixam-nos impressões inconfundíveis do conforto material e da incipiente riqueza de que gozavam muitos burgueses holandeses muito antes de a industrialização europeia ter dado início ao moderno consumo de massas. (Smil, 2014)



Figura 8 - Interior com uma mulher a ler e uma criança com um arco, Pieter de Hooch, 1664.

Na França, durante o século XVI, a maioria das habitações das aldeias não passavam de cabanas de barro cobertas de palha ou junco e, nas cidades, os alojamentos eram muitas vezes adjacentes a oficinas ou lojas. Os edifícios eram também mal aquecidos e mal iluminados: as lareiras eram inconvenientes e havia uma enorme procura de lenha e carvão para aquecer as cidades em expansão. Os quartos apertados das casas rurais estavam cheios de ferramentas e, mesmo nas habitações urbanas, o mobiliário era frequentemente mínimo. A cadeira, ausente na maior parte das casas durante a Idade Média, tornou-se uma peça de mobiliário comum, mas uma boa cama continuou a ser muito cara. Em França, pouco antes de 1700, o seu valor era de pelo menos 25% do total do mobiliário das famílias de baixos rendimentos e quase 40% do valor do mobiliário dos criados. Mesmo durante o século XVII, ainda era comum cozinhar e comer nas mesmas panelas. Luís XIV comeu com os dedos no início do seu reinado, na década de 1660, mas um século mais tarde, mesmo os habitantes da classe média urbana já tinham nas suas mesas um número crescente de objetos dedicados a usos específicos, desde taças para ovos a bules de chá. Este avanço foi acompanhado de um recuo dos materiais nobres, e de um aumento dos objetos mais baratos fabricados a partir de metais comuns, porcelana e vidro soprado, uma mudança que marcou o início do consumo efémero e a rápida evolução das modas. (Roche, 2000)

Quando avaliadas em termos existenciais básicos, as sociedades do final do século XVIII, como a França pré-revolucionária e a Rússia de Catarina a Grande, não eram radicalmente diferentes dos seus precursores medievais tardios. As fomes eram pouco frequentes, mas

as dietas prevalentes eram pouco adequadas, monótonas e predominantemente à base de cereais; a elevada mortalidade infantil reduziu a esperança média de vida à nascença para menos de 40 anos; as habitações eram sobrelotadas, anti-higiénicas e desconfortáveis; a madeira e os resíduos das colheitas eram os combustíveis dominantes; o músculo humano e animal eram os principais motores; e a madeira, a pedra e o barro (moldado e cozido como tijolo) constituíam os materiais de construção básicos, enquanto a posse de objetos feitos de metal continuava a ser pouco comum. (Smil, 2014)

A pedra cortada continuou a ser o material dominante para edifícios monumentais. Os esplendores do final do Renascimento e da Roma barroca são talvez os melhores exemplos desta utilização em palácios, basílicas e igrejas. Com a expansão das habitações urbanas, abriram-se novos mercados para a pedra cortada, e talvez o exemplo mais notável desta evolução seja a expansão de Paris. A remodelação das ruas e das habitações dirigida por Georges Eugène Haussmann, e o subsequente crescimento da cidade, que quase triplicou a sua população de 1850 até 1900, criaram uma onda de procura da característica pedra cremosa das pedreiras de Saint-Maximin. Haussmann utilizou estas pedras para construir os típicos edifícios de cinco andares, de aspeto sólido e com telhados de mansarda em ângulo, que ladeavam as suas largas avenidas. Quarenta mil novos edifícios foram construídos, cada um com cerca de 350 t de blocos de pedra para os alicerces, e 250 t de pedra com cortes mais finos para as fachadas, dando a Paris o seu aspeto inimitável. (Smil, 2014)

Em 1815, o Monte Tambora, na Indonésia, explodiu, injetando uma enorme quantidade de aerossóis vulcânicos na estratosfera, provocando um arrefecimento duradouro da superfície terrestre. O ano seguinte ficou conhecido como o "ano sem verão", porque uma cobertura de nuvens manteve os céus sombrios, provocando condições anormalmente frias e húmidas sobre o Hemisfério Norte. As baixas temperaturas, enormes tempestades, inundações, e geadas em agosto, provocaram o fracasso generalizado das colheitas agrícolas, causando a fome e a morte. Sem conhecer a causa dos seus problemas, as famílias percorriam longas distâncias para pedir comida, causando motins, incêndios e pilhagens em muitas cidades europeias. Milhares de cavalos, que eram a principal fonte de transporte na altura, foram sacrificados devido á falta de alimentação, causando a paralisação geral do comércio. No ano seguinte, devido á falta de alternativas de transporte, Karl Drais, inventa o velocípede, o primeiro veículo simples, precursor da bicicleta, que nos permitiu deslocar de forma rápida e prática.

Em 1775, a Ásia representava 80% da economia mundial, e as economias combinadas da Índia e da China representavam dois terços da produção global. Em comparação, a Europa era um anão económico. Entre 1500 e 1850 a Europa não gozou de qualquer vantagem óbvia em relação as potências asiáticas, no entanto, acumulou um potencial único, cuja importância se tornou, de súbito, clara. A ciência moderna e o capitalismo, permitiram-lhe dominar o mundo moderno tardio. O centro de poder global passou para a Europa, após os europeus humilharem as potências asiáticas numa série de guerras, e conquistar uma grande parte do continente. Em 1900, os impérios coloniais europeus tinham um controlo firme de mais de metade da produção, e a maior parte do território mundial. (Harari, 2011)

Revolução Industrial

A Revolução Industrial foi fundamentalmente uma revolução na conversão de energia. A Grã-Bretanha enfrentava uma escassez cada vez maior de lenha, e muitas jazidas de carvão estavam situadas em áreas alagadas, o que impedia a sua exploração. Os primeiros motores a vapor começaram a disseminar-se pelas minas inglesas depois de 1750, mas o seu fraco desempenho só era tolerável porque eram alimentados com o carvão local. A mineração do carvão e os motores a vapor reforçaram mutuamente o seu desenvolvimento, e em pouco tempo dotaram a humanidade de uma nova força de propulsão muito superior às anteriores e potencialmente ilimitada. (Harari, 2011)

A industrialização foi marcada, por uma extração muito maior de materiais de construção tradicionais e um rápido aumento do consumo de metais. Quantidades sem precedentes de pedra tiveram de ser cortadas, dinamitadas, esmagadas e moldadas, e volumes ainda maiores de solo, areia e argila tiveram de ser deslocados, colocados ou incorporados em tijolos e betão em apenas algumas décadas, a fim de abranger países com caminhos-de-ferro, melhores estradas, e alojar os milhões de antigos camponeses que se mudavam todos os anos para as cidades. Era necessário construir as infraestruturas produtivas das economias modernas (minas, portos e fábricas), que permitiram aos países passar de sociedades agrárias, para economias dominadas pela indústria transformadora, em apenas duas ou três gerações. Talvez a melhor ilustração da expansão da remoção e colocação de materiais de construção a granel (incluindo solo, areia e gravilha), seja o crescimento dos caminhos-de-ferro. A sua construção começou em 1830, com um troço de 56 km entre Liverpool e Manchester, e em 1900, os caminhos-de-ferro já somavam, nos cinco continentes, 775 000 km. (Smil, 2014) (Williams, 2006)

A inovação fundamental que permitiu a produção em massa de ferro barato, ocorreu apenas no final do século XVIII, com a substituição do carvão vegetal pelo coque metalúrgico. O coque é um combustível obtido pela pirólise de carvões betuminosos na ausência de oxigénio, o que produz uma matriz quase pura de carbono com elevada densidade energética. Este combustível é muito mais forte á compressão do que o carvão vegetal, podendo suportar cargas mais pesadas de minério, tornando possíveis altos-fornos maiores e mais fundos. Esta mudança pôs termo à pressão insustentável sobre os recursos florestais, que era tão sentida no Reino Unido como no Continente. Em 1820, por exemplo, 52% da área florestal da Bélgica foi usada para produzir carvão metalúrgico. (Smil, 2014)

O ferro fundido é forte sob compressão, mas a sua fraqueza em tensão limitou a sua utilização estrutural. Com o avanço da industrialização necessitava-se de mais metal de tração, particularmente para os caminhos-de-ferro em rápido crescimento, e foi o ferro forjado que preencheu essa necessidade. Todos os primeiros carris colocados antes do final da década de 1850 foram feitos desta forma, tal como a torre Eiffel. (Smil, 2014)

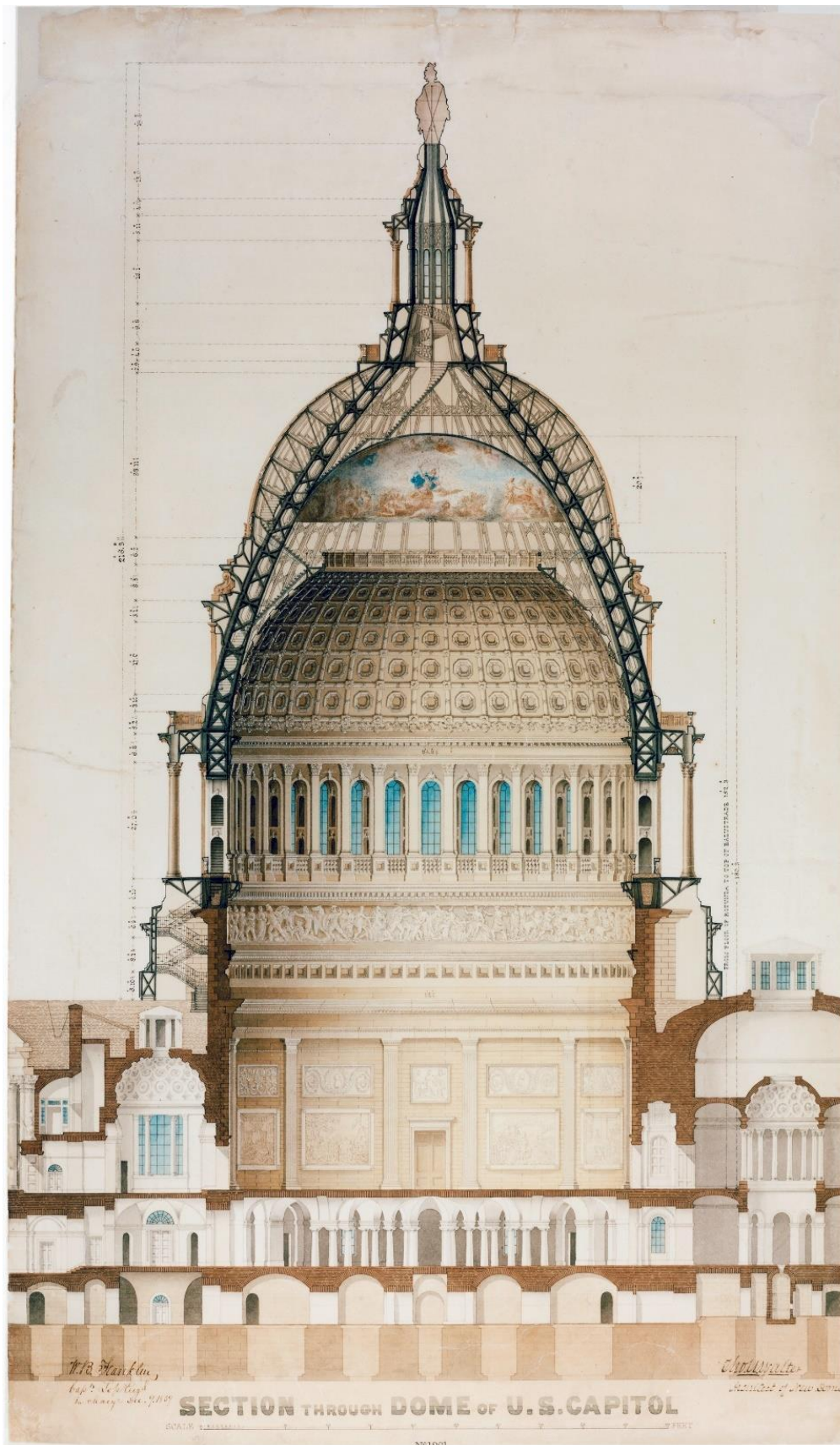


Figura 9 - Secção da cúpula do Capitólio dos EUA, Thomas U. Walter, 1859

O século XIX não trouxe consigo qualquer melhoria em termos de ética do capitalismo. A revolução industrial que varreu a Europa enriqueceu os banqueiros e os donos do capital, mas condenou milhares de milhões de trabalhadores a uma vida de pobreza abjeta. Nas colónias, as coisas eram ainda piores. (Harari, 2011)

Na América, colonos e desportistas europeus disparavam, a partir de comboios, para dizimar os búfalos, numa campanha de extermínio promovida pelo governo federal. Estes animais migratórios de grande porte e temperamento selvagem, impossibilitavam a apropriação das planícies americanas e fundar assentamentos permanentes, para agricultura e pecuária. Milhões de búfalos foram mortos, as suas peles arrancadas, e as suas línguas cortadas, ficando o resto a apodrecer nas pradarias. Os búfalos eram a fonte de alimento mais importante das comunidades indígenas que foram forçadas a deixar a terra para não morrer de fome. Dos cerca de 60 milhões que ocupavam o território americano em 1800, restavam menos 300 em 1900. (Phippen, 2016)

A Revolução Industrial foi, sobretudo, uma Segunda Revolução Agrícola. Durante os últimos 200 anos, métodos de produção industrial transformaram-se no pilar da agricultura, e máquinas como tratores começaram a assumir tarefas que antes eram executadas por energia muscular, ou não efetuadas. Os campos e os animais tornaram-se muito mais produtivos graças aos fertilizantes, inseticidas e todo um arsenal de hormonas e medicamentos. Frigoríficos tornaram possível armazenar os produtos durante meses, e navios e aviões, o transporte rápido e barato para o outro lado do mundo. Sem a industrialização da agricultura, a revolução Industrial urbana não poderia ter acontecido.



Figura 10 - Pessoas e cavalos sobre o tronco de uma sequoia gigante, Califórnia, 1917.

À medida que milhares de milhões de pessoas foram libertadas do trabalho no campo, foram absorvidas pelas fábricas e escritórios, que começaram a lançar no mercado uma avalanche de produtos sem precedentes. Pela primeira vez na história da humanidade, a oferta começou a superar a procura, criando um problema absolutamente novo: “quem vai comprar isto tudo?” A Revolução Industrial abriu caminho para uma longa série de alterações na vida e na mentalidade humanas, como a substituição dos ritmos da agricultura tradicional pelo calendário preciso e uniforme da indústria, a urbanização, a democratização, a cultura jovem e a desintegração do patriarcado. Além disto, poucas nações antigas sobreviveram, e a maioria das hoje existentes, só surgiu após a Revolução Industrial. (Harari, 2011)

Idade Contemporânea

Durante milénios, as nossas capacidades de extração, processamento, e transporte estiveram limitadas às capacidades dos músculos humanos, animais, e aos três motores primários antigos, velas, rodas de água e moinhos de vento. Apenas a conversão da energia química dos combustíveis fósseis, em energia cinética barata, trouxe uma mudança fundamental. Os primeiros motores de combustão interna começam a ser comercializados em 1860, mas só em 1890 aparecem os primeiros motores para automóveis a gasolina, seguindo-se, pelos mais eficientes, motores Diesel. Todas estas tecnologias permanecem praticamente inalteradas, embora tenham sido largamente melhoradas. As turbinas a vapor datam da década de 1880, e são o meio dominante de produção de eletricidade a nível mundial há mais de um século. As grandes turbinas hidroeléctricas fornecem uma parte substancial da eletricidade em muitos países com recursos hídricos abundantes, tornando a energia cinética da água na segunda fonte de energia mais importante do mundo, a seguir aos combustíveis fósseis. Apenas esta abundância de energia barata, oferecida pelos motores e pela eletricidade possibilitaram a produção em massa de certos materiais, que se tornaram os pilares da sociedade contemporânea, entre eles o betão, o aço, os plásticos e os fertilizantes.

Em 1824, Joseph Aspdin, patenteou uma argamassa hidráulica feita através da cozedura de calcário e argila a altas temperaturas. Este processo vitrifica os materiais de alumina e sílica e produz um clínquer vítreo cuja moagem dá origem ao fino cimento Portland. A hidratação deste cimento produz um material de cura rápida que produz sólidos duráveis mesmo quando utilizado debaixo de água. Para produzir uma tonelada deste cimento, são necessários cerca de 1,8 t de minerais em bruto (calcário, argila e xisto). Todo este processo é bastante intensivo em energia, emitindo por cada quilo de cimento, um quilo de CO₂ para atmosfera. Esta indústria tem emissões muito elevadas, e um impacto ambiental grave. (Smil, 2014) (Shaeffer, 1992)

O betão armado é inventado por volta de 1860 por Joseph Monier, um jardineiro francês, ao tentar fabricar peças decorativas mais finas e resilientes para os seus jardins, entre elas rochas e ramos, em estilo *rocaillage*. Em 1878 patenteou uma versão que utilizava uma simples rede metálica, e na década de 1880 viu as primeiras aplicações em França, Alemanha e Áustria, em edifícios industriais. Em 1886, Carl Doehring, inventou a engenhosa ideia de pré-tensão dos varões de reforço inseridos no betão, que eram esticados quando colocados no material húmido, de forma a libertar essa tensão após o endurecimento. Muitos projetos arrojados tiraram partido do facto de as estruturas pré-esforçadas necessitarem de muito menos aço e betão para suportarem as mesmas cargas (as reduções são, respetivamente, cerca de 70 e 40%) e conseguirem ser muito mais esbeltas. Eugène Freyssinet foi o pioneiro deste tipo de construção, introduzindo também o pós-tensionamento, que utiliza fios de tensão enfiados em condutas no betão pré-fabricado. (Smil, 2014) (Abeles, 1949)



Figura 11 - Ponte Saginatobel concebida por Robert Maillart, Schiers, Suíça, 1930

O arquiteto suíço Robert Maillart concebeu graciosas pontes de betão antes da Segunda Guerra Mundial, e de este material se tornou no preferido para construção de todo o tipo de novas infra-estruturas modernas desde barragens, portos e aeroportos. Hoje, os voos comerciais dependem do betão armado que forma as pistas, e que têm de suportar o tráfego repetido de vários aviões com uma massa entre 150 e 277 t. As pistas dos aeroportos chegam a ter 1,5 m de espessura, e as mais longas têm até 4km de comprimento. (Smil, 2014) (Billington, 1989).

Em termos de massa, a areia, e a pedra britada são os materiais dominantes no betão, representando no mínimo 60% a 75% da mistura inicial. Diferentes tipos destes agregados são necessários para produzir misturas específicas, mas normalmente, misturas de agregados mais finos produzem um betão mais forte. A água representa entre 15 e 20% da mistura inicial e o resto, entre 10 e 15%, é cimento. O material resultante tem uma fraca resistência à tração, entre 2 a 5 MPa, mas uma excelente resistência à compressão que tem vindo a aumentar constantemente. O desenvolvimento de misturas de elevado desempenho para arranha-céus, e outras aplicações especiais, elevaram a resistência máxima para 200 MPa. A reciclagem do betão, é efetuada através da recuperação do agregado através da sua trituração e peneiramento, para que possa ser utilizado novamente como enchimento (uma opção mais barata) ou incorporado em betão novo. (Smil, 2014)

A produção em grande escala de aço, apenas se tornou uma possibilidade em 1857, quando Henry Bessemer e William Kelly patentaram o seu processo de descarbonização. Este processo bastante simples, sujeita o ferro líquido a jatos de ar frio durante 15 a 30 minutos, descarbonizando o metal. Pela primeira vez na história, o aço tornou-se barato, e não tardou, que dominasse o mercado de metais mundial. Em 1900, já estava firmemente estabelecido, e não parou de crescer desde então, devido ao aparecimento cada vez mais mercados de massas para este material.

Uma das características que definem o mundo de hoje, é a omnipresença do aço. Quase todos os produtos da nossa civilização industrial dependem dele, quer como componente, ou como parte do equipamento utilizado para a sua produção. Sem o aço, a nossa vida moderna seria impossível. O aço é utilizado para construir automóveis, camiões, autoestradas, grandes pontes com várias faixas de rodagem, aeroportos, petroleiros, navios graneleiros e navios porta-contentores. O aço também é utilizado em estruturas desde arranha-céus, a edifícios comerciais de um só andar, como reforço em betão e alvenaria, bem como para conectores, cavilhas, pregos, parafusos e treliças. A sua utilização eliminou as espessas paredes portantes, e reduziu a massa total das estruturas, resultando em mais área útil, e na possibilidade de janelas maiores. Cerca de metade do aço produzido anualmente no mundo é utilizado em novas edificações, e a sua disseminação pelos sistemas de construção, é uma das principais diferenças entre os métodos modernos e históricos. (Potter, 2023) (Smil, 2014)

O aço, é a melhor escolha para satisfazer todas as exigências de alta tensão, e pode ser adaptado a muitos requisitos diferentes através da adição de outros metais, por vezes em combinação. Os aços especializados têm muitas utilizações, como processamento de alimentos, ferramentas de corte, dispositivos médicos e sínteses químicas. As melhores variedades têm uma resistência à tração de 1600-2500 MPa. A produção de um quilograma de perfis de aço para construção gera cerca de 1,5 kg de CO₂, e a produção de um quilograma de chapa de aço laminada a quente liberta cerca de 2,25 kg de CO₂ de combustíveis fósseis.

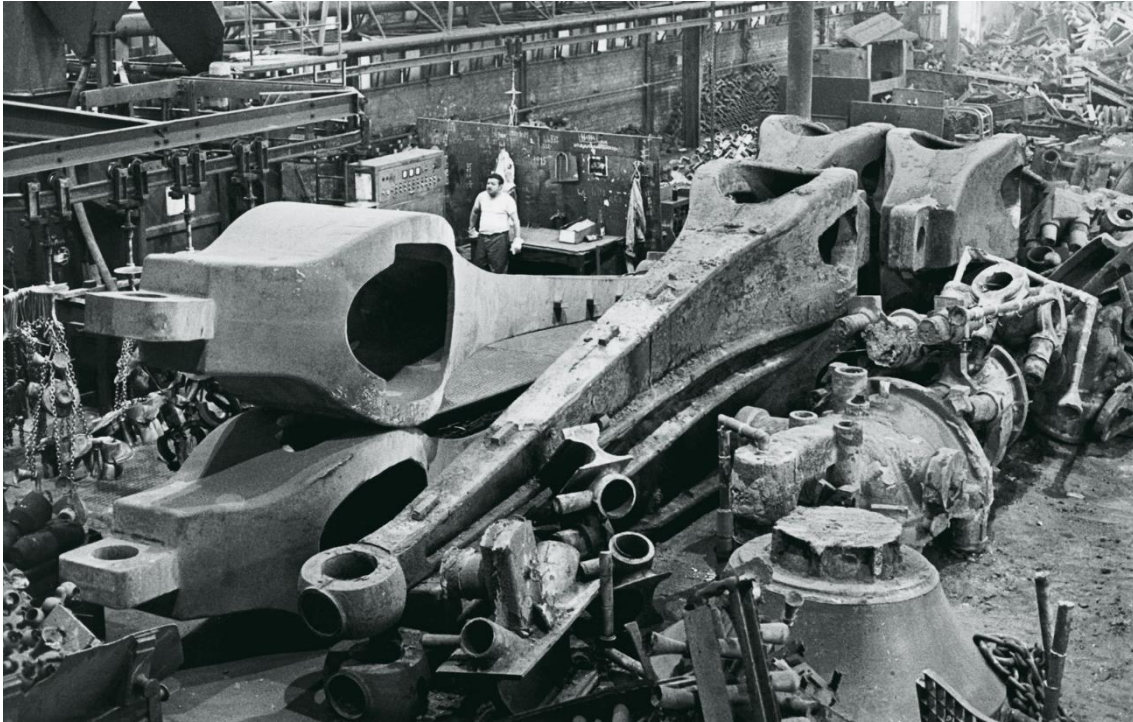


Figura 12 - Gerberettes de 11 toneladas em aço fundido, Centro Pompidou, Paris, 1975

Os fornos elétricos de arco, foram introduzidos pela primeira vez em 1902, e começaram a ser utilizados cada vez com maior frequência para converter as crescentes reservas de sucata metálica em aço de alta qualidade. A refusão do aço requer menos 75% de energia do que a produção de aço primário, é um dos maiores esforços de reciclagem a nível global, facilitado pela omnipresença do material, pela facilidade da sua separação, e pela sua perfeita reciclabilidade já que o material refundido mantém todas as propriedades físicas do metal original. Em 2010, a reciclagem deu origem a 37% de todo o aço bruto produzido nesse ano. (Smil, 2014)

O cobre manteve a terceira posição entre os metais mais utilizados no século XX. A sua antiga utilização em moedas e ligas de latão e bronze continuou, mas duas novas aplicações surgiram para dominar o mercado. A primeira foi a adoção generalizada de canalização interior nas cidades em crescimento, primeiro para as condutas de água e, mais tarde para os sistemas de aquecimento e refrigeração. A segunda foi a invenção e produção de eletricidade na década de 1880, seguida de um rápido aumento da procura de novas capacidades para centrais elétricas e linhas de transmissão. O cobre é um excelente condutor e ainda é o metal preferido para a realização de fios, cabos, e motores elétricos. O cobre também é utilizado para realização de coberturas e revestimentos, muitas vezes em superfícies públicas frequentemente tocadas, devido às propriedades antimicrobianas do metal. O cobre e as ligas metálicas que contêm cobre, oxidam-se quando expostas ao oxigénio, e revestem-se lentamente por uma pátina de cor esverdeada que não se solta, servindo como camada protetora. (Smil, 2014)



Figura 13 - Carroçaria ultra-leve em alumínio, Audi space Frame, 1994

O alumínio foi descoberto por Hans Christian Oersted em 1825, mas produziu-se em quantidades minúsculas até à invenção do processo eletrolítico de Hall-Héroult em 1886, que continua a ser até hoje, a única forma de produzir grandes quantidades do metal. O processo foi muito facilitado por Karl Joseph Bayer, que conseguiu extrair alumina a partir da bauxite. Para a produção de alumínio, a alumina é dissolvida em criolite criando uma combinação perfeita para a separação eletroquímica. São necessárias entre 4 e 5 t de bauxite para produzir 2 t de alumina, e a redução desse composto produz 1 tonelada de Alumínio puro. (Borches, 1904)

O alumínio é o mais leve de todos os metais, e o mais comum na crosta terrestre, (2x mais abundante que o ferro), no entanto, não existe na sua forma não-ligada na natureza, e necessita de processos complexos para a sua separação, porque não se consegue processar pelo calor. A produção comercial de alumínio foi procurada não apenas por causa da sua densidade muito baixa, um terço da do ferro, mas também devido à sua excelente condutividade, e à sua extraordinária combinação de elevada maleabilidade, facilitando a laminagem, extrusão ou estampagem, e elevada resistência à tração e à corrosão. Este metal não tóxico é adequado para contactar com alimentos e bebidas, e a combinação de leveza e durabilidade, fez do metal e das suas ligas, a escolha ideal para aplicações que vão desde painéis de cozinha a carruagens, e é indispensável na indústria aeronáutica. (Smil, 2014)

A produção de alumínio é muito exigente energeticamente, e a sua produção a partir da bauxite requer cerca de 200 GJ/t. O elevado retorno energético da sua reciclagem, que poupa até 74% desta energia, fez do alumínio o material mais reciclado do mundo. Cerca de três quartos das 700 Mt do metal que foram produzidos em todo o mundo desde a década de 1880 ainda estão em circulação como reencarnações secundárias e terciárias,

no entanto, há limites claros para a sua reciclagem, e já existe muita sucata obsoleta que não pode ser reciclada, devido a elevadas concentrações de elementos de liga. (Smil, 2014)

A partir do século XIX, começaram a surgir diferentes métodos para o fabrico de vidro plano, e que tentavam resolver o problema do severamente limitado em termos de tamanho vidro coroa. Hoje, todos estes métodos engenhosos desapareceram, e a prática industrial uniformizou-se a partir de 1952, com a invenção de Alastair Pilkington, do banho de estanho fundido, que permitiu a produção de peças de dimensões sem precedentes com uma uniformidade quase perfeita. (Smil, 2014)

Neste processo, as matérias-primas são dosadas, pesadas e misturadas, formando um "batch" que é fundido a 1600°C. A massa de vidro fundido é então despejada de forma contínua num tanque de estanho derretido, a uma temperatura de 650°C. Devido à diferença de densidade entre os dois materiais, o vidro flutua sobre o estanho, como o óleo sobre a água, e não adere nem se mistura, mas estabelece com ele um perfeito paralelismo, do qual resulta a sua superfície perfeitamente lisa. Pelo controlo da velocidade de saída da folha de vidro, determina-se com precisão a espessura da chapa a ser produzida. A lâmina é então recozida, arrefecida, e inspecionada por um sistema computadorizado que seleciona e dimensiona o corte. O processo de fabrico do vidro float exige ser efetuado de forma contínua, porque o forno uma vez aceso não pode ser desligado sem o risco de danos irreparáveis. Assim, após o seu início, a produção é ininterrupta por mais de 15 anos. (Smil, 2014)

O primeiro plástico que a humanidade conheceu foi o celulóide, produzido por John Hyatt, para um concurso que procurava substituir o marfim no fabrico de bolas de bilhar. O celulóide é um termoplástico, produzido pela dissolução de celulose numa solução de cânfora e etanol, e que serviu para fabricar diversos objetos, como bijuterias, escovas de cabelo, e películas fotográficas, tornando-se fundamental para o avanço da indústria cinematográfica no final do século XIX. O primeiro plástico termoendurecível do mundo foi criado por Hendrik Baekeland, um químico belga, que também foi o primeiro produtor comercial em grande escala de um material plástico. A sua baquelite foi rapidamente transformada em produtos que iam desde telefones, isoladores elétricos, puxadores de portas, a peças de armas ligeiras. (Smil, 2014)

Os termoplásticos são amolecidos por aquecimento moderado e, por conseguinte, são fáceis de processar. Ao contrário, os plásticos termoendurecíveis, têm ligações estáveis entre as moléculas, e depois de processados, não se conseguem amolecer ou voltar a moldar, portanto, não podem ser reciclados ou reutilizados. Atualmente, os termoplásticos representam cerca de 80% do total do mercado, e os termoendurecíveis a maior parte do restante. A indústria oferece mais de 50 tipos de plásticos, mas apenas um pequeno número deles representa a maior parte da produção global. O polietileno (PE) é, de longe, o termoplástico mais importante (representou 29% da produção mundial agregada de plásticos, cerca de 77 Mt, em 2010), o polipropileno (PP) vem a seguir (cerca de 19%, 50 Mt em 2010), seguido pelo cloreto de polivinilo (PVC) (com 12% ou 32 Mt em 2010). Nesse ano, as embalagens consumiram quase 40% da produção total (principalmente PE e PP), a construção cerca de 20% (sobretudo PVC), a indústria



Figura 14 - Robert Flaherty e a sua esposa Frances na sala de edição, 1949

automóvel 8%, e a indústria elétrica e eletrônica cerca de 6%. A forte dependência de hidrocarbonetos desta indústria não tem sido, até à data, um grande fardo, uma vez que utiliza menos de 5% do gás e crude extraído no mundo. (Smil, 2014) (Plastics Europe, 2011)

O PVC é utilizado numa quantidade impressionante de materiais e componentes de construção modernos, tais como telas, revestimentos, caixilhos, e canos de água e esgotos. A sua utilização emite poluentes orgânicos persistentes, altamente tóxicos, e cancerígenos, que entram no meio ambiente, prejudicando os ecossistemas e os organismos. É impossível excluir os riscos para a saúde decorrentes da migração de produtos químicos, por exemplo, das tubagens de plástico para a água potável. Existem muitas preocupações, e é possível que o PVC seja o tipo de plástico mais prejudicial para as pessoas e para o ambiente, contaminando não só durante a sua produção, mas também durante a sua utilização, incineração e deposição em aterro. No entanto, os problemas com os plásticos vão para além dos efeitos químicos, e a sua simples presença em terra e no oceano não é

menos preocupante. Os plásticos têm um tempo de vida limitado em termos de integridade funcional e não se mantêm em excelente forma durante décadas. A sua vida útil não é superior a 2-15 anos para o PE, 3-8 anos para o PP e 7-10 anos para o poliuretano, e entre os plásticos comuns, apenas o PVC pode durar duas ou três décadas. No entanto, sua a degradação completa pode demorar mais de um século, enquanto as películas rasgadas, as peças partidas, e os pedaços degradados se acumulam no ambiente. Esta acumulação preocupante e claramente muito perturbadora, levou à intensificação dos esforços para os reciclar, mas a longo prazo, os bioplásticos à base de plantas parecem ser a única resposta prática quanto à presença de materiais não biodegradáveis no ambiente. (Greenpeace, 2013) (Stern e Lagos, 2008) (Smil, 2014)

Dado que os seres humanos, normalmente usam as suas capacidades para aliviar a miséria e cumprir as suas aspirações, conclui-se que devemos ser mais felizes do que os nossos antepassados medievais, e que eles deveriam ser mais felizes do que os caçadores-recolectores da Idade da Pedra. No entanto, este relato progressista é pouco convincente. Novas aptidões não são o suficiente para alcançar uma vida melhor, porque o poder corrompe, e à medida que a humanidade foi adquirindo mais poder, criou um mundo mecanicista, frio e mal-adaptado às nossas reais necessidades. A evolução moldou as nossas mentes e corpos para a vida de caçadores-recolectores, mas as transições para a agricultura e para a indústria condenaram-nos a vidas não naturais que não conseguem dar expressão total às nossas inclinações e instintos inerentes, nem satisfazer os nossos anseios mais profundos. (Harari, 2011)

Contudo, ao longo dos últimos séculos, os seres humanos aprenderam a utilizar as suas capacidades de forma mais sábia. Por exemplo, a medicina moderna fez decrescer a mortalidade infantil de 33% para menos de 5%. Outros feitos sem precedentes incluem a queda acentuada da violência, o desaparecimento quase total das guerras internacionais e a erradicação da fome em grande escala. Porém, esta avaliação otimista tem por base uma amostra muito pequena de anos. A medicina moderna começou a partir de 1850, e a queda drástica na mortalidade infantil é um fenómeno do século XX. As guerras internacionais tornaram-se raras a partir de 1945 em grande parte devido à nova ameaça de aniquilação nuclear. Por isso, ainda que as últimas décadas tenham sido uma época dourada sem precedentes para humanidade, ainda é demasiado cedo para saber se isto representa uma alteração fundamental. O mais provável, é que esta breve Idade de Ouro do último meio século tenha semeado a catástrofe futura. Muita da riqueza material que nos protege hoje, foi acumulada às custas de dezenas de milhões de animais, que foram sujeitos a um regime de exploração industrial cuja crueldade não tem precedentes na história do planeta. Ao longo das últimas décadas, temos vindo a perturbar o equilíbrio ecológico do nosso planeta, e muitas provas apontam para que estejamos a destruir, de facto, as fundações da prosperidade humana. (Harari, 2011)

II. Ambiente

Combustíveis

Buckminster Fuller calculou que o uso dos combustíveis fósseis é equivalente à posse de 38 escravos por pessoa no mundo. Sociedades altamente intensivas no uso de petróleo, como os Estados Unidos, teriam o equivalente a 200 escravos per capita. Considerando o período de 1768 a 2018, o auge da utilização dos combustíveis fósseis, a população mundial saltou de cerca de 760 milhões de habitantes para 7,6 bilhões, o que significa um aumento de 10 vezes em 250 anos.

Entre 1950 e 1973, os preços do petróleo estavam extremamente baixos, o que possibilitou o maior crescimento da economia internacional de todos os tempos. O baixo custo da energia possibilitou o crescimento da indústria, das cidades, do transporte e da agricultura.

A negligência comum com as utilizações da energia terminou quando a primeira ronda de subida de preços da OPEP (1973-74) quintuplicou o preço mundial do petróleo numa questão de meses. Esta nova preocupação aumentou quando a segunda ronda de manipulação de preços da OPEP, motivada pela queda da monarquia iraniana, fez subir o preço médio do barril de petróleo do Médio Oriente de 12 dólares, em 1977, para quase 36 em 1980. Acompanhando o valor do petróleo, e a industrialização crescente da agricultura, o preço real dos alimentos atingiu o seu nível mais baixo em 2000. (BP, 2021)

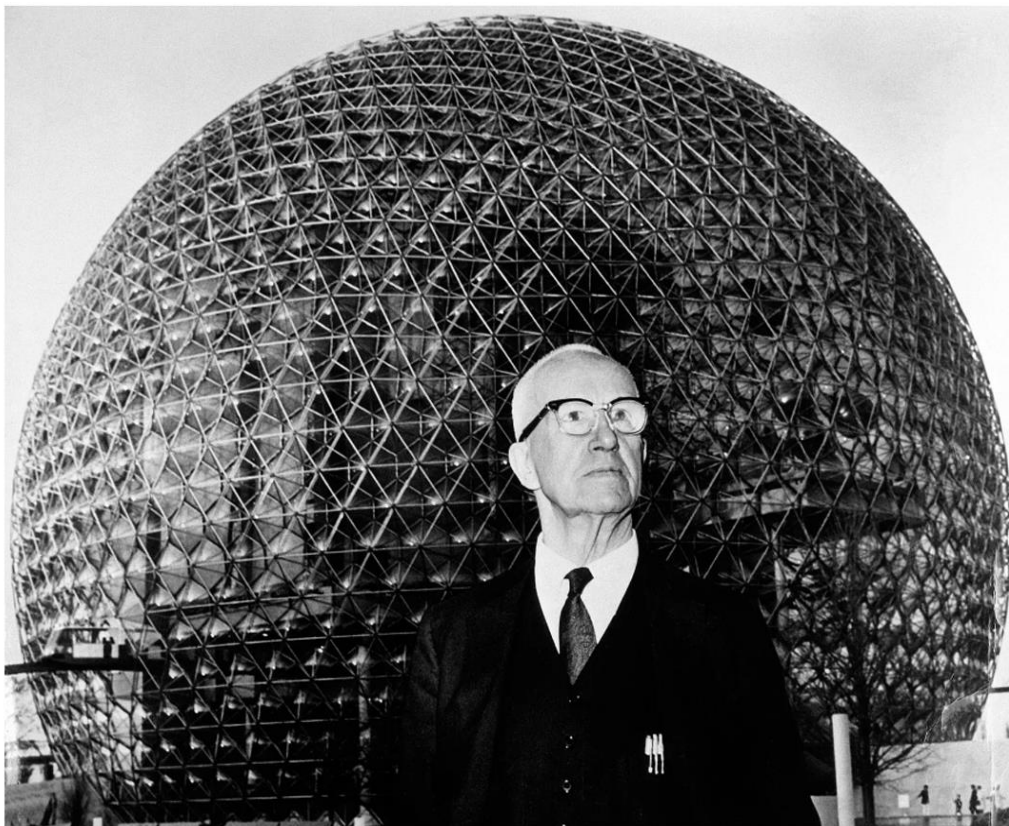


Figura 15 - Buckminster Fuller e o pavilhão dos EUA na Expo 67, Montreal, 1967

O pico de Hubbert, estuda o comportamento das extrações de petróleo, e revela que, após atingirem o seu pico, estas entram em declínio rapidamente. Especula-se que o pico global já tenha ocorrido entre os anos 2005 e 2015, o que têm causado a subida generalizada dos preços. Esta subida viabilizou a exploração de depósitos com menor qualidade, mantendo a produção mundial estável durante mais algum tempo, mas o fato é que em algum momento no futuro haverá um choque entre a oferta e a procura de combustíveis fósseis. O desequilíbrio será tanto maior quanto mais cedo acontecer o pico do petróleo e quanto mais tarde acontecer o pico populacional, o que causará sérios problemas sociais. Podemos preparar-nos para uma conjuntura menos traumática, ao começarmos a promover as transições demográfica e energética, para novas sociedades com baixos níveis de fecundidade, e baixos níveis de carbono. (Deffeyes, 2008)

Hoje, continuamos a expandir a infraestrutura dos combustíveis fósseis no mundo. A produção de petróleo dispara em todo o globo: novas jazidas petrolíferas estão a ser abertas, oleodutos estão a ser construídos, novas licenças para exploração de petróleo estão a ser leiloadas e prossegue a procura de mais locais de produção. Verifica-se também um aumento da quantidade global de eletricidade produzida em centrais elétricas a carvão, que atingiu um valor máximo de sempre em 2021. A indústria de combustíveis já estava informada sobre o aquecimento global na década de 1970 e conseguiu prever com grande precisão quanto a temperatura aumentaria até 2020, e começaram, por exemplo, a construir as plataformas mais altas para compensar a subida do nível do mar. No entanto têm usado obstinadamente o seu poder para atrasar a ação climática. Ainda assim, continuamos a subsidiar a extração de combustíveis fósseis com 11 milhões de dólares, a cada minuto que passa. (McKibben & Thunberg, 2022)

A decisão de considerar a energia obtida a partir da combustão de biomassa “renovável” foi tomada em 1997, naquilo que foi designado como o ponto fraco do protocolo de Quioto. Esta lacuna permite a qualquer um produzir grandes quantidades de energia de elevada intensidade carbónica, já que a combustão de madeira liberta ainda mais CO₂ por unidade de energia do que o carvão. De acordo com um estudo realizado em 2018, seria necessário um período de pelo menos 44 a 104 anos para que as florestas voltem a absorver o carbono libertado pela sua combustão, e séculos para que uma floresta recupere por completo, isto é, se o conseguir fazer. Ainda assim, há vários países cuja política climática assenta nesta lacuna, possivelmente desastrosa. No Reino Unido, por exemplo, a central elétrica de Drax é o maior emissor individual de CO₂, mas as suas emissões derivadas da queima de biomassa estão excluídas das estatísticas nacionais. A União Europeia também não teria qualquer hipótese de cumprir as suas metas climáticas sem o frequente recurso a contabilidades habilidosas e criativas como esta. Em 2019, 59% das chamadas energias renováveis da União Europeia tiveram origem na biomassa. (Thunberg, 2022)

“Quando visitei a central elétrica de Drax, disseram-me que vinham quatro navios cheios de Pellets todas as semanas e sete comboios todos os dias. É uma quantidade infundável de serradura e sobras de ramos.” (Thunberg, 2022, p. 93)

Como é óbvio, toda esta combustão requer vastas quantidades de madeira. Dizem que os Pellets utilizados nas centrais elétricas provém de resíduos da indústria florestal, de

serradura e de sobras. No entanto, em geral isto não corresponde à verdade. Dados obtidos no Canadá, Finlândia, Suécia, Estados Unidos e no Báltico, mostram que não só estão a ser cortadas árvores inteiras para queimar, como em muitos casos, estas árvores são provenientes de florestas antigas ou primárias que ainda não haviam sofrido qualquer desbaste anterior. (Thunberg, 2022)

O facto da biomassa ser considerada renovável deu origem a uma exploração em larga escala desta fonte de energia, o que está a acelerar a desflorestação. Quando substituímos florestas por plantações de árvores perdemos uma biodiversidade e resiliência incalculáveis. As novas plantações possuem uma capacidade muito inferior para captar carbono, e são muito mais vulneráveis a incêndios e a doenças. A cada segundo, é abatida uma área de floresta do tamanho de um campo de futebol. No entanto, tudo isto é perfeitamente legal e consentâneo com os corpos legislativos internacionais. A ganância dita que é preciso ganhar dinheiro, e há metas climáticas para cumprir. (Thunberg, 2022)

Dióxido de Carbono

No início, era mais uma curiosidade científica do que um problema. Svante Arrhenius, um químico sueco, não denotou qualquer preocupação quando, em 1896, publicou a sua famosa previsão de que, ao libertar dióxido de carbono na atmosfera através da combustão de carvão, a espécie humana iria provocar um aquecimento gradual da terra que se traduziria em vários graus. Em 1900, as emissões acumuladas de dióxido de carbono totalizavam cerca de 45 mil milhões de toneladas. Cem anos depois, em 2000, este valor atingia as 1000 giga toneladas, e desde então, aumentou, pasme-se, para 1700 giga toneladas. (Kolbert & Oppenheimer 2022)

Se queirmos, por exemplo, 4 litros de gasolina, que pesa quatro quilos, emitimos pouco mais de dois quilos de carbono, que se combina com dois átomos de oxigénio no ar para produzir cerca de 10 quilos de dióxido de carbono. A cota mais elevada de emissões industriais é oriunda da siderurgia, seguindo-se pela indústria cimenteira. Em termos gerais, existem três tipos de indústria pesada, aço, cimento e químicos, que são responsáveis por 70% de emissões industriais de CO₂. (McKibben & Barrett; Garvey, 2022)

O dióxido de carbono é responsável por cerca de metade do aquecimento que o mundo experimenta até ao momento, mas existem outros gases com efeito estufa que também contribuem significativamente para o aquecimento global, e cerca de um terço é atribuído ao metano. O metano é um poderoso agente de aquecimento, cerca de 83 vezes mais potente que o CO₂ num período de vinte anos, e 30 vezes mais potente num

Annual CO₂ emissions

Carbon dioxide (CO₂) emissions from fossil fuels and industry. Land use change is not included.

Our World
in Data

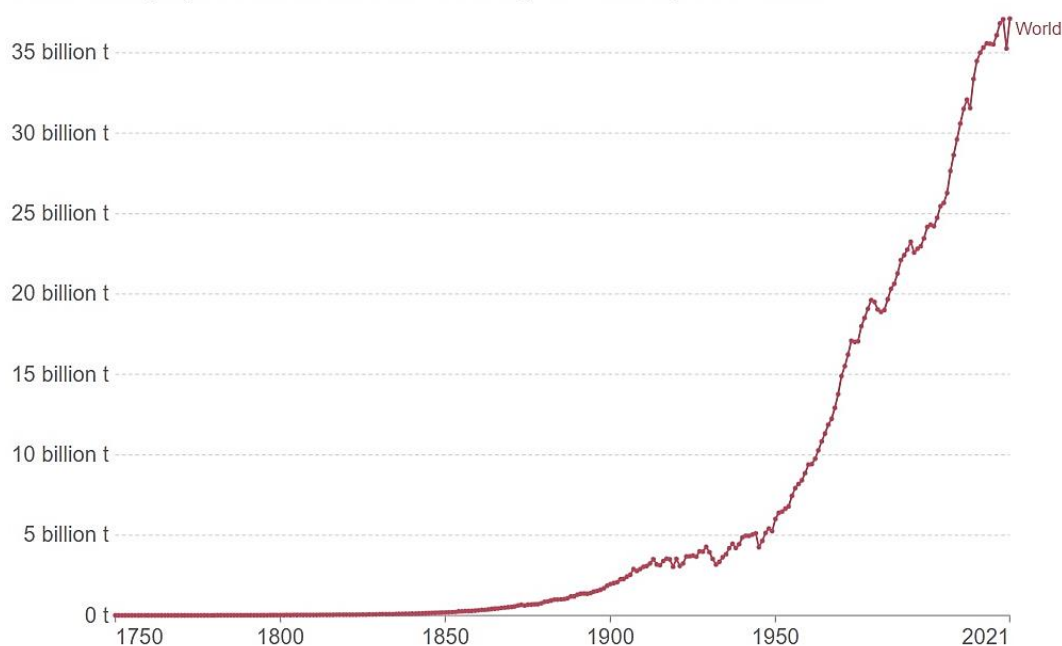


Figura 16 - Gráfico das emissões de dióxido de carbono entre 1750 e 2021

período de cem anos. O metano comporta-se de um modo muito diferente na atmosfera, e pode dizer-se que é temporário, enquanto o CO₂ fica para sempre. (Hausfather, 2022)

Atualmente, os oceanos absorvem cerca de um quarto das nossas emissões de CO₂, o que constitui um enorme contributo para a mitigação do aumento de temperaturas. No entanto, o aumento do teor de CO₂ na água do mar, provoca a queda do seu pH, acidificando os oceanos. Esta acidez, que já aumentou cerca de 30% desde os níveis pré-industriais, reduzindo a calcificação, e a desestabilização dos ecossistemas à base de carbonato, como os recifes de coral. No futuro, os oceanos podem começar a libertar todo o dióxido de carbono acumulado, uma vez que com o aumento de temperaturas, a água deixa de conseguir conter o dióxido carbono. (Portner, 2022)

Todas as formas de vida têm origem no CO₂. Este é o truque mágico original, que precede a tudo o resto no mundo vivo. Este gás transforma-se em matéria viva através da fotossíntese, um processo que apenas precisa de luz solar e água, libertando oxigénio para a atmosfera. Enquanto os seres vivos, trocam o CO₂ num frenesim à superfície da Terra, o planeta não pára de o expulsar do sistema, passando-o para o seu interior, sob a forma de calcário ou de lodo rico em carbono, e adormecendo-o nas profundezas durante centenas de milhões de anos. Este carbono do solo, permanece enterrado, protegido de decomposição por superfícies minerais, ou retido no interior de agregados de terra a grandes profundidades, como as árvores antigas o conseguem fazer, mas as jovens não. Caso não existisse esta infiltração infinitesimal de matéria orgânica nas rochas, os seres vivos consumiriam todo o oxigénio produzido pela fotossíntese e esgotá-lo-iam. A vida na terra depende crucialmente deste ciclo global que mantém um equilíbrio delicado, embora dinâmico. A atmosfera respirável da Terra não é o legado de florestas e do plâncton ainda vivos, mas do CO₂ que foi confinado à crosta terrestre ao longo da história, sob a forma de combustíveis fósseis. (Branner & Soong, 2022)

De acordo com os registos geológicos, este frágil sistema pode quebrar. Há 251,9 milhões de anos, 90% da vida na terra aprendeu o custo fatal de um ciclo de carbono completamente desequilibrado. Na extinção em massa do final do Permiano, foi expelido dióxido de Carbono em grandes quantidades, durante milhares de anos, dos vulcões da Sibéria, o que quase interrompeu o projeto de vida complexa. Todas as proteções habituais do ciclo do carbono falharam, constituindo o pior momento em todo o registo geológico. A temperatura subiu 10 °C e o planeta entrou em convulsão. Levou quase dez milhões de anos para a vida começar a recuperar. Agora, a humanidade está a replicar o que fizeram aqueles vulcões há centenas de milhões de anos. Resgatamos reservatórios maciços de carbono das profundezas e queimamo-los à superfície, numa erupção dez vezes mais rápida e difusa, para alimentar os pistões e as forjas da modernidade. (Branner, 2022)

Nas zonas circum-polares do Ártico, as baixas temperaturas permitiram a acumulação de um vasto reservatório de carbono no solo permanentemente congelado, designado permafrost. O aumento das temperaturas está a permitir o seu degelo e a torná-lo vulnerável à decomposição microbiana, o que liberta vastas quantidades de carbono e metano na atmosfera. O Permafrost possui metade do carbono de todos os solos a nível global, aproximadamente o dobro do carbono que existe actualmente na atmosfera sob a

forma de CO₂, e uma quantidade 200 vezes maior de metano. Todos nós dependemos da estabilidade e resiliência deste sistema. É urgente começarmos a gerir e a administrar este género de bens comuns, devido aos riscos que estamos a assumir. Até agora, os sistemas naturais da Terra têm servido como amortecedor, atenuando as transformações dramáticas que estão a ocorrer. No entanto, a resiliência planetária, que têm sido fundamental para nós, não durará para sempre, e os dados disponíveis parecem indicar, cada vez com maior clareza, que estamos a entrar numa nova era de mudanças mais drásticas. É necessário interromper a trajetória atual, e evitar que o Antropoceno se torne num novo estado de temperaturas elevadas com autorreforço. (Rockstorm & Soong, 2022)



Figura 17 - Descongelamento do permafrost na ilha de Herschel, Canadá, 2013

Água

Um clima mais quente provocará, inevitavelmente, uma subida do nível do mar. A água expande-se quando aquece e, dado que os oceanos têm milhares de metros de profundidade, mesmo uma ligeira expansão pode levar uma subida de vários metros. Por outro lado, o calor também está a derreter as calotas polares e os glaciares, acrescentando mais água aos oceanos. Os oceanos absorvem 93% do excesso de calor provocado pelos gases com efeito de estufa e, conseqüentemente, a superfície do oceano aqueceu 0,88 °C desde 1900. (Marvel, 2022)

À medida que a temperatura aumenta, o planeta transpira mais. O ar exige mais água da superfície, que transfere a humidade para o céu sequioso. Os oceanos podem lidar facilmente com o aumento desta procura, mas em terra, a água está armazenada no solo como numa esponja. Mesmo em anos com pluviosidade média, a avidez do ar por humidade, pode sugar a força vital da superfície, deixando-a árida e morta. Um mundo mais quente sofrerá com a seca, mas, como uma atmosfera mais quente pode conter mais vapor de água, também será, inevitavelmente, fustigado por inundações. (Rahmstorf & Johnson 2022)

A Terra não fabrica a sua própria água, mas recebeu-a em abundância do espaço quando o planeta se formou, e a quantidade de recursos hídricos não se alterou desde então. A água que bebemos é a mesma que saciou a sede aos dinossauros e que alimentou os primeiros bulícios de vida no jovem planeta. É reciclada do mar ou da terra para o céu e no sentido inverso, em permanente mudança, sem ser criada nem destruída.

A água liga-nos a tudo neste planeta, desde a nossa alimentação, saúde, bem-estar, meio envolvente, produção de bens e serviços, e até ao nosso sentido comunitário. Os nossos problemas hídricos são profundos, mesmo sem o desafio das alterações climáticas. Milhares de milhões de pessoas ainda não têm acesso a água potável, e os resíduos industriais e humanos poluem muitos cursos de água. São cada vez mais as regiões que já atingiram o “máximo hídrico”, ou seja, o ponto a partir do qual se torna impossível a extração de mais água do meio ambiente. Há Rios cujo caudal, é na prática, todo canalizado para consumo humano, como o rio Colorado, que é partilhado por sete estados americanos e o México. Há também muitas bacias subterrâneas sobre-utilizadas, provocando a desertificação e o afundamento dos solos. A Cidade do México afunda de forma contínua entre 0,5 e 1,5 metros por ano, o que leva à insustentabilidade da extração de mais água, seja para consumo humano ou para produção agrícola. (Gleick & Marvel, 2022)

Florestas

Com a permanência de tempo quente, seco e ventoso, intensificam-se a desidratação dos solos e da vegetação, transformando paisagens normalmente húmidas em combustível. A época de incêndios está a aumentar de intensidade e duração e os fogos estendem-se a regiões que historicamente não eram consideradas pirofíticas. Nos últimos anos, têm sido observados incêndios, cada vez mais destrutivos, e quanto mais quente ficar o planeta, mais frequentes e intensos serão os incêndios florestais. (Gergis, 2022)

A Amazónia parece estar numa situação desesperada. Cerca de 17% da floresta foi alvo de desbaste para uso humano e, pelo menos, outros 17% da área florestal foi degradada devido ao abate seletivo de árvores. Se ativarmos o ponto de inflexão desta floresta, os rios atmosféricos deixarão de correr e a floresta amazónica passará a estar sujeita a um processo de savanização irreversível. A estação seca no sul da Amazónia já dura mais três a quatro semanas do que na década de 1980, e a pluviosidade diminuiu 20 a 30%. Toda esta região pode sofrer um aquecimento superior a 3 °C e ver-se sujeita a uma redução de pluviosidade na ordem dos 40%. A bacia amazónica como um todo está a aproximar-se do ponto em que deixará de ser um sorvedouro para se tornar numa fonte de carbono. (Nobre; Arieira; Nascimento, 2022)

No Brasil, a desflorestação e degradação devem-se, sobretudo, à expansão de pastagens e campos de cultivo. A mesma desflorestação agressiva e irresponsável que se verifica na Amazónia também está a fustigar as florestas boreais e temperadas. As florestas temperadas antigas com altas densidades de carbono e múltiplas camadas de copado, possuem uma grande biodiversidade, sendo habitats essenciais para espécies ameaçadas. Mas, também estas são alvo de intenso desbaste. (Law, 2022)

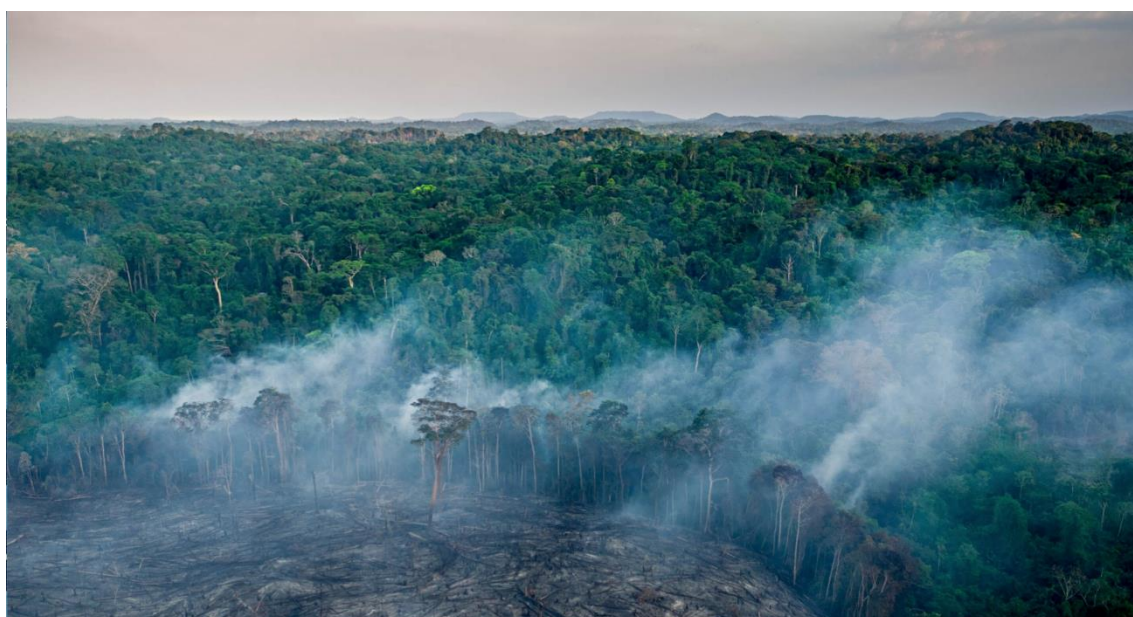


Figura 18 - Desmatamento da Amazónia, Charlie Hamilton James, Juriti, 2017

Agricultura

No início do século XX, a agricultura ocupava uma superfície de cerca de 8 milhões de quilômetros quadrados por todo mundo. Nessa altura, a agricultura já era praticada há cerca de 10 mil anos. A maioria das grandes florestas da Europa tinham sido cortadas há muito tempo e, nos Estados Unidos, grande parte das florestas e pradarias também já tinha desaparecido. No final do século, a superfície agrícola era superior a 15 milhões de quilômetros quadrados, ou seja, em apenas 10 décadas esta superfície aumentou tanto como nos 10 milênios anteriores. A expansão implicou o abate de grandes extensões da Amazônia e das florestas tropicais da Indonésia, todas elas, áreas no topo da lista de pontos críticos de biodiversidade. Não se sabe quantas espécies se perderam durante este processo. (Kolbert, 2022)

Em todo o planeta, os solos estão a sofrer um processo de degradação constante, com perda de resiliência e capacidade nutritiva. O seu mau uso, deve-se sobretudo à desflorestação e à prática de agricultura intensiva, cujo principal objetivo não é garantir alimentação ou satisfazer as necessidades, mas exponenciar os lucros. Os campos de monocultura têm uma estrutura tão simples que existem poucos nichos para espécies selvagens. Para além disso, a colheita de grande parte da biomassa do ecossistema deixa muito poucas sombras para sustentar teias alimentares complexas. Embora nos últimos 50 anos tenha aumentado muito a produção agrícola, quase todos os outros benefícios que a natureza nos proporciona diminuíram. Cultivamos mais de 30% dos solos, cada vez mais intensivamente, e utilizamos uma quantidade de terra equivalente à área da América do Norte e do Sul combinadas, para a produção de carne e laticínios. (Palma; Purvis, 2022)



Figura 19 - Colheita de monoculturas de soja, Paulo Fridman, Mato grosso do sul, 2008

Enquanto isso, os agroquímicos tornam a maior parte das terras agrícolas e muitos dos cursos de água, num ambiente hostil, no qual a maioria das espécies não consegue sobreviver. Ironicamente, as espécies melhor adaptadas aos pesticidas são as próprias pragas, enquanto milhares de outras, que poderiam ter contribuído para o seu controlo natural, bem como para a polinização e fertilidade do solo, são devastadas. Se continuarmos a produzir alimentos como fazemos agora, vamos destruir os habitats da maior parte das plantas e animais selvagens e arrastar um sem-número espécies para extinção. (Palma; Purvis, 2022)

A disponibilidade de azoto era um fator-chave que limitava os rendimentos da agricultura tradicional. A reciclagem assídua de matéria orgânica, as espécies de leguminosas capazes de fixar o azoto atmosférico (luzerna, trevo, ervilhaca) e o pousio regular eram as únicas opções para manter a fertilidade do solo. A solução surgiu em 1909, quando Fritz Haber conseguiu retirar azoto inerte da atmosfera e transformá-lo em fertilizante através da síntese catalítica do amoníaco a partir do azoto e do hidrogénio. Em apenas quatro anos Carl Bosch, conseguiu transformar a demonstração laboratorial de Haber numa síntese comercial de grande escala. Nas instalações modernas, o azoto é obtido por separação fracionada do ar, e o hidrogénio provém da reforma do gás natural. Sem a aplicação de fertilizantes, não poderíamos ter suportado um aumento populacional de 4,5 mil milhões de pessoas no século XX, ou sustentar a atual população de 7 mil milhões de pessoas. Os ainda elevados níveis de subnutrição globais se devem-se à desigualdade do acesso e não a uma oferta inadequada de alimentos. (Smil, 2014)

Os insetos são os seres vivos mais abundantes na terra, e mais de dois terços das 1,5 milhões de espécies conhecidas são de insetos. Eles constituem o alimento de muitos animais de maior porte, como a maioria das aves, morcegos, lagartos, anfíbios e peixes de água doce. São também importantes agentes do controle biológico de pragas, recicladores de todos os tipos de matéria orgânica, e ajudam a manter o solo saudável. A maior parte das plantas silvestres em todo o mundo, bem como 75% das plantas que cultivamos, depende de insetos para polinização. Sem insetos, o nosso mundo deixaria de existir, porque não pode funcionar sem eles. No entanto, muitas espécies de insetos encontram-se em rápido declínio. (Goulson, 2022)

No Reino Unido as populações de lepidópteros (borboletas e mariposas) diminuíram cerca de 50% desde 1976. Na Alemanha, a biomassa de insetos voadores desceu 76%, entre 1989 e 2016. Nos Países Baixos, os tricópteros (insetos que maturam na água) diminuíram 60%, entre 2006 e 2017. E na América do Norte, a população da borboleta-monarca, famosa pela sua migração anual entre México e o Canadá, caiu cerca de 80% desde a década de 1990. Habitats de vida selvagem com grande variedade de insetos, como prados de feno, pântanos, charnecas e florestas tropicais, foram alvo de destruição massiva através de terraplanagens, queimadas e lavouras. Os solos ficaram exauridos por utilização excessiva e os rios sufocados por produtos químicos. Os problemas com pesticidas e fertilizantes agudizaram-se, e por todo o mundo, cerca de 3 milhões de toneladas de pesticidas vão, todos os anos, parar ao meio-ambiente. Todas tentativas de calcular uma taxa média de declínio dão a entender que poderá ser da ordem de 1 a 2% ao ano. Isto equivale a um apocalipse de insetos à escala de uma vida humana. (Goulson, 2022)

Alimentação

É a produção de alimentos que define quase por completo as extinções, as perdas de solo arável, a poluição aquática e o esgotamento das fontes de água potável. Logo, para amenizar grande parte dos grandes desafios ambientais, basta mudar a nossa dieta.

Uma das mudanças que podemos fazer que mais impacto terá, é a redução drástica ou até mesmo a eliminação, do consumo de carne. A carne de vaca é o produto alimentar que consome mais recursos para a sua produção. Um único hambúrguer com cerca de 10 g de proteína, origina emissões de 2 a 10 Kg de CO₂, necessita de 5 a 35 m² de terra arável, entre 100 e 600 litros de água, e 40 a 80 gramas de fertilizante nitrogenado. Em comparação, a área de terra utilizada para satisfazer as necessidades de carne de vaca para uma pessoa, pode ser usada para produzir alternativas proteicas vegetais que satisfaçam 4 a 28 pessoas (dependendo do vegetal). As emissões de gases com efeito estufa e as exigências de fertilizante para a produção destas alternativas são apenas 2 a 12% das necessárias para a produção de carne de vaca. (Eshel, 2022)

Não há dúvida de que substituir a carne de vaca por alimentos vegetais pode reduzir significativamente as nossas necessidades de terra e de muitos outros recursos. Esta substituição reduziria em muito a poluição da água potável e da costa oceânica, e poderia revolucionar as paisagens rurais dos países ricos e desenvolvidos, ampliando a biodiversidade e a integridade ambiental. Esta transição dietética também acarreta vários benefícios nutricionais relevantes e reduziria em muito o risco de diversas doenças degenerativas, problemas cardiovasculares e acidentes vasculares cerebrais, bem como vários cânceros. (Eshel, 2022)

O cultivo de algas marinhas e bivalves (ostras, mexilhões, amêijoas e vieiras) é altamente sustentável, pois estes organismos apenas dependem da luz solar e dos nutrientes existentes na água. Estes cultivos fornecem um vasto leque de benefícios, ajudando a reduzir a acidificação dos oceanos, abrigar a biodiversidade, e reduzir o impacto de tempestades nas linhas costeiras. (Johnson, 2022)



Figura 20 - Série fotográfica Hungry Planet, uma semana em comida, Peter Menzel, 2005
A família Brown da Austrália, em cima. A Família Ayme do Equador, em baixo.

Biodiversidade

A variedade de vida na Terra, é essencial para nossa sobrevivência. É ela que nos proporciona o ar limpo, a água doce, o controlo natural de pragas e doenças, solos saudáveis, alimentos, combustíveis, medicamentos, e até promove a nossa saúde mental. A biodiversidade é maior em sítios que tenham sol, chuva e solos em quantidade suficiente para permitir o crescimento de florestas com uma estrutura complexa, diversidade de nichos e biomassa suficiente para sustentar uma profusão de diferentes espécies. (Palma; Purvis, 2022)

Há milhões de anos que o planeta não apresenta temperaturas superiores às atuais. A maior parte das espécies que conhecemos conseguiu sobreviver a temperaturas globais mais baixas durante várias eras glaciais, contudo, não se sabe como irão lidar com temperaturas mais elevadas. À medida que o planeta vai aquecendo, as plantas e os animais tentam acompanhar as condições necessárias à vida, o que implica a sua deslocação para latitudes e altitudes mais elevadas, ou alterar a temporização dos seus fenómenos fenológicos. Se o aquecimento for muito rápido, muitas espécies podem não conseguir reagir a tempo. No passado, as alterações climáticas costumavam decorrer lentamente, e a vida selvagem ocupava extensas áreas de habitats intactos. As populações conseguiam deslocar-se com facilidade em direção aos pólos à medida que as temperaturas aumentavam. Hoje em dia, a maioria dos animais subsiste em pequenos fragmentos de habitats sobreviventes, e para se deslocarem em direção aos pólos, é necessário arranjar uma forma de atravessar extensões de terras agrícolas e áreas urbanas hostis, e ainda terem a sorte de encontrar uma porção de habitat adequado, algures do outro lado. (Goulson, 2022)

Atualmente, a biomassa vegetal global perfaz menos de metade do valor que apresentaria em condições naturais. Reduzimos as populações de aves, peixes, répteis, anfíbios e mamíferos em dois terços, desde 1970, e os insetos foram particularmente afetados. Os pescadores exploram os mares, muito acima dos limites sustentáveis máximos, e a população global de peixes tem diminuído a um ritmo constante em resultado disso. Proteger o nosso planeta não é apenas uma prioridade ambiental, mas é fundamental para garantir um futuro habitável para a humanidade. (Myers & Kolbert, 2022)

III. Sociedade

Economia

A nível global, os padrões de vida são consideravelmente mais baixos do que na Europa, e desigualdades absurdas dividem hoje o mundo. Segundo um relatório de 2020 da Oxfam e do Instituto Ambiental de Estocolmo, o 1% de pessoas mais ricas é responsável por mais do dobro das emissões do que as 50% pessoas mais pobres. Os países do sul global, são os mais afetados pela devastação e colonização industrial, e habitantes de cidades como Nova Deli, suportam diariamente níveis tóxicos de poluição. O dano à sua saúde e bem-estar é visto como um sacrifício necessário para usufruir de uma certa “qualidade vida” e para promover a aspiração coletiva de uma melhor posição na ordem internacional. (Ghosh, 2022)

O nacionalismo, o poderio militar, e as disparidades geopolíticas têm frustrado repetidamente os esforços globais para um acordo quanto à descarbonização célere. O objetivo da geopolítica não é a promoção da equidade e da justiça, mas o seu contrário, e visa de modo explícito a manutenção das estruturas de domínio e da desigualdade. Como tal, o crescimento contínuo das nações ricas do norte global, assenta em processos de colonização atmosférica, na apropriação dos recursos e, ecossistemas dos países do sul. Se não prestarmos atenção às dimensões coloniais da crise ecológica, perderemos parte do essencial. A revolução Industrial só pode acontecer, porque foi alimentada não apenas por combustíveis fósseis, mas sobretudo pela escravidão e pela colonização. Isto, proporcionou uma riqueza inimaginável aos países do Norte global, em particular a uma pequena minoria dos seus habitantes. Esta injustiça extrema é a base sobre qual as nossas sociedades modernas assentam. (Kimmerer & Hickel & Thunberg, 2022)

O sistema capitalista, depende e organiza-se em torno do crescimento perpétuo do PIB. Desde 1900 a economia mundial cresceu 51 vezes (o que representa ganhos absolutamente extraordinários), e ainda hoje, a prioridade continua a ser a oportunidade de maior desenvolvimento económico. O PIB está intimamente associado ao consumo de energia e recursos, e tenta contabilizar todos os materiais extraídos, produzidos, e consumidos por ano numa economia. No entanto, o PIB não mede tudo o que tem valor, e exclui a saúde das pessoas e do meio ambiente. Não tem em consideração as perdas de biodiversidade, a degradação ambiental ou as alterações climáticas, que constituem perdas de importância vital, e que a longo prazo, corroem todas as atividades económicas, e destroem a prosperidade que era suposto criarmos. (Kolbert & Hickel & Oreskes, 2022)

Com exceção de uma pequena minoria de economistas, de convicção ecológica, todos consideram a expansão constante da produção como o objetivo fundamental. E não uma expansão qualquer: as economias devem crescer, de preferência, a taxas anuais superiores a 2%, ou melhor ainda, a 3%. Este é o único modelo, o único paradigma, o único preceito, porque os economistas que comandam as sociedades modernas não conseguem imaginar um sistema que cresça deliberadamente a uma taxa mínima, e muito menos um sistema que tenha um crescimento zero. (Smil, 2014)

As pessoas que estão no poder sabem exatamente que valores inestimáveis estão a sacrificar para manter um sistema que lhes convém e, enquanto o nível de tomada de

consciência permanecer tão baixo, continuarão a sair impunes. Apesar de não se cumprirem quaisquer compromissos climáticos, a mensagem geral que é transmitida é que estão a ser tomadas medidas. Mas, na realidade, os nossos líderes têm andado a trabalhar para atrasar deliberadamente as ações necessárias, ocultando-nos o que está a causar o problema e criando estruturas repletas de lacunas que beneficiam as suas políticas económicas de curto prazo. Acresce o facto de estes desenvolvimentos não terem eco junto da comunicação social. Podemos constatar que os responsáveis políticos não são responsabilizados nem chamados à atenção, contribuindo assim para o fomento de um cenário catastrófico, nas palavras Greta Thunberg, “se fossem honestos, reduziriam de imediato as suas emissões. Mas não estão a ser honestos, servem-se da esperança como uma arma para adiar as mudanças necessárias e para prolongar os negócios do costume.” (Thunberg, 2022)

Desafiando 250 anos de pensamento económico, a crise climática veio demonstrar que afinal a busca desenfreada de interesses próprios não serve o bem comum. Afinal, a mão invisível de Adam Smith é invisível, pura e simplesmente porque não existe.



Figura 21 - Presidente Ursula Von der Leyen, no Fórum Económico Mundial, Davos, 2020

Consumo

Os fundadores da teoria económica teorizaram sobre um arquétipo que nos retrata como um conjunto de indivíduos tipicamente solitários, focados no interesse próprio, e com um desejo insaciável por tudo que o dinheiro pode comprar. Embora soubessem que somos movidos por mais do que o simples desejo de ter coisas, o lucro futuro da maioria das corporações dependia de nos convencer neste aspeto.

A produção em massa só é lucrativa se o seu ritmo puder ser mantido, e sendo assim, os negócios não podem dar-se ao luxo de esperar que o público procure os seus produtos. Têm de se manter constantemente em contacto, para garantir uma procura continua que, por si só, tornará a fábrica dispendiosa lucrativa. A indústria da publicidade cresceu depressa e não tardou em impor o consumismo como um modo de vida desejável. Hoje, movimenta quantias multimilionárias só para nos convencer a comprar, independentemente de isso ser, ou não, o melhor para nós e para os outros. O criador deste setor, Edward Bernays, era sobrinho de Sigmund Freud, e conhecia bem o poder da publicidade. Segundo ele, nós somos moldados, os nossos gostos formados, as nossas ideias sugeridas, principalmente por homens de quem nunca ouvimos falar. São eles que manipulam e controlam a mente pública. (Raworth & Beerners-Lee & Thunberg, 2022).

Todos os meios de comunicação social dependem da publicidade para sobreviver, o que ajuda a manter os níveis de consumo que o planeta não suporta. "Compro, logo existo", declarou a artista Barbara Kruger em 1987, e desde então, as coisas não mudaram. A cultura contemporânea valoriza a conveniência, o excesso, encoraja o açambarcamento e esconde-nos o custo real dos nossos estilos de vida. Demasiados usam excessivamente, desperdiçam demasiado, e preocupam-se de menos. Vivemos muito acima dos nossos meios, explorando as outras pessoas e o planeta. (Lowrey, 2022) (Raworth, 2022)

Resíduos

Há cinquenta anos que o plástico barato está disponível como produto de consumo em massa e, desde então, a Coca-Cola abandonou as garrafas de vidro reutilizáveis que costumava recolher, lavar e reutilizar. Ao optar por esta prática, as empresas deixam de ter de pagar pela lavagem e enchimento, passando os custos da gestão dos plásticos descartáveis para os governos locais e os seus contribuintes. São produzidos milhares de milhões de toneladas de embalagens plástico descartáveis, apesar de ser impossível, seja onde for, processar o gigantesco volume de lixo que está a ser produzido. (Schrunk, 2022)

De acordo com as grandes empresas, a solução para a crise dos resíduos é a reciclagem. Se fizermos a nossa parte e colocarmos os plásticos nos recipientes de reciclagem adequados, estes serão transformados, como por magia, em produtos novos, num ciclo imparável e interminável. Esta narrativa é um dos melhores exemplos de branqueamento ecológico do planeta. Serve para convencer as pessoas que os resíduos estão a ser sustentavelmente geridos, o que não é verdade. A reciclagem de resíduos domésticos é um objetivo bastante difícil de prosseguir, devido a desafios logísticos, custos excessivos, ou poupanças de energia insignificantes. Mesmo na Europa, com a sua profusão de regras e diretivas, as taxas de reciclagem continuam a ser muito baixas. Apesar das taxas de recolha de resíduos plásticos pós-consumo serem impressionantes (mais de 90% em oito países da UE e na Suíça), o plástico custa tão pouco a produzir que é mais rentável descartá-lo. Cerca de 40% dos plásticos recolhidos foram depositados em aterros, 30% foram incinerados para recuperação de energia, e apenas 9% chegou a um centro de reciclagem, onde é transformado em capachos ou cones de sinalização viária, uma ou duas vezes, até a sua composição química impossibilitar novos processos de reciclagem. (Schrunk, 2022) (Smil, 2014)

Os metais podem ser reciclados com um grau mínimo de resíduos para produzir materiais muito próximos dos originais, mas com a maioria dos materiais a reciclagem é mais precisamente descrita como reciclagem descendente: o papel de alta qualidade torna-se em material de embalagem ou cartão, e os plásticos caros são transformados em artigos baratos. (Smil, 2014)

Países como o Reino Unido, os Estados Unidos e a Alemanha, não têm capacidade para eliminar todo o lixo que produzem, e por isso exportam milhares de toneladas por ano, sobretudo para o sul da Ásia, onde acaba por ser descartado em aterros, ou em lixeiras a céu aberto. Estas exportações são realizadas sobre o disfarce de reciclagem, mesmo quando é sabido que os países que as recebem, possuem sistemas de gestão de resíduos muito limitados, e padrões ambientais não regulados. Em 2020, a Grã-Bretanha afirmou que reciclava 46% do plástico que produzia, mas descobriu-se que mais de metade dos plásticos contabilizados pelo governo britânico como "reciclados" era enviada para outros países, para eles lidarem com o problema. O que é uma enorme tragédia humana e ambiental. (Schrunk, 2022)

Até à data, os esforços de reciclagem da civilização moderna têm sido bastante inadequados, e pouco satisfatórios. Os oceanos, são o vazadouro final de muito do plástico que escapa ao controlo humano, e já sabemos que existem vários riscos resultantes da

contaminação do mar com plástico. Os animais podem ficar presos em plásticos de grande dimensão, acabando por morrer asfixiados ou de inanição, mas o mesmo acontece com os microplásticos, e já foram encontrados copépodes (minúsculos predadores aquáticos), com as patas enredadas em fibras microplásticas e o estômago repleto de microesferas. Para além disto, os plásticos flutuantes podem servir de abrigo às espécies invasoras como bactérias e toxinas patogénicas. (Kvale & Thunberg 2022)

Poucas realizações futuras teriam consequências tão vastas como tornar os plásticos compostáveis, de modo a poderem ser decompostos por microrganismos em tempo semelhante aos resíduos orgânicos comuns. No entanto, a produção em massa de biopolímeros irá necessitar de quantidades consideráveis de matéria-prima vegetal, que terá de ser cultivada em concorrência às culturas destinadas à alimentação e, cujo cultivo poderá ter impactos ambientais muito indesejáveis, como é bem conhecido de outras práticas de cultivo intensivo. (Kvale, 2022)

Para resolver a crise global de resíduos, é necessário reavivar a reutilização, uma prática que integrou todas as culturas à volta do globo durante gerações e que nos ajuda a fortalecer e nutrir laços com os objetos, dotando-os do seu real valor e dignidade, tendo em consideração os recursos e a energia necessários para os produzir. (Smil, 2014)

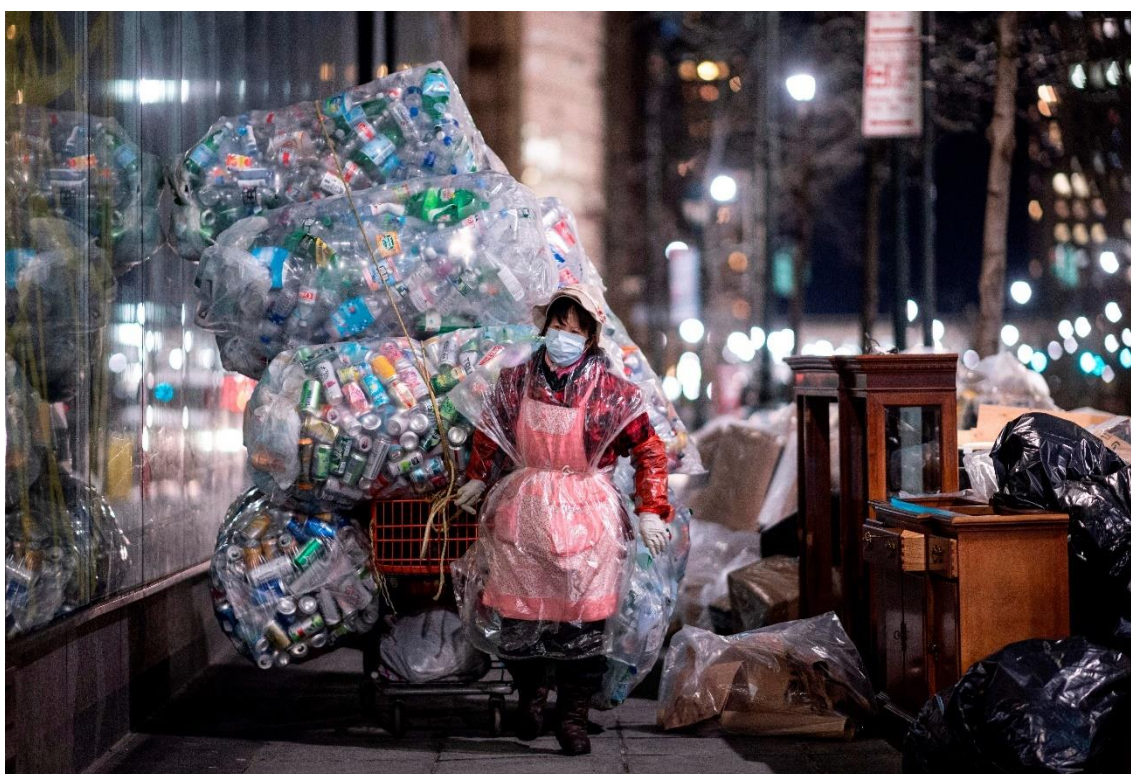


Figura 22 - Explosão de resíduos durante a Pandemia de Covid-19, Manhattan, 2020

Energias renováveis

Os combustíveis fósseis são encontrados em lugares muito específicos, e dotam as pessoas que os controlam com poder desmedido. Ao contrário, as energias renováveis estão disponíveis sempre que sol brilha, o vento corre e a água jorra, o que significa que haverá uma redução na distribuição injusta do poder. Com a criação de estruturas de propriedade mais diversas e descentralizadas, os lucros e os benefícios permanecem nas comunidades, em vez de serem canalizados para os investidores das empresas, concretizando o princípio da democracia energética. (Klein & McKibben, 2022)

A geração de Hidroeletricidade começou em 1882, quando uma pequena roda hidráulica colocada no rio Fox, Wisconsin, impulsionou dois dínamos, e antes da conclusão do século, estavam a ser construídas barragens cada vez mais altas. As três décadas posteriores a 1945 tornaram a força hidroelétrica produtora de quase 20% da eletricidade mundial com grandes projetos realizados por todo o mundo. No entanto, a corrida à energia hidroelétrica, e a construção de novos projetos, abrandou ou parou na maioria dos países desde a década de 80. Uma análise ao parque hidroelétrico mundial mostra que uma grande quantidade de centrais elétricas já são antigas, com uma idade média de cerca de 40 anos, e com um tempo de vida médio de 60. Em 2020, de acordo com a Agência Internacional de energia, 17% da eletricidade do mundo foi gerada por estas centrais. No entanto, os problemas ecológicos graves que as grandes barragens causam à biodiversidade local, tornaram este modo de produção de energia cada vez menos apetecível. (S&P Global, 2022)

A era da produção nuclear de eletricidade começou a 17 outubro 1956, quando a Rainha Isabel II acionou o interruptor de Calder Hall, no noroeste de Inglaterra. Depois de um lento começo, a construção de reatores começou a acelerar, e em 1977 mais de 10% da eletricidade consumida nos Estados Unidos já provinha da fissão, um valor que subiu para 20% em 1991. Este aumento representa uma penetração mais rápida no mercado do que os fotovoltaicos ou as turbinas eólicas têm conseguido desde os anos 1990. No entanto, o projeto para produzir eletricidade a partir da fissão emperrou durante a década de 80, quando os problemas com as centrais nucleares se multiplicaram. Houve três eventos especialmente preocupantes: os acidentes em Three Mile Island na Pensilvânia em 1979, em Chernobyl na Ucrânia em 1986 e em Fukushima no Japão em 2011. Os reatores das centrais nucleares dividem os átomos de elementos como urânio e plutónio, produzindo grandes quantidades de energia exotérmica, que é transformada em electricidade. Esta fonte de energia fiável emite muito pouco carbono, e fornece atualmente cerca de 10% da eletricidade do mundo. No entanto, Devido às suas complexidades tecnológicas, a energia nuclear continua a ser uma fonte de energia limitada. As centrais são dispendiosas e a sua construção muito demorada. As duas mais recentes construídas na Europa ocidental, a Olkiluoto 3 na Finlândia, e Hinkley Point no Reino Unido, sofreram grandes atrasos. Quando reator finlandês começou a funcionar, no inverno de 2022, tinha demorado 16 anos a ser construído. Mesmo que esse período pudesse ser reduzido, ainda seria um problema monumental substituir as velhas centrais dentro do prazo necessário para cumprir as nossas metas climáticas. (Peters, 2022)

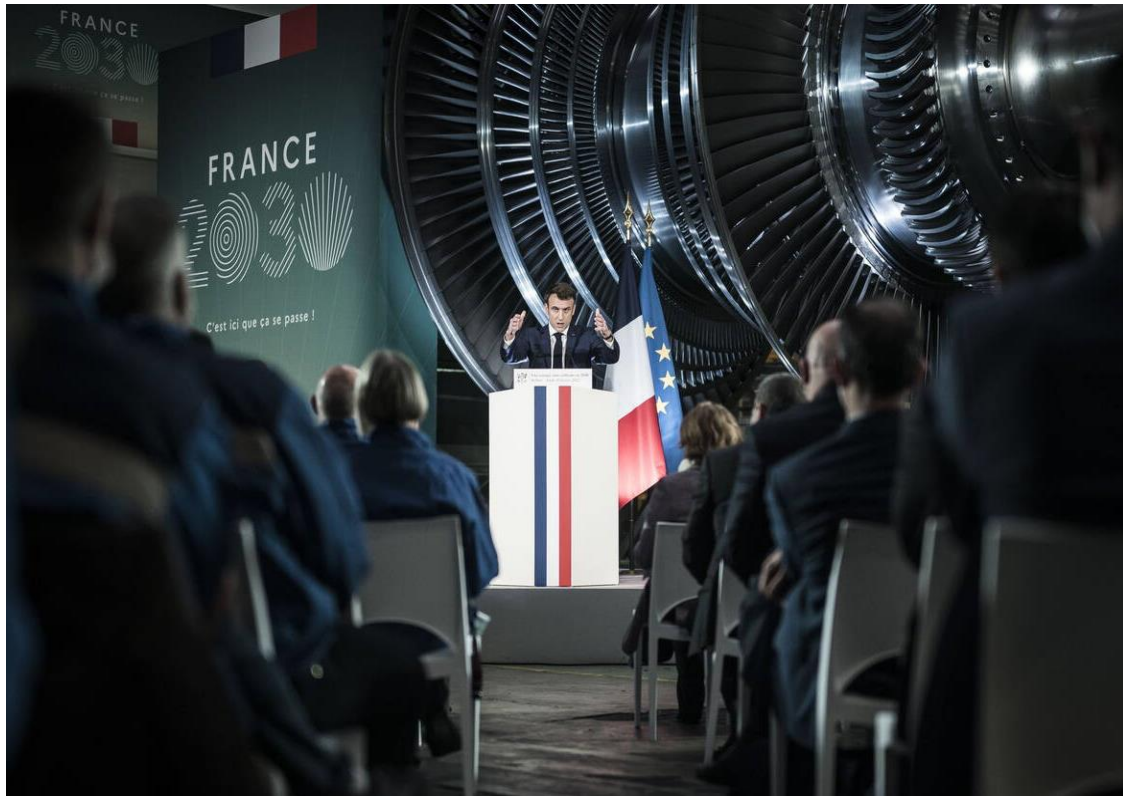


Figura 23 - Presidente Emmanuel Macron, anuncia novas centrais nucleares, Belfort, 2022

De uma perspectiva de segurança, a energia nuclear já mostrou que tem inconvenientes alarmantes, e a sua existência e utilização requer estabilidade geopolítica. Além disso há a questão dos resíduos radioativos produzidos, que após 70 anos ainda não foi resolvida. Em finais de 2019, o mundo tinha 449 reatores a funcionar e 53 em construção. A França tem 56 reatores nucleares operacionais, com uma capacidade total de 61 GW, e só fica atrás da frota nuclear de 95 GW dos Estados Unidos, onde as suas 92 centrais foram responsáveis por 19% da sua produção de eletricidade em 2021. Em fevereiro de 2022, o Presidente Emmanuel Macron anunciou um plano para a construção de seis novos reatores, e a possível construção de outros oito até 2050. Além disso, um novo Reator está a ser construído desde 2007 e a EDF espera que comece a funcionar em 2024. A expansão planeada da energia nuclear em França contrasta fortemente com os seus vizinhos, Bélgica, Alemanha, Espanha e Suíça, que planeiam encerrar todos os seus reatores até 2030. (EIA, 2023)

A energia eólica, é amplamente disponível, relativamente rápida de instalar, limpa, e está cada vez mais barata. O vento nem sempre sopra, é verdade, mas apenas no caso das pequenas redes elétricas. Nas grandes redes nacionais ou regionais, o vento sopra de um modo mais ou menos constante. Ao largo das regiões costeiras o vento flui de um modo mais forte e consistente do que nas zonas terrestres, e é uma fonte fidedigna de energia perto dos centros populacionais. Os parques eólicos precisam de ser construídos em locais onde poucas pessoas são afetadas, e onde as consequências para a vida selvagem sejam mínimas, como é o caso dos parques eólicos offshore.

As grandes turbinas eólicas são os símbolos mais visíveis da procura de eletricidade renovável, e apesar de explorarem o vento, as máquinas em si são puras incarnações de combustíveis fósseis. Para as construir, é necessário que grandes camiões levem o aço e outras matérias-primas até o local, escavadoras e outros equipamentos pesados abram um caminho até à elevação que de outro modo seria inacessível, e guas enormes ergam as estruturas. Todas estas máquinas funcionam a diesel. Para uma turbina de cinco megawatts, só em aço, são precisos 150 t para os alicerces em betão reforçado, 250 t para os rotores e nacelas (que alojam a caixa de transmissão e o gerador), 500 t para as torres, e como já vimos, produzir aço exige uma enorme quantidade de energia. Estas turbinas também possuem três pás com cerca de 60 m de comprimento, e cada uma delas pesa aproximadamente 15 t. O núcleo de balsa ou espuma de vidro é revestido por laminações exteriores de resinas de poliéster reforçadas com fibra de vidro. O vidro fabrica-se em fornalhas alimentadas a gás natural, e as resinas começam como etileno derivado de hidrocarbonetos leves. Outro derivado do petróleo exigido é o lubrificante para as caixas de transmissão, que terá de ser substituído a intervalos regulares durante as duas décadas de utilização da máquina. É certo que em menos de um ano uma turbina bem situada e bem construída, gerará tanta energia quanta foi necessária para a produzir. No entanto, será sempre na forma de eletricidade intermitente, enquanto a sua produção, instalação e manutenção continuam criticamente dependentes de energias e materiais fósseis, aos quais não dispomos de substitutos disponíveis às escalas comerciais exigidas. (Smil, 2020)

As turbinas eólicas também têm de enfrentar os seus inescapáveis problemas de escala. Uma turbina com pás duas vezes mais compridas será, em teoria, quatro vezes mais potente. No entanto, à expansão da área varrida pelo rotor acresce a tensão exercida sobre todo o conjunto, exigindo estruturas muito mais resilientes e poluidoras. Um futuro sustentável para a energia eólica deve passar por muito mais unidades de menor escala, muito menos exigentes, e com um potencial muito maior de realizar a transição para a democracia energética de que todos necessitamos. (McKibben & Johnson, 2022)

A energia solar possui um enorme potencial. A sua produção é barata, a instalação rápida, e pode ser aumentada para produzir tanta eletricidade como as centrais elétricas tradicionais. No entanto, requer sol para produzir grandes quantidades de energia, e para ser totalmente eficaz, o sistema necessita de ser complementado por dispositivos de armazenamento, como baterias, para os dias em que a sua produção é baixa ou nula. Outro problema desta fonte, é que, em grande escala, necessita de muito espaço, e a escolha do local deve evitar qualquer potencial dano ao meio ambiente. Uma boa solução, é colocar painéis solares em edifícios existentes, onde a preservação da biodiversidade não é tida em conta.

Apesar do seu custo ser relativamente baixo, a produção de painéis solares requer enormes quantidades de energia. O silício necessário, é abundante na crosta terrestre, mas nunca é encontrado na sua forma elementar pura e não ligada, e por esse motivo, é necessário submetê-lo a um processamento elaborado e dispendioso, a fim de cumprir as especificações para a produção de células fotovoltaicas. Para fabricar células fotovoltaicas são necessários cerca de 20 GJ/kg, que é cerca de 1000x mais energia do que a necessária para produzir aço. As melhores eficiências de conversão de radiação.

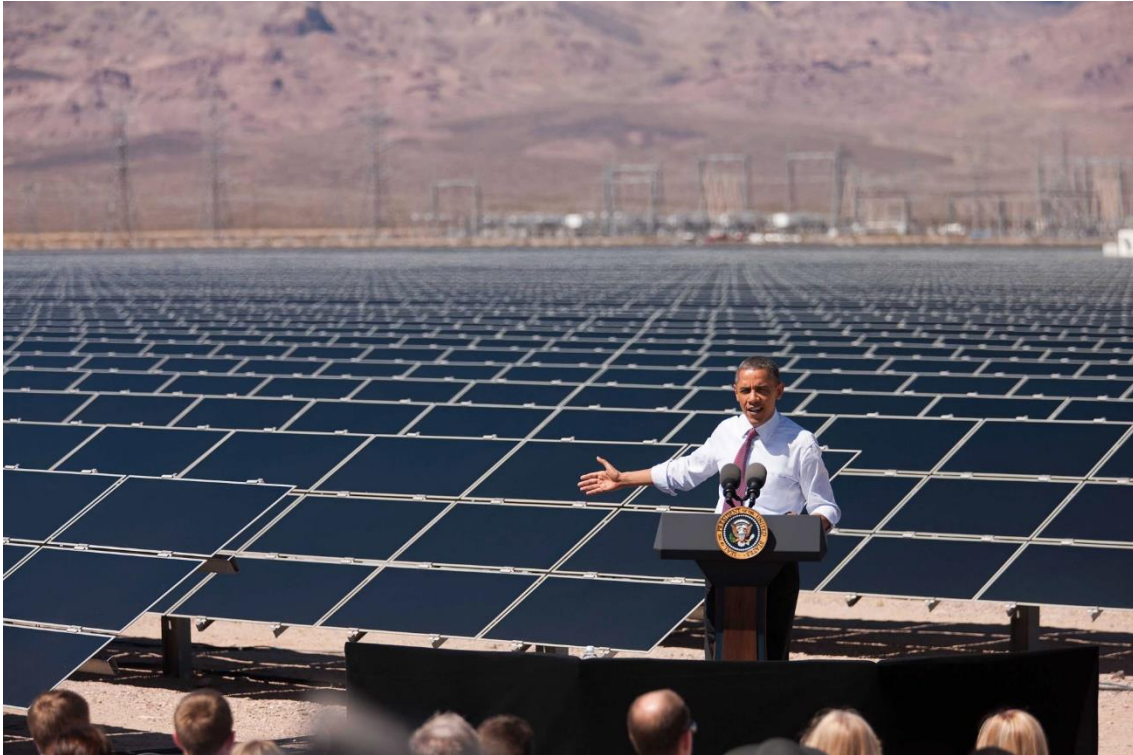


Figura 24 - Presidente Obama promove centrais fotovoltaicas nos EUA, Califórnia 2012

solar em eletricidade por células fotovoltaicas, estão entre os 20-25%. Estas células conseguem captar uma densidade de energia por m², superior a qualquer outra forma de energia renovável, e a média global anual já chega a 10 watts por metro quadrado em locais soalheiros, o que é uma ordem de magnitude superior aquela que os biocombustíveis são capazes. Em 2018, a produção de energia fotovoltaica situava-se em 2,2%, ainda uma pequena fração quando comparada com a cota produzida pelas centrais hidroelétricas, mas em 2030 é possível que as células de fotovoltaicas estejam a produzir 10% da eletricidade mundial. (Föll, 2000) (NREL, 2013 & Solarplaza, 2013).

O hidrogénio é um combustível, altamente inflamável, de alta densidade energética (120 MJ/kg), e cuja conversão, gera apenas água e calor como subprodutos. Apesar de ser o elemento mais abundante no universo, não existe isolado na superfície da terra, devido à sua reação imediata com o oxigénio, e tem de ser produzido a partir do metano ou a água. As melhores práticas para transformar eletricidade em Hidrogénio, via PEM (Polymer Exchange Membrane) possuem uma eficiência na ordem de 80%, e para se transformar H₂ em eletricidade novamente, temos uma eficiência em torno de 70% caso se aproveite ao máximo o calor libertado. O que implica uma perda de pelo menos 46% da energia original. A vantagem é que uma vez transformada a energia elétrica em combustível, esta pode ser armazenada ou transportada durante longos períodos de tempo sem perdas. Mas, na vida real as coisas não são tão simples. No caso do hidrogénio verde, (hidrogénio eletrolítico derivado de fontes renováveis) existe uma grande desvantagem de preço em relação ao hidrogénio produzido pela reforma de hidrocarbonetos e gaseificação. Das quase 70 milhões de toneladas de hidrogénio produzido anualmente, 76% provém do gás natural e 23% do carvão, utilizando a rota tecnológica de reforma de metano, e o hidrogénio eletrolítico só representa 0,1% da produção. (IEA,2019)

Assim, embora o Hidrogénio seja associado a “energia limpa”, ainda provém, praticamente na totalidade de combustíveis fósseis, implicando uma maior emissão de gases de efeito estufa. Todavia, pode ser produzido para controlar a intermitência de fontes renováveis como a solar e eólica. Desta forma, quando a produção de energia renovável ultrapassar a sua utilização, em vez de ser perdida (“curtailment”), poderá ser convertida em H₂ e armazenada no local. Em larga escala, o chamado hidrogénio verde pode ser usado como alternativa aos combustíveis fósseis, mas o problema é que requer uma abundância de energias renováveis baratas para a sua produção, algo que é muito improvável que aconteça brevemente.

Decrescimento

Todos os dados colocam a melhor ciência disponível em rota de colisão com o atual sistema económico e com o modo de vida a que muitos dos habitantes dos países do norte global consideram ter direito. A transformação que os cientistas dizem ser necessária representa uma revolução no modo como vivemos, trabalhamos e consumimos. Os Ecologistas e economistas não ortodoxos defendem uma transição para sociedades em decrescimento, que reduzam os seus fluxos de energia e de materiais. Uma vez satisfeitas as necessidades materiais básicas, a sensação de bem-estar, deve derivar de experiências interpessoais que não dependam de fluxos de energia mais elevados, ou da expansão dos bens materiais. (Georgescu-Roegen, 1971)

Quase todos os aspetos da vida moderna originam gases com efeito estufa, contudo nenhum deles define em exclusivo as emissões, o que significa que temos de proceder a uma reorganização social completa para solucionar este problema. Sabemos que é possível suprir as necessidades humanas, com elevados padrões de qualidade, com muito menos recursos e energia. No entanto, para que isso aconteça, a economia necessita de estar organizada em torno do bem-estar humano, e não da acumulação de capital. Nem todos os setores da economia devem crescer sem cessar, e precisamos de decidir quais os setores da economia que realmente precisamos, como as energias renováveis, transportes públicos, cuidados de saúde; e quais são claramente destrutivos, e necessitam de sofrer decrescimento, como viagens aéreas, fast fashion, carne industrializada, publicidade, finanças, práticas de obsolescência planeada, entre outros. Para além disto, existem largas faixas da economia organizadas em torno do poder militar, corporativo, ou do consumo das elites, que todos passaríamos melhor sem elas. (Eshel &Hickel, 2022)

Felizmente, as sociedades vão-se ajustando e mudando o que consideram viável. Com o surgimento da pandemia de Covid-19 foi isto que observámos por todo lado. A alteração de pensamento foi provocada em grande parte pelos meios de comunicação social, ao descrever apenas a realidade. Como se comprovou, não foi precisa inspiração adicional para as pessoas mudarem os seus comportamentos. É o que se faz perante uma crise. E não o fizemos por vislumbrarmos oportunidades financeiras, mudamos porque os outros também mudaram, não há qualquer ambiguidade. (Thunberg, 2022)

A Grande maioria das pessoas estava a preparar-se para um cenário diferente e menos urgente. Uma crise que ocorreria daqui a muitas décadas. No entanto, está a desenrolar-se aqui e agora. E irá agravar-se enquanto não conseguirmos deter a destruição dos sistemas que garantem as funções vitais da Terra. A crise climática e ecológica quebra a promessa de progresso, e revela uma ilusão profunda face às ideologias económicas que nos trouxeram à beira da extinção em massa. Está na hora de enfrentarmos este desastre como ele realmente é. Menos tem de ser menos, e precisamos de mudar, abdicando do excessivo e desnecessário. Esta é a verdade fulcral e desconfortável. (Smil, 2014)

Renaturalização

É fácil esquecer que até alguns dos lugares mais desprovidos de vida outrora estiveram repletos de seres vivos. As águas que circundam o Reino Unido eram das mais povoadas de todo o globo. Exércitos de atum-rabilho enchiam as zonas costeiras, aborrecendo os cardumes de cavala e arenque que se estendiam ao longo de quilómetros. Alabotes do tamanho de portas de celeiro e rodovalhos que pareciam tampos de mesa assomavam aos baixios para se alimentarem. Era habitual os bacalhaus alcançarem quase 2 m de comprimento, e da costa vislumbrarem-se aglomerados de baleias e cachalotes, enquanto as baleias-cinzentas do Atlântico, agora extintas, deslizavam pelas águas lamacentas dos estuários. Os ecossistemas eram tão ricos e abundantes em quase todo planeta, que, se os pudéssemos ver, não acreditaríamos. Calculamos que hoje apenas 3% da superfície terrestre pode ser considerada "ecologicamente" intacta. Todos os outros lugares perderam parte da sua fauna e/ou flora, legando-nos uma mera relíquia esmorecida do que foi outrora, para habitar. (Monbiot & Wrigley, 2022)

Renaturalizar significa permitir que os processos naturais voltem a seguir os seus cursos. Implica a remoção de barreiras humanas, a reintrodução de espécies em falta, e o controlo de espécies exóticas invasivas. O objetivo da Renaturalização é permitir que as arquiteturas naturais complexas recuperem. É uma tentativa de criar ecossistemas antigos de que só os nossos netos poderão vir a usufruir. Para percebermos o que pode ser restaurado, temos de nos aperceber do que falta. Alguns países como o Reino Unido perderam quase todas as grandes espécies essenciais, os designados engenheiros biológicos (abelhas, formigas, castores) que criam os habitats e impulsionam os processos dinâmicos de que as outras espécies precisam. (Monbiot & Wrigley, 2022)

Devemos voltar a colaborar com a natureza, incentivando os insetos predadores e polinizadores, e parar de os tentar controlar e matar. O mundo em que vivemos depende disso. Precisamos de permitir que as florestas e outros ecossistemas degradados se regenerem, e considerar as florestas resilientes e biodiversas como "tecnologia de transição". Trata-se de um novo modo de usar natureza para garantir vida humana, usando a terra através do seu não uso. (Goulson, 2022)

Em relação ao mar, implica criar reservas substanciais que excluam as indústrias extrativas, em particular pesca por arrasto e a dragagem, promovendo a conservação efetiva da biodiversidade e o aumento das populações. Manguezais, prados de ervas marinhas, algas, e peixes, desempenham um papel precioso no ciclo do carbono e na redução da acidificação dos oceanos, para além de fornecerem alimentos e proteção costeira à humanidade. (Portner, 2022)

Os verdadeiros guardiões das florestas, e do planeta, são os povos indígenas. Eles representam apenas cerca de 5% da população global e ocupam 28% dos territórios do mundo. No entanto, são responsáveis pela vigilância e preservação de 80% da biodiversidade que vive o nosso lado, na mãe Terra. Após séculos de tentativas de eliminar a mundividência indígena, começamos finalmente a entender o seu brilhantismo, que nos diz que as pessoas e a terra podem ser uma fonte de prosperidade mútua. (Kimmerer, 2022)

A forma como vemos o mundo molda a forma como o tratamos, e á medida que nos distanciamos da natureza, mais difícil se torna recordarmos que fazemos parte dela. Devemos responsabilizar as pessoas pelo tratamento dado ao planeta, para que elas se voltem a perceber como parte do ecossistema. Afinal, somos apenas uma espécie animal entre tantas outras. Não estamos acima dos outros elementos que compõem a Terra, dependemos deles. Não somos mais donos deste planeta do que as rãs ou os escaravelhos, os veados ou os rinocerontes. Este mundo não nos pertence. (Klein & Guajajara, 2022)



Figura 25 - Indígenas da tribo Awá, Charlie Hamilton James, Amazônia, 2017

Ética

Como poderemos falar de uma crise existencial criada pela desigualdade, exploração dos trabalhadores e da natureza, o roubo de terras, o genocídio e o consumo excessivo, sem fazer qualquer referência à ética?

Existe uma gigantesca fatura por pagar, da qual já não nos podemos esquivar. Precisamos de assumir a responsabilidade pelas nossas emissões históricas, abrindo o discurso climático Ocidental às perdas e aos danos causados. Neste momento histórico fundamental, precisamos de nos guiar pela obrigação ética de que não podemos empenhar ainda mais a vida das gerações futuras, e agir resolutamente. (Mann & Thunberg, 2022)

Todas as ações individuais são hoje fundamentais para dar o exemplo aos outros. Os padrões de influência interpessoal têm um potencial enorme de definir o que é considerado um modo de vida mais ou menos aceitável, e portanto, as nossas ações podem facilmente aumentar, ou corroer os esforços envolvidos na luta contra as alterações climáticas. Na realidade, a ação individual nada tem de "individual", mas é a pedra basilar vital para a possibilidade de transformação social. O que move o mundo livre é a opinião pública, e esta é formada a qualquer hora, todos os dias. Quando um indonésio diz "agora é a nossa vez", o que na realidade está a querer dizer é: "não estarei satisfeito enquanto não tiver o mesmo que o outro tem". Portanto, se os mais abastados adotassem estilos de vida diferentes, criariam uma mudança com um impacto profundo nas aspirações das populações por todo mundo. (Capstick & Whitmarsh & Thunberg, 2022)

Se passarmos a praticar uma dieta à base de plantas, podemos alimentar-nos usando menos 76% de área explorada. Matamos mais de 70 mil milhões que animais todos os anos, e isto não inclui os peixes, que matamos em tão grande escala que só medimos o número de vidas pelo peso. Se isto não for o suficiente para si, faça-o por motivos de saúde, ou morais. Compre menos e use menos, fazemo-lo como cidadãos e não como consumidores. Viaje menos, os voos frequentes são, de longe, a atividade individual mais destrutiva para o clima, excepto viagens espaciais ou a propriedade de um grande iate privado. (Capstick; Whitmarsh & Thunberg, 2022)

Uma das mais antigas "políticas de conservação" do planeta é a declaração de partilha, justiça e reciprocidade em relação às dádivas da terra. Para tal, não podemos permitir que as fundações de um novo mundo sejam assentes nos mesmos sistemas socioeconómicos. Será necessário gerar novos círculos virtuosos que nos desviem da nossa atual trajetória. (Klein & Nakabuye & Thunberg, 2022)

"A crise climática e de sustentabilidade é uma saga perfeita, um derradeiro teste moral, sobre a nossa ânsia por poder, domínio e riqueza. Temos a oportunidade de estarmos vivos no momento mais decisivo da história da humanidade. Tudo depende de nós, aqui e agora." (Thunberg, 2022)



Figura 26 - Greta Thunberg no parlamento Sueco, "Greve escolar pelo clima", 2018

IV. Arquitetura

Necessidades futuras

Qualquer reflexão séria sobre as necessidades materiais futuras deve começar por reconhecer o seguinte: ainda há demasiadas pessoas a viver em condições de pobreza material degradante e inaceitável, que se traduzem em má alimentação, cuidados de saúde inadequados, morbidade frequente, educação fraturada, trabalho exaustivo, lazer mínimo, ausência de pequenos confortos e esperança média de vida reduzida. Todas estas pessoas, entre centenas de milhões e alguns biliões, precisam de consumir mais materiais per capita para terem uma vida decente. (Smil, 2014)

Mas as complicações surgem logo nesta altura; o que é uma vida decente? Até que ponto devemos definir uma vida decente pelo consumo material, em vez de a medirmos por indicadores universalmente válidos, como a mortalidade infantil, e a esperança média de vida? Como é que incluímos indicadores intangíveis que medem a qualidade da educação ou do lazer? E que peso deve ser dado aos indicadores subjetivos de bem-estar, à satisfação com a vida ou ao estado da felicidade de cada um? Passar da miséria material para um conforto material modesto melhorará muitas coisas na vida, mas, obviamente, a ligação não é uma escada rolante sem fim. Mas se assim for, onde está o ponto de saturação? (Smil, 2014)

O fosso global entre os que têm (cerca de 1,5 mil milhões de pessoas em 2013) e os que não têm (mais de 5,5 mil milhões em 2013) continua a ser tão grande que, mesmo que as aspirações dos quatro quintos materialmente desfavorecidos da humanidade atingissem apenas um terço do nível de vida médio que prevalece atualmente nos países ricos, o mundo estaria a contar com a continuação do crescimento material agregado durante as próximas gerações. (Smil, 2014)

Energia Incorporada

Antes de qualquer material poder começar a fluir nas economias, é necessária energia para alimentar a sua extração de depósitos naturais, ou a sua produção através de processos industriais, que vão desde simples procedimentos mecânicos a reações químicas complexas. Quando considerado na sua totalidade, o intrincado sistema de extração, transformação, transporte, utilização, reutilização e eliminação de materiais engloba todas as principais interferências ambientais. Estas alterações vão desde a utilização dos solos (desflorestação, perturbação do ciclo da água, poluição) até às emissões atmosféricas (incluindo carbono negro, agentes acidificantes, e de gases com efeito de estufa como o CO₂). (Smil, 2014)

A produção de materiais exige cerca de um quarto da oferta mundial de energia primária, e a combustão de combustíveis fósseis forneceu, em termos globais, cerca de 87% desta energia em 2010, sendo o restante proveniente de eletricidade hidroelétrica e nuclear. Neste mesmo ano, o consumo de energia para todo o setor industrial global foi um pouco mais de 100 EJ. A produção de metais exigiu cerca de 50 EJ, um total dominado pela produção maciça de aço, 35 EJ. Os plásticos vêm a seguir com cerca de 20 EJ, bem à frente dos materiais de construção (cimento, tijolos, vidro) com cerca de 15 EJ. A produção de papel exigiu cerca de 10 EJ e os fertilizantes acrescentaram menos de 8 EJ. Para comparação, em 2005 o consumo de energia para todo o sector industrial global foi de 88 EJ. (Smil, 2014 & BP, 2021 & IEA, 2007)

O custo energético da madeira serrada pronta a ser comercializada é baixo, e comparável ao custo energético de muitos minerais a granel, e materiais de construção básicos. O abate de árvores, a remoção de troncos da floresta, o seu esquadrejamento e secagem ao ar livre não ultrapassam os 500 MJ/t, e os custos energéticos da ordem dos 1 a 3 GJ/t para as madeiras serradas, são naturalmente, apenas pequenas frações do teor energético da própria madeira, que varia entre 15 e 17 GJ/t quando seca. Obviamente, o custo energético dos produtos de madeira aumenta com o seu grau de processamento. Os painéis de partículas podem necessitar de 3 a 7 GJ/t, a produção de contraplacado varia entre 7 a 15 GJ/t, e a produção de madeira laminada colada, Glulam requer entre 5 e 12 GJ/t. (FAO, 1990)

O custo energético dos produtos de pedra natural é baixo, normalmente apenas cerca de 500 MJ/t para blocos extraídos, um pouco menos para pedra britada, mas é o dobro para a pedra grosseiramente cortada ou fendida, e três a quatro vezes mais, até 2 GJ/t, para pedras ornamentais cortadas e polidas com precisão. (Smil, 2014)

A sequência mais simples de extração e preparação para produzir areia limpa e de tamanho uniforme pode exigir cerca de 100 MJ/t, e mesmo a triagem de cascalho mais dispendiosa (ou a britagem, se necessário) deve ter um custo energético muito inferior a 500 MJ/t. Um consumo de energia mais elevado é necessário para a preparação da areia industrial utilizada para o fabrico de vidro, cerâmica e materiais refratários. (Smil, 2014)

Os tijolos queimados em fornos rurais ineficientes podem exigir até 2 GJ/t, o fabrico de tijolos furados necessita de 1,2 GJ/t, enquanto a produção de tijolos de alta qualidade

requer 2,3 GJ/t. O custo energético dos produtos cerâmicos aumenta com o seu grau de piro-processamento e a qualidade dos artigos. Os azulejos necessitam de 10 GJ/t, o grés sanitário custa cerca de 30 GJ/t, e a cerâmica fina até 70 GJ/t. As necessidades energéticas para a produção de vidro são cerca de 7 GJ/t, com pouca diferença entre o vidro de embalagem e o vidro plano. (IEA, 2007) (Smil, 2014)

As melhores práticas a nível mundial atualmente permitem produzir cimento Portland com um total de energia primária de 3,5 GJ/t, no entanto, muitas fábricas em países de baixo rendimento ainda precisam de cerca de 4,5 GJ/t. (Smil, 2014)

Uma análise das melhores práticas da indústria para toda a sequência ferro-aço, chegou a um resultado de 17 GJ/t para a fundição em alto-forno-BOF-contínuo. A intensidade energética da produção de aço será consideravelmente mais baixa nos países que recorrem mais à via mais eficiente, mas a média global ainda se situa nos 25 GJ/t. As melhores práticas da indústria de alumínio calculam o custo energético de toda a sequência em 175 GJ/t. Mas intensidades na ordem dos 200 GJ/t continuam a ser comuns. A elevada necessidade de eletricidade orientam a produção deste metal para países com recursos hídricos abundantes, como a China, Rússia, Canadá e os EUA, que são responsáveis por metade da produção mundial. (Smil, 2014).

Os custos energéticos aproximados do transporte de materiais e produtos a longa distância podem ser facilmente calculados com base nas seguintes médias expressas em t/Km: transporte aéreo 30 MJ, camiões a gasóleo entre 1 e 2,5 MJ, comboios a gasóleo 600-900 kJ, comboios a eletricidade 200-400 kJ, navios de carga mais pequenos 100-150 kJ e grandes navios-tanque, e navios de transporte de carga a granel apenas 50 kJ. (Smil, 2014)



Figura 27 - BOF para produção de Aço na Scunthorpe Steelwork's, Uwe Niggmeier, 2014

Eficiência

Devido à variabilidade das áreas das casas, e à diferente intensidade energética dos materiais, não é surpreendente que o custo energético ao longo da vida (construção, manutenção, funcionamento, demolição) de um espaço residencial possa variar entre 3 e 9 GJ por m². A energia total incorporada em casas unifamiliares pode ser tão baixa como 200 GJ para uma pequena estrutura de madeira, mas chegar aos 2 TJ para casas grandes ou edifícios de dois andares. (Smil, 2013)

As minka (casas do povo) do Japão utilizavam a construção de pilar e viga em madeira, paredes de barro ou bambu, portas de correr, divisórias de papel e chão em terra batida. Como resultado, uma minka de 100 m² não necessitava frequentemente de mais de 8 m³ de madeira de pinho, cedro ou cipreste. Uma igualmente pequena casa de madeira escandinava (stock hus) necessitava de 100 m³ de madeira, e as grandes casas de quinta na Alemanha ou na Suíça necessitavam normalmente de 1000 m³ de madeira. (Kawashima, 1986) (Smil, 2014)

Lean engineering, refere-se a uma forma de engenharia que poupa materiais, e que deve ser um dos principais objetivos de toda a boa conceção. É possível realizar poupanças consideráveis sem quaisquer inovações espantosas. Poupanças de 20 a 30% com a aplicação das melhores práticas disponíveis seriam comuns em muitas indústrias. Allwood e Cullen, estimaram que uma conceção leve poderia reduzir a massa das vigas de aço entre 20 e 50%, e os varões e tubos de reforço até 30%. Evitar a utilização de materiais deve ser uma das principais prioridades em todos os casos em que tais omissões não resultem em produtos menos seguros, menos cómodos, ou menos duráveis. As oportunidades de poupança através da conceção são omnipresentes e teriam o maior e mais duradouro efeito nas novas construções: uma conceção subóptima dos edifícios significa que é normalmente possível uma redução de 30% na utilização global de materiais. (Smil, 2014)

Tanto nos Estados Unidos como na União Europeia, os edifícios representam cerca de 40% do consumo total de energia primária. O transporte aparece em segundo lugar, com 28% nos EUA e 22% UE. O aquecimento e ar condicionado são responsáveis por metade do consumo residencial, de modo que o melhor que podemos fazer em prol do orçamento energético é manter o calor dentro ou fora de casa. Como seria de esperar, as energias incorporadas das habitações em climas frios são uma pequena fração do total de energia consumido ao longo da sua vida. Em Pequim (verões quentes, mas invernos muito frios) a energia incorporada na construção das habitações não é mais de 12 a 27% do que consumo total de energia ao longo da sua vida. E mesmo para uma casa canadiana maior (200 m²) que custou 1,5 TJ a construir, o seu aquecimento e iluminação exigirá cerca de 9,5 TJ em 60 anos, reduzindo a parte da construção para apenas 14% do custo total. (Smil, 2014)

A procura de poupanças de energia nos edifícios levou a códigos de construção mais rigorosos e à utilização de uma gama mais alargada de materiais de isolamento, no entanto é nas janelas o lugar onde mais compensa fazê-lo, porque é nelas que ocorre uma maior perda de energia. Uma única folha de vidro tem um coeficiente de transferência de 5,7 a

6 W/(m².K), no entanto, o coeficiente de duas folhas separadas por 6 mm é de 3,3, isto acontece porque o ar é um mau condutor de calor. Ao utilizar uma película de proteção que minimiza a passagem de radiação ultravioleta e infravermelha, este coeficiente baixa para 1,8 a 2,2, e encher o espaço entre os vidros com argon, que retarda a transferência de calor, põe-no em 1,1. Faça-o com uma janela de vidros triplos e obtém 0,6 a 0,7. Substitua o argon por cripton e ele desce para 0,5. É uma redução de perda de energia de cerca de 90% em comparação a um único vidro. No mundo da poupança de energia não há outras oportunidades desta magnitude aplicáveis a uma escala industrial. Apesar de uma janela de vidro triplo custar apenas 15% mais que uma janela de vidros duplos, ainda é corrente alegar-se que o passo do design duplo para o triplo não se justifica. Talvez isto seja verdade se ignorarmos a melhoria do conforto, a redução da condensação no vidro interior (ao elevar a temperatura acima do ponto de orvalho), e acima de tudo o facto de os vidros triplos continuarem a reduzir o consumo de energia durante décadas. (Smil, 2020)

A maior parte das construções modernas implica um grande consumo de energia. O problema começa logo a partir da concepção, que se apoia em preceitos estéticos e materiais desajustados, gerando edifícios extremamente dependentes uso de combustíveis fósseis. O betão e o aço, que são os materiais mais utilizados, exigem muita energia para o seu fabrico e transporte e, quando aplicados, formam longas pontes térmicas, difíceis ou até mesmo impossíveis de eliminar. O tijolo furado, utilizado para construir grande parte das paredes no último século, também não possui qualquer inércia térmica e as suas propriedades isolantes são fracas. Os grandes vãos acrescem ao problema, assim como a má gestão das orientações solares e do sombreamento. Todos estes edifícios são demasiado quentes no verão e muito frios no inverno, e a única forma de conseguir manter uma temperatura dentro da faixa habitável, passa por recorrer a equipamentos de climatização. Existem hoje, largas faixas de mercado para tentar remediar este género de deficiências construtivas, que causam problemas de salubridade graves, através da instalação de sistemas AVAC, ou pela aplicação de isolamentos em espuma de plástico, que são produtos altamente tóxicos para o meio ambiente, e que não deixam os edifícios respirar.

Como podemos observar, a explosão energética do último século deixou-nos negligentes com a gestão dos nossos escassos recursos. Agora, que entramos numa nova fase de mudanças climáticas cada vez mais severas, está na hora de voltarmos a focar em melhorar a forma como construímos, para conseguirmos fazer face aos desafios futuros.

Biomateriais

Até ao início do século XX, utilizavam-se na Europa 60 a 70% de materiais de construção de origem mineral (pedra, tijolo, terra e cal) e 30 a 40% de materiais de construção de origem vegetal (madeira, cortiça, palha e cana). Em pouco tempo esta relação modificou-se completamente, e hoje utilizam-se 10 a 20% de materiais de construção de origem mineral, e 1 a 5% de materiais de construção de origem vegetal, o restante, ou seja 80 a 90% são materiais duros e sintéticos (betão, vidro, aço, PVC e outros derivados do petróleo). (Figueira, 2016)

Desde 1950 a colheita mundial de madeira em toro duplicou, e dezenas de variedades de árvores são hoje colhidas para madeira, pasta de papel e combustível. A preferência da indústria por uma produção bastante uniforme, levou a uma dominância crescente de um pequeno número de espécies (pinheiros, freixos, eucaliptos e choupos), colhidas em monoculturas plantadas e replantadas. Das árvores cortadas 55% são utilizadas como lenha, e apenas 45% para madeira redonda industrial. As médias globais para o aproveitamento industrial são as seguintes: apenas 54% da madeira redonda acaba em madeira serrada, 29% em estilhas e placas, 11% em serradura e 1% em aparas. Nenhum destes materiais é desperdiçado, e são utilizados para o fabrico de painéis de partículas, pasta de papel, ou para produzir eletricidade. (FAO, 1990) (Smil, 2014)

Uma das vantagens da silvicultura, é a sua contribuição para a produção de oxigénio e o sequestro de carbono. Se as árvores forem cortadas e prontamente replantadas, podem tornar-se reservas de carbono importantes, desde que a sua biomassa integre estruturas duradouras. As estruturas em madeira têm emissões de gases de efeito de estufa significativamente mais baixas (até 65%) quando comparadas com edifícios de betão armado. As peças de madeira maciça recuperadas de edifícios antigos ainda são frequentemente reutilizadas, mas também podem ser queimadas, e libertar por fim, ainda mais energia do que aquela que foi utilizada na sua produção. (Smil, 2014) (Berge, 2009)

A durabilidade é, obviamente, uma consideração fundamental e, no caso da madeira, é determinada pela sua localização: Pode durar perto de um milénio quando sempre seca, a menos de 5 anos para a madeira em contacto com a terra. Mas a madeira tratada pode durar muito mais. O creosote derivado do alcatrão de hulha continua a ser a primeira escolha para o tratamento de dormentes de caminhos-de-ferro e postes de eletricidade, mas há vários compostos à base de cobre e novas preparações não metálicas. A biodeterioração (madeira atacada por fungos e insetos) é um problema universal, mas é particularmente rápida nas regiões tropicais; onde os boratos oferecem a melhor e mais segura proteção contra as térmitas, os principais destruidores de madeira em climas quentes. (Smil, 2014)

Devido à abundância de madeira de baixo custo na América do Norte, este material ainda é, muitas vezes, o único componente das novas habitações unifamiliares, e apesar da sua contínua substituição por plásticos e metais, a construção continua a ser um dos seus maiores consumidores, devido à sua necessidade de cofragem para betão. Contudo, as

formas, podem ser reutilizadas, e as que são adequadamente concebidas (com superfícies lisas e resistentes) podem ser utilizadas até 200 vezes. (Smil, 2014)

O Glu-lam é um material feito de lamelas finas e flexíveis de madeira, que é fácil de maquinar, e que pode ser utilizado não só para pilares, vigas e asnas, mas também transformado em formas otimizadas, incluindo arcos e cúpulas. O Glu-lam é leve, mas suficientemente forte, o dobro da madeira serrada, e comparável ao aço estrutural por unidade de massa. Pode ser moldado em grandes estruturas de suporte de carga, incluindo grandes pontes. A madeira laminada colada é também bastante resistente a produtos químicos agressivos e arde mal, isola bem e a mesma peça pode ser utilizada tanto no interior como no exterior de um edifício sem qualquer problema de pontes térmicas. (Smil, 2014)



Figura 28 - Edifício Tamedia, Shigeru Ban, Zurique, 2013

Reflorestar o planeta é fundamental para conseguirmos baixar as temperaturas globais e garantir o nosso próprio futuro. Precisamos de aumentar em muito a área florestada, evitar o abate de árvores, e sobretudo a sua utilização como combustível. As madeiras precisam de ser tratadas como um produto de uso responsável, evitando o seu desperdício. Na construção, possuem o potencial de substituir as estruturas em betão, mas devemos limitar a sua utilização a funções estruturais mínimas. Hoje praticamente todas as formas de utilização da madeira, podem ser substituídas pelo mais barato e ecológico bambu, sobretudo com a introdução das suas novas formas laminadas e coladas, o CLB, que substituem as grandes peças maciças.

As canas são dos recursos naturais que se renovam num menor período de tempo, e que possuem a maior velocidade de crescimento e produtividade por área. O bambu destaca-se porque pode crescer até 120 cm num dia, atingindo um máximo de 30 metros em 3 meses, e amadurecendo totalmente entre 3 a 6 anos. É um sequestrador de carbono muito eficiente, e converte mais dióxido de carbono em oxigénio do que as árvores, produzindo também muito mais biomassa por hectare do que uma plantação de eucalipto. O bambu, pertence à família das gramíneas, e existem mais de 1200 espécies espalhadas pelo globo, encontrando-se em abundância nos trópicos e subtropicais, é nativo de todos os continentes exceto da Europa. Esta planta possui um grande rizoma subterrâneo de onde brotam as canas, e não possui necessidade de replantio, renova-se constantemente, podendo alastrar-se e ocupar todo o espaço disponível. (Janssen, J.J.A.,1981) (Tirelli, Z.P., 2007).



Figura 29 - Remate de cobertura de uma Minka Japonesa, Shirakawa-go, 2019

Dotado de uma grande versatilidade, é historicamente utilizado para fabricar uma vasta gama de produtos, desde alimentação, construção, mobiliário, têxteis, instrumentos musicais, entre outros. O seu conteúdo de celulose torna-o numa matéria-prima muito adequada para a indústria de papel e para a produção de biodiesel. Como qualquer outro vegetal, a sua maior desvantagem é a durabilidade. Existem métodos de tratamento e de preservação que podem prolongar a sua vida útil, no entanto esta continua a ser significativamente inferior que a da madeira. A vida útil do bambu não tratado e em contato com o solo é de 1 a 3 anos, num local seco entre 4 a 6 anos, e com o correto tratamento, pode durar entre 20 a 50 anos. O custo ambiental da utilização do bambu, é significativamente inferior a qualquer outro material de construção, e devido às suas excelentes propriedades físicas e mecânicas é muito apto para ser utilizado como material estrutural. Barato e fácil de obter está normalmente associado a construções em países subdesenvolvidos, o que contribui para ser socialmente denegrado e rejeitado. Este pensamento é desadequado e deve ser evitado, em particular no contexto de crise ecológica e económica atual. (Janssen, J.J., 2000) (Tirelli, Z.P., 2007) (Eberhardt, 2007)

As Palhas são um material arcaico de construção, normalmente utilizadas para o fabrico de coberturas, a sua aplicação não exige conhecimentos ou ferramentas muito sofisticadas. O junco, o trigo, e o centeio são os exemplos de colmo mais comuns, mas também podem ser encontrados exemplares em bambu, palmeira, giesta, e até em algas marinhas. Os telhados de colmo são isolantes muito eficientes para o calor e para o frio, absorvem a humidade e arejam o local. O seu uso em habitações tradicionais era muito generalizado em todos os continentes. Os telhados de colmo devem ser o mais inclinados possível, possuindo pelo menos um ângulo de 30 graus para escoar bem as águas e aumentar a sua durabilidade. Uma cobertura vegetal de boa qualidade pode durar entre 40 e 50 anos, se mantida por um artesão experiente. Essa manutenção, consiste em retirar a palha que não esteja bem acamada por causa do vento ou dos pássaros e em retirar todo o musgo que mantém a palha artificialmente húmida.

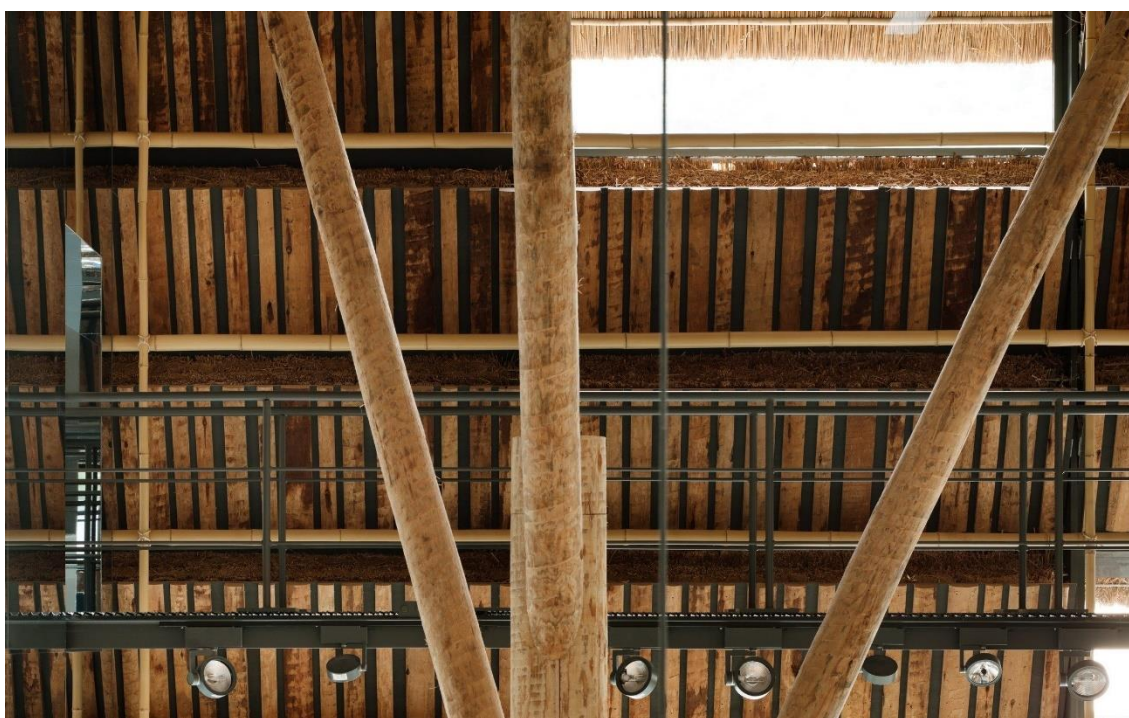


Figura 30 - Mercado de Yusuhara, Kengo Kuma, Japão, 2010

Devido aos incêndios que deflagraram em várias cidades medievais, o colmo foi sendo aos poucos proibido. Na maior parte da Europa, passou a ser usado apenas em áreas isoladas do campo, nas aldeias das montanhas ou em construções auxiliares, como palheiros e celeiros. Gradualmente, os telhados de colmo tornaram-se num sinal de pobreza, e o número de casas com palha diminuiu, bem como os artesãos profissionais colmadores. Nos últimos trinta anos houve uma evolução das técnicas construtivas, com a introdução do telhado "corta-fogo", instalado entre as vigas e a palha, e ainda a impregnação do colmo por silicato de sódio, minimizando o risco de incêndio. Uma fina grelha de aço também é agora frequentemente adicionada para evitar que os pássaros retirem a palha. Hoje, os telhados de colmo estão são cada vez mais populares pelo interesse na conservação de edifícios históricos, e ainda pelo uso crescente de materiais de construção sustentáveis, tornando-se num símbolo de riqueza mais do que pobreza devido ao seu elevado custo de manutenção.

A terra, é o recurso mais abundante no planeta, e possui o potencial de ser o mais ecológico para se materializar em construção. As construções em terra podem ser integralmente recicladas, não requerem gastos energéticos para a sua transformação e transporte, e ainda preservam o solo orgânico para o seu propósito funcional. A terra para construção, é extraída de profundidades superiores a meio metro, e é composta por minerais de diversas granulometrias (< 20 mm). Depois de lavrada, regada, e amassada, para homogeneizar todo o composto, vai resultar em construção pelo reagregar de todos os seus componentes, mimetizando o funcionamento de uma pedra, e definindo-se como um tipo de betão. A terra é tendencialmente aplicada de modo a preencher ou revestir uma ossatura portante, mas também se pode apresentar como elemento principal de suporte. Sem subestruturas de apoio ou armação, funcionará apenas á compressão e, por isso, estará limitada às formas compressíveis, todas elas derivadas do pilar e do arco. (Aresta, 2014) (Alegria, 2002) (González, 2006)

O melhor tipo de solo que se pode usar para construções em terra é uma argila arenosa ou uma areia argilosa. No entanto, como as terras apresentam grande diversidade sob a crosta terrestre, com diferentes características morfológicas e de distribuição granulométrica, desenvolveram-se inúmeras técnicas sob a qual se pode consolidar e materializar. As construções em terra mais comuns, materializam-se sob a forma monolítica (Taipa), ou alvenaria (Tijolo), e são conseguidas preferencialmente por compactação, mas também podem possuir materiais aglomerantes como o cimento ou a cal. Aos solos podem ser-lhe adicionados estabilizantes na ordem dos 5 a 10% de cimento ou dos 3 a 10% de cal. A opção entre um e o outro depende da composição do solo a estabilizar, sendo que o cimento se dá de forma mais eficiente com os casos mais arenosos e a cal com os mais argilosos. Para comparação, uma construção de betão armado de alta qualidade pode ser feita com brita, areia e 12 % de cimento. Na construção em terra, as construções de paredes são tipicamente mais espessas. E se utilizarmos uma mistura típica de 10%, podemos concluir que é adicionado mais cimento por m² de área de parede do que nas construções de betão mais comuns. (Figueira, 2016)

Quando se adiciona cal à terra, podemos observar que torna a sua presa muito mais rígida, consolidando a mistura numa primeira fase, mas dando continuidade ao seu enrijecimento de forma paulatina ao longo do tempo. Quando se adiciona cimento ao composto de terra, a mistura equilibra-se muito rapidamente de forma extremamente rígida e

homogénea, acelerando ainda mais o tempo de cura. Esta é a razão pela qual este aglomerante é o mais utilizado, ainda que se demonstre de certo modo impróprio e inflexível face ao comportamento particular da terra. A aditivação de argamassas bastardas, com cimento e cal, é uma solução bastante eficiente, onde a aliança das vantagens entre ambos os estabilizantes resulta numa grande resistência consolidada rapidamente, preservando a respiração das alvenarias. (Figueira, 2016)

Hoje em dia mais de 30% da humanidade continua a viver em estruturas cujo material é o barro disponível localmente, que não foi objeto de qualquer transformação elaborada, e fabricado sem qualquer contributo energético moderno. Embora a construção de casas de terra exija apenas algumas ferramentas simples, é bastante trabalhosa. No entanto, quando estas construções são executadas de maneira correta e cuidada, podem mostrar-se surpreendentemente duráveis e resistentes. Como são frescas no Verão e quentes no Inverno, serviram ao longo do tempo para construir os abrigos dos mais pobres, mas também as mansões dos mais poderosos. A sua sanidade ambiental, transpõe-se ao ser humano, e as suas características higroscópicas, térmico-acústicas, e energia incorporada quase nula, assumem-se como um sistema construtivo completo, face aos parâmetros de conforto e dos modos de habitar humanos. Sem distinção de meios nem de climas (dos mais secos aos mais chuvosos), as construções em terra crua adaptam-se a todos os particularismos. (Berge, 2009) (Figueira, 2016)

A produção de materiais ainda mais resistentes à base de solo, requer a cozedura de argilas em fornos com temperaturas que variam entre 500 °C, para tijolos de baixa qualidade, e 1200 °C para tijolos de alta qualidade. Os tijolos cozidos requerem uma mistura inicial de 20 a 30% de argila e 50 a 60% de areias. Por serem fabricados com matérias-primas específicas, que não se encontram distribuídas de igual forma pela

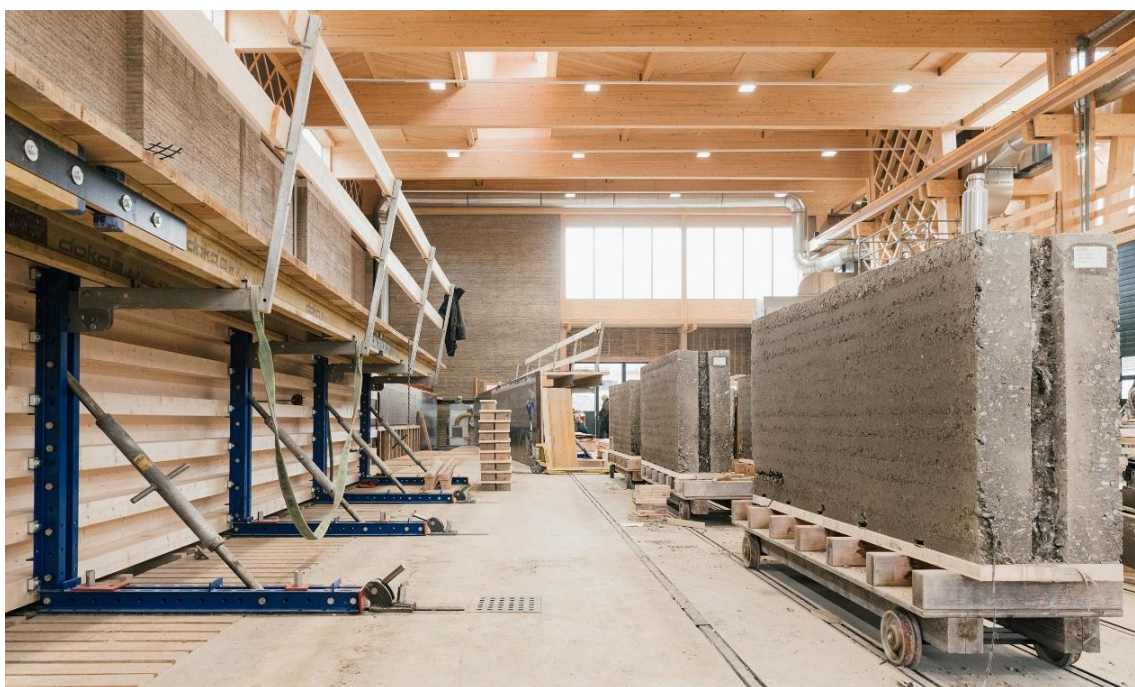


Figura 31 - Blocos de Taipa industrializados, Erden, Áustria, 2020

superfície terrestre, a sua utilização encontra-se quase sempre dependente do transporte de materiais, tornando-os mais dispendiosos e menos sustentáveis. Construções de tijolos crus e cozidos, são extremamente eficientes, sobretudo quando a resistência suplementar das peças cozidas é utilizada de forma eficiente em fundações, faixas horizontais de travagem ou couraças testáceas. As estruturas construídas apenas com tijolo cozido são muito resistentes, e provaram-se duráveis durante séculos, até mesmo em climas tropicais. Devido ao seu processamento mais intensivo os tijolos cozidos já não conseguem reintegrar-se totalmente no meio ambiente, e podem ser reutilizados quer como salvados, após uma remodelação mínima, ou reciclados pela sua trituração e introdução em novos tijolos ou betão. (Smil, 2014) (Figueira, 2016) (Vitrúvio, 2009)

A cal é um material notável e um dos elementos aglomerantes mais utilizados ao longo da história. Este material antisséptico, apresenta uma grande capacidade para garantir ambientes saudáveis, com grandes vantagens domésticas, mantendo longe insetos e fungos. A longevidade de um reboco de cal, quando bem doseado e aplicado, é mais de um século, e quando a argamassa de cal é utilizada para unir pedras calcárias, dá-se ao longo dos anos, uma homogeneidade mecânica e química, transformando a cal e a pedra numa só rocha. (Figueira, 2016)

As palavras "Aérea" e "Hidráulica" referem-se ao tipo de presa (secagem e endurecimento). A cal aérea faz presa pela ação do ar, absorvendo e fixando o dióxido de carbono, num processo designado como carbonatação. Atendendo que a quantidade de carbono no ar é limitada, a presa da cal aérea é necessariamente muito lenta. Ao contrário, a cal hidráulica faz presa pela ação da água, de forma relativamente rápida e semelhante ao cimento Portland, tornando a mistura impermeável ao ar e à água, enquanto a cal aérea, mantém permeabilidade ao vapor.



Figura 32 - Cidade de Shibam, Construção vertical em terra crua, século XVI, Iémen

O melhor comportamento da cal é verificado quando adicionada a compostos de gênese calcária ou piroclástica, como são as areias vulcânicas (pozolanas) e a pedra pomes. Para além da pozolana natural, podem utilizar-se substitutos artificiais conseguidos através da calcinação de argilas, cinzas volantes e pó de tijolo. Como elemento coadjuvante da cal, conhecem-se as aplicações do óleo, que quando adicionado na extinção da cal viva, em substituição da água, é capaz de aumentar consideravelmente a sua resistência e durabilidade, bem como a flexibilidade da argamassa, garantindo a ausência de fissuras no seu endurecimento. Para além disso, preserva, de forma hidrófuga, as qualidades salubres da cal, seja pela respiração das alvenarias, como pela sua capacidade de absorção de dióxido de carbono. (Vitrúvio, 2009 & Figueira, 2016)

Hoje, o laborioso corte de pedra, foi totalmente mecanizado, utilizando lâminas de diamante ou jatos de água, e o acabamento (retificação e polimento) pode ser efetuado com especificações exatas. Apesar da sua extração ter sido enormemente facilitada, a pedra continuou a perder o seu interesse estrutural, devido às inerentes dificuldades com seu transporte, e é hoje utilizada de forma mais conveniente e prática como brita que integra as estruturas de betão, ou como peças e revestimentos decorativos. A pedra é normalmente produzida a partir de depósitos próximos para consumo local e regional, ainda que exista algum comércio a longa distância e mesmo internacional. A extração moderna de areias é efetuada através de escavação de poços ou por dragagem de rios, ou ao longo da costa. (Smil, 2014)

Conforme fomos referindo, os biomateriais que tradicionalmente eram fundamentais á vivência do homem, foram caindo em desuso devido à industrialização, preconceito, conveniência ou legislação. No entanto estes materiais ainda conservam todo o seu potencial para elevar a qualidade e o conforto de qualquer construção contemporânea, para além de diminuir muito o seu impacto ambiental.



Figura 33 - Moinhos de vento "Asbads", construídos durante o Seculo X, Irão.

Arquitetura

O arremesso do estilo internacional a partir da 2ª metade do séc. XX, sedimenta firmemente a ideia de superioridade da indústria sobre o artesão Humano. Esta ética disseminada pelos mercadores europeus para vender os produtos das suas fábricas, fez-se sentir onerosamente por todo o mundo, e importou custos insuportáveis para as comunidades mais pobres, que passaram a aceitar o consumo de produtos industrializados como um modo de vida desejável. Muitos milhões de pessoas, deixaram de acreditar no valor da sua cultura, e aplicaram as suas curtas poupanças, em construções cada vez mais industrializadas. Esta mudança radical na forma de construir, coincide com um declínio abrupto da qualidade geral das estruturas, afetando o sentido de escala, estética, conforto, salubridade, comunidade, entre outros.

Nos países industrializados, os estados existem hoje em grande medida, para manter e promover as infraestruturas (económicas, técnicas e jurídicas) que impõem o consumo de massas. Como tal, passaram a forçar a sua preferência por métodos construtivos cada vez mais industrializados, e a exigir que as diferentes etapas construtivas sejam efetuadas por diferentes entidades certificadas. Hoje, os regulamentos preveem todo o tipo de incidentes aos quais os edifícios devem estar preparados para responder, salvaguardando, em qualquer caso, a segurança dos seus utilizadores. O resultado são estruturas excessivamente resistentes e espaços pouco habitáveis, conseguidos á custa de um consumo abusivo de materiais muito poluentes como o aço. A forte exploração material deste modelo social, têm demonstrado que o Homem (tal como a Arquitetura) eleva os seus limites e explora os recursos à sua disposição de forma "destrutiva", negando o equilíbrio entre o planeta e a sua ocupação pelo ser humano. A este modelo ecologicamente insustentável, e inacessível a grande parte da população, soma-se o déficit de habitação de interesse social, desenhando um cenário, onde engenheiros e arquitetos enfrentam o desafio de uma mudança urgente no paradigma de desenvolvimento. (Figueira, 2016) (Smil, 2014)

É fácil constatar que no panorama contemporâneo, a arquitetura tem seguido continuamente uma lógica tecnocrata e convencional, pautando-se pela legislação apertada, como se de uma receita se tratasse. A uniformização dos sistemas construtivos, promovida pelos governos e mercados, conduziu a respostas desligadas do meio onde se inserem, promovendo a importação de todo o tipo de materiais e "conceitos" definidos pelos projetos arquitetónicos. Este desequilíbrio entre critérios é característico das nossas sociedades capitalistas, que deixaram de olhar para as definições objetivas de bondade e de beleza, desvalorizando-as, para procurar o que compõe os maiores lucros. No entanto, a realidade ambiental do nosso planeta, traz-nos o dever de considerarmos novos padrões de consumo e apropriação cultural, e é neste plano que os valores vernáculos se fazem emergir como uma oportunidade maior, face a atitudes mais ecológicas. (Figueira, 2016)

A arquitetura vernacular é essencial porque, ao utilizar as matérias locais para construir, consegue fazer inteligentemente o máximo com o mínimo. As materialidades locais são as mais propícias de serem aplicadas eficientemente em construção, e se voltarmos a utilizá-las no mesmo contexto, pressupõe-se não só uma opção sustentável, como, de certo

modo, a reconquista de um espectro cultural perdido. Se o arquiteto mostrar o que há de admirável nas formas locais, e se ele próprio as chegar a utilizar, as pessoas voltarão a ter orgulho nos seus produtos e serão estimuladas a usar e desenvolver as formas tradicionais, porque as verão a ser respeitadas. (Fathy, 2009)



Figura 34 - New Barris Village, Hassan Fathy, Egipto, 1967

As criações com biomateriais, exprimem uma força muito específica quase extinta em algumas regiões do mundo, que podemos designar como “a sensualidade da arte de construir”, que se revela num verdadeiro erotismo, monumental ou doméstico, na cidade e no campo. Dentro dos limites da resistência do material e das leis da estática, o arquiteto encontra-se, de súbito, livre para modelar o espaço, e gerar ordem e o significado à escala humana, de tal forma que a sua casa já não terá necessidade de decorações adicionais. Esta qualidade escultórica associada ao trabalho dos biomateriais, faz com que o agente interveniente se assumia mais na qualidade de artesão do que mero construtor. O valor de autenticidade gerado pela imperfeição, desenvolve-se em conjunto com a sua ação, aproximando por isso, cada objeto à condição humana. (Aresta, 2014 & Figueira, 2016)

Embora as bioconstruções se afirmem de forma cada vez mais positiva quanto ao seu valor social, económico e ecológico, o panorama imobiliário continua a fazer-se representar segundo metodologias industriais de construção. Os constrangimentos burocráticos e os padrões de rigor técnico exigidos à construção civil transpuseram-se aos materiais naturais e à construção de carácter artesanal, o que tornou ilícita a ação construtiva ao cidadão “comum”, hoje obrigado a posicionar-se como requisitante de um serviço, por intermédio de uma entidade projetista ou construtora. Devido a tudo isto, o custo da construção com biomateriais têm-se mostrado semelhante, ou ainda mais caro, do que a edificação industrial, algo paradoxal face ao custo nulo de transformação e transporte dos materiais. Hoje, qualquer biomaterial possui o estatuto de material de construção Premium, e grande parte das bioconstruções, novas ou antigas, tornaram-se casas-troféu dos ricos. Paredes em adobe (matéria-prima e mão-de-obra) contribuem apenas com 7 a 10% do custo total da obra, o que por si só não é a causa dos seus elevados preços. (Figueira, 2016)

Concluimos assim, que é indispensável a promoção da alteração das normas e a simplificação dos sistemas burocráticos. As novas alternativas para a edificação, devem considerar o interesse de todos os cidadãos e reinserir a legitimidade dos biomateriais dentro dos parâmetros de rigor da construção civil atual. Contemplando as particularidades construtivas destes materiais, pelas suas características físicas muito variadas e, especialmente, pelo seu carácter empírico associado ao saber-fazer. (Figueira, 2016)

Comunidades

Tanto quanto sabemos, desde os tempos mais antigos, os seres humanos viveram em comunidades familiares íntimas, e a maior parte trabalhava nos negócios da família ou dos vizinhos. Quando uma pessoa adoecia, a família cuidava dela; quando outra envelhecia, a família sustentava-a; quando uma pessoa morria, a família cuidava dos órfãos. A comunidade oferecia o apoio necessário com base em tradições locais, numa economia de favores, que envolvia muitas transações, mas poucos pagamentos. Havia alguns mercados, mas o seu papel era limitado, e a maior parte das necessidades humanas era suprida pela sua comunidade. (Harari, 2011)

Como as antigas economias agrícolas tinham poucos excedentes com os quais alimentar multidões de funcionários, os reinos e os impérios tendiam a manter-se longe das questões cotidianas das comunidades. Tudo isto mudou com a revolução industrial, e com o passar do tempo, os estados e os mercados usaram o seu crescente poder para enfraquecer os laços tradicionais. Hoje, a maior parte das funções tradicionais das famílias e das comunidades foi-lhes entregue, acabando com as antiquíssimas tradições locais, e substituindo-as por modas comerciais em constante mudança. No entanto, este acordo é difícil. Os estados e mercados discordam em relação aos seus direitos e obrigações mútuos, enquanto que os indivíduos se queixam de que ambos exigem muito e dão pouco. Os indivíduos são explorados pelos mercados e, os estados usam as suas forças policiais e burocráticas para os perseguir em vez de os defender. (Harari, 2011)

Hoje, os saberes tradicionais possuem um potencial de emancipação notável, respondendo na íntegra às crises ambiental, habitacional e social globais. Também manifestam uma viabilidade económica crucial, não só pelo baixo custo dos materiais locais, mas também pela possibilidade de autonomia construtiva. Quando se está a construir numa comunidade, espera-se que toda a gente venha para dar uma mão. As pessoas que ajudam são muitas e a casa fica terminada num instante. Nenhum destes vizinhos é pago, e o único benefício esperado é que um dia lhe façam o mesmo. A construção torna-se assim numa atividade comunitária à semelhança da colheita ou do combate ao fogo, fortalecendo as relações entre todos os que participam. (Fathy, 2009) (Figueira, 2016)

A família e a comunidade, são particularmente importantes porque têm mais impacto sobre a nossa felicidade do que o dinheiro ou a saúde. As pessoas com famílias fortes, que vivem em comunidades próximas e solidárias, são significativamente mais felizes do que as que têm famílias disfuncionais. O casamento é particularmente importante, e existe uma correlação muito próxima entre bons casamentos e um elevado bem-estar subjetivo. Isto é verdade independentemente das condições económicas ou até físicas. Um inválido sem dinheiro rodeado por uma esposa carinhosa e uma família dedicada, pode sentir-se melhor do que um milionário alienado, desde que a sua pobreza não seja demasiadamente severa e a sua doença dolorosa. (Harari, 2011)

Podemos observar também que a enorme melhoria nas condições materiais durante os últimos dois séculos ter sido contrabalançada pelo colapso da família e da comunidade.

Uma pessoa hoje pode não se sentir mais feliz do que se sentiria em 1800. Até a liberdade recentemente adquirida, e que tanto valorizamos, se pode virar contra nós. Podemos escolher os nossos cônjuges, os nossos amigos e os nossos vizinhos, mas eles também podem escolher deixar-nos. Tendo o indivíduo um poder sem precedentes para decidir o seu próprio caminho torna-se muito mais difícil fazer compromissos. Como tal, vivemos no mundo progressivamente mais solitário de comunidades e famílias em colapso. (Harari, 2011)

Os budistas estudaram de forma sistemática a essência e as causas da felicidade, e defendem que a busca de sentimentos subjetivos é a raiz do sofrimento. Esta procura conduz-nos a um constante estado de tensão, confusão e insatisfação. Tal como o budismo, a maior parte das religiões e filosofias tem tido uma abordagem muito diferente da do liberalismo no que diz respeito à felicidade. Ao longo da história defendeu-se a existência de medidas objetivas para a bondade e para a beleza, e para como as coisas deviam ser. Desconfiava-se dos sentimentos e das preferências da pessoa comum, que tende a ignorar o seu verdadeiro ser, e como tal, é provável que ignore a sua verdadeira felicidade. (Harari, 2011)

A natureza, o ser humano, e o seu espírito, constituem em si, os três grandes pilares da condição humana, dos quais a população contemporânea se tem revelado cada vez mais carência. A esterilidade dos contextos urbanos, o anonimato e a desconexão são fatores psicológicos contraproducentes. O homem necessita de se reconectar, e ser um com o seu pensar, sentir e fazer. Ser um com a Natureza, e com o Lugar. (Figueira, 2016)



Figura 35 - Substituição da cobertura em Colmo de uma Minka, Shirakawa-go

Conclusão

O consumo de combustíveis fósseis iniciou-se na Inglaterra século XVII, mas só com o final da primeira guerra mundial o seu uso se tornou alargado. Até ao final do século, todas as nações do mundo foram submetidas a processos de industrialização, forçando a transição das suas sociedades tradicionais para sociedades modernas. Esta mudança foi difícil, e implicou a ruptura com antiquíssimas tradições que dotavam a vida de significado, sobrepondo-lhes o progresso de um mundo mecanicista, e mal ajustado à condição humana. O enorme aumento de produtividade provocado pela energia dos combustíveis fósseis, permitiu à população mundial quadruplicar desde o início do século XX, o que provocou um enorme aumento na procura de todo o tipo de recursos. Tudo isto sujeitou o nosso meio ambiente a uma incessante sobre-exploração e poluição, que provocaram perdas significativas de biodiversidade, e tornaram o nosso clima cada vez mais quente e instável.

Hoje é necessário conter a degradação ambiental começar a reabilitar os sistemas que suportam a vida neste planeta. Podemos fazer a diferença se consumirmos menos, viajarmos menos e aprendermos mais. Precisamos de controlar os danos causados pela desinformação, plantar novas florestas; e tirar partido dos fluxos de energia renovável. Esta transição precisa de todos para vencer os desafios que se aproximam, e realizar as três transições fundamentais:

- **Transição energética**, para uma sociedade livre de combustíveis fósseis;
- **Transição demográfica**, para uma sociedade com baixos níveis de fecundidade;
- **Transição biótica**, para um mundo biodiverso e reflorestado.

Durante os milénios que constituem a nossa história, nunca a humanidade teve acesso a tanta energia como nos últimos 100 anos. Este facto facilitou imenso a construção, tornando-a muito mais simples e barata. A partir de 1920, com o evento do modernismo, a construção sofreu um processo de industrialização, impulsionado pelos governos e mercados, que removeu a componente humana e artesanal da arquitectura, transformando as construções em produtos comerciais, direccionados para a obtenção de lucro, e não para a melhoria da qualidade de vida humana.

O modernismo desprezou o *savoir-faire* de milénios de construções humanas, sujeitando-nos aos princípios da carta de Atenas, que só podem ser conseguidos, e manter-se funcionais, através de um consumo absurdo de energia e recursos. Para além de todo o desperdício, estas estruturas são desconfortáveis, quer seja pela sua agressividade, inadequação, ou apenas por serem feias. É urgente ultrapassar esta ilusão. As nossas actuais correntes arquitectónicas estão assentes na ideia de que os combustíveis fósseis são um recurso infinito e inócuo, o que não é verdade.

As arquiteturas devem conseguir esclarecer o nosso mundo para que possuam o potencial de transformação tão necessário á humanidade. O minimalismo precisa de deixar de ser um preceito estético e passar a ser um requisito construtivo e material. Os materiais devem estar associados a um baixo nível de processamento da matéria, utilizada o mais crua possível, evitando emissões, e aproximando-se da sua essência. Este gesto simples consegue educar-nos sobre a nossa natureza, revelando-se profundamente

recompensador. Os materiais sintéticos não conseguem fazer isto por nós. Eles são contraproducentes, inculcando-nos a ideia de fraca qualidade subjacente à nossa realidade mais alargada. O minimalismo construtivo, tem a ver com a qualidade da técnica. A forma de construir deve significar o material, tirando o melhor partido possível das suas qualidades reais, sem subterfúgios. A técnica, deve ser simples, eficiente e tradicional. Toda a arquitectura clássica e vernacular tem muito para nos ensinar sobre isto. Reforço, a qualidade do nosso mundo objectivo reflecte-se na qualidade dos nossos pensamentos e personalidade. A beleza da verdade importa. A gentileza da qualidade significa, e a ética da técnica dignifica. Neste sentido, mais que nunca, temos um longo caminho para percorrer.

Aos arquitetos, cabe hoje o desafio sui generis de realizar uma arquitectura contemporânea não industrializada. É necessário afastarmo-nos da esterilidade e do enorme desperdício criado pela industrialização, e aproximarmo-nos de valores vernáculos, que dignificam a verdade dos nossos recursos, reavivando o que há de admirável nas nossas culturas e tradições. Ao construir de forma artesanal, o Arquitecto harmoniza as peculiaridades da natureza com o homem, tornando-se num agente de cura. Para edificação de novas arquiteturas, devem considerar-se as seguintes transições:

- **Transição Construtiva**, para sistemas contemporâneos de Bioconstrução, baseados em sistemas históricos, que utilizam os materiais locais, com transformações mínimas, e que prestam especial atenção à conservação de energia.
- **Transição Funcional**, as novas arquiteturas devem voltar a definir-se como produtoras, captando e transformando a energia disponível, em produtos utilizáveis pelo homem, como electricidade, calor e alimentação.
- **Transição Tipológica**, o desenho da arquitectura deve voltar a assegurar edifícios nucleares, que viram as suas atenções para um centro gerador de comunidades. Este tipo de estratégia pode ser repetida de forma fractal, e assim, utilizada para uma casa, bairro, ou, até, cidade.

Hoje, os arquitectos possuem um importantíssimo papel cultural que devem desempenhar. Com um consumo de mais de 40% da energia total produzida no mundo, e uma omnipresença impressionante, os edifícios possuem um enorme potencial educador do qual devem fazer uso. Eles formam subtilmente as nossas mentes, dando pistas ao homem, e manifestando-se nos seus hábitos e modo de viver. Ao longo da história, foi sempre através da arquitectura que se promoveram mudanças sociais importantes e se instituíram novas culturas. Os monumentos possuem um potencial definitivo para sedimentar alterações de comportamento, e é através deles que conseguimos absorver sistemas de valores complexos. A Arquitectura torna-se assim na chave para a transformação social, que pode instituir uma nova ordem de significado, ajudando-nos, de facto, a ajustar a nossa rota, e a mitigar as alterações climáticas.

Anexos

O Processo Desenhado

Para esta dissertação tinha-se a intenção de desenhar uma torre. Queria-se que a torre fosse alta como está aqui em cima. Que fosse uma construção biológica, sustentável, ou energeticamente independente. No entanto à medida que se avançou com o projeto, tornou-se claro que ainda não sabíamos o suficiente para tornar esta ideia realidade. Começamos então a investigação necessária para a sua realização, e que se tornou na razão fundamental para a existência de uma dissertação teórica.

Um objeto Industrial

Consumo excessivo de energia e material

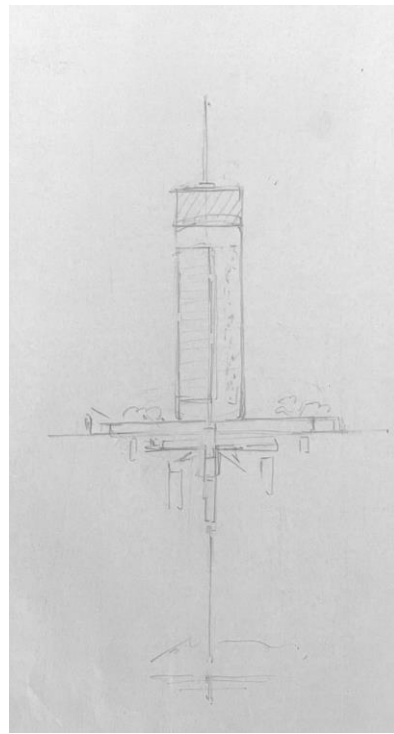
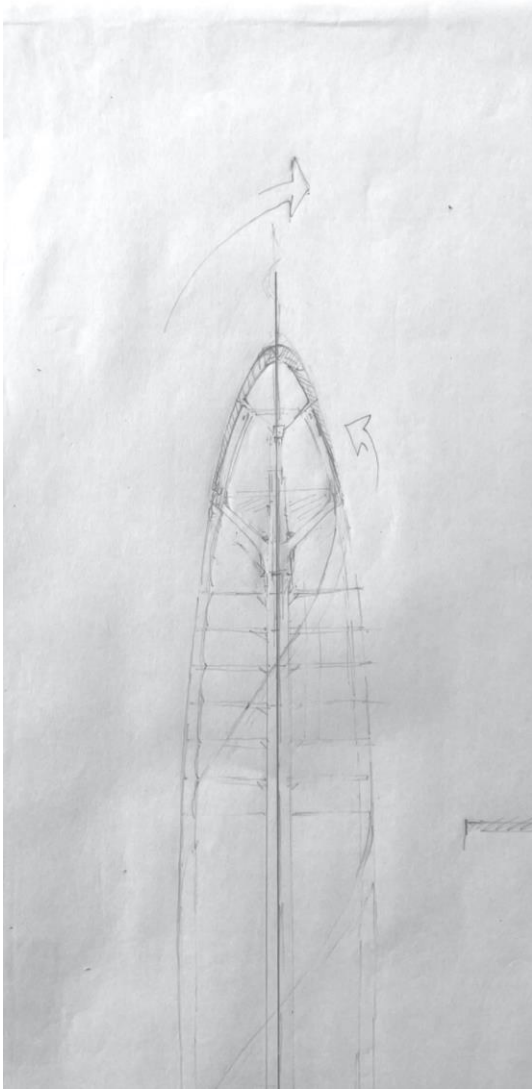


Figura 36 - Fundação para turbina eólica, 2015

Transição construtiva

Gera problemas de escala e torna difícil habitar a torre

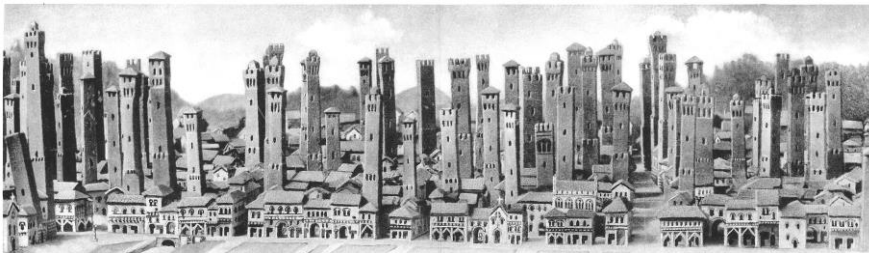
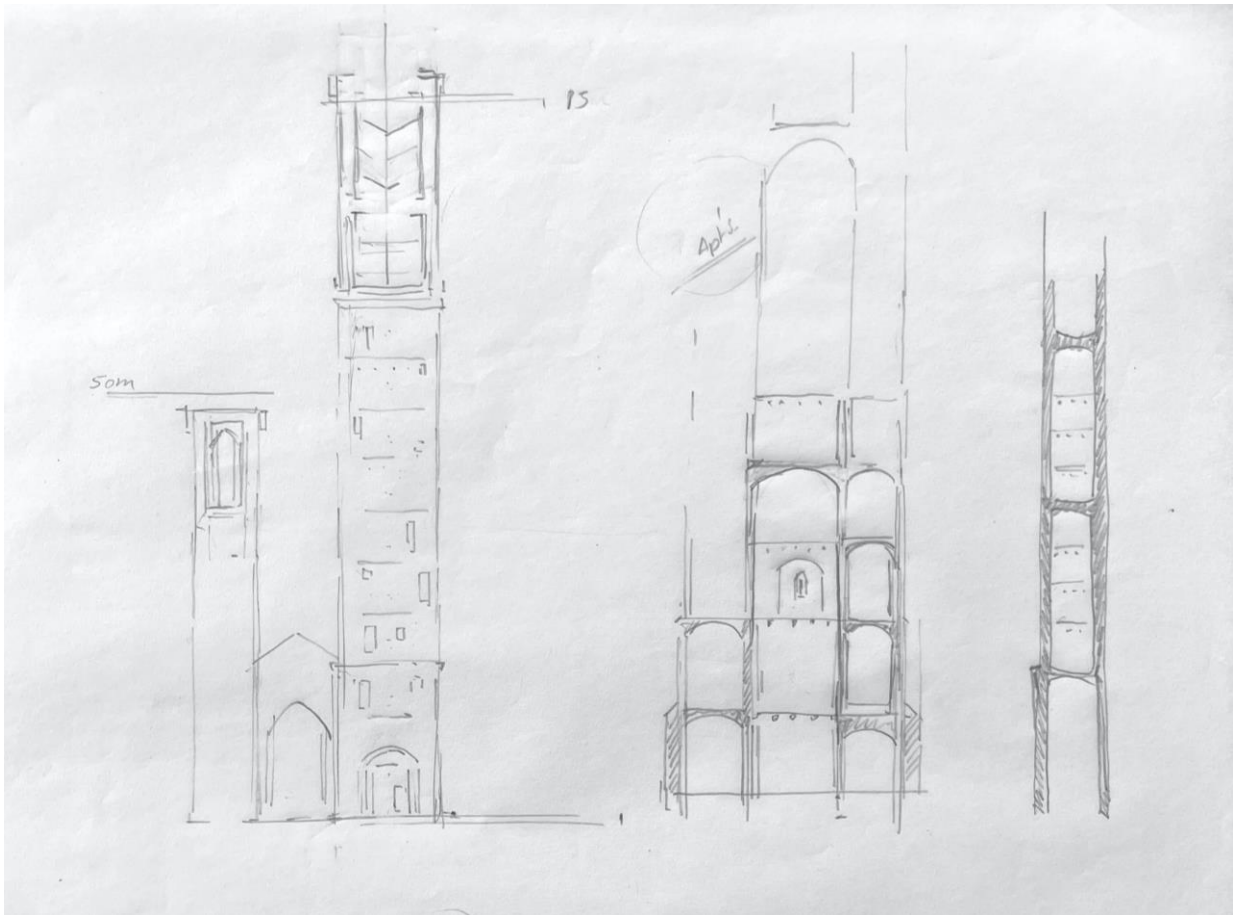


Figura 37 - Torres medievais de Bolonha, Sec. XII

Transição funcional

Objetos produtores de energia construídos com biomateriais

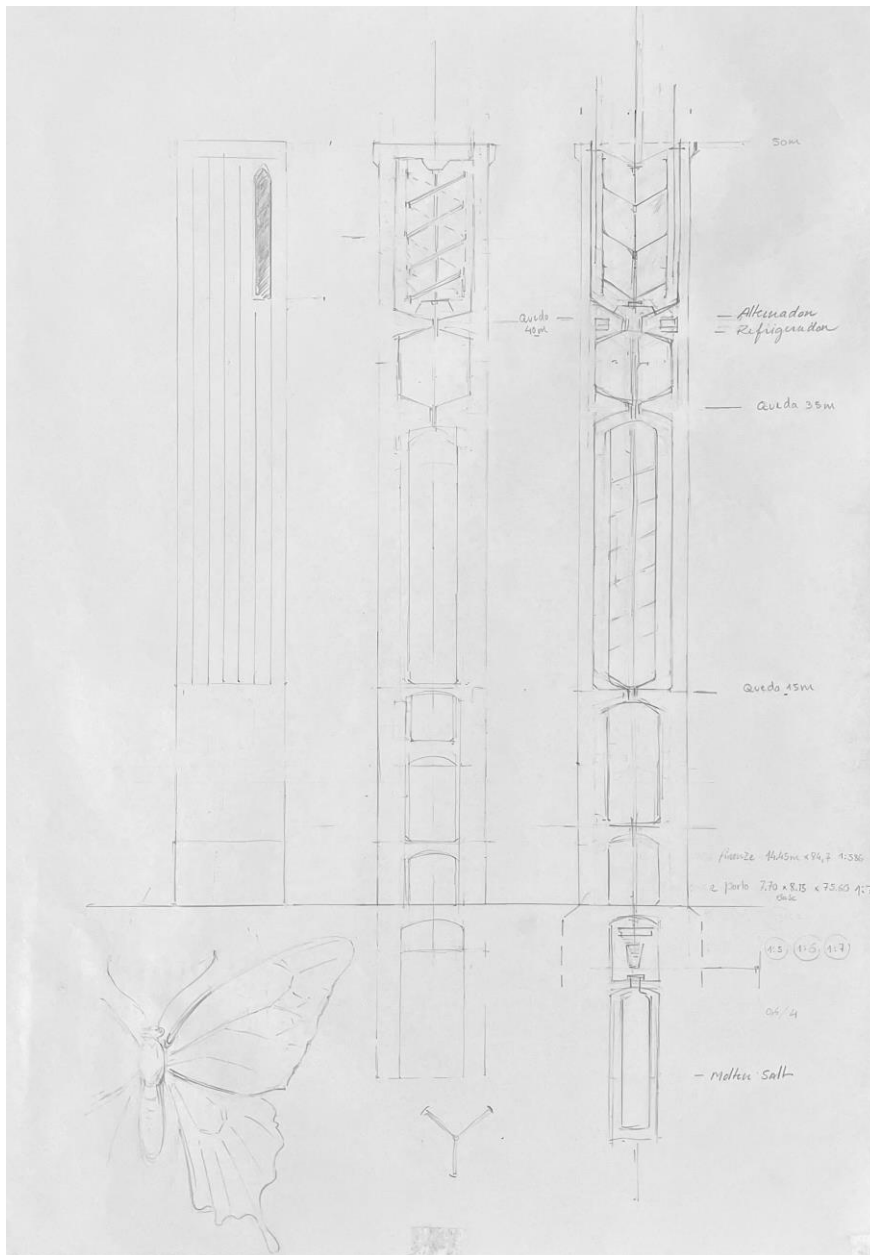


Figura 38 - Asbads, Irão, Sec. X

Grandes amplitudes térmicas

Depende de sistemas AVAC para conforto térmico

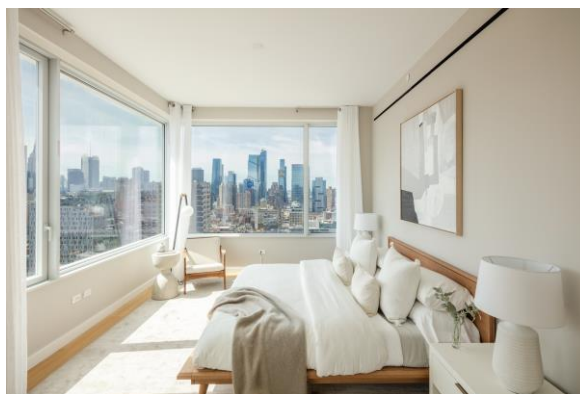
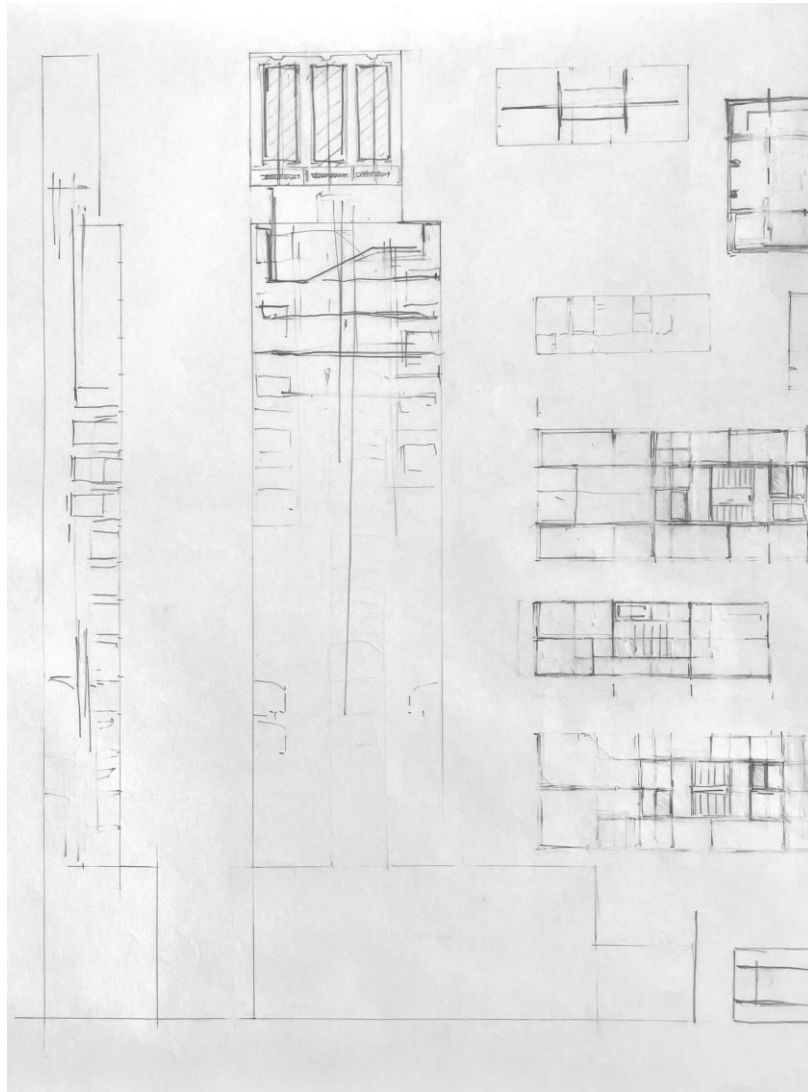
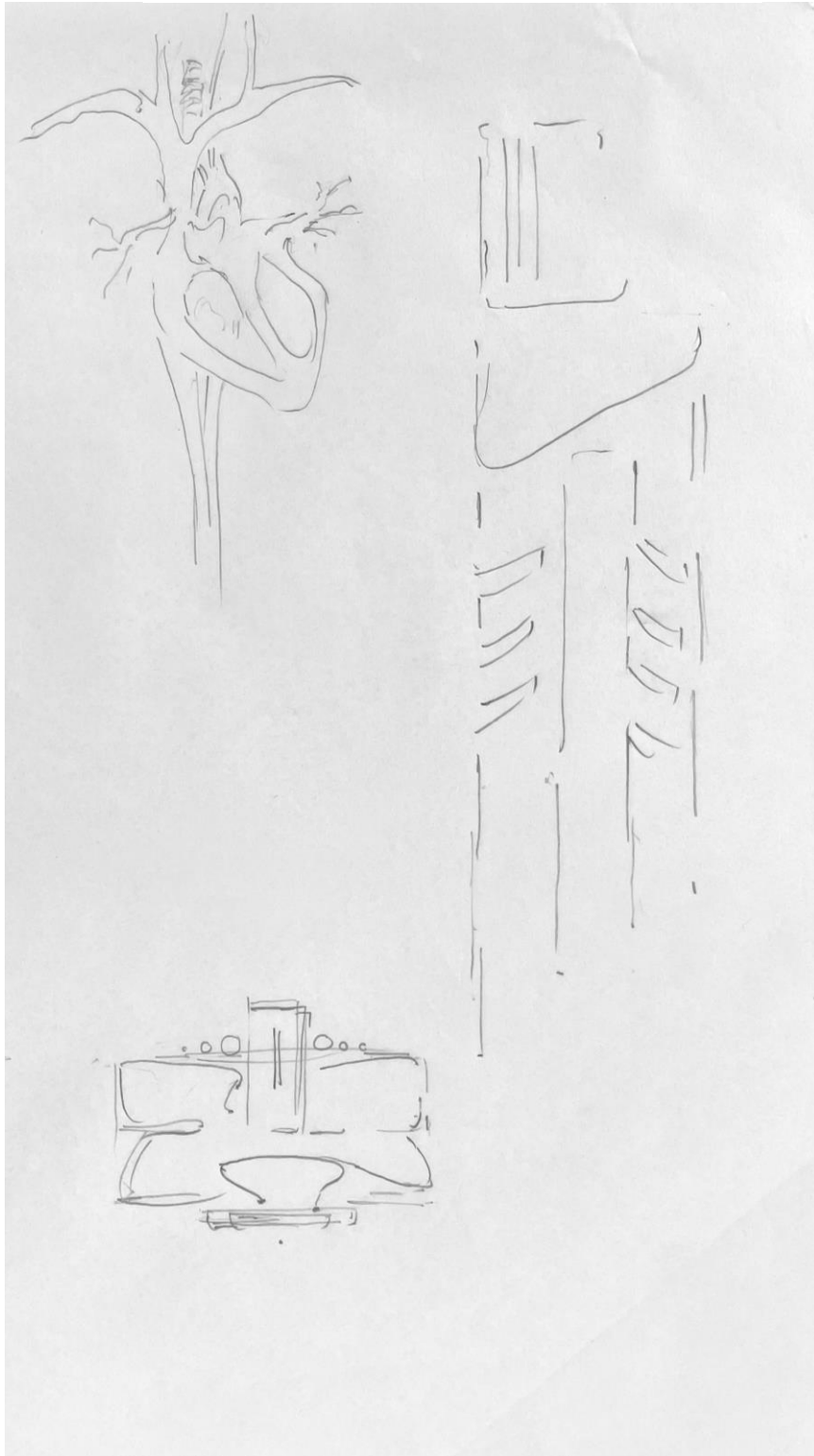


Figura 39 - 611 West 56th Street, Manhattan, 2023

A forma Biológica

A possibilidade de habitar espaços mais orgânicos



Um órgão de uma célula

Objetos à escala humana

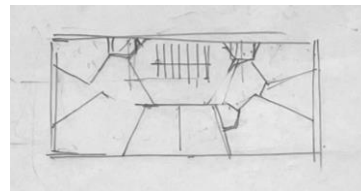
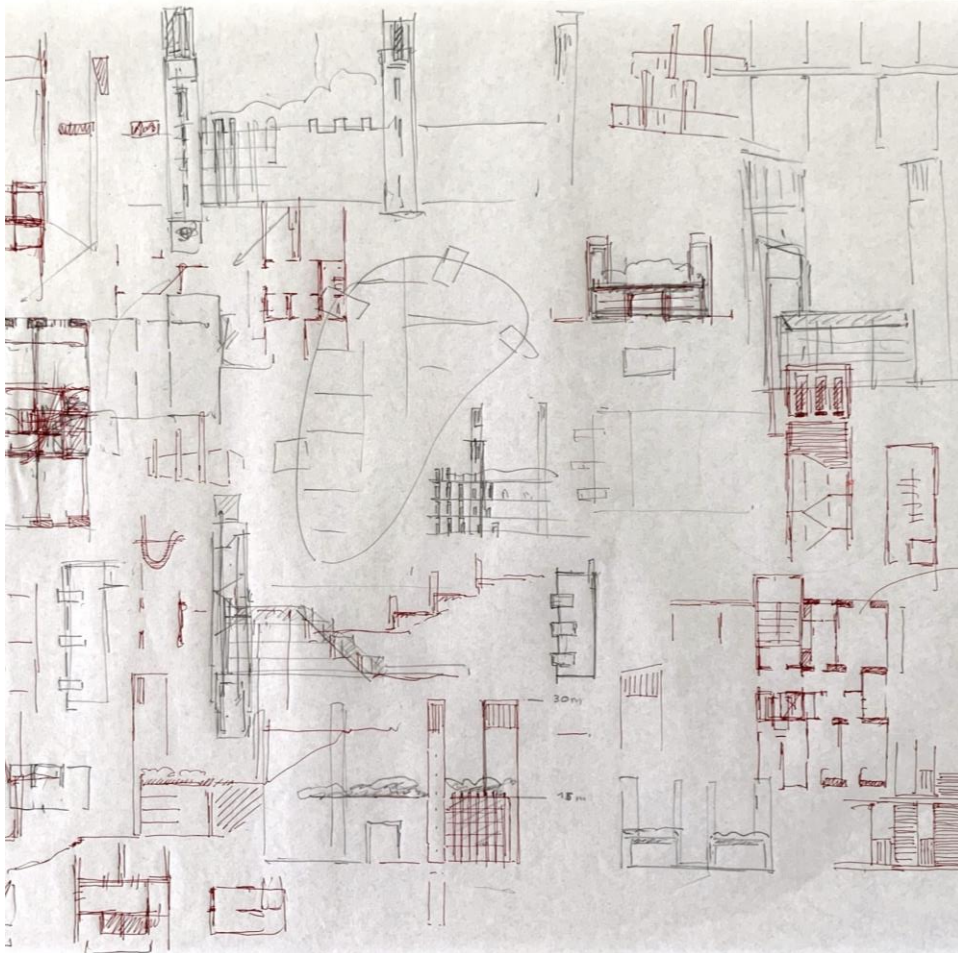


Figura 40 - Bruxelas, Braun & Hogenberg, 1576

Contextos urbanos tradicionais

Construções sem impacto ambiental

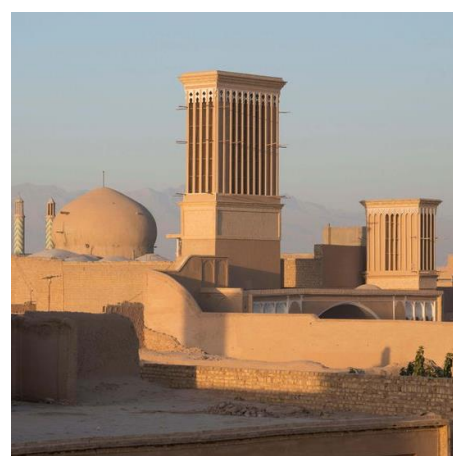
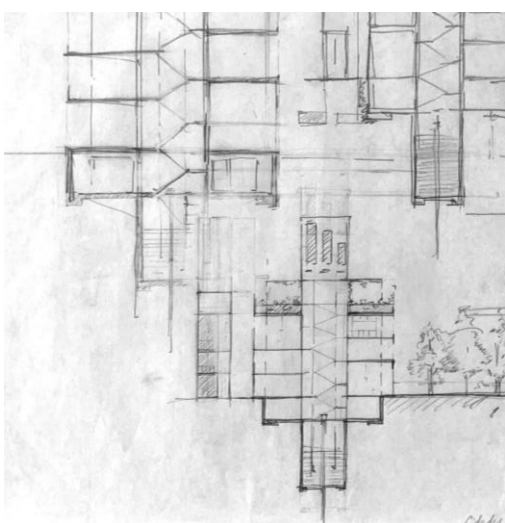
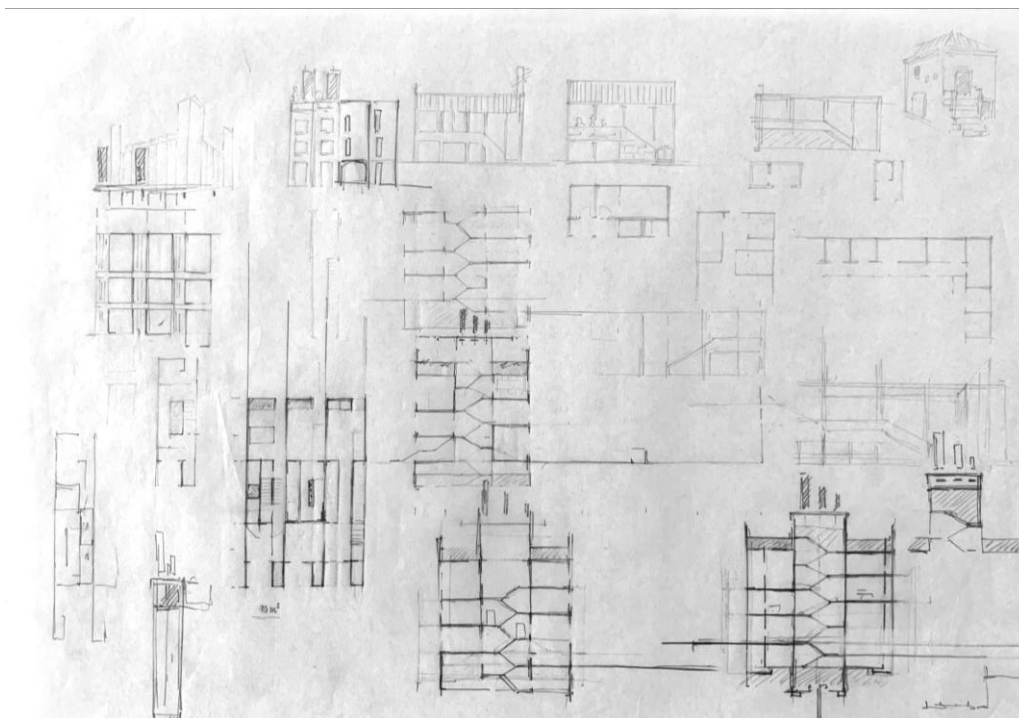


Figura 41 - Torre de vento, lazde, Irão

Bibliografia

- Abeles, P. W. (1949). The principles and practice of prestressed concrete. Charles Lockwood.
- Adam, J.-P. (1994). Roman building: Materials and techniques (1st ed.). Routledge.
- Alegria, J. A. (2002). Itinerários da terra - Inventariar o Património de Arquitectura em Terra. Comissão da Coordenação da Região do Algarve.
- Anderson, K. (2022). O novo negacionismo. O Livro do Clima (pp. 204-209). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.
- Aresta, M. (2014). Arquitectura Biológica - La vivienda como organismo vivo. Diseño Editorial.
- Bardi, U. (2019). Did climate change cause the fall of the roman empire?
- Barret; Garvey, J; A. (2022). Mapeamento de emissões num mundo industrial. O Livro do Clima (pp. 256-259). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.
- Berge, B. (2009). Ecology of Building Materials. Elsevier.
- Berners-Lee, M. (2022). Como (não) comprar. O Livro do Clima (pp. 285-289). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.
- Birch, A. (1967). The economic history of british iron and steel industry 1784-1879. Cass.
- Borches, W. (1904). Electric Smalting and Refining. Charles Griffin Company.
- BP. (2021). Statistical Review of World Energy.
<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Brannen, P. (2022). A longa história do dióxido de carbono. O Livro do Clima (pp. 6-8). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.
- Capstick; Whitmarsh, S; L. (2022). Acção individual, transformação social. O Livro do Clima (pp. 328-330). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.
- Courland, R. (2011). Concrete Planet. Prometheus Books.
- Deffeyes, K. S. (2008). Hubbert's Peak: The Impending World Oil Shortage. Princeton University Press.
- Erb; Gingrich, K; S. (2022). De que modo as florestas podem ajudar-nos? O Livro do Clima (pp. 6-8). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.
- Eshel, G. (2022). Mudar a nossa dieta. O Livro do Clima (pp. 340-343). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.
- FAO. (1990). Energy Conservation in the Mechanical Forest Industries.
<http://www.fao.org/docrep/T0269E/T0269E00.htm>

Fathy, H. (2009). *Arquitectura para os pobres - Uma experiência no Egipto rural*. Dinalivro.

Figueira, A. (2016). *O Carácter Vernáculo Na Construção Com Terra No Panorama Contemporâneo*.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The entropy Law and the Economic Process*. Harvard University Press.

Gergis, J. (2022). *Os incêndios Florestais*. *O Livro do Clima* (pp. 96-98). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Ghosh, A. (2022). *O abismo da percepção*. *O Livro do Clima* (pp. 313-317). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Gleick, P. (2022). *A água doce*. *O Livro do Clima* (pp. 88-89). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

González, D. F. (2006). *Geometrias da Arquitectura de Terra - A sustentabilidade geométrica das construções em terra crua*. Universidade Lusíada Editora.

Goulson, P. (2022). *Os insectos*. *O Livro do Clima* (pp. 110-112). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Guajajara, S. (2022). *Em prol da floresta*. *O Livro do Clima* (pp. 176-177). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Gustafsson, O. (2022). *O permafrost*. *O Livro do Clima* (pp. 118-121). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Harari, Y. N. (2011). *Sapiens: História Breve da Humanidade* (27th ed.). Elsinore.

Harper, D. (1992). *Eutrophication of Freshwaters: Principles, problems and restoration*. Springer-Verlag.

Hausfather, Z. (2022). *O metano e outros gases*. *O Livro do Clima* (pp. 53-56). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Hickel, J. (2022). *O decrescimento*. *O Livro do Clima* (pp. 310-312). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

IEA. (2007). *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions*.
<https://www.iea.org/reports/tracking-industrial-energy-efficiency-and-co2-emissions>

IEA. (2019). *The Future of Hydrogen*. <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

EIA. (2023). *Nuclear power plants generated 68% of France's electricity in 2021*.
<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=55259>

Johnson, A. (2022). *Recordar os oceanos*. *O Livro do Clima* (pp. 344-347). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Kawashima, C. (1986). *Minka: Traditional Houses of Rural Japan*. Kodansha.

Kimmerer, R. (2022). *Corrigir o nosso relacionamento com a terra*. *O Livro do Clima* (pp. 415-420). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Klein, N. (2022). Uma transição justa. O Livro do Clima (pp. 390-395). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Kolbert, E. (2022). Civilização e extinção. O Livro do Clima (pp. 11-15). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Kvale, K. (2022). Os microplásticos. O Livro do Clima (pp. 86-87). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Law, B. (2022). As florestas boreais e as florestas temperadas. O Livro do Clima (pp. 102-105). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Lowrey, A. (2022). O custo do consumismo. O Livro do Clima (pp. 281-284). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Mann, M. (2022). Resistir ao novo negacionismo. O Livro do Clima (pp. 372-374). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Marvel, K. (2022). As secas e as inundações. O Livro do Clima (pp. 74-75). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

McKibben, B. (2022). A persistência dos combustíveis fósseis. O Livro do Clima (pp. 219-223). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Monbiot, G. (2022). Mudar a narrativa da comunicação social. O Livro do Clima (pp. 369-371). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Monbiot; Wringley, G; R. (2022). A renaturalização. O Livro do Clima (pp. 348-351). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Moore, C., & Phillips, C. (2011). Plastic Ocean. Avery.

Myers, S. (2022). A alimentação e a nutrição. O Livro do Clima (pp. 149-151). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Nakabuye, H. (2022). O que significa equidade para si? O Livro do Clima (p.398). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Nobre; Arieira; Nascimento, C; J; N. (2022). A Amazónia. O Livro do Clima (pp. 99-101). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Oppenheimer, M. (2022). A descoberta das alterações climáticas. O Livro do Clima (pp. 23-28). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Oreskes, N. (2022). Porque razão não tomaram medidas? O Livro do Clima (pp. 29-31). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Palma; Purvis, A; A. (2022). A biodiversidade terrestre. O Livro do Clima (pp. 106-108). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Peters, G. (2022). A ascensão das energias renováveis. O Livro do Clima (pp. 224-225). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Phippen, J. W. (2016). Kill every buffalo you can! Every buffalo dead is an indian gone. <https://www.theatlantic.com/national/archive/2016/05/the-buffalo-killers/482349/?fbclid=IwAR1SHg7EVKuzXfp3rC4yXQbPR1jDztF8t4NtPtsX5CqtBKfCDiCu10r5rc8>

Peters, (2022). Energias renováveis. O Livro do Clima (pp. 106-108). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Portner, H. (2022). A acidificação e os ecossistemas marinhos. O Livro do Clima (pp. 84-86). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Potter, B. (2023). The rise of steel - Part 1. <https://progressforum.org/posts/wpm8C3HLBoncB8aXJ/the-rise-of-steel-part-i>

Rahamstorf, S. (2022). Aquecimento dos oceanos e a subida do nível do mar. O Livro do Clima (pp. 78-83). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Raworth, K. (2022). Rumo a estilos de vida de 1,5. O Livro do Clima (pp. 331-336). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Rocha, M. (2015). Técnicas de construção em Terra: Uma introdução. Argumentum.

Roche, D. (2000). History of everyday things: The birth of consumption in France, 1600-1800. Cambridge University Press.

Rockstrom, J. (2022). Pontos de inflexão e ciclos de retroalimentação. O Livro do Clima (pp. 32-40). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Schrank, N. (2022). O mito da reciclagem. O Livro do Clima (pp. 295-299). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Seth, K. (2022). Uma verdadeira resposta de emergência. O Livro do Clima (pp. 375-377). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Shaeffer, R. E. (1992). Reinforced Concrete: Preliminary Design for Architects and Builders. McGraw-Hill.

Shapiro, B. (2022). O nosso impacto evolutivo. O Livro do Clima (pp. 9-10). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.

Smil, V. (2013). Harvesting the biosphere: What we have taken from nature (1st ed.). The MIT Press.

Smil, V. (2014). Making the Modern World: Materials and Dematerialization (1st ed.). Wiley.

Smil, V. (2020). Os números não mentem: 71 coisas que precisa de saber sobre o mundo (1st ed.). Planeta de Livros Portugal.

Soares, S. (2013). Estruturas em Bambu. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

- Soong, J. (2022). Os solos. O Livro do Clima (pp. 116-117). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.
- S&P Global. (2022). Annual Report. <https://www.spglobal.com/en/annual-reports/2022/>
- Stern, N. (2022). As emissões em crescimento. O Livro do Clima (pp. 306-307). Lisboa: Penguin Grupo Editorial.
- Straker, E. (1969). Wealden Iron (1st ed.). David & Charles Reprints.
- Thunberg, G. (2022). O Livro do Clima (1st ed.). Penguin Random House Group Editorial.
- Vitrúvio. (2009). Tratado de Arquitetura (3rd ed.). IST Press.
- Williams, M. (2006). Deforesting the earth: From prehistory to global crisis. The University of Chicago Press.

Créditos das Imagens

Figura 1 - Acedido em 10 de junho de 2023. In:

<https://www.theguardian.com/books/2010/nov/07/history-of-world-100-objects-review>
<http://irisharchaeology.ie/2012/10/the-worlds-oldest-spears-the-schoningen-javelins/>

Figura 2 - Acedido em 8 de junho de 2023. In:

https://www.olympus-ims.com/pt/insight/a-monumental-discovery-xrf-sheds-light-on-the-origins-of-stonehenge/?fbclid=IwAR10CzXMZCeX1JMvw7nekhBoTFoKf_9CrAhh7sYv7fiYUJ-vlApSs6BcFc

Figura 3 - Acedido em 10 de junho de 2023. In:

https://www.britishmuseum.org/collection/object/H_1874-0328-75?fbclid=IwAR2g2N0kXCtpxp1NwYa_AvH490oXZah9YkXlhaGnr5adNllUMj46b9yanYM

Figura 4 - Acedido em 7 de junho de 2023. In:

<https://www.lvmh.com/news-documents/news/fendi-marks-temple-of-venus-and-rome-restoration-with-publication-of-commemorative-book/>

Figura 5 - Acedido em 7 de junho de 2023. In:

<https://www.museodelprado.es/en/the-collection/art-work/rest-on-the-flight-into-egypt/196d8898-81f4-4167-9d7e-96757e34030a?fbclid=IwAR17i7ilsp5nvjBLzA18Y2XnmVR3jIEUqNYYIBjgD8qZfeusampw2AmKwDQ>

Figura 6 - Acedido em 6 de junho de 2023. In:

<http://arquivo.jornalarquitectos.pt/pt/236/ensaio%20/>

Figura 7 - Acedido em 6 de junho de 2023. In:

https://www.oldbookillustrations.com/illustrations/york-elevation/?fbclid=IwAR1_2Dd-0eHEKlOdMYgqIDSXy2tY0Ppvzg-1F3tTjtlEYPgxmQTDhoJx6Y8

Figura 8 - Acedido em 4 de junho de 2023. In:

<https://artuk.org/discover/artworks/dutch-interior-54434>

Figura 9 - Acedido em 6 de junho de 2023. In:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Section_through_dome_of_U.S._Capitol.jpg?fbclid=IwAR2kiMsKZzBzFp8ENqVgT5wP6Uhuc0CS0u95JJ0m0FrakyQ2o0YuVKsicqo

Figura 10 - Acedido em 8 de junho de 2023. In:

<https://monovisions.com/vintage-lumberjacks-of-north-america-1900s/?fbclid=IwAR3Q8vScW6JRXoS-eATrV3ogCaTYhYiJpOfFqmxeEharfxdLMXtA4KfRaVQ>

Figura 11 - Acedido em 1 de junho de 2023. In:

<https://www.atlasofplaces.com/architecture/salginatobelbruecke/?fbclid=IwAR3jLi2Y97yPGjSTdDqLrvLmw4wuhZhiqEf35cRB2ffUOyaNataPbyUD6g>

Figura 12 - Acedido em 5 de junho de 2023. In:

https://www.dezeen.com/2019/11/05/centre-pompidou-piano-rogers-high-tech-architecture/?fbclid=IwAR0t3-ro0IkT_80TmtY7DuMXAPPPjIWUiCOwaZ9K43ICEeG5AjkZrZPLXY

Figura 13 - Acedido em 5 de junho de 2023. In:

<https://www.audi-technology-portal.de/en/body/aluminium-bodies/audi-spaceframe-en>

Figura 14 - Acedido em 2 de outubro de 2023. In:

<https://menomineemuseum.com/blog/robert-j-flaherty>

Figura 15 - Acedido em 10 de junho de 2023. In:

<https://www.wired.com/2016/03/buckminster-fuller-brilliant-crank-lot-teach-silicon-valley/>

Figura 16 - Acedido em 6 de junho de 2023. In:

<https://ourworldindata.org/co2-dataset-sources?fbclid=IwAR0XAEORvcNn2gksiajw0B-JjuZFbt3tZOb2G8xnabpcAgut-Zw53LLvpVE>

Figura 17 - Acedido em 2 de junho de 2023. In:

<https://www.zmescience.com/science/scientists-revive-ancient-viruses-trapped-for-thousands-of-years-in-the-permafrost/>

Figura 18 - Acedido em 3 de junho de 2023. In:

https://www.nationalgeographic.pt/meio-ambiente/os-ultimos-povos-isolados-da-amazonia-1946?fbclid=IwAR3k9zLyCSMP5nw_aU-sw_Cc0aLv8kFbvlA2MfTM9tO4VBpeNRb07mGom7E

Figura 19 - Acedido em 3 de junho de 2023. In:

<https://www.wrm.org.uy/pt/outra-informacao/organizacoes-de-base-na-franca-alertam-os-participantes-do-simposio-internacional-sobre-agroecologia-para>

Figura 20 - Acedido em 28 de Maio de 2023. In:

<https://world.time.com/2013/09/20/hungry-planet-what-the-world-eats/photo/ecu04-0001-xxf1rw-2/>

Figura 21 - Acedido em 22 de setembro de 2023. In:

<https://www.publico.pt/2020/01/20/mundo/noticia/davos-chamada-mundo-sustentavel-1901056>

Figura 22 - Acedido em 22 de setembro de 2023. In:

<https://www.theguardian.com/environment/2021/dec/01/deluge-of-plastic-waste-us-is-worlds-biggest-plastic-polluter>

Figura 23 - Acedido em 2 de outubro de 2023. In:

https://www.liberation.fr/checknews/debat-presidentiel-macron-a-t-il-change-davis-sur-le-nucleaire-en-cinq-ans-comme-laffirme-marine-le-pen-20220420_R2XGXE3ZYNGXLF7KAIV5THRWKM/

Figura 24 - Acedido em 28 de outubro de 2023. In:

<https://environmentamerica.org/articles/president-obamas-renewable-energy-legacy/>

Figura 25 - Acedido em 1 de junho de 2023. In:

https://www.nationalgeographic.pt/meio-ambiente/os-ultimos-povos-isolados-da-amazonia_1946?fbclid=IwAR3k9zLyCSMP5nw_aU-sw_Cc0aLv8kFbvIA2MfTM9tO4VBpeNRb07mGom7E

Figura 26 - Acedido em 1 de outubro de 2023. In:

<https://www.britannica.com/biography/Greta-Thunberg>

Figura 27 - Acedido em 1 de outubro de 2023. In:

<http://blog.steel-technology.com/basic-oxygen-furnace-steelmaking/>

Figura 28 - Acedido em 28 de setembro de 2023. In:

<https://www.archdaily.com.br/br/01-181822/premio-pritzker-2014-edificio-comercial-tamedia-slash-shigeru-ban-architects>

Figura 29 - Acedido em 28 de setembro de 2023. In:

https://bestandssm.xyz/product_details/82709683.html?fbclid=IwAR0oC9sDbjOypxKGGJP_L0ySx-91SORrTlReegYr25u4Eyw-O5W_sM5GyeaHU

Figura 30 - Acedido em 28 de setembro de 2023. In:

<https://www.floornature.com/kengo-kuma-yusuhara-marche-7668/>

Figura 31 - Acedido em 27 de setembro de 2023. In:

<https://markushieke.de/2022/03/11/martin-rauch-in-harmonie-mit-der-natur/>

Figura 32 - Acedido em 1 de outubro de 2023. In:

https://www.archdaily.com.br/br/967951/nao-sao-usados-nas-cidades-porque-nao-sao-regulamentados-leitores-opinam-sobre-materiais-locais-na-arquitetura?ad_medium=gallery

Figura 33 - Acedido em 12 de outubro de 2023. In:

https://www.build-green.fr/climatisation-naturelle-ces-methodes-traditionnelles-de-refroidissement-inspirantes/?fbclid=IwAR3TKp-5Mbv9GjBjogau_VYTd1Sap-Fr0Nw0fSzDLNe_H8LWOfEA5LlNaU

Figura 34 - Acedido em 12 de outubro de 2023. In:

<https://www.architectural-review.com/essays/reputations/hassan-fathy-1900-1989>

Figura 35 - Acedido em 9 de outubro de 2023. In:

<https://twitter.com/JapanGov/status/1485222128261959688>