



Revista Catarinense de História

ISSN 2238-9717 (edição online)
ISSN 1415-8701 (edição impressa)

Fronteiras: Revista Catarinense de
História

ISSN: 1415-8701

samira.moretto@uffs.edu.br

Universidade Federal da Fronteira Sul
Brasil

Josephson, Paul Robert

Big Science e Tecnologia no século XX

Fronteiras: Revista Catarinense de História, núm. 27, 2016, pp. 149-168

Universidade Federal da Fronteira Sul

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672071487009>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe , Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Big Science e Tecnologia no século XX¹

Big Science and Technology in the Twentieth Century

Paul Robert Josephson²

Resumo: Neste artigo argumento que um dos caminhos mais profícuos para pensar histórias da ciência e da tecnologia no século XX é considerá-las como constructos humanos de larga escala, nunca como objetos em si, mas sim grandes sistemas de instituições políticas, econômicas, sociais e de engenharia.

Palavras-chave: Ciência, Tecnologia, Século XX.

Abstract: In this essay I argue that one of the most fruitful ways to consider the history of science and technology in the twentieth century is to consider them as large scale human constructs, never as objects in themselves, but extensive systems of political, engineering, economic, and social institutions.

Keywords: Science, Technology, 20th century.

¹ Este artigo foi originalmente escrito pelo autor para a *Fronteiras: revista catarinense de História*, e traduzido livremente pelo Prof. Dr. Jo Klanovicz (PPGIDC/LHAG/UNICENTRO). O tradutor manteve a expressão *Big Science* inalterada por entender que esse é o termo corrente utilizado na literatura internacional no campo de história da tecnologia.

² Professor de História no Colby College, Maine, EUA, e da Universidade Estatal de Tomsk, Rússia. Doutor pelo Massachusetts Institute of Technology, mestre em estudos soviéticos pela Universidade de Harvard. Campos de atuação: História da Ciência e da Tecnologia no século XX, História Soviética e Russa e História Ambiental. E-mail: paul.josephson@colby.edu.

Neste artigo argumento que um dos caminhos mais profícuos para pensar histórias da ciência e da tecnologia no século XX é considerá-las como constructos humanos de larga escala, nunca como objetos em si, mas sim grandes sistemas de instituições políticas, econômicas, sociais e de engenharia. Uma hidrelétrica obviamente nasceu de esforços de oficiais de governo, de engenheiros e de trabalhadores que represaram um rio, construíram uma barragem, moldaram dezenas de milhares de metros cúbicos de concreto, implantaram turbogeradores e linhas de transmissão e enviaram energia para uma rede de indústrias e cidades – comumente localizadas muito longe e servindo a pessoas igualmente distantes. Um computador – e seus microcircuitos – é uma tecnologia de larga escala que nasceu da corrida especial entre a URSS e os EUA e agora alcança a maior parte do globo no seu abraço apaixonante.

A história da ciência no século XX trabalha com coisas que são muito grandes, outras que são muito pequenas e rápidas – como fótons e partículas elementares. Astrônomos e agências espaciais foram muito além do sistema solar, enquanto físicos buscam detectar neutrinos subatômicos com vistas a explicar o decaimento beta em multimilionários projetos. Engenheiros continuam a construir reatores nucleares e usinas, manipulando moléculas e elétrons em física do estado sólido, pesquisa que resulta em aparelhos de comunicação miniaturizados e de alta velocidade e que promete avanços nanotecnológicos. Eles usam aminoácidos na engenharia genética com aplicações na agricultura, na medicina e em outros setores. Mas, mesmo quando especialistas lidam com o que é muito pequeno, quase sempre o fazem em laboratórios grandiosos, industriais, governamentais ou de instituições de ensino superior, em times gabaritados de pesquisadores – no CERN, em Genebra, no Instituto Kurchátov de Energia Atômica (Moscou), no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em Manaus, ou na Johns Hopkins University, em Baltimore, Maryland (EUA) com suas 10 divisões e fundos de pesquisa que ultrapassam US\$3,2 bilhões.

A *big science* e a tecnologia da pesquisa em química aplicada, em agronomia, em hidreletricidade, em projetos de bombas atômicas, na exploração genômica tornou-se paradigma de pesquisa no século XX. Se, num momento, cientistas tenderam a trabalhar sozinhos em pequenos laboratórios que eram autofinanciados em grupos íntimos de universidades e ocasionalmente projetos de pesquisa em escala em conexão com academias de ciência que foram estabelecidas na virada do século XVIII para o XIX, então, por volta dos anos 1920, eles passaram a fazer parte de grupos mais amplos de especialistas, o que refletiu a aglomeração de interesses de governo, da engenharia, do mundo financeiro e científico e, frequentemente, de novos interesses e organizações. A pesquisa de larga escala necessitou

não apenas laboratórios e institutos científicos grandiosos mas também apoio governamental, fundos privados e demanda industrial ou de consumo, e uma visão de mundo baseada na crença que a tecnologia e os governos deveriam trabalhar juntos para promover o fortalecimento militar, a melhoria da saúde pública, a economia, a exploração de recursos e o binômio Pesquisa e Desenvolvimento a alto custo.

De muitas formas, a *big science* e a tecnologia no século XX são diluídas num mundo crescentemente industrial e refletem um *ethos* industrial. Ao começar pela Primeira Guerra Mundial, estados buscaram a vitória militar por meio das tecnologias de produção em massa desenvolvidas em instalações de engenharia e armaria, bem como laboratórios mantidos por dinheiro estatal para a produção de metralhadoras, tanques, navios, aviões, armas químicas e nucleares, e até de soldados que foram recrutados em larga escala por meio de testes sociais como os de QI para determinar sua capacidade e confiabilidade na batalha (BUCK, 1985; LOWEN, 1997).³ No manejo de recursos naturais, as metáforas industriais começaram a suplantar as de ordem biológica, na medida em que especialistas começavam a trabalhar com oficiais de governo para explorá-los em nome do poder estatal ou econômico, fazendo emergir a agricultura industrial e as indústrias da pesca e da floresta.

As atividades de larga escala industriais e de base científica são apoiadas por uma série crescentemente complexa de instituições e artefatos. Thomas Hughes define os sistemas tecnológicos como constituídos de componentes físicos, recursos naturais e organizações (firmas manufatureiras, companhias utilitárias, bancos de investimento, organizações científicas e de engenharia, além de universidades) que interagem com outros artefatos. Os construtores de sistemas e seus associados trazem os sistemas à tona por meio de processos difíceis de invenção, de desenvolvimento, de inovação e de transferência tecnológica; por meio de financiamentos, relações públicas, transitando entre obstáculos regulatórios, políticos e de outras ordens. Em outros termos, não podemos olhar para os objetos – uma hidrelétrica ou uma floresta industrializada, por exemplo – isoladamente, mas devemos considerá-los em meio a uma caótica interação de engenharia, ciência, financiamento, governos, consumidores e instituições sociais que lhes dão ímpeto – ou criam

³ BUCK, Peter. Adjusting to Military Life: The Social Sciences Go to War, 1941-1950. In: SMITH, Merritt R. (org.). *Military enterprise and technological change: perspectives on the American experience*. Cambridge: MIT Press, 1985; LOWEN, Rebecca S. Creating the Cold War University: the transformation of Stanford. Berkeley: University of California Press, 1997.

obstáculos – para a disseminação de tecnologia, e devemos reconhecer todos os atores envolvidos nessa história.

Como lembra David Nye, muitas tecnologias “tornam-se mais rígidas e menos capazes de responder às pressões sociais” uma vez que a propriedade, o controle e as especificações tecnológicas são estabelecidas, e desde que os interesses investidos começam a insistir na modificação e direcionamento do sistema.”⁴ Nós vemos com frequênccia esse comportamento em institutos, centros de pesquisa, corporações, associações e órgãos reguladores. Esse é o fenômeno do momentum tecnológico,⁵ por exemplo quando grupos comerciais encontraram dificuldades de se distanciar do governo ao mesmo tempo em que se opõem a regulamentos que podem exigir mudanças. Mas é, certamente, aparente em laboratórios nacionais ao redor do globo que eles encontram maneiras de manter o financiamento fluindo para seus cofres e para expandir suas atividades para novas direções de pesquisa.

A escalada da Big Science: os laboratórios nacionais patrocinados pelo estado

Ainda no final do século XIX, várias empresas industriais estabeleceram laboratórios no esforço de amarrar a pesquisa a processos de produção, identificar novos produtos e aumentar a competitividade. Essas empresas incluíam a DuPont, a Westinghouse e outros.⁶ As empresas petrolíferas reconheceram o papel da geologia e da topografia na sua ascensão ao poder monopolístico. Talvez ainda mais importante, o estado teve um interesse formal e estrutural em ciência e tecnologia devido a sua importância para a saúde pública, por exemplo, no controle da tuberculose, da influenza, de doenças venéreas,⁷ e de outras epidemias, no fornecimento de água e ar limpos, na economia, particularmente na agricultura, e no setor militar. Esse último setor foi o mais importante para gerar a *Big Science* do século XX. Nos EUA do final do século XIX essas organizações e burocracias como o Amry Corp of Engineers, a US Geological Survey, o Department of Agriculture, o Forestry Service e o Bureau of Reclamation começaram a direcionar partes significativas do orçamento e constituir

⁴ NYE, David. *Consuming power*. Cambridge: MIT Press, 1998. p. 2-3.

⁵ Alvin Weinberg, ex-diretor do Oak Ridge National Laboratory e um dos defensores da inovação no design de poder de reatores, considerou, entre outros fatores, o *momentum* na organização e financiamento da Big Science e na tecnologia na obra *Reflections on Big Science* (Cambridge: MIT Press, 1968).

⁶ NOBLEm, David. *America by design: science, technology and the rise of corporate capitalism*. Cambridge: MIT Press, 1977.

⁷ Ver ROSENKRANTZ, Barbara. *Public health and the state*. Cambridge: Harvard University Press, 1972, ou BRANDT, Allan. *No magic bullet*. New York: Oxford University Press, 1987.

portfólios de pesquisa. Na Primeira Guerra Mundial governos financiaram armas químicas e pesquisa aeronáutica, e com a Segunda Guerra Mundial radars, mais armas químicas e biológicas, a bomba atômica que transformou suas instituições de pesquisa e de produção em instituições paradigmáticas para a pesquisa e o desenvolvimento de larga escala no pós-guerra na medicina, na agricultura, na energia e na armaria.

O governo alemão começou a financiar ciência para fins econômicos a partir dos anos 1870 e 1880 com o surgimento de demandas econômicas, especialmente em setores que demandavam pesquisas intensivas como a engenharia química e elétrica, maquinaria e indústria ótica (por exemplo as corporações Merck e Siemens). Se nos anos 1870 a pesquisa economicamente orientada representava aproximadamente 12% do financiamento científico do império (divididos em 63% para os militares e 25% para a indústria de base), por volta de 1910 ele cresceria para aproximadamente 50%. No começo do século XX o governo estabeleceu a Sociedade Kaiser Wilhelm, uma espécie de guarda chuva para muitos institutos, estações experimentais e unidades de pesquisa que também serviu às operações científicas nazistas, mas depois da Segunda Guerra Mundial foi desnazificada e incorporada pela Sociedade Max Planck.⁸ A máquina de Guerra nazista contribuiu significativamente para a *Big Science* por meio de projetos de construção de rodovias, em particular a Autobahn, armamentos e estruturas públicas como aquelas usadas para o congresso de Nuremberg.⁹

Revistas científicas foram expandidas em quantidade e tamanho, publicando resultados de uma comunidade internacional, como por exemplo a Physical Review e a Zeitschrift fur Physik. Pesquisadores encontravam apoio de benfeiteiros privados, da indústria e de um crescente número de fundações.

A Fundação Rockefeller criou, nos EUA, uma ampla variedade de programas internacionais que beneficiaram a Grã-Bretanha, a Alemanha, a União Soviética e cientistas de outras nações, e foi fundamental na ascensão da biologia molecular na década de 1930.¹⁰ No entreguerras esses centros de pesquisa como o Laboratório Cavendish, de Cambridge (Inglaterra), com Ernest Rutherford e John Cockcroft, o Instituto de Física Teórica, em

⁸ MACRAKIS, Kristie. *Surviving the swastika: scientific research in nazi Germany*. New York: Oxford University Press, 1993.

⁹ SPEER, Albert. *Inside the Third Reich*. New York/Toronto: MacMillan, 1970; ZELLER, Thomas. *Driving Germany: the landscape of the German autobahn, 1930-1970*. New York/Oxford: Berghahn Books, 2007.

¹⁰ KOHLER, Robert. *Partners in science: foundations and natural scientists, 1900-1945*. Chicago: University of Chicago Press, 1991.

Copenhague (Dinamarca), dirigido por Niels Bohr e financiado pela cervejaria Carlsberg, a Universidade de Gottingen com Max Born e James Franck, Leipzig com Werner Heisenberg, e novos centros soviéticos de pesquisa em Kharkiv (Ucrânia), Leningrado e Moscou atraíram grupos internacionais que desenvolveram a mecânica quântica e da física nuclear. Equipamentos como aceleradores Van de Graaff e as novas gerações de aceleradores de partículas precisaram de aportes financeiros de governos e de fundações privadas, e levaram à montagem de vastas equipes de investigadores, muitos deles internacionais, e outros conectados com a pesquisa e desenvolvimento para fins de defesa, atrás de laboratórios fechados e protegidos por arame farpado.¹¹

Durante a Grande Depressão, Henry Wallace, o secretário da Agricultura dos EUA, respondeu à preocupação de muitas pessoas, que o avanço tecnológico tinha colocado-os fora do mercado de trabalho, mas conclamado-os para a fé renovada no progresso. Ele dizia que a ciência e a engenharia investiram muito para escapar das rotinas de trabalho e para aumentar a produção agrícola. Mas para além da produção, ele pediu para que especialistas atentassem para os "estudos imaginativos, não-matemáticas, como a filosofia, a literatura, a metafísica, o drama e a poesia." E continuava: "Desejamos um maior e melhor controle do uso da engenharia e da ciência a fim de que o homem possa ter uma percentagem muito maior de sua energia de sobra para desfrutar das coisas que não são materiais ou econômicas, e gostaria de incluir não só a música, a pintura, a literatura mas em especial a curiosidade do próprio cientista."¹² Em vez disso, é claro, os governos optaram por se concentrar em questões militares e em pesquisa e desenvolvimento, que muitas vezes beneficiava apenas as corporações.

O empreendimento nuclear do Projeto Manhattan

Em 2011, os Estados Unidos gastaram US \$ 5 trilhões em armas nucleares; enquanto que os outros nove países com armas nucleares gastaram, juntos, US\$ 100 bilhões. Os custos extraordinários desses programas – e o tamanho dos processos de mineração, moagem, processamento, separação de isótopos, pesquisa, desenvolvimento e fabricação de armas – estavam claros a partir do Projeto Manhattan, que, em

¹¹ GALISON, Peter; HEVLY, Bruce (orgs.) *Big Science: the growth of large-scale research*. Stanford: Stanford University Press, 1992. Os autores que fazem parte desta obra geralmente focalizam a ciência em grandes instituições. Sobre *Big Science* e tecnologia numa comparação internacional, ver também THACKRAY, Arnold (org.) *Science After '40. Osiris*. 2.ed. v. 7, 1992.

¹² WALLACE, Henry. The Social Advantages and Disadvantages of the Engineering-Scientific Approach to Civilization. *Science*, v.79, n.2036, p.1-5, 1934.

1945, foi o projeto mais caro já concluído pelo governo dos EUA, com despêndio de cerca de US\$ 2 bilhões (US\$ 30 bilhões em valores atualizados de 2016).¹³ O projeto da bomba foi a forja nuclear da *Big Science*. Em dezenas de histórias aprendemos como, no esforço da Guerra Fria e na tentativa de construção da paridade entre as potências, EUA, URSS, França, China e Inglaterra gastaram bilhões de dólares, rublos, francos e libras em pesquisa de mineração e fábricas especiais.¹⁴ Esses projetos conduziram institutos de pesquisa e universidades ao grande montante de dinheiro oferecido por esses governos desde então.

Os detalhes do Projeto Manhattan, do Distrito de Engenharia de Manhattan do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA - que protegeu a bomba atômica do escrutínio público – são bem conhecidos: como Leo Szilard e Albert Einstein escreveram uma carta ao presidente Roosevelt instando-o a iniciar um programa de bomba devido à preocupação de que os cientistas nazistas já estariam envolvidos no mesmo esforço; a seleção de J. Robert Oppenheimer como o diretor científico do projecto e do general Leslie Groves como seu diretor estatal e militar;¹⁵ a compartimentação das actividades de investigação dos cientistas para evitar o vazamento de segredos mas, principalmente, ao que parece, para evitar problemas morais acerca do poder de destruição em massa; o Relatório Franck sobre a moralidade do uso de armas em 11 de Junho de 1945, no qual o cientista de Chicago conclamava a nação a não bombardear o Japão mas demonstrar claramente àquele país o estágio vívido dos testes; o Trinity test em Alamogordo, Novo México, de 16 de julho de 1945, que mostrou o sucesso da bomba, e o bombardeamento de Hiroshima e Nagasaki realizado em Alamogordo, Novo México, em 16 de julho em que Chicago cientista exortou a nação não bombardear os japoneses, mas para encenar uma demonstração vívida para o Japão; Teste Trinity em Alamogordo, Novo México, de 16 de Julho de 1945, que provou o sucesso da bomba; e o bombardeio de Hiroshima e Nagasaki, Japão, em agosto, quando Oppenheimer disse: “Nós pecamos”.

No final da guerra, em nome da segurança nacional e das forças econômicas, o governo dos EUA continuou a financiar a investigação

¹³ WELLERSTEIN, Alex. The price of the Manhattan Project. Disponível em: <<http://blog.nuclearsecrecy.com/2013/05/17/the-price-of-the-manhattan-project>> Acesso em: 17 maio 2013.

¹⁴ THODES, Richard. *The making of the atomic bomb*. New York: Simon and Schuster, 1987; HOLLOWAY, David. *Stalin and the bomb*. New Haven: Yale, 1994. Sobre o projeto nazista ver WALKER, Mark. *German national socialism and the quest for nuclear power*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

¹⁵ Sobre Oppenheimer ver BIRD, Kai; SHERWIN, Marty. *American Prometheus*. New York: Knopf, 2005.

científica e o desenvolvimento, com o apoio à comunidade universitária e em outros lugares através de uma variedade de institutos e agências de financiamento. Vannevar Bush, que foi nomeado para o Comitê Consultivo Nacional para a Aeronáutica (NACA), em 1938, e em seguida, para o Comitê Nacional de Pesquisa em Defesa (NDRC), e próximo diretor do Gabinete do Governo dos EUA para a Investigação Científica e o Desenvolvimento, um órgão de coordenação das actividades de 6.000 cientistas que trabalham no esforço de guerra, esteve intimamente ligado ao início do Projeto Manhattan. No final da guerra, apresentou *Science, the endless frontier* ao presidente Roosevelt, conclamando os EUA a investirem na expansão do apoio governamental à ciência e à criação da National Science Foundation (NSF). Ele escreveu:

O progresso na guerra contra doenças depende de um fluxo de novos conhecimentos científicos. Novos produtos, novas indústrias e mais empregos exigem adições contínuas ao conhecimento das leis da natureza, e a aplicação desse conhecimento para fins práticos. Da mesma forma, a nossa defesa contra a agressão exige novos conhecimentos para que possamos desenvolver armas novas e melhores. Esse conhecimento novo e essencial só pode ser obtido através da pesquisa científica básica. A ciência pode ser eficaz para o bem-estar nacional se for parte de um time quer seja na paz ou na guerra. Contudo, sem progresso científico, não é possível alcançar qualquer avanço ou realização no sentido de assegurar nossa saúde, nossa prosperidade, nossa segurança como não do mundo moderno.

A NSF (fundada em 1951) forneceu bilhões de dólares para universidades estadunidenses para apoiar a investigação básica e foidos EUA para apoiar a investigação básica, e englobou os Institutos Nacionais de Saúde, o Instituto Nacional do Câncer e muitos outros centros de referência.

O Projeto Manhattan foi, portanto, um paradigma para a *Big Science* (investigação em escala patrocinada pelo estado com vistas ao incremento da produção industrial de armas): em Oak Ridge, Tennessee, onde os cientistas separavam isótopos de urânio com centrífugas e eletroímãs; no Laboratório Metalúrgico, em Chicago, Illinois, onde eles projetaram o primeiro reator do mundo ou uma “pilha atômica” numa quadra de squash para estudar física de neutrons; em Hanford, Washington, com seus reatores de plutônio; no Laboratório Nacional de Los Alamos, Novo México, onde os cientistas projetaram e testaram a bomba; em Nevada, no Atol de Bikini e

em outros locais de teste de armas; e por meio de amplo apoio financeiro da Agência de Energia Atômica para a pesquisa e o desenvolvimento de aplicações pacíficas, como por exemplo, centrais nucleares que fizeram com que os EUA tivesse, sozinho, 113 usinas. A URSS prosseguiu também seu caminho para a *Big Science* a partir da Revolução Russa.

O surgimento da *Big Science* na URSS

Vários fatores levaram ao surgimento da *Big Science* na URSS. Um deles é de natureza ideológica bolchevique, que legou à centralização de políticas econômicas, sociais, culturais e políticas nas mãos de Moscou. Tecnologias de larga escala – sítios de construção, canais, represas, usinas hidrelétricas, fábricas, etc. – tinham sentido técnico para produção de eletricidade ou para melhorar o transporte, mas também tinha sentido educacional, que era trazer dezenas de milhares de trabalhadores para os objetos econômicas centrais e doutriná-los na história e nos benefícios do Partido Comunista, treinando-os em matemática, leitura e escrita, para portar os símbolos e demonstrar as glórias da liderança comunista.¹⁶

De modo semelhante, engenheiros franceses e estadunidenses funcionários públicos, escritores, industriais e outros viram a hidreletricidade como uma forma de produzir energia elétrica, domesticar inundações, facilitar viagens e promover a agricultura, ao mesmo tempo que resguardar interesses locais. A hidroeletricidade tornou-se uma forte instituição do poder do Estado nos anos do pós-guerra, em uma batalha épica contra a natureza, com um rio para ser treinado, conquistado, transformado em lar. Na China e na Índia, de forma semelhante, as barragens foram templos de energia e seus custos foram justificados, mesmo com tantas pessoas transferidas ou removidas de seus locais de habitação e cultura.¹⁷

¹⁶ Sobre esses grandes projetos ver SCOTT, John. *Behind the Urals*. Boston: Houghton and Mifflin, 1942/ RASSWEILER, Anne. *The generation of power*. New York: Oxford University Press, 1989, e McCANNON, John. *Red atom*. New York: Oxford University Press, 1998. Ver, também, JOSEPHSON, Paul. R. Projects of the century' in Soviet history: large scale technologies from Lenin to Gorbachev. *Technology and Culture*, v.36, n.3, p.519-559, jul. 1995.

¹⁷ Sobre a França ver PRITCHARD, Sara B. Reconstructing the Rhone: the cultural politics of nature and nation in contemporary France, 1945–1997. *French Historical Studies*, v.27, n.4, p.765-799, 2004, and “From hydroimperialism to hydrocapitalism: ‘French’ hydraulics in France, North Africa, and Beyond”. *Social Studies of Science*, v.42, n.4, p.591-615, 2012. Sobre os EUA, ver LILIENTHAL, David. *TVA--Democracy on the march*. New York: Harper Brothers, 1944, e REISNER, Marc. *Cadillac Desert*. New York: Viking, 1986. Sobre hidropoder na Índia e na China, ver PATEL, C. C. Surging Ahead: The Sardar Sarovar Project, Hope of Millions. *Harvard International Review*, v.15, n.1, p.24-27, 1992; SIEGEL, Katy; MEI, June Y. Yun-Fei Ji's Three Gorges Dam migration. *Art Journal*, v.69, n.3 p.73-78, 2010; LIU, Changming; MA, Laurence J. C. Interbasin Water Transfer in China. *Geographical Review*, v.73, n.3, p.253-270, 1983, e XUEMIN, Cheng. China's Hydropower Potential and its Utilization. *GeoJournal*, v.10, n.2, p.141-149, 1985.

Na URSS, já desde 1918, especialistas tiveram vantagens por parte de da burocracia bolchevique, e o governo apoiou a criação de uma série de institutos que refletiam os principais campos de conhecimento. Eles fortaleceram os quadros já existentes na nova física, biologia, química, agronomia, silvicultura, hidrologia, geologia e de outros campos, muitos deles localizados em centros provinciais. Como Graham observa, esse foi um produto da “inovação revolucionária”, qual seja, casar as atitudes soviéticas para com as ciências como elementos fundamentais a serviço das massas e especialmente do estado sem isolar internacionalmente sua ciência, ou seja, entendendo a natureza da organização científica na Europa.¹⁸ Eles superaram o isolamento internacional e restabeleceram contatos com o ocidente, publicando novas revistas e ganhando rapidamente status internacionais em vários campos. Alguns dos cientistas que trabalhavam antes da Segunda Guerra Mundial incluem os prêmios Novel Peter Kapitsa, Igor Tamm e Lev Landau, bem como figuras representativas no mundo da bomba atômica como Igor Kurtchálov e Andrei Sakhárov.

A tendência à centralização da ciência e à formação de centros de pesquisa dominadas por uma escola ou pesquisador, e as ênfases sobre a ciência aplicada para a indústria às custas da pesquisa básica foram as principais características da stalinização da ciência. A investigação científica foi ligada à industrialização e à coletivização da agricultura. O acompanhamento quase total dos especialistas por oficiais do partido asseguravam que os planos recém-instituídos para a ciência teriam suas metas cumpridas em relação aos programas econômicos mais amplos. O Partido Comunista infiltrava-se em instituições científicas, incluindo a Academia Soviética de Ciências.¹⁹ Os cientistas viam um grande aumento dos recursos e um aumento de 50% no número de institutos, com centros regionais de pesquisa agrícola estabelecidos na Ucrânia, no Cáucaso e nos Urais. Por último, as autoridades politizavam a cultura profissional, a realização de campanhas contra o trabalho escravo e a servidão, as perversões pedagógicas. Muitos cientistas foram acusados, presos e mortos por sua falta de vigilância ou alegações de espionagem em nome do ocidente. Mas o estado conseguiu estabelecer a *Big Science*.

O projeto soviético da bomba, levado a cabo pelo diretor científico Igor Kurtchálov sob supervisão administrativa do chefe de polícia secreta Lavrenty Beria tornou-se o segundo maior do mundo, e talvez tenha sido

¹⁸ GRAHAM, Loren. The Formation of Soviet Research Institutes: A Combination of Revolutionary Innovation and International Borrowing. *Social Studies of Science*, v.5, p.303-329, 1975.

¹⁹ BAILES, Kendall. *Technology and Society under Lenin and Stalin: Origins of the Soviet Technical Intelligentsia, 1917-1941*. Princeton: Princeton University Press, 1978, e GRAHAM, Loren Graham. *The Soviet Academy of Sciences and the Communist Party, 1927-1932*. Princeton: Princeton University Press, 1967.

mais danoso ambientalmente, embora tenha sido semelhante ao dos EUA em termos de uso de rótulos de segurança nacional para evitar que suas informações chegassem às mãos do público, incluindo os residentes em cidades ou empresas militares que foram construídas para esse fim. Dezenas de cidades secretas fechadas a quem não morava nelas, surgiram como suporte para a pesquisa e desenvolvimento nucleares, para o ciclo de combustível e para a produção de armas. Essas cidades de pesquisa em química, física, biologia, armas, enriquecimento de plutônio, fabricação de combustíveis, pesquisa espacial e inteligência militar, denominadas pelo acrônimo russo ZATO (*Zakrytye administrativno-territorial'nye Obrazovaniia*) foram muitas vezes construídas com trabalho escravo e incluem a Arzamas-16 (para o desenho de bombas), Krasnoiarsk-45 e 26, Cheliabinsk-65 e 70, Zlatoust-20 e Semipalatinsk-121. Na Rússia de 2016 há ao menos 44 ZATOs com uma população total de aproximadamente 1.5 milhões de pessoas, dois terços delas militares e um quarto delas administradas pela Empresa Russa de Energia Atômica (ROSATOM).

ROSATOM embarcou num programa de revitalização para construer, talvez, dezenas de reatores de 1.000 MW antes de 2030, e desenvolver algumas dezenas de usinas nucleares flutuantes.

Apesar dos desastres nucleares de Chernobyl e Kichtym e dezenas de outros menores, a utopia atômica perdeu muito pouco seu domínio sobre as mentes dos líderes, cientistas e engenheiros russos. Em termos gerais e números absolutos, o programa da ROSATOM é semelhante ao dos soviéticos. No final da era Brejnev, funcionários da indústria vivenciaram a adição de dezenas de milhares de megawatts de capacidade nuclear a cada cinco anos, com oito vasos de pressão e equipamentos associados para reatores de 1.000 MW de água pressurizada produzidos anualmente a uma planta especial construída em princípios fordistas, a Atomstroy. Em 2016, a ROSATOM é uma organização enorme, distribuída por 350 empresas que empregavam mais de 190.000 pessoas. A criação de um império nuclear centralizado, com tantos funcionários, é uma reminiscência da abordagem soviética. Sergei Kirienko comentou que a ROSATOM é "uma recriação do Minsredmash lendário da URSS, mas em novas condições de mercado." Em outro lugar eu descrevi a coleção de visões e realidades ligadas a um mundo nuclear futuro como "potência atômica comunista." Esse poderoso imaginário, o comunismo sociotécnico alimentado atomicamente, envolveu a redescoberta de visões utópicas soviéticas do mundo socialista extremamente funcionais depois da morte de Stálin, com base na indústria avançada, que produziu grandes quantidades de energia elétrica e libertou os trabalhadores do trabalho manual tedioso. De acordo com essa visão, os

cientistas, e especialmente os físicos, em virtude do seu conhecimento sublime - e seu papel no desenvolvimento de armas nucleares - receberam grande respeito dos líderes do partido e do público, e estavam preparados para avançar o estado e a sociedade soviéticos do pós-guerra como concorrentes do ocidente capitalista. Essa visão renasceu sob Vladímir Putin.²⁰

Big Science no Mundo Natural

A *Big Science* prevaleceu no século XX em silvicultura, pesca e agricultura. Além de pesquisa e desenvolvimento patrocinados pelo governo, e, claro, do financiamento do governo através de várias agências e construção de projetos para permitir o controle de inundações, melhorar o transporte, a produção de eletricidade e fornecer mercadorias valiosas, a iniciativa privada desempenhou um papel significativo. Nós vemos a ascensão de poderosas empresas ligadas à extração de matérias primas e produção de energia através de minas, moinhos (têxteis, madeira e fundição), barragens, energia a vapor e energia elétrica e agricultura. Nesse último caso, por exemplo, o Departamento de Agricultura dos EUA em conjunto com universidades públicas e privadas tem desenvolvido novas cultivares, novas práticas e, mais recentemente, organismos geneticamente modificados, que beneficiam o agronegócio e tornam a competição mais difícil para os pequenos agricultores.

Nesta seção, discutindo dois casos do mundo da natureza, a floresta e a agricultura (a sojicultura), e brevemente mencionando a prática de geoengenharia, exploro a noção de tecnologia de força bruta para entender como a *Big Science* caracteriza a história natural do século XX. Eu desenvolvi a ideia da tecnologia de força bruta em Industrialized Nature – sistemas tecnológicos de larga escala que são engajados em projetos de geoengenharia que adquirem impulso institucional. São usinas hidrelétricas, reatores nucleares, rodovias e ferrovias, florestas industriais e agroindústrias, aquicultura e pesca vorazes.

As tecnologias de força bruta parecem ter-se desenvolvido autonomamente ou, ao menos, facilitado mais rapidamente o desenvolvimento de outros sistemas de larga escala ligados à exploração de recursos. No caso da infra estrutura de transporte e de produção de energia,

²⁰ Sobre o comunismo movido a energia atômica, ver JOSEPHSON, Paul R. Nuclear Culture in the USSR. *Slavic Review*, v.55, n.2, p.297-324, 1996. Uma discussão mais detalhada pode ser lida, no mesmo autor, em *Red atom*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2005. Para uma avaliação preliminar das novas visões sobre o imaginário nuclear da era Putin, ver o artigo do mesmo autor: _____. Technological Utopianism in the Twenty-First Century: Russia's Nuclear Future. *History and Technology*, v.19, n.3, p.279-294, 2003.

o que eu chamo de "corredores de modernização," rodovias, ferrovias e energia deixaram pequenas aldeias de poucas pessoas para trás. linhas de rodovias, ferrovias e energia que deixam pequenas aldeias e pequenas pessoas para trás.²¹ Por exemplo, como tecnologias patrocinadas pelo estado foram o veículo de colonização da Amazônia brasileira. O mais visível deles foram as rodovias. Um grave seca no Nordeste, em 1970, levou ao Programa de Integração Nacional a construir 15.000 km de estrada centrada na rodovia Transamazônica de Estreita, Piauí com o objetivo de alcançar o Peru a 5.000km. A rodovia passou a cortar 60m de mata no centro da floresta para atravessá-la, muito mais do que o necessário para uma ferrovia. Planejadores esperavam que 70.000 famílias deixassem as regiões atingidas pela seca e, talvez, 1 milhão de colonos movessem-se para os trópicos, sob a liderança do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). O slogan de reassentamento, tendo a estrada como um canal para a Amazônia foi "Pessoas sem terra para uma terra sem pessoas." A Transamazônica de 5 mil quilômetros vai de João Pessoa, Paraíba para o Peru. No início dos anos 1970, o governo militar forçou a estrada para a florestal como uma solução tecnológica para o desemprego, na esperança de atrair colonos de outras regiões para um espaço de recursos naturais e potencial de trabalho, ao mesmo tempo em que ofereceu uma alternativa à atração potencial de camponeses por insurgentes comunistas. (A Rodovia Interestadual dos EUA foi um projeto de segurança nacional contra as ameaças comunistas por meio do comércio e da mobilidade, inclusive de tropas). Ao invés de promover a reforma agrária e retirar pelo menos uma parcela das terras improdutivas da mão de grandes proprietários de terra, os generais brasileiros construíram uma rodovia que atraiu a pobreza rural para o interior, com poucas oportunidades de serviço e emprego. Da mesma forma que a burocacia e o empresariado estadunidenses, também assumiram a ideia de que uma rodovia poderia automaticamente atrair bens, serviços e prosperidade.²² Talvez os militares congessem um pouco sobre os US Homestead Acts, uma série de leis que datam de 1862 que davam títulos de terra a colonos. As leis dos EUA foram pensadas para

²¹ BENNETT, Evan. Highways to Heaven or Roads to Ruin? The Interstate Highway System and the Fate of Starke, Florida. *The Florida Historical Quarterly*, v.78, n.4, p.451-467, 2000.

²² Para uma discussão inicial sobre a abertura do interior do Brasil e sobre o papel da agricultura e de rodovias ver IPEAN. *Contribuição ao Estudo dos Solos de Altamira*. Belém: Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte, 1967, Circular no.10; IPEAN. *Solos da Rodovia Transamazônica: Trecho Itaituba-Rio Branco*. Belém: Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte, 1974; PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA DO BRASIL. *Primeiro plano de desenvolvimento: 1972/74*. Brasília: PR, 1971. Ver também OLIVEIRA, Márcio Mauro. As circunstâncias da criação da extensão rural no Brasil. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v.16, p.97-134, 1999 e SZMRECSÁNYI, Tamas. *Pequena história da agricultura no Brasil*. São Paulo: Contexto, 1990.

apoiar o fortalecimento de fazendeiros independentes, expandir a economia e tirar terras dos nativos americanos.

A Belém-Brasília, de 1.800km levou a um crescimento populacional com severos impactos ambientais sobre a floresta. Qualquer sucesso de colonização que envolva milhares de camponeses. A Rodovia Belém-Brasília, de 1.800 quilômetros levou a um aumento populacional responsável por grande impacto sobre a floresta. Todo o sucesso no assentamento de milhares de camponenses sem terra é pouco em comparação com o sucesso do governo em canalizar recursos através da SUDAM para grandes fazendas e empresas com vistas a incrementar a criação de gado na região. A irracionalidade do programa de desenvolvimento refletiu o fato de toda a sua inspiração foi baseada em metáforas militares, em particular a noção de que a Amazônia deveria ser ocupada a qualquer custo, e que rodovias sozinhas fariam o truque.²³

Promotores de tecnologias de larga escala empregaram-nos para extrair recursos, para promover a modernização da educação, para aumentar o poder militar da nação, para gerar lucros ao grande negócio, e como símbolos do controle humano sobre a natureza. Em todas essas formas de sistemas de força bruta estão representadas relações dicotômicas entre os seres humanos e o poder ea natureza. O uso da tecnologia para superar a defasagem espacial, temporal, geográfica e política envolvia essas dicotomias como pessoas civilizadas trazendo inevitavelmente o progresso de uma sociedade moderna sobre um mundo incivilizado, através do onhecimento científico universal superior que empurrou o conhecimento local para o lado inadequado.²⁴

Uma das mais importantes dicotomias é entre o mundo urbano e o mundo rural, na qual engenheiros e líderes políticos vêem o mundo urbano como moderno, civilizado e superior à selvageria e precariedade rural – que

²³ Ver FEARNSIDE, Philip M. *Human Carrying Capacity of the Brazilian Rainforest*. New York: Columbia University Press, 1986; MORAN, Emilio F.. Colonization in the Transamazon and Rondonia. In: SCHMINCK, Marianne; WOOD, Charles H. (orgs.) *Frontier Expansion in Amazonia*. Gainesville: University of Florida Press, 1984; SAWYER, Donald R. Frontier Expansion and Retraction in Brazil. In: SCHMINCK, Marianne; WOOD, Charles H. (orgs.) *Frontier Expansion in Amazonia*. Gainesville: University of Florida Press, 1984. p.188-189; LE BRETON, Binka. *Voices from the Amazon*. West Hartford: Kumarian Press, 1993; SCHMINCK, Marianne; WOOD, Charles. *Contested Frontiers in Amazon*. New York: Columbia University Press, 1992. p.154-163; BROWDER, John O. Public Policy and Deforestation in the Brazilian Amazon. In: REPETTO, Robert; GILLIS, Malcolm (orgs.) *Public Policies and the Misuse of Forest Resources*. Cambridge/New York: Cambridge University Press, 1988; MORAN, Emilio F. Following the Amazonian Highways. Indians of the Amazonian Forest. In: DENSLAW, Julie; PADOCH, Christine (orgs.) *People of the Tropical Rain Forest*. Berkeley/Los Angeles/London: University of California Press, 1988. p.158161; SAWYER, Donald R. Frontier Expansion and Retraction in Brazil. In: SCHMINCK, Marianne; WOOD, Charles H. (orgs.). *Frontier Expansion in Amazonia*. Gainesville: University of Florida Press, 1984. p. 183-198.

²⁴ MISA, Tom; BREY, Philip; FEENBERG, Andrew. *Modernity and Technology*. Cambridge: MIT Press, 2003.

é preenchida, segundo eles, por pessoas pobres, deseducadas e mal afortunadas, que precisam de tecnologia para superar suas fraquezas. Lev Trotsky, por exemplo, via a revolução marxista como forma de ultrapassar a disparidade de espaço, tempo, visão de mundo e, especialmente, da tecnologia, que ele entendia como o principal motor da sociedade, entre a cidade eo campo e seu campesinato. Ele era especialmente apaixonado pela tecnologia dos EUA.²⁵ Outro entusiasta tecnológico russo também via a tecnologia como uma ferramenta para a modernização. Lênin acreditava que a “eletrificação + poder soviético” iria produzir o comunismo moderno. Outros menos conhecidos, como Valerian Ossinsky, afirmavam que o automóvel – associado a linhas de montagem e produção de massa – era a chave para o futuro da Rússia.²⁶

Natureza e Indústria

Assim como para a natureza, a penetração dos termos industriais e metáforas e práticas nas revistas científicas de biologia, de hidrologia e de outras áreas foi ancorada em abordagens de larga escala. Uma ideia como “o dever da água” mostra que, em essência, o termo não é apenas uma avaliação física do uso da água para irrigação ou para a geração de energia, mas para promover o controle da água por instituições mais amplas.²⁷ O resultado de juntar termos, éthos, e pesquisa científicos foi a industrialização da natureza – a busca por florestas de monocultura e campos agrícolas controlados pelo grande negócio.

Consideremos a industrialização da floresta e do setor agrícola. As máquinas e as interpretações maquínicas do século XX penetraram na floresta. Máquinas movidas por motores de combustão interna substituíram as alimentadas por lenha; tratores substituíram arados de boi, cavalos e trenós; moto serras substituíram serrotões e, finalmente, colheitadeiras e cortadoras de árvores que derrubam, desbastam, cortam e empilham madeira de uma só vez apareceram como novos lenhadores ao volante.

²⁵ TROTSKY, Lev. On the ‘Smychka’ Between Town and Country. December 6, 1923. Disponível em: <<https://www.marxists.org/archive/trotsky/1923/newcourse/x03.htm>> Ver também JOSEPHSON, Paul R. *Would Trotsky Wear a Bluetooth? Technological Utopianism Under Socialism*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2009, especialmente o capítulo 1.

²⁶ OSINSKII, Valerian. *Amerikanskii Avtomobil ili Rossiiiskaia Telega*. Moskva, 1930, p.14-24. Sobre Osinskii e automóveis na URSS, ver BUSCH, Tracy N. Women and Children First? Avtodor's Campaigns and the Limits of Soviet Automobility from 1927 to 1935. *The Russian Review*, v.70, p.397-418, 2011:

²⁷ MEANS, Thomas. The Duty of Water in Irrigation. *Pacific Rural Press*, v.79, n.25, p.491, 2010. Para uma discussão histórica ver WESCOAT JR., J. L. Reconstruction the Duty of Water: A study of Emergent Norms in Socio-hydrology. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.17, p.4759-4768, 2013.

Quando tudo se limitava a bois e cavalos, machados e serras, era necessário um grande esforço para derrubar uma árvore, movê-la para um córrego e aguardar o degelo da primavera para se ter segurança à jusante para suprir madeira para as fábricas costeiras e mercados de Boston ou Nova Iorque. Mas a mudança tecnológica no poder, transporte, colheita e processamento habilitou latifundiários, silvicultores e fabricantes a encontrar produtos a partir de uma extremidade da floresta a outra. Ao final de um século de revolução tecnológica, pareceria que nem um grama de celulose seria desperdiçado.

Se antes madeireiros usavam cavalos e bois para levar madeira para córregos e rios, na metade do século já usavam tratores, caminhões e tratores florestais que podiam ser operados em qualquer época e contavam com ferrovias e rodovias para o transporte de toras para serrarias. Se rios grandes por vezes não tinham muitos obstáculos para o transporte, rios de altitude apresentavam muitos entraves. Nesse caso, o dinamite fazia a diferença, corrigindo a paisagem, mas também eliminando cardumes e corredeiras. Para eles, a solução foram estradas e ferrovias.

No campo: a agricultura

No campo, também, as abordagens de larga escala – tratores e implementos, sementes com herbicidas e pesticidas acomplados, fertilizantes químicos, organismos geneticamente modificados e operações concentradas de alimentação animal – mudaram a forma da fazenda para agroindústria. O pequeno agricultor, o pecuarista e o camponês desapareceram de muitas paisagens sob as pressões da agricultura científica e industrial. Em *As Vinhas da Ira* (1939), o Prémio Nobel John Steinbeck narra o impacto desconcertante e violento da Grande Depressão, a mudança tecnológica e excesso de oferta de mão de obra de agricultores de Oklahoma e da Califórnia.

Como Fitzgerald observa, tecnologia agrícola refere-se ao processo de sistemático cultivo de plantas e criação de animais, incluindo forças econômicas, mecânicas, humanas, científicas e institucionais que apoiam tal atividade. A produção de alimentos (para o gado) e de fibras são, assim como implementos, sementes, agroquímicos e rações, os veículos mais acessíveis para examinar como a tecnologia mudou práticas agrícolas de cultivo do milho, o incremento da criação de suínos, o desenvolvimento de maquinário, o processamento de alimentos. A historiadora nos pede para considerar as mudanças nas práticas de propriedade em relação ao comércio e à indústria, especialmente no que tange a perguntas sobre se as preocupações e práticas agrícolas são semelhantes àquelas das fábricas e

dos trabalhadores na indústria. Fitzgerald observa que a propriedade dos meios de produção por agricultores torna-os mais semelhantes a artesãos do que aos trabalhadores industriais modernos em termos de autonomia, ritmo de trabalho e relações com a comunidade, e sua crescente dependência de sistemas econômicos de mercado mais amplos, preços e decisões legislativas. Ela pontua que o papel do agronegócio no fornecimento de sementes, produtos químicos, equipamentos e animais, bem como no recebimento do produto final transformou o agricultor numa espécie de indústria caseira.²⁸ Mas se a indústria caseira ou a contratação de trabalhadores criam uma dívida de gratidão com o poder do agronegócio, ela enfrenta pressões industriais e os efeitos degradantes da mecanização da criação de animais ou das commodities internacionais como a soja.

A *Big Science* na agricultura remonta ao século XIX. Os EUA configuraram uma aparato de pesquisa e desenvolvimento na agricultura ainda durante a Guerra Civil (o Morrell Act, de 1862 e a concessão de terras para universidades e faculdades). Nas primeiras décadas, o Departamento de Agricultura dos EUA financiou pesquisas sobre zoonoses, composição química e nutrição, solos e mapeamento, entre outras. Uma variedade de unidades do USDA e seus sucessores envolveram-se no desenvolvimento de cultivares modernos: o Escritório de Estações experimentais (1888-...), a Secretaria de Indústria Vegetal (1904-...), a Administração de Pesquisa Agropecuária (1942-...) – que, em 1981, foi rebatizada como Serviço de Pesquisa Agrícola. A majoração do orçamento refletiu esse desenvolvimento institucional no segundo pós-guerra, chegando na ordem de US\$ 1,1 bilhões destinados ao apoio de 800 projetos de pesquisa, 2.200 cientistas e pós-doutorados e mais de 6.200 empregos ligados à pesquisa em todo o país e no exterior.

Forças científicas, políticas e de outras ordens reuniram-se na soja, uma verdadeira tecnologia de força bruta. Outros se reuniram na soja, outra tecnologia de força bruta.²⁹ A soja reflete o imperativo industrial como a

²⁸ FITZGERALD, Deborah. Farmers Deskilled: Hybrid Corn and Farmers' Work. *Technology and Culture*, v.34, n.2, p. 324-343, 1993. Ver também FITZGERALD, D. Beyond Tractors: The History of Technology in American Agriculture. *Technology and Culture*, v.32, n.1, p. 114-126, 1991.

²⁹ As fontes foram consultadas no site da JICA, disponível em: <<http://www.jica.go.jp/brazil/english/office/topics/topics110223.html>>; FRECHETTE, Darren L. The Dynamics of Convenience and the Brazilian Soybean Boom. *American Journal of Agricultural Economics*, v.79, n.4, p. 1108-1118; 1997. GALLOWAY, J. H. Agricultural Reform and the Enlightenment in Late Colonial Brazil. *Agricultural History*. v.53, n.4, p.763-779, 1979; GRIESSE, Margaret A. Developing Social Responsibility: Biotechnology and the Case of DuPont in Brazil. *Journal of Business Ethics*, v.73, n.1, p. 103-118, 2007; HYMOWITZ, T.; HARLAN, J. R. The Introduction of Soybean to North America by Samuel Bowen in 1765. *Economic Botany*, v.37, n.4, p. 371-379, 1983; IRWIN, Scott H.; GOOD, Darrell; MARTINES Filho, João. The Performance of Agricultural Market Advisory Services in Corn and Soybeans. *American Journal of Agricultural Economics*, v.88, n.1, p.

cultura agrícola desenhada para excellence para a mecanização. Seus grãos são altamente adaptáveis à agricultura mecanizada devido a sua posição na distribuição sazonal do trabalho, sua capacidade como cultura de alto rendimento e à pesquisa visando contínua melhoria tanto da qualidade como da utilidade em aplicações industriais, na alimentação e em casa. Na virada do século XIX, a soja era uma cultura da Manchúria. Em meados da década de 1930, a cultura da soja alastrava-se nos EUA e na década de 1970, no Brasil, impulsionava o agronegócio.

A cultura da soja é caracterizada por elevado grau de mecanização, extensivas relações público-privadas quando se fala em investimento em pesquisa e desenvolvimento e importantes consequências para o uso da terra. Além disso, seus produtores desempenham importante papel na política, especialmente no Brasil, onde o lobby do agronegócio tem atuado no enfraquecimento da legislação de relevância ecológica.

***Big Science* no século XX**

Grandes organizações de ciência e de engenharia adquiriram “momentum tecnológico”. O conceito de momentum tecnológico exposto por Hughe ajuda a compreender a habilidade da indústria nuclear manter-se e se recriar, assegurar financiamentos governamentais e prosseguir em programas ambiciosos por décadas.

Ela evolui e se expande, engajando instituições sociais, políticas e financeiras. O número de seus componentes aumenta e apresenta sobreposições. Não se trata de um determinismo tecnológico mas sugere que instituições enormes adquirem tremendo poder e autoridade que, às vezes, é difícil de desarticular. Da mesma forma, como discutiu Alvin Weinberg, diretor do Oak Ridge National Laboratory, grandes empresas de investigação científica aprenderam como expandir projetos nucleares e seus focos de atuação, com o objetivo de manter seus programas com bons financiamentos a partir das promessas de resultados cruciais para a defesa

162-181, 2006; MORTON, Douglas C. et al. Cropland Expansion Changes Deforestation Dynamics in the Southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v.103, n.39, p. 14637-14641 2006; MUNN, Alvin. Production and Utilization of the Soybean in the United States. *Economic Geography*, v.26, n.3, p. 223-234, 1950; PRIMMER, George. United States Soybean Industry. *Economic Geography*, v.15, n.2, p. 205-211, 1939; PRODÖHL, Ines. A Miracle Bean: How Soy Conquered the West, 1909–1950. *Bulletin of the German Historical Institute*, v.46, p. 111–129, 2010, e RASK, Kevin. The Social Costs of Ethanol Production in Brazil: 1978-1987. *Economic Development and Cultural Change*, v.43, n.3, p. 627-649, 1995; WILLIAMS, Gary W.; THOMPSON, Robert L. Brazilian Soybean Policy: The International Effects of Intervention. *American Journal of Agricultural Economics*, v.66, n.4, p. 488-498, 1984; WITT, Lawrence. Changes in the Agriculture of South Central Brazil. *Journal of Farm Economics*, v.25, n.3, p. 622-643, 1943.

nacional, para a saúde pública, para a inovação industrial, para a medicina e para a agricultura.

No século XX, institutos de design, laboratórios nacionais, firmas de negócios e engenharia transformaram globalmente sua pesquisa em instrumentos, técnicas e tecnologias necessárias para levar práticas de manejo e escala de pesquisa a novos patamares. Esses instrumentos e práticas são agora familiares nas grandes fazendas de monocultura que produzem milho híbrido ou soja. Elas são familiares nas sementes que precisam de pesticidas específicos, herbicidas e fertilizantes somente produzidos em laboratórios industriais. Eles existem na floresta industrializada, na irrigação, no controle de enchentes que permitiram entender o “dever da água”, nas incubadoras voltadas ao melhoramento genético animal, nos laboratórios que desenvolvem variedades híbridas onde mamíferos, pássaros e peixes são fabricados, no concreto pré-fabricado, no redimensionamento de leitos de rios e nos exércitos de trabalhadores que os alimentam.

Por fim, uma ideologia de progresso distingue as tecnologias de larga escala do século XX e se sobrepõe à floresta e aos campos. Na floresta, a retórica do progresso alimenta a crença de que com as técnicas modernas de manejo elas estarão disponíveis para gerações futuras para várias finalidades – recreação, serraria, papel ou combustível. Revoluções no corte, no poder de transporte e de penetração no interior da floresta construíram a ideia de fornecimento regular de madeira. De um modo quase determinista, a tecnologia de força bruta cria seus próprios mercados de consumo para a casa, para o papel e para outros produtos, isto é, alimenta novas demandas de consumo enquanto destrói a natureza. Os governos promoveram o apoio a essas indústrias nascentes oferecendo várias medidas financeiras a elas (subsídios diretos, isenção de taxas, doação de terras justificadas em nome da criação de empregos e de levar a civilização para a floresta selvagem).

Em *Seeing like a state* o antroólogo Jems Scott aborda muitas das questões aqui levantadas, em particular, a forma como o Estado moderno (funcionários do governo, os seus administradores, cientistas e engenheiros) reúne e usa seletivamente o conhecimento abstrato para exercer controle sobre os recursos: as pessoas, a água, as florestas, a agricultura. Segundo ele, os estados descobriram que as abordagens de larga escala são a maneira mais eficiente para mobilizar recursos, organizar estudos, subjugar a natureza, ordenar rios, extrair recursos e organizar as pessoas.. Eles fazem isso através de burocracias, de agências, de bancos, de institutos de pesquisa, de empresas de engenharia e de universidades. Eles limpam,

ordenam e uniformizam a natureza por meio da ciência e da tecnologia como uma grade cartesiana sobre o mundo natura. Eles usaram o direito de propriedade e domínio eminente para gerenciar vastas faixas de terra em nome do bem comum. Eles também adotaram a eficiência técnica como fundamento inquestionável na adoção de abordagens de larga escala, comemorada pela importância da mecanização para poupar trabalho e superar gargalos, rejeitando o conhecimento local como algo válido ou relevante.³⁰ Laboratórios nacionais centralizados, grandes empresas de engenharia e abordagens extensivas de pesquisa são todos parte desse fenômeno do século XX.

³⁰ SCOTT, James. *Seeing Like a State*. New Haven: Yale University Press, 1998.