

DAVID S. LANDES

Catedrático de História da Universidade de Harvard

PROMETEU DESACORRENTADO

*Transformação tecnológica e desenvolvimento
industrial na Europa ocidental,
desde 1750 até a nossa época*

Tradução
Vera Ribeiro


EDITORA
NOVA
FRONTEIRA

A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL NA INGLATERRA

No século XVIII, uma série de invenções transformou a indústria do algodão na Inglaterra e deu origem a um novo modo de produção — o sistema fabril. Durante esses anos, outros ramos da indústria realizaram avanços comparáveis, e todos juntos, reforçando-se mutuamente, possibilitaram novos benefícios, numa frente cada vez mais ampla. A abundância e a variedade dessas inovações chega quase a inviabilizar a compilação, mas é possível agrupá-las sob três princípios: a substituição da habilidade e esforço humanos pelas máquinas — rápidas, constantes, precisas e incansáveis; a substituição das fontes animadas de energia por fontes inanimadas, em especial a introdução de máquinas para transformar o calor em trabalho, dando ao homem acesso a um suprimento novo e quase ilimitado de energia; e o uso de matérias-primas novas e muito mais abundantes, em particular a substituição das substâncias vegetais ou animais por minerais.

Esses aperfeiçoamentos, que constituem a Revolução Industrial, geraram um aumento sem precedentes na produtividade do trabalho e, com ele, uma elevação substancial da renda *per capita*. Além disso, esse crescimento rápido foi auto-sustentado. Enquanto, em épocas anteriores, a melhoria das condições de vida — portanto, de sobrevivência — e o aumento das oportunidades econômicas sempre tinham sido acompanhados por um aumento populacional que acabava por consumir os lucros auferidos, nessa ocasião, pela primeira vez na história, tanto a economia quanto o saber cresceram com rapidez suficiente para gerar um fluxo contínuo de investimentos e de inovações tecnológicas; um fluxo que elevou para além dos

limites visíveis o teto dos entraves de tipo malthusiano. Assim, a Revolução Industrial inaugurou uma era nova e promissora. Também transformou o equilíbrio do poder político dentro das nações, entre elas e entre as civilizações, revolucionou a ordem social, e tanto modificou a maneira de pensar do homem quanto sua maneira de fazer.

Em 1760, a Inglaterra importou cerca de 2,5 milhões de libras de algodão cru para alimentar uma indústria em sua maior parte distribuída pela região interiorana de Lancashire, onde existia em conjunto com a fabricação do linho, que lhe fornecia os rijos fios do urdume que ela ainda não aprendera a produzir. Todo esse trabalho era feito manualmente, em geral (excetuados a tintura e o acabamento) nas casas dos trabalhadores e, ocasionalmente, nas pequenas oficinas dos mestres tecelões. Passada uma geração, em 1787, o consumo de algodão cru tinha-se elevado para 22 milhões de libras; em termos do número de pessoas empregadas e do valor do produto, a fabricação do algodão só perdia para a lã; a maior parte das fibras consumidas era lavada, cardada e enrolada em máquinas, algumas delas movidas a água em grandes fábricas, outras a mão em oficinas menores, ou até a domicílio. Meio século depois, o consumo havia aumentado para 366 milhões de libras; a manufatura algodoeira era a mais importante do reino em termos de valor do produto, capital investido e número de empregados; quase todos os empregados, com exceção do número ainda grande de tecelões que usavam teares manuais, trabalhavam nas fiações em regime de disciplina fabril. O preço do fio havia caído, talvez, para 1/10 do que fora antes, e a mais barata mão-de-obra indiana era incapaz de competir, fosse em qualidade, fosse em quantidade, com as fiandeiras de fusos e os filatórios de Lancashire. Os produtos de algodão ingleses eram vendidos em toda parte do mundo: as exportações, superiores em 1/3 ao consumo interno, valiam quatro vezes mais do que as dos tecidos de lã e de estame. O cotonifício era o símbolo da grandeza industrial da Inglaterra; o operário da algodoaria, o símbolo de seu maior problema social — a ascensão de um proletariado industrial.

Por que essa revolução das técnicas e da organização da indústria ocorreu primeiro na Grã-Bretanha? Algumas considerações teóricas talvez nos ajudem a organizar a discussão. A mudança tecnológica nunca é automática. Ela significa a substituição de métodos já estabelecidos, prejuízo para o capital investido e, muitas vezes, graves transtornos humanos. Nessas condições, tem que haver, em geral, uma combinação de considerações que incitem a essa mudança e a possibilitem: (1) uma oportunidade de aprimoramento, em virtude da inadequação das técnicas vigentes,¹ ou uma neces-

sidade de aperfeiçoamento criada por aumentos autônomos dos custos dos fatores; e (2) uma superioridade tão flagrante que os novos métodos sejam suficientemente compensatórios para cobrir os custos da mudança. Implícito nesta última consideração está o pressuposto de que, por mais que os usuários dos métodos mais antigos e menos eficientes possam tentar sobreviver, mediante a compressão dos custos dos fatores humanos — empresariais ou trabalhistas — na produção, o aprimoramento trazido pelas novas técnicas será suficiente para permitir que os produtores progressistas compensem seu preço e façam a substituição.

As mudanças tecnológicas que denotamos por Revolução Industrial implicaram um rompimento muito mais drástico com o passado do que qualquer coisa desde a invenção da roda. Do lado empresarial, exigiram uma clara redistribuição dos investimentos e uma revisão concomitante do conceito de risco. Enquanto, anteriormente, quase todos os custos da manufatura tinham sido variáveis — primordialmente formados por matérias-primas e mão-de-obra —, uma parcela cada vez maior do capital passou a ter que ser empatada em custos fixos de fabricação. A flexibilidade do antigo sistema tinha sido muito vantajosa para o empresário: em épocas de depressão, ele podia sustar a produção a um custo baixo, retomando o trabalho apenas quando e até o ponto em que a situação o tornasse recomendável. Agora, passava a ser prisioneiro de seu investimento, situação que muitos dos tradicionais fabricantes-comerciantes consideraram difícil, ou até impossível de aceitar.

Para o trabalhador, a transformação foi ainda mais fundamental, pois não apenas seu papel ocupacional, como também seu próprio estilo de vida, foi posto em xeque. Para muitos — embora de modo algum para todos —, a introdução da maquinaria implicou, pela primeira vez, uma completa separação dos meios de produção; o trabalhador tornou-se um "operador".* A quase todos, entretanto, a máquina impôs uma nova disciplina. A fiandeira já não podia girar sua roda, e o tecelão não podia correr sua lançadeira em casa, ambos livres de supervisão, no horário que lhes conviesse. Agora, o trabalho tinha que ser feito numa fábrica, num ritmo estabelecido por incansáveis equipamentos inanimados, como parte de uma grande equipe que tinha que começar, interromper e parar ao mesmo tempo — todos sob a estrita vigilância dos supervisores, que impunham a assiduidade por meio de compulsão moral, regras pecuniárias e, vez por outra, ameaça física. A fábrica era um novo tipo de prisão, e o relógio, uma nova espécie de carcereiro.

* Ver nota da tradutora à p. 6.

Em suma, somente os mais vigorosos incentivos poderiam ter persuadido os empresários a empreender e aceitar essas mudanças; e somente avanços fundamentais poderiam ter superado a tenaz resistência dos trabalhadores ao próprio princípio da mecanização.

As origens do interesse empresarial pelas máquinas e pela produção fabril devem ser buscadas na crescente inadequação dos antigos modos de produção, uma adequação enraizada em contradições internas que, por sua vez, eram agravadas por forças externas.

Dentre essas formas pré-fabris de organização, a mais antiga eram as oficinas artesanais independentes, em que um mestre era comumente assistido por um ou mais artífices ou aprendizes. Bem cedo, entretanto — remontando já ao século XIII —, essa independência se perdeu em muitas áreas, passando o artesão a ver-se ligado ao comerciante que fornecia sua matéria-prima e vendia seu produto acabado. Essa subordinação do produtor ao intermediário (ou, com menos frequência, dos produtores fracos aos fortes) foi uma consequência do crescimento do mercado. Antes, o artesão trabalhava para uma clientela local, um grupo pequeno mas bastante estável, ligado a ele tanto pessoalmente quanto por interesses pecuniários; agora ele havia passado a depender de vendas feitas por um intermediário em mercados distantes e competitivos. Ele estava despreparado para enfrentar as oscilações inerentes a esse tipo de arranjo. Em tempos difíceis, podia ficar completamente ocioso, sem ter ninguém a quem vender; e, quando os negócios melhoravam, geralmente tinha que tomar emprestada de seu intermediário a matéria-prima necessária para recomeçar. Uma vez apanhado na roda do endividamento — com seu produto final antecipadamente hipotecado a seu credor —, o artesão raramente reconquistava sua independência; seu trabalho era suficiente para sustentá-lo — nada mais —, e ele era, de fato, senão por princípio, um proletário, que não vendia um produto, mas sua mão-de-obra.

Além de suas dificuldades pecuniárias, o artesão local não tinha condição de conhecer e explorar as necessidades dos consumidores distantes. Só o mercador, era capaz de reagir aos fluxos e refluxos da demanda, exigindo modificações na natureza do produto final para atender às preferências do consumidor, recrutando mão-de-obra adicional quando necessário, e fornecendo instrumentos e matérias-primas aos artesãos em potencial. Foi dessa maneira, basicamente, que a população rural foi atraída para o circuito produtivo. Desde muito cedo, os negociantes urbanos se aperceberam de que o interior era um reservatório de mão-de-obra barata: camponeses ansiosos por complementar a magra renda da terra com o trabalho feito durante a

entressafra, viúvas e crianças com horas vagas para preparar o trabalho do homem e ajudá-lo em suas tarefas. E embora o tecelão, o ferreiro ou o cutelheiro interioranos fossem menos habilidosos que o artesão da guilda ou o artífice citadino, ele era menos dispendioso, pois, pelo menos no início, a utilidade marginal de seu tempo ocioso era baixa, e seus recursos agrícolas, por mais modestos que fossem, permitiam que ele se agüentasse com essa renda adicional muito inferior. Além disso, o sistema de produção domiciliar rural estava livre das restrições das guildas no tocante à natureza do produto, às técnicas de fabricação e ao tamanho do empreendimento.

Essa descrição de um longo e complexo processo histórico é, inevitavelmente, supersimplificadora. Parece razoável afirmar que, tomando a Europa como um todo, a maioria dos contratadores da produção domiciliar provinha da área mercantil, mas é importante assinalar as muitas exceções: os tecelões que se transformavam em negociantes de tecidos e roupas, empregando seus vizinhos de menor iniciativa, e os pisoeiros e tintureiros que haviam acumulado capital nos processos de acabamento e se associavam, contratando diretamente o fornecimento de fios e tecidos. Em algumas áreas, muito especialmente nas cercanias de Leeds, na região oeste de Yorkshire, os artesãos rurais organizavam seus próprios galpões de tecelagem, uniam-se, quando necessário, para criar instalações comuns, e vendiam suas peças como fabricantes independentes de tecidos, nas feiras semanais de produtos têxteis. Mas, mesmo em Yorkshire, essa fragmentação da iniciativa era primordialmente característica do comércio lanígero; na fabricação de estame, onde as necessidades de capital eram maiores, a unidade produtora era maior, e o contratante da produção domiciliar era mais importante.²

No fim da era medieval e início da era moderna, a indústria têxtil inglesa construiu sua fortuna com base na indústria rural. Nenhum centro de produção, talvez com exceção de Flandres, voltou-se tão depressa das cidades para o interior; calcula-se que, já em 1400, mais de metade da produção de tecidos de lã fosse gerada dessa maneira.³ Essa tendência prosseguiu: em meados do século XVIII, a grande preponderância na fabricação lanígera inglesa era o trabalho artesanal domiciliar; dentre todas as cidades imemorialmente associadas ao comércio da lã, apenas Norwich continuava a ser um importante centro urbano, e mesmo assim perdia rapidamente sua importância relativa. Além disso, descontando essas variações regionais e algumas pausas ocasionais, a indústria como um todo havia prosperado de maneira impressionante. No fim do século XVII e início do XVIII, numa época em que a indústria italiana era uma sombra de si mesma em fases

anteriores, em que a produção holandesa de tecidos decrescia sistematicamente e em que a França estava em meio a uma prolongada depressão, o consumo inglês de lã crua crescia à taxa de cerca de 8% por década; e, entre aproximadamente 1740 e 1770, o aumento decenal foi de 13% ou 14%.⁴

Esse crescimento merece uma atenção detalhada, pois foi o principal detonador das mudanças a que chamamos Revolução Industrial. Sua compreensão pode nos ajudar a entender as razões da primazia inglesa no desenvolvimento tecnológico e econômico. Em parte, a indústria lanígera cresceu por causa das condições favoráveis de produção. Nenhum país tinha uma oferta tão abundante de lã bruta, especialmente das fibras longas exigidas pelos tecidos mais leves e mais resistentes de estame. E a indústria rural, essencialmente livre das restrições das guildas ou das regulamentações governamentais, tinha condições de tirar o máximo proveito dessa superioridade de recursos, adaptando seu produto à demanda e às modificações da demanda. Em particular, tinha a liberdade de produzir tecidos mais baratos, talvez menos resistentes do que as casimiras e os tecidos encorpados tradicionais, porém usáveis e, muitas vezes, mais cômodos. Essa liberdade de adaptação e inovação é especialmente importante na indústria leve, na qual os recursos e as considerações similares de ordem material são, amiúde, menos importantes como fatores locacionais do que o espírito empresarial. Um bom exemplo disso, proveniente da indústria lanígera inglesa, foi o rápido crescimento do comércio de estame de Yorkshire, a ponto de ele ultrapassar o centro mais antigo da Ânglia Oriental no decorrer do século XVIII; vejamos a explicação de Clapham: "Caso corriqueiro de uma localidade dinâmica e trabalhadora, com algumas ligeiras vantagens, lançando-se nos níveis mais elementares de uma indústria em expansão."⁵ Teremos oportunidade de assinalar exemplos equiparáveis das vantagens da liberdade empresarial quando nos voltarmos para os países continentais. Entrementes, podemos observar que a indústria lanígera inglesa beneficiou-se ainda mais de sua liberdade em virtude do fato de alguns dos seus mais perigosos concorrentes, do outro lado da Mancha, estarem sendo submetidos, no século XVII e início do XVIII, a uma regulamentação e controle crescentes.

Por fim, convém citar (a) o quanto a indústria inglesa esteve relativamente livre da perturbação e da destruição da guerra, (b) o fluxo instável, mas prolongado e comumente rico, da imigração de hábeis artesãos estrangeiros, e (c) o acesso dos centros de produção ao transporte por vias navegáveis, e portanto, a mercados distantes — fatores que concorriam para custos mais baixos de fabricação e distribuição.

Do lado da demanda, a indústria lanígera inglesa foi comparavelmente favorecida. A população do reino não era grande, mas estava crescendo, em meados do século XVIII, provavelmente mais depressa que a de qualquer dos países do outro lado da Mancha. De um total que não chegava a 6 milhões por volta de 1700, ela se elevou a quase 9 milhões em 1800, havendo 70% a 90% desse aumento ocorrido na segunda metade do período.⁶ E mais, a inexistência de barreiras alfandegárias internas ou de tributos feudais criou, na Inglaterra, o maior mercado coeso da Europa. Essa união política era confirmada pela geografia da ilha: a massa terrestre era pequena, a topografia, simples, e a linha costeira, profundamente recortada. Em contraste, barreiras alfandegárias internas dividiam um país como a França, com uma população mais de três vezes maior, em três grandes áreas comerciais, fragmentadas — por costumes informais, tributos e encargos obsoletos e, acima de tudo, pelas comunicações precárias — num mosaico de células semi-autárquicas.

O que a natureza havia legado, o homem aprimorou. A partir de meados do século XVII, houve um investimento contínuo e crescente de recursos públicos e privados na ampliação do sistema fluvial e na construção de novas estradas e pontes. Em 1750, havia mais de mil milhas de vias navegáveis na Inglaterra, e fazia meio século que o Parlamento vinha aprovando leis sobre barreiras de pedágio, à razão de oito por ano. Por mais impressionante que fosse, no entanto, esse desenvolvimento era insuficiente para as necessidades da economia, e o ritmo dos investimentos aumentou acentuadamente nas décadas de 1750 e 1760. Esses anos assistiram ao surgimento dos primeiros canais (Navegação Sankey, 1755-59; canal do Duque de Bridgewater, 1759-61) e de leis de cobrança de pedágio à razão de quarenta por ano. Em duas décadas (1760-1780), vias navegáveis e estradas sólidas ligavam os principais centros industriais do Norte aos dos condados centrais, estes a Londres, e Londres à bacia do Severn e ao Atlântico.

No mercado da Inglaterra, o poder de compra *per capita* e o padrão de vida eram significativamente superiores aos da Europa continental. Não dispomos de medidas exatas da renda nacional no século XVIII,⁷ mas há uma profusão de depoimentos com impressões de viajantes dos dois lados da Mancha a respeito da melhor distribuição da riqueza, dos salários superiores e da maior fartura encontrados na Inglaterra. Por exemplo, um dos melhores sinais de conforto na Europa era o consumo de pão de trigo; no século XIX, acompanhando-se a fronteira do trigo pode-se quase acompanhar o aumento da renda *per capita* e a difusão de padrões mais altos de vida entre os setores mais pobres da população, nas áreas rurais e na Europa

central e oriental. No século XVIII, a Inglaterra era conhecida como o país do pão branco. Isso era um exagero: em vastas áreas, particularmente nos condados centrais e no Norte, o centeio e a cevada eram os cereais de consumo mais generalizado, especialmente na primeira parte do século. Mesmo nessa região, entretanto, o pão foi clareando ao longo dos anos, e em nenhum lugar havia algo que se assemelhasse à dependência constatada, do outro lado do Canal, de cereais mais grosseiros, como o trigo-mouro e a aveia. Da mesma forma, havia muito de mito na imagem de John Bull, o comedor de carne. No entanto, quando Arthur Young sentou-se para sua sopa no País Basco — “o que chamaríamos de passadio do lavrador” —, serviram-lhe “farta provisão de repolho, gordura e água, e mais ou menos tanta carne, para vintenas inteiras de pessoas, quanto teriam comido meia dúzia de lavradores ingleses, e ainda reclamado com seu anfitrião pela mesa malprovida”.⁸ Até os cardápios das casas correcionais, que dificilmente seriam concebidos para tornar a vida prazerosa para seus residentes, incluíam carne todos os dias, ou, pelo menos, várias vezes por semana.⁹

O trabalhador inglês não apenas comia melhor; ele gastava com alimentos uma parcela menor de sua renda do que seu equivalente na Europa continental; na maioria das regiões da Inglaterra, essa parcela vinha encolhendo, ao passo que do outro lado da Mancha é bem possível que ela tenha aumentado durante boa parte do século XVIII.¹⁰ Como resultado, ele tinha uma reserva maior para gastar com outras coisas, inclusive produtos manufaturados. Os ingleses tinham a reputação de usar calçados de couro, enquanto os holandeses ou franceses usavam tamancos. Vestiam-se de lã, enquanto os camponeses franceses ou alemães amiúde tremiam de frio em trajas de linho, um tecido nobre para a mesa ou a cama, porém uma proteção precária contra o inverno europeu. Defoe descreveu com vivacidade e orgulho a importância dessa demanda dos produtos britânicos em seu *Projeto do comércio inglês*, de 1728:¹¹

(...) No mais, vemos suas Casas e Hospedarias toleravelmente mobiliadas, ou ao menos bem providas de Objetos úteis e necessários de uso doméstico: Até aqueles a quem chamamos Pobres, os Artífices, Gente obreira e esmerada, agem assim; deitam-se aquecidos, vivem na Abundância, trabalham muito e não conhecem a Privação.

São essas as Pessoas que respondem pelo Grosso de vosso Consumo; é para elas que vossos Mercados se mantêm abertos até tarde nas noites de sábado; porque é costume receberem tarde seu Salário Semanal (...) numa Palavra, elas são a Vida de todo o nosso Comércio, e tudo por sua Multidão: Seus Números não se contam às Centenas ou Milhares, ou às Centenas de Milhares, mas aos Milhões; é por sua Multidão, penso eu,

que todas as Rodas do Comércio são acionadas, a Indústria e a Produção da Terra e do Mar, acabadas, depuradas e adequadas aos Mercados Externos; é pela Largueza de seus Rendimentos que eles são sustentados, e pela Grandeza de seu Número que se mantém o País inteiro; com seus Salários, eles estão aptos a viver na fartura, e é por seu estilo de vida dispendioso, generoso e livre que o Consumo Interno é alçado a tamanho Volume, tanto da nossa Produção quanto da externa.

A referência de Defoe ao “estilo de vida dispendioso, generoso e livre” dos ingleses traz à mente um último aspecto do mercado interno inglês: um padrão de consumo favorável ao crescimento dos produtos manufaturados. Mais do que qualquer outra sociedade da Europa, provavelmente, a sociedade britânica era aberta. Não apenas a renda tinha uma distribuição mais eqüitativa do que do outro lado da Mancha, como também eram menores as barreiras à mobilidade e mais frouxas as definições do *status* social. Nada é mais revelador, a esse respeito, do que uma comparação das imagens contemporâneas da sociedade nos diferentes países da Europa ocidental. No que tange à Inglaterra, dispomos de esquemas como os de Gregory King ou Joseph Massie — pilhas de grupos ocupacionais classificados de acordo com a riqueza, e tão entremesclados a ponto de impedir o traçado de linhas horizontais de *status* na totalidade da pirâmide social. Quanto à França, temos uma estrutura tripartite mais nítida: aristocracia, burguesia, *peuple*; dentro dessas categorias, é claro, existem distinções sutis, e nem sempre é fácil classificar pessoas de ocupações diferentes ou situar grupos fronteiriços, como os artesãos e os comerciantes varejistas; não obstante, a disposição é ordeira e segue uma lógica tradicional. Quanto à maior parte da área ocidental da Alemanha, temos o sistema francês, porém mais rígido e mais criteriosamente definido, a ponto de o *status*, até mesmo de subgrupos, muitas vezes constar formalmente da legislação. A leste do Elba, a sociedade era ainda mais simples: uma pequena aristocracia rural, a grande massa de camponeses pessoalmente dependentes e, de permeio, uma fina camada de burgueses comerciantes, espiritual e amiúde etnicamente alheios ao corpo social em que viviam e se moviam, encapsulados.

No que concerne às taxas de consumo, as implicações da maior igualdade de renda são uma questão um tanto controversa.¹² De modo similar, os efeitos da mobilidade são ambíguos: algumas pessoas poupam para subir; outras consomem para anunciar sua chegada. O resultado final depende das circunstâncias.

A qualidade e o direcionamento do consumo, entretanto, são ainda uma outra história. Nas sociedades não primitivas, nas quais as qualificações

são bastante avançadas e já houve alguma acumulação de riqueza, a desigualdade fomenta uma predileção por luxos e serviços extravagantes entre as minorias privilegiadas, enquanto a igualdade estimula uma demanda de confortos mais sóbrios e mais sólidos para a maioria. A grande riqueza em meio a um mar de penúria é, em geral, produto de uma baixa relação capital-trabalho (ou de investimentos de capital malfeitos). Ela dá origem a um pródigo dispêndio da mão-de-obra no prazer e na elegância: numa superabundância de empregados domésticos — a ponto de a patroa gastar mais tempo supervisionando sua criadagem do que gastam as donas-de-casa mais modestas executando suas próprias tarefas —, num vestuário sofisticado de preço altíssimo, na decoração luxuosa das residências e na produção de obras de arte requintadamente elaboradas.

A difusão mais equitativa da riqueza, entretanto, resulta de uma mão-de-obra cara. Essa era, de fato, a situação da Inglaterra, onde os salários — admitindo-se a incerteza e a impossibilidade parcial de comparar as estimativas — eram cerca de duas vezes superiores aos da França e maiores ainda do que os encontrados a leste do Reno. Numa economia assim, as funções de produção têm maior intensidade de capital, enquanto o consumidor rico atende menos aos caprichos e se satisfaz com uma abundância maior dos produtos acessíveis a seus semelhantes mais pobres, embora estes comprem em menor escala e com menor qualidade. Por outro lado, o poder aquisitivo relativamente elevado dos membros mais pobres da população implica uma demanda correspondentemente maior das coisas de que eles precisam e pelas quais podem pagar — os artigos mais baratos e mais simples, que são os mais passíveis de produção em massa.¹³

Numa sociedade como essa, a mobilidade é uma força em prol da padronização. Mobilidade implica imitação, e a imitação promove a difusão de padrões de consumo por toda a população. Onde não há movimentação entre os grupos de *status*, distinções claras e invioláveis do vestuário e do estilo de vida marcam os graus da hierarquia. Quando começa a haver mobilidade, como no fim da Idade Média, leis suntuárias são necessárias para manter as pessoas em seu lugar. E, quando a mobilidade torna-se tão corriqueira a ponto de parecer a muitos uma virtude, é impossível impor controles discriminatórios sobre os gastos.

Na Inglaterra, as leis suntuárias eram letra morta no final do século XVI e foram eliminadas por Jaime I em 1604. Nos dois séculos seguintes, a tendência à homogeneidade dos gastos — ao apagamento das diferenças regionais verticais e das distinções sociais horizontais — prosseguiu. Os contemporâneos queixavam-se do luxo das classes mais baixas, que se ves-

tiam a ponto de se tornarem indistinguíveis de seus superiores. Isso era um exagero; a lamentação social, como gênero literário, é invariavelmente hiperbólica. Além disso, grande parte da elegância do populacho era falsa, resultando de um comércio ativo de roupas de segunda mão. Mesmo assim, a própria demanda de artigos descartados era prova da inexistência ou da decadência das distinções costumeiras: os pobres podiam usar e de fato usavam o mesmo tipo de casaco que os ricos. Da mesma forma, os contemporâneos reclamavam da imitação dos modos citadinos pelos agricultores, com o abandono por estes da rústica simplicidade de antanho. Novamente, trata-se de um exagero — mas a verdade é que em nenhuma economia o campo estava tão intimamente integrado no circuito comercial; em parte alguma os focos de autonomia locais eram tão distribuídos.

Tudo isso fazia parte de um processo generalizado de urbanização que, por sua vez, era reflexo da comercialização e industrialização avançadas. Londres, sozinha, era uma monstruosidade: Defoe calculou, em 1725, que contivesse 1,5 milhão de habitantes, quase 1/4 da população do reino. Essa cifra é testemunho, não da exatidão de Defoe, mas da impressão que a “cidade grande” causava aos contemporâneos; contudo, mesmo as estimativas conservadoras situavam a população da área metropolitana em aproximadamente a metade desse número. Nas províncias, depois da Guerra Civil, as cidades e aldeias desenvolveram-se sistematicamente; entre as de expansão mais rápida, havia “aldeias” não emancipadas como Manchester, que teria, possivelmente, 12.500 habitantes em 1717 e 20.000 em 1758. Uma estimativa que aponte a distribuição de 15% da população em cidades de 5.000 habitantes ou mais, em meados do século, e de 25% em 1800, estará provavelmente mais próxima da verdade.¹⁴ Em contraste, a cifra francesa às vésperas da Revolução era pouco superior a 10%, e a Alemanha era ainda mais rural.

Mas não se tratava apenas de a Inglaterra ter mais pessoas morando nas cidades do que qualquer outro país europeu, talvez com exceção da Holanda;¹⁵ o que tornava particularmente significativo o padrão de povoamento era o caráter da vida urbana inglesa. No continente, muitas cidades tinham uma função essencialmente administrativa, judicial e eclesiástica. Suas populações consistiam, em essência, de burocratas, profissionais liberais e soldados, além dos lojistas, artesãos e criados que lhes prestavam serviços. A cidade era menos um núcleo de atividade econômica, que permutasse artigos manufaturados e serviços comerciais pelos produtos do interior, do que um centro político e cultural: recolhia impostos e aluguéis da população rural, como retribuição pelo governo e com base num direito tradi-

cional. Madri é o exemplo clássico desse tipo de povoamento, mas Paris lhe era muito semelhante, e é possível que a maioria das principais cidades provincianas francesas — inclusive lugares como Arras, Douai, Caen, Versalhes, Nancy, Tours, Poitiers, Aix e Toulouse — fossem pouco mais do que isso. Na Alemanha, é claro, a própria fragmentação do poder político era um estímulo à multiplicação de centros urbanos semi-rurais, cada qual com sua corte, sua burocracia e sua guarnição.

Em contraste, o tamanho relativamente menor do aparelho político britânico e sua concentração em Londres deixaram os centros provinciais mais antigos entregues à sonolência e à decadência. Nada é mais impressionante, no mapa da Inglaterra do século XVIII, do que a modernidade do padrão urbano. As sedes dos condados medievais — Lancaster, York, Chester e Stafford — foram suplantadas por lugares mais novos, como Liverpool, Manchester, Leeds e Birmingham, e já havia uma mudança substancial de população em favor do Norte e da região central. Grande parte do crescimento, além disso, não ocorreu nas cidades propriamente ditas, mas assumiu a forma de um adensamento do campo. Surgiram numerosas aldeias industriais hiperdesenvolvidas — concentrações de centenas de fiandeiros e tecelões nos distritos manufatureiros de Lancashire e Yorkshire, semelhantes, em muitos aspectos, às antigas aglomerações rurais da Ânglia oriental.

O padrão global era de um contato estreito e um intercâmbio frequente entre a cidade e o campo. O comércio e as oficinas iam até os fregueses: A.P. Wadsworth observou os numerosos anúncios de casas de aluguel para negociantes nas aldeias ao redor de Manchester, o que refletia, de ambos os lados, uma resposta entusiástica à oportunidade econômica.¹⁶ Apesar da escassez de dados, parece claro que o comércio inglês do século XVIII, comparado ao do Continente, era impressionantemente ativo, empreendedor e aberto às inovações. Parte da explicação disso é institucional: os comerciantes ingleses estavam relativamente livres de restrições tradicionais ou legais quanto aos objetos ou ao caráter de sua atividade. Podiam vender o que e onde quisessem, e podiam concorrer — e concorriam — livremente com base no preço, na propaganda e no crédito. Se a maioria dos comerciantes continuava a barganhar, muitos seguiam o exemplo dos quacres e vendiam a preços fixos e marcados. Na medida em que foram prevalecendo, esses métodos conduziram a uma alocação mais eficiente dos recursos econômicos e a um custo mais baixo da distribuição.

Em suma, o mercado interno de produtos manufaturados estava crescendo, graças ao aperfeiçoamento das comunicações, ao aumento da popu-

lação, à renda média elevada e crescente, a um padrão de consumo favorável aos produtos duráveis, padronizados e de preço moderado, e à iniciativa comercial não cerceada. Até que ponto ele cresceu, no entanto, não se pode dizer com precisão, pois não dispomos de nenhuma estatística sobre o consumo doméstico.

Estamos mais bem informados no tocante ao comércio exterior, nem que seja apenas pelo fato de que a maioria dos produtos que entravam ou saíam do país tinha que passar pela supervisão dos funcionários alfandegários. Reconhecemos que as estatísticas comerciais são incompletas, inexatas e falseadas pelo uso de valores fixos num mundo de preços flutuantes. Mas elas proporcionam uma ordem de comparação, mostrando, por exemplo, um aumento de três ou quatro vezes nas exportações britânicas (incluindo a reexportação) durante os cem anos decorridos entre 1660 e 1760.

Vimos que o aumento das vendas da Inglaterra no exterior, assim como no mercado interno, refletiu, em grande parte, sua dotação natural; a isso convém acrescentar algumas vantagens institucionais e históricas. O país tinha uma sólida tradição marítima e, ao contrário da maioria de seus rivais no Continente, não desviou suas energias para a manutenção de exércitos dispendiosos e para a expansão territorial. Em vez disso, concentrou-se em garantir privilégios comerciais e um império colonial, às expensas, em grande parte, de seus principais rivais continentais, a França e a Holanda. Nenhum Estado atendeu mais aos desejos de suas classes mercantis; nenhum país foi mais atento às implicações comerciais da guerra. O sr. Ramsey assinala com perspicácia o papel de Londres na promoção dessa harmonia entre o comércio e a diplomacia, contrastado, nesse aspecto, com o isolamento de Bordéus, Marselha e Nantes em relação a Paris e Versalhes.¹⁷

Ao mesmo tempo, a Inglaterra desenvolveu uma ampla e agressiva marinha mercante, bem como as instituições financeiras necessárias à sua manutenção. Dentre todos os países do Continente, apenas a Holanda, mais uma vez, podia rivalizar com ela nesse aspecto, e a relativa superioridade da Holanda situava-se no comércio, e não na indústria. Entre o poderio mercantil holandês e a combinação britânica de poder mercantil e industrial, nunca houve nenhuma dúvida: o maior trunfo de um porto é um território produtivo.

A longo prazo, este foi o forte da Inglaterra: a capacidade de fabricar com baixo custo justamente os artigos em relação aos quais a demanda estrangeira era mais elástica. Os mercados mais promissores da Inglaterra, nos séculos XVII e XVIII, não se situavam na Europa, cujas próprias indústrias estavam crescendo e cujos governantes mercantilistas eram cada vez

mais hostis à importação de produtos manufaturados, mas nas terras de além-mar: no Novo Mundo, na África e no Oriente. Essas áreas eram muito diferentes em matéria de necessidades e preferências. Os habitantes tribais da África e os trabalhadores coloniais das Antilhas queriam tecidos finos e leves, cores vivas, metais vistosos — lãs finas, xadrezes de linho de algodão de Manchester, ferragens baratas de Birmingham. Os requisitos dos camponeses indianos ou chineses eram semelhantes (excetuando-se a maioria dos produtos de algodão), embora mais sóbrios. O agricultor da Nova Inglaterra ou o comerciante de Filadélfia, confrontados com um clima mais rigoroso e instável, e sendo mais sofisticados em termos de tecnologia, compravam tecidos mais pesados e ferragens mais resistentes. Entre todos, porém, havia um denominador comum, e de cunho negativo: eles não estavam especialmente interessados em artigos de luxo, dispendiosos e de acabamento requintado.

O efeito do aumento das exportações, portanto, foi reforçar as pressões favoráveis à padronização e contrárias à diferenciação, a quantidade em oposição à qualidade. Esse sacrifício da qualidade à quantidade era uma velha história na indústria inglesa. Não me refiro aqui à adulteração ou à venda de produtos inferiores como artigos de qualidade superior — esse era um mal internacional, como evidencia a reiteração de normas por parte dos governos e das guildas no continente europeu. Refiro-me, antes, à adoção de novos métodos de produção, que reduziam os custos em detrimento da solidez ou da aparência; o uso do carvão em lugar da madeira na fabricação de vidro ou na indústria de cerveja é o melhor exemplo disso.¹⁸

Essa presteza em abandonar os velhos métodos em favor dos novos, em colocar o lucro acima do orgulho artesanal ou até de uma aparência de orgulho, implica uma certa separação entre o produtor e a produção, uma orientação voltada para o mercado, e não para a fábrica. Em certa medida, ela refletiu a dominação inicial da indústria inglesa por interesses mercantilistas e a redução do artesão à condição de mero empregado do contratante da produção domiciliar. Obviamente, no entanto, isso não basta para explicar o fenômeno; na indústria lanífera, por exemplo, o centro de produção mais dinâmico situava-se em Yorkshire, uma fortaleza dos pequenos fabricantes independentes de tecidos; e na metalurgia, na fabricação de vidro, na cervejaria e na indústria química — as indústrias mais afetadas pela introdução do combustível mineral —, a organização da produção nada teve a ver com o sistema de produção domiciliar.

Ao contrário, essa preocupação com os custos deve ser vista como parte de uma racionalidade maior, ela mesma resultante, em certa medida, das

circunstâncias materiais — acima de tudo, da maior coesão do mercado inglês e da eficácia das pressões competitivas —, mas também como uma força ideológica própria, cujas fontes ainda estão por ser exploradas. Com a possível exceção da Holanda, em nenhum país do século XVIII a sociedade era tão sofisticada do ponto de vista comercial. Em parte alguma era tão rápida a reação aos lucros e perdas; em nenhum lugar as decisões empresariais refletiam tão pouco considerações não racionais, ligadas ao prestígio e ao hábito. Teremos oportunidade de voltar a examinar isso ao falarmos dos investimentos e da oferta de capital para a industrialização. No momento, meu único interesse é explicar para onde as pressões de mercado empurraram os produtores e por que os produtores reagiram.

Provavelmente é impossível dizer que parcela do aumento da demanda e da tendência para a produção maciça de artigos mais baratos é atribuível à expansão do mercado interno, comparado ao mercado externo. Dispomos apenas das mais grosseiras estimativas globais da proporção entre as vendas domésticas e as ultramarinas, e estas, presumivelmente, abarcam tudo, inclusive os produtos agrícolas. Mas o que nos interessa aqui é a demanda de produtos manufaturados e, a rigor, apenas de alguns deles. Talvez possamos tentar fazer esse tipo de comparação no tocante à indústria lanífera: no fim do século XVII, as exportações inglesas de tecidos de lã respondiam, provavelmente, por mais de 30% da produção industrial local; em 1740, essa proporção parece haver aumentado, possivelmente, para mais da metade, e em 1771-2 correspondia a pouco menos da metade.¹⁹ Nesse importante ramo, portanto, o principal impulso parece ter vindo do comércio exterior, e a área exportadora mais ativa da indústria, Yorkshire, era também o centro fabril que crescia mais depressa. Tem-se argumentado que a indução de um avanço tecnológico de tal monta requereria um mercado mínimo grande demais para basear-se num país isolado, de forma que o empurrão decisivo dependeria também do acesso a uma fatia significativa de um mercado mundial em expansão. Uma combinação singular de circunstâncias econômicas e políticas é que teria permitido à Inglaterra conquistar para si, no século XVIII, uma parcela tão grande do comércio de produtos manufaturados a ponto de explicar o salto bem-sucedido para o modo de produção "superior".²⁰

Mas a resposta não é tão simples. As cifras de que dispomos no tocante às exportações inglesas (maciçamente compostas de produtos manufaturados) mostram uma clara estabilização no terceiro quartel do século. O volume de carregamentos de lã caiu a partir do fim da década de 1750; os produtos de algodão oscilaram no fim da década de 1760 e na de 1770; a queda

veio mais tarde no tocante ao ferro e ao aço — no fim da década de 1760 —, mas foi acentuada e persistiu até a década de 1790.²¹ David Eversley argumentou de forma convincente contra a aceitação simplista das exportações como o principal setor da economia em processo de revolução: observando o peso e a relativa estabilidade da demanda interna, ele afirma que só a existência desse tipo de mercado confiável justificou e permitiu a acumulação de capital na indústria.²² Por outro lado (como em muitas questões históricas, é lícito deslizar de um lado para outro entre os prós e os contras), essa variabilidade das exportações constituiu, sem dúvida, um estímulo à mudança e ao crescimento industriais. Não se trata apenas de que o aumento marginal das vendas muitas vezes traduz a diferença entre lucros e perdas; ocorre que os surtos de demanda ultramarina impuseram um fardo abrupto e severo ao sistema produtivo, empurraram as empresas para uma situação de custos rapidamente crescentes e ampliaram o incentivo à transformação tecnológica. A partir do fim do século XVIII, as ondas de investimento pareceram suceder-se aos aumentos das vendas no exterior.²³

Seja como for, essa demanda crescente continha as sementes da dificuldade. Todo modo de organização industrial traz em seu bojo oportunidades de conflito entre empregador e empregado. Estas são particularmente graves no sistema de produção domiciliar, porque ele fornece tanto as armas quanto as causas da hostilidade: o trabalhador detém a custódia da matéria-prima do empregador e a transforma, trabalhando para isso num horário a seu critério, em sua própria casa, livre de supervisão. O único recurso do negociante é seu controle limitado sobre a renda dos empregados: se lhes pagar um valor suficientemente baixo, eles serão forçados a trabalhar, por medo da fome; e, se da remuneração lhes deduzir qualquer desvio dos padrões de qualidade, eles serão obrigados a manter um nível mínimo de desempenho. Sem dúvida, o exercício dessas restrições deriva do estabelecimento de algum tipo de vínculo monopsônico entre o empregador e o trabalhador; caso contrário, o primeiro não poderá fazer outra coisa senão aceitar o preço da mão-de-obra vigente no mercado. Parece incontestável o fato de, muitas vezes, haver efetivamente existido esse vínculo — por causa do monopsônio real em algumas áreas, ou de laços pessoais, ou do endividamento —, e de ele ter levado a abusos.²⁴ Há um corpo substancial de elementos folclóricos construídos em torno da figura do ganancioso negociante de tecidos e de seu laçao ainda mais avarento, Jimmy Squeezum.*

* O nome desse personagem imaginário poderia ser traduzido por alguma coisa como "Jaiminho-aperta-eles". (N. da T.)

Por outro lado, é igualmente claro que esses controles eram, na melhor das hipóteses, irregulares e de efeito limitado; que o trabalhador cedo aprendeu a complementar sua renda através do desvio, para uso pessoal ou para revenda, de parte da matéria-prima fornecida pelo negociante. Essa apropriação indébita costumava ser efetuada em detrimento do produto final: o fio era engomado para atingir um peso falso; o tecido era espichado até e além do ponto de transparência. Tampouco havia qualquer sentimento de compunção moral por essa subtração, encarada como uma prerrogativa normal do ofício e mais do que justificada pela exploração dos negociantes.

O controle do empregador sobre a mão-de-obra atingia sua força máxima no mercado em depressão. Nessas ocasiões, a ameaça de desemprego pairava pesadamente sobre os trabalhadores domiciliares. Na verdade, do ponto de vista do negociante, uma das maiores vantagens do sistema de produção domiciliar era a facilidade de dispensar os trabalhadores, pois os custos indiretos eram mínimos. (Mais tarde, quando a alternativa da produção concentrada nas fábricas tornou-se acessível, muitos empresários, especialmente nos países do Continente, retardaram a mudança em virtude da flexibilidade do arranjo anterior.) No século XVIII, entretanto, os contratantes ingleses da produção domiciliar depararam-se com um mercado temporariamente em expansão, que minou a disciplina e agravou os conflitos endêmicos ao sistema. A predileção dos trabalhadores pela apropriação indébita, aguçada na depressão pelo desejo de compensar perdas maiores e a falta de trabalho, de modo algum se embotava na prosperidade; ao contrário, a recompensa pelo furto era maior.

E mais: embora o sistema fosse flexível de cima para baixo, expandir a produção era difícil. Até certo ponto, a indústria rural se expandiu com facilidade, através da abertura de novas áreas, mudando-se das imediações das cidades manufatureiras para os vales vizinhos e as regiões montanhosas menos acessíveis, difundindo-se como um líquido à procura de seu nível — no caso, o mais baixo nível salarial possível. Foi assim que a indústria lanígera encheu as várzeas de Wiltshire e Somerset e veio a florescer ao longo de todos os charcos galeses no fim do século XVI; no Continente, as crescentes *fabriques* de lã de Verviers e Monschau iam buscar seus tecelões na província de Limburgo, em meados do século XVIII, enquanto a fabricação de algodão da Normandia, depois de se espalhar pela região de Calvados, começou a transbordar para a Picardia.

Mas, na Inglaterra do século XVIII, as possibilidades de expansão geográfica estavam praticamente esgotadas. As áreas mais acessíveis tinham

sido exploradas e atraídas para o sistema. Os tecelões de estame de West Riding estavam comprando fio nas várzeas nortistas e em regiões tão distantes quanto a Ânglia oriental. Em Lancashire, em meados do século, os tecelões andavam milhas para obter os fios de trama que manteriam seus teares ocupados pelo resto do dia, e subornavam as fiandeiras com fitas e outras futilidades. Grande parte dessa dificuldade devia-se à diferença dos requisitos de mão-de-obra para a fiação e a tecelagem: eram necessárias pelo menos cinco rodas para suprir um tear, uma proporção comumente discrepante da composição da população. Enquanto a questão era meramente encontrar fiandeiras rurais — cujos maridos trabalhavam nos campos — para fornecer o fio aos tecelões urbanos, não havia problema. Mas, depois que a tecelagem se espalhou para o interior e os homens abandonaram o cultivo da terra em prol da indústria, o desequilíbrio estava fadado a se transformar num obstáculo à expansão. Há indícios de que algumas fiandeiras haviam começado a se especializar em tipos específicos de fio em meados do século XVIII, de que havia surgido uma divisão do trabalho, ao menos em algumas partes de Lancashire, em resposta à pressão da demanda. Mas isso dificilmente seria o bastante, dada a situação da tecnologia, e o preço do fio subiu drasticamente entre o fim do século XVII e meados do século XVIII.

Essencialmente, o aumento deveu-se à dispersão cada vez maior da força de trabalho, pois os salários nominais da fiação pouco se modificaram. O custo do transporte era elevado, para começar; mais grave ainda, num mundo de comunicações precárias, o preço da movimentação dos produtos não era uma simples função da distância; os custos davam enormes saltos todas as vezes que era preciso cruzar uma barreira natural ou cobrir lacunas na rede de estradas e de vias fluviais. Mais cedo ou mais tarde, portanto, o fabricante em expansão era apanhado numa malha enorme de custos e obrigado a buscar uma produção maior dentro de sua própria área de atuação.²⁵

A longo prazo, é claro, ele podia esperar que a imigração e o aumento natural da população ampliassem sua força de trabalho. Havia uma movimentação considerável da população, apesar das restrições devidas às leis de povoamento; Lancashire, em particular, era uma espécie de fronteira interna, atraindo milhares de pessoas dos condados adjacentes, bem como da Irlanda e da Escócia, muito antes do surgimento da maquinaria e das fábricas. Ao fornecer novos recursos, a atividade industrial possibilitava uma ampla divisão da terra, incentivava os casamentos prematuros e dava origem a densidades populacionais que, de outro modo, teriam sido inconcebíveis. O professor Habakkuk e outros chamaram a atenção para a atração da indústria pelas áreas superpovoadas;²⁶ mas, nesse aspecto, como tantas

vezes acontece na história, o processo era de reforço recíproco: a indústria rural frequentemente lançava as bases do que acabava por se transformar numa superpopulação.²⁷

Todavia, a migração e o aumento natural são paliativos de ação lenta. A curto prazo, o fabricante que quisesse aumentar a produção tinha que extrair mais trabalho da mão-de-obra já contratada. Nesse ponto, contudo, ele tornava a esbarrar nas contradições internas do sistema. Não dispunha de nenhum meio para obrigar seus trabalhadores a prestar um determinado número de horas de trabalho; o tecelão ou artesão doméstico era senhor de seu tempo, começando e parando quando desejava. Embora o empregador pudesse elevar o salário por unidade produzida, com vistas a estimular o esforço diligente, era comum ele constatar que isso, na verdade, reduzia a produção. O trabalhador, que tinha uma concepção bastante rígida do que considerava ser um padrão de vida decente, a partir de um certo ponto preferia o lazer à renda; quanto mais alta sua remuneração, menos tinha que fazer para chegar a esse ponto. Nas épocas de abundância, o camponês vivia para o presente; não pensava no dia de amanhã; gastava boa parte de seus magros trocados na estalagem ou cervejaria local; farreava no sábado de pagamento, no domingo de descanso e também na "sagrada segunda-feira"; arrastava-se relutantemente de volta ao trabalho na terça, tomava gosto pela tarefa na quarta e trabalhava furiosamente na quinta e na sexta, para acabar a tempo de outro fim de semana prolongado.²⁸

Assim, justamente nas ocasiões em que eram maiores as oportunidades de lucro, o fabricante via-se frustrado por essa inversão das leis do comportamento econômico sensato: a oferta de mão-de-obra caía à medida que o preço se elevava. A tática inversa tampouco era mais eficaz. Os cortes diretos nos salários não eram viáveis, em face da demanda crescente, pois havia um limite para o controle do empregador sobre seus empregados. Mais comuns eram os aumentos sub-reptícios das tarefas do trabalhador: ele recebia urdumes mais longos ou menos crédito pelas perdas; ou então, os métodos de mensuração e pesagem eram alterados em favor do empregador. Esse tipo de esperteza, entretanto, trazia em si suas próprias punições. Os trabalhadores, ressentidos, eram incitados a furtar ainda mais, e os atritos inerentes ao sistema eram correspondentemente agravados. O século XVIII assistiu a um esforço persistente de sustar o furto de matérias-primas através da transformação da apropriação indébita num delito criminal, da concessão de direitos especiais de busca e apreensão aos empregadores e agentes da lei, da imposição do ônus da prova a qualquer pessoa que detivesse matérias-primas cuja posse não pudesse explicar e do

aumento reiterado das penalidades pela violação. Estas últimas incluíam a punição corporal, pois as multas não surtiam o menor efeito sobre fiandeiros e tecelões que não tinham um tostão. A própria reiteração dessas leis é a melhor prova de sua ineficácia; no último quarto do século XVIII, o mercado negro da lã e do fio havia-se transformado num negócio organizado, e dizia-se que muitos fabricantes de algodão haviam iniciado sua carreira comprando matéria-prima dessa fonte.²⁹ Da mesma forma, as leis que obrigavam os trabalhadores a concluir prontamente suas tarefas e a cumprir suas obrigações para com um empregador, antes de aceitar um contrato de outro — um problema que aparentemente aumentava com a demanda de mão-de-obra —, eram pouco mais do que reconhecimentos dessa dificuldade e expressões de intenções. A disciplina do sistema industrial estava vindo abaixo.

A mudança de atitude perante os trabalhadores pobres no fim do século XVII e início do XVIII refletiu, em parte, a frustração e a irritação dos empregadores. Em épocas anteriores, a pobreza fora encarada como um mal inevitável, sendo os pobres considerados como um objeto de piedade e uma responsabilidade para seus vizinhos. Agora, ela passou a ser considerada um pecado, e os pobres, vítimas de sua própria iniquidade. Defoe é apenas o porta-voz mais claro e mais eficiente desse ponto de vista, que punia o trabalhador pela indolência que o fazia desperdiçar seu tempo no ócio e em diversões rasteiras, e pelo vício que o levava a dissipar seus escassos recursos no álcool e na devassidão. Essa indignação virtuosa parece haver-se abrandado a partir de meados do século; pelo menos, aqueles que escreviam sobre questões econômicas começavam a argumentar que os trabalhadores não eram incorrigivelmente preguiçosos e, na verdade, reagiam positivamente a melhores salários. Coats sugeriu que essa mudança muito deveu à introdução da maquinaria e à promessa de uma solução definitiva para o problema.³⁰ Talvez. Enquanto isso, os negociantes continuavam céticos e, em lugares como Manchester, ainda se dizia às pessoas, em 1769, que o “melhor amigo” de um fabricante eram estoques elevados.³¹ É compreensível que os pensamentos dos empregadores se voltassem para oficinas em que os homens fossem reunidos para trabalhar sob a vigilância de capatazes atentos, e para máquinas que solucionassem a escassez de mão-de-obra e, ao mesmo tempo, cerceassem a insolência e a desonestidade humanas.

Contudo, se a presença dessa necessidade crescente de uma mudança no modo de produção esclarece o aspecto de demanda por inovações tecnológicas, ela não basta para explicar o aspecto da oferta: as condições que

possibilitaram a concepção de novos métodos e sua adoção pela indústria. Uma coisa parece clara: se a Grã-Bretanha era o país que sentia mais agudamente a inadequação do sistema em vigor, ela não era o único. Os grandes centros continentais também eram perturbados pela escassez de mão-de-obra e pelos abusos da indústria domiciliar. Como já foi assinalado, os tecelões e os industriais-comerciantes da Normandia e de Verviers, da Renânia e da Saxônia, eram obrigados a ir em busca de fio num raio cada vez mais amplo, muitas vezes enfrentando, nos países produtores, leis que proibiam sua exportação para os concorrentes. Tampouco foi essa a primeira vez na história em que a demanda pressionou intensamente a capacidade de fabricação artesanal e domiciliar: na Itália e na Flandres medievais, dificuldades análogas haviam surgido, sem provocar uma revolução industrial.

O problema pode ser decomposto em dois aspectos: as condições que regeram a invenção dos mecanismos poupadores de mão-de-obra e as que determinaram a adoção desses mecanismos e sua difusão na indústria.

Com respeito ao primeiro, parece claro, embora não seja nada fácil demonstrá-lo, que existia na Inglaterra do século XVIII um nível de qualificação técnica mais elevado e um interesse maior pelas máquinas e “engenhocas” do que em qualquer outro país da Europa. Isso não deve ser confundido com o conhecimento científico; a despeito de alguns esforços de ligar a Revolução Industrial à Revolução Científica dos séculos XVI e XVII, esse elo parece ter sido extremamente difuso: as duas refletiram uma acentuação do interesse nos fenômenos naturais e materiais e uma aplicação mais sistemática da investigação empírica. Na verdade, a bem dizer, o aumento dos conhecimentos científicos decorreu muito das preocupações e das conquistas da tecnologia, tendo havido um fluxo muito menor de idéias ou métodos no sentido inverso; e continuaria a ser assim pelo século XIX afora.³²

Tudo isso torna ainda mais misteriosa a questão da aptidão mecânica inglesa. O depoimento dos observadores contemporâneos a esse respeito é ambíguo: alguns consideravam os ingleses criativos, além de artesãos sumamente talentosos; outros os encaravam como simples imitadores inteligentes; não há indícios, antes das grandes inovações do século XVIII, de qualquer reservatório excepcional de talentos nessa esfera. Sem dúvida, havia os construtores de moinhos, os relojoeiros, os marceneiros e outros artesãos cuja experiência de construção e ideação realmente os tornava aptos a serem os mecânicos de uma nova era. Mas a Inglaterra não era o único país dotado de tais artesãos, e apesar disso em nenhum outro lugar encontramos essa colheita de invenções.

Não há provas positivas de um nível superior de aptidão técnica na Inglaterra, mas há um forte argumento indireto a favor dessa suposição: mesmo depois da introdução das máquinas têxteis (e também das novas técnicas metalúrgicas e químicas), os países do Continente não se mostraram preparados para imitá-las. Dentre as primeiras cópias, as mais eficientes foram, quase todas, obra de mecânicos ingleses emigrantes, e passaram-se décadas antes que o resto da Europa se livrasse da dependência em relação às aptidões britânicas. E esse longo aprendizado tampouco se prolongou em virtude de um desejo de empregar trabalhadores mais produtivos. Os artesãos ingleses que iam para o Continente eram caros, saudosos de sua terra natal e insubordinados. Seus empregadores mal podiam esperar para se ver livres deles.

Por que os ingleses desenvolveram essas habilidades mais cedo e mais depressa do que os outros é uma outra história. Acaso terá sido porque os controles corporativos da produção e do aprendizado estavam praticamente desarticulados no fim do século XVII, enquanto a influência contínua da organização das guildas e a supervisão ativa dos governos mercantilistas do Continente tendiam a congelar as técnicas num molde e a bloquear a imaginação?³³ Será a *Encyclopédie*, com suas descrições cuidadosas da maneira certa de fazer as coisas, um símbolo dessa rigidez? Ou terá sido pelo fato de os caminhos da ascensão social serem diferentes, na Inglaterra, do que eram nas monarquias aristocráticas do Continente, que o talento mostrou-se ali mais pronto para entrar nos negócios, nos projetos e na invenção do que nas sociedades mais tradicionais? É impressionante a origem mediana da maioria dos criadores das primeiras máquinas têxteis. John Kay era filho de um “pequeno proprietário abastado”; Lewis Paul, filho de um médico. Os antecedentes de John Wyatt são vagos, mas ele freqüentou o ginásio e é presumível que tenha vindo do tipo de família que considerava desejável a escolarização. O pai de Samuel Crompton era um fazendeiro que produzia tecidos como ocupação secundária e que, aparentemente, tinha uma situação apenas confortável. Edmund Cartwright era filho de um cavalheiro e diplomado em Oxford. Não era desabonador, no século XVIII, os filhos de boas famílias serem aprendizes de tecelões ou marceneiros.³⁴ O trabalho e a destreza manuais não eram estigmas do *peuple*, em contraste com a *bourgeoisie*.

Outra consideração se sugere. Será que não apenas a atmosfera inglesa era mais favorável à mudança, mas também a experiência especial em algumas áreas proporcionava facilidades singulares de treinamento? Qual foi, por exemplo, o papel da máquina de Newcomen na conformação da meta-

lurgia e da construção mecânica inglesas? Ou será que a explicação reside, simplesmente, na maior necessidade de inovação da ilha (uma questão de grau, sem dúvida, mas as questões de grau podem, muitas vezes, ser decisivas): numa necessidade de dispositivos que economizassem mão-de-obra numa indústria têxtil cujos produtos se prestavam à produção em massa, na necessidade de equipamentos eficazes de bombeamento para as minas, ou na necessidade de meios para utilizar combustível mineral num país que tinha o maior apetite de ferro do mundo?

As recentes e importantes pesquisas de A.E. Musson e Eric Robinson oferecem uma imagem impressionante da energia com que Lancashire mobilizou e treinou aptidões tecnológicas na segunda metade do século XVIII — importando artesãos de locais tão distantes quanto Londres e a Escócia e investindo em sua própria vigorosa tradição de mão-de-obra especializada para transformar marceneiros em construtores de fábricas e em torneiros, ferreiros em fundidores, e relojoeiros em fresadores de ferramentas e matrizes.³⁵ Ainda mais impressionante é o conhecimento teórico desses homens. Eles não eram, de modo geral, os iletrados funileiros ambulantes da mitologia histórica. Até o simples construtor de moinhos, como observa Fairbairn, costumava ser “bom em aritmética, conhecia um pouco de geometria, nivelamento e mensuração e, em alguns casos, possuía um conhecimento muito competente de matemática aplicada. Era capaz de calcular a velocidade, a força e a potência das máquinas; sabia desenhar no plano e em corte...”³⁶ Grande parte dessas “realizações e poder intelectual superiores” refletia as abundantes facilidades de aprendizagem técnica em “aldeias” como Manchester durante esse período, que iam desde as academias e sociedades eruditas dos dissidentes religiosos até os professores locais e visitantes, as escolas particulares “de matemática e comércio” que ofereciam aulas noturnas, e uma ampla circulação de manuais práticos, publicações periódicas e enciclopédias.

Quaisquer que tenham sido as razões da precocidade inglesa nesse campo, os resultados são claros; e igualmente clara é a relativa facilidade com que os inventores obtinham financiamento para seus projetos, e a rapidez com que os produtos de sua engenhosidade caíam nas graças da comunidade industrial — até em excesso, pois muitos dos primeiros inventores passavam mais tempo procurando fazer valer seus direitos de patente do que tentando obtê-los.³⁷ Houve quem explicasse essa rápida difusão das mudanças pela acumulação de capital na Inglaterra, que era relativamente maior do que em qualquer outro lugar da Europa, exceto, talvez, a Holanda (que tinha a gentileza de enviar parte de suas reservas excedentes para a Inglater-

ra, em vez de investi-las em sua própria indústria). Esses autores argumentam que a maior oferta de capital refletiu-se em taxas de juros mais baixas, que tenderam a decrescer ao longo do século XVIII, e que isso, por sua vez, tornou a mudança muito menos dispendiosa e, *pari passu*, muito mais lucrativa e atraente.³⁸

A tese é persuasiva, mas os fatos históricos tendem a modificá-la em diversos pontos e a diminuir sua importância em outros. Por um lado, é sumamente improvável que diferenças da ordem de dois, três ou até seis pontos percentuais na taxa de juros fossem uma consideração decisiva, quando a vantagem mecânica da inovação era tão grande como foi no tocante às primeiras máquinas têxteis. É compreensível que a escolha do momento de construir canais e estradas, ou projetos igualmente dispendiosos e de gestação lenta, fosse afetada pelas alterações da taxa de juros, em parte porque a própria possibilidade de financiamento dependia, muitas vezes, de um mercado financeiro favorável. Para o empresário têxtil em potencial, o problema não era saber se seus lucros cobririam 6% ou 12% sobre o capital tomado de empréstimo, mas se ele conseguiria ou não levantar algum capital.

Nesse aspecto, o fabricante de algodão do século XVIII foi favorecido pela própria novidade da Revolução Industrial. Por mais complicadas que fossem para os contemporâneos, as primeiras máquinas eram, ainda assim, engenhocas rudimentares de madeira, que podiam ser construídas por somas surpreendentemente pequenas. Uma máquina de fiar com quarenta fusos talvez custasse £6 em 1792; as cardas abridoras e batedoras custavam £1 por polegada de largura do rolo; uma maçarocqueira com trinta fusos custava £10.10s.³⁹ E essas eram as novas. Equipamentos semelhantes eram freqüentemente anunciados, já em segunda mão, por preços muito menores. Os únicos itens realmente dispendiosos da inversão em capital fixo nesse período eram os prédios e a energia, mas, com respeito a isso, o historiador deve lembrar-se de que as grandes fábricas de vários pavimentos, que assombravam os contemporâneos, constituíam exceção. A maioria das chamadas fábricas não passava de oficinas melhoradas: uma dúzia de operários ou menos, uma ou duas fiadeiras [*jennies*], talvez, ou fiadeiras automáticas [*mules*], e uma carda para preparar as mechas. Esses aparelhos primitivos eram acionados pela força dos homens e mulheres que os operavam.⁴⁰ Sótãos e casas eram readaptados para esse fim; mais tarde, podia-se acrescentar uma máquina a vapor a esse tipo de estrutura improvisada. Além disso, havia instalações de aluguel — e aí temos outro exemplo da receptividade do capital inglês às oportunidades econômicas. Não só se ofe-

reciam prédios completos a inquilinos em potencial, como também oficinas maiores eram subdivididas e alugadas em pequenas unidades. Assim, um industrial podia efetivamente começar com um desembolso mínimo de capital — alugando sua fábrica, tomando empréstimos para a aquisição de equipamentos e matéria-prima, e até levantando fundos para o pagamento dos salários, através da venda antecipada do produto acabado. Alguns, sem dúvida, começaram sem nada além do capital acumulado na pequena comercialização local de fios e tecidos; outros, como assinalado acima, parecem ter construído suas fortunas no mercado negro de matéria-prima furtada.

Por outro lado, um bom número dos primeiros proprietários de tece-lagens eram homens de posses — mercadores cuja experiência na venda de produtos acabados os havia alertado para as possibilidades da produção mecanizada em larga escala, contratantes de trabalho domiciliar que tinham tido uma experiência direta na indústria, e até pequenos produtores independentes com uma poupança suficiente para modificar seus métodos e se expandir. Assim, dos 110 cotonifícios fundados nas Midlands no período de 1769 a 1800, 62 foram criação de negociantes de artigos de malharia, tecidos e linhas, e fabricantes provenientes de outros distritos ou de outros ramos da indústria têxtil.⁴¹ Essa acumulação prévia de riqueza e experiência foi um fator fundamental na rápida adoção das inovações tecnológicas — como aconteceu nas indústrias siderúrgica e química. Agora fechamos o círculo: as invenções surgiram, em parte, porque o crescimento e a prosperidade da indústria tornaram-nas imperativas; e o crescimento e a prosperidade da indústria contribuíram para possibilitar sua utilização precoce e amplamente disseminada.

Tudo isso serve para enfatizar uma ressalva importante: não foi o capital, por si só, que possibilitou o rápido avanço da Inglaterra. O dinheiro, sozinho, poderia não ter feito nada; a rigor, nesse aspecto, os empresários do Continente, que muitas vezes podiam contar com subsídios diretos ou privilégios monopolistas advindos do Estado, estavam em melhor situação que seus pares ingleses. O que distinguiu a indústria britânica, como já tivemos várias oportunidades de assinalar, foi uma excepcional sensibilidade e receptividade às oportunidades pecuniárias. Tratava-se de um povo fascinado pela riqueza e o comércio, coletiva e individualmente.

A razão disso é uma questão digna de investigação. Certamente, esse fenômeno estava estreitamente relacionado, como causa e efeito, com a já assinalada abertura da sociedade; e esta, por sua vez, estava ligada à posição e ao caráter singulares da aristocracia.

A Inglaterra não tinha nobreza, no sentido dos outros países europeus. Tinha um conjunto de pares, composto de um pequeno número de pessoas portadoras de títulos de nobreza, cuja prerrogativa essencial e quase única era a possibilidade de se sentar na Câmara dos Lordes. Seus filhos eram plebeus. Muitas vezes, é certo, recebiam títulos de cortesia em sinal de sua origem elevada, mas não diferiam, em sua condição civil, dos outros ingleses. Mesmo os Pares do Reino tinham apenas os mais modestos privilégios: o de serem julgados por nobres como eles em processos criminais, por exemplo, ou o direito de acesso direto ao soberano. Não gozavam de imunidades fiscais.

Abaixo da nobreza situava-se a pequena aristocracia, ou a chamada fidalguia rural — um grupo amorfo, sem definição ou *status* legal, que não tinha equivalentes no continente europeu. Seus limites eram indistintos e suas classes tinham uma constituição frouxa e heterogênea. Alguns pequenos aristocratas eram de ascendência nobre; outros haviam feito fortuna no comércio, nas profissões liberais ou no serviço público, e haviam adquirido terras tanto em nome de seu prestígio social quanto no de sua renda; outros eram herdeiros de antigas famílias rurais; outros, ainda, eram fazendeiros ou oficiais da casa real que haviam enriquecido. Eles tinham duas coisas em comum: a posse de terras e um estilo de vida que era um vestígio do senhorialismo medieval. Eram esses os notáveis locais — senhores das herdades, juizes de paz, xerifes dos condados. Juntamente com os Pares, eram os verdadeiros governantes da Inglaterra provincial.

Tanto a nobreza quanto a aristocracia rural costumavam praticar a primogenitura: o filho mais velho herdava o título (quando fosse o caso) e as terras. Isso tinha duas grandes conseqüências: aumentava o fardo econômico do chefe da família e obrigava a maioria dos filhos a ganhar a vida, no todo ou em parte.

Não era tarefa simples preservar e, se possível, ampliar a herdade familiar para transmissão ao herdeiro e, ao mesmo tempo, obter colocações para os filhos mais novos e dotes para as filhas. Daniel Finch, conde de Nottingham, deixou bem claro esse ponto numa carta de 1695 a seus testamenteiros; ele era favorável à legação primogenitária rigorosa, escreveu,

não tanto pela vã pretensão de manter uma grande propriedade em minha família, mas porque, com isso, [meu filho] estará sujeito à necessidade de observar uma economia saudável, a fim de que possa prover seus filhos mais novos. Conseqüentemente, não incorrerá no estilo de vida insensato ou extravagante que perverte e corrompe os costumes de muitas famílias, além de lhes arruinar as fortunas...⁴²

Sem dúvida, a sociedade britânica havia assegurado carreiras para os caçulas das boas famílias: cargos remunerados no governo, benefícios eclesiásticos, comissões nas forças armadas e um número crescente de situações potencialmente lucrativas nas colônias (que não foram realmente importantes até a segunda metade do século XVIII). No entanto, por mais exorbitantes e ociosas que fossem muitas dessas colocações aos olhos dos reformistas contemporâneos, elas não eram suficientes para atender à demanda (como atesta a competição pelo direito de nomeação para cargos públicos) e tinham que ser partilhadas com outros grupos, como a carreira de advogado e os interesses mercantis. As prebendas e cargos oficiais eram difíceis de obter, e raro era o pai que conseguia deixar mais de dois ou três filhos bem colocados. Para citar Nottingham mais uma vez, “nenhuma propriedade é capaz de dotar tão plenamente os filhos menores a ponto de eles não terem, em grande medida, que ajudar a si mesmos”. O quarto e o quinto filhos da fidalguia rural, e até das famílias nobres, tinha que fazer sua aprendizagem no comércio — não o comércio das lojas, é claro, mas o comércio internacional, que era, ao mesmo tempo, o orgulho da economia inglesa e o campo de cultivo de novas casas.⁴³

Admite-se que raramente chegava a haver quatro ou cinco filhos varões que sobrevivessem até a idade adulta, e é presumível que o fluxo de talento aristocrático que escoava para os negócios fosse pequeno.⁴⁴ Certamente, ele foi menos importante no século XVIII do que tinha sido em períodos anteriores, em parte, talvez, porque a Casa Real trouxe consigo de Hanover intensos preconceitos alemães contra esse tipo de mobilidade, e, em parte, porque a proliferação dos cargos oficiais e a extensão do domínio britânico estavam abrindo oportunidades alternativas que eram mais atraentes e preferencialmente acessíveis.⁴⁵ Mas o que importava não era tanto a contribuição substantiva para a esfera empresarial; e sim o simbolismo do exemplo, a sanção que essa participação legítima, por menor que fosse, conferia ao comércio, tornando-o uma atividade respeitável, e à racionalidade pecuniária, tornando-a um estilo de vida.

O chefe da família tinha que construir um patrimônio e colocá-lo a serviço de si e de seus filhos. Nem todos os senhores de terras saíam-se bem na disputa pela fortuna, ou sequer tentavam esse caminho, mas, quando davam o melhor de si, compunham uma classe de “proprietários denodados” que eram um bálsamo para o coração de progressistas como Arthur Young. Nobres ou aristocratas, eles viviam em suas propriedades rurais (e não na corte), percorriam suas terras e anotavam sua produção, buscavam benfeitorias que aumentassem a receita tradicional e concebiam novas

maneiras de produzir renda. Raramente se encarregavam diretamente do cultivo ou da operação — embora se possam citar exemplos contrários, como Thomas Fitzmaurice, irmão do conde de Shelburne, que, entre outras iniciativas, alvejava e vendia os artigos de linho tecidos por seus arrendatários irlandeses⁴⁶ (mesmo quando tinham feito sua fortuna no comércio e continuavam na firma, eles inevitavelmente dedicavam menos tempo aos interesses mercantis). Em vez disso, alugavam suas terras a arrendatários — camponeses, agricultores comerciais ou empreiteiros industriais. Quando financiavam empreendimentos comerciais, faziam-no mais na condição de credores do que de sócios, ou então adquiriam ações de sociedades anônimas e companhias fiduciárias. Seus interesses costumavam ser administrados por ecônomos, agentes e procuradores, o que os expunha aos abusos de confiança. Isso, no entanto, era uma razão ainda maior para supervisionarem de perto seus negócios, e muitos deles tomaram decisões que trazem a marca de um espírito empresarial ativo. Um número pequeno, mas significativo, escavou minas, construiu usinas siderúrgicas, abriu canais, desenvolveu portos e arrendou suas propriedades urbanas para fins de construção. E, o que é mais importante, eles previam a demanda, faziam investimentos especulativos, anunciavam, se necessário, à procura de locatários, e se dispunham a administrar suas instalações através de agentes ou sócios, caso não surgisse nenhum inquilino.

Eles também demarcavam a terra, concentravam as posses, traziam ou encontravam arrendatários que introduzissem uma melhor rotação de culturas e melhoras técnicas de cultivo, e ajudavam a difundir novas idéias pelo interior. Este não é o lugar para discutir a chamada “revolução agrícola” do século XVIII, ou para avaliar os benefícios ou as injustiças que a acompanharam. Meu objetivo, aqui, é sublinhar o caráter generalizado desse espírito de inovação e de seus efeitos, e também lembrar o conhecido fato de que essa era uma sociedade que erguia relativamente poucas barreiras institucionais a mudanças fundamentais desse tipo. A monarquia Tudor pode ter ficado apreensiva com as *enclosures* [demarcações]; o regime parlamentar do século XVIII foi menos paternalista. Para o bem ou para o mal, o interior da Inglaterra foi sendo misturado como o pão, e os proprietários rurais progressistas foram um poderoso fermento.

É provável que essas aventuras industriais empreendidas por pessoas “de nome” fossem, de modo geral, menos compensadoras que os esforços competitivos dos negociantes “profissionais”, ou, nesse sentido, que as grandes herdades não pudessem comparar-se às terras dos pequenos proprietários de sua vizinhança.⁴⁷ Também é verdade que a nobreza e a aristocracia

rural tenderam, ao longo do tempo, a passar de empresárias ativas a arrendatárias; foi essa a experiência, por exemplo, de áreas como o País de Gales e Northumberland, onde os grandes depósitos de carvão e de minério de ferro haviam fornecido, inicialmente, uma base favorável para a atividade industrial dos senhores de terras. Entretanto, a importância desses esforços residia neles mesmos, e não em sua lucratividade. Mais uma vez, ela residia na legitimidade conferida à inovação e à busca da riqueza como estilo de vida.

Uma comparação permite esclarecer essa tese. Até aqui, tratei essa permeação da vida campestre pelo espírito de iniciativa e de previsão como uma conseqüência da estrutura social e do sistema de transmissão da herança. Havia mais do que isso. Em parte, ela refletiu o ritmo de aceleração da economia: novos homens continuavam a ascender, e as famílias antigas tinham que andar mais depressa para conservar suas posses. Em parte, é provável que essa permeação tenha sido uma resposta às novas oportunidades, em especial à crescente demanda dos recursos que se achavam nas mãos dos proprietários rurais. Todavia, essa resposta não era necessária nem inevitável. Para a nobreza e a aristocracia rural, teria sido igualmente simples voltar as costas para seus novos rivais e acabar com a concorrência, definindo os meios da ascensão deles como intrinsecamente ignóbeis. Isso era o que tinha feito a aristocracia da Europa no Renascimento, ao elaborar a própria idéia do cavalheiro como uma arma contra as pretensões da burguesia.⁴⁸ E era o que viria a ser a reação de boa parte da aristocracia européia no século XIX, em face da revolução industrial e da alteração correspondente na balança do poder político. A nobreza e a aristocracia rural inglesas optaram por ir ao encontro dos recém-chegados a meio-caminho: afirmaram sua distinção por berço ou instrução, mas a escoraram com um culto ativo e produtivo do lucro.

Essa decisão momentosa foi auto-reforçadora. O interesse do fidalgo inglês pela ampliação de sua fortuna fez dele um participante da sociedade, em vez de um parasita dela — seja qual for o juízo que se possa fazer sobre o caráter dessa participação. Os interesses comerciais promoveram um grau de intercâmbio entre pessoas de diferentes posições e modos de vida que não teve paralelo no Continente. Escreveu Lord Hervey em 1731:

Costumávamos sentar para jantar com um pequeno e aconchegante grupo de uns trinta, cheios até os gorgomilos de carne de vaca, veado, ganso, peru etc., e, em geral, acima dos gorgomilos de clarete, cerveja forte e ponche. Tínhamos lordes Espirituais e Temporais, além de plebeus, vigários e um sem-número de proprietários de bens alodiais.⁴⁹

Comparemos isso com as reflexões de Arthur Young sobre uma visita ao Duque de la Rochefoucauld:⁵⁰

Na casa de um nobre inglês, teria havido três ou quatro rendeiros convidados a me conhecer, os quais teriam jantado com a família, entre as senhoras da mais alta estirpe. Não exagero ao dizer que tive isso, pelo menos uma centena de vezes, nas melhores casas de nossas ilhas. Trata-se, porém, de uma coisa com que, no atual estado dos costumes em França, não se depararia desde Calais até Bayonne, exceto por acaso — na residência de algum grande senhor que houvesse estado com frequência na Inglaterra — e, mesmo assim, não sem ser solicitada.

Ou então, voltando à Inglaterra, consideremos a amizade de Robert Hewer, comissário da navegação mercante e negociante bem-sucedido, transformado em proprietário rural e senhor do solar de Manadon (perto de Plymouth), com o duque e a duquesa de Bedford: ele passava semanas como hóspede destes últimos em Woburn Abbey, onde participava “de todos os seus grupos de diletantismo!”; e a visita repetiu-se diversas vezes.⁵¹ Um relacionamento contínuo como esse é mais significativo da verdadeira sociedade do que uma dúzia de casamentos entre o sangue nobre e o ouro burguês, *pour redorer le blason*.⁵²

Abaixo do nível da aristocracia rural, não havia barreira alguma entre a terra e o comércio — nem mesmo uma membrana permeável. Dado o caráter rural da maioria das indústrias e as reivindicações intermitentes da agricultura, muitos cultivadores eram, ao mesmo tempo, fabricantes ou intermediários, ou ambos. Isso se aplicava não só aos produtos têxteis, mas também a ramos como a metalurgia, onde se poderia supor que a natureza do processo de fabricação impusesse uma divisão do trabalho mais rigorosa: basta o testemunho de Isaac Wilkinson, Aaron Walker, Jedediah Strutt e outros. A mesma combinação de atividades existia onde prevalecia uma situação semelhante no Continente: a terra gerava empreendimentos e empresários industriais. Mais uma vez, o que distinguia a Inglaterra era uma questão de grau. Em nenhum outro lugar, como vimos, o interior era tão permeado pela indústria; em nenhum outro lugar eram maiores as pressões e incentivos à mudança, ou mais fraca a força da tradição. Era tudo uma só coisa: os latifundiários progressistas, as áreas demarcadas, o cultivo comercial da terra, as oficinas das aldeias, o sistema doméstico de produção, as minas e fundições, o ativo mercado hipotecário, tudo se combinou para romper os grilhões do localismo e do hábito, integrar o campo e a cidade e promover uma mobilização muito mais ampla dos talentos do que teria

ocorrido de outra maneira. Numa sociedade em que quatro em cada cinco pessoas viviam da terra, esse foi um poderoso estímulo para o desenvolvimento global.

Da mesma forma, o fluxo da iniciativa empresarial nos negócios era mais livre, e a alocação de recursos respondia a ele de maneira mais sensível do que em outras economias. Enquanto a tradicional e sacrossanta exclusividade ocupacional continuava a prevalecer do outro lado da Mancha, às vezes imposta por lei, mas, de qualquer modo, pelo hábito e pelas proibições morais, o trabalhador britânico não se aferrava ao seu ofício até o fim, nem o negociante ao seu ramo de comércio. Não se tratava meramente de uma espécie de fenômeno negativo, ou seja, da inexistência de regulamentos restritivos ou de censuras infamantes; tratava-se, ao contrário, de um impulso positivo, uma versatilidade ambiciosa que estava sempre atenta à grande oportunidade. É impossível não nos impressionarmos com um homem como Thomas Griggs, um merceiro e alfaiate de Essex em meados do século XVIII, que investia e especulava com terras, engordava gado para o mercado, maltava cevada e emprestava dinheiro em troca de penhores.⁵³ Ou como Thomas Fox, um negociante quacre de tecidos e roupas de Wellington, que, diante de tempos difíceis no comércio da lã, foi levado a investigar as possibilidades da mineração de chumbo, calamina ou cobre — ou todos três.⁵⁴

Seria possível alongar essa lista consideravelmente, mas um último exemplo há de bastar: Samuel Garbett, de Birmingham, originalmente produtor de utensílios de latão, depois mercador e químico, sócio de empresas de fiação, de produtos químicos (Birmingham e Prestonpans, perto de Edimburgo), de fundição (usina de Carron, na Escócia) e de moinhos de trigo (Albion Mills, em Londres), além de acionista da Cornish Metal Co. (mineração de cobre). Para aquilatar a força desse impulso de enriquecimento, convém lembrar que esses homens arriscavam suas fortunas a cada lance dos dados empresariais. Garbett abriu falência em 1772 por causa do fracasso de um de seus sócios.

Ao mesmo tempo, a estrutura da empresa era mais aberta e racional na Inglaterra do que nos países continentais. Por toda parte, a unidade empresarial fundamental era a propriedade individual ou a sociedade em família. Mas num país como a França a empresa familiar era quase sempre fechada às pessoas de fora, enquanto os empresários britânicos tinham muito mais disposição de se associar com amigos ou amigos de amigos. Na verdade, essa parece ter sido a maneira preferida de levantar capital para fins de expansão ou de atrair e vincular à empresa qualificações especiais. Na in-

dústria têxtil, um capitalista como George Philips dispôs-se a buscar e tomar como sócio um diretor experiente como George Lee, ex-empregado de Peter Drinkwater; ou então, um fiandeiro de linho já calejado como John Marshall, diante de uma crise nos negócios, foi capaz de despachar seus sócios ("Já que nenhum dos dois podia ter qualquer outra serventia, liberei-os da firma e assumi toda a responsabilidade"); e quando, pouco depois disso, embora hipotecado até o pescoço, decidiu expandir-se, ele tratou de introduzir novos sócios por somas muito maiores.⁵⁵ Na fabricação de cerveja, onde a necessidade de capital era tão grande e urgente "que era impossível produzi-lo com suficiente rapidez a partir dos lucros das firmas (...), as empresas estabelecidas aceitavam de bom grado a associação com banqueiros e negociantes, que, necessariamente, levavam para elas as consequências sociais e políticas da vasta riqueza produzida em outros campos".⁵⁶ Na fabricação de máquinas, a qualificação, provavelmente mais do que o capital, constituía o fator escasso, embora fossem necessárias milhares de libras para transformar uma oficina de reparos numa indústria mecânica. Boulton e Watt talvez sejam o melhor modelo dessa aliança entre o dinheiro e o talento, mas seria possível citar muitas associações semelhantes, com uma divisão variável das contribuições e responsabilidades.⁵⁷ Esse padrão teve sua maior difusão, provavelmente, na metalurgia; ali, tanto os requisitos de capital quanto os de talento eram maciços, e a sociedade era a forma normal da empresa.⁵⁸ Mesmo quando uma firma era, essencialmente, um negócio familiar — por exemplo, a fundição Crawshay, em Cyfarthfa, ou a metalurgia em Londres —, quando necessário introduziam-se pessoas de fora, cuja saída era posteriormente comprada, quando recomendável, a fim de se encontrarem novos sócios. O professor Ashton assinalou a importância dos dissidentes da Igreja Anglicana nesse contexto de associações interfamiliares: os laços de uma religião comum perseguida eram um vínculo comercial quase tão eficaz quanto o próprio sangue.⁵⁹

A coesão e apoio mútuo da comunidade empresarial anglicana dissidente eram apenas um dos elementos de seu sucesso comercial. Seus membros sofriam numerosas limitações por causa de sua religião, e a atividade empresarial era, sob muitos aspectos, a válvula de escape mais conveniente para sua energia e ambição; seu próprio credo, com sua ênfase na diligência, na parcimônia e na racionalidade como estilo de vida, era amiúde uma vantagem competitiva. Também é possível que, em decorrência de práticas de educação dos filhos que davam margem precocemente à iniciativa e à liberdade, eles inculcassem em sua prole uma necessidade particularmente intensa de empreendimentos. Essa é, pelo menos, a tese de David McClell-

land.⁶⁰ De qualquer modo, certamente não foi por coincidência que os dissidentes foram mais numerosos no Norte e nas Midlands, os centros de desenvolvimento industrial mais rápido, ou que um número desproporcionalmente grande dos principais empresários da Revolução Industrial proveio desse grupo.⁶¹ Por outro lado, a Inglaterra não foi a única a ter calvinistas, que desempenharam o papel de um fermento empresarial por toda a Europa. O que distinguiu a Grã-Bretanha foi a medida em que seus dissidentes religiosos conformaram-se a um padrão social mais amplo; as diferenças empresariais foram diferenças de grau, não de qualidade.

As mesmas observações se aplicam à tese comumente citada de que a inflação dos preços trouxe lucros maiores, e de que os lucros maiores possibilitaram a transformação industrial.⁶² Mesmo que se pudesse demonstrar que os lucros realmente aumentaram no correr do século, e que os preços mais altos é que foram os responsáveis por isso — e a demonstração habitual não prova nada disso —, persiste o fato de que a Inglaterra não foi a única nação a ter uma inflação de preços nesse período, e de que as melhores empresas do Continente tiveram taxas de lucro igualmente elevadas e, quando muito, confiaram mais no autofinanciamento.⁶³ A questão, mais uma vez, é menos a margem de lucro do que a maneira de utilizá-la: enquanto as firmas inglesas tornavam a semear seus lucros na iniciativa empresarial, seus competidores no exterior os transferiam desta, com demasiada freqüência, para outras ocupações mais honrosas, ou os conservavam como uma reserva, sob a forma de terras, empréstimos hipotecários e outros investimentos não industriais similares.

Por fim, cabe dizer uma palavra sobre o papel dos bancos e do crédito bancário. Em nenhum país da Europa do século XVIII era tão avançada a estrutura financeira quanto na Inglaterra, nem o público estava tão habituado a operar com papéis.⁶⁴ Nominalmente, o crédito oferecido pela crescente multiplicidade de bancos privados abrangia períodos curtos — de até noventa dias —, para cobrir transações comerciais; na verdade, boa parte dele era oferecida sob a forma de créditos rotativos e abertos, ou até de saques correntes a descoberto, que funcionavam como um quase-capital.⁶⁵ E mais, o desenvolvimento de uma rede nacional de descontos e pagamentos permitiu que as áreas industriais sedentas de capital recorressem, para esse fim, aos distritos agrícolas ricos em capital. O sistema estava apenas começando a se desenvolver no último quartel do século XVIII. Nas décadas de 1820 e 1830, entretanto, quando o problema de vender os produtos das fábricas inglesas havia-se tornado mais difícil que o de financiar a transformação tecnológica, o crédito bancário foi um dos pilares do edifício industrial.

O crédito bancário teve uma importância ainda maior porque, nas primeiras décadas da revolução industrial, o capital de giro ainda era muito mais importante do que o capital imobilizado. Isso se aplicava até mesmo às empresas da indústria pesada — mineração, metalurgia e fabricação de equipamentos. Assim, Sydney Pollard fornece uma amostra das contas comerciais de empresas de mineração e refino de cobre, indústria de latão, engenharia e metalurgia leve em datas situadas entre 1782 e 1832: a menor proporção de capital fixo em relação à avaliação total dos ativos em estoque é de 8,8%; a maior, de 33,2%.⁶⁶ Outras medidas dessa relação — por exemplo, as comparações do capital fixo com as contas a receber ou a pagar — em relação a outras firmas, em outras ocasiões, mostram resultados semelhantes. E Pollard afirma que algumas das maiores e mais capitalizadas empresas da Revolução Industrial realmente enfrentavam problemas, porque tinham dificuldade em levantar um capital de giro compatível com o tamanho de seu capital investido em ativos fixos. Paradoxalmente, elas eram ricas demais.

Embora o desenvolvimento de um mercado financeiro nacional claramente integrado promovesse um fluxo mais fácil e abundante de recursos da terra para a indústria, a natureza e a direção do balanço de pagamentos entre esses dois setores são menos óbvias. Um dado corriqueiro da literatura econômica é que um dos aspectos ou critérios fundamentais do desenvolvimento é o deslocamento de recursos da agricultura para a indústria, e que uma das condições de desenvolvimento rápido é um aumento de produtividade na lavoura que gere a poupança necessária para financiar a expansão industrial. O melhor exemplo dessa seqüência é o Japão, onde a produção *per capita* na agricultura quase duplicou no espaço de uma geração (1878/82–1903/7), com pequeno dispêndio de capital, e onde, especialmente nos primeiros anos, o imposto territorial drenou uma parcela substancial da receita agrícola para ser investida no desenvolvimento.⁶⁷ O caso britânico, entretanto, tem uma nítida diferença. Para começar, o aumento da produtividade rural foi seguramente muito menor. As estatísticas disponíveis em nada se comparam às japonesas, mas, mesmo não sendo grande coisa, levaram uma autoridade a conjecturar que “a produção *per capita* na agricultura aumentou cerca de 25% no século XVIII, e a totalidade desse avanço foi alcançada antes de 1750”.⁶⁸ A mesma fonte sugere que a produção real dos setores agrícolas elevou-se em cerca de 43% no decorrer do século, sendo 24% durante as décadas cruciais de 1760 a 1800;⁶⁹ em contraste, a produção agrícola japonesa quase dobrou entre o fim da década de 1870 e o início da de 1900.

Além disso, o aumento da produção rural inglesa deveu-se, em grande parte, às demarcações de terras e às melhorias que elas possibilitaram: a concentração das propriedades, a eliminação das áreas sem cultivo, a escolha e rotação mais produtivas das culturas, a reprodução seletiva de rebanhos, a melhor drenagem e fertilização, e o cultivo mais intensivo. Ainda é controversa a rapidez com que essas novas técnicas se difundiram ou a presteza com que se seguiram às demarcações. O que está claro é que tanto a divisão da terra quanto as melhorias subseqüentes em sua utilização custaram dinheiro: para despesas legais, estradas, valas e cercas, para começar; e, eventualmente, para construções, equipamentos, drenagem e matérias-primas. Infelizmente, não dispomos de números relativos à área afetada, mas as estatísticas parciais disponíveis — a demarcação de áreas cultiváveis e não cultiváveis por decreto parlamentar, por exemplo — sugerem que, de 1760 a 1815, a Inglaterra demarcou milhões de acres, numa redistribuição cujo custo inicial foi de mais de £1 por acre e cujo custo adicional se situou entre £5 e £25 por acre, dependendo do estado original do solo e da natureza de sua utilização.⁷⁰ Esses investimentos foram compensadores, como mostram o aumento da produção e dos aluguéis das terras unificadas. Mas é bem possível que, nas primeiras décadas de demarcação intensa, isto é, exatamente nos anos que também assistiram ao nascimento da indústria moderna, a lavoura inglesa estivesse recebendo tanto capital quanto fornecia; já no período de 1790 a 1814, quando os preços dos alimentos subiram a níveis extremos, o fluxo líquido dos recursos provavelmente se dirigiu para a terra. A grande contribuição da agricultura para a industrialização veio depois de 1815, quando tanto o fechamento quanto a abertura de terras marginais tornaram-se mais lentos, de forma que os proprietários e arrendatários colheram os frutos dos esforços precedentes. Todavia, mesmo nessa época, esses lucros dependiam da proteção contra o milho estrangeiro e, por conseguinte, não foram um acréscimo líquido à poupança gerada pela economia. Ao contrário, eles eram obtidos ao preço de uma certa alocação equivocada dos recursos e, por mais abundantes e compensadores que fossem, é provável que tenham sido inferiores ao que a terra teria proporcionado em condições mais competitivas. Mesmo assim, foi graças às demarcações e ao que é às vezes chamado de “Revolução Agrícola” que a Inglaterra rechaçou como o fez o “estado estacionário” de Ricardo, aquele fim do crescimento e da acumulação em que a pressão populacional sobre a oferta de alimentos eleva a tal ponto o custo da subsistência — e, portanto, os salários — que os industriais não mais conseguem ter lucros e a riqueza da nação escoa, como um aluguel, para os proprietários da terra.

Resumindo: em larga medida, foi a pressão da demanda sobre o modo de produção que suscitou as novas técnicas na Inglaterra, e foi a oferta abundante e receptiva dos fatores que possibilitou sua rápida exploração e difusão. Esse ponto merece ser enfatizado, ainda mais que os economistas, especialmente os teóricos, tendem a se concentrar quase exclusivamente no aspecto da oferta. Os estudiosos do desenvolvimento econômico, impressionados, de um lado, com o alto custo da industrialização, e de outro, com o baixo nível de poupança dos países subdesenvolvidos, têm dedicado a maior parte de sua atenção ao problema da formação do capital: às maneiras de elevar a taxa de investimento, digamos, de 5% para 12% ou mais, e a mecanismos que impeçam que o aumento da renda se perca num consumo maior.⁷¹ A abordagem deles é essencialmente análoga à de um historiador da economia como Hamilton, com sua tese da revolução industrial nascida e alimentada pelo súbito aumento do lucro. Muitos responsáveis pelo planejamento já consideraram seriamente o uso deliberado da inflação, que tende a deslocar recursos dos consumidores em direção aos poupadores, para promover a industrialização.

Nessa época de equipamentos e instalações dispendiosos e de pretensas economias industrializadas incrivelmente pobres, esse interesse pela poupança e pelo capital se justifica, mas é menos pertinente no caso da experiência britânica. Para começar, a Inglaterra do século XVIII desfrutava, como vimos, de uma riqueza e uma renda *per capita* maiores do que as dos países não industrializados de hoje; ela partiu, em outras palavras, de um patamar superior. Além disso, os requisitos de capital dessas primeiras inovações eram pequenos — em geral, estavam ao alcance de uma só pessoa ou família; e as empresas bem-sucedidas podiam basear o crescimento de cada período nos lucros do período anterior.⁷² Por último, essas inovações cruciais concentraram-se, no princípio, num pequeno setor da economia, e seu apetite de capital foi correspondentemente limitado. Na escala mais ampla da economia como um todo, bem como dentro do pequeno mundo da empresa, o crescimento erigia-se sobre essa base estreita, através de um processo de demanda derivada que se alimentava do sucesso anterior.⁷³ Em última análise, importava mais o fluxo de capital do que o estoque desse mesmo capital. Chega de preocupação com a acumulação primitiva.

Por tudo isso, não surpreende saber que o volume global de investimentos foi uma proporção relativamente pequena da renda nacional nessas primeiras décadas da Revolução Industrial e que somente depois, quando uma tecnologia mais elaborada exigiu grandes desembolsos e a Inglaterra havia aumentado sua produção *per capita* a ponto de poder poupar mais, é

que a proporção se elevou para o nível que os economistas consideravam, em certa época, uma característica da industrialização. Assim, segundo Phyllis Deane, a relação entre a formação líquida de capital e a renda não ultrapassou 5% ou 6% durante a maior parte do século XVIII, elevando-se para 7% ou 8%, talvez, apenas na última década, quando a Revolução Industrial seguia a pleno vapor. Só depois do crescimento vertiginoso das ferrovias na década de 1840 é que essa proporção se elevou para 10%.⁷⁴

O mesmo padrão parece ter prevalecido em outros países em processo de industrialização, embora seja perigoso fazer comparações precisas entre as estimativas grosseiras de formação de capital atualmente disponíveis. No que concerne à França, temos os resultados provisórios do grupo de pesquisa de Jean Marczewski, do Institut de Science Économique Appliquée, que propõe uma taxa líquida média implausivelmente baixa para a França — 3% do produto interno líquido — até os anos do impulso ferroviário da década de 1840, quando ela se elevaria para 8%; só no Segundo Império, com uma construção ainda maior de ferrovias e extensas melhorias urbanas, é que a proporção se eleva para 12,1%.⁷⁵

Quanto à Alemanha, infelizmente, não dispomos de números relativos ao período anterior à década de 1850. Nessa ocasião, a mineração, a indústria pesada e a rede ferroviária estavam todas em rápida expansão; mesmo assim, a taxa de formação líquida de capital nas décadas decorridas de 1850 a 1870 foi, em média, inferior a 10%.⁷⁶

Em geral, há boas razões para crer que, até muito recentemente, os economistas e historiadores da economia tenderam a exagerar a importância da formação de capital como motor do crescimento econômico. As pesquisas mais novas deixam claro que o aumento de capital responde apenas por uma pequena fração dos aumentos do produto agregado, ou, a rigor, o *input* do conjunto de fatores tradicionais da produção — terra, mão-de-obra e capital — desempenha um papel minoritário no processo geral.⁷⁷ De onde viriam esses aumentos, então? Eles parecem derivar da qualidade dos insumos — da maior produtividade da nova tecnologia e das qualificações e conhecimentos superiores de empresários e trabalhadores. E nesse ponto, mais uma vez, como vimos, a Inglaterra da Revolução Industrial foi especialmente favorecida.

As inovações tecnológicas são apenas uma parte da história. Persiste a questão de saber por que elas tiveram o efeito que tiveram. Uma ordem institucional é um sistema extraordinariamente complexo e elástico, que não pode ser virado de pernas para o ar por um motivo qualquer. Somente

mudanças de uma certa qualidade e alcance teriam conseguido transformar o modo de produção e dar início a um processo auto-sustentado de desenvolvimento econômico.

A fabricação de quase todos os produtos têxteis pode ser decomposta em quatro etapas principais: preparação, na qual o material é separado, lavado e penteado, de modo a que as fibras se estendam em sentido paralelo; fiação, em que as fibras soltas são estiradas e torcidas de modo a formar um fio; tecelagem, em que parte dos fios é estendida ao comprimento (o urdume) e outra parte (a trama) corre transversalmente por cima e por baixo dos fios longitudinais, para formar o tecido; por fim, o acabamento, que varia consideravelmente conforme a natureza do tecido, mas pode compreender a feltragem ou a engomagem (para encorpá-lo), a lavagem, a aparção, o tingimento, a estampagem ou o alvejamento.

No começo do século XVIII, apenas um punhado desses processos já tinha sido mecanizado. Na fabricação de lã, a máquina de pisoar, com seus pesados martelos movidos a água, era conhecida no Continente já no século XI e, no século XIII, havia-se difundido amplamente pelo interior da Inglaterra. A carda mecânica, que levantava as felpas do tecido para que fossem aparadas, data do século XVI e, embora a proibição legal e a oposição dos aparadores tenham retardado sua disseminação, o clamor reiterado contra o equipamento é a melhor prova de seus benefícios. Também tinha havido dois grandes aperfeiçoamentos nos teares imemoriais: a máquina tricotadora, um complexo equipamento movido à mão para tecer malhas (inventado por William Lee em 1598) e o tear holandês, ou tear de artigos estreitos, inventado aproximadamente na mesma época e concebido para tecer até 24 tiras ou fitas estreitas simultaneamente.

Outra inovação mecânica precoce foi a máquina de duplicação da seda, que torcia os filamentos de modo a formar um fio. Ela foi inventada no século XVII, na Itália, onde o segredo foi cuidadosamente guardado. Mas o projeto foi contrabandeado para fora por um inglês chamado John Lombe, em 1716-17. Em poucos anos, seu irmão, Thomas Lombe, construiu uma enorme usina de duplicação em Derby, uma fábrica mecanizada de 500 pés, com cinco ou seis andares e cerca de 460 janelas, que era uma das maravilhas da época. Em meados do século, fábricas semelhantes tinham sido fundadas em Londres e nas províncias, sendo algumas delas ainda maiores que o monstro de Lombe.

Além desses aparelhos complexos, que anteciparam com sua engenhosidade e sua relativa eficiência as invenções mais conhecidas de meados do século XVIII, diversos avanços menos espetaculares haviam ocorrido, de

forma gradativa e quase despercebida. Ao longo dos séculos, a roda de fiar, grande ou pequena, havia substituído a roca, e a própria roda fora alterada para trabalhar mais depressa e produzir um fio mais uniforme. Ao mesmo tempo, os processos que exigiam o uso de combustível — o tingimento, por exemplo — haviam aprendido, a partir do século XVI, a usar carvão em vez de madeira, que era mais cara. Por fim, uma multiplicidade de pequenos aperfeiçoamentos fora introduzida na preparação da fibra para a fiação, na tecelagem dos fios em padronagens mais complexas e no acabamento dos tecidos com o brilho e a maciez que anunciavam a qualidade.

Mas nenhum desses avanços era suficiente, por si só, para desencadear um processo de transformação cumulativa e auto-sustentada. Era preciso um casamento para produzir a Revolução Industrial. De um lado, ela exigia máquinas que não apenas substituíssem o trabalho manual, mas obrigassem a concentrar a produção em fábricas — em outras palavras, máquinas cujo apetite de energia fosse excessivamente grande para as fontes domésticas, e cuja superioridade mecânica fosse suficiente para dobrar a resistência das formas mais antigas de produção manual. Por outro lado, ela exigia uma grande indústria que fabricasse um produto de demanda ampla e elástica, de tal modo que (1) a mecanização de qualquer de seus processos de fabricação criasse sérias sobrecargas nos outros, e (2) o impacto dos aperfeiçoamentos nessa indústria se fizesse sentir em toda a economia.

Nem a máquina de tricô, nem o tear holandês, nem a usina de duplicação eram capazes de satisfazer essas condições. Manualmente operados, os dois primeiros eram perfeitamente adequados à fabricação doméstica, e todos os três eram empregados na produção de mercadorias cujo mercado presente era pequeno e cuja demanda potencial era limitada. Só quando as técnicas de fiação e tecelagem de produtos têxteis baratos se transformaram é que foi transposto o limiar da revolução.

Ele foi inicialmente transposto na fabricação do algodão. Por que no algodão? Seria de se esperar que essa passagem ocorresse nos lanifícios, que eram de longe a indústria mais importante da época, tanto em termos de número de pessoas empregadas quanto de capital investido ou de valor do produto. Na Inglaterra, as importações de algodão cru (deduzidas as reexportações) na primeira década do século atingiam uma média pouco acima de um milhão de libras-peso por ano, valendo, talvez, £30.000 ou £35.000; nessa época, a confiarmos nas estimativas disponíveis, a indústria lanígera consumia cerca de 40 milhões de libras de matéria-prima, avaliadas em cerca de £2 milhões. Mesmo algumas décadas depois, em 1741, quando tanto o consumo quanto os preços do algodão haviam subido e o preço da lã sofrera

uma queda, a disparidade ainda era imensa: pouco mais de 1,5 milhão de libras de algodão cru, avaliadas em aproximadamente £55.000, contra quase 60 milhões de libras de lã com um valor de talvez £1.500.000.⁷⁸ Nos outros países da Europa, a comparação era igualmente favorável à indústria mais antiga.

Há muito se costuma explicar esse aparente paradoxo através de sua negação: simplesmente por ser nova, e portanto livre das restrições tradicionais referentes à escala e ao caráter da produção, a indústria algodoeira teria podido adotar novas técnicas. Mas essa argumentação não resiste a um exame. Na Inglaterra — o país que interessa para os nossos fins —, o extenso desenvolvimento do sistema de produção domiciliar no sudoeste e na Ânglia oriental, bem como a ascensão de fabricantes independentes de tecidos e roupas em Yorkshire, haviam, desde longa data, livrado o grosso da fabricação lanígera dos controles das guildas; de fato, na medida em que as restrições legais entravam em causa, elas favoreciam a indústria mais antiga, sobre a qual a nação construía a sua prosperidade econômica.

A pequena dimensão da indústria algodoeira às vésperas da Revolução Industrial não nos deve enganar. Para uma criação tão recente, ela era uma criança espetacularmente robusta, e seu crescimento era tão rápido que, quase desde o começo, o antigo comércio da lã e do linho foi obrigado a pedir socorro ao Estado. Na Inglaterra, a partir do fim do século XVII, toda uma série de leis e decretos foi aprovada para estimular o consumo de tecidos de lã nacionais; foram as leis suntuárias, como o decreto que exigia que todos os mortos fossem enterrados com mortalhas de lã, as proibições referentes à importação de tecidos concorrentes e as restrições à produção de chita no país (1721). Tudo inútil. O fechamento da Inglaterra aos produtos de algodão das Índias Orientais simplesmente estimulou os produtores internos, cujos fustões e algodões de linho (eles ainda não conseguiam produzir tecidos de algodão puro) não estavam sujeitos à proibição. Em meados do século, o crescimento interno e externo havia transformado os produtores de algodão num capital realizado poderoso demais para ser superado até mesmo pelo ainda destacado comércio de lã.

E, o que era ainda mais importante: em termos tecnológicos, o algodão prestava-se à mecanização com muito mais facilidade que a lã. Ele é uma fibra vegetal, resistente e de características relativamente homogêneas, enquanto a lã é uma fibra orgânica, instável e com várias sutilezas de comportamento. Nos primeiros anos das máquinas rudimentares, de movimentos desajeitados e abruptos, a resistência do algodão foi uma vantagem decisiva. Já decorrida boa parte do século XIX, muito depois de terem sido gran-

damente aperfeiçoadas as técnicas da engenharia mecânica, continuava a haver uma defasagem substancial entre a introdução das inovações na indústria do algodão e sua adaptação à lã. E, mesmo assim, continuou a existir um elemento de arte — de tato — na fabricação lanígera que as máquinas mais inteligentes e automáticas não foram capazes de eliminar.

Uma vez efetivamente introduzida nos cotonifícios, a mecanização obteve, naturalmente, um sucesso muito maior do que jamais poderia ter esperado com a lã. Por um lado, a oferta de matéria-prima era substancialmente mais elástica: pode-se aumentar muito mais depressa o número de acres cultivados do que o número de ovelhas. Assim, os preços do algodão subiram cerca de 50% nas décadas de 1770 e 1780, sob a pressão da demanda proveniente dos novos filatórios mecânicos, enquanto as importações aumentaram mais de seis vezes. Além disso, depois que as colônias norte-americanas entraram no mercado e que os descaroçadores de algodão tornaram lucrativo o trabalho escravo, as importações continuaram a subir espetacularmente, enquanto os preços caíam. No ano culminante de 1860, a Inglaterra comprou mais de 1,4 bilhão de libras de algodão, aproximadamente pelos mesmos 7,5 pence que ele custava no início do século XVIII.

Por outro lado, o mercado de produtos de algodão era mais elástico que o de lãs. Não apenas as preferências recaíam sobre a nova fibra — tinha havido, durante séculos, uma mudança irregular mas quase ininterrupta em direção aos tecidos mais leves —, como também a disponibilidade de um produto têxtil barato e lavável deu origem a novos padrões de vestuário, de potencial imprevisível. Já não eram apenas os ricos que podiam desfrutar do conforto e da higiene da roupa de baixo; o algodão possibilitou a milhões de pessoas usar ceroulas e combinações, onde, anteriormente, não havia nada além da áspera e suja roupa de fora. Surgiu um novo tipo de roupa para o trabalho — tosca, mas confortável para a pele e fácil de lavar e manter. Até os ricos, impressionados com a cor e a elegância das padronagens de algodão, aprenderam a distinguir cada vez mais as estações do ano e a se vestir no verão com musselinas e morins.

Ao mesmo tempo, o grosso dos mercados inexplorados das áreas pré-industrializadas do mundo situava-se nos climas mais cálidos ou em regiões temperadas com verões quentes. Já nos séculos XVI e XVII, boa parte dos lucros da Grã-Bretanha como exportadora de tecidos de lã tinha vindo dos países banhados pelo Mediterrâneo, das colônias ocidentais e da Índia; de forma semelhante, a alta repentina das reexportações de morins indianos que marcou o fim do século XVII deveu-se à nova demanda das terras semi-tropicais, enriquecidas pelo açúcar, o tabaco e outros "artigos coloniais".

A história não foi diferente nos séculos XVIII e XIX: a fronteira comercial da Inglaterra situava-se no além-mar — na América, na África, no Sul e Sudeste da Ásia. Essa fronteira era, de longe, a mais importante: as Índias ocidentais e as colônias continentais compraram, juntas, 10% das exportações domésticas inglesas em 1700-1, 37% em 1772-3 e cerca de 57% em 1797-8.⁷⁹ A lã desempenhou um grande papel nesses aumentos: a venda de tecidos no novo mercado do Atlântico (América e África) havia sextuplicado desde o início do século até as vésperas da Revolução Americana.⁸⁰ Agora era a vez do algodão.

Assim, embora as primeiras invenções da famosa série que transformou a indústria têxtil — a lançadeira de Kay (1773) e o filatório de Wyatt e Paul (1738) — tivessem sido projetadas para a fabricação de lã, os requisitos da tecnologia e a lógica da situação econômica quiseram que as coisas tomassem outro rumo.

Não há tempo nem espaço para revermos aqui a história dessas invenções, que há de ser familiar à maioria dos leitores. Algumas observações sumárias, no entanto, são indispensáveis.

(i) Elas surgiram numa seqüência de desafio e resposta. A aceleração de um estágio do processo de fabricação impunha um esforço intenso aos fatores de produção de outros estágios e conclamava a inovações que corrigissem o desequilíbrio. Já assinalamos a dificuldade de fornecer fio aos tecelões. A lançadeira de Kay, que realmente só se popularizou nas décadas de 1750 e 1760, agravou um desequilíbrio já grave. O problema foi resolvido por uma família de máquinas de fiar: as cardas de Paul e outros (em uso a partir da década de 1750); a fiadeira de fusos [*jenny*] de Hargreaves (c. 1765, patenteada em 1770); o filatório contínuo de Arkwright (1779); e a fiadeira automática [*mule*] de Crompton (1779), assim chamada por combinar algumas das características do filatório contínuo e da *jenny*.⁸¹

E mais, a qualidade do fio produzido à máquina era melhor do que qualquer coisa que a roca ou a roda tivessem conseguido produzir. O fio tecido à mão é necessariamente desigual em termos de espessura e resistência, e nunca há duas meadas exatamente iguais. Uma das tarefas mais difíceis para o fabricante do século XVIII era reunir sortimentos adequados de fios. Vez por outra, ele pagava gratificações pelo trabalho das fiandeiras especialmente talentosas. A máquina mudou tudo isso. Não apenas seu trabalho era mais constante e mais forte em proporção ao peso, como também a *mule*, que estirava e torcia a mecha simultaneamente e continuava a puxar mesmo depois de terminada a torção, era capaz de fiar quantidades maiores

do que o homem jamais havia conhecido: enquanto a mais habilidosa fiadeira indiana, trabalhando com a roda, ou uma fiadeira suíça, usando uma roca, mal conseguiam ultrapassar 150 mechas por libra, os melhores operadores da *mule* conseguiam aproximar-se de 300 mechas no início do século XIX.

A tremenda elevação da oferta de fio resultante dessas invenções — refletida num aumento de mais de doze vezes do consumo de algodão entre 1770 e 1800⁸² — tornou imperativos aperfeiçoamentos na tecelagem. Essa foi a fase áurea dos tecelões manuais, cuja prosperidade sem precedentes foi um choque para todos e um escândalo para alguns. A resposta foi o tear mecânico, inventado por Cartwright em 1787. Essa máquina teve dificuldade para se popularizar, em virtude de algumas deficiências mecânicas (o problema principal era como conseguir velocidade sem romper demais os fios), e sua difusão pode ser diretamente vinculada às flutuações na demanda de tecidos e, portanto, no custo do trabalho manual. Assim, sua adoção foi lenta nas duas primeiras décadas do século, quando a guerra e, mais tarde, as barreiras alfandegárias isolaram a Inglaterra de importantes mercados. Entrementes, o desempenho foi aprimorado. Na primeira década do século, a máquina mal chegava a trabalhar mais depressa do que o tear manual tradicional, mas em meados da década de 1820 sua superioridade técnica havia-se elevado, para uma proporção de até 7,5 para 1. Um garoto operando dois teares era capaz de produzir até quinze vezes mais do que o artesão doméstico.⁸³ Àquela altura, a meta parecia consistir menos em acelerar a máquina do que em simplificar sua operação, para que uma só pessoa pudesse manejar mais unidades ao mesmo tempo: em 1833, um jovem com um assistente de doze anos era capaz de operar quatro teares e produzir o equivalente a vinte vezes a produção de um trabalhador manual.⁸⁴

Essas cifras são claramente um produto de impressões, e não de uma coleta padronizada de informações. Todavia, transmitem uma imagem geral da defasagem crescente entre a máquina e o homem, uma defasagem refletida nas estatísticas, também aproximadas, dos teares mecânicos em funcionamento na Grã-Bretanha: 2.400 em 1813, 14.150 em 1820, 55.500 em 1829, 100.000 em 1833 e 250.000 em meados do século.⁸⁵ Em contraste, o número de tecelões em teares manuais declinou, embora num ritmo que atestava a obstinação e a tenacidade de homens que não estavam dispostos a trocar sua independência pela disciplina mais bem remunerada das oficinas. Na década de 1810, seu número efetivamente se elevou para cerca de 250 mil e ali se manteve firmemente por mais uma década, embora os salários houvessem caído mais de 50%; em 1830, estes últimos atin-

giram um mínimo, aparentemente irreduzível, de aproximadamente 6 *shillings* por semana. As duas décadas seguintes viram o desgaste reduzir os tecelões — a despeito do recrutamento de imigrantes irlandeses, cujo nível de subsistência era ainda mais baixo que o dos artesãos ingleses — a um remanescente de 40.000. É provável que muitos, senão a maioria deles, fossem empregados apenas em horário parcial, permanecendo como mão-de-obra de reserva para a eventualidade de uma demanda incomum. Mais uma dúzia de anos e restavam, talvez, uns 3.000.

Persiste um aspecto a ser assinalado acerca do padrão de desafio e resposta. A proeminência das invenções na fiação e na tecelagem tendeu a obscurecer a importância desse princípio em todos os estágios da fabricação têxtil. Em particular, teria sido impensável mecanizar a fiação sem acelerar de forma correspondente os processos preliminares de lavagem, cardagem e preparação da mecha. O século XVIII assistiu, portanto, ao desenvolvimento de todo um complexo de máquinas pré-fiação, ligadas, em combinações racionalmente calculadas, ao filatório contínuo e à *mule*; era comum os primeiros construtores de equipamentos venderem seus produtos em conjuntos, ou “jogos”, que abrangiam as várias etapas da fabricação, desde a fibra bruta até o fio. Os processos de acabamento também foram transformados: já não era viável alvejar os tecidos em grandes terrenos ao ar livre, pois a quantidade produzida era maior do que as terras disponíveis. A resposta estava no uso de agentes químicos: muitas vezes, a princípio, o ácido sulfúrico; a partir da década de 1790, o cloro. Da mesma forma, a estamperia por cilindros foi introduzida em Londres, no lugar da estamperia com blocos, em 1783; fazia algum tempo que ela era conhecida, mas, nessa ocasião, a necessidade estava madura e ela se difundiu rapidamente para o resto do país.

(ii) As muitas pequenas conquistas foram tão importantes quanto os avanços iniciais mais espetaculares. Nenhuma das invenções chegou à indústria em sua perfeição plena. Afora o ensaio e erro da criação, houve inúmeros ajustes e aperfeiçoamentos — na articulação das peças, na transmissão da energia e nos materiais empregados — antes que essas engenhocas primitivas pudessem funcionar comercialmente. As primeiras décadas da industrialização assistiram a uma guerra ininterrupta contra os defeitos. Na virada do século, entretanto, não apenas a armação pesada e imóvel das máquinas podia ser feita de ferro, como também suas peças móveis; as correias de couro haviam substituído as cordas de polia feitas dos resíduos dos cotonifícios. Nas décadas subseqüentes, os aperfeiçoamentos das máquinas a vapor produziram uma cadência mais regular; as engrenagens e os eixos

foram racionalizados; e a automação crescente atingiu seu apogeu com o filatório automático de Roberts (1825).

(iii) Nada ilustra melhor a importância contínua das considerações puramente tecnológicas do que a persistente defasagem da mecanização na indústria lanígera. Só na década de 1780 a *jenny* passou a ter um uso generalizado na área de Leeds, e a *mule* só se tornou realmente um sucesso na década de 1830. No estame, onde as fibras penteadas suportam um esforço maior, as máquinas foram mais rapidamente introduzidas: nos decênios de 1780 e 1790, as fábricas e oficinas de Yorkshire estavam usando *jennies*, *mules* acionadas por tração manual ou animal e filatórios contínuos modificados. A primeira utilização da máquina a vapor data de antes da virada do século e, em 1820, talvez houvesse duas dúzias de fábricas movidas a vapor no West Riding. A essa altura, a fiação manual era quase uma curiosidade.⁸⁶

Mesmo depois de mecanizada, a indústria lanígera era obrigada a trabalhar mais devagar do que os cotonifícios. William Fairbairn, provavelmente a maior autoridade da época em projetos fabris, coloca as *mules* de seu modelo de cotonifício funcionando a 232 r.p.m. e as de seu lanifício hipotético a 152.⁸⁷ As limitações da velocidade eram ainda mais graves na tecelagem, onde o tear mecânico não proporcionava nada que se assemelhasse aos ganhos de produtividade característicos do novo equipamento de fiação. Assim, os teares de algodão de Fairbairn funcionavam com 140 a 160 batidas por minuto, enquanto seu equivalente de lã alcançava 46. Sem dúvida, era mais difícil tecer o fio de lã do que o estame mais resistente. Porém, mesmo na fabricação do estame o tear mecânico teve uma introdução lenta. A transição no West Riding ocorreu no fim das décadas de 1830 e 1840: 2.768 teares mecânicos em 1836, 11.458 em 1841, 19.121 em 1845 e 35.298 em 1856.⁸⁸ A indústria lanígera estava aproximadamente uma década atrasada (6.275 teares mecânicos em Yorkshire em 1856, 5.733 em Lancashire e 14.391 em toda a Grã-Bretanha); e, mesmo depois de os teares manuais terem sido eliminados dos galpões das empresas maiores, eles sobreviveram no interior de Yorkshire — a *fortiori*, no West Country [região sudoeste], pátria do antiquado comércio das casimiras finas.

Em virtude de sua importância posterior, a indústria siderúrgica tem às vezes recebido mais atenção do que merece nos textos de história da Revolução Industrial. Fitando o passado de um ponto de vista situado cem anos depois, ou até mais, e vivendo num mundo em que a indústria pesada é a base da economia, os autores tenderam a superenfatizar a significação imediata, no século XVIII, dos avanços tecnológicos na fundição e na purifica-

ção. Nem em termos do número de homens empregados, nem do capital investido, do valor da produção ou do ritmo de crescimento era possível comparar o ferro com o algodão nesse período. Se a unidade produtora, a princípio maior do que nas outras indústrias, cresceu sob o estímulo da transformação técnica, o impacto social desse crescimento de modo algum foi comparável, na indústria têxtil, ao da transição da fabricação doméstica para as fábricas. Por outro lado, a oferta crescente de metal cada vez mais barato realmente facilitou muito a mecanização de outras indústrias, a passagem da energia hidráulica para a energia a vapor e, eventualmente, a transformação dos meios de transporte. Nesse processo, as unidades manufatureiras da metalurgia cresceram até suplantarem, com sua vastidão e sua energia vulcânica, os maiores cotonifícios do reino.

Para compreender a história da indústria do ferro e do aço, é indispensável um conhecimento dos determinantes puramente tecnológicos. Com respeito a isso, cabe ter três pontos em mente:

(i) A metalurgia é um processo químico: o problema é reduzir o minério, que é o ferro sob forma composta, a um metal adequadamente puro. A reação exige grandes quantidades de carbono, além de calor, e o combustível, que atende a uma dupla finalidade, entra necessariamente em contato direto com o minério. Isso cria dificuldades especiais. Todo combustível, seja ele vegetal ou mineral, contém substâncias diferentes do carbono — óleos, além de minerais como enxofre e fósforo — que são prejudiciais ao produto final. A carbonização elimina as impurezas voláteis; já na Antiguidade, os fundidores e ferreiros usavam o carvão vegetal em vez da madeira, e a introdução da hulha como combustível, no fim da Idade Média, logo foi seguida pelo desenvolvimento da forma análoga coqueificada. Mas nem a carbonização nem a coqueificação eliminam as impurezas minerais, que são muito mais sérias no carvão mineral do que na madeira. Assim, embora no século XVII se houvessem desenvolvido técnicas para usar o coque na fabricação de vidro, na maltagem, na tinturaria e em outras indústrias de alto consumo energético em que é possível manter separados o combustível e a matéria-prima, os esforços para utilizá-lo na fundição de ferro fracassaram.⁸⁹ Somente quando uma mistura parcialmente fortuita de minério razoavelmente limpo e hulha foi conseguida por Darby, em Coalbrookdale, em 1709, é que o ferro coqueificado transformou-se numa realidade comercial.⁹⁰ Mesmo assim, o processo só veio a se difundir após meio século, depois que décadas de empirismo alcançaram um conhecimento da mistura e do produto final que possibilitou a utilização de materiais menos favoráveis, e depois que os aperfeiçoamentos do jato de ar produziram as tempe-

raturas mais altas necessárias. Além disso, foi preciso que se passasse mais uma geração para que as inovações no refino possibilitassem a conversão do ferro coqueificado no competitivo ferro forjado, de dureza e maleabilidade comparáveis às do metal feito com carvão vegetal.⁹¹ A Inglaterra foi apenas o primeiro país a enfrentar esse problema: a adoção tardia da fundição a coque no Continente deveu-se, em grande medida, às mesmas dificuldades químicas. Considerações similares iriam revelar-se decisivas na segunda metade do século XIX, na aplicação de novas técnicas à produção de aço em larga escala.

(ii) O carvão vegetal ou o coque usados nos altos-fornos devem ser, ao mesmo tempo, suficientemente porosos para proporcionar a maior superfície possível para a combustão e a passagem do calor e das chamas, e suficientemente fortes e rígidos para suportar o peso da carga. Essa é uma das razões por que sempre houve limites — especialmente antes do advento das ferrovias — para o transporte de qualquer desses combustíveis; uma vez esfarelados pelos sacolejões e pelo manuseio, eles se tornam inúteis. Isso também explica por que nem todo carvão mineral é adequado para o coque metalúrgico: quando ele é muito oleoso, o produto final da carbonização é excessivamente oco, e, portanto, passível de esfarelamento; e, quando tem pouco ou nenhum óleo, como o antracito, o resultado é sólido demais para a combustão. Sem dúvida, há uma certa margem de liberdade e, a rigor, a metalurgia moderna fez grandes progressos na mistura de qualidades de hulha que de outro modo seriam inadequadas para produzir um coque satisfatório. Não obstante, as diferenças de qualidade impõem diferenças de custo. Especialmente no século XIX, a distribuição de hulha para coque — que era particularmente favorável à Inglaterra e à Alemanha ocidental — foi um fator crucial na localização e no posicionamento competitivo da indústria metalúrgica.

(iii) A combustão eficiente no alto-forno requer um jato de ar potente; quanto maior o forno, mais potente precisa ser o jato. A substituição da hulha pelo coque exigiu e incentivou a utilização de fornos ainda maiores. Os esforços para aumentar o sopro dos tradicionais foles de couro movidos por força hidráulica foram, de modo geral, insatisfatórios. Somente quando o cilindro de sopro de ferro fundido (c. 1760, em Carron) foi combinado com a máquina a vapor rotativa (1776, no forno de John Wilkinson, em Willey, Shropshire) é que o problema foi resolvido.⁹² Mesmo assim, a técnica dos fornos ficava muito aquém das possibilidades químicas do processo de combustão. Para explorá-las, era preciso alterar o caráter do próprio sopro. O passo inicial e mais recompensador nesse caminho consistiu em

pré-aquecer o ar (Neilson, 1829). O seguinte, tomado somente depois da Segunda Guerra Mundial, consistiu em modificar o ar, mantendo a umidade constante e/ou enriquecendo-o com oxigênio.

(iv) O produto do alto-forno é o ferro-gusa, um metal duro e quebradiço demais para ser trabalhado. A única maneira de moldá-lo é colocá-lo em fôrmas; mesmo assim, as peças resultantes não resistem à pressão, ao esforço ou aos impactos. Para transformar essa fôrma de ferro numa que possa ser trabalhada e que suporte a tensão (o chamado ferro forjado ou maleável), é preciso refiná-la, eliminando a maior parte do carbono remanescente e outras impurezas químicas que diminuem sua maleabilidade, sua resistência a tração, sua ductilidade e outras virtudes. No começo do século XVIII, isso era feito pelo aquecimento e reaquecimento do metal em fornos a carvão vegetal e pela eliminação da escória por martelamento — um processo longo e dispendioso, que gerava um produto de qualidade elevada, mas desigual, e de forma irregular.

A partir da década de 1730, os forjadores ingleses fizeram grandes esforços e desembolsaram muito capital na procura de uma técnica mais rápida e segura, que usasse combustível mineral em vez do vegetal. A busca levou meio século. O primeiro avanço trouxe apenas uma solução parcial: pela introdução de um cadinho de refino e, por vezes, também de um forno de revérbero (em que as chamas não incidiam diretamente sobre o metal) entre a fornalha e a forja, foi possível usar hulha ou coque, em vez de carvão vegetal, em alguns processos de refino e, a partir de certa altura, em todos. A operação ainda era lenta e o produto resultante não era tão bom quanto o que resultava do uso de carvão vegetal, mas era mais barato. Em 1788, segundo uma estimativa, cerca de metade do ferro forjado do reino era feito com combustível mineral.⁹³ Nessa época, entretanto, o triunfo definitivo da hulha foi assegurado pela invenção de uma técnica muito diferente — a combinação de pudlagem e laminação de Henry Cort (patentes de 1783 e 1784). O primeiro processo utilizava um forno de revérbero para, numa primeira etapa, descarbonizar o gusa, aquecendo e esfriando alternadamente o metal até que o ferro forjado pudesse ser separado, em virtude de seu ponto de fusão mais elevado. Depois de um martelamento preliminar, o laminador — usado por muito tempo para trabalhos leves como o corte de barras — eliminava a escória por compressão, em vez de martelamento, enquanto ia moldando o ferro. Essa aplicação do princípio rotativo oferecia duas grandes vantagens em relação à ação recíproca do martelo de forja: funcionava talvez quinze vezes mais depressa e, em se fazendo ranhuras ou outros tipos de pré-moldagem nos cilindros, era possível produzir

uma gama quase ilimitada das formas brutas padronizadas — vigas, barras, trilhos e similares — que vieram a constituir a estrutura básica da indústria, da construção e dos transportes.

O curso da transformação tecnológica na metalurgia sugere as seguintes generalizações:

(i) Existe na siderurgia, tal como na indústria têxtil, uma gangorra de desafio e resposta. A difusão da fundição a coque impôs novas pressões ao refino, apesar da engenhosidade dos fabricantes de ferro no desenvolvimento de novas aplicações para o ferro fundido. A combinação de pudlagem e laminação de Cort aplinou temporariamente a dificuldade, mas a construção de fornos novos e maiores deu origem a um novo desequilíbrio no decorrer do século XIX. A dificuldade básica era o cansaço físico da pudlagem, que exigia força e resistência excepcionais. Havia, pura e simplesmente, um limite para o que a carne podia suportar, e, passado algum tempo, a única maneira de aumentar a produção era treinar mais homens e construir mais fornos. Muito dinheiro e esforço foram gastos na procura de um modo de mecanizar o processo. Em vão: o desequilíbrio só foi corrigido depois que Bessemer e seus sucessores aprenderam a produzir aço barato.

(ii) Mais uma vez, na siderurgia como na indústria têxtil, é provável que os pequenos progressos anônimos tenham sido mais importantes, a longo prazo, do que as grandes invenções que são lembradas nos livros de história. Como na indústria têxtil, a razão disso se encontra, em parte, na proximidade empírica que esses primeiros avanços guardavam entre si. As patentes eram um começo, bem como um fim, e os produtores siderúrgicos verificaram que cada combinação de minério e combustível, ou metal e combustível, exigia sua própria receita. A palavra é usada deliberadamente. A siderurgia era, essencialmente, uma espécie de arte culinária — requeria uma sensibilidade para os ingredientes, um senso aguçado de proporção e um “saber instintivo” do tempo que a panela devia permanecer no fogão. Os produtores de ferro não tinham a menor idéia de por que algumas coisas funcionavam e outras não; e tampouco se importavam com isso. Foi somente em meados do século XIX que os cientistas aprenderam o bastante sobre o processo de transformação do minério em metal para fornecer um guia de técnicas racionais e medidas de avaliação do desempenho. Ainda em 1860, Bessemer ficou perplexo com o fracasso de seu conversor quando posto para trabalhar com minérios fosfóricos.

Deixando de lado a adaptação dos processos de fundição e purificação a minérios e combustíveis de características diferentes, os aperfeiçoamen-

tos menores na tecnologia do ferro concentraram-se, em sua maior parte, em três áreas:

(a) *Economia de combustível*. Os aumentos são difíceis de mensurar, por causa da impossibilidade de comparações estatísticas. No sul do País de Gales, as modificações do sopro e da forma e tamanho dos fornos reduziram o consumo de carvão (inclusive dos motores e dos fornos de cal e minério), por tonelada de gusa, de talvez 8 toneladas em 1791 para 3,5 toneladas em 1830. O mais importante avanço isolado foi o sopro de ar quente de Neilson, introduzido na Escócia em 1829: com alguns tipos de material, ele gerava uma economia de combustível de mais de 1/3, quando se empregava o coque, e de mais de 2/3, no caso do uso do carvão, ao mesmo tempo aumentando acentuadamente a produção por forno. O ar quente foi o começo de um surto de crescimento na produção escocesa de ferro: a produção de gusa subiu de 29.000 toneladas em 1829 para 825.000 em 1855. Os resultados foram impressionantes, porém menos espetaculares, ao sul de Tweed. Algumas áreas, como Black Country e o sul de Gales, levaram décadas para adotar a nova técnica. Em geral, o interesse britânico pela economia de combustível era limitado pelo baixo custo da hulha; boa parte do aprimoramento havido foi, simplesmente, um subproduto do crescimento — os fornos maiores e mais eficientes tendiam a queimar menos coque por unidade produtora.

No refino, as técnicas tradicionais vinham consumindo 2,5 a 3 toneladas de carvão vegetal por tonelada de ferro bruto produzida. O uso de combustíveis mistos (parte coque e parte carvão vegetal) reduziu essa proporção para cerca de 2:1. Em seguida, a pudlagem reduziu-a para 1,5:1 e, com os novos aperfeiçoamentos, para 0,75:1 em meados do século XIX.⁹⁴ Os ganhos foram substanciais, embora menos importantes que na fundição. Convém ter em mente, no entanto, que cada técnica que permitia a substituição do combustível vegetal por combustível mineral trazia um acréscimo correspondente aos recursos energéticos do homem.

(b) *Economia de metal*. O problema era especialmente grave no refino: nos primeiros fornos de pudlagem, metade do gusa era levado na escória. Uma série de mudanças, que culminou, no fim da década de 1830, no cadinho de Joseph Hall, feito de cinza batida (em vez de areia, que absorvia muito ferro), reduziu o desperdício a 8%, ao mesmo tempo acelerando o processo de transformação. A inovação de Hall levou a economia de ferro quase que ao seu limite; no fim do século XIX, o desperdício ainda correspondia a aproximadamente 5%.⁹⁵

(c) *Adaptação ao crescimento*. A constante ampliação dos fornos de fun-

dição visou menos a economizar matéria-prima do que a elevar a produção e, se possível, a produtividade do trabalho; ela trouxe consigo um grande aumento do número de fornos de pudlagem. Ao mesmo tempo, a maior familiaridade com os usos do ferro trouxe uma demanda por peças de metal cada vez maiores. Com esse crescimento da produção e das dimensões do produto vieram as dificuldades de movimentação das matérias-primas e de manuseio e moldagem das peças. Elas foram solucionadas por uma multiplicidade de recursos: plataformas elevadas para carregar os altos-fornos, trilhos para o transporte dentro da fábrica e até dentro dos galpões de fundição, polias aéreas acopladas a correntes e guindastes para erguer os lingotes e as peças acabadas. O martelo-pilão a vapor, projetado em 1839 por Nasmyth e empregado pela primeira vez por Bourdon, de Le Creusot (o debate em torno da prioridade assumiu o caráter de uma disputa nacional), foi, na verdade, uma maneira de colocar nas mãos do forjador uma energia e uma força sem precedentes, submetidas a um controle preciso; as grandes furadeiras foram um avanço análogo.

O desenvolvimento da siderurgia inglesa esteve diretamente ligado a essas considerações tecnológicas. Até meados do século XVIII, as limitações pecuniárias e materiais do transporte de carvão vegetal ou de madeira restringiram o crescimento e, muitas vezes, obrigaram os donos de fundições a interromper o trabalho até por vários meses, enquanto se recolhia combustível suficiente para outra rodada; o efeito disso era elevar enormemente os custos fixos. A irregularidade do fornecimento de água para a força hidráulica, em virtude das estiagens do verão e, menos freqüentemente, dos congelamentos do inverno, impunha interrupções similares. As duas dificuldades combinavam-se, ocasionalmente, no sentido de empurrar as fornalhas e as forjas para áreas rurais solitárias, onde a abundância de combustível e água era praticamente anulada pelo isolamento do mercado.

Há muito se costuma dizer que o apetite exagerado da indústria de ferro inglesa esgotara a tal ponto seu suprimento de madeira no século XVIII, que numerosas fornalhas e forjas foram obrigadas a fechar as portas, que a produção global caiu ou, pelo menos, manteve-se inalterada desde cerca de 1660 até 1760, e que somente a introdução dos combustíveis minerais salvou a indústria de morrer lentamente à míngua. Estudos recentes, no entanto, modificaram esse panorama, observando que a madeira empregada pelos donos dos fornos era madeira-branca, e não madeira-de-lei; que boa parte dela era sistematicamente cultivada para a indústria siderúrgica, de modo que ao menos em algumas áreas a oferta aumentou; e que um número substancial de novas fornalhas e forjas entrou em operação depois de 1660, mais

do que compensando as que tiveram que ser abandonadas.⁹⁶ Persiste o fato de que o carvão vegetal estava se tornando cada vez mais caro em algumas das áreas tradicionais de fundição do ferro; fundou-se um número muito maior de novos fornos antes de 1700 do que depois; boa parte da indústria sobreviveu à concorrência sueca e russa graças, tão-somente, às tarifas alfandegárias; e a produção, embora aumentasse, estava-se elevando muito mais lentamente do que as importações ou a produção de indústrias mais prósperas. O sr. Flinn sugeriu um aumento de “mais de 10.000 toneladas” de 1660 a 1760; isso implicaria, no máximo, um acréscimo de 75%. A título de comparação, as compras de ferro da Suécia e da Rússia mais do que duplicaram de 1711-5 a 1751-5.⁹⁷

Já em 1740, a Grã-Bretanha usava, talvez, 10 ou 11 libras de ferro forjado por pessoa a cada ano. Nos cinqüenta anos seguintes, o consumo aproximadamente duplicou. A título de comparação, os franceses usavam cerca de 5 libras *per capita* nessa época mais recente, e a média do Continente como um todo era muito mais baixa. Essas estimativas grosseiras são confirmadas pelas impressões qualitativas dos observadores: é o caso de Arthur Young, que observa com surpresa que “as rodas desses vagões [franceses] são todas calçadas com madeira, em vez de ferro”.⁹⁸ Quaisquer que fossem as origens desse temperamento ferruginoso — que Alfred Marshall atribuiu ao “robusto e resoluto caráter nórdico” de seus ancestrais⁹⁹ —, ele é ainda mais impressionante por ter-se desenvolvido apesar da crescente escassez de combustível; até uma fase bem avançada do século XVIII, a Inglaterra usava o ferro porque queria, e não porque ele fosse abundante ou barato (é verdade que o substituto mais provável, a madeira, talvez fosse ainda mais dispendioso). Mesmo assim, só nos resta imaginar o que teria acontecido, se o país tivesse tido que continuar a depender de fontes externas, caras e inelásticas, para obter muito, senão a maior parte, do principal material estrutural da tecnologia moderna.¹⁰⁰

Seja como for, o problema foi solucionado pela substituição da madeira pelo carvão mineral. Graças à excepcional dotação de recursos da Inglaterra e às condições favoráveis de transporte, tal substituição transformou uma indústria de custo elevado na mais eficiente do mundo. A produção de ferro-gusa aumentou drasticamente (a década de 1780 parece haver marcado uma mudança definitiva na curva). Em 1750 a Grã-Bretanha importava duas vezes mais ferro do que produzia, mas em 1814 suas exportações já somavam, sozinhas, cinco vezes suas compras. Parte desse rápido aumento da produção refletiu as necessidades especiais dos anos de guerra. Mas o advento da paz simplesmente trouxe para o primeiro plano outras fontes de

demanda: a engenharia, a construção de fábricas e equipamentos, a fabricação de implementos agrícolas, ferramentas, encanamentos de água e gás e, especialmente depois de 1830, trilhos. O mais importante é que as exportações de ferro subiram quase vinte vezes em meados do século (57.000 toneladas em 1814 e 1.036.000 em 1852). Na década de 1780, a produção inglesa de ferro era menor que a da França; em 1848, ela fundia quase 2 milhões de toneladas, mais do que todo o resto do mundo (ver Tabela I).

O desenvolvimento da indústria mecanizada, concentrada em grandes unidades produtoras, teria sido impossível sem uma fonte de energia maior do que podiam oferecer as forças humana e animal, e que independesse dos caprichos da natureza. A resposta foi encontrada num novo transformador de energia — a máquina a vapor — e na exploração, em escala extraordinária, de um velho combustível: o carvão mineral.

Um chamava o outro. A fonte mais intensa de demanda de maior energia era a mineração, especialmente a mineração de carvão. A partir do século XVI, como já assinalamos, a necessidade de novas fontes de energia térmica, num país quase despojado de florestas, levou os britânicos a substituírem o combustível vegetal pelo mineral, numa ampla variedade de operações industriais que usavam o calor. Ao mesmo tempo, o consumo de carvão para fins domésticos teve um aumento sistemático: talvez tenha havido uma época, no século XVI, em que os ingleses recuavam diante dos vapores acres e

TABELA I. PRODUÇÃO DE FERRO-GUSA DA GRÃ-BRETANHA
(em toneladas longas)*

1740	17.350	1830	678.417
1788	68.300	1835	949.000
1796	125.079	1839	1.248.781
1806	258.206	1848	1.998.568
1825	581.367	1852	2.701.000

Fontes: Quanto aos anos de 1740-1830 e 1852, Scrivenor, *History of the Iron Trade*, p. 136 e 302; quanto a 1835, M. Meisner, *Die Versorgung der Weltwirtschaft mit Bergwerkserzeugnissen*, I, 1860-1926 [in *Weltmontanstatistik*, pub. por Preussische Geologische Landesanstalt], Stuttgart, 1929, p. 84; quanto a 1839, Mushet, *Papers on Iron and Steel*, p. 421; quanto a 1848, Ludwig Beck, *Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung*, 5 v., Braunschweig, 1894-1903, IV, p. 665. Observe-se que todos esses números constituem conjecturas informadas. Os primeiros relatórios oficiais da produção de ferro surgiram somente em 1854. Cf. R. Hunt, “The Present State of the Mining Industries of the United Kingdom”, *J. Royal Statistical Soc.*, XIX, 1856, p. 317; Howard G. Roepke, “Movements of the British Iron and Steel Industry — 1720 to 1951”, *Illinois Studies in the Social Sciences*, v. XXXVI, Urbana, 1956, p. 24.

* A tonelada longa, ou tonelada inglesa, equivale a 1.016 quilos. (N. da T.)

sulfurosos do carvão em combustão, mas, no período moderno, esses escrupulos estavam superados pela familiaridade e a necessidade.

Quanto mais carvão usava, mais o homem aprofundava as escavações, até que, no fim do século XVII, as minas de muitas áreas haviam chegado abaixo do lençol freático e as inundações ameaçavam pôr fim às novas extrações (as mesmas dificuldades estavam começando a afligir as minas de estanho, chumbo e cobre da Cornuália). Projetaram-se sistemas engenhosos para drenar a água, quando possível, ou para bombeá-la ou retirá-la das minas através da tração animal. Mas a tarefa estava fugindo rapidamente ao controle: numa só mina de carvão em Warwickshire, quinhentos cavalos eram empregados para içar a água, balde após balde.

O uso de 500 animais é prova de um fato simples, mas às vezes negligenciado: não há, em princípio, qualquer limite — a não ser os números — para o volume de trabalho passível de ser realizado ou para a energia passível de ser gerada pela mão-de-obra humana ou animal. Basta pensarmos, por exemplo, na construção das pirâmides ou em tarefas equiparáveis, como a remoção de um obelisco de 327 toneladas de Roma, em 1586, pelo esforço conjunto de 800 homens e 140 cavalos, que acionavam 40 cabrestantes na presença do verdugo oficial.¹⁰¹

Todavia, o uso de turmas de trabalhadores ou de verdadeiras hordas de animais impõe dificuldades logísticas que aumentam acentuadamente com o número de unidades de mão-de-obra: há o problema da coordenação, em primeiro lugar, e, ligados a ele, as simples limitações de espaço e o alto custo de um sistema complexo de transmissão de força. Além disso, homens e animais estão sujeitos à fadiga; têm que ser substituídos e, quanto mais o são, mais difícil se torna a passagem de um time para o seguinte. Esse tipo de trabalho em massa é razoavelmente eficaz — desde que sejam observadas certas precauções e que a disciplina seja mantida — na execução de obras esporádicas que exijam um esforço intenso por curtos períodos de tempo. Não é adequado ao fornecimento da energia constante e concentrada, exigido pela indústria.

Ali estava a grande vantagem da máquina a vapor. Ela era incansável, e era possível dirigir suas dezenas de cavalos-vapor com muito mais eficiência do que se conseguiam conjugar os esforços de quinhentos cavalos vivos. Ademais — e, a longo prazo, foi essa a chave dos efeitos revolucionários da máquina a vapor no ritmo do crescimento econômico —, ela consumia combustível mineral e, com isso, tornava acessível à indústria uma fonte de energia nova e aparentemente ilimitada para o fornecimento de força motriz, em contraste com o simples calor. As primeiras máquinas a vapor

eram brutalmente ineficazes, transformando em trabalho menos de 1% da energia armazenada nos insumos térmicos. Isso estava muito longe do desempenho dos conversores orgânicos: tanto os animais quanto o homem são capazes de transformar 10% a 20% dos insumos em energia útil, conforme as condições. Mas nenhum dos dois pode comer carvão. E, uma vez que a oferta de nutrientes orgânicos era e é limitada — como testemunham profusamente os limites malthusianos da fome e da doença —, o importante era esse aumento de combustível colocado à disposição pelas máquinas a vapor, por mais desperdiçada que fosse sua utilização.

Para deixar claro esse ponto, comparemos o consumo humano de carvão com seu hipotético equivalente alimentar. Em 1800, o Reino Unido usava, talvez, 11 milhões de toneladas de carvão por ano; em 1830, esse volume havia dobrado; quinze anos depois, tornara a duplicar; e, em 1870, estava cruzando a marca dos 100 milhões de toneladas. Esta última cifra equivalia a 800 bilhões de calorias de energia, o bastante para alimentar uma população de 850 milhões de homens adultos durante um ano (a população efetiva era, na época, de aproximadamente 31 milhões), ou para abastecer 1/4 desse número de pessoas com os requisitos totais de energia de uma sociedade pré-industrial.¹⁰²

Ou então, para abordar o assunto por um ângulo diferente, em 1870 a capacidade das máquinas a vapor da Grã-Bretanha era de cerca de 4 milhões de cavalos-vapor, equivalentes à força passível de ser gerada por 6 milhões de cavalos ou 40 milhões de homens.¹⁰³ Se presumirmos os mesmos padrões de consumo de alimentos que prevaleciam no século XVIII, esse número de homens teria ingerido uns 320 milhões de alqueires de trigo por ano — mais de três vezes a produção anual de todo o Reino Unido em 1867-71. E isso não leva em conta o número ainda maior de trabalhadores necessários a outras atividades que não o suprimento de energia, nem as crianças, os velhos e outros membros desempregados de nossa hipotética sociedade desconhecida do carvão.

Selecionando uma data posterior e um consumo mais elevado de energia, seria fácil imaginar quadros mais aterradores. De 1870 a 1907, a capacidade das máquinas motrizes, apenas na indústria inglesa, mais do que dobrou e, de 1907 a 1930, tornou a dobrar; a isso teríamos de acrescentar o aumento ainda maior das máquinas no transporte terrestre e na navegação. Ou, passando para um cenário maior, o consumo mundial de fontes comerciais de energia foi multiplicado por seis nos cinquenta anos decorridos entre 1860 e 1900, e mais do que triplicou no meio século seguinte. Pode-se imaginar um mundo industrializado que fosse compelido a depen-

der exclusivamente de motores animais para o trabalho, um mundo fervilhando de tantos homens e animais que cada centímetro da superfície da Terra, inclusive as montanhas, os desertos e a tundra gelada, não bastariam para alimentá-los. Mas não é preciso persistir nessas fantasias. A questão é óbvia: esse tipo de mundo industrializado não poderia existir. A disponibilidade de fontes inanimadas de energia é que facultou ao homem transcender as limitações biológicas e aumentar sua produtividade mais de cem vezes. Não foi por acidente que a indústria mundial tendeu a se localizar nas (e perto das) jazidas de carvão da Terra, ou que o aumento do capital foi proporcional ao consumo de combustíveis minerais. O carvão, em síntese, foi o pão da indústria.¹⁰⁴

Neste ponto, são aconselháveis algumas palavras de advertência. Tal como os alimentos, o carvão foi uma causa necessária, mas não suficiente, para o desempenho industrial. Não se pode trabalhar sem comer; no entanto, a disponibilidade de alimento não faz ninguém trabalhar. Teremos várias oportunidades, ao longo deste levantamento, de examinar proezas de realização industrial em localidades ou países pobres em recursos energéticos. Alguns deles beneficiaram-se de vantagens compensatórias; outros transcenderam suas deficiências por atos de criatividade empresarial. Em geral, porém, esses triunfos ocorreram na indústria leve, na qual os requisitos de energia são uma parcela relativamente pequena do custo total. É (ou era) difícil fazer tijolos sem palha, ou ferro e produtos da indústria química pesada sem combustível barato.

Convém lembrar, além disso, que a combinação carvão-vapor era a única fonte de energia inanimada acessível às economias européias do século XVIII. A força do vento fora domada milênios antes, primeiro por meio das velas para a navegação, e depois, a partir da Idade Média, através de moinhos usados para bombear e moer. Mais importante ainda era a força hidráulica. Já conhecido na Antiguidade, o moinho d'água veio a ser amplamente utilizado, pela primeira vez, na Idade Média, talvez em resposta à crescente escassez de trabalho escravo. Sua introdução na indústria lanígera inglesa para acionar os martelos de pisoagem deu origem à rápida expansão da produção rural que o professor Carus-Wilson descreveu como "uma revolução industrial no século XIII". No século XVIII e nas primeiras décadas do século XIX, a roda d'água respondia pela parcela maior, embora decrescente, da energia usada pela indústria britânica; e não há dúvida de que, tivesse a Inglaterra sido mais bem dotada de energia hidráulica pela natureza, ou fosse mais pobre em carvão, o predomínio da roda teria continuado por muito mais tempo. Foi isso que aconteceu nos Estados Unidos, onde os

grandes depósitos de carvão situavam-se no que, a princípio, eram as terras relativamente inacessíveis a oeste dos Apalaches, e onde as encostas orientais dessa mesma cadeia de montanhas ofereciam locais esplêndidos para a construção de moinhos movidos a água. O mesmo se aplicou a regiões equiparáveis da Europa, como toda a região alpina, por exemplo — o Delfinado, a Suíça, Baden, a Bavária e o norte da Itália.

O carvão e o vapor, portanto, não fizeram a Revolução Industrial; mas permitiram seu extraordinário desenvolvimento e difusão. Seu uso, comparado ao das fontes de energia substitutas, foi uma consideração de custos e de conveniência. A vantagem da força hidráulica e do vento consistia em que a energia empregada era gratuita; sua grande desvantagem consistia em que, muitas vezes, ela não era suficientemente abundante e, de qualquer modo, estava sujeita a variações que fugiam ao controle humano. O vento podia não soprar, o curso d'água podia secar ou congelar-se. Em contraste, a máquina a vapor era confiável em todas as estações do ano, mas o desembolso inicial era mais alto e sua operação era dispendiosa. Como disse um autor de 1778, "o vasto consumo de combustível desses engenhos constitui uma imensa diminuição da lucratividade de nossas minas, pois cada máquina a vapor de porte consome o equivalente a £3.000 de carvão por ano. Esse pesado ônus quase equivale a uma proibição."¹⁰⁵ É claro que isso era um exagero, pois o uso do vapor estava crescendo. Ainda assim, alimentar aqueles quinhentos cavalos de Warwickshire custava apenas £900 por ano. Não surpreende que as primeiras máquinas fossem empregadas, em geral, somente onde o carvão era extremamente barato, como nas áreas de mineração, ou em escavações profundas demais para outras técnicas, como na Cornuália, ou nas circunstâncias ocasionais — no dique seco de São Petersburgo, por exemplo — em que o custo não constituía um obstáculo.

Como consequência, o *leitmotif* da tecnologia do vapor era o esforço para aumentar a eficiência, isto é, o volume de trabalho executado por insumo de energia. A título de comparação, a meta de aumentar a capacidade, ou seja, o trabalho executado por unidade de tempo, ficava em segundo lugar, embora os dois objetivos estivessem ligados, de modo que aquilo que contribuía para um permitisse ou produzisse o outro.

Essa busca de energia e economia de combustível, como outros movimentos do avanço tecnológico, teve sua multiplicidade de pequenos aperfeiçoamentos, amiúde anônimos: melhores materiais, níveis de tolerância mais restritos, a introdução de válvulas e medidores de segurança, o reconhecimento e adoção de um carvão especialmente adequado à produção de vapor, e a compilação de informações exatas sobre o desempenho das má-

quinas em condições diferentes. Mas ela foi também pontuada por alguns grandes saltos à frente, cada qual marcado por uma inovação crucial que ampliava substancialmente a aplicabilidade comercial do vapor.

O primeiro aparelho viável para a transformação de energia térmica em trabalho foi a "máquina de aquecer" de Thomas Savery, de 1698. Tratava-se, na verdade, de uma combinação de máquina a vapor e bomba. Não havia nenhum pistão, nem tampouco transmissão de força para outras máquinas. O vapor era aquecido numa caldeira e depois passado para um "receptor", onde era condensado para criar um vácuo parcial. Este puxava água da parte inferior (ou, mais exatamente, a água era suspensa até ele pela pressão atmosférica), sendo ela expelida pelo alto pela injeção subsequente de vapor, o que reiniciava o ciclo. O desperdício de energia era enorme, não apenas por causa do aquecimento e esfriamento alternado do receptor, mas também porque, não havendo um pistão, o vapor entrava em contato direto com a água fria. O sistema tinha outra deficiência grave: só era possível aumentar a potência elevando a pressão, e algumas das máquinas de Savery chegavam a ser operadas a três atmosferas. Isso era praticamente o limite de segurança. Dada a qualidade dos materiais empregados e da metalurgia da época, era quase certo que qualquer coisa acima desse valor resultaria numa explosão, como descobriram vários operadores, tarde demais. A única alternativa, na mineração profunda, por exemplo, era usar duas ou mais máquinas pareadas, o que era um processo dispendioso e especialmente vulnerável aos defeitos.

O que Thurston denomina de "primeira máquina verdadeira", isto é, um dispositivo de geração de força e transmissão dessa força a um engenho que executava o trabalho desejado, foi uma contribuição de Thomas Newcomen, um ferragista e ferreiro de Dartmouth, Inglaterra, em 1705. Nesse aparelho, a bomba era separada do cilindro que recebia o vapor. O vácuo produzido pela condensação era usado, não para puxar água, mas para acionar um pistão conectado a uma das extremidades de uma viga transversa oscilante, cuja outra ponta subia e descia e, com isso, acionava a haste da bomba d'água. Note-se que o vapor não era usado para movimentar o pistão, mas apenas para criar um vácuo; a simples pressão atmosférica produzia a força que empurrava o pistão para baixo contra o peso da bomba localizada na outra extremidade da viga. Daí o nome "máquina atmosférica".

O método de Newcomen oferecia duas vantagens em relação à concepção de Savery. Em primeiro lugar, eliminava a perda de calor devida ao contato com a água bombeada. A economia não era grande, e quase se perdia na transmissão de força do motor para a bomba. Anos depois, quan-

do a construção de ambos os tipos já fora muito aperfeiçoada, testes feitos com as duas máquinas mostraram uma capacidade de trabalho geralmente situada entre 5 e 6 milhões de pés-libras por alqueire de carvão, ou um rendimento de menos de 1%. Mesmo assim, qualquer tantinho ajudava.

Muito mais importante, o uso do pistão possibilitou a obtenção de mais força sem aumentar a pressão do vapor; tudo que se fazia necessário era uma superfície maior sobre a qual a atmosfera pudesse exercer pressão, ou seja, um pistão maior. Como resultado, as máquinas de Newcomen eram, ao mesmo tempo, mais potentes, mais seguras e mais confiáveis. De fato, algumas delas continuariam em funcionamento por cinco décadas ou mais, pelo século XIX afora.

Não que a máquina a vapor de Savery tivesse desaparecido. Construtores como John Wrigley, em Lancashire, continuaram a fabricar versões aperfeiçoadas dela até o fim do século XVIII, e um arrojadíssimo empresário da fiação de algodão como era John Kennedy usava as máquinas "de Savary" em Manchester, em 1793, para acionar seus filatórios aperfeiçoados. Seria interessante saber quantas delas havia, onde eram utilizadas e com que finalidade. Aquelas de que temos conhecimento eram pequenas, geravam poucos cavalos-vapor e eram empregadas para bombear a água que acionava as máquinas das fábricas da indústria leve.

Em contraste, a máquina de Newcomen dominava o mercado das grandes máquinas motrizes. Thurston escreveu que, poucos anos depois de sua invenção, "ela fora introduzida em quase todas as grandes minas da Grã-Bretanha", e que se escavaram muitas novas minas que não poderiam ter sido exploradas anteriormente. Essa afirmação talvez seja exagerada; não dispomos de estatísticas a esse respeito. Mas sabemos que, em 1767, o engenheiro Smeaton encontrou 57 dessas máquinas, totalizando 1.200 cavalos-vapor, somente na bacia de Newcastle, e 18 grandes máquinas nas minas da Cornuália, em 1780. Nas Midlands, a fundição Coalbrookdale, mais famosa por seu pioneirismo na fundição do coque, era o principal fornecedor das máquinas de Newcomen às minas de carvão da região. Mesmo depois da introdução da máquina de Watt, o modelo mais antigo continuou solicitado, pois o carvão era um artigo barato ou até gratuito na boca das minas (muitas caldeiras queimavam um pó de carvão invendável). O custo inicial mais baixo do aparelho de Newcomen, bem como sua simplicidade de manutenção e sua extraordinária durabilidade, davam-lhe a preferência.¹⁰⁶

A persistência da máquina de Newcomen não nos deve levar a subestimar a importância crucial da contribuição de Watt. Construindo um con-

densador separado (patente de 1769, primeira aplicação comercial em 1776), ele economizou a energia que era antes desperdiçada no reaquecimento do cilindro a cada golpe do êmbolo. Esse foi o avanço decisivo para a "era do vapor", não apenas em virtude da economia imediata de combustível (o consumo por produção era de cerca de 1/4 do da máquina de Newcomen), porém, mais ainda, porque esse aperfeiçoamento abriu caminho para os aumentos contínuos de eficiência que acabaram por colocar a máquina a vapor ao alcance de todos os ramos da economia, e que fizeram dela uma máquina motriz universal. O próprio Watt efetuou alguns dos mais importantes desses novos aperfeiçoamentos (patentes de 1782 e 1784): a máquina de dupla ação, em que o vapor trabalhava alternadamente sobre cada uma das extremidades do pistão; o uso do vapor para acionar o pistão e também para criar um vácuo; o sistema de fechamento da válvula de entrada durante o curso do pistão, que tirava proveito da força de expansão do vapor para obter uma economia substancial de energia; e, acima de tudo, a engrenagem, que convertia a batida alternada do pistão num movimento rotativo e que possibilitou o acionamento da maquinaria industrial.

Watt confiava firmemente nas máquinas a vapor de baixa pressão. Na verdade, a maior parte da energia de sua máquina derivava, não da força do vapor, que raramente superava 1,5 atmosfera, mas do vácuo formado do outro lado do pistão. Outros homens foram menos dogmáticos. Por volta da virada do século, William Bull, Richard Trevithick, o norte-americano Oliver Evans e outros desenvolveram as máquinas a vapor de alta pressão (duas atmosferas ou mais), que acabaram gerando economias de combustível de 1:1,5 ou mais. No começo, entretanto, sua principal vantagem residia na simplicidade e na capacidade de produzir o mesmo trabalho com um cilindro menor; assim, tais máquinas eram mais leves e mais baratas do que as máquinas de baixa pressão, além de usarem muito menos água. Essa economia de espaço e de matérias-primas foi fundamental para a construção de máquinas móveis. A locomotiva e o barco a vapor teriam sido drasticamente restringidos, em termos comerciais, se existissem apenas máquinas de baixa pressão.

Além disso, a alta pressão possibilitou a aplicação eficaz de uma combinação que utilizava a energia restante no vapor (depois de ele ter acionado o pistão), levando-a para um segundo (e, eventualmente, um terceiro e até um quarto) cilindro de dimensões maiores. O princípio era idêntico ao que havia tornado possível o sistema de fechamento da válvula de entrada durante o curso do pistão: teoricamente, não há diferença entre a expansão do vapor num só cilindro ou em mais de um. Mas, na prática, há um aumento

significativo da eficiência: a soma das forças exercidas por mais de um pistão varia menos ao longo da ação do que a de um pistão único; e, o que é mais importante, a temperatura de cada cilindro varia menos quando a faixa de expansão do vapor é dividida do que quando é confinada a um único recinto. O resultado disso foi uma esplêndida economia de combustível: a máquina de Newcomen, de 1769, consumia 30 libras de carvão por cavalo-força/hora (HP/h), e a máquina de Watt precisava de cerca de 7,5 libras; em meados do século XIX, o consumo de uma máquina composta média caíra para pouco mais de 2,5 libras para se obter o mesmo desempenho.¹⁰⁷ Jonathan Hornblower construiu uma máquina de dois cilindros segundo essa orientação já em 1781, mas usou vapor de baixa pressão, e sua máquina mostrou não ser mais eficiente do que a de Watt; além disso, este último o processou por violação da patente e, quando Hornblower mostrou-se impossibilitado de pagar os *royalties* e a multa, foi trancafiado na prisão. Foi Arthur Woolf que, em 1804, produziu a primeira máquina composta a obter sucesso comercial. Ele usou vapor de alta pressão e um condensador separado — a essa altura, a patente de Watt já havia expirado. A longo prazo, a combinação foi aplicada de forma mais ampla na navegação, onde a economia de combustível somou-se ao espaço assim liberado para a carga e os passageiros.

Ao contrário das máquinas de madeira para fiar e tecer o algodão ou a lã, as máquinas a vapor exigiram, logo de início, uma revolução correspondente nos campos implicados da metalurgia e da construção. Smeaton previu que Watt não conseguiria construir sua máquina porque ela exigia mais exatidão do que permitiam as técnicas da época; e, de fato, passaram-se uns sete anos entre a concessão da patente e a primeira realização comercial. Essa dificuldade foi parcialmente solucionada através dos engenhosos esforços de John Wilkinson, que aprendeu a brocar cilindros com alguma precisão; como disse Watt, ele era capaz de "prometer que um cilindro de 72 polegadas não estaria mais distante dessa dimensão do que a espessura de uma moeda fina de seis vinténs [digamos, 0,05 polegadas], em sua parte pior". Mesmo isso mal chegava a ser suficientemente exato para se conseguir um vácuo eficaz. Watt e outros engenheiros depois dele continuaram a usar chumaços de corda ou cânhamo e sebo para tapar os espaços entre o pistão e o cilindro. Só quando já ia bem adiantado o século XIX é que os materiais e a engenharia mecânica avançaram a ponto de ser possível tirar pleno proveito da arguta concepção de Watt.

Isso levanta a questão correlata, porém mais ampla, da ligação entre ciência e tecnologia. Afirma-se com frequência que a máquina de Newco-

men e suas precursoras teriam sido impensáveis sem as idéias teóricas de Boyle, Torricelli e outros; e que Watt extraiu grande parte de sua competência e imaginação técnicas de seu trabalho com cientistas e instrumentos científicos em Glasgow. Há, sem dúvida, alguma verdade nisso, embora seja impossível dizer quanta. Uma coisa é certa, porém: uma vez estabelecido o princípio do condensador separado, os avanços subseqüentes deveram pouco ou nada à teoria. Ao contrário, um ramo inteiro da física, a termodinâmica, desenvolveu-se, em parte, como resultado das observações empíricas dos métodos e do desempenho da engenharia.¹⁰⁸ Tampouco foi por acidente que esse trabalho teórico iniciou-se na França, onde uma escola como a Polytechnique esforçava-se, explicitamente, para enquadrar a técnica em generalizações matemáticas. Mas nada disso impediu a Inglaterra de continuar a liderar o mundo na prática e nas invenções da engenharia.

Em virtude de suas deficiências iniciais, a máquina a vapor adequava-se menos do que a roda d'água, com seu giro delicado, a trabalhos que requeressem certa suavidade e regularidade de movimentos. Isso, ao lado de considerações puramente econômicas, como o porte relativo das empresas, muito contribuiu para explicar a adoção mais lenta do vapor nos lanifícios do que nos cotonifícios. Ainda em 1850, mais de 1/3 da energia disponível para a fabricação de lã na Inglaterra e no País de Gales provinha da água (12.600HP do vapor, 6.800 da água); no tocante à indústria algodoeira de toda a Grã-Bretanha, a cifra correspondente era de aproximadamente 1/8 (71.000 de vapor, 11.000 de água). Os maiores usuários da energia a vapor entre as demais indústrias eram a mineração e a metalurgia; infelizmente, não dispomos de números globais. Assim, ficamos reduzidos a estimativas grosseiras quanto ao reino como um todo. Desse modo, sugeriu-se que não mais de mil máquinas estariam em uso em 1800; estimando-se um tamanho médio de 10HP (não faria diferença para a argumentação se escolhêssemos um multiplicador duas vezes maior), chega-se a uma capacidade global de talvez 10.000HP. Quinze anos depois, segundo o observador francês barão Dupin, esse total havia-se elevado, apenas no tocante à Grã-Bretanha, para 210.000HP; e, em meados do século, tivera um novo aumento de mais de seis vezes. Com respeito ao Reino Unido, em 1850, Mulhall faz uma estimativa de 500.000HP de máquinas estacionárias e 790.000HP de máquinas móveis, a maioria delas sob a forma de locomotivas, que eram insignificantes uma geração antes.

Um dos mitos da história econômica é a idéia de que teria ocorrido uma passagem rápida e drástica das ferramentas manuais rudimentares para as máquinas. Segundo esse mito, começamos com carpinteiros e construto-

res de moinhos que usavam talhadeiras e limas, cortando e desbastando a olho e pelo tato; em seguida, no espaço de duas gerações, temos maquinistas e engenheiros operando instrumentos mecanizados de precisão e trabalhando de acordo com especificações e projetos. Na verdade, como é tão comum ocorrer nas revoluções, o velho e o novo não estavam tão distantes assim, e a mudança foi mais lenta do que se costuma pintar.

Os artesãos de meados do século XVIII, particularmente em áreas como a relojoaria, estavam familiarizados com uma impressionante variedade de máquinas, inclusive tornos, furadeiras, brocas e máquinas para cortar roscas e rodas. Elas eram lentas e de precisão apenas moderada, mas eram adequadas à indústria da época — pré e pós-inovações — e, na verdade, sobrevivem até hoje em alguns lugares distantes.¹⁰⁹ Das grandes invenções mecânicas desse período, somente a máquina a vapor de Watt exigiu, como assinalamos antes, um avanço imediato nas técnicas de metalurgia.

A longo prazo, entretanto, a difusão da indústria mecanizada exigiu grandes aperfeiçoamentos no projeto dos instrumentos. Por um lado, a produtividade das novas máquinas voltadas para a produção de bens de consumo estava diretamente relacionada com sua velocidade de operação e com a utilização eficiente da energia; estas, por sua vez, exigiam peças que funcionassem uniformemente. Por outro lado, a escassez de mão-de-obra especializada em madeira e metal criou a necessidade de um tipo de equipamento que permitisse aos operadores produzirem mais em menos tempo e com o mínimo possível de treinamento. Essas duas considerações foram reforçadas pelo crescimento de uma indústria autônoma e especializada de construção de máquinas, na qual os artesãos criativos tinham oportunidade de modificar instrumentos antigos e projetar outros novos; o mesmo processo de avanço tecnológico gradual e cumulativo através de aperfeiçoamentos anônimos, que caracterizou as indústrias de bens de consumo, foi igualmente importante na fabricação de bens de capital.

Por força do anonimato de muitos desses aperfeiçoamentos e da grande diversidade da prática, é impossível dar mais do que uma idéia aproximada do ritmo global do progresso. Na indústria algodoeira, podemos ao menos contar os fusos e classificá-los em categorias como "fiandeiras automáticas" ou "filatórios contínuos", que, embora abarquem equipamentos de diferentes graus de eficiência, são suficientemente homogêneas para ser significativas. Na construção de máquinas, não dispomos de números e, mesmo que os tivéssemos, a gama de variações entre instrumentos do mesmo nome é tão imensa que torna ilusória a classificação e incerto o momento de introdução da inovação. Dois exemplos devem bastar. Sabemos que os gabaritos

eram empregados pelos construtores de máquinas já nas décadas de 1770 e 1780; na verdade, o uso dessa palavra para designar um instrumento medidor de dimensões remonta ao fim do século XVI. Todavia, parece muito improvável que os homens estivessem “trabalhando segundo o gabarito” nessa fase primitiva, isto é, usando esses dispositivos não apenas para medir dimensões ou traçar linhas, mas também para garantir a padronização. É impossível dizer onde e quando esta última técnica foi introduzida, e com que velocidade se difundiu. Do mesmo modo, sabemos que o suporte ajustável era largamente utilizado no século XVIII. Entretanto, a invenção desse instrumento fundamental do trabalho de precisão, que retirou a ferramenta de corte das mãos falíveis do artesão e possibilitou o controle do direcionamento e da profundidade de sua ação, foi atribuída por Nasmyth e outros a Maudslay. Um mito? Talvez. É mais provável, contudo, que os contemporâneos que lhe atribuíram esse feito tivessem em mente alguma alteração no caráter do instrumento ou alguma inovação em seu uso, ou talvez, simplesmente, a insistência em seu emprego, enquanto outros se contentavam em trabalhar à mão.

Mas, se não podemos avaliar a situação da técnica numa dada época, podemos falar da tendência. No espaço de duas gerações — graças, em grande parte, a um punhado de figuras talentosas que aprendiam umas com as outras e que formaram como que uma família de fabricantes de instrumentos —, ao menos marginalmente as técnicas metalúrgicas e de trabalho com a madeira se transformaram.¹¹⁰ As ferramentas tornaram-se mais pesadas e mais rígidas (como o torno inteiramente metálico de Maudslay), mais automáticas e precisas (o torno auto-regulável e o mandril central de duplo direcionamento de Clement, a fresadora e limadora automática de roscas de Nasmyth, e toda uma sucessão de aperfeiçoamentos no trabalho com a plaina), e mais versáteis e mais fáceis de operar (o torno-revólver e as fresadoras). Em meados do século XIX, “a maioria das ferramentas mecânicas* atualmente usadas (...) já tinha sido criada”,¹¹¹ e homens como Nasmyth eram ferramenteiros de construtores de equipamentos, mantendo estoques de modelos padronizados e vendendo a partir de descrições em catálogos.¹¹²

Os meios de execução vieram primeiro; os padrões de exatidão, depois. A invenção de ferramentas mecânicas não modificou o caráter pessoal

* Levando em conta a época a que esta parte do livro se refere, preferimos traduzir aqui *machine tools* por “ferramentas mecânicas”, evitando a acepção mais moderna de “máquinas-ferramentas”. (N. da T.)

do trabalho. Cada artesão continuava a ser juiz de seu próprio desempenho, trabalhando segundo especificações aproximadas, que nem sempre eram uniformes nem mesmo dentro da oficina. A montagem de qualquer equipamento exigia um ajuste dispendioso e demorado de todas as peças, inseridas uma a uma, de modo a se encaixar no todo. A reprodução ou a substituição eram quase idênticas. Cada parafuso tinha sua porca individual.

Maudslay e Clement esforçaram-se por corrigir algumas dessas deficiências, insistindo no uso de superfícies realmente planas e padronizando os parafusos produzidos em suas oficinas. Mas, nesse aspecto, a grande obra foi realizada por um de seus pupilos, Joseph Whitworth, que, baseando-se no trabalho de seus mestres, elaborou roscas padronizadas para pinos e parafusos de todos os tamanhos e desenvolveu os gabaritos que levam seu nome. A difusão desses princípios e técnicas foi uma outra história. As contribuições de Whitworth remontam à década de 1830, e seus métodos foram divulgados em 1840. Em 1856, no entanto, ele ainda continuava a brigar pela precisão.

Em termos gerais, o trabalho de precisão padronizado, que possibilitou as peças intercambiáveis, precedeu a adoção de normas comuns a toda a indústria. Trabalhar segundo o gabarito ainda era uma exceção em 1850, mas essa prática se disseminava rapidamente. Vários fabricantes de máquinas, como Roberts, do filatório automático, vinham de longa data servindo-se de moldes e matrizes para facilitar a execução das operações repetitivas. A uniformização dos padrões da fabricação de parafusos e pinos, por outro lado, só veio na segunda metade do século (tornou-se comum na indústria em 1860) e, durante muito tempo, permaneceu isolada; todas as fraquezas da vaidade humana combinaram-se com o hábito e com o custo da mudança no sentido de adiar a aceitação de padrões gerais por produtores particulares.

Um campo em que a padronização dos produtos foi precocemente obtida foi a cunhagem. O princípio remontava à Antigüidade, quando se usavam matrizes para cunhar moedas de desenho uniforme. No início do período moderno, introduziu-se o punção, que possibilitou a regularização da forma e do tamanho. Na indústria propriamente dita, a técnica era obviamente apropriada à fabricação de botões, berloques, fivelas e outros pequenos objetos similares. Birmingham, se não foi a primeira cidade a usá-la, foi a que mais se beneficiou dela durante o período em que as limitações energéticas restringiam sua aplicação à indústria metalúrgica leve; no século XIX, diversas pequenas indústrias — a fabricação de penas de caneta, por exemplo — foram revolucionadas por adaptações desse processo.

Tais produtos não devem ser comparados com peças intercambiáveis, que precisam ser suficientemente exatas para se encaixar e interagir com outras num mecanismo maior. Tampouco são — e o eram menos ainda nesse período inicial — peças tão fortes quanto as moldadas, forjadas e polidas na seqüência tradicional. (Ainda hoje, uma lâmina fundida a quente tem mais valor que uma lâmina prensada.) Não obstante, o princípio era tão promissor quanto a produção com máquinas de precisão, que sempre seria mais dispendiosa, e sua aplicação foi enormemente ampliada pela introdução das prensas mecânicas e de grandes equipamentos similares. Em meados do século, o martelo-pilão a vapor estava começando a ser usado na fabricação de rodas de trens. Isso era apenas o começo, mas foi o arauto de um novo tipo de construção mecânica que acabaria por possibilitar os bens de consumo duráveis modernos e de preço acessível do século XX — automóveis, refrigeradores, bicicletas, televisores etc.

Tal como a indústria mecânica e de engenharia, a indústria química tendeu a ser negligenciada nos livros de história da Revolução Industrial, em parte pelas mesmas razões: a complexidade e o caráter multifacetado de seu desenvolvimento e a necessidade de conhecimentos técnicos que o historiador raramente possui. Contudo, provavelmente ainda mais importantes na promoção dessa negligência foram (1) o caráter não revolucionário desse desenvolvimento — a organização da mão-de-obra permaneceu essencialmente inalterada, enquanto os aumentos de produtividade costumavam ser menores na indústria química do que nas áreas em que a mecanização era viável — e (2) a posição secundária da indústria nesse período inicial: seu crescimento foi, basicamente, uma resposta às necessidades de outros ramos fabris, em particular de produtos têxteis, sabão e vidro. Estamos acostumados, hoje em dia, a encarar a indústria química como um gigante, em parte por seu sucesso na criação de novos e extraordinários materiais, como o náilon ou os plásticos, e em parte pelo “milagre” das drogas que saem aos borbotões de seus laboratórios, numa torrente interminável; estamos menos cientes da imensa produção do que se costuma conhecer como indústria química pesada, que tem a ver com os agentes inorgânicos — os ácidos e os álcalis — usados na produção de outros bens.

Todavia, o caráter derivado desse crescimento no período que estamos examinando em nada diminui sua importância. A transformação da indústria têxtil, cujas necessidades de detergentes, alvejantes e mordentes aumentavam no mesmo ritmo da produção, teria sido impossível sem uma transformação correspondente da tecnologia química. Não havia campinas

baratas nem leite azedo suficientes, em todas as Ilhas Britânicas, para branquear os tecidos de Lancashire depois que o filatório contínuo e a fiandeira automática substituíram a roda de fiar; e teriam sido necessárias quantidades inimagináveis de urina humana para tirar o sebo da lã bruta consumida pelas fiações de West Riding.

A solução foi encontrada com um progresso simultâneo em diversas direções: (1) pela substituição, quando possível, das fontes animais de matéria-prima por fontes vegetais; (2) pela substituição de matérias-primas orgânicas por inorgânicas; (3) pela utilização dos subprodutos de cada reação para produzir outras reações que gerassem compostos úteis; e (4) pelo aperfeiçoamento dos instrumentos e equipamentos da indústria — fornos, cubas, misturadores, tubulações e similares —, de modo a permitir o processamento mais rápido de quantidades maiores, e com maior segurança. As duas primeiras tiveram uma importância análoga à da substituição da madeira pelo carvão na metalurgia: livraram a indústria da escravidão a suprimentos inelásticos. A terceira é particularmente característica da indústria química e respondeu, em grande parte, pelo rendimento crescente que prevaleceu na fase heróica das primeiras inovações. A quarta talvez tenha gerado os menores ganhos no período que estamos considerando, mas viria a se tornar cada vez mais importante com a absorção das inovações em outras áreas e à medida que a escala crescente de produção desviou a atenção para as instalações físicas e para os problemas logísticos do fluxo de trabalho.

O curso e o caráter desse avanço transmitem-se melhor pelo exame das mudanças na produção dos compostos fundamentais que constituem a base da indústria química pesada, e dos produtos industriais deles derivados. O mais importante, já naquela época, era o ácido sulfúrico, uma substância de tamanha versatilidade (agente oxidante, agente desidratante, ácido, eletrólito) que seu emprego passou a funcionar como um indicador aproximado do desenvolvimento industrial. Na primeira metade do século XVIII, o ácido sulfúrico era empregado para inúmeros fins, incluindo, ocasionalmente, o de alvejante. O método de preparo era lento, restrito e ineficiente, e o preço era proibitivo para a maioria dos usos industriais. No espaço de duas décadas, entretanto, a introdução do método da campânula (primeira aplicação bem-sucedida feita por Joshua Ward e John White em Twickenham, em 1736) e, em seguida, a substituição das pequenas “campânulas” de vidro por tonéis muito maiores, revestidos de chumbo (John Roebuck e Samuel Garbett, em Birmingham, em 1746), aumentaram mil vezes a escala de operação e derrubaram o custo. No fim do século, a Inglaterra, que antes

complementara a oferta doméstica com compras feitas à Holanda, estava exportando até 2 mil toneladas por ano.¹¹³

Na indústria química, um composto leva a outro. O ácido sulfúrico, em combinação com o sal, gerou como um de seus subprodutos o ácido clorídrico, do qual foi possível liberar o cloro a ser usado como agente alvejante. O método para se chegar a isso era arriscado, e o cloro em sua forma pura era perigoso e tão corrosivo que tendia a decompor o tecido tratado. Mesmo assim, ele oferecia importantes vantagens em relação a alvejantes mais antigos, como a luz solar, o leite de leite e até o ácido sulfúrico diluído. Assim, iniciou-se a busca de compostos ou misturas de cloro que fossem de manejo mais fácil. Os primeiros deles foram soluções, a mais importante das quais, o hipoclorito de potássio ou água de Javel, foi inventada na França em 1796 e, desde então, continuou a ser um agente doméstico de limpeza. Para a indústria têxtil, entretanto, o grande avanço foi a invenção do pó branqueador de Charles Tennant (patentes de 1797 e 1799), feito pela absorção do cloro em cal extinta. A produção desse pó por Tennant subiu de 57 toneladas no primeiro ano para 239 em 1810, 910 em 1825 e 5.719 toneladas em 1850; em 1852, a produção da Grã-Bretanha como um todo era de 13.100 toneladas. Entrementes, o preço caiu para 1/10 de seu nível original — de £140 para £14 por tonelada.¹¹⁴

Também os álcalis eram indispensáveis para a fabricação de produtos têxteis, e ainda de uma ampla variedade de outros artigos. Dois tipos eram empregados: o carbonato de potássio (comumente, sob a forma de potassa, ou sob a forma mais pura do perlasso) e o carbonato de sódio (geralmente chamado de soda cáustica), ao lado de compostos relacionados com um ou com o outro. Os álcalis de potássio eram combinados com sebo ou outra gordura animal para fazer sabão de potassa, usado especialmente pela indústria lanígera para a lavagem e feltragem da lã; eram misturados com areia, para produzir um dos silicatos a que chamamos vidro; entravam na fabricação da pólvora e do alúmen; e eram empregados para alvejar e lavar tecidos e para amaciar o couro. Apesar de toda a sua versatilidade, no entanto, eles tinham a desvantagem de ser derivados de matérias-primas de oferta escassa e inelástica. O carbonato de potássio era obtido da cinza de madeira preparada, numa proporção de talvez uma parte de composto puro para 600 partes de madeira, o que exigia um índice de consumo que estava fora de questão na Inglaterra ávida por madeira de lei. A Europa e a América foram esquadrihadas em busca de suprimentos e, de meados até o final do século, as importações subiram de cerca de 1.500 para 9.000 toneladas. Além disso, a Inglaterra não era o único país no mercado; à medida

que a demanda suplantou a oferta, o preço aumentou substancialmente, sendo duplicado no período de 1780 a 1815. Somente na década de 1860, quando os alemães começaram a explorar os ricos depósitos de potassa mineral da área de Stassfurt, foi que se superou esse obstáculo. Aquela altura, uma revolução na fabricação da soda cáustica havia alterado drasticamente a importância relativa desses dois álcalis.

O álcali de sódio é tão versátil quanto a variedade do potássio; na verdade, os dois podem substituir-se em muitas de suas aplicações. A principal diferença, do ponto de vista industrial, é que a soda é utilizada na fabricação de sabões duros e sabões de coalho — logo, tanto de um produto doméstico quanto de um bem de produção. No século XVIII, o álcali de sódio também era obtido das cinzas de plantas: da barrilheira, que crescia principalmente na Espanha e nas Ilhas Canárias e fornecia a barrilha, que contém um teor de 20% a 35% de soda, e de algas marinhas secas do oeste da Escócia e da Irlanda, de onde se extraía o *kelp*, com um teor de soda de 5% a 10%. Este último era competitivo porque a barrilha, apesar de mais rica, pagava impostos; além disso, as importações foram praticamente suspensas durante as guerras napoleônicas.

A oferta de álcali de sódio era mais elástica do que a de potassa, mas não tinha nenhuma possibilidade de ficar à altura da demanda crescente. Mais uma vez, a resposta foi encontrada na substituição de matérias-primas vegetais por minerais — no caso, por um mineral especialmente abundante, o sal comum. A técnica efetiva foi elaborada na França, na década de 1780, por Nicolas Leblanc: a transformação do sal em pasta de sal (sulfato de sódio) por meio do ácido sulfúrico (cuja utilidade foi assim muitas vezes multiplicada), e o subsequente aquecimento da pasta de sal numa mistura com carvão mineral e carbonato de cálcio (geralmente sob a forma de calcário), para produzir soda cáustica e resíduos.

Os produtores ingleses, que por certo tinham conhecimento do processo de Leblanc no fim do século XVIII, demoraram a adotá-lo; a fabricação em larga escala só começou em 1823. Os estudiosos costumam atribuir essa demora aos efeitos do imposto sobre o sal; mais importante do que isso, provavelmente, era o acesso contínuo da Inglaterra às fontes vegetais tradicionais, combinado com o conservadorismo dos usuários de álcalis, que relutaram em passar para o produto sintético mesmo depois que James Muspratt o tornou disponível a um preço favorável.¹¹⁵ Em contraste, a França, que ficou desprovida da barrilha espanhola durante as guerras napoleônicas, havia iniciado a fabricação comercial em 1808 e, passada uma década, estava produzindo 10.000 a 15.000 toneladas da soda de Leblanc por

ano.¹¹⁶ Uma vez superada a resistência inicial, entretanto, a produção britânica de álcali sintético teve um aumento espetacular, passando das poucas centenas de toneladas de 1820 para quase 140.000 toneladas em 1852. (A produção francesa, nesta última data, talvez fosse de 45.000 toneladas.) Esse aumento foi acompanhado por uma queda acentuada no preço da soda; os cristais, por exemplo, passaram do pico de £59 por tonelada durante a guerra para £36. 10s às vésperas de Leblanc, e para £5. 10s em meados do século.

Em virtude da importância dos grandes volumes de matérias-primas na indústria química — eram necessárias dez a doze toneladas de ingredientes para fabricar uma tonelada de soda —, a indústria teve uma localização bem definida quase que desde o início. Os três centros principais eram a área de Glasgow e as margens do Mersey e do Tyne. O primeiro se orientava, originalmente, para a indústria têxtil local. Sua situação em termos de recursos não era tão sólida quanto a dos outros dois, e sua importância contínua foi um tributo à criatividade técnica e à energia comercial da firma de Tennant. Essa empresa construiu sua fortuna com base no pó branqueador e, a partir dele, ramificou-se para a fabricação de ácidos, álcalis, fertilizantes e produtos correlatos. No cômputo geral, foi a maior produtora química do mundo nas décadas de 1830 e 1840, e suas instalações gigantescas de St. Rollox, com sua altíssima chaminé de 455,5 pés para dispersar os vapores tóxicos muito acima da zona rural, compunham a maior fábrica química do mundo.

A região do Mersey era favorecida pela disponibilidade de carvão, de um lado, e de sal, do outro, além de uma rede de excelentes vias navegáveis e da proximidade do maior mercado têxtil do mundo. Seu principal produto era a soda cáustica, cuja acessibilidade promoveu a manufatura correlata de sabão: em 1835, a produção de sabão duro às margens do Mersey era de 47.750.000 libras, comparadas a 32.650.000 em Londres; a produção havia triplicado desde 1820, em contraste com um aumento de 75% na nação como um todo. A soda e o sulfato de sódio baratos também foram fatores integrantes do rápido crescimento da fabricação de vidros em Lancashire — embora menos importantes do que na indústria de sabão; enquanto, em 1832, as fábricas da área de Liverpool pagavam menos de 1/8 do imposto de consumo sobre o vidro, em 1870 essa região produzia, provavelmente, metade do vidro fabricado na Inglaterra.¹¹⁷

O maior centro de fabricação de produtos químicos era a bacia do Tyne, novamente uma área com fácil acesso ao transporte fluvial e abundante suprimento de carvão barato. O sal, por outro lado, tinha que atravessar a ilha, vindo de Cheshire, e o mercado local de produtos químicos era peque-

no, pois não havia nenhuma indústria têxtil na região e pouco se fabricavam sabão e vidro. Ainda assim, as empresas às margens do Tyne tinham ampla compensação em Londres e no exterior, especialmente no norte da Europa. Partindo de um começo tardio — a produção de álcalis e ácidos era desprezível em 1820 —, o nordeste passou a responder, em meados do século, por metade da indústria química, da força de trabalho e da produção de todo o reino.¹¹⁸

O incentivo dado a outros ramos industriais pela fabricação em massa de produtos da indústria química pesada deveu-se apenas em parte à oferta e ao preço dos produtos químicos em si. Por um lado, a disponibilidade de compostos relativamente puros possibilitou a adoção de novas matérias-primas que, de outro modo, não seriam passíveis de tratamento. Assim, o desenvolvimento de soda cáustica mais pura viabilizou a utilização de óleo de coco em vez de gordura animal na fabricação de sabão. A importância disso é evidente: a demanda de gorduras crescia ainda mais depressa do que a população, e as fontes tradicionais de suprimento eram relativamente inelásticas; em meados do século, os óleos vegetais estavam sendo usados na alimentação, nas velas e nos lubrificantes, bem como no sabão.

Por outro lado, a fabricação de compostos sintéticos deu origem a imensas quantidades de resíduos, que, por uma espécie de paradoxo que não é incomum na tecnologia, foram um poderoso estímulo à inovação. Havia o atrativo positivo do lucro — o resíduo tornado útil tinha valor — e o estímulo negativo da despesa: os resíduos inexplorados tinham que ser jogados fora. Havia duas toneladas de “entulho” para cada tonelada de soda fabricada, e a terra para despejá-las custava uma pequena fortuna. Além disso, grande parte dos resíduos era nociva e fez com que se abatessem sobre os empresários químicos uma chuva de processos judiciais, a atenção do Parlamento e, eventualmente, inspeções e controles oficiais.

Seria impossível, aqui, acompanhar em detalhe as várias soluções dadas a esse problema, ou a interação dessas novas técnicas consigo mesmas e com processos externos, de modo a abrir novas possibilidades de crescimento. A história dos produtos químicos, nos primeiros 2/3 do século XIX, consiste, em grande parte, nesse esforço de utilizar todos os materiais, um esforço que proveio principalmente da fabricação da soda, mas que em alguns casos originou-se em outros lugares, como na produção de cloro para o alvejamento, por exemplo. Cada operação executada levava a outras, e o tamanho das unidades de produção foi crescendo com a proliferação dos produtos. Todavia, essa não era uma indústria que empregasse grande número de homens; como na metalurgia, os equipamentos e mate-

riais eram os fatores mais importantes da produção. Em 1851, o censo industrial indicou 9.172 operários adultos na indústria química, em contraste com 292.340 nos cotonifícios, 152.205 nos lanifícios e fábricas de estame e cerca de 390.000 nas indústrias de construção.¹¹⁹ A importância dos produtos químicos, entretanto, era claramente desproporcional a seu número de empregados, ou até a seu investimento de capital.

Um dos aspectos dessa indústria merece uma observação especial. Mais do que em qualquer outra, o desenvolvimento derivou da pesquisa científica. Isso não equivale a dizer que a pesquisa em si fosse sempre conduzida dentro de uma correta orientação teórica — havia um bocado de ensaio e erro empíricos nos laboratórios desse período — ou que a indústria se valesse tanto do conhecimento científico ou dos cientistas como poderia fazer. Ao contrário, muitos dos avanços foram obra de “químicos” autodidatas, e as empresas mais bem-sucedidas caracterizavam-se menos pelas inovações no processo químico do que pela organização eficaz dos fatores de produção dentro da estrutura científica e tecnológica vigente. Persiste, no entanto, o fato de que o laboratório era indispensável, pelo menos para a invenção de novos métodos, ao passo que, para todos os efeitos, era desconhecido em outros campos. Nesse aspecto, a pesquisa realmente importante da química teórica e aplicada estava sendo feita no exterior, onde a formação dos químicos já era mais sistemática e completa do que na Grã-Bretanha. Momentaneamente, contudo, a abundância de matérias-primas baratas e as economias de escala deram à Inglaterra uma tremenda vantagem competitiva: as exportações de soda, por exemplo, saltaram de 75.704 quintais métricos em 1840, avaliados em £44.575, para 2.049.582 quintais métricos em 1860, no valor de quase £1.000.000.¹²⁰ Só no último quarto do século é que as novas técnicas da indústria de produtos químicos leves e pesados ameaçaram essa hegemonia.

As máquinas e as novas técnicas, sozinhas, não constituem a Revolução Industrial. Elas representaram aumentos de produtividade e um deslocamento da importância relativa dos fatores de produção da mão-de-obra para o capital. Mas o que queremos dizer com revolução é uma transformação, tanto da organização quanto dos meios de produção. Em particular, referimo-nos à congregação de grandes corpos de trabalhadores num único lugar, para ali executarem suas tarefas sob supervisão e com disciplina; referimos, em suma, ao que se tornou conhecido como sistema fabril.

Com respeito a isso, duas questões importantes exigem consideração. A primeira é a relação entre a oferta de mão-de-obra e a extensão do novo

modo de produção; a segunda, o lugar do sistema fabril no padrão global da transformação econômica.

A primeira — o recrutamento de uma força de trabalho fabril — tem sido objeto de muitos debates. Os fatos estão razoavelmente claros. Em 1830, havia centenas de milhares de homens, mulheres e crianças empregados na indústria fabril.¹²¹ Eles haviam ingressado nas fábricas a despeito de um intenso medo do desconhecido, de uma aversão à supervisão e à disciplina e do ressentimento diante das exigências incessantes das máquinas. As regras das primeiras fábricas são nossa melhor indicação da importância dessas questões: as multas mais pesadas ficavam reservadas às faltas (o pecado capital, que muitas vezes custava o pagamento de vários dias), aos atrasos e à distração no trabalho.

A interpretação desses fatos, mais uma vez, é outra história. Durante muito tempo, a visão mais aceita foi a proposta por Marx e repetida e aprimorada por gerações de historiadores socialistas e até não-socialistas. Essa visão explica a imensa mudança social — a criação de um proletariado industrial em face de uma resistência tenaz — pela postulação de um ato de expropriação forçada: as demarcações de terras desarraigaram os produtores domésticos e os pequenos agricultores e os empurraram para as fábricas. Pesquisas empíricas recentes invalidaram essa hipótese; os dados indicam que a revolução agrícola associada às demarcações [*enclosures*] aumentou a demanda de trabalhadores agrícolas. Na verdade, as áreas rurais que mais tiveram demarcações foram as que assistiram ao maior aumento da população residente.¹²² De 1750 a 1830, duplicou a população dos condados agrícolas da Inglaterra. É duvidoso, porém, que dados objetivos desse tipo sejam suficientes para eliminar o que se transformou numa espécie de artigo de fé.

Uma interpretação mais recente toma a posição oposta e afirma que, uma vez que as fábricas foram devidamente providas de empregados, racionando-se no longo prazo nunca houve problema de recrutamento; na linguagem enganosa do senso comum, não houve escassez de mão-de-obra.

Essa proposição não é passível de refutação. Portanto, não tem significação. Do ponto de vista retrospectivo, para qualquer nível dado de utilização dos recursos, o recurso em questão revela-se adequado a esse nível. Além disso, o economista desconhece a escassez; conhece apenas os preços relativos. A questão significativa é a influência da oferta de mão-de-obra sobre a escolha das técnicas e a taxa de investimento.¹²³

Aqui, infelizmente, nos vemos confrontados com a aparente contradição dessa relação. De um lado, como vimos, o custo elevado e ascendente

da mão-de-obra inglesa foi um incentivo à mecanização — e, portanto, ao crescimento — no século XVIII. Mesmo depois do período inicial de industrialização, a taxa de substituição dos homens pelas máquinas refletia flutuações nos salários ou nas demandas salariais; assim, os fabricantes têxteis introduziram os equipamentos automáticos de fiação e os teares mecânicos espasmodicamente, respondendo, em grande parte, a greves, possibilidades de greve e outras ameaças à autoridade administrativa. O famoso apologista do sistema fabril, Andrew Ure, escreveu um capítulo entusiástico sobre a capacidade da máquina de domar a mão-de-obra.¹²⁴ Em suma, os altos salários foram um estímulo à inovação e ao avanço tecnológico.

Por outro lado, até o que é bom pode ser demais. A indústria inglesa não poderia ter crescido muito se a mão-de-obra fabril fosse tão mais dispendiosa do que, digamos, o trabalho agrícola, ou tão mais cara do que a mão-de-obra de outros países, que já não compensasse o investimento na fabricação. Algo desse tipo aconteceu no fim do século XVIII, quando, ainda não sendo viável o tear mecânico e com os tecelões ingleses desfrutando da demanda sem precedentes que decorreu da introdução da fiação mecânica, começou a valer a pena despachar os fios ingleses para a Europa central, para que fossem tecidos ali por camponeses acostumados a um padrão de vida muito inferior ao dos britânicos.¹²⁵ Mais um exemplo disso é a dificuldade enfrentada por algumas fábricas interiores isoladas para conseguir trabalhadores por salários comercialmente viáveis, a ponto de serem obrigadas, vez por outra, a deixar ociosos os novos equipamentos.¹²⁶

Felizmente, a oferta de mão-de-obra aumentou muito na Inglaterra a partir de meados do século XVIII — quase tanto, na verdade, quanto a demanda. Em primeiro lugar, o rápido crescimento da população criou um excedente de mão-de-obra no interior, boa parte do qual achou o caminho dos novos centros urbanos do norte e da região central. Em segundo, embora a Inglaterra do século XVIII não se encaixe no modelo de sociedade pré-industrializada tal como descrito pelos economistas, com uma oferta ilimitada de mão-de-obra,¹²⁷ duas sociedades próximas se enquadravam nesse modelo e estavam em condições de mandar parte de sua população excedente para a Inglaterra — a Escócia e, mais ainda, a Irlanda. Por fim, embora menos importante, a mesma indústria têxtil rural que havia absorvido a mão-de-obra ociosa do interior da Inglaterra liberou um número crescente de trabalhadores, à medida que a mecanização da tecelagem avançou e que a força de trabalho irlandesa imigrante começou a competir pelo emprego. Os tecelões manuais foram para as fábricas — relutantemente, mas foram.

Mesmo assim, a tarefa teria sido incomensuravelmente mais difícil, se os requisitos tecnológicos da fabricação, especialmente nos primeiros anos da fiandeira de fusos e do filatório contínuo, não permitissem o emprego de elementos marginais — crianças, mulheres e vadios, quando necessário — e se as instituições sociais e políticas não permitissem em certa medida esse recrutamento, explícito ou disfarçado, especialmente de aprendizes. Com a chegada da fiadeira automática mecânica, entretanto, fez-se necessário um número crescente de homens adultos, e os empregadores foram obrigados a se voltar para o mercado de mão-de-obra ociosa. Dessa vez, a organização familiar do trabalho fabril facilitou a mudança: o empregador podia contratar pais e filhos juntos, o que não apenas aumentava o incentivo financeiro como também, mantendo os pais em seu papel tutelar, conciliava-os com maior facilidade com os aspectos indesejáveis do trabalho nas fábricas. Na época em que outros avanços tecnológicos — a introdução dos filatórios longos e do automático nas décadas de 1820 e 1830 — e as restrições ao emprego de crianças tornaram a modificar a composição da força de trabalho, uma nova geração já havia crescido, habituada à disciplina e à precisão das usinas.¹²⁸

Como conciliar as vantagens da mão-de-obra escassa e da mão-de-obra abundante na explicação do desenvolvimento econômico da Inglaterra? Ainda não é possível dar uma resposta definitiva; precisamos conhecer muito mais sobre os fatos antes de fazer generalizações. No momento, só se pode formular a hipótese provisória de que o padrão de custo dos fatores exigido para um avanço tecnológico é diferente do necessário para explorar as possibilidades desse avanço. A mão-de-obra escassa parece haver incentivado uma intensificação do capital na Inglaterra do século XVIII, ao passo que uma oferta mais abundante facilitou a ampliação nas décadas subsequentes.

Nossa segunda questão é o lugar da fábrica na economia como um todo. Houve época em que o surgimento do sistema fabril foi retratado como um cataclismo, que subverteu a antiga ordem e transformou a indústria britânica em uma geração. Decerto, foi essa a impressão dos contemporâneos. Empenhados numa polêmica feroz a respeito das conseqüências sociais da mudança tecnológica, estes inevitavelmente tomavam uma postura rígida nos debates e viam tudo em preto e branco. Alguns dos primeiros historiadores econômicos aceitaram essa visão, embora, em grande parte, por diferentes razões. Entre outras coisas, a tendência a ver o sistema fabril como a última de uma seqüência ascendente de etapas da organização industrial, iniciada com a oficina artesanal e passando pelo sistema de produção domi-

ciliar, implicou o caráter mutuamente excludente dessas formas e obscureceu as vantagens competitivas peculiares a cada um, que possibilitaram sua coexistência até os dias atuais. Somente neste século é que os estudiosos inverteram essa interpretação, enfatizando a continuidade em vez da mudança. O clássico de Clapham, *Economic History of Modern Britain*, é um monumento a esse novo ponto de vista; é, nas palavras de Herbert Heaton, "um estudo em câmera lenta".¹²⁹

A base econômica da sobrevivência dos modos de produção mais antigos é parcialmente encontrável dentro deles, e parcialmente nas demandas do sistema fabril e no crescimento geral concomitante ao seu desenvolvimento. Assim, a oficina artesanal e a fábrica possibilitaram o controle do processo de trabalho de cima para baixo (na oficina, o empregador é também, em geral, um trabalhador); embora a fábrica seja capaz de produzir mais bens a um custo mais barato, a oficina pode trabalhar de forma muito mais econômica com encomendas especiais. Assim, embora a produção fabril significasse o fim de muitas oficinas, ela significou também o começo de muitas mais. A construção e a manutenção de equipamentos, em particular, suscitaram uma enxurrada de pequenas empresas artesanais; de modo geral, a grande indústria considerou desejável, por razões pecuniárias racionais, subcontratar grande parte de seu trabalho.

O sistema de produção domiciliar é deficiente em dois aspectos: o artesão doméstico raramente tem habilidade bastante para fazer produtos acabados individuais da mais alta qualidade, e tampouco pode competir com a fábrica na produção em massa de artigos padronizados. Mas a capacidade de melhorar a produtividade da fabricação dispersa não deve ser subestimada. Assim é que a divisão do trabalho possibilitou níveis notáveis de produção em alguns ramos — os metalúrgicos, em particular — muito antes do surgimento da maquinaria. Além disso, embora a simplificação do processo de trabalho, implícita nessa especialização, seja um convite à mecanização, os dispositivos resultantes amiúde reforçam, a princípio, a posição do trabalhador domiciliar: as primeiras máquinas de punçar, cortar e estampar eram eminentemente adequadas à casa ou ao porão. Somente quando se atinge um estágio mais elevado de construção mecânica, com a construção de grandes equipamentos, é que a produção fabril leva a melhor.

Mesmo nos casos em que a especialização e a simplificação não podem ser levadas muito longe, como na produção têxtil, por exemplo, o trabalhador doméstico tem uma grande vantagem: é barato. De hábito, ele é capaz de extrair parte de seu sustento do solo, nem que seja de um pedacinho de terra cultivada; e sua afeição pela liberdade do trabalho feito em casa é

tamanha que o leva a aceitar remunerações que um ajudante de fábrica não toleraria. Para o fabricante, além disso, ele é dispensável; a imobilização de capital em instalações e equipamentos é mínima e, nas épocas difíceis, o trabalho pode ser interrompido sem o medo de prejuízos advindos de custos fixos pesados.¹³⁰

Por essas razões, o sistema de produção domiciliar revelou-se mais resistente do que se poderia esperar. Arrastou-se sem nenhum escrúpulo nos ramos em que a vantagem tecnológica dos equipamentos mecânicos ainda era pequena (como na tecelagem), ou em que o artesão doméstico era capaz de construir para si um equipamento mecânico rudimentar (como na fabricação de pregos e outros tipos de metalurgia leve). Muitas vezes, sobreviveu em simbiose com a fábrica; muitos fabricantes consideravam lucrativo instalar apenas a maquinaria que suprisse uma demanda normal, calculada de forma conservadora, confiando numa reserva de mão-de-obra dispersa para a produção extra em épocas de prosperidade.

Ao mesmo tempo, boa parte do terreno perdido pelas oficinas artesanais e pela produção doméstica nas indústrias recém-mecanizadas foi compensada em outros campos. De um lado, os aumentos de produtividade em algumas etapas da fabricação, com a conseqüente redução do preço e elevação da demanda do produto final, aumentaram as necessidades de mão-de-obra das outras etapas organizadas de forma tradicional. Assim, os ramos da confecção beneficiaram-se da transformação da fiação e da tecelagem; a produção de rendas e bordados, da disponibilidade de fios baratos. Por outro lado, alguns tipos de avanço tecnológico criaram indústrias artesanais e domésticas onde elas não existiam, ou as fizeram estender-se muito além de suas fronteiras tradicionais. A máquina de costura é um excelente exemplo: transformou mulheres comuns em costureiras e costureiras em modistas. Assim fazendo, apressou a transformação do que antes fora uma tarefa de todas as mulheres numa atividade profissional.

Em geral, toda a tendência da industrialização e da urbanização consistiu em especializar ainda mais a mão-de-obra e fragmentar a versatilidade da família. Toda uma gama de ocupações — a panificação, o abate e o corte, a manufatura de artigos tão diversos quanto velas, sabão e polidores — expandiu-se ou surgiu como uma resposta. Paralelamente, o crescimento da população e da renda real *per capita* — em decorrência dos aumentos de produtividade tanto na agricultura quanto na indústria — elevaram o consumo e ampliaram a parcela dedicada aos produtos manufaturados e aos serviços, com o conseqüente estímulo aos ofícios organizados de forma tradicional, bem como aos recém-mecanizados. A mera construção de casas

passou a exigir um exército de carpinteiros, pedreiros, bombeiros, pintores, vidraceiros, ladrilheiros e simples operários.

Tudo isso é claramente evidenciado pelas estatísticas ocupacionais. Apesar de todas as suas incorreções, o recenseamento inglês de 1851 mostra um país em que a agricultura e o trabalho doméstico eram, de longe, as ocupações mais importantes; em que a maior parte da força de trabalho estava empregada em indústrias do tipo antigo: ofícios de construção, alfaiataria, confecção de calçados e toda sorte de trabalhos não especializados. Mesmo na indústria de algodão, que tinha nas fábricas mais de 3/5 de sua força de trabalho (mais de meio milhão de empregados de um total de quase 16 milhões),¹³¹ quase 2/3 das unidades de produção lucrativas empregavam menos de cinquenta homens;¹³² o cotonifício médio da Inglaterra empregava menos de duzentos, e dezenas de milhares de teares manuais ainda estavam funcionando em chalés rurais.

Assim como seria errôneo imaginar o sistema fabril como uma torrente irresistível, também nos estaríamos iludindo se o vissemos como um desgaste suave da ordem tradicional. Em primeiro lugar, havia a tendência: no período entre 1834, quando os inspetores das fábricas apresentaram seus primeiros relatórios, e meados do século, o número de operários dos cotonifícios da Inglaterra elevou-se de 220.825 para 330.924, a despeito dos aumentos substanciais de produtividade. Nas outras indústrias — couro, papel, ramos metalúrgicos — o emprego nas fábricas crescia ainda mais depressa: elas estavam onde estivera o algodão duas gerações antes. Além disso, a velocidade da passagem do velho para o novo estava aumentando *pari passu* com o ritmo da mudança tecnológica. Em particular, os aperfeiçoamentos da técnica de construção de máquinas equivaleram à rápida tradução de conceitos e dispositivos desenvolvidos numa dada indústria para operações análogas em outras; é curto o salto do corte de tecidos para o corte de couro ou de metal. Eles também significaram equipamentos maiores e mais rápidos, que exigiam fontes de energia e eram incompatíveis com a produção domiciliar.

Numa classe à parte, mas seguindo um rumo similar em direção à organização fabril, havia as indústrias em que o trabalho sempre fora separado de casa e em que a dispersão da mão-de-obra era impossível. O ferro, os produtos químicos, o trabalho nas prensas, a construção naval, todos se incluem nessa categoria. Muito antes do aparecimento dos cotonifícios, esses ramos industriais caracterizavam-se pelas grandes unidades de produção. Uma fornalha de ferro a carvão vegetal do início do século XVIII podia empregar oito ou dez homens, mais um total de até cem cavando o miné-

rio, cortando e carbonizando a madeira, transportando materiais e servindo aos fundidores de um modo geral. Na mesma época, o arsenal naval de Chatham empregava mais de mil homens, todos cuidadosamente distribuídos e supervisionados, de modo que, “embora vejais o Lugar inteiro como que na mais extrema Pressa, não vedes nenhuma Confusão, cada Homem conhece seu Officio...”¹³³

Devem essas unidades ser designadas de fábricas? Do ponto de vista dos dois critérios cruciais — concentração da produção e manutenção da disciplina —, o termo é certamente adequado. Ao mesmo tempo, elas diferiam das tecelagens num importante aspecto. Estas constituíram, de fato, o protótipo da fábrica tal como a conhecemos, pois por mais minuciosamente supervisionado que fosse o trabalho nas forjas e estaleiros, o ritmo era dado pelos homens, e não pelas máquinas. Era mais espasmódico do que regular. Havia momentos que exigiam um surto de concentração e esforço: quando a fornalha era escoada ou o tonel esvaziado; quando se içava o mastro ou se lançava a quilha; quando os lingotes quentes eram movidos ou virados. E havia momentos de quietude, enquanto a mistura fervia ou os homens esperavam que a peça seguinte ficasse pronta. Em seus momentos mais soltos (sem considerar a questão da mobilidade), essas unidades de produção muito se assemelhavam à reunião de artesãos e ajudantes numa obra de construção, ou à equipe de construção de um canal ou de um projeto ferroviário.

Tais empresas se multiplicaram, e seu tamanho médio cresceu consideravelmente em decorrência da expansão industrial. Em 1849, Dowlais, provavelmente a maior usina de ferro do reino, empregava 7.000 homens para operar seus dezoito altos-fornos, seus fornos de puddagem, seus laminadores, as minas e o resto.¹³⁴ Contudo, a diferença das fundições e forjas do século XVIII era mais de grau do que de qualidade, e o impacto social desse desenvolvimento não foi tão grande quanto o da ascensão de um proletariado disciplinado nas fábricas têxteis.

Por outro lado, o aperfeiçoamento da tecnologia empurrou as indústrias cujo ritmo era dado pelo homem para a precisão e a regularidade típicas da fiação e da tecelagem. Na siderurgia, o laminador, o martelo-pilão a vapor e outros equipamentos mais eficazes de manuseio levaram, todos eles, nessa direção; e, em todos os ramos metalúrgicos, o desenvolvimento de ferramentas mecânicas com finalidades especiais e de peças de maior precisão foi um presságio das linhas de montagem do século XX.

Em segundo lugar, a contribuição da indústria fabril para a economia foi desproporcional à sua participação na produção total. A fábrica promo-

veu uma taxa de investimento — e portanto, de crescimento — mais alta que outras formas de produção. Em parte, isso era uma simples consequência da intensidade do fator capital: o homem que vivia da máquina tinha mais probabilidade de se interessar por aperfeiçoamentos mecânicos e de economizar para tê-los do que o comerciante que dependia da mão-de-obra domiciliar barata.¹³⁵ Mais ainda, isso refletiu a orientação tecnológica implícita na produção concentrada. Em contraste com o sistema de produção domiciliar, em que o empresário era primordialmente um vendedor, um mercador de artigos produzidos por terceiros, através de métodos que não atentavam para as necessidades e oportunidades do mercado, a fábrica colocou a ênfase na feitura: o dono da fábrica era, antes de mais nada, um homem de produção, capaz, dentro de limites bastante amplos, de alterar as técnicas e as condições de trabalho a seu critério. Como resultado, a técnica tornou-se mais receptiva do que nunca à oportunidade econômica. As pressões favoráveis à mudança, já inerentes à nova tecnologia — com seu cálculo de eficiência, sua sistematização da investigação empírica, seus laços implícitos e crescentes com um corpo cada vez maior de teorias científicas —, foram assim enormemente reforçadas. A fábrica foi uma nova ponte entre a invenção e a inovação.

Em suma, não se deve confundir aparência e realidade. Os registros censitários e outros números encontráveis entre as capas de empoeirados textos parlamentares são, para o historiador econômico, sua borboleta sob o vidro ou seu sapo no formol — sem a virtude da inteireza para compensar a falta de vida. Tal como descrita pelos dados ocupacionais, a economia britânica de 1851 talvez não pareça muito diferente da de 1800. Mas esses números apenas descrevem a superfície da sociedade — e, mesmo assim, em termos que descartam a mudança pelo uso de categorias de nomenclatura imutáveis. Abaixo dessa superfície, os órgãos vitais haviam-se transformado; e, embora pesassem apenas uma fração do total — quer fossem medidos pelas pessoas ou pela riqueza —, foram eles que determinaram o metabolismo do sistema inteiro. Vimos que, na medida em que as empresas de pequena escala continuaram a florescer, elas o fizeram, basicamente, por causa da demanda decorrente do crescimento da fabricação concentrada; da demanda dos próprios grandes produtores, de seus empregados e das aglomerações urbanas que cresceram ao redor deles. Mas nem só a pequena indústria foi assim vinculada ao setor moderno. A agricultura, o comércio, os bancos, todos passaram a depender cada vez mais das necessidades, dos produtos, das letras de câmbio e dos investimentos de Lancashire, das Midlands e dos outros núcleos da indústria fabril inglesa. As pessoas da época

não se deixavam enganar pela aparência primitiva de grande parte da paisagem britânica. Elas sabiam que tinham passado por uma revolução.

Tratou-se, além disso, de uma revolução que não se assemelhou a nada que já tivesse sido experimentado. As transformações anteriores, políticas ou econômicas, sempre haviam acabado por se estabilizar numa nova posição de equilíbrio. Agora, eles estavam claramente continuando, e prometendo prosseguir indefinidamente. Muitos ingleses teriam detido seu curso, ou até provocado um recuo. Por boas ou más razões, estavam aflitos, incomodados ou ultrajados com suas consequências. Choravam a perda de uma Inglaterra risonha que nunca havia existido; deploravam a fuligem e a feiúra das novas cidades fabris; lastimavam o crescente poder político de crassos *parvenus*; bradavam contra a pobreza precária de um proletariado desarraigado. Este não é o lugar para avaliar tais juízos, que continuam controversos até os dias atuais. Mas vale notar que esses pessimistas, por mais vociferantes que fossem, eram uma pequena minoria daquela parte da sociedade britânica que expressava alguma opinião sobre o assunto. As classes média e alta estavam convencidas — pelas maravilhosas invenções da ciência e da tecnologia, pela massa e variedade crescentes dos bens materiais, pela velocidade de locomoção cada vez maior e pelo conforto das atividades cotidianas — de que estavam vivendo no melhor dos mundos possíveis, e mais, num mundo que estava melhorando. Para esses ingleses, a ciência era a nova Revelação; e a Revolução Industrial foi a prova e a justificativa da religião do progresso.

Os “pobres” e “trabalhadores”, especialmente os grupos marginalizados ou oprimidos pela indústria mecanizada, pouco diziam, mas tinham, sem dúvida, outra opinião.