

UMA ANÁLISE CRÍTICA DA FUNÇÃO DE PRODUÇÃO NEOCLÁSSICA

O Processo de Produção na Indústria e na Agricultura

Pichado

NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN
Universidade de Vanderbilt

Paradoxalmente, a satisfação dos economistas com a linguagem meramente simbólica nunca foi tão patente como no caso da função de produção. Em contraste, tal linguagem foi freqüentemente contestada no caso da função-utilidade e a existência desta função já foi excessiva e minuciosamente discutida. Provavelmente, esta assimetria não existe sem razão. Os economistas matemáticos dirigiram seus maiores esforços no sentido de defender a função-utilidade, na medida que passaram a sofrer críticas contundentes daqueles que se opunham ao uso do instrumental matemático na Economia, sob alegação de que o comportamento humano não pode ser analisado através de leis matematicamente rígidas. Conquanto seja discutível a validade desta explicação, o fato é que o conceito de função de produção tem sido tratado de uma forma bastante insatisfatória.

Usualmente, a representação da função de produção compreende nada mais que uma repetição do conceito bastante vago de Wicksteed: "Sendo o produto uma função dos fatores de produção, temos $P = f(a, b, c, \dots)$ ".¹ A situação

agravou-se com a utilização generalizada dos termos *output* e *input*, também um pouco inexpressivos.

O propósito deste artigo é, primeiramente, fazer um exame do problema de modo a alcançar uma representação analítica mais adequada de um processo de produção e, numa segunda etapa, colocar em destaque a diferença essencial entre um processo de produção desenvolvido na agricultura e outro na indústria.

I — *Uma Contradição Insuspeita*

1. Examinando detidamente a literatura econômica, verifica-se que alguns autores avançam um pouco mais que Wicksteed e incluem na definição da função de produção alguma informação adicional sobre os vários símbolos constantes da formulação neoclássica. Estas novas definições agrupam-se em dois blocos principais. O primeiro, a que nos referiremos como sendo do tipo *Boulding* é, certamente, o mais usual: "a função transformativa básica de uma empresa é sua *função de produção*, que mostra quais quantidades de *inputs*, ou

1. Philip H. Wicksteed, *The Co-ordination of the Laws of Distribution* (Reimpresso como o n. 12 dos *Scarce Tracts in Economics and Political Science*, London School of Economics and Political Science, London, 1894, pág. 4. O tratamento pouco cuidadoso é característico da

maioria dos manuais publicados recentemente. Por exemplo, A. W. Stonier and D. C. Hague, *A Textbook of Economics*, Longmans, London, 2.^a ed., 1958, pág. 119; R. H. Leftwich, *The Price System and Resource Allocation*, Holt, New York, edição revista, 1960, pág. 108.

fatôres de produção, podem ser transformadas em quais quantidades de *output*, ou produto”²

De acôrdo com esta definição, a função de produção é

$$Q = F (X, Y, Z, \dots) \quad (1)$$

onde a cada letra está associada uma *quantidade*.

O segundo grupo compreende a definição do tipo utilizado por Stigler: “Uma função de produção pode ser definida como a relação entre *inputs* de serviços produtivos *por unidade de tempo* e *outputs* de produtos *por unidade de tempo*”³ (grifo nosso).

A função de produção correspondente é

$$q = f (x, y, z, \dots) \quad (2)$$

onde cada letra representa um *fluxo* por unidade de tempo.

Da literatura econômica, onde frequentemente as duas definições são usadas alternativamente dentro de um mesmo trabalho,⁴ pode-se deduzir que

2. K. E. Boulding, *Economic Analysis*, Harper, New York, 3.^a ed., 1955, pág. 585. Veja-se também A. L. Bowley, *The Mathematical Groundwork of Economics*, Clarendon, Oxford, 1924, pág. 28 e seguintes; J. R. Hicks, *The Theory of Wages*, Macmillan, London, 1932, pág. 237; E. Schneider, *Theorie der Produktion*, Springer, Viena, 1934, pág. 1; A. C. Pigou, *The Economics of Stationary States*, Macmillan, London, 1935, pág. 142; Paul A. Samuelson, *Foundations of Economic Analysis*, Cambridge, Mass., 1948, págs. 57-8; Ragnar Frisch, *Theory of Production*, McNally, Chicago, 1965, pág. 41.

3. George J. Stigler, *The Theory of Price*, Macmillan, New York, 1949, pág. 109. Veja-se também T. C. Koopmans “Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities”, *Activity Analysis of Production and Allocation*, ed. por T. C. Koopmans, John Wiley, New York, 1951, pág. 35.

4. Esta prática, deve-se ressaltar, não é apenas dos principiantes: mesmo Ragnar

há um acôrdo tácito entre todos os economistas considerando as definições como completamente equivalentes. A dificuldade que encontrei em duas recentes convenções internacionais em convencer do contrário alguns colegas econometristas, é uma boa medida do quão profundamente enraizada se encontra a crença nesta equivalência.

O problema, entretanto, é bastante simples. Seja um intervalo de tempo qualquer, t , durante o qual a unidade de produção se encontra em operação. Como o processo padrão, que se presuppõe que as funções de produção acima estejam a representar, é o de um fluxo de produção constante por unidade de tempo, as quantidades do produto e fatores são $Q = tq$, $X = tx$, $Y = ty$, ..., respectivamente. Se (1) e (2) descrevem o mesmo processo, devemos ter:

$$tf (x, y, z, \dots) \cong F (tx, ty, tz, \dots) \quad (3)$$

para *todos* os valores não negativos de t , x , y , ... Esta relação, entretanto, define uma função de produção homogênea de primeiro grau. Na verdade, fazendo $t = 1$, podemos obter outra identidade: $f (x, y, z, \dots) \cong F (x, y, z, \dots)$. O resto deriva imediatamente de (3).

Fica demonstrado então que, se ambas as definições são aplicáveis, então $f \cong F$ é uma função homogênea de primeiro grau. Isto levanta uma nova questão: no caso de a função de produção de uma unidade produtiva não ser homogênea e linear, qual das duas formas é a correta representação analítica do processo produtivo?

Frisch usa na mesma página (op. cit., pág. 43) ambas as maneiras de descrever um processo produtivo.

2. Antes de tentar responder a esta questão, parece apropriado completar a análise precedente examinando também o caso de um processo em que os fluxos

por unidade de tempo variam com este, ao invés de permanecerem constantes.

As quantidades:

$$Q(t) = \int_0^t f(t)dt, \quad X(t) = \int_0^t x(t)dt, \quad Y(t) = \int_0^t y(t), \quad \dots (4)$$

dependem das funções $x(t)$, $y(t)$, ..., escolhidas. Ao invés de (3), temos

$$\int_0^t f(\dot{X}, \dot{Y}, \dots) dt = F(X, Y, \dots) \quad (5)$$

onde o ponto indica a derivada com relação ao tempo. Esta relação deve valer para qualquer $t \geq 0$ e qualquer $X, Y, \dots \geq 0$. Dela, podemos obter

$$f(\dot{X}, \dot{Y}, \dots) - \sum \dot{X} \frac{\delta F}{\delta X} = 0 \dots (6)$$

Se Y, Z, \dots são fixados e apenas X varia, esta relação representa uma equa-

ção diferencial em X . Mas desde que X é uma função arbitrária, o termo da direita não deve conter nem X nem \dot{X} .

Da primeira condição, segue-se que tôdas as derivadas parciais de F devem ser independentes de X e, por simetria, também de Y, Z, \dots Então, (6) nos fornece

$$f(x, y, z) = ax + by + \dots + kw \quad (7)$$

e (5) resulta em

$$F(X, Y, Z, \dots) = aX + bY + \dots + kW \quad (8)$$

Portanto, no caso de um processo "dinâmico", as duas definições tomadas em conjunto restringem a função a uma forma que é definitivamente inaceitável.

3. O fato de que a incompatibilidade das duas definições tenha escapado à percepção dos estudiosos do assunto, pode ser devido a alguma confusão entre as funções de produção e de custo. Na função de custos, de fato não importa se consideramos o custo num certo período de tempo e, portanto, focalizamos a nossa atenção sobre quantidades; ou se consideramos o custo por unidade de tempo em termos de fluxos. A função

normal de custos é, em ambos os casos, linear e homogênea, tal como (7) e (8). Todavia, mesmo a explicação para esta confusão revela o pouco cuidado na análise do processo produtivo antes de se escrever uma fórmula para o mesmo. A este pouco cuidado, aliás, nos referimos no início desta seção.

II — Processo: Uma Noção Primária que necessita um Processo Analítico de Fronteira

1. "Processo" é uma palavra muito familiar e largamente usada. É, todavia,

muito difícil encontrar exemplo de um termo que seja tão negligenciado como este na medida que se deseje a sua explicação. Reconhecidamente, o conceito de processo é o mais enredado do pensamento científico e constitui um paradoxo o fato de o conceito de um processo parcial fazer surgir mais problemas analíticos que o conceito de universo no tempo. A simples idéia de um processo parcial implica necessariamente no seccionamento de um Todo inteiriço. Mas apenas esta partição se completa, novos aspectos fazem-nos lembrar o velho ditado de Anaxágoras: “Coisas que estão no mundo, não são divididas nem separadas umas das outras por um machado” A análise, implica entretanto, na hipótese heróica de um corte do Todo, desprezando-se totalmente as imperfeições da representação da realidade resultante.

O elemento fundamental na representação analítica de um processo parcial é, portanto, a fronteira que o identifica e o separa do restante do Todo. E, deve-se enfatizar que *sem esta fronteira não há processo parcial.*

2. Tolavia, como o Todo do qual desejamos cortar uma fatia — o processo parcial — é inteiriço, não existem linhas previamente traçadas que possam orientar-nos. Para o economista, nada pode ilustrar este aspecto de modo mais convincente do que a ainda irresoluta controvérsia relativa ao ponto em que se encontra a fronteira do processo econômico em conjunto. Esta dificuldade não é conseqüência, como se poderia acreditar, da complexidade do mundo econômico em si mesmo. Não há uma fronteira natural, ou entre a Física e a Química, ou entre a Química e a Biologia. Tal controvérsia está presente em toda a parte.

Para um exemplo econômico muito simples, vamos tomar o caso de um

caminhão carregado de madeiras, vindo, numa rodovia, de uma serraria para uma fábrica de móveis. Há algum critério objetivo para decidir se o caminhão em trânsito é parte do processo de produção da serraria ou do processo da fábrica de móveis? Talvez se pudesse responder que isso depende da empresa à qual o caminhão pertence e este, na verdade, é o procedimento adotado pelos contadores ou pelos analistas de custo. Entretanto, dificilmente a análise econômica poderia aceitar um critério que é inútil no caso de a serraria e a fábrica pertencerem ao mesmo empresário. E seria muito danoso restringir a análise econômica a processos delimitados pelas fronteiras financeiras das empresas.

3. Justamente porque a realidade é um todo inteiriço, pode-se, em princípio, estabelecer a fronteira de um processo onde quer que se deseje. Mas uma fronteira escolhida por mero capricho não determina um processo relevante para análise pois uma parte arbitrária da realidade não corresponde à nossa concepção de processo. Por outro lado, é difícil dizer que espécie de fronteira determina o processo. Na verdade, cada ciência específica determina as fronteiras dos processos de modo a satisfazer melhor suas finalidades. Portanto, sem um íntimo conhecimento da particular finalidade de cada ciência, não se pode determinar uma fronteira relevante do ponto de vista da Física termo-nuclear, por exemplo. Em outras palavras, qualquer processo analítico pressupõe uma finalidade e, portanto, é essencialmente uma noção primária, que pode ser esclarecida pela discussão, mas nunca reduzida a outras noções.⁵

5. Para uma discussão mais detalhada do assunto precedente e de outros assuntos relacionados, veja-se Nicholas Georgescu-Roegen, *Analytical Economics: Issues and Problems*, Harvard University Press, 1966, págs. 17-46.

Quase todos os importantes problemas em ciências sociais ilustram estas questões de maneira notável. Assim, voltemos à Economia. O propósito da Economia, segundo a definição de Say, é estudar a produção, a distribuição e o consumo de riquezas. Nada mais natural, portanto, que todos os processos parciais em Economia devam ser delimitados em estrita relação com riquezas, isto é, bens econômicos. A definição analítica de indústria reporta-se à noção de bens econômicos, e um processo de mercado é também definido de maneira semelhante. Ainda mais esclarecedor é o fato de que o economista não está interessado, por exemplo, em separar o processo de fabricação de vidro plano no ponto em que o vidro derretido é colocado nas máquinas de laminação. Isto porque, ao nível da tecnologia prevalente, o vidro derretido não é um bem econômico por si mesmo. Daí decorre o princípio, citado de vez em quando, de que o que acontece dentro do processo produtivo é competência do engenheiro e não do economista. Seguido estritamente, entretanto, este princípio transforma-se num entrave. De fato, sem um entendimento perfeito das articulações internas de um processo produtivo é difícil chegar a um quadro analítico deste processo que seja adequado à tarefa do economista.

III — O Processo e suas Coordenadas Analíticas

1. Na literatura econômica encontramos dois modos inteiramente distintos de representar um processo produtivo. No primeiro, podemos reconhecer facilmente a idéia subjacente à definição de Stigler, que vimos na seção I.1., ou seja, um processo é representado por um conjunto contendo apenas *coordenadas de fluxo*. A popularidade deste modo

de representar o processo produtivo de uma indústria foi difundida através do “sistema estático” de Leontief. Todavia, devemos a Koopmans sua formalização geral: um processo P é representado por um vetor:

$$P (a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (9)$$

onde cada a_1 indica o “fluxo por unidade de tempo de cada um dos bens envolvidos” no processo, sendo os valores negativos correspondentes a *inputs* e os positivos a *outputs*.⁶ O segundo modelo foi explicitamente formulado pela primeira vez por John von Neumann.⁷ Neste modelo, um processo P é representado por uma matriz de duas linhas

$$P \begin{bmatrix} B_1, B_2, \dots, B_n \\ A_1, A_2, \dots, A_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

onde os vetores (A) e (B) representam as quantidades de bens existentes no início e no fim do período durante o qual o processo se completa.

Não obstante, é estranho que o mesmo conceito deva ser representado por dois modelos que não são inteiramente equivalentes. Na verdade, (9) contém apenas dados do tipo importação-exportação, isto é, dados coletados por um observador preocupado apenas com o que cruza a fronteira do processo dentro de um certo período de tempo. Por outro lado, os dados em (10) são dados do tipo censitário: eles representam o que existe dentro da fronteira do processo em dois instantes de tempo. Claramente, cada modelo — como já observei

6. T. C. Koopmans, “Analysis of Production” (op. cit.), pág. 36.

7. John von Neumann, “A Model of General Economic Equilibrium” *Review of Economic Studies*, XIII (1945), pág. 2.

num artigo anterior⁸ — conta apenas uma metade de toda a estória. Assim, se $(A) = (B)$, não temos uma forma de saber se (10) representa um processo em andamento contínuo ou uma situação estática.

2. Para proceder de forma sistemática, devemos primeiramente observar que a fronteira do processo tem dois componentes distintos. O primeiro, situa o processo no tempo. Para permitir ao observador o conhecimento de tudo que ocorre dentro do processo ou o seu resultado final, é necessário que a fronteira no tempo seja finita. Um processo parcial deve, portanto, *começar* em $t = 0$ e *encerrar-se* em $t = T < +\infty$. Os termos sublinhados devem ser entendidos em seu sentido mais absoluto: do ponto de vista *analítico*, em $t < 0$ ou $t > T$, o processo simplesmente não existe. Em outras palavras, um processo parcial é apenas um elo entre uma *tabula rasa* e outra. O segundo componente da fronteira separa o conteúdo do processo em qualquer instante t , $0 \leq t \leq T$, dos demais, de forma que deva ser perfeitamente claro a qual processo cada “coisa” pertença em cada momento. Todavia, como é ilustrado pelo próprio processo de pensar, a natureza desta última fronteira não precisa ser espacial.

O segundo aspecto que devemos destacar é que, escolhida a fronteira, as coordenadas analíticas do processo podem incluir apenas os elementos que cruzam a fronteira: *inputs* para dentro do processo e *outputs* para fora do processo. Em suma, estas coordenadas analíticas são análogas aos dados de comércio internacional ou estatísticas

8. Nicholas Georgescu-Roegen, “Aggregate Linear Production Function and Its Applications to von Neumann’s Economic Model” in *Activity Analysis of Production and Allocation*, pág. 100 e segs.

demográficas. É perfeitamente lícito argüir que tais dados revelam pouco do que acontece *dentro* da fronteira. Considerado este aspecto, realmente se justifica o que se disse anteriormente com relação ao dito de Anaxágoras, todavia, se se insiste em que o quadro deve também incluir a estória que está por dentro dele, certamente se abandona a posição analítica pela dialética. Lembremos que, na análise, se não há fronteira não há processo. Para analisar o que acontece dentro de um processo, devemos dividi-lo em *outros* processos estabelecendo *novas* fronteiras. As coordenadas analíticas destes processos também não conterão nenhuma informação relativa ao que acontece dentro das novas fronteiras.

A proposta freqüentemente encontrada de incluir na descrição analítica de um processo os chamados “fluxos internos”, conduz a uma incongruência analítica que é melhor ilustrada pelas dificuldades de Marx em explicar os preços com a ajuda de seu diagrama de reprodução simples, no qual o capital constante do Departamento I representa esse tipo de fluxo.⁹ Os argumentos ressaltados acima justificam a posição de Leontief para o qual mesmo após a consolidação os elementos diagonais de u’a matriz de *input-output* devem ser zeros.¹⁰ Proceder de outra forma significaria incluir os fluxos internos num quadro com o qual eles são *analiticamente* incompatíveis.

3. Com a finalidade de evitar detalhes técnicos irrelevantes e notações

9. Veja-se citação posterior, nota 12.

10. Wassily W. Leontief, *The Structure of American Economy — 1919/1929*, Oxford, New York, 2.^a ed., 1951, págs. 15-6. Para uma posição diversa, veja-se R. Dorfman, P. A. Samuelson e R. M. Solow, *Linear Programming and Economic Analysis*, McGraw-Hill, New York, 1958, caps. 9 e 10.

muito extensas, vamos considerar um *relatório científico* sobre um processo de produção muito simples. Tomaremos o de cultivo de milho por um método que exige apenas uma pá para preparar o

1. espaço de terra
2. energia solar
3. elementos químicos do ar atmosférico
4. elementos químicos do solo

Vamos escolher a fronteira no tempo, de forma que o processo comece com a primeira utilização da pá e termine com o debulhamento da última espiga de milho. Seja este intervalo — ou o

terreno, sendo tôdas as demais operações feitas à mão. Uma relação completa dos elementos envolvidos no processo pode ser levantada facilmente:

5. trabalhadores
6. pás
7. milho
8. restólho, sabugos, etc.

tempo de produção, conforme designação de Marx¹¹ — expresso por (O, T) , com T medido em dias integrais.

O relatório pode, então, ter a forma que se segue:

<i>Categoria</i>	<i>“Inputs”</i>	<i>Tempo</i>	<i>“Outputs”</i>	<i>Tempo</i>
Espaço de terra	um acre	O	um acre	T
Energia solar		E(t)		
Químicos do ar atmosférico		C(t)		C ₁ (t)
Químicos do solo		S(t)		S ₁ (t)
Trabalhadores	um, descansado	0, 1, T — τ	um, cansado	$\tau, 1 + \tau, T$
Pás	uma, nova	0	uma, usada	t
Milho em grão	um saco	1	onze sacos	T
Restólho, etc.			X	T

As coordenadas de tempo mostram quer o instante em que uma entidade finita cruza a fronteira ou, no caso de uma troca “contínua”, o montante total de um “input” ou “output” até o instante t . A extensão do dia de trabalho é, por hipótese, constante e representada por τ .

Tal relatório, embora esteja completo, dificilmente pode servir aos propósitos do teórico de Economia, pois inclui muitos itens que não são bens econômicos propriamente ditos, e para os economistas somente estes bens são o que os átomos costumavam ser para os físicos. O caso da energia solar e dos

produtos químicos do ar é simples. O espaço de terra não somente fornece uma base espacial para o processo em questão, como também constitui-se por assim dizer, num recipiente para a energia solar e os componentes químicos da atmosfera. Dentro de uma região de clima homogêneo, o montante médio de energia solar e a troca de oxigênio ou dióxido de carbono entre a atmosfera e uma cultura agrícola é proporcional à área cultivada. Por outro lado, visto

11. Karl Marx, *Capital*, Kerr, Chicago, 1932, vol. II, pág. 272 e segs.

que, mesmo num período muito longo os dois elementos acima mencionados variam muito pouco em intensidade, eles podem ser considerados como sendo os atributos “originais e indestrutíveis” da terra. Portanto, a energia solar e os componentes químicos do ar atmosférico podem ser ajuntados com o espaço de terra dentro de um conceito único: “terra Ricardiana”

O problema do trabalhador cansado ou o da pá usada, entretanto, é muito mais complexo. Por definição, uma ferramenta usada é um *output* de algum processo produtivo. Todavia, em nenhum sentido podemos dizer que o propósito da produção econômica é produzir ferramentas usadas. Seria absurdo atribuir às mesmas um custo de produção; o desgaste é, ao contrário, parte deste custo. Além disso, com poucas exceções (automóveis usados e residências já utilizadas, por exemplo), os equipamentos usados não têm mercado *regular* e, daí, não têm preço no sentido em que o equipamento novo tem. O equipamento usado, portanto, não é propriamente um bem econômico mas nenhum relatório de um processo produtivo pode ser completo sem incluí-lo.

Na verdade, na prática podemos adotar uma das numerosas convenções usadas em cálculos de depreciação. Mas tal solução, além de envolver alguma arbitrariedade, é de uma lógica circular: ela pressupõe preços e taxas de juros como dados. A teoria econômica tem se esforçado em evitar completamente o nó górdio construindo seus fundamentos apenas sobre um processo em que *todos os equipamentos de capital sejam continuamente mantidos em sua eficiência original*. Esta idéia, que serve de base ao diagrama da reprodução simples concebido por Marx e também ao conceito neoclássico de processo es-

tático, não é tão distante da realidade como pode parecer em princípio. Devemos apenas olhar em torno e verificar que, durante a vida normal de quase todas as fábricas, todos os esforços são dirigidos no sentido de manter intata a sua eficiência.

Devemos notar, entretanto, que para transformar o processo que nos serve de exemplo num processo estático, deveríamos incluir nele também as atividades pelas quais a pá é afiada ou ocorre a substituição de seus rebites, sua lâmina ou seu cabo. Estas atividades requerem mão-de-obra adicional, *inputs* adicionais e, acima de tudo, ferramentas adicionais. E desde que a eficiência destas ferramentas deve ser, da mesma forma, mantida constante, caímos num esquema regressivo que somente se interromperá quando todo o setor de produção for incluído no processo em questão. Além disso, estritamente interpretado, o processo estático deveria prover também o sustento dos trabalhadores, isto é, ele deveria incluir também o setor de consumo. Para evitar o envolvimento de todo o processo econômico, devemos, sem medo de ser irrealistas, estabelecer a hipótese de que em todo processo produtivo parte do equipamento e todo o capital humano são mantidos por processos externos, cada um dos quais deve ser analisado separadamente.

4. Os elementos que participam de um processo ficam agora agrupados em duas categorias simples e distintas. A primeira inclui os elementos que aparecem no relatório científico apenas como *inputs* ou apenas como *outputs*. A segunda compreende os elementos que aparecem não só como *inputs* mas também como *outputs*, numa forma economicamente idêntica e na mesma

quantidade. Os elementos da primeira categoria são os *fluxos* enquanto que os da segunda são os *fundos*.

A determinação das coordenadas analíticas de um processo parcial estático, de acordo com o método acima delineado, é muito simples, exceto no caso particular de uma das categorias. No nosso exemplo esta categoria é representada pelo milho, que aparece tanto como *input* como *output*, sendo o *output* maior que o *input*. O caso apresenta uma dificuldade que não existe quer para a “terra Ricardiana”, para a força de trabalho ou para o equipamento. A solução, entretanto, é direta e, mais ainda, inequívoca: *um saco de milho é um fundo, enquanto que dez sacos de milho constituem um fluxo*.

Alguém poderia perguntar, contudo, porque num processo agrícola o fertilizante, por exemplo, deva ser tratado de forma diversa que outro *input* como a semente, se ambos passam por uma mudança qualitativa dentro do processo. O assunto facilmente se esclarece se nos referirmos a um exemplo mais preciso, ou seja, o de um processo em que um martelo é usado para moldar um martelo adicional. De acordo com todas as classificações já propostas em Economia, o primeiro martelo é classificado como *capital* (fixo, ou constante), *não como “output”* enquanto que o inverso vale para o segundo martelo. A identidade física entre os dois martelos não é razão que impeça a distinção de seus diferentes papéis no processo produtivo. Tampouco é a ausência de contínua identidade física da semente de milho uma razão para não a tratarmos como um fundo em nossa análise. Assim, a semente de soja num processo que visa produzir *sementes* de soja é um *fundo*,

mas noutro processo que vise produzir *farinha* de soja é um *fluxo*.

Do que já vimos até agora, segue-se também que o *output* bruto não é uma coordenada *analítica* de um processo parcial. Isto não implica, entretanto, que o *output* bruto seja carente de sentido. Afinal de contas, o fazendeiro do nosso exemplo traz para casa onze sacos de milho, ou seja, o *output* bruto. Como uma coordenada puramente descritiva de fatos não analisados, o *output* bruto não apresenta problemas. Entretanto, os fatos devem acabar sendo analisados e as categorias analíticas, uma vez estabelecidas, devem sempre manter-se separadas. Na verdade, o *output* bruto é a soma de duas categorias analíticas distintas: um fundo e um fluxo.¹²

5. Não há necessidade, hoje em dia, de insistir sobre a diferença analítica entre *estoque* e *fluxo*¹³. Mas um grau

12. Nada ilustra melhor a confusão resultante da negligência em conservar separadas as coordenadas de fundo e de fluxo, do que o conhecido problema da transformação de valores em preços na teoria econômica marxista. Tudo vem disto: no diagrama de reprodução simples de Marx não há distinção entre o martelo utilizado para confeccionar outro, ou seja, c_1 , e o martelo confeccionado, $v_1 + s_1$. O erro fica simplesmente óbvio na cacofonia utilizada por Paul M. Sweezy, *The Theory of Capitalist Development* (Oxford University Press, New York, 1942), pág. 76 e segs., para explicar esse diagrama. O valor total, diz ele, é obtido adicionando-se “o *capital* constante utilizado [na produção com] a *renda* do capitalista [o] a *renda* do trabalhador” (grifo meu).

13. A este respeito, aprendemos primeiramente de S. Newcomb, *Principles of Political Economy* (New York, 1886), e depois de Irving Fisher numa série de contribuições a partir de “O que é Capital?”, *Economic Journal*, VI (1896), págs. 509-534, até *The Nature of Capital and Income* (Macmillan, New York, 1919), cap. 4.

de incerteza ainda existe acêrca da diferença entre *estoque* e *fundo* e, especialmente, entre *fluxo* e *serviços*. Para lembrar, foi Walras quem incorporou na análise de produção a velha idéia de J. B. Say de que os serviços constituem um elemento necessário num processo produtivo. Mas enquanto Walras cuidadosamente distinguiu os fundos de capital de seus serviços, não percebeu a diferença entre êstes conceitos, de um lado, e os conceitos de estoque e fluxo, de outro. De certa forma, a lacuna se perpetuou em tudo o que se escreveu posteriormente. Para um exemplo muito convincente a respeito, escolhemos uma autoridade como Pigou: Num estado estacionário, os fatores de produção são estoques, não se alterando o seu montante, a partir dos quais emerge um fluxo contínuo de renda real, que também não se altera em volume.¹⁴ O quadro do problema torna-se ainda mais enredado na medida que, logo em seguida, aprendemos, primeiramente, que os serviços dos fatores “tornam-se incorporados em outros bens” e, depois, que “o que é diretamente demandado é o fluxo de [tais] serviços”.¹⁵ É claro que a raiz desta confusão é o uso impróprio do termo “fluxo”. Na medida que se atribui a êste termo a idéia de uma *substância material que atravessa a parte física de uma fronteira do processo*, é completamente fora de propósito aplicá-lo também a serviços. A armadilha inevitável é que, como o fluxo pode ser acumulado, passamos a falar de

14. Pigou, op. cit., pág. 19. Veja-se também Léon Walras, *Elements of Pure Economics*, tradução de W. Jaffé [para o inglês], (Allen and Unwin, London, 1954), Lição 17, especialmente o § 169.

15. Pigou, op. cit., págs. 20, 117.

serviços como sendo “incorporados no produto”. O fato de que, sob certas circunstâncias, o *valor* dos serviços seja “incorporado” no *valor* do produto, não pode alterar o lado *físico* do processo: apenas os elementos que fluem no processo podem ser *fisicamente* incorporados no produto resultante.

6. A necessidade de incluir tanto coordenadas de fluxo como de fundo na representação analítica de um processo parcial deve ficar óbvia: o *fundo* é uma coordenada que representa a base material preexistente do processo, enquanto que o *fluxo* descreve a mudança (transformação) alcançada com a ajuda desta base. Uma estrutura baseada tanto no Ser como no Tornar-se deve, necessariamente, incluir uma categoria analítica para cada caso, com os elementos de fundo para representar os *agentes inalteráveis* e os elementos de fluxo para representar *o objeto alterado pelos agentes*.

Baseia-se em pressupostos relativos à distribuição do valor o argumento familiar de que haverá dupla contagem se tanto o fluxo de manutenção do capital como os serviços dêste último forem incluídos no quadro analítico de um processo parcial. Sòmente Marx esforçou-se em justificar o princípio de que mesmo no caso do trabalho os fluxos de manutenção correspondem a serviços. Embora cuidadosamente, êle tenha evitado o termo “serviço”, usando em seu lugar expressões tais como “o trabalho executado por u’a máquina” ou “a atividade vital do trabalhador”¹⁶, não há dúvida de que êle viu o trabalhador como um fundo, no nosso próprio sen-

16. Cf. *Capital*, I, pág. 539, ou o ensaio de Marx “Wage Labor and Capital”, reproduzido em K. Marx e F. Engels, *Selected Work* (Moscou, 1958), I, pág. 82.

tido¹⁷. Marx começa por admitir que a potência de trabalho é “o agregado de capacidades mentais e físicas existentes num ser humano, as quais são exercidas quando êle produz um valor-de-uso de qualquer natureza”¹⁸

No final, entretanto, Marx reduz a participação do trabalhador num processo produtivo a “uma quantidade definida de músculos, nervos, cérebro, etc., [que] é despendida” durante o trabalho¹⁹. Com esta viravolta, Marx instituiu o hábito de ignorar o fato incontroverso de que qualquer processo produtivo requer a participação de todo o fundo de músculos, nervos, cérebro, etc., do trabalhador. Isto porque a natureza é construída de tal forma que nenhum professor, por exemplo, pode cumprir seus deveres enviando à aula apenas aquela parte de sua energia muscular ou intelectual que ordinariamente êle despende durante a aula. É, com certeza, absurdo pensar que alguém possa cruzar um rio sôbre o fluxo de manutenção de uma ponte. Uma ponte não existente não pode prestar serviços e tampouco requer manutenção.

IV — O processo elementar

1. Para servir aos propósitos específicos da Economia, um processo produtivo deve ser relacionado com a produção de um bem, o *produto* do processo. Assim, quer êste produto seja cadeiras, milho ou gasolina, o processo efetivado pode ser analisado em processos *elementares*, sendo um processo elementar definido como o processo pelo qual uma cadeira ou uma quantidade de gasolina é obtida de algum material inicialmente dado. Em outras palavras, um processo elementar é caracterizado pelo fato de que o produto fica inteiramente pronto num único instante de tempo, o final do processo. A produção de uma cadeira por um marceneiro, a confecção de um bôlo por uma dona de casa ou a construção da ponte “Golden Gate” são exemplos concretos de tal processo. Na realidade, mesmo um processo produtivo “contínuo” nada mais é que uma seqüência de processos elementares.

Do que foi dito na seção precedente, segue-se que um processo elementar pode ser descrito pelas seguintes categorias latas, de coordenadas:

Coordenadas de Fluxo

“Inputs”:	Da natureza		R(t)
	De outros processos:	(a) <i>inputs</i> correntes	I(t)
		(b) manutenção	M(t)
“Outputs”:	Produto		O(t)
	Refugo		W(t)

Coordenadas de Fundo

Terra “Ricardiana”	l(t)
Capital	k(t)
Trabalho	h(t)

17. *Capital*, I, pág. 189 e segs. e, especialmente, pág. 622. Mas a formulação menos controversa é de Engels, *Marx's Capital, Selected Works*, I, pág. 464: “A potência do trabalho existe na forma do trabalhador vivo,

o qual requer um montante definido de meios de subsistência para sua sobrevivência e também para a manutenção de sua família”.

18. *Capital*, I, pág. 186.

19. *Ibid.*, I, pág. 190.

Nesta classificação, os “*inputs*” *correntes* são aqueles que constituem o objeto da transformação material efetuada pelo processo: o carvão transformado em energia elétrica, ou a madeira, os pregos e a tinta transformados numa cadeira. Com relação às funções que representam as coordenadas, as convenções que se seguem serão obedecidas e se explicam por si mesmas: 1) qualquer coordenada de fluxo $A(t)$ mostra o montante de fluxo *durante o intervalo* $(0, t)$, com o sinal de $A(t)$ sendo positivo ou negativo conforme $A(t)$ represente um *output* ou um *input*; 2) no caso de um fundo, $b(t)$ mostra o montante que participa do processo *no instante* t^{20} . Durante o período $(0, T)$ em que se desenrola a produção, a configuração mais provável das várias coordenadas é mostrada na Fig. 1 [no final deste artigo].

No quadro que acabamos de completar, há algumas simetrias e assimetrias que devem ser bem entendidas. Uma coordenada representativa de um fundo mede a *intensidade instantânea* dos serviços fornecidos pelo fundo, assim como a derivada $a(t)$ da coordenada de fluxo $A(t)$ — quando existe — mede a intensidade instantânea do fluxo. De forma similar, podemos descrever a participação de um fundo pelo montante de

$$Q_0^T(t) = \mathcal{F} [R_0^T(t), I_0^T(t), M_0^T(t), W_0^T(t); L_0^T(t), K_0^T(t), H_0^T(t)] \quad (11)$$

que simplesmente estabelece que, para qualquer conjunto de coordenadas (representadas por funções) de custo descrevendo um processo elementar conhe-

20. Parece ser lógico, também, adotar a convenção de que o intervalo $(0, t)$ é fechado à esquerda e aberto à direita no caso de um *input* e vice-versa no caso de um *output*. Para consistência, devemos tomar $b(t) = b_0$ para $t' \leq t \leq t''$ se o fundo b_0 entra em t' e sai em t'' .

seus serviços, $B(t)$, durante o intervalo fechado $(0, t)$, ao invés da intensidade instantânea desses serviços, isto é, $b(t)$. Mas esta simetria formal não nos deve confundir, ao ponto de ignorarmos a assimetria essencial entre fluxo e serviço. Um fluxo é u'a substância material, palpável; um serviço é um elemento imaterial mesmo se sua intensidade é medida pelo montante do fundo que está em atuação. Uma armadilha perigosa e freqüente é confundir a intensidade do serviço com o fundo por si mesmo — por exemplo, confundir a intensidade “dois trabalhadores” com os próprios trabalhadores. Entendido este ponto, podemos substituir as coordenadas de intensidade dos fundos, $l(t), k(t), h(t)$, por $L(t), K(t), H(t)$. A simetria formal da nova tabela tem algumas vantagens analíticas, desde que não percamos de vista o fato de que apenas o quadro mostrado na Fig. 1 descreve o processo de forma acurada.

2. Podemos passar agora à discussão do conceito de função de produção. A função de produção de um *dado* produto tem sido definida como o conjunto de *todos* os processos de produção conhecidos pelos quais esse produto possa ser obtido. Tal conjunto pode ser representado por uma *funcional*:

cido, corresponde um montante definido de produto, $Q(T)$.²¹ De acordo com esta definição, (11) cobre todos os processos possíveis pelos quais, digamos, uma mesa é produzida, não importa se primeiramente derrubando árvores na

21. Precisamente porque (11) é uma funcional e não uma função do tipo “Dirichlet” tanto faz se ela inclui intensidades instantâneas ou montantes acumulativos.

floresta, ou se serrando as toras, ou dando forma à madeira já serrada. Tal conjunto genérico, entretanto, dificilmente poderia ser de algum uso na análise econômica da produção. Uma restrição necessária, implícita no uso corrente do conceito de função de produção, é que tal conjunto deve incluir apenas os processos que começam no mesmo estágio, isto é, somente os processos para os quais os *inputs* correntes são *qualitativamente* idênticos. Note-se, porém, que os fundos não precisam ser qualitativamente os mesmos. Se por acaso eles assim fôsem, isto somente ocorreria porque o caráter invariável do produto ou dos *inputs* correntes impõe algumas restrições tecnológicas mais rigorosas. E se nós insistirmos em que todos os elementos dos processos abrangidos pelo conjunto (11) também devam ser invariáveis, corremos o risco de reduzir o conjunto a um único item.²²

Uma segunda restrição refere-se à natureza homogênea do conjunto: ele não deve misturar processos utilizados por uma unidade de produção ou por várias destas unidades, mesmo que o

22. A última observação diz respeito ao problema da qualidade na definição da função da produção. O consenso geral é de que apenas *inputs* mensuráveis devem ser incluídos na função de produção usual, seja ela (1) ou (2). (Veja-se, por exemplo, Samuelson, op. cit., pág. 84, Pigou, op. cit., pág. 137). Entretanto, o problema da mensurabilidade não apareceria se não insistíssemos em que o número de *inputs* deva ser finito. A qualidade de um gerente, por exemplo, pode ser levada em conta se representarmos o gerente por M_i , $i \in [M]$ e permitirmos que o conjunto $[M]$ tenha uma potência cardinal maior que a do caso contínuo. Sobre este assunto, veja-se Nicholas Georgescu-Roegen, "Measure, Quality, and Optimum Scale", *Essays on Econometrics and Planning Presented to Professor P. C. Mahalanobis* (Oxford, Pergamon, 1964), pp. 231-256.

térmo "unidade de produção" seja um conceito bastante problemático.²³

Finalmente, devemos notar que (11) mostra a origem do erro na proposição de que o *output* é função do montante de serviços dos fatores produtivos. De acordo com o significado geralmente aceito do termo, o total dos serviços do trabalho, por exemplo, é medido na Fig. 1 pela soma das áreas s_1 . É claro que esta soma determina apenas $H(T)$ e não a função $H(t)$ sobre o intervalo $(0, T)$. E é $H(t)$ que é um argumento de F . Ou, para dizê-lo de forma mais simples, "um trabalhador por seis dias" não é um serviço equivalente a "seis trabalhadores por um dia". Somente a folha de salários é a mesma em ambos os casos.

V — O processo de produção nas fábricas

1. Uma fábrica é uma coisa tão comum hoje em dia — principalmente para aqueles que são de uma geração já da sociedade industrial — que estamos quase a perder de vista dois fatos essenciais: primeiro, que o sistema fabril de produção representa um dos maiores avanços *econômicos* da história e, segundo, que o sistema não é aplicável (e, provavelmente, nunca o será) a todos os setores de produção.

Qualquer fábrica representa um processo parcial no sentido amplo deste termo: ela transforma alguns fluxos materiais (*inputs* correntes) em outros fluxos materiais (*outputs*). Entretanto, um processo fabril não é um processo parcial no sentido estrito adotado pela

23. Cf. Nicholas Georgescu-Roegen, "Chamberlin's New Economics and the Unit of Production", *Monopolistic Competition: Studies in Impact, Essays in Honor of Edward H. Chamberlin*, editado por R. E. Kuenne, New York, Wiley, 1966.

análise das seções precedentes. Vimos o processo parcial como uma *seqüência temporal* de operações, cada uma requerendo os serviços de diferentes fatôres, e por diferentes períodos de tempo. Numa fábrica, tôdas estas operações são executadas *simultâneamente e de uma forma especial*. Para a análise desta diferença, que tem largas conseqüências econômicas, vamos dirigir agora nossa atenção.

Precisamos ressaltar, de início, um fato ao qual já aludimos: *o processo elementar constitui a base de tôda a produção, seja na agricultura, mineração ou indústria manufatureira*. Como um artifício analítico, o diagrama da Fig. 1 tem, por isso mesmo, uma aplicabilidade universal. Entre outras coisas, êle torna perfeitamente claro um fato de importância especial para o presente argumento: o arado de um fazendeiro, a picareta de um mineiro ou a plaina de um carpinteiro não participam *continuamente* do processo elementar em que cada uma destas ferramentas é usada. Isto é verdade para a maioria dos fundos, inclusive o trabalho, e para todos os processos elementares. Há então uma razão, inerente às leis naturais, pela qual os fundos devem permanecer ociosos por períodos de tempo diversos. Se esta forma de ociosidade — que representa a forma mais relevante de desperdício econômico — pode ser evitada, depende de várias condições.

Uma destas condições é a possibilidade de serem usados os mesmos fundos em outro processo elementar. Se isto é economicamente viável depende, por outro lado, da demanda, quer conjunta ou simples. Para uma ilustração esclarecedora do papel da demanda simples — que é a única que conta para o tópico desta seção — vamos nos ocupar da produção de mesas. Se apenas uma

mesa constitui todo o objeto da demanda durante um intervalo de tempo maior ou igual ao período de produção correspondente, então òbviamente a produção deve ser executada por processos elementares dispostos *em série*, isto é, tais que, no tempo, nenhum se sobrepõe ao outro. Neste caso, não há maneira de evitar uma ociosidade bastante externa da plaina, do próprio trabalhador, etc. Mas, se durante um intervalo de tempo igual ao mesmo período de produção, mais de uma mesa é objeto de demanda, então há duas alternativas: 1) um número suficiente de processos elementares se iniciam *paralelamente*, isto é, ao mesmo tempo, ou 2) um número suficiente de processos se iniciam *em linha*, isto é, um nôvo processo é iniciado num instante definido de tempo e dentro de uma seqüência determinada.

O quadro analítico dos processos que se desenrolam paralelamente conduz a um diagrama idêntico ao da Fig. 1, exceto pelo fato de que tôdas as coordenadas são ampliadas pelo número de processos. Conseqüentemente, a ociosidade (representada pelas áreas pontilhadas) é também ampliada. A representação diagramática dos processos que se desenvolvem em linha, entretanto, é inteiramente diversa e, naturalmente, depende da forma pela qual sua seqüência se desenvolve no tempo. Não precisamos nos preocupar quanto ao caso geral e tampouco é necessário nos aprofundarmos, aqui, nas sutilezas matemáticas pelas quais os seguintes teoremas são demonstrados:

A. *Dado o número de processos elementares necessários, êles podem ser dispostos em linha de tal forma que a ociosidade de algum fundo arbitrariamente escolhido é mínima.*

B. *Se o número de processos parciais necessários é suficientemente grande, e*

se todos os períodos em que cada fundo fornece um serviço são comensuráveis com T , então há um número mínimo de processos elementares que podem ser dispostos em linha de modo que nenhum fundo usado nesta disposição é ocioso.²⁴

O diagrama da Fig. 2 [também ao final deste artigo] ilustra o último teorema, para um processo elementar simplificado de molde a evitar complicações desnecessárias. Este processo envolve apenas dois fundos, no caso dois tipos de trabalho, L_1 e L_2 . Sete unidades de L_1 são exigidas durante $(0, T/5)$ e três durante $(4T/5, T)$; cinco unidades de L_2 são necessárias durante $(3T/5, 4T/5)$. Os serviços prestados por estes fatores são assinalados por áreas pontilhadas e achuriadas, respectivamente. Dentro do intervalo $(0, T)$, há cinco processos começando em linha em $0, T/5, 2T/5, 3T/5, 4T/5$. Eles são delimitados pelas linhas em degrau A_1A_5 e $\Omega_1\Omega_5$. Dez trabalhadores de uma categoria e cinco da segunda são periodicamente transferidos de um processo para o seguinte. E, como se evidencia do diagrama, o processo pode prosseguir ininterruptamente — como ocorre realmente no caso da indústria de vidro e, freqüentemente, na produção de aço.

É desnecessário acrescentar que esta é a disposição *ótima* dos processos elementares que caracteriza o sistema fabril. A opinião expressa no início desta seção e relativa à vantagem econômica deste sistema fica, assim, justificada.

2. O caso real de uma fábrica que abre pela manhã e encerra seu expediente no final da tarde sugere que um processo fabril pode ser visto como

24. Se m é o menor inteiro tal que a razão entre o período de serviços de cada fundo e $t' = T/m$, é um inteiro, então o processo elementar deve ser disposto em linha espaçadamente e com um intervalo igual a t' .

um processo parcial com uma fronteira *arbitrária* no tempo: $(0, T)$. Mais ainda, se por simplicidade estabelecemos que todos os fluxos são contínuos, cada *input* e *output* flui a uma taxa constante. Todos os fundos também fornecem serviços uniformes por todo o intervalo $(0, T)$. Há apenas um fundo global que entra no processo em $t = 0$ e emerge em $t = T$; é a própria fábrica, isto é, a planta, com todos os seus componentes usuais, e a força de trabalho necessária, H . As coordenadas relativas à planta podem ser determinadas por um *levantamento*, seja quando a fábrica está funcionando ou mesmo quando está fechada. Tal levantamento revela a existência de diversas e distintas categorias de fundos.

Há primeiro os já familiares: terra-*Ricardiana*, L , e equipamentos de todos os tipos, K . Mas duas novas categorias agora surgem. A primeira abrange os estoques de bens que aparecem em algumas coordenadas de fluxo. Serão designados por S . A segunda nova categoria consiste de “bens semi-elaborados”, embora o termo “bens” não seja adequado: vidro derretido ou couro semi-curtido, por exemplo, dificilmente podem receber esta designação. Não obstante, é verdade que, *a qualquer tempo*, existe dentro da fronteira da fábrica um *fundo de processo*, que consiste das sucessivas fases através das quais os fluxos do material de *input* passam, transformando-se por fim no fluxo de produto. Do ponto de vista analítico, é altamente instrutivo notar que este fundo contém em si mesmo o quadro da totalidade da mudança qualitativa alcançada pelo processo fabril — tal como um filme de cinema contém toda a estória de um drama numa vez. Esta coordenada é uma entidade complexa, porque representa um Tornar-se

congelado dentro de um Ser. Vamos designá-la por \mathcal{C} .²⁵ Ela é a parte da planta que, num processo fabril, torna possível a ausência de defasagem de tempo entre os *inputs* materiais e o fluxo de *outputs*. \mathcal{C} é mantida intacta pelo próprio desenvolvimento da produção. Como resultado, uma fábrica é

como uma caixa de música, começando a tocar no instante em que é aberta.

Sendo o processo fabril um processo em andamento contínuo (simplesmente reprodutivo), uma relação das intensidades *constantes* de todos os fluxos e fundos basta para descrevê-lo completamente:

Coordenadas de Fluxo

“Inputs”:	Da natureza		r
	De outros processos:	(a) <i>inputs</i> correntes	i
		(b) manutenção	m
“Outputs”:	Produto		q
	Refugo		w

Coordenadas de Fundo

Terra “Ricardiana”	L
Capital	K
Trabalho	H
Estoques	S
Fundo de processo	\mathcal{C}

Esta tabela, deve-se ressaltar, não nos diz o que o processo fabril realmente faz, mas apenas o que êle é capaz de fazer quando operando. A informação que êle nos fornece é idêntica àquela que nos afirma que o Sr. Fulano é um “engenheiro-civil”; ela descreve a potencialidade do processo. Uma conclusão que se segue é que nenhuma das coordenadas da tabela acima representam entidades que têm um preço. Para tornar o assunto intuitivamente claro, devemos ressaltar que a conta de água refere-se à água consumida e não ao diâmetro do

25. Para finalidades práticas, podemos dividir \mathcal{C} num número suficientemente grande de partes, tal que a variação qualitativa dentro de cada parte possa ser ignorada. Então, \mathcal{C} é representado por um vetor (C). Mas não devemos esquecer que cada C_i não é necessariamente um “bem”.

cano de água, que é um mero coeficiente. As coordenadas acima são também coeficientes; os fluxos têm a dimensão (substância)/(tempo) e os fundos, (serviços)/(tempo). O fato de que a medida desta última coordenada coincida com a medida do próprio fundo não deve ocultar a diferença dimensional entre as duas entidades.²⁶

Para saber o que uma fábrica realmente faz, necessitamos uma coordenada adicional. Esta é a extensão de tempo $\tau \leq 1$ que a fábrica trabalha cada dia, sendo o dia tomado como unidade de tempo. As *quantidades* dos *inputs* ma-

26. Devemos também notar que se o processo consiste na moldagem de martelos com a utilização de outros, o item “martelo” aparecerá tanto como um produto como um elemento do K. O primeiro como um fluxo e o último como um fundo fornecedor de serviços.

teriais consumidos, dos serviços utilizados e do produto consumado são então obtidas multiplicando os coeficientes da nossa tabela por τ . Somente estas novas coordenadas podem ter um preço, seja positivo, negativo ou nulo.²⁷

$$q = G(r, i, m, w; L, K, H, S, \mathcal{E}) \quad (12)$$

cujos argumentos podem ser variáveis numéricas ou elementos de um conjunto qualitativo.²⁸ Esta fórmula prova que apenas a função de produção definida por Stigler é correta. Entretanto, nada indica que G deva ser necessariamente uma função homogênea do primeiro grau.²⁹

A fórmula (12) é muito geral e, como resultado, não revela os aspectos mais importantes de um processo fabril. Para começar, o que uma fábrica pode fazer e o que ela necessita para tanto é deter-

27. Para análises de custo, as coordenadas de fundo dos fundos que fornecem serviços 24 horas por dia devem ser multiplicados por 1, mesmo se $\tau < 1$. Estas coordenadas constituem o custo fixo. O custo variável é proporcional a τ . Entretanto, na realidade há, usualmente, algum custo adicional associado às mudanças de turno e, possivelmente, algum diferencial de salário entre os turnos diurno e noturno. Então, o custo total é $TC = A_i + \tau B_i$, onde i indica o número do turno. A concorrência pura determina τ pela condição $TC = (pq + p_w w)\tau$. O leitor talvez considere interessante comparar estas observações com a crítica de Marx a respeito da "última hora" de Senior; veja-se *Capital*, I, pág. 248 e segs.

28. Na verdade, pode-se também escrever este conjunto como uma funcional análoga a (11). Mas desde que T é agora arbitrário e cada variável independente é uma função completamente determinada por um simples coeficiente, tal funcional degenera em (12).

29. Se G preenche ou não esta condição é um problema que nos conduz ao discutido assunto das economias de escala. Para um estudo analítico deste problema, veja-se Georgescu-Roegen, "Chamberlin's New Economics and the Unit of Production".

3. Sendo um processo fabril completamente descrito pela relação de coeficientes vista anteriormente, o conjunto de todos os processos pelos quais um dado produto pode ser obtido é representado pela função escalar

$$q^x = F^x(L, K) \quad (13)$$

minado pela sua planta física. Segue-se que o núcleo de (12) é

que expressa a noção usual de capacidade produtiva da planta. É patente que a mão-de-obra necessária para operar a planta a plena capacidade é também completamente determinada por (L, K) . Apenas para permitir uma variação qualitativa do fundo de mão-de-obra (ou para o caso em que a capacidade da planta não é completamente utilizada) é que a fórmula (13) pode ser substituída por

$$q = F(L, K, H) \quad (14)$$

Qualquer que seja o caso, as exigências tecnológicas colocam grandes restrições sobre os demais fundos. Num modelo analítico, eles podem ser considerados como completamente determinados por q :

$$S = \alpha(q) \quad \mathcal{E} = \beta(q) \quad (15)$$

O princípio da conservação da matéria e energia também impõe uma certa relação entre os fluxos materiais para dentro e os para fora do processo:

$$q = f(r, i, w) \quad (16)$$

Na sua forma mais pura, esta relação é a expressão de uma transformação física que, como todas relações de mesma natureza, deve ser independente das uni-

dades de medida. Conseqüentemente, f deve ser homogênea e de primeiro grau. A fórmula (16) lembra aquelas funções de produção que são usadas pela maior parte dos modelos de fluxo, em uso corrente. Entretanto, nestes modelos ela aparece como $q = f_1(r, i)$ ou mesmo como $q = f_2(i)$. Todavia, a afirmativa usual de que f_1 ou f_2 são funções homogêneas de primeiro grau em todo o conjunto de processos produtivos não é mais verdadeira, pela simples razão de que estas funções não incluem todos os fluxos físicos.

Finalmente, devemos adicionar a relação

$$m = g(K) \quad (17)$$

para mostrar que de um modo geral a proporção do *input* de manutenção é determinada pelo equipamento.³⁰

4. Uma conclusão da análise precedente é que a função de produção de uma fábrica está sujeita a algumas restrições básicas. De fato, cada caso particular envolve restrições adicionais afetando quer (14) ou (16) ou ambas. Há, entretanto, outra importante conclusão que tenho muitas vezes encontrado dificuldade de fazer entender, embora o assunto seja muito simples.

Se Q_0 é o *output* diário, então $Q_0 = \tau q$ e a fórmula (14) nos fornece:

$$Q_0 = \tau F(L, K, H) \quad (18)$$

A forma mais próxima de (18) que encontramos na literatura econômica neoclássica é

$$Q_0 = \Phi(L_0, K_0, H_0) \quad (19)$$

onde L_0 , K_0 e H_0 representam, algumas vezes, o montante de *serviços* e, outras

30. É desnecessário acrescentar que no caso $\tau < 1$, esta fórmula deve ser substituída por $m = g(K; \tau)$, para abranger também o custo de utilização.

vêzes, o tamanho dos *fundos*. Mas se tudo fôr tomado em consideração, em qualquer interpretação (19) é muito diferente de (18). A discrepância *numérica*, embora não a discrepância *dimensional*, entre (18) e (19) desaparece se $\tau = 1$ ou se τ é tomado como a unidade de tempo. É possível que os economistas neoclássicos tenham trabalhado sob a hipótese de que o dia útil e, indiretamente, τ , são constantes historicamente determinadas. Mas se isto fôr verdadeiro, eles não enunciaram sua posição de forma explícita. Qualquer que seja a justificativa ou a explicação, a análise neoclássica ignorou uma importante — talvez a mais importante — variável de produção. A omissão tornou ambíguas as conclusões, bem como as implicações de política econômica da análise neoclássica.

À luz da fórmula (18), Marx estava certo em atribuir ao dia útil um lugar de máxima proeminência na sua análise econômica. Num certo sentido, (18) fornece uma base para um dos princípios mais importantes de Marx, ou seja, que o tempo de trabalho é uma medida de valor mesmo que por si mesmo ele não tenha qualquer valor.³¹

VI — *Processos de Produção na Agricultura e na Indústria*

1. Entretanto, a Economia neoclássica parece haver aceito de Marx dois dogmas relativos ao desenvolvimento econômico: o primeiro é o de que a superpopulação é uma coisa fictícia e o segundo é que as mesmas leis econômicas se aplicam tanto à produção agrícola como à produção industrial.³²

31. *Capital*, I, págs. 45, 588.

32. Para uma análise do problema da superpopulação, veja-se o meu ensaio "Economic Theory and Agrarian Economics", em *Analytical Economics*, págs. 359-397. Para corrigir

Engels, em 1884, citava o que foi escrito por L. H. Morgan: “Os seres humanos são os únicos de quem se pode dizer que tenham alcançado um controle absoluto sobre a produção de alimentos” Embora Engels aprovasse tal afirmativa, ele considerou necessário qualificar o termo “absoluto” com a palavra “quase”.³³ Se Engels ainda vivesse, a evidência acumulada pela história recente possivelmente lhe ocasionaria muitas reflexões ulteriores sobre este discutido problema. Acontece que os resultados obtidos nas seções precedentes deste artigo podem esclarecer muito este assunto.

Vamos primeiro estabelecer um quadro analítico de todo o processo econômico, incluindo tanto a produção como o consumo, em qualquer instante de tempo. Desde que, por esta consolidação, todos os fluxos entre unidades de produção e consumo devem cancelar-se, o quadro inclui apenas duas coordenadas de fluxo: um fluxo de *inputs* da natureza e um fluxo de *outputs* do refugo. Considerados os elementos materiais, o processo econômico simplesmente transforma recursos naturais em refugo sem valor

algumas interpretações equívocas dessa análise, desejo enfatizar que, como deve estar claro, minha definição de superpopulação é um conceito de curto-prazo. Conseqüentemente, embora seja difícil encontrar na realidade *em transformação* uma situação em que a produtividade marginal do trabalho seja *matematicamente* igual a zero, isto não afeta a validade da minha análise ou das recomendações de política econômica nas numerosas economias onde a produtividade marginal do trabalho *efetiva* seja desprezível ou apenas menor que o mínimo de subsistência prevalecente. Todo o arcabouço da ciência econômica seria destruído se confundíssemos conceitos analíticos com fatos em evolução.

33. F. Engels, *The Origin of the Family, Private Property and the State* (4.^a edição, New York, 1942), pág. 19.

econômico.³⁴ Como se tem reconhecido repetidas vezes, o homem não pode nem criar nem destruir matéria e energia.

Mas isto é apenas u'a metade da história, justamente aquela metade contada pela mecânica, modelo este tão endeusado pela maior parte dos cientistas sociais. Entretanto, os recursos naturais não são constituídos simplesmente de matéria e energia mas de *matéria disposta em certas estruturas definidas* e de *energia livre*. A simples matéria, tal como o cobre disperso no fundo dos oceanos, sob diferentes formas químicas não tem valor para nós: o de que necessitamos é um minério de cobre em que este último esteja disposto de tal forma que possamos extraí-lo em tempo *útil*. Tampouco tem qualquer valor para nós a imensa energia calorífica contida nas águas do oceano: um navio necessita combustível, isto é, energia no seu *estado livre*. De modo similar, todo o carbono, oxigênio, hidrogênio, etc., existente no mundo não poderiam manter a vida humana se não estivessem dispostos numa molécula de açúcar, amido ou proteína.

Na estória da natureza contada pela termodinâmica, cujas leis são tão inexoráveis como as da mecânica, a matéria-energia que constitui os recursos naturais é *qualitativamente* diferente daquela que constitui o refugo. A matéria-energia dos recursos naturais é disposta segundo padrões ordenados ou, como dizem os físicos, ela tem uma *baixa*

34. Desde que este fato possa parecer uma grande surpresa para alguns, deve-se acrescentar que, ao contrário, ele revela uma verdade muito desprezada: o “produto” efetivo do processo econômico não é um fluxo material, mas um fluxo psicológico ou vital: o mero gozo pela vida, como Irving Fisher se esforçou para nos ensinar. A renda real e o lazer são apenas a “medida” material desse fluxo.

entropia. No refugio, nós encontramos apenas desordem; isto é, *alta entropia*. Isto não é tudo. A segunda lei da termodinâmica, a Lei da Entropia, nos diz que todo o universo é sujeito a uma degradação qualitativa contínua: a entropia aumenta e tal aumento é irreversível. Conseqüentemente, *os recursos naturais podem passar pelo processo econômico apenas uma vez: o refugio é irrevogavelmente refugio*. O homem não pode vencer esta lei da mesma forma que não pode impedir a atuação da lei da gravidade. Conseqüentemente, o processo econômico, como a vida biológica mesma, é *unidirecional*. Apenas a moeda se move num fluxo circular, porque ninguém a joga fora muito embora ela seja apenas um símbolo artificial.

2. Os recursos naturais podem ser agrupados em duas categorias distintas. Alguns existem como *estoques* na crosta terrestre.³⁵ Estes podem ser usados numa velocidade e num ritmo que, em princípio, dependem apenas da escolha humana. Teoricamente, podemos exaurir todos os estoques de petróleo conhecidos, dentro de um ano, se desejarmos fazer isto e prepararmos os planos adequados. O aspecto relevante é que qualquer mina pode ser operada como um processo fabril, sem interrupção no tempo. Assim, a mineração não nos força a manter ociosos qualquer dos fundos envolvidos no processo. O mesmo é verdade para tôdas as indústrias manufatureiras. Além disto, podemos observar que é precisamente esta liberdade que o homem tem em usar qualquer recurso mineral conforme seu desejo — desde

35. Uma vez que a entropia cresce continuamente, nenhum recurso natural, nem mesmo a energia solar livre, pode ser considerado um fundo. Ao mesmo tempo, torna-se agora óbvio que nenhum fundo pode ser eterno, exceto o da simples matéria-energia.

que tenha descoberto como utilizá-lo com vantagem — que é responsável pelo progresso espetacular da tecnologia. E outro exemplo que ilustra ainda mais a vantagem econômica do processo fabril é a criação de frangos nos E. U. A., através de uma linha contínua de processos elementares. O custo real de criação de frangos naquele país é o menor do mundo e isto ocorre porque lá as fazendas de criação de frangos são verdadeiras fábricas.

Se alguém pretendesse gabar-se dos feitos humanos, seria melhor escolher o contrôle do homem sobre a matéria inerte e não sobre os alimentos. A base de todos os alimentos está na fotossíntese; e a fotossíntese requer, acima de tudo, energia solar. Em contraste com a maior parte dos demais estoques de energia, a energia solar está — e pode permanecer assim para sempre — fora do contrôle humano. A energia solar chega a cada lugar da terra em várias épocas do ano num fluxo definido.

A conseqüência é que, com raríssimas exceções, os processos elementares na agricultura não podem ser dispostos *em linha*, como num processo fabril. Eles podem ser dispostos apenas *paralelamente*, todos começando, em cada lugar, na fase apropriada do ciclo climático anual.³⁶ E para acentuar a única razão para esta necessidade: na ilha do Bali, por exemplo, onde o clima varia muito pouco durante o ano, nada, em princípio, impediria o cultivo do arroz *em linha*. O mesmo número de búfalos, arados, foices, debulhadores e lavradores pode-

36. Para ser exato, o processo efetivo pelo qual, digamos, o arroz é produzido também consiste numa seqüência de processos elementares, mas estes estão dispostos num intervalo de tempo muito curto. Numa primeira abordagem analítica, este intervalo pode ser completamente ignorado de modo a alcançarmos o quadro descrito pela Fig. 1.

riam mover-se nos campos da região, arando, semeando, plantando, capinando, colhendo e debulhando sem interrupção. Além disto, a população poderia comer a cada dia o arroz plantado no mesmo dia, por assim dizer. Ela não mais necessitaria de esperar os longos dias entre o preparo do terreno e a debulha e, especialmente, não mais teria de suportar os incômodos empréstimos agrícolas.

Infelizmente, a condição do homem é tal que há muito poucos casos em que a “fórmula de Bali” pode funcionar e, assim, a “fábrica ao ar livre” — o bem-querido sonho de Marx — não pode se tornar realidade. De um modo geral, quase todo tipo de produção agrícola impõe *inevitavelmente* alguma ociosidade tanto no trabalho como no capital durante o período de produção, e completa ociosidade a todos os demais fundos durante o resto do ano (como já foi mostrado na Fig. 1).³⁷ Embora este fato por si mesmo bastasse para provar que a indústria e a agricultura são governadas por leis diversas, a diferença é ainda mais profunda.

3. Um perito em termodinâmica poderia, indubitavelmente, calcular o montante máximo de fotossíntese que uma certa cultura poderia alcançar, em média, durante um ano, num acre de terra de uma dada localidade. O tamanho do lugar onde se processa a captação líquida — a superfície da terra — estabelece então um limite para o total de fotossíntese em *cada ano*. Imaginar que alguém possa alcançar um resultado maior do que este máximo teórico seria absurdo. Igualmente absurdo seria ignorar que a

37. É claro que isto não se refere à ociosidade da população excedente em relação à máxima intensidade de trabalho. Mas esta ociosidade, se presente, não é uma consequência imediata de leis materiais.

energia solar não é o único *input* necessário.

O *input* que ilustra de modo mais notável a ação decisiva da Lei da Entropia é o constituído pelos elementos nutritivos presentes no solo. A extensa história das sociedades ligadas à agricultura pode ser sumarizada em poucas palavras: uma luta contínua contra os efeitos da Lei da Entropia. Sob sua pressão, a economia dessas sociedades passou de uma agricultura simples para a mudança de culturas e, numa etapa final, para a rotação destas. Ela também inventou o arado e descobriu a estercagem. Estes foram progressos importantíssimos, que contrastam com a inércia econômica da maior parte das economias agrícolas contemporâneas. Na época atual, entretanto, a economia agrícola atingiu uma crise que os camponeses, sòzinhos, não podem mais resolver. A Lei da Entropia torna esta crise inevitável e a explosão demográfica apenas acelera sua vinda. Deixando de lado a explosão demográfica — que é mais um fenômeno biológico que econômico — podemos facilmente ver que a crise decorre da escassez de terra — a respeito da qual podemos fazer muito pouco — e da deterioração qualitativa dos campos agrícolas pelo uso milenário apenas com estercagem. Os papéis se inverteram: agora é a vez de a cidade manter a economia rural: a “estercagem” deve vir agora do setor industrial sob a forma de fertilizantes.

Indubitavelmente, há muitas melhorias que uma política econômica correta pode e deve procurar fazer dentro do setor agrícola. Devemos, entretanto, decidir sobre as mesmas tendo como base o quadro analítico da Fig. 1. Vamos ignorar o problema de empregar camponeses fora da agricultura; embora este

dia de trabalho longo.³⁹ Tal segrêdo resolve também o nosso dilema. Para um exemplo que seria familiar a todos os planejadores, vamos tomar o vetor de demandas finais industriais correntes de um modelo de *input-output* de Leontief. É evidente que, se nenhuma indústria trabalha o dia todo, então esta produção pode ser aumentada imediatamente de, digamos, dez por cento, apenas com a capacidade existente: tudo o que devemos fazer é aumentar o dia de trabalho em dez por cento.⁴⁰ O desenvolvimento industrial pode ir na mesma velocidade, a renda real do trabalhador industrial pode permanecer inalterada e, ao mesmo tempo, haveria um excedente disponível para as necessidades industriais da agricultura. E para confirmar que compreendemos integralmente a diferença entre um processo agrícola e um processo industrial, devemos ressaltar que o efeito sobre o *output* de uma extensão do dia de trabalho na agricultura é desprezível, e em qualquer caso muito menos que proporcional, ao aumento do tempo de trabalho. Mesmo raciocinando dentro da “fórmula de Bali”, o efeito principal consistiria na liberação da

39. Relativamente a êste assunto, devemos recordar-nos que mesmo nos Estados Unidos, durante a última parte do último século, o dia de trabalho era surpreendentemente longo. Veja-se os dados e as referências fornecidas em Georgescu-Roegen, *Analytical Economics*, pág. 390, nota 75.

40. A afirmativa é obviamente forte demais: ela implica que a extensão do dia de trabalho sempre aumenta o *output* diário na mesma proporção. Na realidade, entretanto, isto não se aplica à agricultura e, não inteiramente, à mineração. As atividades produtivas que extraem algum valor da natureza colocam um limite sobre o que o setor de produção como um todo pode fazer. Mas isto não refuta a proposição de que num país subdesenvolvido uma grande economia de capital pode ser alcançada pela extensão do dia de trabalho ao invés de construir plantas adicionais para o mesmo produto.

fôrça de trabalho para outros usos possíveis.⁴¹

4. Estou plenamente consciente das dificuldades práticas de todos gêneros envolvidas na implementação de uma política econômica baseada nestas conclusões. Contudo, eu gostaria de sugerir que, em virtude dos proclamados propósitos que nos orientam, o dispositivo legal de uma semana de trabalho de quarenta ou mesmo de quarenta e oito

41. A não consideração das dimensões é responsável pelo fato de que as numerosas contribuições sobre os processos lineares não tenham captado as conclusões acima. Assim, Leontief, *op. cit.*, pág. 173, define X_i , $1 \leq i \leq n$, como “o *output* total líquido de todos os diversos setores da economia nacional [durante um particular ano]”. Na verdade, cada X_i é um fluxo, equivalente ao nosso $Q_o = \tau Q$. Mas X_n é ali definido como o “emprego total” medido em número de pessoas (págs. 173, 179), e, num outro lugar (págs. 42, 160), como “o *output* de serviços [pelo setor das famílias]”. Isto é, num caso X_n é a intensidade dos serviços do trabalho, equivalente ao nosso H , e no outro é o próprio serviço, τH . Então x_{ik} é também definido como um *input* de fluxo equivalente ao nosso τ_i ou τ_m . O ponto mais importante, entretanto, é que os coeficientes $a_{ik} = x_{ik}/X_i$ não mais tem qualquer relação com o fator tempo. A hipótese de linearidade, corretamente expressa, é que a_{ik} é constante para todos os processos eficientes quando êstes são descritos como na tabela da seção V. item 2. Na verdade, a_{ik} é constante para qualquer processo não agrícola, porque neste caso x_{ik} e X_i variam apenas porque τ varia.

Para não nos afastarmos da hipótese analítica de Leontief, supomos que $(1, -a_{21}; H_1)$, $(-a_{12}, 1; H_2)$ represente as coordenadas analíticas do processo industrial e do processo “agrícola”, respectivamente. Sejam C_1 , C_2 , os *outputs* diários líquidos desejados. O sistema torna-se então:

$$\tau X_1 - a_{12} X_2 = C_1, \quad -\tau a_{21} X_1 + X_2 = C_2$$

onde X_1 , X_2 , representam as escalas físicas dos dois processos. Há três incógnitas, com $\tau \leq 1$. (Mas veja-se a nota de rodapé precedente).

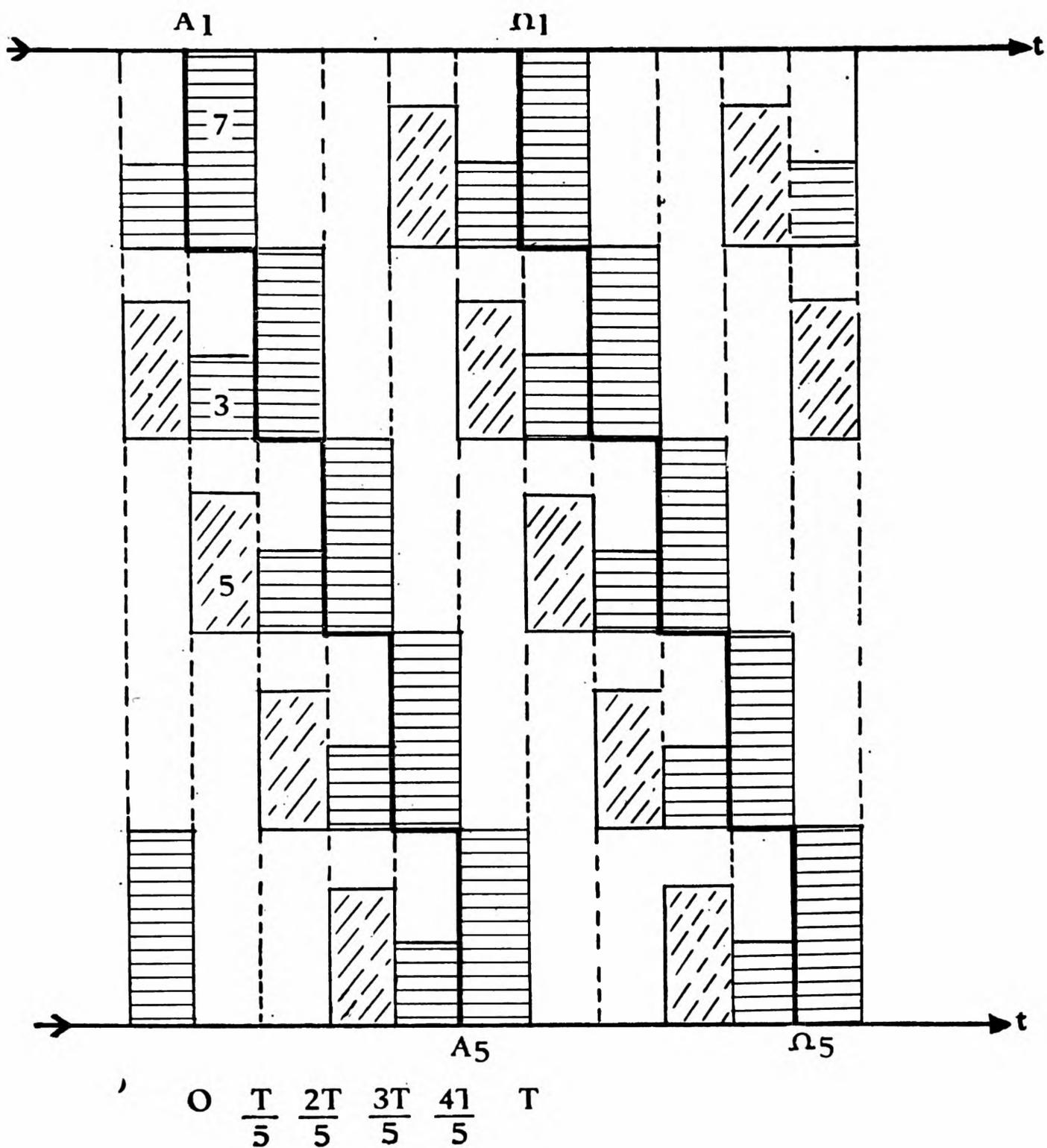


Fig. 2

horas constitui um anacronismo para os países subdesenvolvidos que possuam alguma potencialidade industrial de natureza não-parasitária. Com esta observação, que é conclusão natural da análise apresentada neste artigo, posso ter tocado num ponto sensível: o conflito de interesses entre a cidade e o campo. Sobre este conflito, Marx afirmou, embora de relance, que ele é a base de

tôda a história. Entretanto, este conflito parece ainda mais importante do que aquele sobre o qual ele baseou sua doutrina, pela simples razão de que suas raízes são encontradas numa lei de evolução da natureza, a Lei da Entropia.⁴²

42. Para detalhes adicionais sobre a importância econômica da Lei da Entropia, veja-se, do autor, *Analytical Economics*, Part I, Cap. V, item 1.