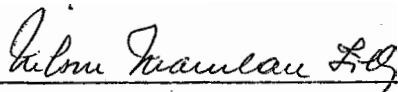


UMA FORMALIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE REPRODUÇÃO  
DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOCIAL

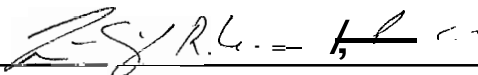
Dina Feigenbaum Cleiman

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS (D.Sc.)

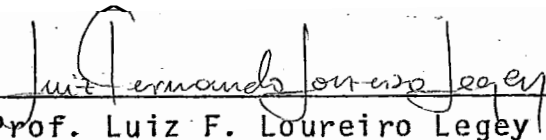
Aprovado por:



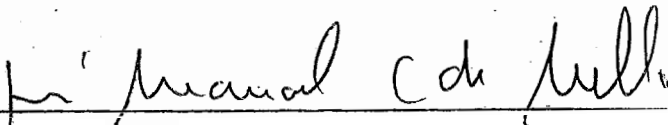
Prof. Nelson Maculan Filho  
(Presidente)



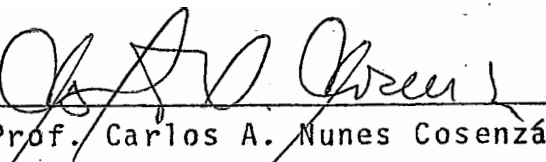
Prof. João Lizardo R.H. de Araújo



Prof. Luiz F. Loureiro Legay



Prof. José Manuel C. de Mello



Prof. Carlos A. Nunes Cosenzá

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

FEVEREIRO DE 1978

FEIGENBAUM CLEIMAN, DINA

UMA FORMALIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE REPRODUÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOCIAL [Rio de Janeiro] 1978.

IX, 135p. 29,7cm (COPPE-UFRJ, D.S.C., Engenharia de Sistemas e Computação, 1978)

Tese - Univ. Fed. Rio de Janeiro. Fac.

Engenharia

I. REPRODUÇÃO DE ENERGIA SOCIAL I. COPPE/UFRJ  
II. UMA FORMALIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE REPRODUÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOCIAL

*Aos que morreram por uma  
América Latina mais justa.*

### AGRADECIMENTOS

Ao Jacques, companheiro, homem que amo, por ter permanecido ao meu lado nas piores horas. (Desculpe o feijão queimado que várias vezes você teve que engolir). Jacques, vo  
cê foi maravilhoso, obrigada.

À Blima e Samuel Feigenbaum, meus pais, por terem sempre me incentivado, me dado a compreensão e o carinho necessários para que eu pudesse continuar. Foi com vocês, exemplo palpável de não esmorecimento, que tiveram força para continuar depois que Moisés se foi, foi com vocês, que aprendi (vergonha?) que apesar dos pesares vale a pena lutar e levar a vida com dignidade.

À Nelson Maculan Filho, pela orientação, pelo carinho e principalmente pela demonstração de que a tarefa do intelectual, do pesquisador, do professor transcende ao aprofundamento e perpetuação do saber científico. (Teria isto por si só algum sentido?). Maculan, você demonstrou com a sua pr  
á tica que a ciência é um produto social, e mais que isso, que o papel mais importante de qualquer pesquisador é a de lutar com unhas e dentes pelo respeito, pelo reconhecimento que a dignidade é um direito inerente e inalienável de todos os seres humanos.

À Estevam G. de Simone, por ter me incentivado, por ter estado sempre presente, por ter dispendido horas de

seu precioso tempo em ler e reler a minha tese, por ter corrigido e dado sugestões que me foram preciosas, no sentido de eu apresentar um trabalho mais rigoroso e rico. Dificilmente faria este trabalho sem a ajuda que você me prestou.

À Luiz Fernando L. Legey que muito me ajudou no início da minha pesquisa de tese e quem toda vez que por uma razão ou outra precisei demonstrou imensa boa-vontade, carinho e dedicação.

À todos os meus alunos, foi com eles, com suas dúvidas, que aprendi.

Aos Professores Lizardo, José Manoel, Legey, Cosenza, que participaram do exame deste trabalho.

À Direção da COPPE/UFRJ que deu todo o apoio e incentivo para que este trabalho pudesse ser realizado.

À João Lizardo e ao Prof. Pinguelli Rosa que me forneceram, de modo bastante gentil, a bibliografia necessária a a realização deste trabalho.

À Suely Klajman pelo excelente trabalho de datilografia. Su, desculpe a letra e a pressa, você foi incrível.

Ao Jacques, Estevam, Maculan, Suely, Ivonice, Jano, Roberto, Luís Paulo, Antonio, Leonardo Feigenbaum, a todos aqueles que aguentaram minhas alterações de humor e que (cada um a sua maneira) sempre me incentivaram,, muito obrigada.

ÍNDICE

	<u>Páginas</u>
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO . . . . .	1
CAPÍTULO II - A MODERNIZAÇÃO DA AGRICULTURA BRASILEIRA	
2.1. INTRODUÇÃO . . . . .	5
2.2. PROCESSO DE TRANSIÇÃO DO TRABALHO ES- CRAVO PARA O TRABALHO ASSALARIADO NA AGRICULTURA . . . . .	6
2.3. PROGRESSO TECNOLÓGICO E A PRODUTIVI- DADE AGRÍCOLA A PARTIR DE 1940 . . . .	11
2.4. A "REVOLUÇÃO VERDE" E A ESTRUTURA A- GRÁRIA BRASILEIRA . . . . .	17
2.5. SISTEMA AGRO-INDUSTRIAL NORTE AMERI- CANO SOB O ENFOQUE ENERGÉTICO . . . .	27
CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DA RENTABILIDADE DA ENERGIA SOCIAL	
3.1. INTRODUÇÃO . . . . .	36
3.2. CRITÉRIO DE ANÁLISE DA RENTABILIDADE ENERGÉTICA . . . . .	38
3.3. ENERGIA NATURAL E ENERGIA SOCIAL . . .	42
3.4. ENERGIA VIVA E ENERGIA MORTA . . . .	45
3.5. ENERGIA EFETIVA E ENERGIA AGREGADA .	47
3.6. TRABALHO PRODUTIVO E TRABALHO NECES- SÁRIO . . . . .	52
3.7. ENERGIA E ACUMULAÇÃO . . . . .	54
3.8. PERDA DE ENERGIA SOCIAL . . . . .	55

## CAPÍTULO IV - O PROCESSO DE PRODUÇÃO

4.1. INTRODUÇÃO . . . . .	59
4.2. CONDIÇÃO DE POSITIVIDADE NO MODELO DE INSUMO-PRODUTO . . . . .	67
4.3. TEOREMA DE FROBENIUS . . . . .	74
4.4. APLICAÇÕES DO TEOREMA DE FROBENIUS .	85
4.5. O SISTEMA PRODUTIVO VISTO DO LADO DO VALOR . . . . .	87
A N E X O I . . . . .	94

## CAPÍTULO V - CONCLUSÕES

5.1. PROCESSO DE PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE ENERGIA SOCIAL . . . . .	99
5.2. TAXA DE ACUMULAÇÃO DE ENERGIA SOCIAL E PROGRESSO TÉCNICO . . . . .	112
5.3. PRODUTIVIDADE DO TRABALHO . . . . .	113
5.4. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA . . . . .	115
5.5. APROPRIAÇÃO DE ENERGIA SOCIAL EFETI- VA . . . . .	116
5.6. ESCASSEZ . . . . .	122

CAPITULO VI - PARA ESTUDOS POSTERIORES 124

BIBLIOGRAFIA 128

*O que a Ciência Social precisa é usar menos as técnicas complicadas e mais a coragem de atacar os problemas fundamentais, ao invés de furtar-se a eles. Mas exigir isso é ignorar as razões sociais que fizeram da Ciência Social o que ela é. |<sup>1</sup>|*

*J. D. Eernal*

*Science in History*

## I. INTKODUÇÃO

Numa sociedade na qual o interesse dominante é o desenvolvimento econômico, é comum esquecer-se que a história do capitalismo não repete trajetórias e portanto os modelos de desenvolvimento existentes não podem ser reaplicados nem tomados como meta.

Ao se optar pelo imediatismo de queimas de etapas, procura-se repetir o "milagre" de um modelo que aplicado neste ou naquele país propiciara um crescimento econômico, apesar de efêmero, a taxas muito elevadas, esquecendo-se que o subdesenvolvimento é um processo histórico pelo qual as economias que já atingiram determinado grau de desenvolvimento não precisam haver, necessariamente, passado. O tempo histórico não é linear. Todas as sociedades se movem juntas para o fu-



turo e para novas formas.

Seria interessante que definíssemos imediatamente dois conceitos já emitidos, com o propósito de nos tornarmos mais claros e apresentarmos um universo comum de linguagem.

Entendemos por *crescimento econômico* um processo quantitativo que envolve a expansão de uma estrutura econômica existente. Enquanto que por *desenvolvimento econômico* entendemos um processo que sugere mudanças qualitativas, criação de uma nova ordem econômica e de outras estruturas sociais não econômicas.

Compreendemos o subdesenvolvimento como o dialético do desenvolvimento. Qualquer análise do subdesenvolvimento deve ser pautada na dinâmica social interna - ou seja, nas mudanças pelas quais a sociedade já passou - e na ação de forças externas que com ela interagiram.

Exemplificando melhor, para estudarmos o subdesenvolvimento latino-americano temos que levar em consideração as continuidades básicas e as mudanças que houveram durante o período de dominação colonial espanhola e portuguesa, o imperialismo do livre comércio inglês, etc. . A análise do subdesenvolvimento é inseparável da análise do desenvolvimento e seguindo este raciocínio desenvolveremos nosso trabalho.

Após a "crise do petróleo", vários foram os estudos feitos tanto em países desenvolvidos quanto subdesenvol-

vidos sobre o "problema energético".

Grande parte dos técnicos e mesmo da população desses países tiveram sua atenção despertada para a existência de recursos naturais não renováveis.

Procuraremos mostrar que o caminho seguido pelos países desenvolvidos não pode ser novamente trilhado, não são devido as suas especificidades sociais (o que já seria suficiente) como também, conforme demonstraram vários estudos, não existem recursos disponíveis que permitam generalizar a atual forma de vida e de desperdício dos países capitalistas centricos; que é falsa a pregação de que os países da periferia terão acesso ao grau de desenvolvimento atingido pelos países desenvolvidos.

Mostraremos como isso vem sendo tentado no 'setor agrícola brasileiro e quais tem sido as consequências de uma política copista nesse setor.

Muitas vezes torna-se interessante e mesmo necessário fazer-se uma análise do sistema econômico sob o ponto de vista energético e no decorrer de nosso trabalho procuraremos construir um esboço teórico que permita uma avaliação e utilização de recursos naturais de forma a minimizar o gasto energético, voltadas para critérios sociais.

Achamos que este estudo só faz sentido dentro da idéia clássica de análise econômica - partindo das relações sociais entre os homens na esfera da produção e dentro

de uma análise integrada de todas as fases do ciclo produtivo.

Sugerimos, finalmente, que esse esboço teórico, para ser operacionalizado, siga uma formalização análoga à utilizada na análise das condições de produção e reprodução social, indicando como isto é possível de ser feito.

Este trabalho não pretende ser de forma alguma conclusivo. Ao mesmo tempo em que ele representa o resultado de um longo período de pesquisa, pretendemos que sirva de subsídio e base para um novo trabalho, o que além de complementá-lo servirá para aprofundar vários pontos que por inúmeras razões, incluindo nossas limitações, apenas tangenciamos.

## CAPITULO II

### A MODERNIZACÃO DA AGRICULTURA BRASILEIRA

#### 2.1. INTRODUÇÃO

Toda uma discussão sobre tecnologia que ora vem se travando nos meios intelectuais e políticos nos faz repensar esta mesma questão, colocada sempre em nível geral, dentro de uma ótica setorial e portanto mais específica: qual o papel da tecnologia, das inovações técnicas, qual a importância de uma política de transferência de tecnologia ou de uma política que busque a autonomia tecnológica brasileira dentro do setor agrícola.

É um fato histórico que a implementação de novas técnicas - "técnicas mais adiantadas" - na agricultura nem sempre trouxe consigo melhores condições de vida a uma população. É sabida a quantidade de animais, ferramentas e equipamentos que a civilização européia carregou para a América Latina durante sua conquista. Nem por isso a produção agrícola per capita por exemplo no Peru é hoje sensivelmente superior à existente há quatro séculos, quando os povos pré-colombianos que lá habitavam eram desprovidos de instrumentos com tal sofisticação mas possuíam, em contrapartida, um sistema agrícola, político e administrativo, organizado de tal maneira que lhes

permitia proporcionar à sua população um nível de vida e produtividade maiores do que os atuais.

Aqui é interessante fazermos uma observação sobre o método através do qual desenvolveremos nossa análise. Achemos que um estudo mais profundo do sistema agrícola brasileiro deve ser feito dentro de uma perspectiva histórica, temporal e espacial (devido as dimensões brasileiras que acarretam diferenciações regionais).

Seguiremos, assim., nossa análise.

## 2.2. PROCESSO DE TRANSIÇÃO DO TRABALHO ESCRAVO PARA O TRABALHO ASSALARIADO NA AGRICULTURA

A característica fundamental do processo de ocupação da terra, verificada nos três primeiros séculos de colonização, foi a grande propriedade, em contraste com o que se verificou nos Estados Unidos, onde a pequena propriedade predominou.

É justamente no processo de ocupação da terra e nas relações de produção que a ele se seguiram que detetamos o cerne do subdesenvolvimento econômico brasileiro, ocorrido ao longo de vários séculos.

Com o intuito apenas de dar mais clareza à nossa abordagem, faremos um paralelo entre o processo de colonização brasileiro e o americano, ressaltando pontos que con-

sideramos relevantes.

Enquanto que os escravos foram introduzidos nos Estados Unidos quase um século depois da chegada dos primeiros colonos, no Brasil eles vieram praticamente junto com os primeiros navegadores, pois os portugueses não emigravam com a finalidade de trabalhar a terra e para tal tarefa eram necessários outros braços. Sabe-se da dificuldade que os colonizadores tiveram em escravizar os índios.

Um outro lado importante, é a vultuosa quantidade de escravos para cá transportada e suas consequências.

Enquanto que a população escrava no Brasil chegou a atingir mais da metade da população total, nos Estados Unidos, em 1865, no auge da escravidão americana, o total de escravos equivalia a 10% da população sendo que cerca de 700 da população branca vivia em território livre, sem escravos [2].

Nos Estados Unidos foi possível, portanto, a existência de um mercado interno consumidor que permitiu a expansão da indústria. No Brasil, ao contrário, nas palavras de L. Basbaum, "a falta de um mercado interno exerceu uma influência justamente inversa. A ausência de consumidores obriga os produtores a procurar os mercados estrangeiros, em cuja dependência nos encontramos até hoje". E mais adiante: "Para o aparecimento do capitalismo, diz Marx, é necessário o aparecimento prévio de um processo histórico econômico a que ele chamou 'acumulação primitiva'. A 'acumulação primitiva' do capital, segundo Lênin, exige em primeiro lugar a acumulação de um so-

ma considerável em dinheiro em mãos de indivíduos que vivem numa época de produção de mercadorias e em segundo lugar, a existência de trabalhadores livres num duplo sentido, livres da coação ou restrição quanto a venda de sua força de trabalho e livres de ligação com a terra ou com outros meios de produção em geral, isto é, trabalhadores privados de propriedade, proletários que somente podem viver vendendo sua força de trabalho.

Essas condições não se verificaram no Brasil, se não em grau muito diluído e muito tarde". [2]

A ausência de acumulação primitiva explica o débil desenvolvimento do capitalismo, assim como a ausência de mercado de consumo explica o débil desenvolvimento industrial.

Por mais de trezentos anos, desde que a cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil, no início do século XVI, a vida econômica, social e política brasileira foi afetada de modo primordial pelo primeiro produto a ser fabricado no Brasil - o açúcar.

Uma das explicações para a prolongada duração do ciclo açucareiro é que para processar a cana era necessária uma inversão inicial relativamente alta (para as instalações de madeira, ferro e cobre, muitas vezes importados estes dois últimos) quando comparada com as despesas correntes.

Esta situação e a dificuldade de improvisar usos alternativos de mão-de-obra e capital disponíveis faziam com que a oferta se retraísse muito pouco diante da queda de

preços de mercado. |<sup>3</sup>|

Porém, com a descoberta das minas de ouro nos fins do século XVII as fazendas e engenhos foram sendo colocados de lado e começaram a decair. Uma outra causa da decadência da cultura canavieira foi o desvio de interesse de comercialização do açúcar brasileiro em favor do Caribe |<sup>4</sup>|. Sem o auxílio dos comerciantes holandeses que não só se limitavam a financiar a refinação e comercialização desse produto, mas financiavam também a instalação de unidades produtivas no Brasil, bem como a importação de mão-de-obra escrava, era inevitável que isso acontecesse |<sup>5</sup>|.

O ciclo agrícola que se segue é o algodoeiro.

As primeiras plantações algodoeiras no Brasil surgiram nos meados do século XVIII |<sup>6</sup>|, sendo que no decorrer da segunda metade desse século, em virtude da interrupção das exportações americanas devido a guerra de Secessão, a demanda européia por algodão brasileiro se intensificou tremendamente, em particular por parte da Inglaterra.

Ao contrário da cana-de-açúcar, difícil de transportar e altamente perecível, o processamento do algodão não necessitava de tanta urgência, o que levou a se fazer o beneficiamento do excedente vendável fora das fazendas, contribuindo para o desenvolvimento da vida urbana.

No Brasil, o período de expansão algodoeira coincidiu com uma época de grande seca no Nordeste, principal



mente no Ceará, fazendo com que houvesse necessidade de aumentar o contingente de mão-de-obra nas plantações de algodão.

O preço dos escravos vinha se elevando, tornando-se mesmo proibitivo a partir das primeiras décadas do século XIX, por pressões inglesas contra o tráfico negreiro.

Essa situação levou os fazendeiros a mobilizar a grande quantidade de mão-de-obra ociosa existente nas suas propriedades ou ao seu redor, coexistindo assim nas plantações trabalhadores 'livres e escravos; o que só era possível devido à baixíssima remuneração dos trabalhadores assalariados.

Mais tarde, no Sudeste, a expansão da lavoura cafeeira fez também com que a mão-de-obra ociosa existente nas cercanias das fazendas fosse absorvida e com o fim do tráfico escravo os fazendeiros paulistas passaram a estimular a imigração de trabalhadores europeus — principalmente italianos — que se encontravam disponíveis em vista da crise econômica no sul da Itália, dando origem a relações sociais do tipo colono, sitiantes e meeiros, o que contribuiu para a formação de pequenas propriedades.

Na verdade, a abolição da escravatura pouco afetou a agricultura e o sistema patriarcal.

A péssima condição de vida dos trabalhadores e a baixa qualidade da mão-de-obra permitiram que o sistema de relações de trabalho fosse reorganizado nas bases que vigoram até hoje: ora o salário é pago em espécie, ora em moeda ou

como direito de exploração da terra.

Deve ser notado, entretanto, que a colonização do sul foi feita de modo diferente das mencionadas. Tanto no Rio Grande do Sul quanto em Santa Catarina os emigrantes, na sua maioria alemães, vieram com a finalidade de explorar pequenas propriedades. Quando nos referirmos a esses estados, fá-lo-emos de modo explícito, caso contrário, devido as suas peculiaridades não os incluiremos em nossa exposição.

Com base no que já apresentamos, seguiremos fazendo uma análise mais minuciosa do setor agrícola brasileiro a partir de 1940.

### 2.3. PROGRESSO TECNOLÓGICO E A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA A PARTIR DE 1940

A partir de 1940 a modernização na agricultura brasileira vem se dando em ritmo cada vez mais acelerado e surpreendentemente a rentabilidade global desse setor se elevou muito pouco.

Observando-se os Censos Agrícolas referentes aos anos de 1940 e 1970, pode-se verificar que o valor da produção agrícola triplicou nesse período, enquanto que o valor dos insumos agrícolas então consumidos octuplicou.

Entre as anos 1960 e 1970 o consumo de fertilizantes variou de 304497t para 998566t, (aumentou de 228%) e o

número de tratores. utilizados na agricultura passou de 61.345 para 151.346, apresentando, por tanto, um aumento de 156% nesse mesmo período. Apesar disto, a produtividade média por área na agricultura aumentou muito pouco [7].

Por outro lado, enquanto o produto real agrícola entre 1950/1960 cresceu de 53,8%, apesar da modernização apresentada, entre os anos de 1960/1970 ele aumentou de 53,4% [8].

Segundo os dados apresentados por Langoni [9] e Hoffman [10], que calcularam a distribuição de renda no Brasil por classe de atividade (agricultura, indústria e serviços) constata-se por eles que a renda média mensal no setor agrícola em 1970 era de Cr\$ 138,00 per capita, representando respectivamente 38,4% e 35,6% das rendas médias mensais nos setores secundários e terciários. Já em 1960 essas percentagens eram de 47,3% e 43,2% em relação aos outros setores.

Segundo uma pesquisa feita por Ruy Miller Pava [11] em 1963 " (...) numa amostra intencional de 99 estabelecimentos agrícolas em sete regiões do país constata-se que há alguns estabelecimentos, no período 62/63, com rendas negativas, (6,8% dos estabelecimentos no Centro-Sul com a renda de menos Cr\$ 5.687,00 e 2,5% dos do nordeste com menos Cr\$ 5.330,00); e que a grande maioria delas (68,2% do Centro-Sul e 87,5% do Nordeste), se agrupam nas três classes menores de renda (de zero a Cr\$ 77.000,00) com uma renda líquida mē-

dia de Cr\$ 20.703,00 e Cr\$ 17.503,00 para cada uma dessas regiões respectivamente, rendas essas que equivalem a apenas 5,5 e 6,1 salários mínimos dessas regiões.

Esses resultados se mostram significativamente baixos quando se considera que representam o retorno tanto do trabalho do empresário (e sua família) como de seu capital. Descontando-se os juros de 6% sobre o valor do capital, as remunerações dos agricultores empresariais e suas famílias reduzem-se ainda mais, bastando dizer que 38,6% das propriedades do Centro-Sul e 12,5% do Nordeste passam a ter rendas negativas, o que significa que não tiveram retorno algum pelo trabalho seu e da família e que, portanto, estariam melhor se abandonassem a agricultura e colocassem a juros o valor de venda das propriedades. E dentre os agricultores que têm renda positiva uma elevada percentagem (23,5% do Centro-Sul e 57,5% do Nordeste) situa-se nas duas classes inferiores (até Cr\$ 15.400,00) com rendas líquidas médias de Cr\$ 7.452,00 no Centro-Sul e Cr\$ 7.653,00 no Nordeste, ou seja, remunerações praticamente iguais a 2 salários mínimos de São Paulo (Cr\$ 3.744,00 por ano). E observe-se que nem por isso as propriedades são de tamanho diminuto, pois o tamanho médio das propriedades que tiveram resultados negativos era 551 há no Centro-Sul e 322 ha no Nordeste..". Os valores citados pelo autor são em cruzeiro de 1973.

Esta situação foi confirmada por Claudio R. Contador [12] que baseado nos dados de um levantamento de

1,771 estabelecimentos agrícolas no período de 1962/1963 e de 50% no período de 1969/1970 nos estados do Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, constatou que 32% e 23,4% desses estabelecimentos, nos anos mencionados respectivamente, haviam tido retorno negativo de suas atividades, antes mesmo de remunerar o capital investido em terras e benfeitorias.

#### UMA OBSERVAÇÃO INICIAL SOBRE A POLÍTICA AGRÍCOLA ADOTADA

Tem sido uma constante, já há algum tempo, o aparelho dirigente de estado agir baseado na idéia de que eliminando-se determinados obstáculos de ordem tecnológica facilmente se avançara no sentido de objetivos bem definidos, que correspondam às condições específicas das sociedades mais "avançadas do mundo moderno" — sociedade moderna, sociedade industrial.

Em outras palavras, constantemente tem-se esquecido que a dinâmica histórica e as especificidades sociais não permitem congruências de processos de desenvolvimento. E é aí que encontramos um ponto de partida para o estudo das causas básicas da deterioração da estrutura agrícola brasileira.

Em 1950 a Comissão Mista Brasil-Estados Unidos, composta por técnicos brasileiros e americanos delineou os traços fundamentais para a política agrícola brasileira, baseada quase que totalmente na americana [13] e que vigora até a presente data.

A Análise das razões que levaram a implantação dessa política de desenvolvimento agrícola transcendem ao escopo deste trabalho. No entanto, achamos que uma razão importante foi o atendimento das necessidades do capitalismo internacional:

a) pela possibilidade de abrir um mercado de insumos agrícolas "sofisticados": maquinária agrícola, fertilizantes, nutrientes, defensivos químicos, etc.. .

b) pela possibilidade de aumentar a apropriação e a concentração da renda da terra em mãos dos proprietários de latifúndios, evitando assim uma transformação da estrutura da propriedade, condição necessária, como veremos a seguir, para a manutenção dessa estratégia agrícola.

Este último item, aliás, explica a concordância de interesses entre a burguesia nacional e o capital internacional nesse aspecto.

É importante frisar a dependência crescente que tem a agricultura de máquinas, fertilizantes, sementes e defensivos químicos, produzidos pela agro-indústria "anterior" ao setor agrícola.

Ao mesmo tempo verificamos a crescente proporção dos produtos alimentares (distribuídos nos centros urbanos) que são processados industrialmente pela agro-indústria "posterior" ao setor agrícola.

Assim, verificamos uma expansão paralela do se

tor primário e do setor agro-industrial — via dependência de insumos da agro-indústria "anterior" e do crescente mercado representado pela agro-indústria "posterior" — faz com que o setor primário seja alvo de pressões exercidas por interesses do setor industrial como um todo em contrair os preços dos produtos agrícolas para viabilizar a manutenção ou contração dos salários, haja visto a necessidade de manter um certo poder aquisitivo dos trabalhadores referente a produtos alimentares. Ao mesmo tempo em que os preços crescentes dos insumos agrícolas agravam a relação de trocas, acarretando o decrescimo da rentabilidade do setor.

#### 2.4. A "REVOLUÇÃO VERDE" E A ESTRUTURA AGRÁRIA BRASILEIRA

O inegável progresso tecnológico ocorrido principalmente nos Estados Unidos a partir da 2ª Guerra, atingiu também, como vimos, o setor agrícola. Isto se deu ainda mais intensamente quando as indústrias químicas que haviam se desenvolvido com finalidades bélicas tiveram que encontrar uma saída para sua elevada produção de nitrogênio, fósforo, potássio, etc.. .

Mais tarde, no final da década de 60, um grupo de cientistas entre os quais se destacou o Dr. Norman K. Borl'ang, anunciou a possibilidade de ocorrer uma transformação dentro do processo agrícola — a chamada 'revolução verde'.

O Dr. Borlang afirmava que através da manipulação genética das plantas poder-se-ia obter um grande aumento da produtividade agrária. E foi com esta visão meramente "produtivista", sem se atentar para detalhes econômicos e muito menos sociais que se anunciou o fim da fome mundial.

Começou-se a utilizar nutrientes em doses ainda mais elevadas, a mecanização foi introduzida, as policulturas tornaram-se extensas monoculturas do produto mais rentável, os terrenos naturais tornaram-se cada vez mais escassos nas áreas onde se implantou a "revolução verde".

Após a implantação da nova técnica, nas Filipinas, houve auto-suficiência em arroz por algum tempo mas a partir de 1971 a produção decaiu e tiveram de ser realizadas im-



portações. Segundo fontes governamentais um vírus chamado "tungro" havia arrasado as safras [14]. Isto ocorreu, na verdade devido a estreita base genética destas monoculturas que faz com que todas as plantas sejam suscetíveis a uma só praga. A devastação dos cafeeiros no Brasil devido à "ferrugem" é outro exemplo deste mesmo problema [15] [16].

O aparecimento de pragas em sistemas simplificados é inevitável pois o sistema ecológico necessita da interação de várias espécies para se manter estável. Daí a necessidade de utilização, em doses cada vez maiores, de inseticidas e pesticidas nas plantações modernas. Além disto, o cultivo intenso, combinado com a ação do sol, chuva e vento acarretam a erosão do solo, a que demanda mais fertilizantes artificiais. (Estes, porém, não podem preencher a função do solo e sim ajudam ainda mais a destruí-lo). A morte progressiva da estrutura do solo provoca dificuldade de oxigenação das raízes perda sistemática da sua capacidade de absorção, sendo necessárias quantidades crescentes de nutrientes químicos.

Para se ter uma idéia do que isto significa, em 1948 foram utilizadas nos Estados Unidos cerca de 11.000 toneladas de fertilizantes nitrogenados por unidade de produção (bushell) de cereal enquanto que em 1968 foram necessárias 57.000 toneladas para que obtivesse a mesma quantidade [17].

Quanto a Revolução Verde queremos apenas recordar que ela não se limita a reformas parciais como a introdução de novas sementes, mas exige uma total reestruturação das

tradições agrícolas locais. Além da aplicação maciça de fertilizantes químicos e mecanização, as novas sementes têm que ser cultivadas em larga escala e em extensas áreas alterando o equilíbrio ecológico (além de incentivar o latifúndio) implicando na utilização cada vez maior de herbicidas e pesticidas, fechando um círculo que exige uma tecnologia cada vez mais sofisticada, significando, isto, maior custo de produção e maior dispêndio energético.

Na América Latina pode ser constatado que o uso de fertilizantes químicos aumentou quase de oito vezes entre o quinquênio 1948-1952 e o ano de 1967, enquanto que no resto do mundo o aumento foi de cinco vezes; neste mesmo período o número de tratores agrícolas aumentou mais de quatro vezes, enquanto que no resto do mundo o aumento foi de 2,3 vezes, segundo o anuário de produção da FAO, 1968 :

Ao mesmo tempo, conforme pode ser observado numa pesquisa realizada pelo ILPES e CELADE [18] cerca de 1/3 da força de trabalho agrícola na América Latina se encontra desempregada, sendo que em alguns lugares essa proporção chega a mais da metade e 2% das famílias de agricultores possuem mais da metade de toda a terra agrícola.

Vejamos o que significa o progresso tecnológico na agricultura dentro do quadro econômico-social que acabamos de descrever.

Longe de ser uma estratégia de desenvolvimento integrado, permitindo a eliminação do desemprego, da desnutri

ção, promovendo uma melhoria da vida da população agrária sua maior participação junto as instituições sociais e políticas e portanto uma maior independência política e econômica, o que se verifica é que nem todas as camadas da população rural se beneficiam igualmente do progresso técnico.

Achamos que a "pista" para a explicação dessa dicotomia é dada por Rosa de Luxemburg ao tentar estabelecer um vínculo estrutural entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos, ao nível da análise de formações sociais, dentro dos princípios do Materialismo Histórico, garantindo a necessária existência de uma hierarquia de dominação entre países dominantes e dominados. Segundo a autora, a acumulação capitalista necessita para seu desenvolvimento de um meio ambiente de formações sociais não capitalistas, avança em constante troca com elas e só pode subsistir enquanto dispõe desse meio ambiente [19].

Como já foi visto, a ampliação das relações capitalistas de produção no meio rural, feita através da agricultura comercial, se faz acompanhada pela concentração fundiária e pela substituição dos sistemas de exploração da força de trabalho.

No Brasil, o censo agrícola do IBGE mostra que em 1950, 32,678 estabelecimentos rurais com mais de 1.000 ha cada um ocupavam ao todo 108.102.270 ha, isto é 1,6% do total dos estabelecimentos recenseados abrangiam um total de 46,5% da área recenseada. Em 1970, 37.163 latifúndios ocupavam

114.828.680 ha equivalendo a 0,75% do número de estabelecimentos rurais.

Em 1950 havia 711.000 estabelecimentos com menos de 10 ha, o que representava 1,3% da área total dos estabelecimentos agropecuários; em 1970, os 2.500.000 minifúndios recenseados abrangiam 3,1% da área total dos estabelecimentos.

O censo de 1970 ainda nos fornece a relação percentual das áreas utilizadas em lavouras.

Classe de áreas dos estabelecimentos	Percentagem Utilizada em Lavouras
menos de 10 ha	65,6
10 a 100	26,1
100 a 200	11,4
200 a 500	8,6
500 a 1000	6,6
1000 a 10000	3,2
mais de 10000	0,6

Estas estatísticas demonstram a forte concentração fundiária existente.

Verificamos que apesar de haver aumentado o número de estabelecimentos com menos de 10 ha, sua participação na área total se elevou muito pouco. É notável a contribuição destes estabelecimentos para a lavoura. Sessenta e cinco por

cento dos minifúndios são aproveitados agricolamente, contra menos de dez por cento das grandes propriedades. Com isto não queremos dizer, como aliás já foi abordado, que eles tinham gerado um grande excedente líquido. Este excedente representa um fluxo de produção liberado para o emprego não agrícola, não incluindo, como é o caso da produção bruta, o auto-consumo e a compra ou recompra do setor agrícola [20]. Além disso, sabe-se que o auto-consumo varia em direção oposta ao tamanho do estabelecimento.

É bom frisar que o aumento do número de minifúndios não se deu gratuitamente, mas como resposta a pressão populacional.

Segundo Celso Furtado, "uma análise desses resultados põe em evidência a extrema irracionalidade da estrutura agrária que se implantou em nosso país. Por um lado, uma massa enorme de minifundistas desperdiçam grande parte de sua força de trabalho em superfícies agrícolas obviamente exiguas; por outro, os latifúndios, que utilizam apenas uma parcela da terra que dispõem, orientam seus investimentos para reduzir o emprego de mão-de-obra, num óbvio desperdício — do ponto de vista social — de terras e capital" [21].

O exame do setor agrícola serve para ratificar a idéia que trazemos embutida ao longo de todo o trabalho, dos perigos que advêm de uma política que não leve em consideração a especificidade dos contextos estruturais de sociedades diferentes.

É claro que enquanto não houver uma profunda modificação no seio social, práticas modernizadoras tais como o uso de fertilizantes, sementes selecionadas, e outras estarão ao alcance somente dos agricultores mais ricos, pois é necessário poder aquisitivo para adquirir tais insumos, para cuja compra, muitas vezes, são precisos altos financiamentos.

Em segundo lugar, os pequenos agricultores não possuem em geral nem assistência técnica nem novos conhecimentos, necessários para a utilização de tais insumos.

As novas técnicas agrícolas vêm beneficiar, portanto, as grandes fazendas que têm possibilidades de incorporar grandes capitais adicionais e obter um emprego eficiente dos equipamentos. Nas grandes propriedades utiliza-se em média, 1 trator para cada 146 ha enquanto que as propriedades médias utilizam 1 trator para cada 73 ha, além de ser excessivo o número de semeadeiras, colhedadeiras, etc... onerando fortemente o custo de produção.

O grande sucesso que as empresas tanto nacionais (do sul e sudeste) como as estrangeiras, vêm obtendo na Amazônia só confirma o exposto. Essas empresas, dispostas de recursos e auxiliadas, ainda, por incentivos fiscais controlados pela SUDAM têm feito imensas plantações e campos de pastagem, usando intensamente terra e capital e mão-de-obra em pequena escala.

Na região açucareira do nordeste, conforma já vimos, a concentração fundiária e de renda é muito alta. A ex

pansão da cultura canavieira tem diminuído consideravelmente as terras ocupadas pelos pequenos lavradores e a própria legislação trabalhista faz com que o assalariado trabalhe todos os dias da semana impedindo que ele desenvolva sua própria cultura. Por outro lado, a utilização de inseticidas e adubos favorece o crescimento da cana e diminui o número de limpas, diminuindo a necessidade de mão-de-obra, obrigando os trabalhadores a viverem nas cidades e não esperar a Época adequada, de colheita ou de plantio para trabalharem para um intermediário dos proprietários das terras, para que não fique sobrecarregado o custo de produção devido as obrigações trabalhistas.

Também no Paraná, na medida em que as plantações de algodão e café são trocadas pela soja, atendendo a demandas externas (como nos primeiros tempos da colonização), as máquinas e equipamentos agrícolas são largamente utilizados pelos grandes proprietários, provocando o desemprego em larga escala e a emigração de trabalhadores para o Oeste.

Em suma, o que verificamos foi que o sistema de grande propriedade nasceu no período colonial, atravessou o império e vigora a pleno vapor nas épocas atuais.

A introdução de novas técnicas na agricultura conforme foi mostrado, só veio intensificar a concentração fundiária.

Os pequenos agricultores desprovidos de capital inicial necessário para adquirir a nova tecnologia, sem

possibilidade de gerar excedente ou de ter acesso às fontes de financiamento, estão condenados a ter sua condição atual perpetuada.

O excedente agrícola resultante do processo de modernização tende a ser concentrado nas mãos de um pequeno número de produtores, não servindo para aumentar as oportunidades dentro e fora da agricultura, além disso não se deve esquecer que as oportunidades de trabalho fora da agricultura crescem num ritmo muito lento em relação a necessidade de absorção desse contingente.

O nosso objetivo aqui não é fazer uma diatribe sobre a tecnologia moderna, muito pelo contrário, acreditamos nela e temos trabalhado, na medida do possível, para o seu desenvolvimento. O que estamos querendo mostrar é que existe uma enorme ganha de alternativas tecnológicas e de critérios para sua implantação.

No que concerne a agricultura, existe um enorme contingente de trabalhadores rurais sem terras, que vêm diminuir cada vez mais suas possibilidades de trabalho devido a implantação de uma tecnologia poupadora de mão-de-obra.

A monocultura tende a se estabelecer com mais frequência, na medida em que a agricultura é feita com objetivo principal de atender às necessidade do mercado externo e são poucos os produtos que têm preços de mercado competitivos. As áreas de cultivo para subsistência, as policulturas, tendem a ficar cada vez mais restritas.



Sem se falar que as técnicas modernizantes aplicadas aqui no Brasil, um país tropical, são as desenvolvidas, na sua maior parte, em e para climas temperados.

Qualquer política tecnológica dentro da agricultura só tem sentido quando coerentemente integrada com os outros setores de produção, quando orientada para a sociedade como um todo, com uma ampla participação coletiva na escolha entre inúmeras alternativas e que possibilite uma ampla e igualitária distribuição dos frutos do trabalho dispendido pelos membros desta sociedade.

A seguir o caminho que ora a agricultura brasileira trilha, deve-se recordar que o progresso tecnológico favorece a organização de unidades especializadas e integradas em blocos cada vez maiores, isto é, o próprio progresso técnico ao acarretar o crescimento da composição orgânica do capital se encarrega de materializar essa tendência sob a forma de unidades produtivas cada vez maiores e mais complexas. Isto é, o próprio desenvolvimento técnico das forças produtivas se faz no sentido de impulsionar a concentração e centralização do capital [22], ou seja, mantidas as condições constantes, a tendência é acirrar ainda mais a concentração fundiária não importando quais as consequências sociais que daí possam advir.

## 2.5. O SISTEMA AGRO-INDUSTRIAL NORTE AMERICANO SOB O ENFOQUE ENERGETICO

Cabe-nos, agora, fazer uma breve análise de como se encontra o sistema agrícola norte americano e verificarmos, em linhas gerais, como está se comportando o alvo em cuja direção pretende-se que caminhemos.

Na medida em que esse sistema se torna cada vez mais complexo e mais cara a energia necessária para sua manutenção achamos razoável fazer um estudo de sua rentabilidade em termos de valor energético ao invés de valor monetário como fizemos no caso brasileiro de modo a ressaltar a importância deste fator. É claro que a conversão é possível de ser feita e que há uma infinidade de trabalhos sobre fluxo monetário do setor agrícola americano, transporte, mão-de-obra, <sup>et.</sup> quantidades produzidas, etc... — |ver bibliografia| — que só vêm ratificar os resultados alcançados em termos energéticos.

Embora venha diminuindo a percentagem da população em contato direto com o solo, não devemos nos esquecer que poucos são os alimentos ingeridos logo após sua retirada da terra. Em geral eles seguem um longo percurso antes de serem consumidos: são transportados, processados, empacotados ou enlatados. novamente, transportados, etc... .

Um recente trabalho [23] considerando sete categorias de energia utilizadas na agricultura e não levando em consideração:

a) a energia gasta para realização da **fotossíntese**;

b) a energia despendida para a manutenção da maquinaria existente;

c) a energia gasta na coleta e tratamento de **lixo e resíduos**. (Nos Estados Unidos é enorme a utilização de caminhões nesta atividade [24]),

apresenta-nos o seguinte quadro da utilização de energia no sistema alimentar norte americano, no período 1940/1970, conforme a tabela a seguir:

UTILIZAÇÃO DE ENERGIA NO SISTEMA ALIMENTAR NORTE-AMERICANO

(Todos os valores são multiplicados por  $10^{12}$  Kcal) [23]

COMPONENTE	1940	1947	1950	1954	1958	1960	1964	1968	1970
No Campo									
COMBUSTIVEL(UTI.DIRETA)....	70.0	136.0	158.0	172.8	179.0	188.0	213.9	226.0	232.0
ELETRICIDADE .....	0.7	32.0	32.9	40.0	44.0	46.1	50.0	57.3	63.8
FERTILIZANTE .....	12.4	19.5	24.0	30.6	32.2	41.0	60.0	87.0	94.0
AÇO(NA AGRIC.) .....	1.6	2.0	2.7	2.5	2.0	1.7	2.5	2.4	2.0
MAQUINARIA(NA AGRIC.) .....	9.0	34.7	30.0	29.5	50.2	52.0	60.0	75.0	80.0
TRATORES .....	12.8	25.0	30.8	23.6	16.4	11.8	20.0	20.5	19.3
IRRIGAÇÃO .....	18.0	22.8	25.0	29.6	32.5	33.3	34.1	34.8	35.0
SUBTOTAL .....	124.5	272.0	303.4	328.6	356.3	373.9	440.5	503.0	526.1
Indústria de Processamento									
IND.DE PROCESSAMENTO ALIMEN TAR .....	147.0	177.5	192.0	211.5	212.6	224.0	249.0	295.0	308.0
MAQUINARIA NO PROCESSAMENTO ALIMENTAR .....	0.7	5.7	5.0	4.9	4.9	5.0	6.0	6.0	6.0
EMPAOTAMENTO(PAPEL).....	8.5	14.8	17.0	20.0	26.0	28.0	31.0	35.7	38.0
ENGARRAFAMENTO .....	14.0	25.7	26.0	27.0	30.2	31.0	34.0	41.9	47.0
LATAS .....	38.0	55.8	62.0	73.7	85.4	86.0	91.0	112.2	122.0
TRANSPORTE(COMBUSTIVEL)....	49.6	86.1	102.0	122.3	140.2	153.3	184.0	226.6	246.9
CAMINHÕES(MANUFATURA).....	28.0	42.0	49.5	47.0	43.0	44.2	61.0	70.2	74.0
SUBTOTAL .....	285.8	407.6	453.5	506.4	542.3	571.5	656.0	787.6	841.9
Comercial e Doméstico									
REFRIGERAÇÃO E AQUECIMENTO DE ALIMENTOS.....	121.0	141.0	150.0	161.0	176.0	186.2	209.0	241.0	263.0
MAQUINARIA NA REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL E FAMILIAR .....	10.0	24.0	25.0	27.5	29.4	32.0	40.0	56.0	61.0
REFRIGERAÇÃO E AQUECIMENTO FAMILIAR .....	144.2	184.0	202.3	228.0	257.0	276.6	345.0	433.9	480.0
SUBTOTAL .....	275.2	349.0	377.3	416.5	462.4	494.8	594.0	730.9	804.0
TOTAL .....	685.5	1028.6	1134.2	1251.5	1361.0	1440.2	1690.5	2021.5	2172.0

É importante notar que atualmente são dispendidos 12,8% do total de energia utilizada nos Estados Unidos, em seu sistema alimentar.

O autor ainda nos apresenta os seguintes gráficos: [23]

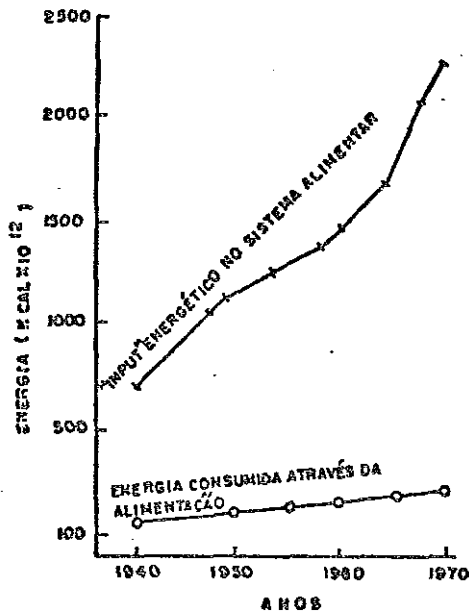


FIG. 4 -

ENERGIA UTILIZADA NO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO ENTRE 1940 / 1970 COMPARADA COM O CONTEÚDO CALÓRICO DOS ALIMENTOS CONSUMIDOS.

O valor dos alimentos consumidos foram obtidos multiplicando quantidade diária de caloria consumida, pela população.

A diferença na quantidade de calorias consumida nos últimos trinta anos é pequena e a inclinação da curva reflete basicamente o aumento da população.

Evolução do Input Energético no sistema alimentar norte americano X homens hora em trabalho agrícola: [23]

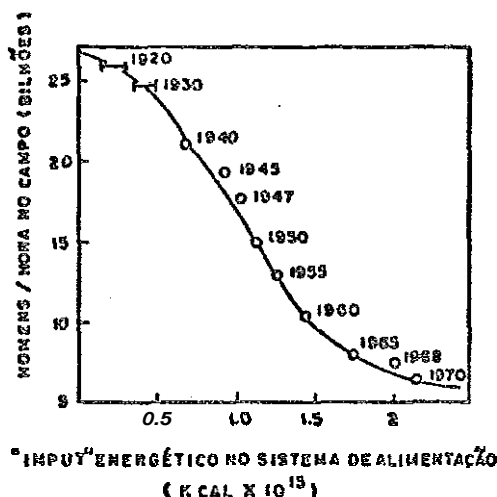


FIG. 2 -

TRABALHO UTILIZADO NO CAMPO X ENERGIA UTILIZADA NO SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO.

David Pimentel [25] estudando a cultura (típica americana) do milho conclui que a produção média de milho por acre aumentou cerca de 350% entre 1907 e 1971, sendo que o aumento significativo se deu a partir de 1950 quando se começou a plantar milho híbrido, o qual necessita de condições muito especiais para seu crescimento, altamente consumidoras de energia.

Entre 1945 e 1970 a quantidade de mão-de-obra na produção de milho diminuiu de 60%, a mecanização aumentou muito e com isso o consumo de combustível. O aumento de fertilizantes (nitrogênio, fósforo e potássio) por acre cresceu mais de dez vezes. Em 1945 cada acre consumia 2,8 Kg de nitrogênio, 2,8 Kg de fósforo e 2Kg de potássio, em 1970 estas quantidades passaram a ser respectivamente 44,8 Kg, 12,4 Kg e 24 Kg [26].

A tabela seguinte mostra a evolução do consumo de energia da produção de milho entre 1945 e 1970.

INPUT ENERGÉTICO (Kcal) NA PRODUÇÃO DE MILHO [25]

INPUT	1945	1950	1954	1959	1964	1970
MÃO DE OBRA' ...	12,500	9,800	9.300	7.600	6.000	4.900
MAQUINARIA ...	180.000	250.000	300.000	350.000	420.000	420.000
GASOLINA <sup>2</sup> .....	543.400	615.800	688.300	724.500	760.700	797.000
NITROGENIO <sup>3</sup> .....	58.800	126.000	226.800	344.400	487.200	940.800
FÓSFORO <sup>4</sup> .....	10.600	15.200	18.200	24.300	27.400	47.100
POTÁSSIO <sup>5</sup> .....	5.200	10.500	50.400	60.400	68.000	68.000
SEMENTES <sup>6</sup> .....	34.000	40.400	18.900	36.500	30.400	63.000
IRRIGAÇÃO .....	19.000	23.000	27.000	31.000	34.000	34.000
INSETICIDAS <sup>7</sup> ...	0	1.100	3.300	7.700	11.000	11.000
HERBICIDA <sup>8</sup> .....	0	600	1.100	2.800	4.200	11.000
SECAGEM .....	10.000	30.000	60.000	100.000	120.000	120.000
ELETRICIDADE..	32.000	54.000	100.000	140.000	203.000	310.000
TRANSPORTE.....	20.000	30.000	45.000	60.000	70.000	70.000
TOTAL(INPUTS) ..	925.500	1.206.400	1.548.300	1.889.200	2.241.900	2.896.800
PRODUÇÃO(OUT- PUT) .....	3.427.200	3.830.400	4.132.800	5.443.200	6.854.400	8.164.800
OUTPUT/INPUT .....	3,70	3,18	2,67	2,88	3,06	2,82

- (1) Assume-se que 1 trabalhador consome 21770 Kcal por semana e trabalha 40h por semana. Para 1970: (9 horas/40 horas) X 21770 Kcal = 4900 Kcal
- (2) Gasolina, 1 galão = 36225 Kcal
- (3) Nitrogenio, 1 pound = 0400 Kcal, incluindo produção e processamento
- (4) Fósforo, 1 pound = 1520 Kcal , incluindo processamento
- (5) Potássio, 1 pound = 1050 Kcal , incluindo processamento

Achamos interessante explicitar aqui a evolução da rentabilidade, em termos energéticos da plantação de milho no período. Em 1945, cada quilo caloria empregada gerava 3,70 Kcal — considerou-se que cada pound = 0,4 Kg de milho contém 1800 Kcal — e em 1970 cada quilocaloria gerou 2,82 Kcal.

Ao mesmo tempo observa-se que culturas mais primitivas, tecnologicamente menos avançadas, apresentam uma rentabilidade de em média de 30 caloriis para cada caloria utilizada, ao invés de utilizar 10 calorias de combustível para obter 1 caloria de alimentos [23], encarando-se o sistema agro-industrial como um todo.

Achamos que estas constatações são merecedoras de atenção, na medida em que o que foi apresentado está associado a um elevado custo social, e este é o modelo de política agrícola seguido pelo Brasil: um modelo poupador de mão-de-obra, poupador de terra, de rentabilidade energética negativa num país onde há escassez de combustível fósil, apreciável quantidade de mão-de-obra não qualificada e mais de 8.500.000 quilômetros quadrado.

---

(6) Sementes - 1 pound = 1.800 Kcal

(7) Enseticidas - 1 pound = 11.000 Kcal

(8) Herbicidas - 1 pound = 11.000 Kcal .



REFERÊNCIAS

- [<sup>1</sup>] Retirado de "A Economia Política do Desenvolvimento", P. Baran.
- [<sup>2</sup>] História Sincera da República, L. Basbaum, 1976.
- [<sup>3</sup>] Terra e Homem no Nordeste, M. Correa de Andrade.
- [<sup>4</sup>] Formação Histórica do Brasil, N. Werneck Sodré.
- [<sup>5</sup>] Formação Econômica do Brasil, Celso Furtado.
- [<sup>6</sup>] História Econômica do Brasil, C. Prado Júnior.
- [<sup>7</sup>] Desempenho do Setor Agrícola, década 60/70, Silvio Wanick Ribeiro, FPEA, 1973.
- [<sup>8</sup>] Centro de Contas Nacionais da Fundação Getúlio Vargas
- [<sup>9</sup>] Distribuição de Renda e o Desenvolvimento Econômico do Brasil, Langoni G., vol. II, 1972
- [<sup>10</sup>] Contribuição à Análise de Distribuição de Renda e a Posse da Terra no Brasil, Hoffman R.
- [<sup>11</sup>] Os Baixos níveis de Renda e de Salários na Agricultura, Tecnologia e Desenvolvimento Agrícola, IPEA/INPES, 1975.
- [<sup>12</sup>] Tecnologia e Rentabilidade na Agricultura, Claudio R. Contador, IPEA, 1975.
- [<sup>13</sup>] Comissão Mista Brasil-Estados Unidos, Relatório Geral - Rio, 1954.
- [<sup>14</sup>] New York Times, 14-2, 1972.

- [15] A Crise Ecológica, a Sociedade Industrial Contemporânea e Alternativas para o Terceiro Mundo, C. Victora e A. Aveline, Cadernos, out. 1976.
- [16] Hidden Peril of the Green Revolution, New Scientist, Out 1970.
- [17] The closing circle, B. Commoner, New York, Knopf, 1971.
- [18] Ocupación y Población - documento INST/S-31; junho, 1968.
- [19] A Acumulação do Capital, R. Luxemburg, Zahar, 1970.
- [20] Land Reform, Industrialization and Market Surplus in India: An Essay on the Power of Rural Bias, T.J. Byres in Lehmann(ed), Agrarian Reform and Agrarian Reformism, 1974.
- [21] Um Projeto para o Brasil, Celso Furtado.
- [22] O Setor Produtivo Estatal e o Ciclo, Luciano Coutinho, 1975, ANPEC.
- [23] Energy use in U.S. Food System, J.S. Stenhardt e C. Estenhardt.
- [24] Statistical Abstract of the United States Government Printing Office, Washington, D.C.
- [25] Food Production and the Energy Crisis, D. Pimentel et al., Science, vol.182, 1973.
- [26] U.S. Department of Agriculture, Changes in Farm Production Efficiency.

## CAPITULO III

### AVALIAÇÃO DA RENTABILIDADE DA ENERGIA SOCIAL

#### 3.1. INTRODUÇÃO

Cerca de quinze anos depois da publicação de *O Capital*, a economia política oficial abandonava as posições mantidas pela escola econômica clássica (Smith, Ricardo e Marx, principalmente) e substituía a teoria do valor baseada no trabalho por uma outra introduzida por Menger e Wieser em Viena e Jevons na Inglaterra. A teoria do valor-trabalho era substituída pelo valor-utilidade.

Esta nova doutrina, ao contrário do que quase sempre acontece com as novas teorias, foi imediatamente aceita. No lugar de se preocupar com as questões "antigas" sobre a distribuição do produto social, a nova teoria era menos ampla e "mais precisa", preocupava-se com problemas relativos a preços. A distribuição deixa de pertencer à esfera da produção e os problemas de mercado dizem respeito a relação entre os vários artigos produzidos e as atitudes subjetivas de cada consumidor individual. Esta teoria passa a formular leis sobre relações de troca, sobre a interdependência de preços, ocultando as relações de propriedade, o que aliás vinha a ser muito conveniente para "manter a dignidade" do sistema capitalista de produ-

ção.

A nova teoria era tão valiosa para o sistema e de uma coerência lógica tão grande que somente na década de sessenta, com a publicação do livro Piero Sraffa, *Production of Commodities by Means of Commodities* [1], a partir de uma hipótese básica do modelo esta coerência começou a ser contestada. Ou melhor, em decorrência da obra de Sraffa se deu uma longa discussão [2], conhecida como a "controvérsia de Cambridge", na qual todo o arcabouço teórico dessa escola, conhecida como escola marginalista, foi colocado em questão. O conceito de "quantidade de capital" assumido como independente da distribuição da renda e os outros conceitos daí decorrentes — a função de produção agregada, a curva de demanda por capital, baseada na "produtividade marginal do capital" — se mostraram infundados.

(Gostaríamos de não entrar em maiores detalhes. Sobre este assunto existe uma longa bibliografia J. Robinson [3], M. Dobb [4], O. Braun [5], Garegnani [6], D. Nutti [7], e muitas outras. Em nossa tese de mestrado fizemos uma detalhada exposição sobre esse tema) [8].

A partir da "controvérsia de Cambridge" vários foram os economistas que retornaram a Marx em busca de uma explicação do funcionamento do sistema capitalista [9].

Estes economistas voltaram-se para um critério de avaliação do sistema econômico diferente daquele que buscava a taxa máxima de lucro, onde a 'mão-de-obra deixasse de ser um mero fator de produção, do mesmo nível que o capital e a

terra, que deveria ser combinada com êstes dois últimos, não Importando a forma, desde que permitisse auferir a taxa máxima de beneficio.

O ser humano passa a ser encarado (e é assim que admitiremos na nossa abordagem) como um ser social, atuante sobre a natureza, sem o que a reprodução social não se torna possível.

### 3.2. CRITÉRIO DE ANÁLISE DA RENTABILIDADE ENERGÉTICA

A partir da década de cinquenta os Estados Unidos começaram a se preocupar com a evolução futura de sua economia. Identificando as tendências estruturais do sistema econômico americano, sem fantásticos exercício de futurologia, alguns técnicos chegaram a conclusão que a economia americana sobreviveira de modo totalmente dependente da oferta externa de recursos naturais não renováveis. Segundo os dados publicados pelo Ministério do Interior do Governo dos Estados Unidos, há indicação que dos treze principais produtos minerais requeridos para o funcionamento da economia do país, todos menos o fosfato serão importados no fim do século. Os Estados Unidos que são atualmente independentes na produção de cobre, dependem de importações no ano 2000 de 56%; ainda segundo as previsões do Ministério do Interior, o valor das importações americanas de petróleo passará, a preços de 1970, de 8 bilhões de dólares nesse ano para 31 bilhões em 1985 e 64 bilhões quinze anos depois [10].

Esses estudos no entanto partiram da hipótese que esses produtos estariam disponíveis, que o mundo fora dos Estados Unidos seria ilimitado.

No capítulo anterior vimos que a rentabilidade na agricultura americana (em termos energéticos) é, atualmente, negativa. Vimos também que o modelo agrícola brasileiro tenta seguir o americano. Por outro lado, existem vários estudos que demonstram a impossibilidade de tornar possível a todos os membros da humanidade a atual forma de vida (e desperdício) dos países capitalistas cêntricos. E segundo Celso Furtado, "O desenvolvimento econômico que vem sendo preconizado e praticado nos países do Terceiro Mundo — o suposto caminho de acesso às formas de vida dos atuais países desenvolvidos — é um simples mito. Sabemos agora que os países do Terceiro Mundo não poderão jamais 'desenvolver-se', e por isso deve entender-se ascender às formas de vida dos atuais países desenvolvidos. Se por um milagre esse desenvolvimento viesse a ocorrer, o sistema entraria necessariamente em colapso" [11].

Parece inquestionável que atingir o "american way of life" pode ser conseguido, mas só por uma pequena parcela da população dos países periféricos (vale lembrar que estamos fazendo um raciocínio *coeteris paribus*, ou seja, mantendo constante o modelo atual de política econômica desses países). E assim, a tendência será acirrar ainda mais as diferenças.

Estudamos vários modelos de análise energética. E todos os que vimos eram de uma lógica irrefutável, muito consistentes do ponto de vista interno e como não podiam deixar

de ser, espelhos do sistema econômico de onde partiam. A maior parte deles era um guia de ajuda aos empresários, identificando as áreas de excesso e de escassez de energia e mostrando a maneira ótima de alocar os recursos existentes.

Conscientes da importância dos recursos naturais não renováveis, do que foi exposto anteriormente, e, ainda, do fato que a maior parte dos processos produtivos transformam energia disponível em não disponível, buscamos um critério de avaliação dos recursos naturais, pois achamos que criticar um método de análise significa também ser capaz apontar idéias que possam conduzir a uma interpretação diferente.

O critério adotado pretende ser útil para uma sociedade "não consumista", onde o critério de cálculo econômico seja o da rentabilidade social. Obviamente os padrões dessa sociedade diferem dos da atual, não são no que concerne ao consumo de grupos de alta renda, fazendo com que a obsolescência dos bens seja muito rápida, incorrendo num grande desperdício energético, como também buscam evitar as disparidades entre grupos sociais (O Brasil, um país onde 1% da população retêm o equivalente a 50% de toda a população mais pobre, deverá necessitar, fatalmente, de critérios para uma distribuição desta renda, em alguma fase posterior de seu desenvolvimento capitalista).

A nossa função objetivo, a que tentaremos minimizar deve refletir o gasto de energia tanto de extração como de processamento, utilização e recuperação (incluindo os efeitos sobre o meio ambiente).

A metodologia apresentada utiliza o conceito

termodinâmico de "energia" que é equivalente ao trabalho humano no que diz respeito a ser um denominador comum entre as mercadorias. Para nós, com a vantagem adicional de se poder avaliar os efeitos sobre o meio ambiente nos mesmos termos em que avaliamos a produção.

O tipo de análise que gostaríamos de utilizar tornando as fontes do materialismo histórico admite poucos antecedentes.

Podemos atribuir a ausência de referências sobre avaliação de recursos naturais e política energética em textos de economia política, primeiro às razões históricas — são depois da crise do petróleo e com o fortalecimento do Estado que as expressões valer energético e política energética passam a ter sentido. Seria absurdo, por exemplo exigir que Marx escrevesse sobre algo que não havia ou que não fosse relevante no seu tempo.

Esse raciocínio é um pouco falho na medida em que partimos de conceitos exatamente como aparecem hoje em dia para constatar que nada parecido existiu há um século.

O que verificamos é que a prática capitalista não tinha necessidade de utilizar uma política energética anteriormente, necessidade esta que só aparece no século XX. Não se pode portanto falar de lacuna em Marx, a quem a prática capitalista se apresentou de outra forma.

A conceituação que apresentamos a seguir baseia-se numa publicação feita em 1976 pelo Prof. Carlos A. Barrera da Fundação Bariloche. Como o próprio autor sub-intitu-



la, consiste num esboço teórico para uma avaliação econômica dos recursos naturais que "pretende integrar-se numa teoria normativa cujo princípio de racionalidade não se apoie na lógica da taxa de benefício e sim na minimização do gasto energético, incluídas as perdas de energia, em todas as fases de um sistema econômico, para cumprir os objetivos sociais".

Como há muito tempo vínhamos nos preocupando com a questão e depois de muito averiguar o único texto encontrado foi o do Prof. Barrera, achamos interessante fazer uma apresentação de sua obra, seguindo sua seqüência ao mesmo tempo em que no capítulo V colocamos o nosso desenvolvimento feito independentemente e apresentando, uma maneira possível de desenvolver e aplicar esse esboço teórico.

### 3.3. ENERGIA NATURAL E ENERGIA SOCIAL

A energia existente sob a forma de ventos, ondas, carvão, petróleo (dentro do solo), etc... chamamos de *ENERGIA NATURAL*.

O homem, ao agir sobre a natureza, transforma a energia natural, ao mesmo tempo que dela se apropria.

A energia natural, transformada e apropriada, denominamos *ENERGIA SOCIAL*.

Quase toda a energia a disposição do homem é proveniente do sol. O agricultor, por exemplo, utiliza a terra que capta energia solar, a qual as plantas convertem e ar-

mazenam. Ele por sua vez, *transforma* essa energia em trabalho.

Em todas as formações sociais podemos constatar algo em comum — a transformação de energia natural em social. O trabalho humano transforma a energia natural, dando-lhe valor-de-uso.

"Antes de tudo, o trabalho é um processo de que participam o homem e a natureza, processo em que o ser humano com sua própria ação, impulsiona, regula e controla seu intercâmbio material com a natureza ...

(...) Os elementos componentes do processo de trabalho são três:

- 1) Atividade adequada a um fim, isto é, o próprio trabalho.
- 2) A matéria a que se aplica o trabalho, o objeto de trabalho.
- 3) Os meios de trabalho, o instrumental de trabalho.

(...) Todas as coisas que o trabalho apenas se para de sua conexão imediata com seu meio natural constituem objetos de trabalho, fornecidos pela natureza.

(...) A coisa de que o trabalhador se apossa imediatamente — excetuando os meios de subsistência colhidos já prontos — não é o objeto de trabalho mas o meio de trabalho. (...) A terra é o arsenal de meios de trabalho.

(...) Se o objeto de trabalho é, por assim di-

zer, filtrado através de trabalho anterior, chama-mo-lo de materia-prima. Por exemplo, o minério extraído depois de ser lavado.

(...) No processo de trabalho, a atividade do homem opera uma transformação, subordinada a um determinado fim, no objeto sobre que atua por meio do instrumental de trabalho. O processo extingue-se ao concluir-se o produto. O produto é um valor-de-uso, um material da natureza adaptado às necessidades humanas através da mudança de forma" [13].

O primeiro princípio da termodinâmica, a lei da conservação da energia, nos assegura que as mudanças de energia dentro do sistema energético são qualitativas [14]. Podendo-se sempre passar da energia natural para social, de um sistema de baixa entropia para um de alta (no sistema global).

Para reproduzir o processo de transformação de energia, o homem utiliza parte da energia social previamente obtida, já que para isso ele deve empregar certa quantidade de energia (o que se conhece como insumos do processo produtivo).

As condições de produção social são simultaneamente as de reprodução.

Nenhuma sociedade pode produzir continuamente, isto é, reproduzir sem reconverter, de maneira constante, parte de seus produtos, em meios de produção ou em elementos da nova produção.

Quando a energia utilizada para a reprodução do ciclo tiver a mesma magnitude do que a obtida dizemos que não houve ACUMULAÇÃO caso contrário dizemos que houve acumulação

de energia no decorrer do processo.

"O trabalho, como criador de valores de uso, como trabalho Útil é indispensável a existência do homem — quaisquer que sejam as formas de sociedade, — e é necessidade natural e eterna de efetivar o intercâmbio material entre o homem e a natureza, e, portanto, manter a vida humana" |<sup>13</sup>|.

Segundo Marx toda mercadoria tem um aspecto duplo, o valor de uso e valor de troca. A expressão "valor de uso" denota uma relação entre o consumidor e o objeto consumido. Mas, como não é uma categoria social, ou seja, uma categoria que represente relações entre pessoas, ela se encontra fora do campo de investigação da Economia Política, ao contrário de "valor de troca" quando a mercadoria aparece como uma proporção na qual valores-de-uso de diferentes espécies são trocados entre si. O conceito de valor de troca, na verdade só se aplica quando "as mercadorias existem no plural" pois expressa uma relação entre mercadorias. "Qualquer mercadoria isolada, porém possui a qualidade social que se manifesta quantitativamente no valor de troca" |<sup>13</sup>|.

### 3.4. ENERGIA VIVA E ENERGIA MORTA

Chamamos de ENERGIA VIVA à energia que o homem gasta no processo de transformação de energia. A característica principal da energia viva é que quando aplicada sobre a natureza é capaz de transformar em energia utilizável uma

quantidade maior do que a gasta em todo processo. Embora isto aparente uma contradição com o Primeiro Princípio da termodinâmica, deve-se ressaltar que estamos falando de ENERGIA SOCIAL e a coerência com o Primeiro Princípio será demonstrado na Sec. 5.1.

A energia viva  $\bar{e}$  é aplicada sobre os recursos naturais e sobre as matérias-primas, isto é, um objeto natural  $\bar{j}$  filtrado pelo trabalho. A energia social, portanto, através da energia viva se materializa nos diversos produtos.

Aos meios de trabalho que são no fundo produtos do trabalho e, portanto energia viva materializada em instrumentos de produção, denominamos de ENERGIA MORTA.

Enquanto que a energia viva  $\bar{e}$  é consumida no ciclo produtivo, a energia morta transfere seu valor ao produto. Por exemplo, se uma máquina, meio de trabalho, se gasta em dez anos cada ano ela transfere um décimo de seu valor à produção anual.

Como os instrumentos de produção, as máquinas, ferramentas, etc não sofrem no processo de produção qualquer alteração quantitativa de valor, eles são denominados capital constante. A energia morta, portanto, é materializada em capital constante.

Como dissemos, a energia viva  $\bar{e}$  é totalmente consumida durante o ciclo produtivo, enquanto que a energia morta vai agregando ao produto uma quantidade de energia correspondente a uma parte proporcional ao seu custo de produção re

lacionada com a vida e seus meios de produção.

Dizemos que o valor da energia viva, em um determinado país, num determinado período é dado pelo seu custo de produção, ou seja, pela energia gasta para a produção da quantidade média dos meios de subsistência necessários para sua manutenção ou reprodução.

### 3.5. ENERGIA EFETIVA E ENERGIA AGREGADA

A energia natural é modificada pela ação da energia viva (força de trabalho) combinada com a energia morta (instrumentos de produção) até poder ser devidamente consumida.

A energia social, obtida na primeira fase do ciclo, a extrativa (aquela que converte uma certa quantidade de energia natural em social) é apropriada.

Essa apropriação na entando, não é total, na medida em que a energia utilizável é só uma parcela da retirada da natureza.

Para melhor compreensão vamos ilustrar com o exemplo do carvão. No início a energia química do carvão é "livre" no sentido que ela está a nossa disposição para realizar qualquer trabalho mecânico mas durante o ciclo produtivo essa energia perde essa qualidade e se torna limitada, não podendo ser mais utilizada com esse propósito.

Em cada fase do ciclo a energia utilizável se modifica . A energia existente no início de cada ciclo chamamos de ENERGIA POTENCIAL.

A energia potencial diminui devido a perdas ocorridas durante o processo de transformação.

A energia que resta depois dessas perdas denominadas de ENERGIA EFETIVA.

Dizemos que a energia efetiva é intermediária caso ela se destine a alguma transformação posterior, caso contrário, dizemos que ela é final, ou seja não será mais transformada (encontram-se materializada em valores de uso ou meios de produção).

Deve-se notar que em cada fase de transformação se incorre num determinado custo imaginário custo de energia viva + custo energia morta.

A diferença entre a energia social\*-efetiva intermediária, ao final de cada fase e o custo energético, nos dá a ENERGIA SOCIAL AGREGADA INTERMEDIÁRIA, e se essa fase for a final, temos ENERGIA SOCIAL AGREGADA FINAL.

Se a energia social agregada final incluir a depreciação da energia morta dizemos que ela é BRUTA, caso contrário, LIQUIDA.

Um recurso natural depois que foi transformado em produto final (valor de uso) volta à natureza, constituin-

do resíduos — *DISPERSÃO SOCIAL* — sendo ou não reaproveitados, dependendo do gasto energético para reciclá-los.

Definimos então um *RECURSO NATURAL ENERGÉTICO* como uma certa quantidade de energia em estado natural que dados os objetivos e instrumentos da sociedade e instituições sociais, pode ser transformada a um estado social, gastando menos energia do que finalmente utilizável pela mesma sociedade.

A quantificação de energia pode ser feita baseada em qualquer medida de energia usual: joules, B.T.U., Kwh, ergues, etc.

Tentaremos agora apresentar de modo esquemático os conceitos enunciados anteriormente. No capítulo V será apresentada uma nova formulação — após o desenvolvimento do instrumental matemático feito no capítulo IV. — que diferentemente do diagrama a seguir não mais analisará o fluxo de energia por fases de produção, mas por setores de produção. Apenas para maior clareza sobre a compatibilidade dos diagramas, podemos pensar no diagrama a seguir como representando um Único setor da economia.

Ao nos referirmos à energia, daqui por diante estaremos pensando em energia social. Apenas por comodismo omitiremos a palavra "social".

Seja:

EN - energia natural



EP - energia potencial

EEf<sub>i</sub> - energia efetiva embutida na produção da fase i

EM<sub>i</sub> - energia morta (materializada em bens de capital) consumida na fase i

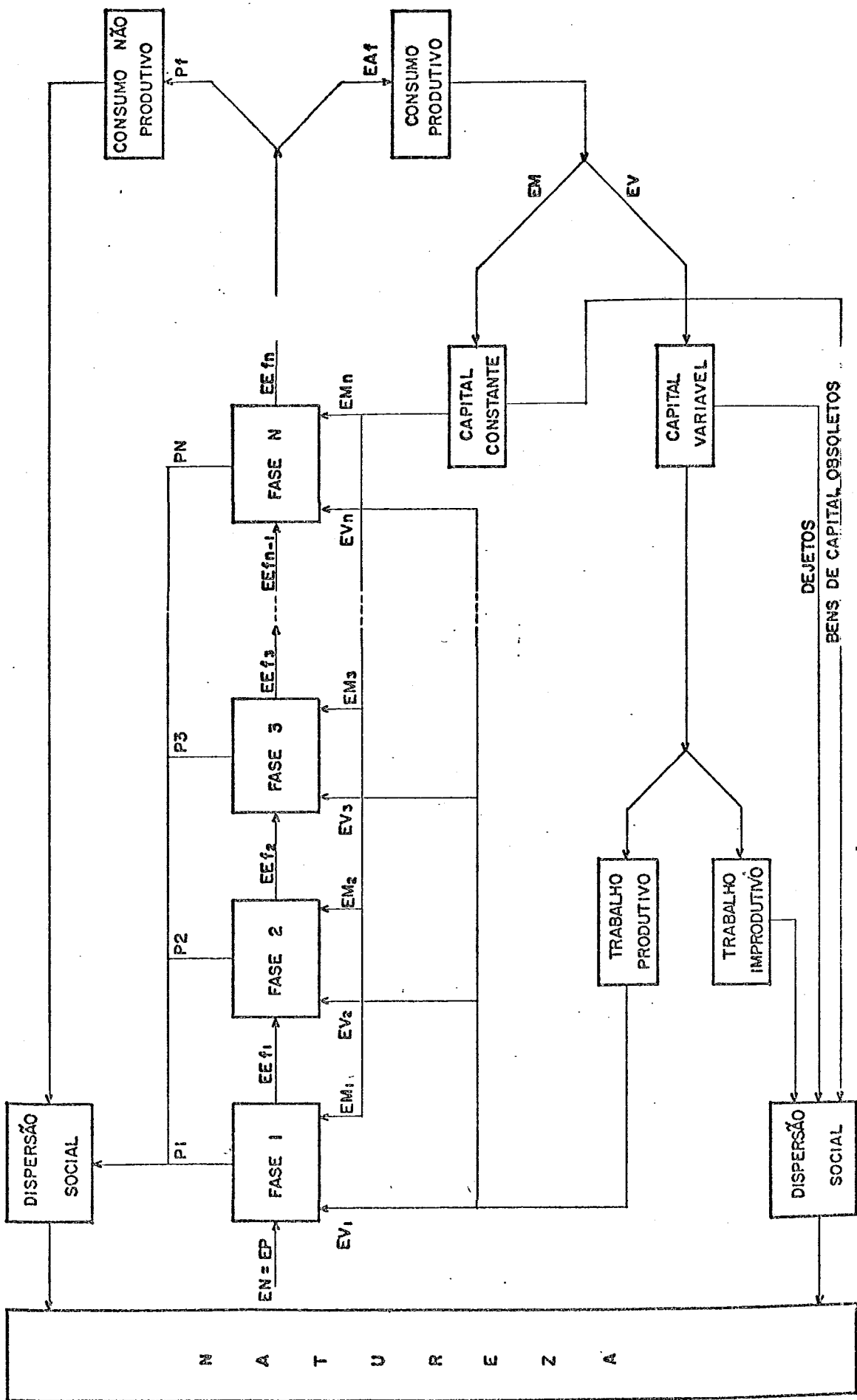
EV<sub>i</sub> - energia viva consumida na fase i

P<sub>i</sub> - perdas de energia recebida na fase i

P<sub>f</sub> - perdas de energia por utilização -final em consumo não necessário

EA<sub>i</sub> - energia agregada referente a fase i

EA<sub>f</sub> - energia agregada bruta na fase de utilização final.



### 3.6. TRABALHO PRODUTIVO E TRABALHO NECESSÁRIO

A partir do que foi exposto, podemos representar o sistema econômico como uma combinação de vários ciclos produtivos que se iniciam com uma ação direta sobre a natureza, passando por várias transformações de energia social até se tornar um conjunto de valores de uso e meios de produção.

Uma parte dessa energia social volta ao ciclo produtivo como energia morta (máquinas, instrumentos de produção, etc...) ou energia viva (bens que consomem os trabalhadores) e volta a se transformar em energia social.

Essa proporção de energia que volta ao ciclo chamamos de energia agregada final e representa um fundo bruto de energia, em termos físicos, para repor a energia gasta nas transformações e incrementá-la.

Uma outra parte da energia social é utilizada fora do ciclo de produção e não torna a se transformar em energia social.

Se o gasto em energia viva for reinvestido num trabalho que produza uma mercadoria que retorne ao ciclo produtivo, sendo de uma forma responsável pela reprodução desse ciclo dizemos que a energia viva foi gasta num TRABALHO **NECESSÁRIO**.

Além desta parcela de energia viva, o CONSUMO **NECESSÁRIO** incluirá a energia morta destinada aos meios de produção com os quais o trabalho necessário se combinou.

Por outro lado o *TRABALHO NÃO NECESSÁRIO* consiste em energia viva consumida no processo de transformação de energia social pela parcela da energia morta que não retorna ao ciclo produtivo, cuja existência não faz nenhuma diferença para a reprodução do ciclo.

*TRABALHO PRODUTIVO* - Todo aquele gasto de energia viva que se destina em transformar a energia social em todas as fases do ciclo. O consumo produtivo incluirá além desse gasto a energia morta responsável pela realização desse trabalho.

*TRABALHO IMPRODUTIVO* - Todo o gasto de energia viva que não se transforma em energia social. O consumo improdutivo inclui a energia morta que não se destina a transformar a energia social.

Exemplos de trabalho (e consumo):

- 1) *Produtivo-necessário*: energia utilizada na produção de **máquina.**
- 2) *Improdutivo-necessário*: transporte e comercialização de **máquinas.**
- 3) *Produtivo-não necessário*: energia gasta para produzir **motores de automóveis de corrida.**
- 4) *Improdutivo-não necessário*: transporte e comercialização **de jóias.**

### 3.7. ENERGIA E ACUMULAÇÃO

Qualquer que seja a forma social do processo de produção, tem êste que percorrer contínuo ou de percorrer periódica e ininterruptamente, as mesmas fases. Uma sociedade não pode parar de consumir nem de produzir. Por isso, todo processo social de produção, encarado em suas conexões constantes e no fluxo contínuo de sua renovação, é ao mesmo tempo processo de reprodução.

Se imaginarmos um sistema produtivo que funcione ano após ano sem nenhuma alteração, que toda sua produção se destine a realimentar o sistema, dizemos que estamos diante de um caso de reprodução simples. Caso contrário quando houver "excesso" de produção que não seja totalmente improdutiva dizemos que a reprodução é ampliada, existindo necessariamente acumulação.

Sabemos que historicamente não houve sociedade que se mantivesse num regime de reprodução simples. Em toda formação social sempre existiu acumulação — pelo que já expusmos podemos falar de acumulação de energia social. Porém no capitalismo essa acumulação tem a característica de ser acumulação de capital, regida pela lei do valor, através da inversão para produção de mercadorias, constituindo necessidade fundamental para o funcionamento do sistema.

Se o gasto em energia viva e morta (gasto em consumo produtivo) em todas as fases do ciclo for menor que

a energia agregada final, dizemos que há acumulação

$$\text{CONDIÇÃO PARA ACUMULAÇÃO} \quad \sum_{i=1}^n CP_i < EA_f$$

onde

$CP_i$  = gasto de energia viva + morta no ciclo  $i$

$EA_f$  = energia agregada final

Como não existe valores negativos, então

$$CP_i < EA_f$$

Mas sabemos que a diferença entre a energia social efetiva e os custos energéticos nos dá a energia social agregada, logo,

$$EA_f < EE_i$$

$$CP_i < EA_f < EE_i$$

↓

$$CP_i < EE_i$$

mas  $EA_i = EE_i - CP_i$

$EA_i > 0$ , que é a condição necessária para que haja acumulação.

### 3.8. PERDAS DE ENERGIA SOCIAL

Apesar do homem ter capacidade de atuar sobre a natureza e transformar a energia natural em social, ele não

consegue utilizar totalmente esta energia.

Como já foi apontado, durante as fases do ciclo existem perdas de energia que não pode ser materializadas nos diversos produtos, constituindo uma dispersão que juntamente com os bens depreciados, obsoletos e outros detritos formam a dispersão social; dependendo do gasto para reciclá-la esta energia pode dar origem a nova energia potencial.

Consideramos como perda do ciclo energético a quantidade de energia destinada a produção de bens não necessários, que denominamos perda final ( $P_f$ ). A energia consumida pelos trabalhadores não constitui uma perda já que a força de trabalho é utilizada e indispensável ao processo produtivo.

Deve ser observado que todas as perdas de energia refletem sobre o meio ambiente e seus efeitos podem variar desde a destruição do ciclo, até simplesmente acarretar uma diminuição da energia efetiva em algumas fases do ciclo.

REFERÊNCIAS

- [<sup>1</sup>] Sraffa, P. - 'Production of Commodities by Means of Commodities, Cambridge University Press, 1960.
- [<sup>2</sup>] Harcourt, G. C. - "Some Cambridge Controversies in the Theory of Capital", Journal of Economic Literature, Jun. 1969.
- [<sup>3</sup>] Robinson, J. - "Prelude to a critique of Economic Theory", Oxford Economic Papers, vol.13, 1961, in "A Critique of Economic Theory", Penguin, 1972.
- [<sup>4</sup>] Dobb, M. - "Teoria del Valor y de la Distribución desde Adam Smith", Siglo XXI, Argentina, 1975.
- "El Sistema de Sraffa y la Crítica de la Teoría Neoclásica de la Distribución", in "Teoría del Capital y la Distribución" - Editorial Tiempo Contemporáneo, Buenos Aires, 1973. ?.
- [<sup>5</sup>] Braiin, O. - "Teoría del Capital y la Distribución", Editorial Tiempo Contemporáneo, Buenos Aires, 1973.
- [<sup>6</sup>] Garegnani, P. - "Heterogeneous Capital, the Production Function and the Theory of Distribution", Review of Economic Studies, vol.37, 1970.
- [<sup>7</sup>] Nutti, D. M. - "Vulgar Economy in the Theory of Income Distribution", The Economist, vol.118, 1970.
- [<sup>8</sup>] Feigenbaum, D. - "Sistema de Sraffa e a Teoria da Distribuição", in "Teoria del Capital y la Distribución" - Editorial Tiempo Contemporáneo, Buenos Aires, 1973.



buição", Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, 1974.

[<sup>9</sup>] Meek, R. - "Mr Sraffa's Rehabilitation of Classical Economics", in Scottish Journal of Political Economy, Jun 1961.

"Economia e Ideologia", Zahar Ed., 1975.

[<sup>10</sup>] Furtado, C. - "O Mito do Desenvolvimento e o Futuro do Terceiro Mundo", na Revista Argumento, Paz e Terra, Out. 1973.

[<sup>11</sup>] The Limits to Growth, Universe Books, New York, 1972, principalmente.

[<sup>12</sup>] Barrera, C. A. - "Reproducción de Energia Social" (Esbozo teórico para una evaluación económica de los recursos naturales), mimeo. Fundación Bariloche, 1976.

[<sup>13</sup>] Marx, K. - "O Capital", Civilização Brasileira, 1968

[<sup>14</sup>] Georcjesco-Roegen - "The Entropy Law and Economic Process", Harvard University Press, 1971.

## CAPÍTULO IV

### PROCESSO DE PRODUÇÃO

#### 4.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo procuraremos mostrar como é possível prosseguir o desenvolvimento teórico apresentado no capítulo anterior.

Achamos que ele pode se dar de uma maneira análoga ao da teoria da produção e de seu aspecto dual, a teoria do valor.

Apresentaremos alguns tópicos destas teorias e como baseadas nelas poderíamos fazer um estudo sobre o valor energético.

São muito recentemente é que se conseguiu dar uma formalização matemática a determinados aspectos da teoria da produção e por conseguinte do valor, [1] [2]. Acreditamos e é com este objetivo que desenvolvemos nossa pesquisa que esta formalização permite uma maior operatividade ao modelo.

Este capítulo contém em sua maior parte um trabalho a ser publicado [3] fruto de uma pesquisa que realizamos em conjunto com Luis Paulo Vieira Braga e Roberto Luis

Olinto Ramos. Em particular, o mērito da apresentação e demonstração didática do teorema de Frobenius, suporte do nosso trabalho, devemos atribuir a Luis Paulo Vieira Braga.

Abordaremos alguns aspectos da teoria da produção e reprodução social. Conforme foi colocado nos capítulos anteriores, muitas vezes ē interessante, ou mesmo necessário, ser feita uma análise do sistema econômico sob o ponto de vista energético.

Achamos, no entanto, que este tratamento só tem sentido se inserido dentro de um estudo das relações sociais de produção.

Enfatisaremos e detalharemos as condições de produção e não as de mercado. O aumento de valor não se verifica nem na compra, nem na venda da mercadoria, mas sim deve produzir-se com a própria mercadoria. Dito de outra maneira, e de forma muito rasteira, o possuidor de dinheiro que quiser valorizá-lo, encontra no mercado uma mercadoria cuja propriedade específica, cujo valor de uso ē o de criar por si mesma valor.

Esta mercadoria que por motivos óbvios terá sempre um lugar de destaque em nossa apresentação ē a força de trabalho. Seu valor serā dado pelo valor dos produtos necessários ā sua conservação.

Para assegurar a produção, o capitalista deve comprar outras mercadorias além da força de trabalho. É preciso fornecer ao operário um conjunto de meios de produção

que são constituídos por: matérias primas, ferramentas, edifícios, etc.. .

No processo de produção algumas dessas mercadorias (matérias primas, lubrificantes para as máquinas, etc...) são absorvidas inteiramente. Seu valor passa diretamente para o produto. Outras, desgastam-se lentamente, e o caso de máquinas e edifícios. Encontraremos em cada produto apenas parcela de seu valor.

Em nosso estudo, entretanto, consideraremos somente a parte do valor dos meios de produção que é transferido para o produto no decorrer do processo produtivo.

Ao capital que não teve seu valor modificado no decorrer desse processo, que apenas transmitiu seu valor aos produtos como as matérias primas, ferramentas, etc.. ., denominamos capital constante, ao contrário do capital destinado a compra da força de trabalho, ou seja, utilizado como salário e que se destina agregar valor a produção, a qual denominamos capital variável.

A relação entre o capital constante e o capital variável representa a composição orgânica de um determinado capital.

Para melhor compreensão do que apresentaremos a seguir, devemos estar atentos ao duplo caráter do trabalho: ao exercer seu trabalho, o trabalhador transfere ao produto uma parte dos meios de trabalho que lhe são fornecidos; mas,

ao mesmo tempo, como trabalho é dispêndio de energia, é também criador de valor. Este valor se incorpora à mercadoria produzida.

Mas o trabalhador não gera somente um valor equivalente ao valor dos bens que servem à sua subsistência, o valor de sua força de trabalho, ou melhor, o seu salário. Ele cria um valor suplementar ao valor dos produtos necessários para seu sustento. É este valor suplementar, a mais valia, que é apropriada, e que permite que haja acumulação.

Em suma, quando nos referimos a salários estamos nos referindo ao valor da força de trabalho e não ao preço do trabalho.

Vejamos como se verifica o processo de produção e de reprodução social. Quais os significados de um processo de Reprodução Simples, Reprodução Ampliada e Reprodução Restrita. Qual o processo de criação de valor e como é possível obter sua formalização matemática precisa.

Para que o processo de produção de uma sociedade se dê de modo contínuo ou percorrendo periodicamente as mesmas fases, é necessário que a sociedade consuma e produza interruptamente; por isso podemos afirmar que todo o processo de produção social é ao mesmo tempo um processo de reprodução.

Esse processo produtivo pode ser encarado sob dois aspectos: como um processo físico criando valores de uso e como um processo que lhes atribui simultaneamente valor.

A teoria da produção e a teoria do valor, ou mais enfaticamente, a continua renovação dos processos — a teoria da reprodução são reflexões duais do grande processo metabólico da sociedade através do qual a humanidade se apropria de recursos naturais <sup>[1]</sup>.

Podemos representar matematicamente tanto a teoria da produção quanto a do valor através de dois sistemas de equações através, de dois modelos que são amarrados por uma interdependência e simetria, o que geralmente chamamos de dualidade. Em outras palavras, é o mesmo sistema de equações matemática que descreve o processo de reprodução, que determina as proporções entre trabalho e produto e, visto sob outro ângulo (sob a ótica do dual) que explica a avaliação, o fluxo de valores, entre valores de troca homogêneos.

Veremos que com a solução do dual torna-se possível, por exemplo, ordenar e medir a produção que é heterogênea.

Apesar do princípio da dualidade só ter sido muito recentemente desenvolvido (década de 60) sob o ponto de vista estritamente matemático, Marx numa carta a Kugelman declara: "... A melhor coisa no meu livro é: a ênfase sobre o caráter dual do trabalho, logo no primeiro capítulo, de acordo com o trabalho expresso em valor de uso ou valor de troca (esta é a base de toda a compreensão dos fatos)". E numa segunda carta: "Escapou a atenção de todos os economistas, sem exceção, que a mercadoria é algo dual — valor de uso e valor

de troca — .portantoo trabalho incorporado na mercadoria deve possuir um caráter duplo.: . Na verdade êste é todo o segredo da concepção crítica".

Inicialmente vamos estudar sob a ótica da produção e posteriormente sob a ótica do valor o processo produtivo.

A fim de que o "processo de reprodução" se verifique é necessário que parcela da produção anual seja consumida produtivamente servindo para substituir os elementos consumidos produtivamente no decorrer do processo produtivo.

Seja

$A_{n \times n}$  ~ matriz dos coeficientes técnicos de insumo~produto

Esta matriz define as proporções em que cada mercadoria entra na produção das demais.

$a_{ik}$  ~ representa a quantidade de  $i$  necessária para produzir uma unidade de  $k$

$$a_{ik} \geq 0 \quad i \neq k$$

$$0 \leq a_{ik} \leq 1 \quad i = k$$

Em cada ciclo produtivo, após retirados da produção bruta ( $x$ ) os elementos necessários para substituir os produtos consumidos durante o processo produtivo, obtêm-se o "produto excedente ou produto líquido" ( $y$ )

Seja

$x = [x_1, x_2, \dots, x_n]$  - vetor coluna produto bruto

onde  $x_i$  - representa a produção bruta gerada no setor  $i$

$y = [y_1, y_2, \dots, y_n]$  - vetor coluna produto líquido ou consumo produtivo

onde  $y_i$  - representa o consumo produtivo do setor  $i$

Temos portanto

$$x - Ax = y \quad (1.1)$$

O nosso problema consiste em achar o nível de produção ( $x$ ) que satisfaça a demanda final ( $y$ ) e repõe os meios de produção necessários para a produção do mesmo.

$$(I - A)x = y \quad (1.2)$$

ou

$$(1 - a_{11})x_1 - a_{12}x_2 - \dots - a_{1n}x_n = y_1$$

$$-a_{21}x_1 + (1 - a_{22})x_2 - \dots - a_{2n}x_n = y_2$$

$$\begin{array}{cccc} \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \end{array}$$

$$-a_{n1}x_1 - a_{n2}x_2 - \dots - (1 - a_{nn})x_n = y_n$$



Nós estamos interessados em determinar uma condição para (1.1) de forma que tenhamos soluções não negativas para as diferentes demandas, isto é:

CONDIÇÃO I : Para todos  $y_i \geq 0$  ( $i=1,2,\dots,n$ ), (1.1) tem uma solução não negativa  $x_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) (SOLUBILIDADE FORTE).

Antes de estabelecermos esta condição vamos colocar (1.1) sob uma forma mais geral:

$$\text{Seja } B = I - A$$

$$Bx = y \quad (1.3)$$

$$b_{ij} \leq 0 \text{ se } i \neq j$$

DEF.1.1: A CONDIÇÃO DE HAWKIN-SIMONS (H.S.)

Uma matriz satisfaz a condição H.S. se todos os seus menores superiores à esquerda tem determinante positivo i.e.

$$b_{11} > 0, \det \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} > 0, \det \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} > 0, \text{ etc}$$

Através da condição H.S. vamos estabelecer o seguinte teorema.

TEO.1.2: Para o sistema (1.3), as condições abaixo são equivalentes:

I) (CONDIÇÃO I / SOLUBILIDADE FORTE)

II) Para algum  $y_i > 0$  ( $i=1,2,..$ ), existe uma solução  $x_i$  ( $i=1,..,n$ ) não negativa (CONDIÇÃO II / SOLUBILIDADE FRACA).

III) H.S.

(ver demonstração em [4])

#### 4.2. CONDIÇÃO DE POSITIVIDADE NO MODELO DE INSUMO-PRODUTO

Exigimos que  $a_{ij} \geq 0$ , procuramos garantir para  $y_i \geq 0$  a existência de uma solução  $x_i \geq 0$ . A partir destas restrições vamos introduzir uma relação de ordem parcial no espaço das matrizes e em  $\mathbb{R}^n$ .

DEF.2.1:

$$(a) \ x \geq 0 \quad \leftrightarrow \quad x_i \geq 0$$

$$(b) \ A \geq 0 \quad \leftrightarrow \quad a_{ij} \geq 0$$

$$(c) \ x \geq y \quad \leftrightarrow \quad x-y \geq 0$$

$$(d) \ A \geq B \quad \leftrightarrow \quad A-B \geq 0$$

TEO.2.1:

$$(a) \ x \geq y \quad \rightarrow \quad \langle x, n \rangle \geq \langle y, n \rangle, \quad \forall n \geq 0$$

$$(b) \quad A \geq B \rightarrow A_n \geq B_n, \quad \forall n \geq 0$$

QEM. = Trivial.

No espaço das matrizes temos as seguinte normas equivalentes:

$$(N1) \quad \|A\| = \sum_{i,j=1}^n |a_{ij}|^2$$

$$(N2) \quad \|A\|_1 = \sum_{i,j=1}^n |a_{ij}|$$

$$(N3) \quad \|A\|_2 = \max |a_{ij}|$$

$$1 \leq i, j \leq n$$

Se  $A_n$  é uma sequência de matrizes, diremos que  $A_n$  converge a  $A$  ( $A_n \rightarrow A$ ) quando uma das três condições abaixo correm

$$(C1) \quad \|A_n - A\| \rightarrow 0$$

$$(C2) \quad \|A_n - A\|_1 \rightarrow 0$$

$$(C3) \quad \|A_n - A\|_2 \rightarrow 0$$

TEO.2.2:

$A_n \rightarrow A$  implica que  $\lim_{n \rightarrow \infty} (a_{ij})_n = a_{ij}, \quad \forall i, j$

DEM.:

A recíproca é trivial. A implicação no sentido

direto também sai facilmente ao aplicarmos uma das três condições de convergência acima.

TEO.2.3:

$$\text{Se } \lim_{n \rightarrow \infty} A_n = A$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} B_n = B$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x^n = x$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \alpha_n = \alpha$$

então

$$(a) \lim_{n \rightarrow \infty} (A_n \pm B_n) = A \pm B$$

$$(b) \lim_{n \rightarrow \infty} (\alpha_n A_n) = \alpha A$$

$$(c) \lim_{n \rightarrow \infty} A_n B_n = AB$$

$$(d) \lim_{n \rightarrow \infty} A_n x^n = Ax$$

$$(e) \text{ se } A_n \geq 0 \text{ então } A \geq 0$$

$$\text{se } x^n \geq 0 \text{ então } x \geq 0$$

DEM. :

As demonstrações são análogas às aquelas feitas para sequências de números reais com respeito às mesmas propriedades formais.

TEO.2.4:

(i) Se  $\{x^n\}$  é crescente e limitada superiormente então  $\{x^n\}$  converge.

(ii) Se  $\{A_n\}$  é crescente e limitada superiormente então  $\{A_n\}$  converge.

BEM.:

Sabemos que uma sequência de números reais converge nas condições acima, então para garantir a convergência em i) e ii), basta aplicar o YEO.2.2.

TEO.2.5:

Seja  $B$  tal que  $b_{ij} \leq 0$  se  $i \neq j$  então  $B$  terá uma inversa não negativa se e somente se  $B$  satisfizer H.S.

DEM.:

$\Rightarrow$ )  $\exists B^{-1}$  e  $B^{-1} \geq 0$  então  $B$  satisfaz a condição de solubilidade forte e pelo TEO.1.2,  $B$  satisfaz H.S.

$\Leftarrow$ )  $B$  satisfaz H.S., seja  $y \geq 0$  então pela (condição II) (solubilidade forte) e TEO.1.2  $\exists x \geq 0$  solução onde  $x = B^{-1}y$ , então para qualquer  $y \geq 0$  temos  $B^{-1}y \geq 0$  o que implica pelo teorema 2.1 b) que  $B^{-1} \geq 0$ .

COROLÁRIO 2.5.1:

Seja  $A \geq 0$ , e  $I$  matriz identidade

e  $\rho \in \mathbb{R}$  então:

$$\left[ \begin{array}{l} \rho I - A \text{ tem uma} \\ \text{inversa não negativa} \end{array} \right] \rightarrow \left[ \begin{array}{l} \rho I - A \text{ satisfaz} \\ \text{H.S.} \end{array} \right]$$

DEM. :

Aplicação imediata do teorema.

Temos portanto

$x - Ax = y$  , sendo  $y$  dado no início do período

$(I-A)$  - regular

$$Q = (I-A)^{-1}$$

$$x = Qy$$

Seja  $c = [c_1, c_2, \dots, c_n]$  - vetor coluna indicando consumo produtivo por cada homem/hora

$c_i = y_i / \text{número de horas gastas para produzir } y$

$c_i = \text{representa o consumo direto do produto } i \text{ por hora de trabalho}$

$v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$  - vetor linha trabalho direto na produção

$v_i$  - representa o trabalho direto necessário para a produção do produto  $i$

Vimos que

$x = Qy$ , onde  $x$  é o produto anual bruto

Agora temos  $Qc$  = produto bruto necessário para repor 1 hora de trabalho.

$vQc$  = numero de horas de trabalho direto, necessárias para produção de mercadoria para repor 1 hora de trabalho.

### REPRODUÇÃO SIMPLES

Quando a reprodução do processo produtivo é feita de modo inalterado, em escala constante, conservando as mesmas relações entre os produtos e todo o produto líquido se destina à reprodução da força de trabalho.

Para atender ao consumo individual necessário à manutenção da força de trabalho durante uma hora, é necessário que haja uma produção bruta ( $Qc$ ) que seja produzida nessa uma hora ( $vQc$ ).

Temos então a condição de REPRODUÇÃO SIMPLES

$$vQc = 1$$

Como acabamos de dizer, na REPRODUÇÃO SIMPLES o

processo de produção se renova sem mudar de volume, sem que haja alteração na escala de produção, mudança nas proporções entre os meios de produção ou quaisquer progressos técnicos.

Na verdade, REPRODUÇÃO SIMPLES é um caso indubitavelmente hipotético, porém ele é estudado com a mesma finalidade com que se estuda conceitos do tipo gases perfeitos e ausência de atrito, ou seja, para se compreender, a princípio de uma maneira muito simplificada, as regularidades e interdependências de fenômenos reais.

### REPRODUÇÃO AMPLIADA

Se  $vQc < 1$

temos a condição em que é possível haver REPRODUÇÃO AMPLIADA, ou seja, a produção bruta destinada a manter a força de trabalho por uma hora é obtida com menos de uma hora de trabalho. Em outras palavras, a parcela do produto consumida durante o processo produtivo é menor que o produzido. Parte do excedente é destinado ao crescimento da produção. Acumulado, parte do produto excedente é transformado em capital, significando que a produção se renova sob forma ampliada.

### REPRODUÇÃO RESTRITA

Se  $vQc > 1$



temos obrigatoriamente REPRODUÇÃO RESTRITA, ou seja, necessita se mais de uma hora para se atender ao consumo necessário para a produção possível de ser concretizada nesta hora.

#### 4.3. TEOREMA DE FROBENIUS

Até agora trabalhamos com a matriz  $A$  que contém os coeficientes dos produtos intermediários.

Vimos também que se necessita de informação adicional sobre os vetores  $c$  e  $v$ , que representam as necessidades de consumo da força de trabalho e o trabalho direto, se quisermos obter uma descrição total do sistema fechado.

Vamos agora definir uma matriz que nos forneça todas as informações sobre os coeficientes de entrada do sistema produtivo. A matriz completa é

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A & c \\ v & 0 \end{bmatrix}$$

Achamos interessante recordar os conceitos de auto-valor e autovetor para que possamos utilizá-los um pouco mais adiante.

Seja  $V$  um espaço vetorial sobre o corpo  $K$  e

$$A: V \rightarrow V$$

um operador de  $V$ . Um elemento  $v \in V$  é denominado autovetor se existir  $a \in K$  tal que  $Av = \alpha v$ ,  $v \neq 0$  portanto  $\alpha$  é unívocamente determinado pois  $\alpha_1 v = \alpha_2 v$  implica que  $\alpha_1 = \alpha_2$ .

Neste caso dizemos que  $v$  é um autovetor associado ao autovalor  $a$ .

Como  $Av = \alpha v$  então  $(\alpha I - A)v = 0$ .

Autovalores são os valores de  $a$  que anulam o determinante da matriz  $(\alpha I - A)$ .

Expandindo-se esse determinante se obtém uma equação de grau  $n$  em  $a$ , com  $n$  raízes não necessariamente diferentes, sendo possível calculá-las através de métodos numéricos. [ver Anexo]

O teorema que enunciamos e demonstramos a seguir nos garante que o maior autovalor da matriz  $\bar{A} \geq 0$  está associado a um autovetor não negativo (a menos do produto por um escalar) além de possuir o maior módulo dentre todos os autovalores.

Vamos demonstrar que este autovalor máximo sempre existe para matrizes, não negativas e irredutíveis que ele pode ser determinado univocamente.

Introduzindo a matriz  $\bar{A}$  ampliada

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A & C \\ v & 0 \end{bmatrix}$$

Temos pelas afirmações anteriores que se a situ

ação  $\bar{e}$  de Reprodução Simples então para  $\hat{x} = \begin{bmatrix} Qc \\ \cdot \\ 1 \end{bmatrix}$  que

$\hat{A}\hat{x} = \hat{x}$ , basta ver que:

$$\begin{bmatrix} A & c \\ v & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cdot \\ \cdot \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} AQc + c \\ vQc \end{bmatrix}$$

onde

$$AQc + c = \begin{bmatrix} \text{consumo} \\ \text{indireto} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \text{consumo} \\ \text{direto} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{produto/} \\ \text{bruto} \end{bmatrix}$$

e por hipótese  $vQc = 1$

$$\text{então} \quad \begin{bmatrix} AQc + c \\ vQc \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Qc \\ 1 \end{bmatrix}$$

Se a reprodução for ampliada,  $\hat{A}\hat{x} < \hat{x}$  (para o mesmo  $\hat{x}$ ) e se for restrita  $\hat{A}\hat{x} > \hat{x}$ . Mas serão os recíprocas de cada uma das condições indicadores do tipo de reprodução? Ou seja se  $\hat{A}\hat{x} = \hat{x}$  necessariamente o sistema está em reprodução simples? Ou  $\hat{A}\hat{x} < \hat{x}$  indica reprodução ampliada? Ou  $\hat{A}\hat{x} < \hat{x}$  indica reprodução ampliada? E  $\hat{A}\hat{x} > \hat{x}$  reprodução restrita? Estas perguntas tem resposta afirmativa e a garantia nos será dada pelo teorema de Frobenius. . Antes de apresentã-

to porêm, precisamos de alguma preparação.

TEO.3.1:

Seja  $A$  uma matriz não negativa  $B(\rho) = \rho I - A$ , uma matriz que varia com  $\rho \in \mathbb{R}$ . E,  $M = \{\rho \in \mathbb{R} \mid B(\rho) \text{ satisfaz H.S.}\}$ ,

$$\lambda(A) = \inf_{\rho \in M} \rho$$

Então

$$(a) \quad M \neq \emptyset$$

$$(b) \quad M = (\lambda(A), +\infty)$$

DEM.:

(a) Seja  $x$  um vetor  $> 0$ , então procurando  $\rho$  suficientemente grande tal que  $\rho x > Ax$  temos que  $B(\rho)x = \rho x - Ax = c > 0$ , ou seja verificamos a condição (I-solubilidade forte) e portanto a condição H.S para  $B(\rho) \rightarrow \rho \in M$

(b) Vamos mostrar antes que  $M$  é limitado superiormente (i.e. se  $\rho \in M$  então  $\forall \mu$  tal que  $\mu > \rho \rightarrow \mu \notin M$ )

Seja  $\rho \in M$  tome  $\mu \geq \rho$  então:

$$B(\mu) - B(\rho) = (\mu - \rho)I \geq 0 \rightarrow B(\mu) \geq B(\rho)$$

Como  $\rho \in M$ , para  $B(\rho)x = c > 0 \exists x \geq 0$  (de acordo com a condição I), tomando estes,  $B(\mu)x \geq B(\rho)x > 0$ , então  $B(\mu)$  satisfaz a condição (I) então satisfaz H.S. implicando  $\mu \in M$ .

Agora mostraremos que  $M$  é limitado inferiormen-

te. Seja  $\rho \in M$ ,  $\exists x \geq 0$  tal que  $B(\rho)x > 0$  (pela solubilidade fraca) temos que  $\rho x > Ax \geq 0$  e então  $\rho > 0 \rightarrow$  que  $M$  é limitado inferiormente.

Podemos então definir  $\lambda(A) = \inf_{\rho \in M} \rho$  obviamente  $\lambda(A) \geq 0$ , nós veremos que  $\lambda(A) \notin M$ . Suponha que  $\lambda = \lambda(A) \in M$  então pela condição II (solubilidade fraca) existe  $p < \lambda$  tal que  $px - Ax > 0$  para o mesmo  $x$  implicando que  $\rho \in M$ , o que contradiz o fato de  $h = \lambda(A)$  ser o ínfimo, logo  $\lambda = \lambda(A) \notin M$ .

Sabemos que se  $\lambda \notin M$  a equação  $(I-A)x = c$  não tem solução não negativa  $x$  para qualquer  $c > 0$ . Podemos então fazer a seguinte pergunta:

A equação  $(\lambda I - A)x = 0$  tem solução não-negativa além de  $x = 0$  ?

A resposta é dada pelo estudos dos auto-valores e auto-vetores associados a  $A$  i.e. Se  $\lambda x = Ax$ , para  $x \neq 0$  então  $h$  é um auto valor de  $A$  e  $x$  é um auto-vetor associado a  $h$ . A relação entre  $\lambda$  e  $x$  pode ser expressa na seguinte equivalência:

$$\left[ \begin{array}{l} (\lambda I - A)x = 0 \text{ tem} \\ \vdots \\ \text{uma solução } x \neq 0 \end{array} \right] \leftrightarrow \left[ \begin{array}{l} \det(\lambda I - A) = 0 \\ \vdots \\ \text{tem uma solução } h \end{array} \right]$$

O segundo membro de equivalência  $\det(\lambda I - A) = 0$  é chamada equação característica de  $A$ .

$\rho(\lambda)$  é um polinômio de ordem  $n$  então pelo teorema fundamental de Álgebra ele tem  $n$  raízes sobre o corpo dos complexos. Mas estamos preocupados com a existência de uma solução  $x \geq 0$  para  $(\lambda I - A)x = 0$ . A existência desta solução assim como sua relação com as outras soluções desta equação vai nos ser garantida pelo teorema de Frobenius. Antes de apresentá-lo enunciaremos o seguinte lema:

LEMA 3.1:

Escolheremos  $c > 0$  e consideremos a equação  $(\rho I - A)x = c$ , seja  $x(\rho)$  a solução determinada por  $\rho \in M$ , então  $x(\sigma) \geq x(\tau)$  para  $\sigma \leq \tau$ ;  $\sigma, \tau \in M$ .

DEM.:

Sejam

$$(\sigma I - A) x(\sigma) = c$$

$$(\tau I - A) x(\tau) = c$$

Subtraindo uma equação da outra e colocando na forma

$$(\sigma I - A)(x(\sigma) - x(\tau)) = (\tau - \sigma)x(\tau)$$

Como  $\sigma \in M$ ,  $\exists (\sigma I - A)^{-1} \geq 0$ , (corolário do TE0.2.5), multiplicando a inversa na igualdade anterior

$$x(\sigma) - x(\tau) = (\tau - \sigma) (\sigma I - A)^{-1} x(\tau)$$

como

$$(\tau - a) > 0 \text{ (hipótese)}$$

$$(\sigma I - A)^{-1} \geq 0 \text{ (corolário)}$$

$$x(\tau) \geq 0 \quad (\tau \in M)$$

$$x(\sigma) - x(\tau) \geq 0$$

Nós vamos demonstrar a versão do teorema de Frobenius para matrizes não negativas. Em seguida enunciaremos a versão para matrizes *não negativas e irredutíveis*, justificando o significado econômico desta última propriedade.

#### TEOREMA DE FROBENIUS (\*)

Seja  $A$  uma matriz não negativa então  $\lambda(A)$  é o maior auto-valor não negativo de  $A$ , e o módulo de todos os outros auto-valores não o excedem. Ainda  $\lambda(A)$  está associado um auto-vetor  $x \geq 0$  (a menos do produto por um escalar).

DEM. :

Inicialmente vejamos que  $\lambda(A)$  é autovalor de

(\*) O teorema de Frobenius é uma generalização do teorema de Perron: Uma matriz  $A$  positiva sempre tem um auto-valor real e positivo  $\lambda = \lambda(A)$ , cujo valor excede o módulo de todos os auto-valores. A este auto-valor máximo  $\lambda$  corresponde um auto-vetor  $x > 0$

$A$  e que seu auto-vetor  $\bar{e} \geq 0$ . Seja  $\{\rho_v\}$ ,  $\rho_v \in M$  uma seqüência decrescente tal que  $\lim_{v \rightarrow \infty} \rho_v = \lambda = \lambda(A)$  (a existencia desta seqüência  $\bar{e}$  garantida pela definição de  $\lambda(A)$ ).

Então pelo lema 3.1:

$$x(\rho_{v+1}) \geq x(\rho_v) \quad v = 1, 2, \dots \quad (3.1)$$

Definindo

$$n_v = \sum_{j=1}^n x_j(\rho_v)$$

$\{n_v\}$  é uma seqüência crescente

Suponhamos que  $\{n_v\}$  é uma seqüência limitada superiormente, então a seqüência  $\{x(\rho_v)\}$  é também limitada superiormente<sup>(\*)</sup>. Tendo em vista (3.1), o TEO.2.4i) e o TEO.2.3e),

$$\lim_{v \rightarrow \infty} x(\rho_v) = x \geq 0$$

Fazendo  $v \rightarrow \infty$  em

$$(\rho_v I - A) x(\rho_v) = c \quad (3.2)$$

obtemos  $(\lambda I - A)x = c$ ,  $x \geq 0 \rightarrow \lambda \in M(?) \rightarrow \{n_v\}$  não é limitado superiormente  $\rightarrow \lim_{v \rightarrow \infty} n_v = +\infty$ .

Vamos multiplicar por  $1/n_v$  ambos os lados de (3.2) e definir

(\*) no sentido da definição 2.1



$$y^v = x(\rho_v)/n_v$$

Então obtemos

$$(\rho_v I - A)y^v = c/n_v \quad (3.3)$$

Definiremos :

$$S_n = \{x \mid x_j \geq 0, j = 1, \dots, n, \sum_{j=1}^n x_j = 1\}$$

$S_n$  é compacto (é fechado e limitado em  $\mathbb{R}^n$ ).

$$\begin{aligned} y^v \in S_n, y^v &= x(\rho_v)/n_v = \frac{x(\rho_v)}{\sum_{j=1}^n x_j(\rho_v)} = \\ &= \sum_{j=1}^n y_j^v = \frac{x_1(\rho_v) + \dots + x_n(\rho_v)}{\sum_{j=1}^n x_j(\rho_v)} = 1 = y^v \in S_n \end{aligned}$$

Como  $S_n$  é compacto,  $\exists$  uma subsequência de  $\{y^v\}$  que converge em  $S_n$ . A subsequência correspondente em  $\{n_v\}$  deve então divergir a  $+\infty \rightarrow \{y^v\}$  converge a  $x$ .

Fazendo  $v \rightarrow \infty$  em (3.3) obtemos  $(\lambda I - A)x = 0$  onde  $x \in S_n$  i.e.  $\lambda = \lambda(A)$  é um auto-valor de  $A$  e  $x$  é um auto-vetor não negativo associado a  $\lambda$ .

Vamos ver agora que o módulo de qualquer outro auto-valor  $\omega$  é menor ou igual a  $\lambda(A)$  i.e.  $|\omega| \leq \lambda(A)$ .

Seja  $\mu$  tal que  $Ax \geq \mu x$ ,  $x \geq 0$  então necessariamente  $\mu \leq \lambda(A)$ . Suponhamos por absurdo que  $\mu > \lambda(A)$ , então pelo TE0.3.1 e pelo Corolário 2.5.1,  $(I - A)^{-1} > 0$ ; multi-

plicando  $(\mu I - A)x \leq 0$  por  $(\mu I - A)^{-1} \geq 0$  temos que  $x \leq 0$  (?) que é um absurdo (3.4).

Se  $\omega$  é um auto-valor de  $A$  então  $Az = \omega z$ , escrevendo

$$\omega z_i = (\omega z)_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} z_j \quad j = 1, 2, \dots, n$$

observamos que:

$$(Az)_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} z_j = (\omega z)_i$$

Tomando o módulo, temos:

$$|\omega| |z_i| = |\omega z_i| = \left| \sum_{j=1}^n a_{ij} z_j \right| \leq \sum_{j=1}^n a_{ij} |z_j|, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.5)$$

Defindo  $|z|$  como um vetor não negativo, cujo  $j$ -ésima componente é  $|z_j|$ , então (3.5) é equivalente a

$$A|z| \geq |\omega| |z|, \quad |z| \geq 0, \quad \text{pelo visto em (3.4)}$$

$|\omega| \leq \lambda(A)$  o que conclui a prova do teorema.

### OBSERVAÇÕES

(1) Como já observamos  $\rho(\lambda) = \det(\lambda I - A)$  é um polinômio em  $\lambda$  de ordem  $n$ . Se tomarmos  $\lambda$  real temos para  $A$  não negativa

$$\rho(\lambda) = 0 \quad \text{quando } \lambda = \lambda(A)$$

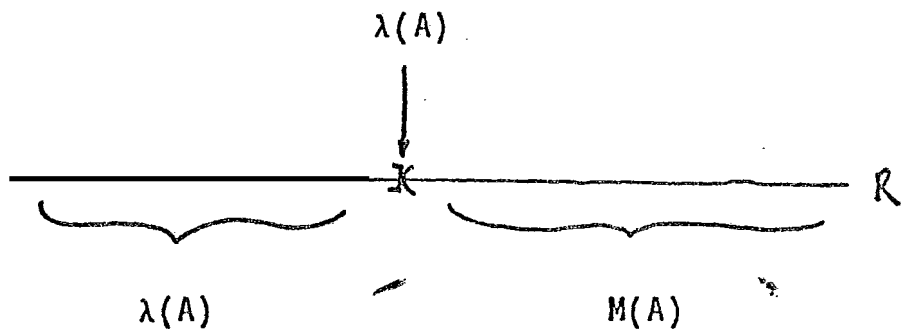
$\rho(\lambda) > 0$  quando  $\lambda > \lambda(A)$  por causa da condição H.S. implicando que  $\lambda(A)$  seja a maior raiz real da equação

$$\rho(\lambda) = 0.$$

(2) Definamos  $L(A) = \{\mu \in \mathbb{R} \mid \mu x - Ax \leq 0 \text{ para algum } x \geq 0\}$ .

Se  $\mu \in L(A)$  então  $\mu \leq \lambda(A)$  (3.4) e  $Ax = \lambda(A)x$  para algum  $x > 0$ ; mas então  $\lambda(A) \in L(A)$ . Além disso para  $\mu \in \mathbb{R}$  tal que  $\mu \leq \lambda(A)$  temos  $Ax = \lambda(A)x \geq \mu x$ ,  $x$  auto-vetor associado a  $\lambda(A)$ ; então  $\mu \in L(A) = L(A)$  é ilimitado inferiormente. Podemos então concluir que  $L(A) = (-\infty, \lambda(A)]$ .

$L(A)$  é portanto o complementar de  $M(A) = M$  em relação a  $\mathbb{R}$



Reescrevendo  $M(A) = \{\mu \in \mathbb{R} \mid \forall x \geq 0, \mu x - Ax > 0\}$  como complementar de  $L(A)$  vemos claramente que não pode haver nenhum auto-valor pertencente a  $M(A)$ .

(3) Se  $A_1 \geq A_2 \geq 0$  então  $\lambda(A_1) \geq \lambda(A_2)$ . Para ver isto basta provar  $M(A_1) \subset M(A_2)$  e então comparar  $\lambda(A_1)$  com  $\lambda(A_2)$

$$(4) \lambda(A) = \lambda(A^T)$$

As equações características de  $A$  e  $A^T$  tem as mesmas raízes portanto vale o resultado.

#### 4.4. APLICAÇÕES DO TEOREMA DE FROBENIUS

##### DEF.4.1:

Matriz Redutível e Irredutível

Seja  $A$  não negativa  $n \times n$  e  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ . Se  $N$  pode ser separado em dois sub-conjuntos  $I$  e  $J$  tal que

$$(a) N = I \cup J, I \cap J = \emptyset, I \text{ e } J \neq \emptyset$$

$$(b) a_{ij} = 0 \text{ se } i \in I \text{ e } j \in J$$

Então  $A$  é redutível. Quando não houver tal partição dizemos que  $A$  é irredutível.

A condição (b) traduz o fato de que o setor  $J$  não precisa do setor  $I$ .

Assumiremos agora que  $I$  consiste de  $\ell$  número e  $J$  de  $k$  números, vamos rearrumar as linhas e colunas de  $A$  redutível de modo que os  $k$  primeiros números representem os setores de  $J$  e os  $\ell$  restantes os setores de  $I$ . Então  $A$  pode ser reescrita como:

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ 0 & A_{22} \end{bmatrix}$$

Onde  $A_{11}$  é  $k \times k$ ,  $A_{12}$  é  $l \times l$ ,  $0$  é  $l \times k$  e  $A_{21}$  é  $k \times l$

Para matrizes não negativas irredutíveis (de ordem  $> 1$ ) o teorema de Frobenius é enunciado da seguinte maneira:

TEO.4.1:

Seja  $A \geq 0$  é irredutível então  $A$  tem somente um auto-valor positivo  $\lambda = \lambda(A)$ .  $\lambda$  é uma raiz simples da equação característica de  $A$ . O módulo de todos os outros auto-valor não excede  $\lambda$ . Ao auto-valor máximo  $\lambda$  está associado um único auto-vetor positivo (a menos de multiplicação por escalas). Ver [4]

Podemos agora responder às perguntas das páginas anteriores, relativas a  $\hat{A}^*$ : Suponhamos ter encontrado  $\hat{x} \geq 0$  tal que  $\hat{A}\hat{x} = \hat{x}$ , então 1 é o auto-valor associado, como e. positivo então é o único auto-valor positivo e de módulo máximo (\*\*) (pelo TED.B.1)  $\rightarrow$  a situação é de Reprodução Simples.

Caso  $\hat{A}\hat{x} < \hat{x}$  para  $\hat{x}$ ,  $1 \in M(A)$  e portanto não pode ser auto-valor de  $\hat{A}$  (o maior auto-valor de  $A$  é necessariamente menor que 1). Neste caso a Reprodução é Ampliada.

Caso  $\hat{A}\hat{x} > \hat{x}$  para algum  $\hat{x}$ ,  $1 \in L(A)$ , o maior

(\*) desde que assumamos  $\hat{A}$  como irredutível

(\*\*) não pode ocorrer  $Ax = \rho x$  onde  $\rho > 1$

auto-valor  $\bar{e}$  necessariamente maior que 1 e neste caso : temos Reprodução Restrita.

#### 4.5. O SISTEMA PRODUTIVO VISTO DO LADO DO VALOR

Já foi dito que o sistema produtivo que cria valores de uso  $\bar{e}$  é o mesmo que cria valores' de troca. Apresentaremos a noção de valor a partir dessa interdependência já descrita.

Vale ainda recordar que a nossa hipótese básica  $\bar{e}$  que o trabalhador acrescenta valor ao objeto de seu trabalho e que os valores dos meios de produção não são perdidos ao se transformarem em produto final, ao contrário, são preservados e transferidos ao produto.

Seja

$P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$  - vetor linha valor dos produtos

$p_i$  - representa o valor de uma unidade do produto  $i$

$p = v + pA$  , ou seja

VALOR DO PRODUTO = valor adicionado pelo trabalhador através de seu trabalho direto ( $v$ ) + valor dos meios de produção utilizados no processo produtivo ( $pA$ ).

Anteriormente os elementos da matriz  $A$  os  $a_{ik}$

representavam a quantidade do produto  $i$  necessária para produzir uma unidade do produto  $k$ . E a quantidade total do produto  $i$  utilizado no processo produtivo  $k$  era dada por  $a_{ik} x_k$ .

Agora, temos o quanto do valor do produto  $k$  é atribuído ao produto  $i$  ( $p_i a_{ik}$ ) e é preservado no processo produtivo.

Os diversos  $x_i$  não podiam ser comparados pois eram medidos em unidades distintas, enquanto que os  $p_i$ , medida de valor dos diversos produtos, fazem com que eles possam ser diretamente comparados.

$x - Ax = y$  - Fluxo de Valores-de-Usos no  
Processo de Produção

$p - pA = v$  - Fluxo de valores-de-troca no  
processo de criação de valor.

A matriz de insumo-produto mostra a interdependência direta entre os diversos setores da economia, mas somente isso não é suficiente para mostrar a importância de cada setor.

Deve-se observar que não somente as relações diretas como também as indiretas de um setor com ou outros para que sua importância seja pesada.

Vamos tentar mostrar como as relações diretas e indiretas poderão ser obtidas matematicamente.

Seja a equação

$$p = v + pA \quad \dots \quad p - pA = v$$

$$p = v(I - A)^{-1} \quad (4.1)$$

Expandindo  $(I - A)^{-1}$  em uma série infinita temos:

$$(I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \dots$$

Substituindo em (4.1):

$$p = vI + vA + vA^2 + vA^3 \dots \quad (4.2)$$

Sabemos que o primeiro termo  $v$  vai ser o valor acrescentado pelo trabalho direto, onde  $I$  será responsável pela única unidade de produto a ser entregue à demanda final. Para os outros termos teremos os valores acrescentados pelos meios de produção, onde  $A$  indica o insumo direto necessário à produção dessa única unidade. O termo seguinte  $A^2$ , mostra o primeiro detalhamento de insumos indiretos necessários a produção do insumo direto  $A$ , já para  $A^3$  seriam os insumos indiretos necessários a  $A^2$  e assim por diante.

Então com a série infinita para  $(I - A)^{-1}$  temos um detalhamento melhor da interdependência de setores e verificamos com a equação (4.2) como os valores são acrescentados à produção.

Sabemos que, se  $\lambda(A) < 1$  série converge a  $(I - A)^{-1}$ .



Já vimos que o valor da força de trabalho como o de qualquer outro bem  $\bar{e}$  determinado pelo seu tempo de produção ou reprodução. O valor da força de trabalho  $\bar{e}$  o valor dos meios de subsistência que o mantém.

O valor da força de trabalho, em geral, é menor do que o novo valor que ela está apta para criar.

O valor dos meios de subsistência consumidos pelos trabalhadores em, um ano  $\bar{e}$ :  $p_y$  e o valor do consumo necessário para manter 1 homem/hora  $\bar{e}$   $p_c$ .

$p_c \bar{e}$  portanto o valor da força de trabalho por hora.

Como

$$p = v + pA$$

$$Q = (I - A)^{-1}$$

$$p = vQ$$

Multiplicando-se ambos os lados da equação por  $c$  temos:

$$p_c = vQc$$

O modelo de produção visto pelo seu aspecto dual, sob o lado do valor, não encara mais, por exemplo, a reprodução simples como o estado onde o input de trabalho que entra no processo produtivo  $\bar{e}$  exatamente o mesmo que a produção resultante desse processo é capaz de manter. Mas, agora,

ela  $\bar{e}$  definida como o estado onde o valor dos meios de subsist<sup>ên</sup>cia  $\bar{e}$  é igual ao valor da força de trabalho que  $\bar{e}$  necessária para gerá-los.

Quando o trabalho gerar mais valor do que o va-  
lor dos meios de subsist<sup>ên</sup>cia que o mantem, dizemos que  $\bar{e}$  pos-  
sível haver Reprodução Ampliada, caso contrário, dizemos que  
a Reprodução  $\bar{e}$  Restrita.

Continuando com o desenvolvimento do dual do  
processo de produção, podemos mostrar que sob condições de Re-  
produção Simples, por exemplo, o vetor  $\hat{p}$  será o auto-vetor re-  
ferente ao auto-valor máximo da matriz de insumo-produto  $\hat{A}$ .  
E ainda que o auto-valor máximo sempre existirá, sendo único  
e igual a 1, pois a existência e unicidade da solução  $\bar{e}$  garan-  
tida pela não-negatividade e irredutibilidade da matriz  $\hat{A}$ .

Verificamos que a Reprodução Simples é possí-  
vel se o valor do produto,  $\hat{p}$ , for igual ao valor das parcelas  
que o constituem,  $\hat{p}\hat{A}$ .

Seja  $\hat{p} = (p, 1)$ .

$$\hat{p}\hat{A} = (p, 1) \begin{bmatrix} A & c \\ v & 0 \end{bmatrix} = (\underbrace{pA+v}_p, \underbrace{pc}_1) = \hat{p}$$

Dada uma matriz  $\hat{A}$  irredutível e não-negativa,  
contendo os coeficientes de entrada de um sistema de produção  
fechado, aplicando-se o teorema de Frobenius, podemos obter  
as condições para Reprodução Simples, Ampliada e Restrita:

i) Se existir um vetor  $\hat{p}$ , positivo tal que  $\hat{p}\hat{A} = \hat{p}$ , então é possível haver Reprodução Simples nesse sistema produtivo.

ii) Se existir um vetor  $\hat{p}$ , positivo tal que  $\hat{p}\hat{A} < \hat{p}$ , então é possível haver Reprodução Ampliada nesse sistema produtivo.

iii) Se existir um vetor  $\hat{p}$ , positivo tal que  $\hat{p}\hat{A} > \hat{p}$ , então só é possível haver Reprodução Restrita nesse sistema produtivo.

Devemos notar que a matriz  $\hat{A}$  nos fornece somente as proporções entre valores do nosso sistema fechado e de forma alguma sua magnitude. Encontrar o valor  $\hat{p}$  significa achar um vetor de proporções entre valores. E, portanto, qualquer escalar que multiplique  $\hat{p}$ , digamos  $\lambda\hat{p}$ , fornecerá um auto-vetor que resolverá igualmente o sistema equações.

O nosso sistema de equações possui um grau de liberdade. Devendo-se determinar arbitrariamente o valor de alguma mercadoria. Ao fazê-lo, todos os valores do sistema ficam definidos.

Em geral, fixa-se o valor da força de trabalho como "numéraire". Como vinhamos representando a força de trabalho como enésimo produto, na verdade o vetor valor com que

trabalhos é  $\hat{p} = (\frac{1}{p_n}, \frac{p_2}{p_n}, \dots, \frac{p_n}{p_n})$ . Esta é a ra-

mão pela qual o último elemento do vetor valor é 1.

REFERÊNCIAS

- [<sup>1</sup>] Brōdy, A. - "Proportions, Prices and Planning", North Holland, 1974.
- [<sup>2</sup>] Morishima, M. - "Marx's Economics - A Dual Theory of Value and Growth", Carnbridge University Press, 1973.
- [<sup>3</sup>] Feigenbaurn, D. ; Braga L.P.V. ; Olinto R.L. - "Uma Form**l**izaçã**o** das Condições de Reprodução Social.
- [<sup>4</sup>] Feigenbaum, D. - "O Sistema de Sraffa e a Teoria da Dis-tribuição, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, 1974.
- [<sup>5</sup>] Nikaido, H. - "Introduction to Sets and Mapping in Modern Economics", North Holland, 1975.

ANEXOCÁLCULO DE AUTO-VALORES E DE AUTO-VETORES

Muitas vezes interessa-nos apenas o auto-valor de maior valor absoluto e não todos os auto-valores de uma matriz quadrada.

A seguir exporemos um método iterativo que aproxima o cálculo do maior auto-valor de uma matriz. Para isto, tomaremos um exemplo:

Seja a matriz  $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$ , sabemos que

$\lambda$  é um auto-valor de A, se A satisfaz a equação vetorial:

$$Ax = \lambda x, \text{ para } x \neq 0, \text{ onde } x \text{ é um vetor.}$$

Ou ainda  $\lambda x - Ax = 0$ , ou que  $(\lambda I - A)x = 0$ , teremos então que encontrar os A que satisfizerem a  $\det(\lambda I - A) = 0$ .

Temos que  $\lambda I - A = \begin{bmatrix} \lambda-1 & -1 \\ -2 & \lambda-1 \end{bmatrix}$  e que

$$\det(\lambda I - A) = (\lambda - 1)^2 - 2 = \lambda^2 - 2\lambda - 1, \text{ logo fazendo}$$

$\lambda^2 - 2\lambda - 1 = 0$ , teremos duas raízes  $\lambda_1 = 1 + \sqrt{2}$  e  $\lambda_2 = 1 - \sqrt{2}$ ; , aproximadamente  $\lambda_1 = 2,414$  e  $\lambda_2 = -0,414$ .

O método que acabamos de ver, é o direto, que consiste em encontrar as raízes de uma equação do grau  $n$ , sobre o corpo dos números complexos. Quando  $n$  é grande o problema se complica no que se refere às suas soluções aproximadas. No entanto no caso específico de auto-valores, utilizaremos o método de Jacobi [1], e suas modificações, principalmente a de Von Neuman [1], quando quisermos todos os auto-valores.

No nosso caso, queremos apenas estimar o maior auto-valor; apresentaremos então um método iterativo:

Seja novamente  $Ax = \lambda x$ , daremos uma primeira aproximação para o vetor próprio  $x$ :

$$x^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}, \text{ levando } x^{(1)} \text{ à equação ante-}$$

rior teremos:

$Ax^{(1)} = \lambda x^{(1)}$ , a primeira aproximação de  $\lambda$  será  $\lambda^{(1)}$  que será fornecida da seguinte maneira:

$$\lambda^{(1)} = \frac{A^1 x^{(1)}}{x_1^{(1)}}, \text{ onde } A^1 \text{ é a primeira li}$$

nha de  $A$  e  $x_1^{(1)}$  a primeira componente de  $x^{(1)}$ . A segunda aproximação de  $x$  será dada por  $x^{(2)}$ :

$$x^{(2)} = \frac{Ax^{(1)}}{\lambda^{(1)}}, \text{ com } x^{(2)}, \text{ calcularemos}$$

$\lambda^{(2)}$  e assim por diante, isto é,

$$x^{(t+1)} = \frac{Ax^{(t)}}{\lambda^{(t)}}$$

Pararemos quando  $x^{(t+1)}$  se confundir com  $x^{(t)}$ , segundo algum critério de convergência.

Aplicaremos o método para o exemplo anterior:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 1 \end{bmatrix},$$

$$x^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \lambda^{(1)} = \frac{(1 \ 1) \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}}{1} = \frac{2}{1} = 2;$$

$$x^{(2)} = \frac{Ax^{(1)}}{\lambda^{(1)}} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 2 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1,5 \end{bmatrix};$$

$$\lambda^{(2)} = \frac{(1 \ 1) \begin{bmatrix} 1 \\ 1,5 \end{bmatrix}}{1} = 2,5;$$

$$x^{(3)} = \frac{Ax^{(2)}}{\lambda^{(2)}} = \frac{1}{2,5} \begin{bmatrix} 2,5 \\ 3,5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1,4 \end{bmatrix},$$

$$\lambda^{(3)} = \frac{(1 \ 1) \begin{bmatrix} 1 \\ 1,4 \end{bmatrix}}{1} = 2,4 \quad ;$$

$$x^{(4)} = \frac{Ax^{(3)}}{\lambda^{(3)}} = \frac{1}{2,4} \begin{bmatrix} 2,4 \\ 3,4 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 1 \\ 1,416 \end{bmatrix}$$

$$\lambda^4 \cong \frac{(1 \ 1) \begin{bmatrix} 1 \\ 1,416 \end{bmatrix}}{1} = 2,416 \quad ;$$

$\lambda \cong 2,416$  já é uma boa aproximação. Este autovalor está associado ao auto-vetor  $\begin{bmatrix} 1 \\ 1,416 \end{bmatrix}$  (a menos de um escalar).



## REFERÊNCIA

- [<sup>1</sup>] A. Rals e H. S. Wilf - "Mathematical Methods for Digital Computers", John Wiley, **New York**, 1962.

CAPÍTULO VCONCLUSUES5.1. PROCESSO DE PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE ENERGIA SOCIAL

No decorrer de nossa exposição, visamos armar um arcabouço teórico que nos permitisse fazer uma análise do sistema econômico e medir sua rentabilidade, sob o enfoque **energético**, utilizando critérios sociais e levando sempre em conta as relações sociais de produção.

Baseados nesse esboço pretendemos continuar a **análise** de modo análogo ao que fizemos para o processo de produção social.

Conforme dissemos na introdução **inicial**, este trabalho apesar de ser o resultado de um longo período de pesquisa, não pretende ser conclusivo, ao contrário, é apenas uma contribuição que visa a ter uma continuidade.

Indicaremos, para finalizar, como seria possível fazer uma análise do processo de produção de energia social.

A metodologia será análoga à utilizada na apresentação do processo de produção | |

Conforme já foi visto, o processo de Reprodução Simples se caracteriza por se renovar sem variar de volume, ou melhor, toda a produção é consumida, ao contrário do processo de Reprodução Ampliada quando a mais valia torna possível que parcela da produção seja acumulada.

É interessante notar que durante o processo de reprodução, não se reproduz apenas os produtos e a força de trabalho, mas, embutido nesse processo se encontra o de reprodução da relação de produção entre as pessoas: "O processo de produção capitalista, considerado como integrante de um todo, enquanto processo de produção produz não só mercadoria e mais valia, produz e reproduz a própria relação capitalista: de um lado o capitalista e do outro, o assalariado" [2].

O diagrama a seguir reproduz graficamente o sistema descrito matematicamente até aqui.

Este esquema é análogo ao apresentado no capítulo III, podendo-se imaginar que agora as fases de produção estão agrupadas no interior de cada setor.

Seja:

EN - energia natural

EP - energia potencial

$EEf_i$  - energia efetiva embutida na produção do setor i

$EM_i$  - energia morta (materializada em bens de capital) consumida no setor i

$EV_i$  - energia viva consumida no setor  $i$

$P_i$  - perdas de energia recebida no setor  $i$

$P_f$  - perdas de energia por utilização final em consumo não necessário.

$EA_i$  - energia agregada referente ao setor  $i$

$EA_f$  - energia agregada bruta na fase de utilização final.

Conforme foi referido no capítulo II, as equações referentes à transformação de ENERGIA SOCIAL são coerentes com o Primeiro Princípio da termodinâmica, apenas omitem os termos relativos a energia natural não apropriada, que no início do ciclo é igual a energia potencial.

Portanto, o processo de transformação de energia natural e de reprodução de energia social pode ser apresentado da seguinte forma:

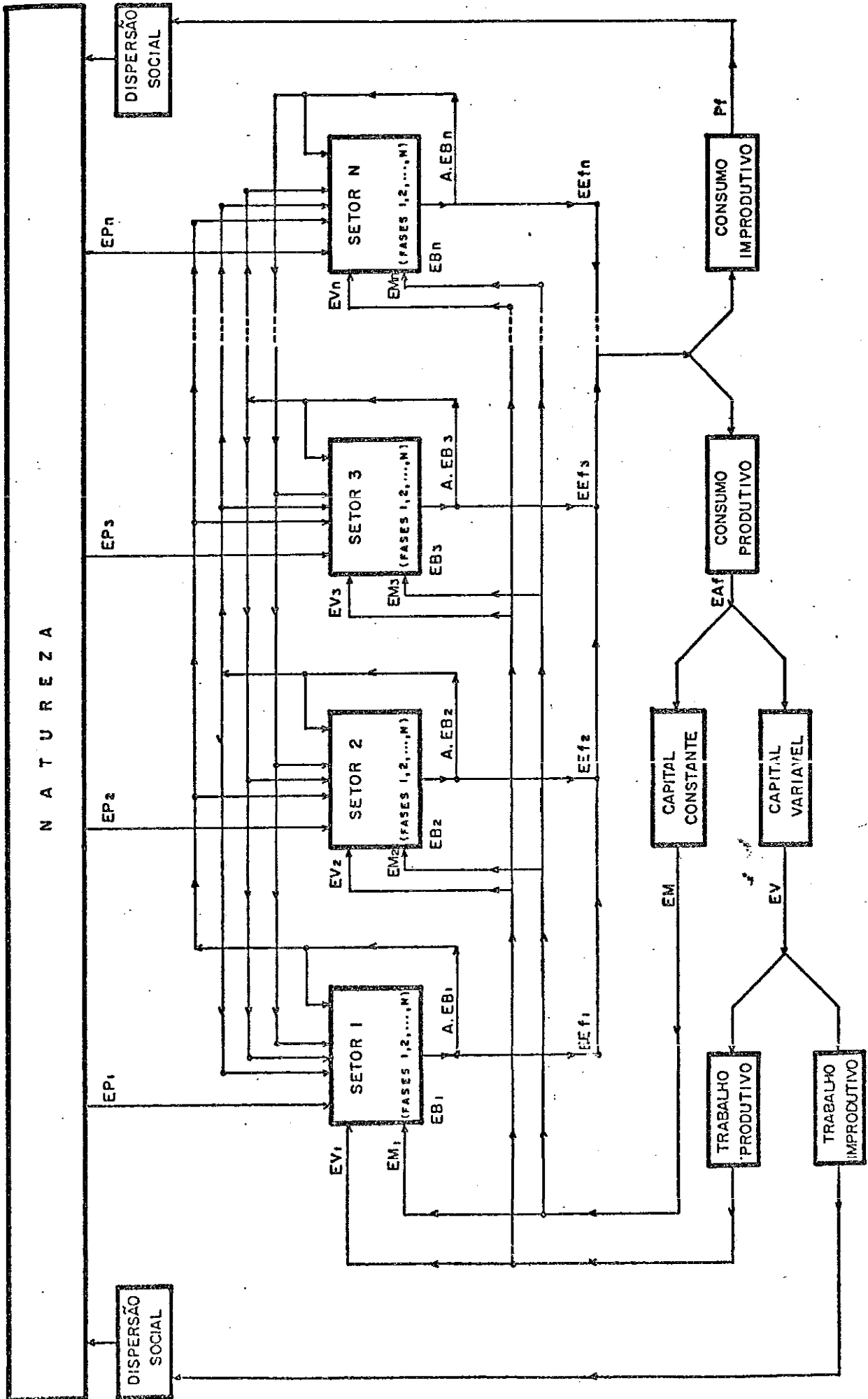
$$EM + EV + EP \rightarrow EEF + \sum_{i=1}^n P_i + EP_f, \text{ onde } EP_f \text{ é a quantidade}$$

de energia potencial referente aos recursos naturais não utilizados.

Evidentemente, o acréscimo obtido na energia social efetiva (EEf) corresponde a energia potencial que é apropriada e igual a  $EP - EP_f$ , menos as perdas de transformação.

Portanto, dizer que a energia viva é a única capaz de transformar em energia utilizável quantidade maior do que a ENERGIA SOCIAL gasta em todo processo é equivalente a dizer que a energia viva é a Única capaz de apropriar energia natural.

N A T U R E Z A



Jã foi dito que "a produção anual tem **primei-**  
**re**, de fornecer todos os objetos, valores-de-uso, que servi-  
 rão para substituir os elementos materiais do capital (meios  
 de produção e forçã de trabalho), consumidos no curso do ano.  
 Depois de deduzir esses elementos resta o **produto** excedente  
 ou **líquido** em que se concretiza a mais valia" [2].

Quando ocorrer a Reprodução Simples, o produ-  
 to excedente, se existir  $\bar{e}$  totalmente consumido pela classe  
 capitalista, constituindo seu fundo de consumo ( $P_f$ ).

Seja:

$EEf = (EEf_1, EEf_2, \dots, EEf_n)$  - vetor energia  
 efetiva

onde  $EEf_i$  - energia efetiva final embutida na produ-  
 ção de bens finais do setor  $i$

$A_{n \times n}^* = |a_{ik}|$  - matriz dos coeficientes técnicos  
 de insumo produto em termos ener-  
 géticos.

$EB = (EB_1, EB_2, \dots, EB_n)$  - vetor energia bru-  
 ta

onde  $EB_i$  - energia bruta referente ao ciclo produ-  
 vo  $i$

O nosso sistema de representação do processo  
 de produção de energia social

$$EB - A * EB = EEf$$

nos permite calcular quanto de energia social bruta  $\bar{e}$  necessária para suprir a energia destinada ao fundo de reposição e gerar uma determinada quantidade de energia efetiva que **constit**uem o consumo necessário para reprodução do ciclo produtivo (CP) e também o consumo não necessário ( $P_f$ ).

"A produção anual tem, primeiro de fornecer **ta**dos os objetos, valores-de-uso que servirão para substituir os elementos materiais do capital, consumidos no curso do ano. Depois de deduzir esses elementos **resta** o produto excedente ou **líquido** em que se concretiza a mais valia. E de 'que se compõe esse produto excedente ? De coisas destinadas a satisfazer as necessidades e os prazeres da classe **capitalista**, **constituindo** seu fundo de consumo ? Se fosse exatamente assim, haveria uma dissipação alegre e total da mais valia e **ocorre-**ria apenas reprodução simples.

Para acumular,  $\bar{e}$  necessário transformar parte do produto excedente em capital. Mas sem fazer milagres, **sõ** se pode transformar em capital coisas que são aplicáveis no processo de trabalho, isto  $\bar{e}$ , os meios de produção, e coisas das quais o trabalhador precisa para manter-se, isto é meios de **subsistência**. Em **conseqüência**, parte do trabalho anual **excedente** tem de ser transformada para produzir meios adicionais de produção e de subsistência **acima** da quantidade **necessária** para substituir o capital adiantada. Em suma, a mais **valia** **sõ** pode ser transformada em capital porque o **produto exceden-**

te, do qual ela é o valor, já contêm os elementos materiais de um novo oapital. ]<sup>2</sup>

Durante o processo de reprodução simples de energia social, se houver excedente, ele não retorna ao ciclo produtivo, ele é perdido ou consumido improdutivamente.

$$EB - A^* EB = EEf$$

$$(I - A^*)EB = EEf$$

$$\text{Fazendo-se } (I - A^*)^{-1} = Q$$

$$EB = Q EEf$$

Esta equação nos fornece a quantidade de energia social bruta necessária para que o ciclo produtivo possa ser renovado.

Devemos notar que podem ser feitas transformações de modo que as fases do ciclo produtivo possam ser consideradas dentro de uma Única unidade de tempo.

Seja:

Reprodução simples sem excedente

$v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$  - vetor coeficiente associado ao trabalho direto (homem/hora) na produção



$\underline{EEf^*} = (EEf_1^*, EEf_2^*, \dots, EEf_n^*)$ . - vetor consumo produtivo (direto) por homem/hora

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} A^* & EE^*f \\ v & 0 \end{bmatrix}$$

A matriz  $\hat{A}^*$  é não negativa e irredutível e conforme o teorema de Frobenius, a matriz  $\hat{A}^* > 0$  possui somente um auto-vetor positivo que é associado ao auto-valor máximo positivo.

Seja

$$\hat{EB} = (EB, 1)$$

Se

$$A^* \hat{EB} = \hat{EB}$$

Estamos diante de Reprodução Simples de energia social.

$$\text{Vimos que } EB = QEEf^*$$

Multiplicando-se ambos os lados da equação por  $v$ , temos

$$vEB = vQEEf^*$$

Sob condição de *Reprodução Simples de energia social* (sem excedente), o gasto energético em consumo necessário ( $EE^*f$ ) para manter a força de trabalho por uma hora, necessita que haja uma produção bruta de energia social ( $QEEf^*$ ) que pode ser produzida em uma hora ( $vQEEf^*$ ), logo

$$vQEEf^* = 1$$

Se examinarmos o processo de *Reprodução Simples de energia social*, levando em conta a existência de um *excedente*, ao invés de trabalharmos com a matriz  $\bar{A}^*$ , devemos trabalhar com a matriz  $R^1$

onde  $\bar{A}^* = \begin{bmatrix} A^* & EAf^* & P_f \\ w & 0 & 0 \\ s & 0 & 0 \end{bmatrix}$

$w$  = parcela de  $v$  correspondente a trabalho necessário

$s$  = parcela de  $v$  correspondente a trabalho excedente

$$w + s = v$$

$EAf^*$  = energia agregada bruta destinada a utilização final (energia viva + energia morta)

$P_f$  = perda energética por utilização final em consumo não necessário

$$EEf^* = EAf^* + P_f$$

Recordando que:

$$EB = QEEf$$

$$(I - A^*)^{-1} = Q$$

$$I \equiv (I - A^*)Q = Q - A^*Q$$

$$A^*Q = Q - I$$

No processo de reprodução simples de energia social,

$$A^* \hat{EB} = \hat{EB}$$

ou seja,

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} A^* & EEf^* \\ v & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q & EEf^* \\ 1 & \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} A^*QEE^*f + EEf^* \\ v & Q EEf^* \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} (A^*Q+1)EEf^* \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (Q-1+1)EEf^* \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} QEEf^* \\ 1 \end{bmatrix} = \hat{EB} \end{aligned}$$

Pelo teorema de Frobenius, uma matriz irredutível, não negativa possui somente um autovetor positivo ao qual está associado o auto-valor máximo positivo.

Podemos agora enunciar as condições de reprodução de energia social.

i) Se existir um vetor positivo  $\hat{E}B = (QEE*f, 1)$  tal que  $\bar{A}*\hat{E}B = \hat{E}B$ , então é possível haver reprodução simples de energia social

ii) Se existir um vetor positivo  $\hat{E}B$ , tal que  $\bar{A}*\hat{E}B < \hat{E}B$ , é possível haver reprodução ampliada de energia social.

iii) Se existir um vetor positivo  $\hat{E}B$ , tal que  $\bar{A}*\hat{E}B > \hat{E}B$  então dizemos que a reprodução de energia social é restrita.

Cabem aqui duas observações:

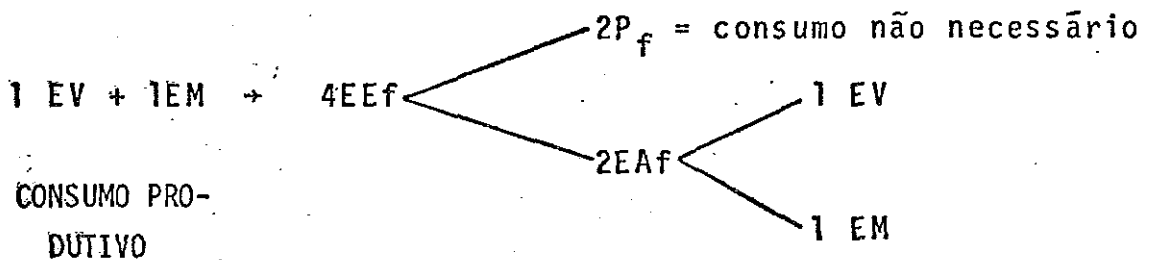
i) Não estamos levando em consideração as perdas de energia social ( $P_j$ ) que ocorrem durante as fases de transformação.

ii) Se o volume de energia agregada for igual ao gasto em consumo produtivo para que seja possível a reprodução do sistema, dizemos que estamos diante de um processo de reprodução simples de energia social —  $EAF = CP$  — se for maior, conforme mostramos no capítulo II, estamos diante de um processo de produção ampliado de energia social.

Vejamos agora, baseados nos esquemas de reprodução de Marx a importância que tem para o processo de acumulação de energia social, utilizar a energia efetiva final em consumo necessário e não necessário.

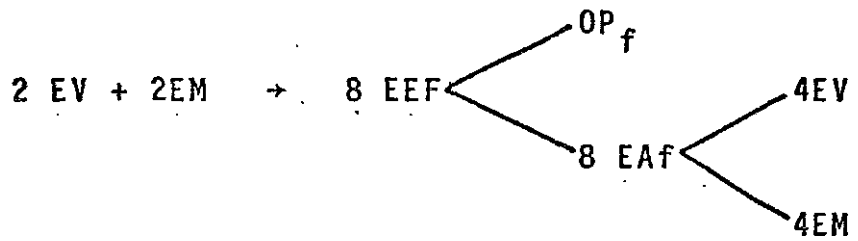
Imaginemos que um trabalhador possa transformar

mar a energia natural em energia social num equivalente a 4 kw/h. Sendo portanto, necessário gastar 1kw/h em meios-de-produção (1 kw/h em energia morta) e 1kw/h para repor sua força de trabalho (1kw/h para repor sua força de trabalho (1kw/h em energia viva). Suponhamos também que sejam gastos 2kw/h em consumo não-necessário.



ou seja, um trabalhador, consumindo 1kw/h em alimentos destinados a repor sua força-de-trabalho e 1kw/h em meios de produção é capaz de gerar 4kw/h de energia efetiva., Caso seja destinada a metade de sua produção para consumo não necessário, ainda assim o ciclo poderá ser reproduzido pois um trabalhador poderá consumir 1kw/h para repor sua força-de-trabalho e 1kw/h como meios de produção e repetir todo o ciclo produtivo novamente.

Caso não sejam destinados 2kw/h para consumo não-necessário, a energia social efetiva será igual a agregada final, ou seja, 4kw/h. Ao invés de se empregar um trabalhador, será possível empregar dois que consumirão 4kw/h produtivamente e teremos:



Verificamos então que o ritmo de acumulação é decidido no início do período, juntamente com a decisão de quantos trabalhadores com meios de produção determinados produzirão bens-básicos e quantos produzirão bens-não básicos

Compreende-se aqui por *BEM BÁSICO* aquele que irá se destinar a transformar, em última análise, energia. *BEM NÃO-BÁSICO*, aquele que não possui esse papel no ciclo energético.

Suponhamos, agora, que as 8EEF do exemplo sejam utilizadas da seguinte maneira:

6 EEF - para a produção de bens-básicos

2 EEF - para a produção de bens não-básicos

Utilizando-se uma técnica em que o consumo produtivo seja 0,5kw/h de energia viva e 0,5kw/h de energia morta para obter 2kw/h de energia efetiva final, temos o seguinte esquema:

$$\text{SI} : 1,5 \text{ EV}_1 + 1,5 \text{ EM}_1 \rightarrow 6 \text{ EAF}$$

$$\text{SII} : 0,5 \text{ EV}_2 + 0,5 \text{ EM}_2 \rightarrow 2 P_f$$

Verificamos que apesar de haver um consumo não produtivo de 2kw/h ainda pode haver acumulação já que a energia agregada final além de ter capacidade de repor a energia viva e morta do sistema (CP = 4kw/h) torna possível o aumento do número de trabalhadores e de seus instrumentos de produção.

Ataxa de crescimento da atividade econômica não depende, portanto, somente da quantidade de energia natural transformada em social mas também da sua distribuição na produção de bens.

## 5.2. TAXA DE ACUMULAÇÃO DE ENERGIA SOCIAL E PROGRESSO TÉCNICO

A relação entre a quantidade de energia agregada pelo sistema e os custos de transformação incorridos em cada fase nos fornece uma medida do ritmo de acumulação

$$a = \frac{Eaf}{\sum_{i=1}^n CP_i} = \frac{Eaf}{\sum_{i=1}^n (EM_i + EV_i)}$$

sendo que a taxa de acumulação é dada por

$$a' = \frac{Eaf - \sum_{i=1}^n CP_i}{\sum_{i=1}^n CP_i} = a - 1$$

É claro que no processo de reprodução simples ( $EAf = \sum_{i=1}^n CP_i$ ), o ritmo de acumulação  $\bar{a} = 1$ , e a taxa de acumulação ( $a'$ )  $\bar{a}$  é nula.

Pode-se observar que esta taxa, demonstrativa da capacidade de reprodução do ciclo, **será** mais alta se houver um progresso técnico que torne possível a diminuição das perdas ( $P_i$ ) ocorrentes nas fases de transformação.

Já vimos um outro objeto de influência na taxa de acumulação, além das perdas de transformação: a decisão entre a produção de bens de consumo produtivo e não produtivo. Sendo que a primeira resulta diretamente do progresso técnico, da descoberta de uma tecnologia mais eficiente, enquanto que a última é resultante de uma modificação na estrutura social.

### 5.3. PRODUTIVIDADE DO TRABALHO

Um outro resultado direto do progresso tecnológico é o aumento da PRODUTIVIDADE DO TRABALHO (b), dada pela relação entre a energia agregada final e a energia viva empregada no processo produtivo

$$b = \frac{EAf}{EV}$$



O aumento da produtividade do trabalho, por sua vez, está associado a um incremento de energia morta em relação à energia viva, esta taxa denominamos de DENSIDADE DE CAPITAL (c)

$$c = \frac{EM}{EV}$$

Aqui é necessário que seja definido o que entendemos por produtividade do trabalho.

Para nós este conceito difere, do utilizado normalmente pelos economistas marginalistas. Para eles a produtividade "marginal" do trabalho é entendida como o acréscimo de produto que se emprega uma unidade a mais do fator mão-de-obra, mantendo-se constantes as quantidades dos demais fatores [3] e segundo esses economistas, a produtividade marginal do trabalho representa uma ponderação segundo a qual — em concorrência com o capital — far-se-á a distribuição. O salário aumenta ao aumentar a produtividade marginal do trabalho, se a "produtividade do capital" permanecer a mesma.

Para nós, quanto maior a produtividade do trabalho, tanto menor será o tempo de trabalho necessário para a produção de uma mercadoria, e quanto menor for a quantidade de energia viva que nela se cristaliza, tanto menor será o seu valor energético.

"A grandeza do valor de uma mercadoria varia na razão direta da quantidade, e na razão inversa da produtivi-

vidade, do trabalho que nela se aplica"  $|^2|$ .

#### 5.4. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

$$\text{Como } b = \frac{EAf}{EV}$$

$$c = \frac{EM}{EV}$$

$$a = \frac{EAf}{\sum_{i=1}^n (EM_i + EV_i)}$$

Fazendo as devidas substituições temos:

$$a = \frac{b}{1 + c}$$

Verifica-se que o progresso técnico ao aumentar a densidade de capital tende a diminuir o ritmo de acumulação (aumenta  $1 + c$ ). Mas em contrapartida, a produtividade do trabalho ( $b$ ) aumenta.

Dizemos que o progresso técnico se transformará em inovação se  $\Delta b \geq \Delta c$  ou seja, sempre que houver um aumento na capacidade de reproduzir ampliadamente o ciclo, mantendo-se as demais quantidades de energia componentes do ciclo constantes.

Uma outra forma de aumentar a taxa de acumula-

ção é através da diminuição do gasto de energia morta para transformar uma mesma quantidade de energia efetiva ou melhor, através do progresso técnico torna-se possível com a mesma quantidade de energia morta, transformar uma quantidade maior de energia efetiva. Isto significa um aumento do rendimento global.

Compreendemos por RENDIMENTO ( $r$ ), a relação entre a energia agregada final (gerada/por unidade de energia morta/consumida)

$$r = \frac{Eaf}{EM}$$

### 5.5. APROPRIAÇÃO DE ENERGIA SOCIAL EFETIVA

Baseados no que foi exposto tentaremos tangenciar alguns pontos que dizem respeito à apropriação de energia efetiva. Em outras palavras, de que modo pode uma sociedade se apropriar mais de energia efetiva, como pode ela aumentar sua TAXA MÉDIA DE APROPRIAÇÃO DE ENERGIA ( $g$ ).

Definimos  $g$  como a relação entre a energia social efetiva e a energia social potencial

$$g = \frac{EEf}{EP}$$

Jã foi visto que uma maneira da sociedade se a

propriad de maior quantidade de energia **possível** de ser por ela finalmente utilizada **é** através de seu **próprio** processo de acumulação e da ocorrência de progresso **técnico** que permita a diminuição de perdas na transformação.

Barrera [4], nos acrescenta um outro modo de uma sociedade aumentar sua taxa de apropriação: ela pode ser feita através da apropriação por parte de uma sociedade da energia efetiva de outra. E continuando seu **raciocínio**, este tipo de apropriação pode ser direta, como ocorreu nas primeiras etapas de expansão do capitalismo, através da pilhagem, ou indireta, por meio do comércio e finanças internacionais.

Uma **indústria** "estrangeira" quando é implantada num país periférico dependente, de uma maneira geral, ela não **só** se apropria de uma parcela da energia desta sociedade, **através** da exploração de seus recursos naturais mas, além disto, **faz** desaparecer os ciclos de produção que aufeririam maior energia agregada relativa. E cita o exemplo da **instalação** de um polo **eletrometalúrgico** do tipo enclave que ao exportar o **alumínio** realiza no país dependente as fases de maior consumo energético, ao passo que quando o **alumínio** nas outras etapas de utilização adquire vantagens sobre outros materiais como o ferro, seus efeitos se verificam no país central.

Baran, no seu livro a Economia Política do Desenvolvimento [5] discorrendo sobre empresas estrangeiras em **países** subdesenvolvidos afirma: " (...) o atual clamor em favor das inversões maciças nos **países** subdesenvolvidos nos se-

tores capazes de originar economias externas (usinas elétricas, rodovias, etc...) **estã** longe de corresponder a um entusiasmo puramente teórico. Seu significado real torna-se **vi-sível**, entretanto, tão pronto se pergunte: a quem os serviços de infra-estrutura assim criados irão proporcionar economias externas? É bastante passar a vista em declarações de **economistas**, tanto de órgãos governamentais como de várias **organizações** dominadas pelas grandes empresas, para ver claramente que tais fontes de "economias externas", cuja construção é aconselhada aos países subdesenvolvidos, destinam-se basicamente a favorecer a exploração de seus recursos **naturias** pelas empresas ocidentais. **Além** disso a grande ênfase na tese da indispensabilidade da ajuda governamental a esses projetos, através de financiamentos e facilidades de toda ordem, característica de manifestações do gênero, nada mais é que um reflexo da velha e respeitável noção da "cooperação **harmônica**" entre os governos das nações pobres e as empresas **monopolistas**: aos primeiros cabem os Ônus da implantação e da manutenção dos empreendimentos, com a menor "participação" financeira possível das firmas interessadas, enquanto cabe a estas embolsar os lucros daí resultantes, evitando-se nesta fase a menor "intervenção" financeira **possível** do poder público.

Assim, enquanto Nelson Rockefeller e seus colaboradores afirmam que "quando se desenvolve rapidamente uma aguda escassez, torna-se da máxima importância o aumento, também rápido, da produção de matérias-primas nos **países sub**

desenvolvidos" [6], o Professor Mason assinala, por sua vez, que "tal expansão dificilmente terá lugar sem a ampliação dos serviços de base — ferrovias, rodovias, melhoria de portos, usinas elétricas, etc — tarefa da responsabilidade dos que têm uma contribuição a dar ao desenvolvimento econômico geral" [7]. Não se menciona, porém, quem deve arcar com o Ônus dos investimentos nesses setores: se aqueles que promoverão um "aumento rápido da produção de matérias-primas nos países subdesenvolvidos" ou aqueles que "têm uma contribuição a dar ao [seu] desenvolvimento econômico geral". O famoso Gray Report responde a ambas as questões com toda a clareza possível. Depois de expressar o ponto de vista historicamente correto de que os "investimentos privados revestir-se-ão provavelmente de um caráter seletivo, com a quase totalidade dos novos fundos encaminhando-se para a exploração de recursos minerais em um número relativamente pequeno de países", seus autores passam a explicar que "o investimento privado constitui o método preferível e desejável para alcançar o desenvolvimento", que "as oportunidades para o investimento privado devem ser ampliadas ao máximo", e que há "necessidade de um correspondente condicionamento e ajustamento do volume do investimento público" [8] a esse objetivos.

O ponto central do problema é que os "serviços auxiliares" são de fato auxiliares mas, na maioria dos casos, apenas das atividades da empresa estrangeira vinculada ao setor exportador, e que as "economias externas", que originam, favorecem, quase exclusivamente, a produção adicional de matê-

rias-primas para a exportação. Deve-se isso, em parte, à **circunstância** das instalações ou "serviços" da natureza indicada, quando **construídos** pela empresa estrangeira ou por exigência sua, serem naturalmente projetados e localizados de forma a atender às suas necessidades. Em toda parte e em todos os setores, observa-se a mesma situação. As estradas de ferro, quando construídas sob os **auspícios** de empresas estrangeiras, seja na **Índia**, na África ou na América Latina, obedecem sempre, em seu traçado, ao objetivo principal de facilitar a movimentação de matéria-prima até os portos de embarque. O melhoramento das instalações portuárias é imposto, também, pelos exportadores de matérias-primas, do mesmo modo que determinadas usinas **elétricas** são montadas para suprir as empresas de mineração estrangeiras, e projetos de irrigação são executados para beneficiar as grandes propriedades **agrícolas** sob controle do capital estrangeiro. Como diz o Dr. H. W. Singer, "os serviços de base existentes nos países **subdesenvolvidos**, que prestam serviços ao seu setor exportador são **geralmente** uma **conseqüência** de investimentos estrangeiros e nunca se tornam parte integrante da estrutura econômica desses mesmos países subdesenvolvidos, exceto em um sentido puramente físico e geográfico". [9]

Não obstante, não são as características **físicas** desses serviços, patrocinados pela empresa estrangeira, que constituem a razão principal de sua esterilidade do ponto de vista do desenvolvimento econômico dos países subdesenvolvidos. Muito mais importante é o fato de que mesmo na hipóte

se de que houvessem sido projetadas e localizadas de forma a corresponder plenamente às necessidades técnicas do crescimento econômico das áreas atrasadas, seus efeitos ainda assim seriam nulos (quando não negativos) uma vez que continuariam a constituir um segmento estranho, artificialmente introduzido, na estrutura sócio-econômica. Não são as ferrovias, rodovias e usinas elétricas que promovem o desenvolvimento do capitalismo industrial: é o capitalismo industrial que conduz à construção de ferrovias, rodovias e centrais elétricas. As mesmas fontes de "economias externas", se existentes em um país e onde o capitalismo ainda não superou a etapa comercial, irão servir ao capitalismo mercantil e não provocar sua transição para a forma mais avançada do capitalismo industrial". Mais adiante, comentando a seguinte afirmação "a história de investimentos estrangeiros na África e em outras regiões fornece inúmeros exemplos de traçados ferroviários, estradas de rodagem, portos, sistemas de irrigação, etc... situados em lugares errados que não apenas fracassaram em detonar um processo auto gerador de renda, mas que impediram, de fato, que se alcançasse um ritmo de progresso econômico maior que bem poderia ter ocorrido", afirmação feita pelo Prof. Frankel em "Some Conceptual Aspects of International Economic Development of Underdeveloped Territories?"

Baran prontamente refuta: "Não se conseguirá nunca, entretanto dar ênfase demasiada ao fato de que o dano pior que esses investimentos causaram ao desenvolvimento dos países subdesenvolvidos não é o de terem sido feitos em proje



tos "errados" e nos lugares "errados", mas sim o de terem subtraído recursos para investimento em projetos "certos" e nos lugares "certos". O principal efeito da empresa estrangeira sobre o desenvolvimento dos países subdesenvolvidos é o de fortalecer o predomínio do capitalismo comercial, o de retardar e, muitas vezes, de impedir sua transformação em capitalismo industrial.

Em nossa metodologia, o que associado ao processo descrito por P. Baran ocorre é uma pura apropriação de energia efetiva de um determinado país periférico, diminuindo suas possibilidades de acumulação e portanto de se reproduzir o ciclo energético de modo ampliado.

Finalmente verificamos que a energia efetiva também pode ser apropriada por grupos e classes sociais dentro de um mesmo país. Apropriação esta que é feita de um modo geral, dentro de economias capitalistas através do sistema de preços.

#### 5.6. ESCASSEZ

Ao se lidar com recursos naturais limitados, pode ser que alguns imediatamente associem a isso um preço de escassez.

Seguindo-se literalmente o pensamento de Barre-  
**ra:**

Escassez e valor parecem dois conceitos estreitamente relacionados, o primeiro como causa do segundo. Porém, postular que o valor é gerado pela escassez é uma tautologia, como afirma Horvart [10] "o conceito de escassez é um mero derivado do conceito de valorização.

Em nosso contexto não parece preciso calcular nenhum preço de escassez, já que este se relaciona diretamente com o gasto energético necessário para cumprir a fase de prospecção e extração.

Com efeito, dado um certo horizonte temporal um recurso escasso requer um gasto maior tanto de prospecção como de extração do que se o material for abundante. Teoricamente, se o material não existir, o seu custo unitário tenderá para o infinito.

CAPITULO VICONCLUSUES E EXTENSÕES

Para encerrar (e voltando aos objetivos iniciais de nossa tese), pretendemos demonstrar que:

1º) Existe uma necessidade real de se analisar o ciclo de reprodução social em termos de recursos naturais e escolhemos por isso o que nos parece mais premente — A ENERGIA, entretanto o nosso método poderá ser estendido para qualquer outro recurso natural, com modificações mínimas;

2º) que existe uma necessidade fundamental de se efetuar o balanço energético, levando em conta a destinação social desta energia, ou seja, que a demanda de energia é função direta da organização da sociedade, e que as soluções a serem propostas são essencialmente políticas. Não basta pensarmos como em física onde 1 galão de combustível queimado em automóveis de corrida é idêntico a um galão desse combustível queimado em um trator para produção de alimentos;

3º) que existem métodos possíveis de se enfrentar esse complicado problema de determinar o fluxo energético através de estrutura de produção de uma sociedade;

4º) que as medidas de energia devem ser feitas

computando-se a quantidade de energia incorporada às mercadorias e que **são** essa energia tem sentido social.

Achamos que o esboço teórico apresentado pode servir de base a **inúmeros** desenvolvimentos posteriores. **Reco**nhecemos, **porém**, a necessidade (e dificuldade) de serem feitos por uma equipe de pesquisa multi-disciplinar envolvendo conhecimentos que vão desde a álgebra linear, em matemática, passa pela economia **política** e chegam a história.

As sugestões de trabalho mais imediato que temos a propor são as seguintes:

**i)** Relacionar de modo mais claro e preciso a energia social bruta com a energia social potencial.

**ii)** Elaborar estudo mais profundo sobre a **apropriação** de energia social efetiva tanto dos **países** periféricos pelos **países** cêntricos, quanto por grupos e classes sociais de um mesmo país.

**iii)** Construção de um modelo histórico de duas economias mercantis onde haja a produção de uma mercadoria **num** por processos diferentes. Verificar o surgimento de uma vantagem absoluta e comparativa em termos energético.

**iv)** Estudo sobre a formação do valor internacional em termos **energéticos**. (Sugerimos a leitura da tese de **mestrado** de João Damásio de oliveira Filho [11] que faz uma magnífica apresentação do problema da formação do valor internacional).

v) Construir um **mode** em que a natureza seja considerada, de modo hipotético como um setor da **economia**, fornecedora, apenas, de "produtos" **energéticos** de várias espécies. Procurar quantificar a produção bruta desse setor.

vi) Caminhar no sentido de se construir uma nova contabilidade social em termos **energéticos**.

vii) Estudo empirico da influência do aumento da produtividade do trabalho e do progresso técnico em termos da eficiência energética do sistema.

viii) Implementar os modelos mencionados em **computador**. Fazer simulações.

REFERÊNCIAS

- [<sup>1</sup>] Brōdy, A. - "Proportions, Prices and Planning", North Holland, 1974.
- [<sup>2</sup>] Marx, K. - "O Capital", Civilização Brasileira, 1968.
- [<sup>3</sup>] Simonsen, M.H. - "Teoria Microeconômica", FGV, 1972.
- [<sup>4</sup>] Barrera - "Reprodução de Energia Social", (mimeografia), 1976.
- [<sup>5</sup>] Baran, P. - "A Economia Política do Desenvolvimento", Zahar.
- [<sup>6</sup>] "International Development Advisory Board", Partners in Progress, a Report to the President.
- [<sup>7</sup>] "Raw Material, Rearmament and Economic Development", Quarterly Journal of Economics, agosto 1952.
- [<sup>8</sup>] Report to the President on Foreign Economic Policies Washington, 1950.
- [<sup>9</sup>] "The Distribution of Gains Between Investing and Borrowing Countries", American Economic Review, Maio 1950.
- [<sup>10</sup>] Horvart, B. - "Teoria de la Planificación Económica", Ed. OIKOS, 1970.
- [<sup>11</sup>] Damásio de Oliveira, J. - "Comércio Internacional e Desenvolvimento - Princípios para uma Abordagem Sraffiana do Problema de formação do valor Internacional, Tese de M.Sc."

BIBLIOGRAFIA

1. ACCIOLY BORGES, T. P. - "A Reforma Agrária no Brasil",  
Desenvolvimento e Conjuntura, junho 1959.
2. ANDRADE, M. C. - "A Terra e o Homem no Nordeste",  
Ed. Brasiliense, 1963.
3. AMIN, S. - "La Acumulación en Escala Mundial",  
Ed. Siglo XXI, Argentina, 1975.
4. ASSIS RIBEIRO, P. e VICTORA C. - "A Crise Ecológica, a  
Sociedade Industrial Contemporânea e Alternativas para o  
Terceiro Mundo", Lisboa, Cadernos, Outubro 1976.
5. BARAN, P. A. - "A Economia Política do Desenvolvimento",  
Zahar, 1972.
6. BARRERA, C. A. - "Reproducción de Energia Social (Esbozo  
Teorico para una Evaluación Economica de los Recursos  
Naturales)", mimeo., Fundacion Bariloche, 1976.
7. BASBAUM, L. - "História Sincera da República", Ed. Alfa-  
Omega, 1976.
8. BENOT, Y. - "Imperialismo y Tercero Mundo", Ed. Tiempo  
Comtemporaneo, Argentina, 1974.
9. BERNARDES, N. - "Características Gerais da Agricultura Bra-  
sileira em meados do Século XX", IBGE, Rio de Janeiro, 1961.

10. BETTELHEIM, C. - "Intercambio Desigual e **Desarrollo** Regional", in Cuadernos **Passado y Presente**", nº 24, Argentina.
11. BRAUN, O. - "Teoria del Capital y la **Distribución**", Ed. Tiempo Contemporaneo,. Argentina, 1973.
12. BRÓDY, A. - "Proportions, Prices and Planning - A **Mathematical** Restatement of the Labor Theory of Value', North Holland, 1974.
13. CARDOSO, F.H. - "Tensões Sociais no Campo e Reforma Agrária", Revista Brasileira de Estudos **Políticos**, 1961.
14. CASTRO, A. - "Sete Ensaios sobre Economia Brasileira", Ed. Forense, 1972.
15. COMMONER, B. - "**The Closing Circle**", Ed. Knopf, New York, 1971.
16. CONTADOR, C. - "**Tecnologia e Rentabilidade na Agricultura**", IPEA, 1975.
17. COUTINHO, L. - "**O Setor Produtivo Estatal e o Ciclo**", mimeo., 1975.
18. DAMÁSIO DE OLIVEIRA, J. - "**Comércio Internacional e Desenvolvimento - Princípios para uma abordagem Sraffiana** do Problema de formação do valor Internacional, Tese de **M.Sc.**
19. DANTZIG, G.B e PARIKH, S.C. - "**On a PILOT Linear Programming Model for Assessing Physical Inipact on the Economy of a**



Changing Energy Lecture", in "Energy: Mathematics and Models", Roberts F.S. (ed), Proceeding of SIMS Conference on Energy, Alta, Utah, julho 1975, SIAM, 1976.

20. DANTZIG, G.B. e AVRIEL M. - "Determining Prices and Monetary Flows of the PILOT Energy Model", Tech. Rep. SOL 76-28, Stanford University, outubro 1976.
21. DENIS, H. - "História do Pensamento Econômico", Livros Horizonte, 1974.
22. DOBB, M. - "Teoria del valor y de la Distribución desde Adam Smith", Siglo XXI, Argentina 1975.
23. DOBB, M. - "El Sistema de Sraffa y la Critica de la Teoria Neoclassica de la Distribución", in "Teoria del Capital y la Distribución" - Ed Tiempo Contemporaneo, Argentina, 1973.
24. EMMANUEL, A. - "El problema de Intercambio Desigual", in Cuadernos "Passado y Presente", nº 24, Argentina.
25. FEIGENBAUM, D. - "O Sistema de Sraffa e a Teoria da Distribuição", tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, 1974.
26. FEIGENBAUM, D.; OLINTO, R.L.; e BRAGA, L.P.V. - "Uma Formalação das Condições de Reprodução Social", a ser publicado.
27. FURTADO, C. - "Formação Econômica do Brasil", Paz e Terra.
28. FURTADO, C. - "Um Projeto para o Brasil", Paz e Terra,

29. **FURTADO, C.** - "Teoria Política do Desenvolvimento", Ed. Nacional, 1971.
30. **FURTADO, C.** - "O Mito do Desenvolvimento Econômico e o Futuro do Terceiro Mundo", in Revista Argumento, Paz e Terra, Outubro 1973.
31. **GAREGNANI, P.** - "Heterogeneous Capital, The Production Function and the Theory of Distribution", Review of Economic Studies, vol. 37, 1970.
32. **GEOGESCU-ROEGEN, S.** - "The Entropy Law and the Economic Process", Harward University Press, 1971.
33. **HARCOURT, G.C.** - "Some Cambridge Controversies in the Theory of Capital", Journal of Economic Literature, Junho 1969.
34. **HOFFMAN, R.** - "Contribuição à Análise de Distribuição de Renda e Posse de Terra no Brasil", tese Livre-Declaração.
35. **HORVART, B.** - "Teoria de la Planificación Económica", Ed. Oikos, Barcelona, 1970.
36. **LANGONI, G.** - "Distribuição de Renda e o Desenvolvimento Econômico do Brasil", IPE - Estudos Econômicos, vol.2, outubro 1972.
37. **LEACH, G. e SLESSER, M.** - "Energy Equivalents of Network Inputs to Food Producing Process", Glasgow, 1973.

38. LEACH, G. - "Energy and Food Production", International Institute for Environment and Development, Londres, 1975.
39. LUXEMBURG, R. - "Introducción a la Economía Política", in Cuadernos "Passado y Presente", nº 35, Argentina.
40. LUXEMBURG, R. - "A Acumulação de Capital", Zahar, 1970.
41. MARX, K. - "O Capital", Civilização Brasileira, 1968.
42. MARX, K. - "Salário, Preço e Lucro", Publicações Escorpião, Porto, 1974.
43. MEEK, R. - "Mr. Sraffa's Rehabilitation of Classical Economics", in Scottish Journal of Political Economy, Junho 1961.
44. MORISHIMA, T. - "Marx's Economics - A Dual Labor Theory of Value and Growth", Cambridge University Press, 1973.
45. NIKAIDO, H. - "Introduction to Sets and Mapping in Modern Economics", North Holland, 1975.
46. NUTTI, D.M. - "Vulgar Economy in the Theory of Income Distribution", The Economist, vol. 118, 1970.
47. ODUM, H. - "Energy Basis for Man and Nature", MacGraw-Hill, 1971.
48. PAIVA; R.M. - "Os Baixos Níveis de Renda e de Salários na Agricultura", Tecnologia e Desenvolvimento Agrícola, IPEA/INPES, 1975.

49. PASTORE, J. - 'Decisões em Condições de Incerteza na Agricultura', Revista de Economia Rural, 1975.
50. PATRICK, G.F. e FILHO J.J.C. - "Low income groups in Brazilian Agriculture: A Progress Report", Agricultural Station Bulletin, nº 79, Dept. of Agric. Economics, Purdue University, 1975.
51. PIMENTEL, D. et al. - "Food Production and the Energy Crisis", Science, vol.182, 1973.
52. PRADO JR., C. - "História Econômica do Brasil", Ed. Brasiliense, 1969.
53. RANGEL, I.M. - "A Dualidade Básica na Economia Brasileira", ISEB, MEC, 1957.
54. RANGEL, I.M. - "Introdução ao Estudo do Desenvolvimento Brasileiro", Ed. Progresso, 1957.
55. RIBEIRO, S.W. - "Desempenho do Setor Agrícola, década 60/70", FPEA, 1973.
56. ROBBINSON, J. - 'Prelude to a critique of Economic Theory', Oxford Economic Papers, vol.13, 1961, in "A Critique of Economic Theory", Penguin, 1972.
57. SANDERS, J.H. e HOLLANDA, A.D. - "Designing New Technology for Small Farmers: a Case-Study in a Semi-arid Area of the Brazilian Northeast", Depto de Economia Agrícola, Univ. Fed. Ceará, 1975.

58. SRAFFA, P. - 'Production of Commodities by Means of Commodities, Cambridge University Press, 1960.
59. SIMONSEN, M. H. - "Teoria Microeconômica", FGV, 1972.
60. STEINHART, J.S. e STEINHART, C. - "Energy use in U.S. Food System", Science, vol. 184, 1974.
61. SWEEZY, P.M. - "Teoria do Desenvolvimento Capitalista", Zahar, 1973.
62. SYLOS-LABINE - "Oligopolio y Progreso Tecnico", Ed.Oikos, Barcelo, 1975.
63. WERNECK SODRÉ, M. - "Formação Histórica do Brasil", Ed. Brasiliense, 4a.ed.
64. WILF, H.S. ; RALS, A. - "Mathematical Methods for Digital Computers", John Wiley, New York, 1962.
65. WILLIAMS, R.H. - "Soluções Alternativas para o Problema de Energia, mimeo, 1977.
66. \_\_\_\_\_ - "The Limits to Growth", Universe Books, New York, 1972.
67. \_\_\_\_\_ - "Statistical Abstract of the United States", Bureau of The Census, Washington, D.C., ed. 95, 1974.
68. \_\_\_\_\_ - "Changes in Farm Productions Efficiency", U.S. Dept. of Agriculture.
69. \_\_\_\_\_ - "Contas Nacionais", Centro de Contas Nacionais, F.G.V.

70. \_\_\_\_\_ - "Relatório Geral", Comissão Mista Brasil - Estados Unidos, Rio de Janeiro, 1954.
71. \_\_\_\_\_ - New York Time, 14/02/72.
72. \_\_\_\_\_ - "Economic Report of the President", transmitted to the Congress, Janeiro 1970.
73. \_\_\_\_\_ - "Report to the President on Foreign Economic Policies", Washington, 1950.
74. \_\_\_\_\_ - "Ocupación y Población", documento INST/S-31, junho 1965.
75. \_\_\_\_\_ - "The Input-Output Structure of the U.S. Economy: 1967", U.S. Departmento of Commerce, Bureau of Economic Analysis, Survey of Current Business, vol.54, nº 2, fevereiro 1974.