



*Artigo Original*

## **A Lei de Gestão de Florestas Públicas no Brasil e os incentivos das modalidades de preço florestal sobre a extração madeireira**

Fernando Antonio Slaibe Postali<sup>1</sup>, Marislei Nishijima<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade – Universidade de São Paulo (FEA-USP).

<sup>2</sup> Escola de Artes, Ciências e Humanidades – Universidade de São Paulo (EACH-USP).

*Correspondência: Fernando Antonio Slaibe Postali – E-mail: postali @ usp.br*

*Marislei Nishijima – E-mail: marislei @ usp.br*

*Escola de Artes, Ciências e Humanidades*

*Av. Arlindo Bétio, 1.000 – CEP: 03828-000 – São Paulo – SP – Brasil*

---

**Resumo** A Lei 11.284 de 2006 estabeleceu regras para a concessão da gestão de florestas públicas brasileiras para a exploração de seus recursos pela iniciativa privada, condicionada a um Plano de Manejo Florestal Sustentável. O artigo analisa as compensações governamentais, chamadas preço florestal, à luz da teoria de exploração ótima de recursos naturais, com vistas a identificar potenciais incentivos para a governança florestal. Analisando três formas de compensações – imposto sobre faturamento, taxa única de acesso e imposto sobre o lucro –, conclui-se que o imposto sobre faturamento (*royalties*) e taxa única incentivam a redução da área cortada da floresta em relação à concessão por título gratuito, mas um imposto sobre o lucro não produz incentivos de redução do volume extraído de madeira. Argumenta-se, por fim, que o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal, previsto em lei, só cumprirá os requisitos de desenvolvimento sustentável forte se tiver seus recursos direcionados ao manejo florestal e à manutenção da biodiversidade.

*Palavras-chave: recursos florestais, desenvolvimento sustentável, incentivos, programação dinâmica.*

**Abstract** The Brazilian Law 11.284 (2006) has established rules for the concession of public forests for private exploration conditional on Sustainable Forest Management Plan. Based on the theory of optimal exploration of nonrenewable resources, the article analyzes the design of forest price – financial compensation to the public power –, as a

---

---

mechanism of incentive to minimize the devastated area. We study tree types of price: royalties, single access fee and a profit tax. The results of the model point out the first two modalities contribute to incentive a reduction in the extraction when compared to the free concession. A profit tax, on the other hand, is not able to generate incentives to reduce the volume of extracted wood. We also argue that the National Fund for Forest Development, created by the law, will only accomplish the requirements of strong sustainable development if its resources are directed to forest handling and biodiversity maintenance.

*Keywords:* Forest resources, sustainable development, incentives, dynamic programming.

**Resumen** La Ley 11.284 de 2006 estableció normas para la concesión de la gestión de bosques públicos para la operación brasileña de sus recursos por empresas privadas, con sujeción a un Plan de Manejo Forestal Sustentable. El artículo analiza el gobierno de indemnización – precio llamada bosque – a la luz de la teoría de la explotación óptima de los recursos naturales –, para determinar los posibles incentivos para la gobernanza forestal. El análisis de tres formas de indemnización - regalías, para el acceso y la tasa fija de impuestos sobre el beneficio – se concluye que la tasa de regalías y sólo favorecerá la reducción del área devastada la selva a la concesión de manera gratuita, pero un impuesto sobre los beneficios no se producen incentivos para reducir la superficie devastada. Se afirma, por último, que el Fondo Nacional de Desarrollo Forestal, establecido en la ley, sólo cumplir los requisitos del desarrollo sostenible tiene fuertes recursos dirigidos a la gestión forestal y conservación de la biodiversidad.

*Palabras-clave:* recursos forestales, el desarrollo sostenible, incentivos, programación dinámica.

---

## Introdução

O ritmo de exploração predatória de madeira das florestas brasileiras atingiu níveis tão elevados nas últimas décadas que produziu pressões, tanto da sociedade brasileira como da comunidade internacional, para uma ação eficaz do governo no sentido de conter a destruição: de agosto de 2008 até junho de 2009, uma

área de 3.538 km<sup>2</sup> foi devastada na Amazônia Legal, segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Este processo tem como um de seus fatores determinantes o ritmo de expansão da fronteira agrícola na Amazônia.

Além disso, fruto da atividade madeireira, as queimadas florestais representam um

dos maiores emissores de carbono, contribuindo para o agravamento do aquecimento global e das alterações climáticas no planeta.

Diante desta realidade, a Lei 11.284, denominada Lei de Gestão de Florestas Públicas, aprovada em 2006 pelo Congresso Nacional, procura disciplinar o regime de concessões das florestas nacionais (flonas) à exploração pela iniciativa privada, representando um passo importante para aperfeiçoar a política ambiental brasileira.

A nova lei prevê que todos os entes da federação possam conceder à iniciativa privada, a título oneroso, áreas florestais sob sua responsabilidade para exploração sustentável de madeira, turismo ecológico e exploração de produtos não-madeireiros, tais como borracha, óleos e essências para a indústria de cosméticos.

Em âmbito federal, existem aproximadamente 50 milhões de hectares de florestas sujeitas à concessão, segundo informações do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), sendo grande parte localizada na região amazônica.

A lei criou, ainda, dois instrumentos-chave para a regulação ambiental: o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente com a função de gerir e fiscalizar as concessões, e

o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF), destinado a financiar investimentos no desenvolvimento florestal sustentável.

Em troca dos direitos de exploração por prazo determinado, o concessionário deve pagar uma compensação financeira, o preço florestal, ao poder público concedente, além de se comprometer com um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), isto é, realizar investimentos de recuperação da mata e administrar a floresta de modo a evitar o seu comprometimento.

Os parâmetros e modalidades de preço florestal são definidos em edital específico por cada órgão gestor do ente da federação que exerce o papel de poder concedente.

Pelo fato do preço florestal guardar forte relação com a lucratividade de cada projeto florestal, constitui um mecanismo importante para criar incentivos para a manutenção e conservação dos lotes florestais.

O objetivo do artigo é avaliar, do ponto de vista teórico, se algumas formas específicas de preço florestal contribuem para induzir incentivos ao manejo sustentável dos lotes.

Busca-se analisar se é possível desenhar algum mecanismo de incentivo baseado nas modalidades de preço florestal, com

vistas a minimizar a área devastada. Para esta finalidade, utiliza-se um modelo de exploração ótima de recursos naturais com pagamentos de *imposto sobre faturamento* e/ou *taxa única de acesso* ao poder concedente.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: na segunda seção, detalhamos os principais aspectos da nova lei à luz das concepções teóricas sobre desenvolvimento sustentável e avaliação da biodiversidade; na terceira seção, apresentamos o modelo e derivamos os principais resultados; na quarta seção, analisamos a relação entre o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF) e os objetivos de preservação do bem estar social entre gerações. A quinta seção sintetiza as conclusões.

### **A questão do desenvolvimento florestal sustentável e a Lei 11.284/06**

Do ponto de vista conceitual, a noção de desenvolvimento sustentável não é consensual e pode estar associada a diferenças de abordagem, tanto econômicas quanto ambientais.

De acordo com Sachs (*apud* Siche *et al.* 2007), a sustentabilidade refere-se a um conceito dinâmico que leva em conta as necessidades das populações em cinco dimensões: social, econômica, ecológica,

geográfica e cultural. Romeiro (1999, 2003) analisa o debate, classificando a noção de sustentabilidade em duas principais correntes de interpretação.

A primeira é a chamada *escola da economia ambiental*, derivada da matriz neoclássica, que considera os recursos naturais um insumo convencional, que guarda uma relação de *substitubilidade* com capital e trabalho.

Nesta concepção, os recursos naturais representam uma restrição ao desenvolvimento econômico de caráter apenas *relativo*, na medida em que se sua renda for investida adequadamente, nos moldes da regra de Hartwick (Hartwick 1977), a economia se diversificaria em direção a atividades menos dependentes de recursos naturais.

Hartwick (1977) explorou a questão do desenvolvimento sustentável de recursos não renováveis.

Com base em Solow (1974), ele considerou o fato estilizado de um país com apenas um recurso exaurível e sem fontes de recursos para investimento que não a renda dele obtida.

Ele demonstrou que mesmo um país nesta situação limite é capaz de manter um nível de consumo *per capita* constante indefinidamente, desde que invista uma determinada porção da renda mineral total

em capital reprodutível físico e humano. Este resultado ficou conhecido na literatura como regra de Hartwick.

Trata-se, pois de uma noção de *sustentabilidade fraca*, a qual procura identificar as condições sob as quais uma economia é capaz de garantir o bem estar intergeracional da sociedade através da garantia de um consumo *per capita* mínimo por tempo indefinido.

De acordo com Dietz e Neumayer (2007), o paradigma da sustentabilidade fraca surgiu nos anos 1970 como uma extensão dos modelos neoclássicos de crescimento no sentido de incluir os recursos não renováveis como fatores de produção.

Na esteira de Dasgupta e Heal (1974), Hartwick (1977) e Solow (1974), a lógica destes modelos consistia em estabelecer regras para usufruto ótimo das rendas oriundas da extração de recursos não-renováveis, com o objetivo de se manter o nível de bem estar da sociedade ao longo do tempo.

Em outros termos, buscava-se uma alocação intertemporal ótima de consumo e de investimento, visando gerar um estoque de capital que permitisse a continuidade dos padrões de consumo *per capita* de uma sociedade.

Conforme enfatizam Dietz e Neumayer (2007), a conclusão geral de tais modelos

era de que, dependendo de como a economia era restringida pelos recursos não renováveis, o consumo *per capita* tenderia a zero no longo prazo, exceto se o estoque de capital pudesse ser mantido pela conversão das rendas dos recursos (Hartwick 1977).

O pressuposto fundamental de tais modelos era a substitubilidade entre o capital natural e o capital físico.

A segunda abordagem, na avaliação de Romeiro (2003) é a da chamada *escola da economia ecológica*, que parte de uma crítica a respeito da relação de substitubilidade entre o capital natural e o capital físico.

O fundamento da crítica reside na noção de capital natural (Ekins *et al.* 2003), segundo o qual os recursos naturais provêem serviços imprescindíveis à vida humana.

Dessa forma, a substituição entre capital físico e capital natural é severamente limitada, restringindo-se à capacidade dos recursos naturais de fornecer insumos, matérias-primas e amenidades para o processo econômico.

A questão fundamental nesta abordagem é como garantir o desenvolvimento tendo em vista a limitação (de caráter absoluto) imposta pelos recursos naturais. A noção de sustentabilidade aqui é dita *forte* na medida em que o progresso técnico só é

capaz de aumentar a eficiência na exploração ambiental, mas os recursos naturais devem ser usados apenas no limite da capacidade de oferta pela natureza.

O conceito chave é o de *padrão sustentável de consumo* (Cohen 2003), isto é, o limite *per capita* máximo de consumo que não é capaz de produzir danos ambientais irreversíveis.

Estes dois recortes teóricos também podem ser analisados conforme o valor que se atribui à *biodiversidade*, à qual a atividade econômica predatória impõe os maiores prejuízos e cuja preservação deve figurar dentre os objetivos primordiais de qualquer política ambiental (Seroa da Motta 1996).

Enquanto, sob a sustentabilidade fraca, a biodiversidade possui valor puramente *instrumental* – isto é, útil para a exploração econômica e, conseqüentemente, para o bem estar social – a sustentabilidade forte pressupõe que os recursos naturais e a biodiversidade possuem valor *intrínseco*, na medida em que sua existência é indispensável para a vida no planeta.

Independentemente da abordagem escolhida, a questão do desenvolvimento sustentável tem despertado intenso debate nos anos recentes, sobretudo no Brasil, detentor de uma das mais ricas reservas biológicas do planeta e figura-chave nas medidas destinadas a controlar as

mudanças climáticas. Neste contexto, o poder público vem buscando empreender medidas que garantam o desenvolvimento econômico sem a destruição predatória dos recursos ambientais.

A legislação florestal brasileira encontra seus primórdios nos anos 1930, mas foi somente em 1965, com a promulgação do Código Florestal (Lei 4.771/65, parcialmente modificada pelas medidas provisórias 1.736/98 e 2.166/01), constituindo até os dias atuais a base da regulação da gestão e conservação de florestas no Brasil.

Em termos gerais, o Código Florestal estabelece patamares mínimos obrigatórios de preservação da mata nativa (entre 20% e 50%) nas propriedades rurais do país, de acordo com a região em que se encontram.

Os instrumentos puramente legais, entretanto, têm sido insuficientes para reduzir a devastação das florestas brasileiras, além de serem potencialmente ineficientes.

Chomitz (1999), por exemplo, argumenta que a imposição de percentuais de preservação – como desenhado pelo Código Florestal – é economicamente ineficiente, na medida em que propõe patamares uniformes de preservação a regiões florestais com potenciais econômicos diversos.

Além disso, este mecanismo também é ambientalmente ineficiente, na medida em que não leva em conta a heterogeneidade da biodiversidade entre regiões, além de estimular a fragmentação das florestas.

Portanto, como a devastação está ligada à expansão de atividades econômicas, sobretudo a madeireira e a agricultura, qualquer mecanismo regulatório que prescindia de algum incentivo econômico será inócuo para cumprir objetivos preservacionistas.

Seroa da Motta (1996) aponta alguns fatores peculiares ao Brasil que contribuem para falha dos mecanismos legais e agravamento do nexos causal entre atividade econômica e destruição de florestas:

- a) Altas concentrações fundiárias e de renda;
- b) Créditos fiscais mal desenhados, que não privilegiam condições de reflorestamento;
- c) Políticas de desenvolvimento regional com base na construção de estradas, as quais estimulam o fluxo migratório desordenado;
- d) Política tributária baseada no uso da terra;

- e) Alto valor da madeira, sobretudo em áreas de fronteira.

No intuito de modernizar e disciplinar a exploração florestal brasileira, foi criada a Lei 11.284, que dispôs sobre a gestão de florestas públicas para produção sustentável, instituindo o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), na estrutura do Ministério do Meio Ambiente e criou o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF).

A nova lei permite a concessão da exploração dos recursos de áreas de florestas públicas – subdivididas em *lotes de manejo* – da União, dos estados e dos municípios, a título oneroso, a consórcios privados, em troca de compensações financeiras e de um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), qual seja, um plano de:

*administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, respeitando-se os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo, e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não madeireiros, bem como a utilização de*

*outros bens e serviços de natureza florestal* (artigo 3, inciso VI).

Este plano deve ser aprovado pelo órgão gestor e o edital de concessão pode prever (artigo 38) investimentos anuais mínimos na atualização do PMFS.

A Lei 11.284 prevê, ainda, a criação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF) com recursos provenientes majoritariamente de preços de concessão florestal:

*destinado a fomentar o desenvolvimento de atividades sustentáveis de base florestal no Brasil e a promover a inovação tecnológica do setor* (artigo 41).

A seção X da Lei 11.284 trata do preço florestal, isto é, das compensações financeiras ao poder concedente, resultantes da concessão das florestas à iniciativa privada.

Cada edital de licitação deverá conter sua própria modalidade de preço florestal, mas estabelece que o regime econômico e financeiro da concessão florestal, conforme estabelecido no respectivo contrato de concessão, deve compreender:

*I) o pagamento do preço calculado sobre os custos de realização do edital de licitação da concessão florestal da unidade de manejo;*

*II) o pagamento de preço, não inferior ao mínimo definido no edital de licitação, calculado em função da quantidade de produto ou serviço auferido do objeto da concessão ou do faturamento líquido ou bruto* (artigo 36, inciso II).

Como procuramos demonstrar a seguir, a definição da base de incidência do preço florestal – faturamento bruto ou líquido – tem consequências importantes sobre os incentivos à minimização da área devastada e aos investimentos no manejo florestal.

A título de estudo dos incentivos ótimos, consideram-se três modalidades genéricas de preço florestal:

- a) Taxa única de concessão,
- b) Alíquota incidente sobre faturamento bruto (denominada taxa de *royalties*, a partir de inspiração do caso do petróleo, em percentual do faturamento da produção) e
- c) Alíquota incidente sobre faturamento líquido (ou imposto sobre o lucro).



Os incentivos são analisados do ponto de vista teórico e os resultados indicam que os *royalties* sobre o faturamento bruto constituem um instrumento útil para reduzir a área devastada.

Porém, sob esta modalidade, os incentivos em investir no manejo florestal (via PMFS) são afetados adversamente.

### Modelo

Pelo fato do incentivo em extrair madeira ter origens predominantemente econômicas, a adoção de mecanismos de incentivo é fundamental para cumprir objetivos de minimizar a área extraída em cada lote de manejo florestal.

O preço florestal constitui o mecanismo de incentivo econômico por excelência, na medida em que tem capacidade de afetar as condições de ótimo do problema do produtor, alterando, potencialmente, a trajetória ótima de extração.

A fim de se comparar os efeitos da presença do preço florestal com uma situação de ótimo, consideram-se duas situações:

a) O agente privado detém a propriedade do lote, não devendo compensações financeiras ao poder público (situação de ótimo privado);

b) O agente privado é um concessionário que deve compensações ao poder público concedente, em troca do direito de exploração do lote.

### *Direitos de propriedade do agente privado*

A título de simplificação, considera-se que o projeto florestal consiste na extração de madeira durante um período  $t \in [0, T]$ , onde  $T$  é o instante final do empreendimento – suposto igual ou menor que o tempo de concessão (considera-se o tempo do empreendimento como uma única rotação de Faustmann para simplificar a análise) –,  $a(t)$  é a quantidade de madeira extraída em cada instante de tempo.

Supõe-se, ainda, que a madeira é um bem homogêneo, com preço  $p(t)$  dado.

O custo de extração  $C(.)$  depende de dois parâmetros: a quantidade de árvores extraídas e do volume de madeira presente no lote florestal sob concessão ( $A(t)$ ).

Assume-se que o custo de extração é crescente com a quantidade extraída ( $\partial C(a,A)/\partial a > 0$ ) e que quanto maior o volume lote, menor o custo de extração ( $\partial C(a,A)/\partial A < 0$ ), isto é, florestas mais abundantes e de melhor qualidade permitem um custo de extração menor. Há mais que uma interpretação possível para esta propriedade.

A exploração de florestas seria análoga às terras ricardianas, de modo florestas nativas mais volumosas e densas contribuiriam para reduzir o custo unitário de extração.

Outra possível interpretação é o efeito estoque (efeito Jevons) gerado pela extração da floresta nativa. Na medida em que a mata mais densa (nativa) vai se esgotando, o custo unitário de extração tende a crescer, em uma dinâmica análoga à dos recursos exauríveis.

Por fim, uma última interpretação pode ser obtida a partir do valor das amenidades produzidas pela floresta nativa, como formulado em Conrad e Ludwig (1994).

De acordo com esta interpretação, também presente em Conrad (1999), o estoque de florestas nativas gera um fluxo de amenidades diretamente proporcional à área remanescente  $A_t$ .

Admite-se que, quanto maior a área/densidade, maior o bem estar do produtor.

A inclusão da variável  $A$  na função de custo tem a função de captar este efeito, qual seja, um estoque menor de florestas remanescentes gera um custo de bem estar em termos de perda de amenidade, a qual é expressa pelo crescente custo de extrair a madeira.

Supõe-se também que o PMFS consiste, de forma estilizada, no compromisso de investimento no replantio de  $x$  árvores, a um custo  $\varphi(x)$ , tal que  $\varphi'(\cdot) > 0$ .

Conforme as determinações da nova lei, a concessão só pode ser outorgada mediante a aprovação de um plano de manejo florestal.

Como se assume que o estoque de florestas nativas é um recurso não renovável (por suas características intrínsecas à luz da sustentabilidade forte), não se considera o seu crescimento natural.

O prazo da concessão (30 anos) é irrisório quando comparado ao tempo necessário para o crescimento natural da floresta.

A fim de se derivarem as condições de exploração ótima, consideremos, primeiro, o caso em que o investidor é o proprietário da floresta, isto é, não deve compensações governamentais.

O modelo de extração de recursos naturais baseia-se em Neher (1990) e em Vicent *et al.* (1997) e pressupõe que o objetivo do investidor é maximizar o valor presente da atividade extrativa durante o período de concessão, dado por:

$$V(a) = \int_0^T [p(t)a(t) - C(a, A) - \varphi(x)] e^{-rt} dt \quad [1]$$

Sujeito a:

$$Ha = Hx = 0$$

$$\frac{dA}{dt} = x - a \quad [2]$$

A título de simplificação, considera-se que o prazo do empreendimento  $T$  corresponde a uma única rotação de Faustmann.

Trata-se de um problema de programação dinâmica (Chiang 1992) em que as variáveis de controle são a quantidade extraída ( $a(t)$ ) e a quantidade de árvores replantadas no plano de manejo ( $x(t)$ ) enquanto  $A(t)$ , o tamanho do lote, é a variável de estado.

A restrição da Equação 2, estabelece que o tamanho da floresta varia no tempo de acordo com a diferença entre o número de árvores replantadas e o número de árvores extraídas.

O hamiltoniano do problema é dado por:

$$H = [p(t)a(t) - C(a, A) - \varphi(x)] + \mu(x - a)$$

Onde  $\mu$  é o multiplicador que exprime o valor sombra do recurso.

Pelo princípio do máximo (Chiang 1992), as derivadas parciais do hamiltoniano com relação às variáveis de estado são iguais a zero no ótimo:

Resultando em:

$$p = \frac{C(a(T), A(T)) + \varphi(x(T)) + K}{(1 - \eta)a(T)}$$

Ou:

$$C_a(a, A) = \frac{C(a(T), A(T)) + \varphi(x(T)) + K}{a(T)} \quad [3]$$

Omitiu-se aqui o argumento  $t$  para não sobrecarregar a notação, sem prejuízo para sua interpretação.

A condição da Equação 3 estabelece as condições de ótimo para a extração, indicando que o preço é igual ao custo marginal.

No entanto, diferentemente da condição usual, o custo marginal deve *incluir o custo marginal de reposição*, dado por  $\varphi'(x)$ .

Trata-se do valor sombra do recurso ( $\mu$ ) que, no equilíbrio, deve ser igual ao custo marginal de reposição.

O custo de uso florestal pode ser entendido como uma versão da renda de Hotelling (Hotelling 1931), originalmente

desenvolvida para os recursos não-renováveis.

Embora as florestas sejam classificadas como recursos renováveis, sua reprodução biológica natural (sem contribuição humana) é lenta, de modo que partilha de várias propriedades dos recursos exauríveis. Além disso, conforme a interpretação de Conrad (1999:71), o estoque de florestas nativas se torna um recurso não-renovável, tendo em vista que as amenidades proporcionadas tornam desejável a preservação de certo estoque para as gerações futuras. As condições de transversalidade (Chiang 1992) são dadas por:

$$\mu(T)A(T) = 0 \quad [4]$$

$$H(T) = 0 \quad [5]$$

A condição da Equação 4 estabelece que a condição terminal ótima é que no instante

$$H = [p(T)a(T) - C(a(T), A(T)) - \varphi(x(T))] + \mu(T)(x(T) - a(T)) = 0 \quad [7]$$

Unindo as Equações 6 e 7, a condição terminal ótimo indica que, no instante final, o preço da madeira deve ser igual ao

final,  $T$ , o valor sombra do lote de manejo remanescente deve ser nulo.

Dadas as propriedades assumidas para a função custo ( $C_A(a,A) < 0$ ; notação que indica a derivada parcial com relação à variável  $A$ ), o esgotamento físico total da floresta nativa é tecnicamente impossível (além de ambientalmente indesejável, tendo em vista o valor das amenidades), pois implicaria um custo infinito (incluindo a perda de amenidades) de extração madeireira.

Assim, a condição da Equação 4 pode ser reduzida para:

$$\mu(T) = 0 \quad e \quad A(T) > 0 \quad [6]$$

A condição expressa na Equação 6 reflete que, no instante final da concessão, o valor do hamiltoniano – isto é, o valor do projeto restrito pelas variações no tamanho da floresta – deve ser nulo.

Conseqüentemente:

custo médio total, isto é, o custo médio de extração mais o custo médio de reposição (igual ao custo de investimento no PMFS).

$$p(T) = \frac{C(a(T), A(T)) + \varphi(x(T))}{a(T)} \quad [8]$$

Da Equação 6, sabe-se que  $\mu(T) = 0$ , isto é,  $p(T) = C_a(T)$ . Substituindo na Equação 8, tem-se:

$$C_a(a(T), A(T)) = \frac{C(a(T), A(T)) + \varphi(x(T))}{a(T)} \quad [9]$$

Portanto, a condição de ótimo no instante terminal requer que o custo marginal de extração seja igual ao custo médio total.

#### *Direitos de propriedade do poder concedente*

O direito de propriedade sobre as florestas públicas, entretanto, pertence ao poder concedente – União, estado ou município – e a lei de florestas prevê a concessão da exploração e do manejo à iniciativa privada, em troca do preço florestal.

A metodologia de análise consiste em estudar o efeito destas compensações governamentais sobre as condições de ótimo do problema do concessionário, identificando em que medida elas

representam um estímulo à conservação ou destruição da floresta.

Como a lei é genérica quanto à modalidade de preço – delegando ao órgão gestor a competência de definir em edital sua forma em cada lote de manejo – consideraremos, inicialmente, duas modalidades: os pagamentos proporcionais ao faturamento bruto da atividade (*royalties*) e os pagamentos independentes do valor do investimento (bônus de acesso) que compreende o lance vencedor da licitação.

Este último pode ser o lance vencedor de um leilão de licitação de direitos de extração e manejo. Seja  $\eta$  a alíquota de *royalties* e  $K$  o valor do pagamento único pela concessão. O problema do investidor se torna:

$$\text{Max}_{a(t), x(t)} \left\{ V(a) = \int_0^T [(1-\eta)p(t)a(t) - C(a, A) - \varphi(x) - K] e^{-rt} dt \right\} \quad [10]$$

Sujeito a:

$$\frac{dA}{dt} = x - a$$

Pelo princípio do máximo, temos:

$$\mu = (1 - \eta)p - C_a = \varphi'(x) \text{ ou } p = \frac{C_a + \varphi'(x)}{1 - \eta} \quad [11]$$

Como se pode notar pela Equação 11, a imposição de *royalties* ocasiona um impacto negativo na trajetória de extração, na medida em que reduz o preço percebido pelo produtor, isto é, dado o nível de preços e na presença de alíquota  $\eta$ , há um estímulo para a redução de  $a(t)$  (lembrando que  $C_a > 0$ ).

Entretanto, os *royalties* também podem produzir um incentivo adverso em reduzir o investimento no replantio, em cada instante de tempo, na medida em que  $x$  também é uma variável de controle. Ou seja, dado um nível de extração ( $a$ ) a

relação (11) também pode ser ajustada via redução no investimento no manejo sustentável, já que  $\varphi'(x) > 0$ .

Por outro lado, a presença do pagamento fixo  $K$  é neutra no sentido de não alterar as condições de ótimo.

Assim, se  $\eta = 0$  e  $K > 0$ , a trajetória de extração não será afetada, não havendo qualquer incentivo preservacionista.

Entretanto, não haverá estímulos em reduzir investimento no manejo sustentável. Das condições terminais  $\mu(T) = 0$  e  $H(T) = 0$ , conclui-se que:

$$H = [(1 - \eta)pa(T) - C(a(T), A(T)) - \varphi(x(T)) - K] + \mu(T)(x(T) - a(T)) = 0$$

Isto é:

$$p = \frac{C(a(T), A(T)) + \varphi(x(T)) + K}{(1 - \eta)a(T)} \quad [12]$$

Substituindo a condição da Equação 11 com  $\mu(T) = 0$ :

$$C_a(a, A) = \frac{C(a(T), A(T)) + \varphi(x(T)) + K}{a(T)} \quad [13]$$

Como se pode verificar, a presença da taxa de acesso, em pagamento único, faz com que no instante final *o custo marginal seja maior que o custo médio* pelo fator  $K/a(T)$ .

Como consequência, o lote florestal será explorado por um tempo menor, com menor nível de extração de volume de madeira e potenciais prejuízos menores à biodiversidade.

Em síntese, tanto os *royalties* como a taxa de acesso podem ser utilizados pelo poder público como mecanismos de incentivo para reduzir o volume extraído: no primeiro caso, pelo fato de reduzir o tempo ótimo de extração no projeto de investimento madeireiro; no segundo, pelo fato de elevar o custo médio total de extração.

Todavia, os *royalties* apresentam o efeito colateral de distorcer negativamente o incentivo aos investimentos no Plano de Manejo Florestal Sustentável, aqui representado por  $\varphi(x)$ .

As duas possibilidades são ilustradas nas Figuras 1 e 2, respectivamente. O eixo horizontal representa a quantidade extraída no instante final, a qual será maior nas duas situações em relação à ausência de compensações ( $\eta = K = 0$ ).

Como a função de custo marginal é crescente em  $a$ , em ambos os casos o tempo de exploração será menor, indicando *um menor comprometimento potencial do lote florestal concedido*: na ausência de preço florestal – incluindo a falta de direitos de propriedade – a quantidade extraída *no instante final* será  $a^*(T^*) < a_S(T_S)$ , onde  $a_S$  é a extração no instante final quando o preço florestal está presente, o que implica  $T^* > T_S$ .

Como resultado, a área explorada será menor, conforme se observa no quadrante inferior, que contrapõe a quantidade final extraída ao tempo de exploração e cuja área OAD representa, de forma estilizada, o tamanho do lote de manejo ( $A_0$ ).

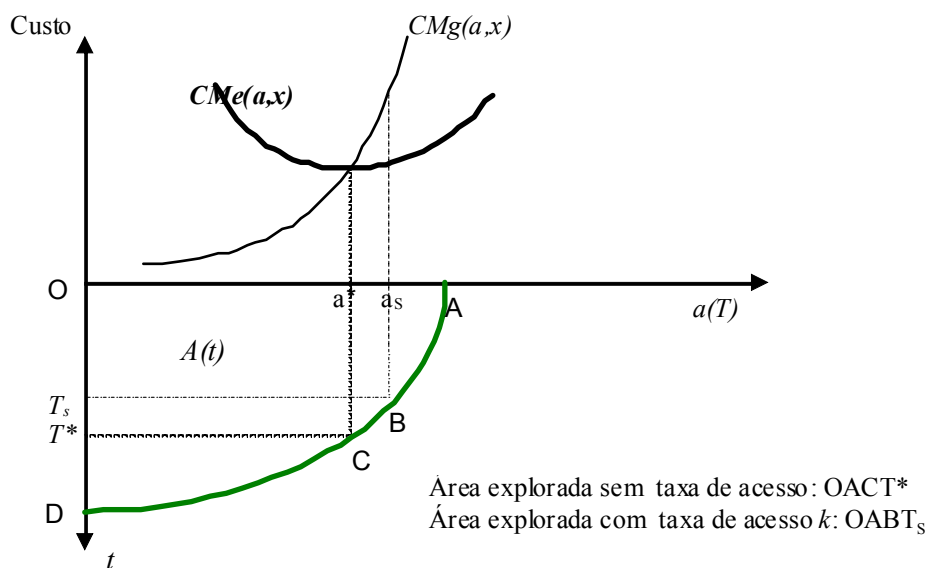


Figura 1. Taxa única de acesso e redução da área explorada.

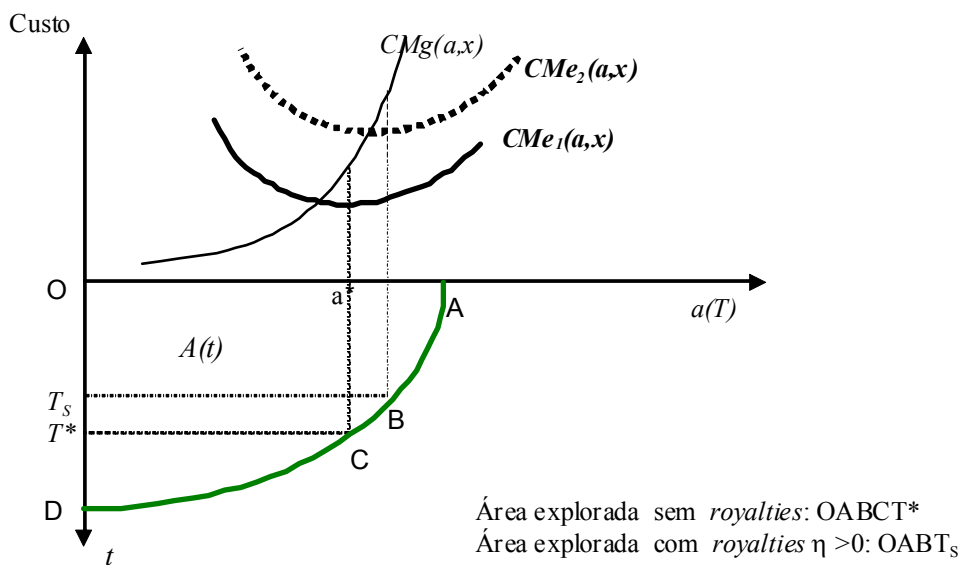


Figura 2. Royalties sobre receita bruta da produção e área explorada.

Como:

$$A(t) = \int_0^T (x(t) - a(t)) dt$$

Se  $T_s < T^*$ , haverá uma variação menor no tamanho original da floresta.

A lei prevê, também, a possibilidade de incidência do preço florestal sobre o faturamento líquido, aqui entendido como uma *proxy* para o lucro.



Desta forma, consideramos, agora, que, em substituição às modalidades descritas acima, o preço florestal seja composto por

um imposto sobre o lucro da atividade com alíquota  $\Psi$ . O problema de maximização se torna:

$$V(a) = \int_0^T (1 - \Psi)[p(t)a(t) - C(a, A) - \varphi(x)]e^{-rt} dt \quad [14]$$

Sujeito a:

$$\frac{dA}{dt} = x - a$$

O hamiltoniano correspondente será:

$$H = (1 - \Psi)[p(t)a(t) - C(a, A) - \varphi(x)] + \mu(x - a)$$

Repetindo os passos acima, observa-se que tanto a condição de ótimo como as condições terminais são idênticas ao caso de ausência de preço de concessão florestal condições das Equações 3 e 8, isto é, a alíquota de imposto sobre o lucro  $\Psi$  é neutra no sentido de não produzir nenhum incentivo em relação à alteração do volume

extraído. A tabela abaixo sintetiza as conclusões do modelo diante das três modalidades de preço florestal consideradas, com relação à área final da floresta ( $A(T)$ ), à extração em cada instante de tempo ( $a(t)$ ), ao investimento no manejo sustentável ( $\varphi(x)$ ) e ao instante final de exploração ( $T^*$ ).

**Tabela 1. Modalidade de Preço Florestal e efeitos sobre as variáveis em relação à propriedade privada sem Preço Florestal.**

Modalidade	$A(T)$	$a(t)$	$\varphi(x)$	$T^*$
Taxa única de concessão	Aumenta	0	0	Reduz
Taxa sobre faturamento / <i>Royalties</i>	Aumenta	Reduz	Reduz	Reduz
Imposto sobre lucro	0	0	0	0

O imposto sobre o faturamento líquido (lucro) da atividade não terá qualquer efeito em nenhuma das quatro variáveis, possuindo um baixo potencial como mecanismo de regulação do volume extraído; a taxa única de concessão é capaz de reduzir o tempo ótimo de exploração e, conseqüentemente, aumentar a área final do lote, diminuindo a destruição potencial, sem qualquer efeito sobre o estímulo no investimento no reflorestamento.

Os *royalties*, por sua vez, representam a modalidade de preço de mais impacto sobre a trajetória de exploração no sentido de reduzir a quantidade extraída em cada instante de tempo e de distorcer negativamente o incentivo de investir no reflorestamento (PMFS).

### **Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal**

A Lei Florestal prevê que os recursos arrecadados com o preço florestal, na parcela que exceder o valor mínimo do edital, devem ser repartidos proporcionalmente entre o Ministério do Meio Ambiente, os estados, os municípios e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF).

A lei é bastante lacônica quanto ao destino dos recursos do FNDF, limitando-se a afirmar que se trata de um fundo:

*de natureza contábil, gerido pelo órgão gestor federal, destinado a fomentar o desenvolvimento de atividades sustentáveis de base florestal no Brasil e a promover a inovação tecnológica do setor (artigo 41).*

Do ponto de vista teórico, a criação deste fundo é crucial para evitar a perda de bem estar das gerações futuras que poderia advir da exploração inconseqüente dos recursos florestais, desde que seus recursos sejam designados exclusivamente aos investimentos no manejo florestal.

A lógica do mecanismo pode ser encontrada na regra de Hartwick (1977) que, embora originalmente destinada à renda de Hotelling (1931), pode ser transposta para o caso de recursos florestais.

Segundo a regra original, a renda dos recursos não renováveis deve ser investida integralmente em bens de capital a fim de diversificar a economia rumo a atividades que dependam menos do recurso exaurível, com vistas a evitar a queda do bem estar das gerações futuras, tendo em vista que o recurso não estará disponível para elas.

No caso de exploração florestal, a lógica é a mesma, tendo em vista as fortes semelhanças entre o conceito de sustentabilidade fraca e a característica de insumo que os recursos naturais costumam

apresentar nos modelos de crescimento sob restrição de recursos finitos (Hartwick 1977, Solow 1974).

A *sustentabilidade fraca* admite que os recursos naturais são substitutos de insumos convencionais.

No entanto, se se deseja atender ao princípio de *sustentabilidade forte*, o investimento deve ser destinado exclusivamente ao reflorestamento e à manutenção da biodiversidade e não a quaisquer bens de capital, tendo em vista que nesta corrente os recursos florestais são insubstituíveis e a biodiversidade é portadora de um valor intrínseco.

Desta forma, o poder público será capaz não apenas de conter a exploração predatória – definindo claramente que os direitos de propriedade sobre a floresta lhe pertencem – como evitar dissipação da renda.

O mecanismo pode ser melhor entendido a partir das condições de ótimo da Equação 3, que estabelecem a igualdade entre o custo de uso e a renda, bem como a igualdade entre a renda e o custo marginal de reflorestamento. Conforme esta condição:

$$p = C_a + \varphi'(x)$$

Agora, diferentemente do resultado neoclássico tradicional, a condição de

ótimo para exploração racional requer que o preço do produto esteja *acima* do custo marginal de produção.

A diferença constitui exatamente o custo de uso  $\mu$  (renda florestal ou valor sombra), a qual deve ser aplicada na reposição da floresta, dado que ela também deve se igualar, no ótimo, ao custo marginal do manejo florestal.

Daí a importância da criação do FNDF, o qual deve ter seus recursos geridos para o *investimento* e nunca para o consumo.

A Figura 3 ilustra a questão. No ótimo, o preço deve estar acima do custo marginal de extração na exata medida do custo marginal de reflorestamento.

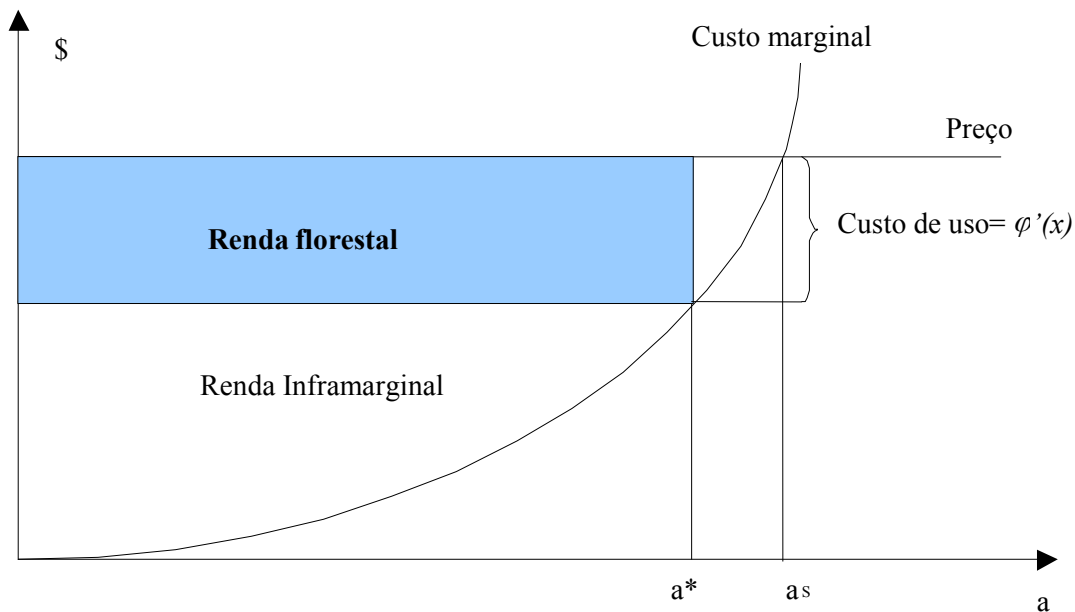
A renda florestal deve ser investida para evitar queda do bem-estar da sociedade. A renda inframarginal, correspondente ao excedente do produtor, pode ser consumida.

A figura permite entender, também, a lógica econômica do regime de concessões. Trata-se de definir com clareza o detentor do direito de propriedade sobre a floresta que, no caso da legislação brasileira, pertence ao público.

Se não houvesse clareza quanto aos direitos de propriedade, a exploração seria predatória o que, nos termos do modelo, implicaria  $\mu(t) = 0$ , (Hardin 1968); podendo ser interpretada como

externalidade de produção, tendo em vista que cada produtor não considera os efeitos

de sua atividade sobre o tamanho do lote florestal.



**Figura 3. Renda florestal e custo de uso – Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal.**

Em termos de programação dinâmica, é como se a restrição da Equação 2 não fosse percebida pelo agente.

Cada produtor teria a percepção de que o custo de uso é igual a zero, o que resulta na igualdade entre preço e custo marginal de produção, implicando em um nível de extração acima do ótimo.

Isso pode ser observado na Figura 3, em que  $a_s > a^*$  quando os direitos de propriedade não são definidos.

Conforme Croppers e Griffiths (1994), que realizaram estudos empíricos, a superexploração madeireira em países em desenvolvimento é um problema de falha

de mercado, pois nestes casos, os direitos de propriedade não são bem definidos, de modo que o custo marginal da extração ( $\varphi'(x)$ ) se torna nulo.

### Conclusão

O objetivo deste trabalho foi contribuir para o entendimento dos incentivos embutidos no sistema de preço florestal, analisando a lógica do regime de concessões, à luz das teorias de exploração ótima dos recursos naturais. A nova lei brasileira de concessão de florestas públicas 11.284/06 pode ser considerada um avanço, pois contribui de forma

decisiva para a racionalização da exploração madeireira e dos demais recursos florestais, na medida em que identifica com clareza os direitos de propriedade sobre os recursos naturais florestais, evitando dissipação da renda decorrente da ocupação predatória.

Independentemente da noção de sustentabilidade que se tenha em mente – fraca ou forte, de acordo com a hipótese sobre o papel dos recursos naturais no processo produtivo –, a adoção do preço florestal como mecanismo de compensação financeira ao poder público embute incentivos à alteração da trajetória ótima de extração, podendo contribuir para a minimização do desflorestamento.

Como a lei não traz muitos detalhes sobre a modalidade de preço florestal, optamos por analisar formas típicas de benefícios – taxa única de acesso, *royalties* e imposto sobre o faturamento bruto da atividade madeireira.

Mostramos, através de um modelo estilizado de exploração madeireira, cujo Plano de Manejo Florestal Sustentável consiste no reflorestamento, que tanto os *royalties* como a taxa única de acesso produzem incentivos à redução da área explorada, na medida em que reduzem o tempo ótimo de atividade.

Entretanto, os *royalties*, apesar de reduzirem a taxa de extração, também produzem o incentivo adverso em reduzir o investimento no reflorestamento.

O imposto sobre o lucro, por sua vez, é neutro no sentido de não afetar as condições de ótimo para a extração, apresentando um baixo potencial regulador sobre a conservação da floresta.

Além disso, com a criação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF) ao qual se destina de uma porcentagem da arrecadação do preço florestal, tem-se um elemento de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável, desde que seus recursos sejam corretamente investidos em projetos de recuperação ambiental à luz da regra de Hartwick, evitando a queda de bem estar das gerações futuras com o desaparecimento da floresta.

Embora o modelo investigado seja simples, a sua análise contribui para as discussões que envolvem a formatação das modalidades de preço florestal – tendo em vista os objetivos de maximização do bem estar social ao longo do tempo e os incentivos para a conservação do patrimônio florestal e da biodiversidade – na medida em que permite uma avaliação qualitativa das modalidades mais usuais.

Apesar disso, muitas questões permanecem em aberto (alíquotas ótimas, critérios para definição dos lotes, maximização da

arrecadação governamental, avaliação da biodiversidade, etc.) e podem ser exploradas futuramente.

## Referências

- Brasil. *Lei 11.284, de 02 de março de 2006*. Brasília: Presidência da República, 2006.
- Brasil. *Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965*. Brasília: Presidência da República, 1965.
- Brasil. *Medida Provisória 1.736-31, de 14 de dezembro de 1998*. Brasília: Presidência da República, 1998.
- Brasil. *Medida Provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001*. Brasília: Presidência da República, 2001.
- Chiang A. *Elements of dynamic optimization*. Singapore: McGraw-Hill, 1992.
- Chomitz K. *Transferable development rights and forest protection: An exploratory analysis*. Workshop on Market-based Instruments for Environmental Protection. Harvard, 1999.
- Cohen C. Padrões de consumo e energia: Efeitos sobre o meio ambiente e o desenvolvimento. In: May P, Lustosa MC, Vinha V. (Orgs.). *Economia do meio ambiente*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- Common M. *Environmental and resources economics*. Nova York: Longman, 1992.
- Conrad JM, Ludwig D. Forest land policy: The optimal stock of old-growth forest. *Natur Res Model*. 1994, 8:27-45.
- Conrad JM. *Resource economics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.
- Croppers M, Griffiths C. The interaction of population growth and environmental quality. *Am Econ Rev*. 1994, 84(2):250-4.
- Dasgupta P, Heal GM. The optimal depletion of exhaustible resources. *Rev Econ Studies*. 1974, 41:3-28.
- Dietz S, Neumayer E. Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement. *Ecol Econ*. 2007, 61(4):617-26.
- Ekens P, Simon S, Deutsch L, Folke C, De Groot R. A framework for the

- practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecol Econ.* 2003, 44(2003):165-85.
- Hardin G. The tragedy of the commons. *Science.* 1968, 162:1243-8.
- Hartwick JM. Intergenerational equity and the investing of rents from exhaustible resources. *Am Econ Rev.* 1977, 67(5):972-4.
- Hotelling H. The economics of exhaustible resources. *J Pol Econ.* 1931, 137-75.
- May P, Lustosa MC, Vinha V. (Orgs.). *Economia do meio ambiente.* Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- Neher PA. *Natural resource economics: Conservation and exploration.* Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- Romeiro AR. Desenvolvimento sustentável e mudança institucional: Notas preliminares. *Econômica.* 1999, 1(1):75-103.
- Romeiro AR. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: May P, Lustosa MC, Vinha V. (Orgs.). *Economia do meio ambiente.* Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- Seroa da Motta R. *The economics of biodiversity in Brazil: The case of forest conversion.* Texto para Discussão 433. Rio de Janeiro: IPEA, 1996.
- Siche R, Agostinho F, Ortega E, Romeiro A. Índices versus indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Amb & Soc.* 2007, X(2):137-48.
- Solow RM. Intergenerational equity and exhaustible resources. *Rev Econ Studies.* 1974, Symposium:29-46.
- Vicent JR, Ali RM, Tan CY, Yahaya J, Rahim KA, Ghee LT, Meyer AS, Othman MSH, Sivalingam G. *Environment and development in a resource-rich economy: Malaysia under the new economic policy.* Harvard: Harvard University Press, 1997.