

Análise econométrica do mercado de madeira em tora para o processamento mecânico no Estado do Paraná

Econometric analysis of the market for mechanical roundwood processing in the state of Parana, Brazil

Alexandre Nascimento de Almeida¹, Humberto Ângelo²,
João Carlos Garzel Leodoro da Silva³ e Blas Enrique Caballero Nuñez⁴

Resumo

Este trabalho analisa o mercado interno de madeira em tora para o processamento mecânico no período de 1988 a 2004 para o Estado do Paraná. O objetivo principal foi identificar e estimar as elasticidades das principais variáveis que afetam este mercado. As estimativas foram obtidas através do método de mínimos quadrados de dois estágios. Além do preço, as principais variáveis ajustadas foram: renda e taxa de câmbio, na demanda; e o preço pago pelo mercado de celulose e a produtividade, na oferta. Foi obtida uma resposta inelástica a preço, na demanda, e próxima a unitária, na oferta. A demanda de madeira respondeu elasticamente a mudanças na renda e na taxa de câmbio. Com respeito à oferta, foi observada uma competição por madeira entre o mercado para celulose e processamento mecânico e sugerida uma forte influência dos ganhos em produtividade no período estudado.

Palavras-Chave: Equações simultâneas, Processamento mecânico, Mercado

Abstract

This work analyzes the domestic market of roundwood in Parana state for the mechanical processing during the period of 1988 to 2004. The main objective was to identify and to estimate the elasticity's of the main variables that affect the market. The estimates were obtained through the method of two steps minimum squares. Aside from the price, the main variables adjusted were: income and exchange rate in the demand and pulpwood price and productivity in the supply. An inelastic answer was obtained by price in the demand and close to the unit in the supply. The demand of roundwood answered elastically to the changes in the income and the rate of exchange. As for supply, there was a competition between the pulp and the mechanical processing market. A strong influence of gains on the productivity was apparent during the studied period.

Keywords: Simultaneous equations, Mechanical processing, Market

INTRODUÇÃO

O segmento de madeira sólida exerce um papel muito importante no setor florestal brasileiro e, junto com o setor de móveis, é responsável por 44% do PIB Florestal. É de uma relevância expressiva, que supera os atuais 35% da indústria de papel e celulose, e os 20% do segmento de madeira para energia (ABIMCI, 2003).

A respeito do comércio de madeira para o segmento sólido proveniente de silvicultura, o

Paraná tem uma atuação de destaque, respondendo por aproximadamente 28% do mercado brasileiro (IBGE, 2006).

Nos últimos dez anos o comércio de madeira de silvicultura para o processamento mecânico no Paraná mais que dobrou (IBGE, 2006). Entretanto, alguns analistas advertem que este crescimento não deve se perpetuar pela próxima década. Os mais pessimistas cogitam a possibilidade de uma escassez de madeira, o conhecido "apagão florestal".

¹Doutorando em Ciências Florestais na Universidade Federal do Paraná – Av. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico – Campus III – 80210-170 – Curitiba, PR – E-mail: alexfloresta@pop.com.br

²Professor Doutor do Departamento de Engenharia Florestal da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília – Caixa Postal 04357 – Asa Norte – 70919- 970 – Brasília, DF – E-mail: humb@unb.br

³Professor Doutor do Departamento de Economia Rural e Extensão da Universidade Federal do Paraná – Av. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico – Campus III – 80210-170 – Curitiba, PR – E-mail: garzel@ufpr.br

⁴Professor Doutor do Departamento de Economia da Universidade Federal do Paraná – Av. Lothário Meissner, 632, térreo – Jardim Botânico – 80210-170 – Curitiba, PR – E-mail: blas@ufpr.br

As bases para essas pressuposições vieram a partir de análises realizadas por Berger *et al.* (1992), Ramos (1993), Bacha (2000), Tuoto *et al.* (2003/2004), os quais analisaram um desequilíbrio entre a necessidade e disponibilidade de madeira. Em geral, estes estudos projetaram um determinado consumo e disponibilidade de madeira futura, e indicaram um possível déficit.

Até o ano de 2006, o "apagão florestal" não havia acontecido da forma que foi preconizado e, Tomazelli e Siqueira (2004/2005), já o consideraram uma fantasia ou exagero. Conforme Tuoto *et al.* (2003/2004) ocorreria um déficit próximo a 30 milhões de m³ de madeira de Pinus para o Brasil, no ano de 2020. A mesma consultoria, um ano depois e para a mesma espécie, reviu suas projeções para uma sobra de madeira, em torno, de 5 milhões de m³ em 2020 (TOMASELLI, 2004).

Considerando a importância do setor florestal para a economia paranaense, a falta de consenso sobre o comportamento da oferta e demanda de madeira e as raras informações providas de caráter quantitativo, justificam um estudo econométrico para o referido mercado.

O objetivo geral deste trabalho foi, portanto, propor um modelo econométrico de oferta e demanda de madeira em tora para o processamento mecânico no Paraná. O objetivo específico foi identificar e estimar as elasticidades das principais variáveis que afetam este mercado.

METODOLOGIA

Referencial teórico

As bases teóricas para a especificação dos modelos surgiram a partir das leis de demanda e oferta e o teorema da teia de aranha. Outros estudos relacionados e informações particulares referentes ao comportamento do mercado de madeira plantada no Paraná também foram considerados para a formulação e sustentação das hipóteses. Conforme Hair *et al.* (2005), a teoria não é exclusivo domínio do meio acadêmico, mas pode ser radicada na experiência e prática obtidas por observação de comportamento do mundo real.

A partir da lei de demanda e procurando escolher as variáveis mais importantes para explicar o consumo final de madeira sólida, foram selecionadas as seguintes variáveis: renda bruta disponível; taxa de juros a curto prazo; população interna; renda mundial; taxa de câmbio efetiva; e preço pago às exportações da indústria do processamento mecânico de madeira.

Para captar a influência dos bens relacionados à madeira foram considerados os preços do ferro, do plástico, da madeira nativa do Paraná e da madeira nativa tropical da Amazônia.

De forma similar aos cultivos agrícolas em que, normalmente, o funcionamento do mercado é explicado pelo modelo da teia de aranha (SAYLOR, 1973; TACHIZAWA, 1973 e WYZYKOWSKI, 2001), pressupõe-se que as variáveis que afetam a oferta de madeira em tora para processamento mecânico no Paraná sejam correntes e defasadas. As variáveis defasadas foram aquelas que influenciaram a disponibilidade de madeira apta ao corte e as correntes que determinaram a quantidade desta disponibilidade que é ofertada ao mercado.

A disponibilidade de madeira apta ao corte depende, basicamente, de variáveis defasadas referentes à rentabilidade no período de plantio para produtores não verticalizados com a indústria; e à expansão dos plantios das grandes empresas verticalizadas, as quais, não tomam suas decisões pautadas apenas em aspectos relacionados à rentabilidade das florestas.

A lei da oferta indicou a quantidade de madeira que os produtores estão dispostos a colocar no mercado em um determinado período de tempo. As variáveis consideradas foram o preço da madeira, custos de produção e a tecnologia (produtividade).

Devido ao estudo tratar exclusivamente do mercado de madeira para o processamento mecânico e, da mesma forma que Newman (1987) e Brännlund *et al.* (1985), foi necessário a inclusão de um grupo de variáveis que explicassem a concorrência de outros usos para a madeira. Os preços pagos pela madeira nos mercados para celulose e para energia foram as variáveis escolhidas para explicar o efeito dessas possíveis relações.

Referencial analítico

O modelo econométrico representativo da demanda e oferta de madeira em tora para o processamento mecânico no Paraná é apresentado nas equações (1) e (2).

Em um primeiro momento, o câmbio, a taxa de juros e o preço das exportações foram considerados em período corrente, porém, o ajuste do modelo de demanda também considerou testes com os mesmos atuando em um período defasado.

$$Q_t^D = \alpha_0 + \alpha_1 P_t^S + \alpha_2 RI_t + \alpha_3 PO_t + \alpha_4 PR_t^{Fe} + \alpha_5 PR_t^{PI} + \alpha_6 PR_t^{NP} + \alpha_7 PR_t^{NA} + \alpha_8 J_t + \alpha_9 C_{t-x} + \alpha_{10} RM_t + \alpha_{11} PEX_t^{PM} + \omega_t \quad (1)$$

Q_t^D = Quantidade de madeira demandada pelo processamento mecânico (m³)
 P_t^S = Preço da madeira para o processamento mecânico (R\$/m³)
 RI_t = Renda interna (mil R\$)
 PO_t = População interna (milhões habitantes)
 PR_t^{Fe} = Preço do ferro (nº índice)
 PR_t^{Pl} = Preço do plástico (nº índice)
 PR_t^{NP} = Preço da madeira nativa do Paraná (R\$/m³)
 PR_t^{NA} = Preço da madeira nativa da Amazônia (R\$/m³)
 J_t = Taxa de juros referencial a curto prazo (%)
 C_{t-x}^{t-x} = Taxa de câmbio efetiva (nº índice)
 RM_t = Renda mundial (nº índice)
 PEX_t^{PM} = Preço pago às exportações da indústria do processamento mecânico (US\$/Kg)
 ω_t = Termo de erro da equação de demanda

$$Q_t^O = \beta_0 + \beta_1 P_t^S + \beta_2 PA_t^C + \beta_3 PA_t^E + \beta_4 AR_{t-x}^D + \beta_5 SM_t + \beta_6 PRO_t^P + \varepsilon_t \quad (2)$$

Q_t^O = Quantidade de madeira ofertada pelo produtor florestal (m³)
 PA_t^C = Preço da madeira para celulose (R\$/m³)
 PA_t^E = Preço da madeira para energia (R\$/m³)
 AR_{t-x}^D = Área reflorestada defasada (ha)
 SM_t = Custo de colheita (R\$)
 PRO_t^P = Produtividade de Pinus (m³/ha/ano)
 ε_t = Termo de erro da equação de oferta

Conforme a teoria econômica espera-se sinais positivos para os coeficientes: $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_6, \alpha_7, \alpha_9, \alpha_{10}, \alpha_{11}, \beta_1, \beta_4$ e β_6 ; e negativos para: α_1, α_8 e β_5 . Já para os coeficientes $\alpha_4, \alpha_5, \beta_2$ e β_3 o resultado é incerto, sendo prudente a consideração do teste *t* bicaudal.

De acordo com a lei da demanda, é esperada uma relação indireta do consumo com o preço. Para a renda, interna e mundial, espera-se uma influência direta, assim, caracterizando a madeira como um bem superior.

É provável um efeito direto da demanda com um crescimento da população, e indireto com aumento da taxa de juro. Uma ampliação da população leva a um aumento da demanda em potencial e uma queda da taxa de juros reduz o custo do crédito produtivo. A redução do custo do crédito facilita as compras a prazo, inibi a poupança e, conseqüentemente, incentiva o consumo.

Em relação às variáveis que visam medir a relação da madeira com outros materiais (Ferro e Plástico), o resultado é incerto. A madeira tem diferentes relações com esses materiais nos mais

diferentes usos. O uso da madeira na construção civil, por exemplo, aparentemente não apresenta bons substitutos, estando a mesma atuando de forma complementar com o ferro e plástico. Já no setor moveleiro, a substituição entre madeira e ferro é mais aparente. Desta forma, o resultado vai depender do uso que exercer uma maior pressão na utilização da madeira. Para o preço da madeira nativa do Paraná e da Amazônia foram esperados sinais positivos e, assim, indicando uma relação de substituição entre madeira natural e de silvicultura.

Já uma variação positiva na taxa de câmbio leva a uma diminuição dos preços dos bens internos em termos de bens externos. Assim, um aumento da taxa de câmbio (desvalorização da moeda nacional) acaba incentivando um aumento da demanda externa por produtos de madeira.

Uma variação positiva no preço pago às exportações de produtos de madeira aumenta a oferta de exportações e, conseqüentemente, o aumento da demanda de madeira em tora. Desta forma, é esperada uma relação positiva entre preço externo e demanda de madeira em tora.

Na oferta, o preço influencia positivamente e, da mesma forma que Newman (1987), espera-se uma relação incerta entre a demanda do processamento mecânico e o preço pago pelos usos alternativos (celulose e energia).

Apesar da relativa facilidade do produtor de madeira em direcionar sua produção para outros usos, deve ser considerado que uma boa parte da madeira direcionada para celulose e energia é vendida como subproduto da madeira abatida para o processamento mecânico e, dessa forma, assumindo uma relação positiva.

É esperado um efeito positivo entre a disponibilidade e a oferta da madeira. O produtor florestal apresenta certa mobilidade na escolha do período de colheita, tornando-o mais sensível às variáveis correntes do mercado, comparativamente, a outras atividades agrícolas. Entretanto, o produtor florestal pode sentir obrigado, independente de variáveis correntes, a colher a madeira devido a perdas de produtividade em função de um sobreestoque no campo.

O custo de colheita e a produtividade atuam de formas distintas na determinação da oferta de madeira. Ao contrário de um aumento do custo de colheita, um ganho de produtividade leva a uma redução nos custos de produção. Assim, o sinal previsto para a variável produtividade foi positivo e para o custo de colheita foi negativo.

A abordagem utilizada na estimativa do modelo foi a “de cima para baixo” (simplicidade progressiva) e o método foi o de equações simultâneas, através de mínimos quadrados de dois estágios. Optou-se em utilizar a forma funcional logarítmica devido à possibilidade de obtenção direta das elasticidades.

Assumindo que todas as variáveis previamente escolhidas são consistentes com a teoria econômica, a detecção dos regressores desnecessários (abordagem de cima para baixo), foi realizada por meio dos sinais esperados, testes *t* e *F*, coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}) e, principalmente, pela percepção do autor referente às variáveis consideradas fundamentais e secundárias.

O julgamento relativo às variáveis consideradas essenciais ou coadjuvantes seguiu os princípios de Leamer e Lenord (1983), os quais caracterizaram as variáveis de um modelo em secundárias e imprescindíveis.

As variáveis consideradas “chaves” na demanda, além do preço endógeno, foram a renda per capita interna e o câmbio. O efeito da renda é imprescindível em qualquer formulação de demanda, e a presença do câmbio se deve à tradicional vocação exportadora do segmento de madeira sólida no Estado. Segundo Silviconsult (2006): 80%, 90%, 33%, 20% e 26% das respectivas produções de compensado, molduras, EGP, móveis e pisos de Pinus são destinados ao mercado externo.

As variáveis consideradas “chaves” na oferta foram o preço endógeno e o preço pago pelo mercado de celulose. O fundamento para estas considerações foram a partir das evidências empíricas encontradas por Newman (1987) e Brännlund *et al.* (1985).

As hipóteses básicas para a obtenção de estimativas desejáveis em um modelo de regressão de equações simultâneas são a inexistência de problemas de multicolinearidade, micronumerosidade, heteroscedasticidade, autocorrelação, correlação espúria e presença de simultaneidade.

Uma regra prática para verificação da multicolineariedade é um alto R^2 e poucas razões *t* significativas. As outras hipóteses foram avaliadas conforme os seguintes testes: Heteroscedasticidade - Teste BPG de Breusch e Pagan (1979); Autocorrelação - Estatística *d* de Durbin-Watson; Correlação Espúria - Teste DWRC de Sargan e Bhargava (1983); e Simultaneidade - Teste de Hausman (1976).

De acordo com Goldberger (1991), vários testes foram desenvolvidos para avaliar o problema da micronumerosidade, embora todos

tenham sido bastante questionados. Desta forma, foi avaliado o problema pelo comparativo entre o tamanho da amostra utilizada e de 15 trabalhos referentes ao mercado de madeira em tora (WIECHETECK, 2001; BRÄNNLUND *et al.*, 1985; KUULUVAINEN, 1986; NEWMAN, 1987; CARTER, 1992; POLYAKOV *et al.*, 2005; HETEMÄKI e KUULUVAINEN, 1992; DANIELS e HYDE, 1986; LUPPOLD, 1984; JACKSON, 1983; HULTKRANTZ e ARONSSON, 1989; BIGSBY, 1993; LEUSCHNER, 1973; NAUTIYAL e WILLIAMS, 1990 e ROBINSON, 1974).

Todas as hipóteses testadas consideraram como valores estatisticamente significativos, aqueles com uma probabilidade de erro de 5%.

Fonte de dados

Foram utilizados dados durante o intervalo de 1988 até 2004 e, para área reflorestada, entre 1966 e 1986. O preço externo pago para as exportações da indústria do processamento mecânico foi corrigido pelo Índice de Preço ao Consumidor dos Estados Unidos (CPI); para os outros dados monetários foi utilizado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). As variáveis utilizadas e os dados considerados com suas respectivas fontes são apresentados na Tabela 1.

Os dados de preço da madeira para o processamento mecânico, celulose e energia foram obtidos através da razão entre o valor da produção e a quantidade produzida de madeira em tora para as respectivas categorias. Estes dados referem-se à madeira de silvicultura, e não são desagregados por espécie e sortimento. Por se tratar da realidade paranaense entre o período de 1988 até 2004, os dados refletem o comportamento do Pinus e, exceto para o segmento de painéis reconstituídos (MDF, aglomerado, OSB), a indústria do processamento mecânico (fábricas de compensado, serrados, PMVA) consome madeira de maior diâmetro.

O preço pago para as exportações da indústria do processamento mecânico foi obtido por meio do valor agregado das exportações de laminado, compensado, aglomerado, móveis de madeira, PMVA, madeira serrada e perfilada, dividido pelo valor agregado de suas quantidades exportadas.

Por não existirem dados anuais sobre o inventário das florestas paranaense, como proxy da disponibilidade de madeira apta ao corte, foi utilizada uma série de dados referentes à área reflorestada defasada no Paraná. A determinação do período defasado considerou testes estatísti-

cos entre períodos próximos à rotação final do Pinus (18 até 22 anos). A série de dados referentes à área reflorestada defasada apresenta a limitação por se tratar de plantios provenientes, apenas, da política de incentivos fiscais que perdurou entre 1966 até 1987.

Da mesma forma que Wiecheteck (2001) e, devido à falta de uma série histórica referente aos custos de colheita e administração, estes foram explicados pela inclusão de uma variável que capte a variação do salário. No presente estudo, foi utilizado o salário mínimo real, já que o custo de mão-de-obra representa uma parcela importante no custo de colheita da madeira para o processamento mecânico.

A produtividade do Pinus foi obtida através da extrapolação de dados referentes a plantios nacionais (EPAGRI, 2005). Esta variável apresenta limitações, pois a mesma está disponível através da interpolação de dados para a década de 70, 80 e a partir do ano de 1995.

Em virtude da falta de dados não foi considerada a influência de outras variáveis como, por exemplo: melhorias da malha viária, burocracia de órgãos ambientais, outras formas de crédito ou bens substitutos etc.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando o preço, a renda per capita, o câmbio e o preço para celulose como variáveis básicas, e a partir de análises teóricas e estatísticas de testes que combinaram as variáveis "duvidosas", foram ajustadas as equações (3) e (4), como explicativas da demanda e oferta de madeira em tora para o processamento mecânico no Paraná.

$$\ln \hat{Q}_t^D = 9,54 - 0,55 \ln \hat{P}_t^S + 1,22 \ln RI_t^{PC} + 1,24 \ln C_{t-1} \quad (3)$$

$$\text{Teste } t = (6,38) \quad (-2,09) \quad (7,36) \quad (2,95)$$

$$n = 17 \quad R^2_{aj} = 0,80 \quad F = 21,9 \quad d = 1,59$$

$$\ln \hat{Q}_t^O = 7,36 - 0,97 \ln \hat{P}_t^S - 0,98 \ln PA_t^C + 2,3 \ln PRO_t^P \quad (4)$$

$$\text{Teste } t = (5,95) \quad (2,91) \quad (-3,2) \quad (5,82)$$

$$n = 17 \quad R^2_{aj} = 0,78 \quad F = 19,8 \quad d = 0,84$$

Avaliação teórica

Modelo de demanda

Exceto pela ausência de uma variável que capte a influência de bens substitutos, todas as variáveis ajustadas foram consistentes com a teoria da demanda.

Tabela 1. Dados observados e fontes consultadas.

Table 1. Observed data and researched sources.

VARIÁVEIS	DADOS OBSERVADOS	FONTE
VARIÁVEIS ENDÓGENAS		
OFERTA E DEMANDA	Produção de madeira em Tora para o Processamento Mecânico	IBGE/Pesquisa da Silvicultura
PREÇO	Preço de Madeira em Tora para o Processamento Mecânico	
VARIÁVEIS PREDETERMINADAS EXPLICATIVAS DA DEMANDA		
RENDA INTERNA	Renda Disponível Bruta	IBGE/Sistema de Contas Nacionais
	Renda Per Capita	IBGE/Sistema de Contas Nacionais e Departamento de População
POPULAÇÃO INTERNA	População	IBGE/Departamento de População e Indicadores Sociais
PREÇO DE BENS RELACIONADOS	IPA-OG - Ferro, Aço e Derivados	IPEA
	IPA-OG - Matérias Plásticas	
	Preço de Madeira em Tora Nativa do Paraná	
	Preço de Madeira em Tora Nativa da Amazônia	IBGE/Pesquisa da Extração Vegetal
TAXA DE JUROS	Taxa Selic CDB	BACEN (Boletim Mercados Financeiros)
TAXA DE CÂMBIO	Taxa de Câmbio Efetiva Real	IPEA
RENDA MUNDIAL	PIB Mundial	
VARIÁVEIS PREDETERMINADAS EXPLICATIVAS DA OFERTA		
PREÇO PAGO POR USOS ALTERNATIVOS	Preço para Celulose Preço para Lenha de Silvicultura	IBGE/Pesquisa da Silvicultura
DISPONIBILIDADE DE MADEIRA	Área Reflorestada Defasada	IBAMA
CUSTO DE COLHEITA	Salário Mínimo Real	IPEA
PRODUTIVIDADE	Produtividade de Pinus para o Brasil	EPAGRI/CEPA

Conforme Klemperer (1996), a ausência da influência preponderante de bens substitutos na função de demanda de madeira não é de se estranhar. Segundo o autor, as variáveis que determinam a demanda de madeira são: renda per capita real, população e taxa de juros. Segundo Gregory (1987), devido à não existência aparente de um substituto de madeira em tora para o processamento mecânico, alguns pesquisadores têm concluído que a demanda de madeira em tora deste segmento deve ser inelástica.

Os sinais apresentados no modelo de demanda estão conforme a teoria econômica, em que é sugerida uma relação inversa com o preço endógeno e uma relação direta com a renda e taxa de câmbio.

A resposta inelástica a preço é explicada pelo fato da madeira em tora de silvicultura ter poucos substitutos e ter dificuldade de ampliar sua utilidade em uma maior diversidade de fins como, por exemplo, na construção civil. Neste aspecto, Calil Junior (2000) ressalta que a utilização da madeira de Pinus na construção civil ainda é muito pequena, principalmente por preconceito por parte de engenheiros e arquitetos que desconhecem as recomendações para utilização tecnológica desse material.

A elasticidade-renda encontrada sugere que a madeira seja um bem superior, já que a mesma foi maior que a unidade. O resultado encontrado (1,22) foi de acordo com o obtido por Mendes (1998), para bens de consumo durável no Brasil (1,20).

O câmbio foi mais bem ajustado em um período defasado e o valor elástico para seu coeficiente é devido basicamente a dois motivos. Primeiro, por causa de sua alta volatilidade desde 1999, o que pode mascarar o efeito de outras variáveis determinantes na evolução das exportações, como: renda dos países importadores, impostos ou preços internacionais de produtos de madeira sólida, entre outros. Segundo, por causa do perfil passivo dos exportadores brasileiros de produtos de madeira sólida, os quais

são altamente dependentes de uma competitividade proporcionada pelo câmbio.

Uma ampla comparação dos resultados encontrados, com trabalhos presentes na literatura, foi limitada ao preço da madeira em tora, já que, em geral, os modelos especificados, contam com variáveis explicativas diferentes (Tabela 2).

Curiosamente, a elasticidade-preço da demanda encontrada (0,55) ficou bem abaixo da encontrada por Wiecheteck (2001) para Região Sul do Brasil, mais próxima dos valores encontrados para os EUA e um pouco abaixo dos valores para Suécia e Finlândia.

Uma possível justificativa para a resposta mais elástica a preço na demanda para o Brasil e EUA, comparativamente a Suécia e Finlândia, poderia ser o maior impacto do preço da madeira nos custos de produção em países nórdicos. Neste aspecto, considera-se a estrutura do mercado de madeira menos concentrada e a baixa produtividade das florestas nesses países, podendo levar a uma maior valorização de sua madeira.

Desconsiderou-se uma comparação aos resultados de Wiecheteck (2001), porque estes não aparentaram coerência com o esperado. A considerável diferença entre os resultados, principalmente por se tratar de regiões semelhantes, ratifica a necessidade de outras pesquisas econômicas, além da cautela que deve ser dada a resultados e pesquisas desta natureza.

Modelo de oferta

As variáveis utilizadas como explicativas da oferta foram consistentes com a maioria dos trabalhos presentes na literatura e apresentaram sinais conforme o esperado. Observou-se a falta de uma variável representativa dos custos de produção, porém, em geral, esta variável não é considerada em trabalhos similares. Possivelmente, um dos motivos para a sua ausência é a dificuldade de encontrar boas proxies, capazes de refletir o seu efeito por completo.

Tabela 2. Comparação de elasticidades-preço da demanda de madeira em tora.

Table 2. Comparison of the stumpage price elasticities in roundwood demand.

Fonte	Localização	Elasticidade-Preço na Demanda
Resultados encontrados	Paraná	-0,55
	Brasil – Região Sul	-2,18
Wiecheteck (2001)	Chile	-1,38
	Argentina	-4,87
Newman (1987)	EUA – Região Sul	-0,57
Kuuluvainen (1986)	Finlândia	-0,91
Daniels e Hyde (1986)	EUA – Carolina do Norte	-0,03
Brännlund <i>et al.</i> (1985).	Suécia	-0,99
Stier (1980)	EUA	-0,37
Montgomery <i>et al.</i> (1975).	EUA - Georgia	-0,13

Em negrito os resultados desta pesquisa

Além do preço endógeno, o efeito da produtividade foi fundamental para o ajuste do modelo. Ressalta-se que o período analisado é marcado por um considerável ganho em produtividade, graças a um amplo investimento e na consolidação do uso de madeira de silvicultura em lugar da nativa. Segundo a Epagri (2005), a evolução da produtividade das florestas plantadas no Brasil nos, últimos 50 anos, contabilizou um aumento de 171%, para Eucalipto, e 83%, para Pinus.

Similar à demanda, a comparação dos resultados da oferta foi limitada ao preço da madeira em tora e ao preço do uso alternativo para celulose (Tabela 3).

A relação de concorrência pela madeira entre as indústrias de papel e celulose e processamento mecânico foi de acordo com Newman (1987) e Brännlund *et al.* (1985).

Os efeitos inelásticos, porém próximos à unidade, do preço na oferta de madeira (0,97) e do preço pago por uso alternativo (-0,98), foram superiores àqueles resultados encontrados na literatura (Tabela 3).

O fato da maior elasticidade-preço na oferta de madeira do Brasil (Paraná), em relação ao mundo, provavelmente, se deve ao fato da renovação mais rápida das florestas brasileiras, o que possibilita uma resposta mais breve a estímulos de preço.

Em relação ao alto valor da elasticidade-preço para o mercado de celulose, além da renovação mais rápida das florestas no Brasil, destaca-se o importante papel das grandes empresas de papel e celulose na venda da madeira para o processamento mecânico no Estado. Graças ao seu poder de mercado, essas empresas possuem uma considerável mobilidade, ao consumir a sua ou a madeira do mercado, da forma, estrategicamente, mais interessante.

O único trabalho que apresentou uma resposta elástica ao preço, contrariando todos os outros autores, foi Kuuluvainen (1986). A justificativa para este efeito foi atribuída a considerações referentes aos dados utilizados.

Avaliação estatística

Os graus de ajustes representados pelo R²aj das equações de demanda e oferta foram satisfatórios. As porcentagens da variação total na demanda e na oferta explicada foram, respectivamente, de 80% e 78%.

As hipóteses assumidas de que a renda e o câmbio têm efeito positivo e são elásticas, e de que o preço da madeira afeta negativamente, e de forma inelástica, a demanda para o processamento mecânico, foi confirmada. A probabilidade de estas estarem erradas foi bem menor do que o nível de significância determinado, de 5%. Exceptuando a hipótese para o preço endógeno, todas as outras, foram altamente significativas e aceitas a um nível de significância de 1%.

As hipóteses consideradas para oferta também foram todas altamente significativas e aceitas com níveis de significância bem inferiores a 5%. Todos os coeficientes para a oferta foram significativos com 1% de probabilidade.

Por último, através do teste F, foi avaliada a significância dos modelos estimados. Nesse caso, a hipótese conjunta de que todos os coeficientes são simultaneamente iguais a zero foi rejeitada, com uma probabilidade de erro inferior a 1%, para ambos os modelos.

Avaliação econométrica

Os resultados dos testes *t*, em conjunto com os R²aj (equações 3 e 4), indicaram a ausência de multicolinearidade grave.

Tabela 3. Comparação de elasticidades-preço da oferta de madeira em tora.
Table 3. Comparison of the stumpage price elasticities in roundwood supply.

Fonte	Localização	Elasticidade-Preço	Elasticidade-Preço Celulose
Resultados encontrados	Paraná	0,97	-0,98
	Brasil – Região Sul	0,24	
Wiecheteck (2001)	Chile	0,34	
	Argentina	0,69	
Newman (1987)	EUA-Região Sul	0,55	-0,59
	EUA-Montanhas Rochosas	0,11	
Haeri (1987)	Sudeste dos EUA	0,14	
	Nordeste dos EUA	0,46	
	Sul dos EUA	0,49	
Kuuluvainen (1986)	Finlândia	3,13	
Daniels e Hyde (1986)	EUA-Carolina do Norte	0,27	
Brännlund <i>et al.</i> (1985)	Suécia	0,61	-0,68

Em negrito os resultados desta pesquisa

O teste BPG rejeitou a presença de heteroscedasticidade nos modelos de demanda e oferta, com probabilidade de erro inferior a 1%. A estatística d , para a função de demanda, sugere uma ausência de autocorrelação ao nível de significância de 1%. No caso da oferta, apresentou-se na zona de indecisão.

Para resolver o problema de indecisão do teste d na oferta e corroborar a ausência de autocorrelação na demanda, foi aplicado o teste de Geary (1970), o qual rejeitou a hipótese de autocorrelação com 95% de confiança, tanto para demanda, quanto para oferta.

O teste DWRC aceitou a hipótese de co-integração ao nível de 1% de significância, indicando que os resultados dos modelos de demanda e oferta ajustados não são espúrios.

Na prática, a decisão se um modelo pode ser estimado por mínimos quadrados ordinários, ou se deve ser utilizado o método de equações simultâneas, é uma questão de bom senso. Entretanto, a verificação formal pelo teste de Hausman (1976) corroborou a aplicabilidade do método dos mínimos quadrados de dois estágios. Este teste indicou a presença de simultaneidade, com uma confiança acima de 90%, para as funções de demanda e oferta.

Em relação à micronumerosidade, o tamanho médio das amostras presentes em 15 trabalhos similares encontrados na literatura foi de 23,7 observações, ou seja, aproximadamente 7 observações a mais àquelas da amostra utilizada ($n = 17$). Outro agravante é que, fora o trabalho de Wiecheteck (2001), todos os outros estudos referem-se a países desenvolvidos. Normalmente, esses países possuem uma situação florestal e econômica mais estável e, portanto, com a necessidade de um menor número de elementos amostrais para representar o real comportamento de seus mercados de madeira em tora.

Duas considerações em relação ao tamanho da amostra utilizada, devem-se à comparação com a amostra utilizada por Wiecheteck (2001), e às considerações de Hair *et al.* (2005).

Wiecheteck (2001) ajustou equações para o mercado brasileiro de madeira em tora, com uma amostragem de apenas 14 observações, além de ter considerado duas variáveis explicativas a mais na sua função de demanda.

Hair *et al.* (2005) sugere uma razão mínima de cinco observações para cada variável independente. O presente trabalho contou com uma razão de 5,7 observações para cada variável independente.

CONCLUSÕES

Do presente trabalho foi possível concluir que:

- A baixa elasticidade-preço da demanda no Paraná junto com a insignificância estatística de outros materiais como o ferro, plástico, madeira nativa do Paraná e da Amazônia, corroboram a dificuldade de se encontrar bons substitutos para a madeira em tora no processamento mecânico;
- A resposta dos consumidores às variações em sua renda confere à madeira o status de bem superior para fins sólidos no Estado;
- A significância estatística da variável câmbio, bem como seu comportamento elástico, corrobora a importância do mercado externo na demanda de madeira e ressalta a dependência dessa variável para competição no mercado externo;
- Ficou constatada uma baixa influência da taxa de juros referencial em curto prazo na demanda de madeira, porém, isso não implica que outras alternativas de crédito e captação de recursos não confirmam um melhor ajuste ao modelo;
- A sensibilidade da oferta ao preço endógeno, próxima de unitária, retrata a maior capacidade de a oferta responder a estímulos de preços para os donos de floresta no Estado, comparativamente, a produtores de madeira em outros países do mundo;
- A elasticidade-preço, próxima de unitária, encontrada para o valor pago pelas indústrias de celulose, indica o prevailecimento de uma concorrência pela madeira no Estado;
- A alta elasticidade encontrada para a produtividade reflete a importância que a pesquisa em melhoramento genético e tratamentos silviculturais tiveram na oferta de madeira durante o período de consolidação da silvicultura no Paraná; e
- A maior limitação do modelo é o seu pequeno conjunto de dados. Entretanto, é a melhor informação disponível no momento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI – ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. Estudo setorial de 2003: produtos de madeira sólida. Disponível em: <<http://www.abimci.com.br/port/03Dados/0306EstSet2003/0306Quadro.html>>. Acesso em: 10 jul. 2006.

BACHA, C.J.C. Evolução da produção brasileira de madeira: haverá escassez? *Preços Agrícolas*, Piracicaba, v.14, n.165, p.13-16, 2000.

- BERGER, R.; KUGLER, H.; POSSE, E.G. **Estúdio de lâs alternativas de Uruguay en los mercados de productos forestales de Brasil y Argentina**. Buenos Aires: Ministério de Ganaderia, Agricultura y Pesca, Organizacion de los Estados Americanos, Fondo Nacional de Preinversion, 1992. 98p.
- BIGSBY, H.R. An econometric model of the sawn timber market in Australia. **Australian Forestry Journal**, Yarralumla, v.56, n.1, p.61–67, 1993.
- BRÄNNLUND, R.; JOHANSSON, P.O.; LOFGREN, K.G. An econometric analysis of aggregate sawtimber and pulpwood supply in Sweden. **Forest Science**, Madison, v.31, n.3, p.595–606, 1985.
- BREUSCH, T.; PAGAN, A. A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. **Econometrica**, Menasha, v.47, p.1287–1294, 1979.
- CALIL JUNIOR, C. O potencial do uso da madeira de Pinus na construção civil. **Revista da Madeira**, Curitiba, v.9, n.52, p.60–64, 2000.
- CARTER, D.R. Effects of supply and demand determinants on pulpwood stumpage quantity and price in Texas. **Forest Science**, Madison, v.38, n.3, p.652–660, 1992.
- DANIELS, B.J.; HYDE, W.F. Estimation of supply and demand for North Carolina's timber. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.14, p.59–67, 1986.
- EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **O Setor Florestal de Santa Catarina**. Florianópolis: Centro de Estudos de Safra e Mercado, 2005. (CD-ROM).
- GEARY, R.C. Relative efficiency of count of sign changes for assessing residual autoregression in least squares regression. **Biometrika**, Cambridge, v.57, p.123–127, 1970.
- GOLDBERGER, A.S. **A course in econometrics**. Cambridge: Havard University Press, 1991. 405p.
- GREGORY, G.R. **Resource economics for foresters**. New York: John Wiley, 1987. p.327–357.
- HAUSMAN, J.A. Specification tests in econometrics. **Econometrica**, Menasha, v.46, p.1251–1271, 1976.
- HAERI, M.H. **Interregional competition in the wood products industry: an econometric spatial equilibrium approach**. 1987. 126p. Tese (Doutorado) - Portland State University, Portland, 1987.
- HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p.
- HETEMÄKI, L.; KUULUVAINEN, J. Incorporating data and theory in roundwood supply and demand estimation. **American Journal of Agricultural Economics**, Ames, v.74, n.4, p.1010–1018, 1992.
- HULTKRANTZ, L.; ARONSSON, T. Factors affecting the supply and demand of timber from private nonindustrial lands in Sweden: an econometric study. **Forest Science**, Bethesda, v.35, n.4, p.946–961, 1989.
- IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico brasileiro**. Rio de Janeiro: Diretoria de Pesquisas, Departamento de Agropecuária, Produção Vegetal e da Silvicultura, 2006.
- JACKSON, D.H. Sub-regional timber demand analysis: remarks and an approach for prediction. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.5, p.109–118, 1983.
- KLEMPERER, W.D. **Forest resource economics and finance**. New York: McGraw-Hill, 1996. 551p.
- KUULUVAINEN, J. An econometric analysis of the sawlog market in Finland. **Journal of World Forest Resource Management**, Amsterdam, v.2, p.1–19, 1986.
- LEAMER, E.; LENORD, H. Reporting the fragility of regression estimates. **Review of economics and statistics**, Amsterdam, v.65, p.306–317, 1983.
- LEUSCHNER, W.A. An econometric analysis of the Wisconsin Aspen pulpwood market. **Forest Science**, Bethesda, v.19, n.1, p.41–46, 1973.
- LUPPOLD, W.G. An econometric study of the hardwood lumber market. **Forest Science**, Bethesda, v.30, n.4, p.1027–1038, 1984.
- MENDES, J.T.G. **Economia agrícola: princípios básicos e aplicações**. 2.ed. Curitiba: ZNT, 1998. 458p.
- MONTGOMERY, A.A.; ROBINSON, V.L.; STRANGE, J.D. An economic model of Georgia's long-run timber market. **Georgia Forest Research Council Report**, Atlanta, n.34, p.1–20, 1975.

- NAUTIYAL, J.C.; WILLIAMS, J.S. The long-run timber supply function. **Forest Science**, Bethesda, v.36, n.1, p.77–86, 1990.
- NEWMAN, D.H. An econometric analysis of the southern softwood stumpage market: 1950–1980. **Forest Science**, Bethesda, v.33, n.4, p.932–945, 1987.
- POLYAKOV, M.; TEETER, L.D.; JACKSON, J.D. Econometric analysis of Alabama's pulpwood market. **Forest Products Journal**, Madison, v.55, n.1, p.41–44, 2005.
- RAMOS, A.A. Perspectivas qualitativas e econômicas da produção florestal em sucessivas rotações. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1993. p.177-189.
- ROBINSON, V.L. An econometric model of softwood lumber and stumpage markets, 1947–1967. **Forest Science**, Bethesda, v.20, n.2, p.171–179, 1974.
- SARGAN, J.D.; BHARGAVA, A.S. Testing residuals from least squares regression for being generated by the Gaussian Random Walk. **Econometrica**, Menasha, v.51, p.153–174, 1983.
- SAYLOR, E.R.G. A resposta da área de café em São Paulo às variações de preço. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.20, n.1/2, p.43–60, 1973.
- SILVICONCONSULT ENGENHARIA LTDA. **Evolução do mercado de Pinus**. Disponível em: <www.porthuseventos.com.br/congressopinus/>. Acesso em: 15 dez. 2006.
- STIER, J.C. Technological adaptation to resource scarcity in the U.S. lumber industry. **Western Journal of Agricultural Economics**, Laramie, p.165–176, 1980.
- TACHIZAWA, E.H. Oferta agregada de algodão no Estado de São Paulo pelo modelo Nerlove. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.20, n.1/2, p.211–235, 1973.
- TOMASELLI, I. **Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina: informe nacional Brasil**. Roma: FAO, 2004. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/007/j3032s/j3032s09.htm#P3509_268475>. Acesso em: 15 dez. 2006.
- TOMASELLI, I.; SIQUEIRA, J.D.P. O apagão e o Brasil Florestal em 2020. **STCP Informativo**, Curitiba, n.8, p.5-9, 2004/2005.
- TUOTO, M.; ALVES, M.; SCHEFFLER, L.; ALMEIDA, E. O desequilíbrio do mercado de tora de Pinus no Brasil. **STCP Informativo**, Curitiba, n.7, p.18-21, 2003/2004.
- WIECHETECK, M.S.S. **Spatial equilibrium analysis of conifer timber markets in southern Brazil and in the other mercosur countries**. 2001. 237p. Tese (Doutorado) - Michigan State University, East Lansing, 2001.
- WYZYKOWSKI, J. **Participação do Brasil no mercado internacional de manga: limitações e potencialidades – 1980 a 1999**. 2001. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.

Recebido em 13/07/2008

Aceito para publicação em 17/08/2009