

AValiação DAS PROPRIEDADES DOS RESÍDUOS DE *Pinus patula* EM DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO VISANDO A COGERAÇÃO DE ENERGIA

Natalie Ferreira de Almeida¹, Denivaldo Toledo Camargo², Daniele Aparecida Alvarenga Arriel¹, Fábio Akira Mori³

¹Graduanda em Eng. Florestal, UFLA, Lavras, MG, Brasil - natalie.amd@gmail.com - daniarriel@hotmail.com

²Administrador, Melhoramentos Papéis Ltda., Camanducaia, MG, Brasil - dcamargo@melhoramentos.com.br

³Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFLA, Lavras, MG, Brasil - morif@ufla.br

Recebido para publicação: 29/11/2008 – Aceito para publicação: 21/07/2009

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades de resíduos de *Pinus patula* recém-abatidos e armazenados por um mês e por três meses, atacados e não atacados pela vespa da madeira, visando a um sistema de cogeração energética. Foram determinados a umidade de base úmida, a densidade básica, o poder calorífico inferior e o teor de cinzas do material. O valor da umidade para os resíduos recém-abatidos foi igual a 55,99%, enquanto que os resíduos armazenados e atacados por vespa não apresentaram diferenças significativas, com valor médio de 26,20%. Verificou-se que os valores de densidade básica e o teor de cinzas dos resíduos não apresentaram grandes variações, com médias de 0,380 g/cm³ e 0,436%. Os maiores valores para o poder calorífico foram 3507.71 cal/g e 3496.49 cal/g para resíduos de três meses não atacados e resíduos de um mês atacados por vespa. O material apresentou-se com potencial para geração de energia, considerando que o melhor período para sua utilização ocorre a partir de um mês e no máximo de três meses no caso de serem atacados por vespas.

Palavras-chave: Resíduos; *Pinus patula*; energia.

Abstract

Evaluation of the properties of Pinus patula residues in different storage periods aiming at energy co-generation. This work was intended to evaluate the properties of residues of newly logged *Pinus patula* and stored for one month and three months, either attacked or not attacked by the wood wasp, aiming at a system of energy co-generation. Moisture content (moist basis), basic density, inferior heat power, and ash content of the material were determined. The value of moisture for the newly logged residues was equal to 55.99%, while the stored and wasp-attacked residues presented no significant differences with average values of 26.20%. It was found that the values of basic density and ash content of the residues did not present any great variation with means of 0.380g/cm³ and 0.436%. The highest values for the heat power were 3577.1 cal/g and 3496.49 cal/g for the non-attacked three month residues and the wasp-attacked one-month residues. The material presented itself as a potential for energy-generation taking into account that the best period for it use occurs from one month on and in the maximum of three months in the case of them being attacked by wasps.

Keywords: Residues; *Pinus patula*; energy.

INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos florestais vem sendo adotada por diversas empresas no Brasil com o objetivo de diversificar a produção e atender a demanda de outras necessidades. Muitos dos resíduos gerados são utilizados para a produção de energia, sendo uma forma de suprir as necessidades energéticas das empresas.

As indústrias que utilizam a madeira como matéria-prima estão em posição invejável, pois, asseguradas as condições climáticas favoráveis, as árvores podem converter energia solar e estocá-la em forma de madeira, cascas e resíduos florestais. Até recentemente, a maioria das atividades de exploração florestal visava apenas o produto principal, isto é, a madeira para celulose, chapas, lâminas e compensados, serraria etc.,

deixando os resíduos com possibilidade de conversão para energia dispersos no local. Em algumas indústrias, os resíduos muitas vezes se constituíam em problemas de deposição (COUTO; BRITO, 1980).

A elevação do preço do petróleo e da energia elétrica revela uma preocupação com o fornecimento de energia, e a biomassa pode ser uma fonte alternativa desta na produção industrial, possibilitando ainda o uso múltiplo dos recursos florestais. De acordo com Simioni (2007), o grau de influência atual e futura dos fatores críticos relacionados à produção florestal é alto, tornando necessário o uso múltiplo da floresta, no intuito de se obter o aproveitamento dos resíduos (ponteiros de árvores, galhos e outras partes) para a geração de energia.

O setor elétrico do Brasil enfrenta dificuldades significativas. Para o futuro, a Eletrobrás prevê altos riscos de déficit. O sistema de geração brasileiro apresenta altas características sazonais, devido à origem de sua hidroeletricidade, sendo que no período de secas o risco de interrupção de energia é ainda maior. Com base nesse dado, o governo brasileiro está desenvolvendo políticas para o incentivo à instalação de termoeletricas, cuja fonte energética pode ser a biomassa (COELHO *et al.*, 2002).

O uso da madeira para produção de energia apresenta menos problemas de poluição quando comparado ao uso dos combustíveis fósseis, tendo em vista que ela possui baixo teor de enxofre (CUNHA *et al.*, 1989). Além disso, o uso da biomassa tem outro aspecto ambiental favorável, já que a emissão de CO₂ da queima da biomassa na atmosfera geralmente é compensada pela absorção no plantio da nova biomassa (INGHAM, 1999).

Levando-se em conta somente as florestas plantadas de *Pinus*, o consumo nacional de madeira roliça na indústria, em 2001, foi em torno de 94 milhões de m³ (CARON NETO, 2001). O armazenamento de resíduos de *Pinus* é um grande problema para as grandes empresas, devido ao ataque da vespa-da-madeira. Inseto nativo da Europa Central, a vespa-da-madeira, *Sirex noctilio* (Hymenoptera: Siricidae), foi detectada no Brasil em 1988 e atualmente está disseminada em cerca de 250 mil hectares de áreas de reflorestamento com *Pinus*, no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no Paraná. É considerada a principal praga das florestas de *Pinus*. Estima-se que as perdas causadas pela praga atinjam US\$ 5 milhões/ano na sua área de distribuição nos estados do RS, SC e PR. O ataque do inseto e dos fungos associados é responsável pela morte da árvore e pela podridão da madeira. Após a morte da árvore, a madeira é degradada rapidamente, e sua utilização deve ser feita no máximo seis meses após ter sido atacada. Além disso, a qualidade da madeira é afetada pela atividade das larvas, que constroem galerias, e pela penetração de agentes secundários, que danificam a madeira, limitando seu uso ou tornando-a imprópria para o mercado (REMADE, 2007).

De acordo com Brand *et al.* (2002), na indústria de transformação da madeira, quase metade da matéria-prima torna-se resíduo na forma de casca, aparas, costaneiras, refilos, destopos, cavacos ou uma mistura deles. Esse resíduo ou é utilizado para a geração de energia térmica na própria indústria ou fica armazenado sem nenhuma destinação, causando poluição ambiental e ocupando um espaço físico que poderia ter melhor aproveitamento.

A utilização de uma determinada madeira para fins energéticos deve se basear, entre outros fatores, no conhecimento do seu potencial para produção de biomassa. Uma das mais importantes propriedades de um combustível é o seu poder calorífico. A resina presente nas espécies florestais tem poder calorífico médio de 9.460 kcal/kg, e dessa forma as espécies com altos teores de resinas (coníferas) apresentam poder calorífico maior que as que apresentam baixos teores de resina (folhosas) (BRITO; BARRICHELO, 1979). O teor de cinzas apresenta correlação inversa com o poder calorífico. Essa elevada correlação inversa é explicável, visto que a cinza é material de origem mineral, não-orgânico, inerte e não-combustível, e o poder calorífico depende da quantidade de material orgânico presente no combustível (QUIRINO, 1991).

O poder calorífico da madeira relaciona-se negativamente com o seu teor de umidade. A umidade da madeira torna-se importante por duas razões básicas. A primeira é que ele varia dentro de faixa ampla de valores em função de espécies, clima, armazenamento etc., tornando o controle do processo de combustão mais difícil. A segunda razão é que a água tem um poder calorífico negativo, isto é, necessita de calor para evaporar (BRITO; BARRICHELO, 1979; VALE *et al.*, 2000; PEREIRA *et al.*, 2000). Para que ocorra uma boa combustão, a madeira deve ser utilizada com teores de umidade abaixo de 25%. Teores superiores a 25%, além de diminuir a quantidade de calor, reduzem as temperaturas da câmara de queima e dos gases de escape (FARINHAQUE, 1981; PEREIRA *et al.*, 2000).

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar propriedades como umidade, densidade básica, poder calorífico e teor de cinzas de resíduos de *Pinus patula* recém-abatidos e armazenados por um mês e por três meses, atacados e não atacados pela vespa-da-madeira, visando o seu potencial de cogeração energética.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do material

Foram utilizados resíduos de *Pinus patula*, com idade variando de 12 a 20 anos, constituindo-se de galhos e ponteiros de árvores recém-abatidas, atacados e não atacados por vespas e armazenados em diferentes períodos (um mês e três meses). O material foi coletado no município de Camanducaia, sul de Minas Gerais. A região de coleta apresenta solos ácidos e argilosos, temperatura média de 18,4 °C, precipitação de 127 mm e altitude de 1350 a 1575 m. A caracterização do material coletado pode ser observada na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização do material utilizado.

Table 1. Materials characterization.

Tipo de resíduo	Tempo de armazenamento	Vespa-da-madeira
Galhos e ponteiros	Recém abatidos	não atacados
Galhos e ponteiros	1 mês	não atacados
Galhos e ponteiros	1 mês	atacados
Galhos e ponteiros	3 meses	não atacados
Galhos e ponteiros	3 meses	atacados

Das árvores recém-abatidas foram retirados, com auxílio de uma motosserra, pedaços de galhos e ponteiros de aproximadamente 0,3 m de comprimento e diâmetros variados. A coleta dos resíduos armazenados foi feita no campo, onde foram retirados galhos e ponteiros, atacados e não atacados por vespa, de aproximadamente 0,3 m de comprimento e diâmetros variados. O material foi armazenado em sacos plástico, já identificados, para não ocorrerem variações na umidade.

As amostras foram levadas para o Laboratório de Biomassa e Energia da Universidade Federal de Lavras, onde foram realizados o preparo e as análises do material.

Preparo do material

Após a coleta, parte dos resíduos foi cortada em discos para a determinação da umidade e da densidade. A outra parte do material foi passada no picador para a redução em cavacos, sendo deixados ao ar para atingirem a umidade de equilíbrio higroscópico. Após o equilíbrio da umidade da madeira, o material foi moído em moinho martelo, visando à obtenção de um material mais fino e uniforme (material que passou na peneira de 40 mesh e ficou retido na de 60 mesh). Posteriormente, foi determinada a umidade do material, que foi armazenado em sacos plásticos para evitar alterações na umidade.

Para a determinação do poder calorífico e de cinzas, a serragem foi acondicionada por sete dias em sala climatizada ($T \pm 25$ °C e $UR \pm 65\%$), até estabilização do peso. Todos os resíduos foram analisados com casca.

Determinação das propriedades dos resíduos

A umidade foi determinada em relação a sua massa úmida e a densidade pelo método de imersão. Para cada tratamento foram realizadas três repetições.

Após o peso se estabilizar na sala de climatização, a determinação do teor de cinzas da madeira foi realizada de acordo com a norma ABTCP M11-77, com algumas modificações.

O poder calorífico inferior na base úmida consiste em uma relação entre o poder calorífico superior da madeira e a umidade na qual se encontra naquele momento. Para a determinação do poder calorífico superior, utilizando-se a bomba calorimétrica adiabática, foram adotados os passos da Norma ASTM D-2015-66.

Para a determinação dos valores de poder calorífico inferior na base úmida, utilizou-se a fórmula de Tillman:

$$PC_i = PC_s - (0,0114 \times PC_s \times U)$$

Em que: PCI = poder calorífico inferior na base úmida, em cal/g.

PCs = poder calorífico superior, em cal/g.

U = umidade de base úmida (%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 mostra os valores médios de umidade de base úmida, densidade básica, poder calorífico inferior e cinzas dos resíduos de *Pinus patula* recém-abatidos e armazenados em diferentes períodos, atacados e não atacados por vespa.

Tabela 2. Valores médios de umidade de base úmida, densidade básica, poder calorífico inferior e cinzas obtidos para os resíduos de *Pinus patula* recém-abatidos e armazenados em diferentes períodos, atacados e não atacados por vespa.

Table 2. Average values for moisture content (wet basis), basic density, inferior calorific power and ash content found for stored residues of *Pinus patula*, attacked or not by the wasp.

Tipo de resíduo	Umidade (%)	Densidade (g/cm ³)	Poder calorífico (cal/g)	Cinzas (%)
Recém-abatidos	55.99 a	0.340 a	1420.87 d	0.53 a
1 mês	27.63 b	0.405 a	3097.95 c	0.35 a
1 mês vespa	24.41 b	0.365 a	3496.49 a	0.44 a
3 meses	25.74 b	0.397 a	3507.71 a	0.47 a
3 meses vespa	27.01 b	0.393 a	3332.79 b	0.39 a
Média	32,16	0,380	2971,16	0,44
CV %	37,71	16,07	4,38	24,74

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p>0,05$). CV%: Coeficiente de Variação em percentagem.

É possível observar pela tabela 2 que os resíduos recém-abatidos apresentaram maior umidade em relação àqueles armazenados em diferentes períodos. O material estocado sofreu uma elevada perda de umidade no primeiro mês, de aproximadamente 50% de seu valor, e este se manteve praticamente constante até os três meses de armazenamento. Pode-se dizer que o tempo de estocagem e o ataque da vespa no período de um mês a três meses não influenciou na umidade da madeira.

De acordo com Thörnqvist (1984), a secagem ocorre em maior proporção nos primeiros meses de estocagem. Porém se o tempo de estocagem se estende, o conteúdo de umidade das pilhas aumenta. Isso acontece, além de outras razões, pela quebra da estrutura lignocelulósica e consequente aumento da água. Ferreira *et al.* (1982), estudando *Eucalyptus saligna*, também encontraram as maiores taxas de secagem na primeira semana após o corte, sendo que a umidade tende a valores constantes a partir da quarta semana. Porém Brand *et al.* (2005), estudando a variação de umidade de resíduos de *Pinus* encontraram valores de 56% para recém-abatidos, 62% para um mês, 25% para quatro meses e 50% para seis meses de armazenamento.

Mesmo não ocorrendo diferenças significativas entre os materiais estocados, observa-se que a umidade dos resíduos armazenados por três meses atacados por vespa foi maior que a umidade dos resíduos armazenados por três meses não atacados. Isso pode ser explicado, de acordo com Brand *et al.* (2005), pelo aumento da permeabilidade da madeira devido ao ataque do inseto e de fungos associados, o que permite que a madeira adquira umidade do ambiente com maior facilidade.

De acordo com a tabela 2, observa-se que os valores de densidade não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes períodos de armazenamento, portanto essa propriedade não vai influenciar na escolha do melhor período para o uso dos resíduos de *Pinus patula* na produção de energia. Em média, a densidade foi de 0,380 g/cm³, sendo que houve uma variação de 16% do maior valor, que foi encontrado para o armazenamento de um mês, para o menor valor, encontrado para os resíduos recém-abatidos.

Os resíduos atacados por vespa apresentaram menores valores de densidade básica em relação aos resíduos não atacados, com uma redução de aproximadamente 10% para um mês e de 1% para três meses de armazenamento. Isso pode ser explicado pela degradação da madeira, causada pela vespa.

Em consequência do elevado teor de umidade dos resíduos recém-abatidos, eles apresentaram menor poder calorífico em relação aos resíduos estocados. Esses valores variaram de 1420,87 cal/g para os resíduos

recém-abatidos a 3507,71 cal/g para os resíduos armazenados por três meses não atacados por vespa. De acordo com Brand (2005), o uso da biomassa na forma recém-colhida não é indicada, pois, mesmo nas melhores condições, as propriedades da biomassa conferirão a ela baixo desempenho energético.

O poder calorífico obtido para os resíduos de três meses foi maior que o obtido para os resíduos de um mês de estocagem. De acordo com Brand *et al.* (2005), geralmente o poder calorífico aumenta em função do tempo de armazenamento, pois está diretamente ligado ao teor de umidade do material. Os resíduos de três meses atacados por vespa apresentaram menor valor quando comparados aos resíduos armazenados por um mês e atacados, possivelmente pela degradação da madeira causada pela vespa e pela perda das suas propriedades energéticas.

Se considerarmos o poder calorífico superior dos resíduos, ou seja, sem relacioná-los com o teor de umidade, o valor médio encontrado foi de 4615,05 cal/g. Esse valor foi inferior aos citados por Quirino *et al.* (2005) para outras espécies de *Pinus*, como 4929 cal/g para *Pinus caribea*, 5057 cal/g para *Pinus cubensis* e 4786 cal/g para *Pinus elliottii*. Para as folhosas, Brito (1993) relata uma variação de 3.500 a 5.000 kcal/kg no poder calorífico superior. Sturion; Tomaselli (1990), estudando a influência do tempo de estocagem de lenha de bracinga na produção de energia, o poder calorífico superior determinado foi de 4414 kcal/kg e o inferior foi de 4090 kcal/kg, a partir de amostra de madeira seca em estufa. Segundo os mesmos autores, secando-se a madeira por quatro meses, houve um aumento no poder calorífico inferior de 131% e 141% em relação ao obtido para a madeira recém-cortada. Neste trabalho, observa-se que o aumento do poder calorífico inferior da madeira recém-cortada para um mês de armazenamento foi de aproximadamente 118% e de 146% quando atacado por vespa. Para três meses de armazenamento, o aumento foi de 147% e de 135% quando atacado por vespa.

Ao se analisar a tabela 2, percebe-se que os valores de cinzas para os resíduos não apresentaram diferenças significativas mesmo em diferentes períodos. O ataque da vespa também não influenciou nesse valor. Os valores obtidos variaram de 0,35%, em material com um mês de estocagem, não atacados por vespa, até 0,47% em material com três meses de estocagem, não atacados por vespa. O valor médio obtido para o material recém-coletado foi de 0,53%, com um mês com vespa 0,44% e três meses com vespa 0,39%.

O teor de cinzas da madeira é bastante baixo, geralmente com menos de 1% em peso. A literatura apresenta um teor de cinzas em torno de 0,5% nas madeiras em geral (FENGEL; WEGENER, 1989). Neste trabalho, esse valor médio foi observado somente para os resíduos recém-abatidos.

De maneira geral, o teor de cinzas da madeira não é um complicador para o uso desta para a geração de energia, devido inclusive ao seu baixo teor de enxofre (BRAND *et al.*, 2005). Neste trabalho, o teor de cinzas não variou inversamente com o poder calorífico, como citado por Quirino (1991).

CONCLUSÃO

Existe a viabilidade na utilização dos resíduos de *Pinus patula* para cogeração energética, sendo que o tempo de armazenamento mais adequado é a partir de um mês, porém não devendo ultrapassar os três meses quando for atacado por vespa.

REFERÊNCIAS

ASTM D 2015. **Gross Calorific value of solid fuel by the adiabatic bomb calorimeter**. ASTM. Philadelphia, Pa. USA.

Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel – ABTCP. **Normas técnicas ABCP**, ABTCP: São Paulo, 1974.

BRAND, M. A.; COSTA, V. J. da; DURIGON, A.; AMORIM, M. Determinação das propriedades energéticas de resíduos de madeira em diferentes períodos de armazenamento. **Relatório de pesquisa**, Lages: UNIPLAC, dez. 2005.

BRAND, M. A.; SILVA, D. A. da; MUÑIZ, G. I. B. de; KLOCK, U. Balanço e rendimento energéticos de uma indústria integrada de base florestal. **Floresta e Ambiente**. Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 45-53, jan./dez. 2002.

BRITO, J. O. **Expressão da produção florestal em unidades energéticas**. In: VI Congresso Florestal Brasileiro, 6., Pan Americano. Anais, v. 1, p. 280-282, Curitiba, 1993.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia. **Circular Técnica IPEF**, 1979.

CARON NETO, M. Pinus conquista espaço na região Sul. **Revista da Madeira**. Curitiba, Ano 10, n. 58, p. 24-28, 2001.

COELHO, S. T.; VARKULYA JR., A.; PALETTA, C. E. M.; GUARDABASSI, P.; MARTINS, O. S. Geração de energia da madeira de reflorestamento. **Revista da Madeira**. Curitiba, Ano 11, n. 65, p. 24-26, 2002.

Conhecimento e prevenção evitam prejuízos. Revista da Madeira nº 104, ano 17, abril/2007. http://www.remade.com.br/pt/revista_materia.php?edicao=104&id=1079

COUTO, H. T. do; BRITO, J. O. Inventário de resíduos florestais. **Série Técnica IPEF**. Piracicaba, v. 1, n. 2, p. A.1-A.13, jul.1980.

CUNHA, M. P. S. C.; PONTES, C. L. F.; CRUZ, I. A.; CABRAL, M. T. F. D.; CUNHA NETO, Z. B.; BARBOSA, A. P. R. **Estudo químico de 55 espécies lenhosas para geração de energia em caldeiras**. In: 3º encontro brasileiro em madeiras e em estruturas de madeira: Anais, v. 2, p. 93-121, São Carlos, 1989.

FARINHAQUE, R. Influência da umidade no poder calorífico da madeira de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth) e aspectos gerais de combustão. **Série Técnica FUPEF**. Curitiba, 14 p, 1981.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Chemistry, ultrastructure, reactions**. Berlin: Walter de Gruyter, 1989. 616 p.

FERREIRA, M. C.; SARAIVA FILHO, J. C.; FERNANDES, P. S. **Variação da umidade da madeira de eucalipto estocada em pátios industriais**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4, 1982, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983. p. 779-781.

INGHAM, J. M. **Biomassa no mundo e no Brasil**. In: Fontes não-convencionais de energia: as tecnologias solar, eólica e de biomassa. Organização e edição: Alexandre de A. Montenegro, 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. 160 p.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. v. 1, 113 p.

QUIRINO, W. F. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 1991. 65 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

QUIRINO, F. W.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos. **Revista da Madeira**. Curitiba, n. 89, abril 2005. p 100-106, 2005.

SIMIONI, F. J. **Análise diagnóstica e prospectiva da cadeia produtiva de energia de biomassa de origem florestal no planalto sul de Santa Catarina**. Curitiba: UFPR, 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal na área de concentração em Economia e Política Florestal – UFPR).

STURION, J. A.; TOMASELLI, I. Influência do tempo de estocagem de lenha de bracatinga na produção de energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p. 37-47, dez. 1990.

THÖRNQVIST, T. Storing of forest residues and comminuted fuels from forest residues. In: Conference held by the International Energy Agency (IEA) – Forestry Energy Programme Group C – Storing, drying and internal handling of wood fuels, 1984, Denmark. **Proceedings...** Denmark: Danish Institute of Forest Technology, 1984. p. 16-18.

VALE, A. T.; BRASIL, M. A. M.; CARVALGO, C. M.; VEIGA, R. A. A. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **Revista Cerne**. Lavras, v. 6, n. 1, p. 33-88, 2000.