

# Perspectivas do biodiesel no Brasil

---

*Juan Algorta Plá\**

**D**esde a invenção do motor de combustão interna, com ignição por compressão (ciclo diesel), mais de 100 anos atrás, sabe-se que os motores podem utilizar óleos vegetais como combustível alternativo. No entanto, os combustíveis obtidos por destilação do petróleo chegaram a atingir a máxima difusão, impedindo o desenvolvimento de combustíveis alternativos. Entre 1900 e 1970, o petróleo foi abundante, e os preços dos combustíveis dele derivados eram mais baixos do que os dos óleos vegetais.

O interesse da pesquisa no desenvolvimento dos óleos vegetais como combustível intensificou-se durante as situações de emergência, como as duas guerras mundiais ou a crise da energia nos anos 70. Mais recentemente, questões ambientais e a preocupação com a seguridade no fornecimento energético renovaram o interesse nos combustíveis alternativos (Raneses et al., 1999).

No começo do século XX, ficou comprovado que a utilização de óleos vegetais sem qualquer modificação causava problemas ao funcionamento dos motores. O uso prolongado desses óleos, devido a uma combustão incompleta, produzia depósitos carbonosos nos motores, provocando a adesão dos anéis, assim como o entupimento dos injetores, o que conduzia, eventualmente, à falha geral dos motores. Esses problemas puderam ser contornados por convenientes modificações nos óleos, que originaram os diversos tipos de biodiesel. Tais processos podem ser caracterizados como de pirólise, de transesterificação com catalisador alcalino ou com catalisador ácido. Na atualidade, o método mais difundido é o de transesterificação com catalisador alcalino (Raneses et al, 1999).

O processo de transesterificação envolve a reação do óleo vegetal com um álcool, usualmente o álcool metílico, utilizando como catalisador a soda cáustica. O produto dessa reação é um éster, o biodiesel, e o seu principal subproduto é a glicerina. O biodiesel pode substituir o diesel de petróleo praticamente em qualquer motor, sem requerer maiores modificações. A potência do motor e o rendimento térmico do combustível são quase tão bons quanto os obtidos a partir do combustível derivado do petróleo.

A matéria-prima para a produção de biodiesel pode ser qualquer um dos óleos vegetais, dos tipos mais comuns, como o óleo de soja, o de canola ou o

---

\* Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS; PhD em Economia.

de palma. Também poderiam ser utilizados óleos e gorduras de animais, como o óleo de peixe ou o sebo bovino.

A grande vantagem do uso do biodiesel é que sua utilização elimina várias formas de agressão ao meio ambiente, que são inevitáveis com o uso de combustíveis derivados do petróleo. Em primeiro lugar, evita-se utilizar um combustível fóssil, com reservas limitadas. Em segundo lugar, o biodiesel reduz a liberação de diversas substâncias prejudiciais, normalmente encontradas no escapamento dos veículos.

Os processos de combustão geram, tipicamente, bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e água. No entanto, a combustão nos motores, na prática, não é perfeita, devido a problemas de regulagem, desgaste, etc., de modo que os motores liberam, também, pequenas quantidades de outros compostos, como o monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos diversos, óxidos de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) e fuligem.

O  $\text{CO}_2$  encontra-se, normalmente, na atmosfera, em concentrações muito baixas. A utilização intensa de motores seria a principal causa a provocar, nas últimas décadas, uma elevação da concentração do  $\text{CO}_2$ , que é tida como responsável pela elevação da temperatura média do planeta (efeito estufa), ao dificultar a irradiação da energia solar de volta da terra para o espaço. Esse aquecimento global já teria provocado mudanças climáticas e a elevação do nível dos mares. As chuvas ter-se-iam tornado mais irregulares, e haveria maior risco de inundações afetando extensas áreas habitadas.

O Protocolo de Kyoto busca estagnar esse processo estipulando reduções no nível de emissão de  $\text{CO}_2$ . De acordo com esse documento, o Brasil comprometeu-se a reduzir as emissões em 5% até o ano 2012 (Ferrés, 2001; Ma, 1999). A utilização do biodiesel é uma forma prática de atingir esse objetivo.

A emissão de óxidos de enxofre e de nitrogênio provoca irritações nas vias respiratórias, além de contribuir para a formação de chuvas ácidas. As partículas de fuligem, ao entrarem nas vias respiratórias, causam efeitos muito graves a longo prazo, como a indução de tumores, especialmente quando estão associadas com hidrocarbonetos aromáticos. Já o CO é prejudicial apenas em ambientes fechados, pois provoca asfixia.

O principal problema são os óxidos de enxofre, que estão praticamente ausentes no escapamento dos motores acionados com biodiesel, o que faz com que esse combustível seja especialmente indicado para uso nas grandes cidades, em que a concentração de veículos é maior. A emissão de materiais particulados pelo biodiesel está livre das frações mais perigosas para a saúde (frações insolúveis).

O biodiesel é facilmente biodegradável, o que significa que, liberado acidentalmente no meio ambiente, não é prejudicial aos diversos seres vivos. Essa característica representa uma grande vantagem nos casos dos inevitá-

veis vazamentos acidentais durante o transporte ou no reabastecimento dos motores. A biodegradabilidade ajuda a preservar a qualidade dos cursos de água que canalizam aqueles vazamentos.

O óleo vegetal acumula-se na semente, ao longo do processo de crescimento e maturação, como conseqüência da captação da luz solar pelas folhas verdes, no processo de fotossíntese, que fixa o  $\text{CO}_2$  do ar. Assim o  $\text{CO}_2$  liberado na combustão desse óleo restitui o  $\text{CO}_2$  atmosférico previamente fixado, sem contribuir com novas quantidades desse gás.

Do ponto de vista químico, as moléculas do biodiesel são muito parecidas com as do combustível convencional, o que explica a possibilidade de substituição. Em relação à performance do combustível, tem-se constatado que os motores funcionam melhor com o biodiesel devido à sua maior lubrificidade. Além do mais, o biodiesel apresenta uma combustão mais perfeita, o que se comprova pelo indicador conhecido como número cetano. Em relação à potência dos motores e ao rendimento térmico, observa-se que são quase tão bons quanto os do diesel mineral. Outras qualidades favoráveis do biodiesel estão associadas à sua menor volatilidade (ponto de fulgor mais alto), o que permite uma armazenagem mais segura.

## O processo de produção do biodiesel

A produção de biodiesel pode ser realizada através de vários métodos (Ma, 1999), sendo que a reação de transesterificação alcalina é a mais difundida no presente. Essa reação transforma o óleo bruto degomado em biodiesel pela combinação com o álcool. A reação é simples e bastante rápida, gerando como produto o biodiesel e como subproduto, a glicerina. O óleo vegetal é transformado em biodiesel na proporção de 1 para 1, sendo que o álcool comparece em proporção de 10%.

### REAÇÃO DE PRODUÇÃO DO BIODIESEL

óleo degomado + álcool + catalisador => biodiesel + glicerina

A reação exige a neutralização inicial do óleo vegetal e a eliminação dos vestígios de umidade, que atrapalhariam a reação química. O acondicionamento inicial do óleo gera subprodutos de elevado valor comercial, como a lecitina ou o ácido graxo. Fora essas precauções, o processo é muito simples e não requer condições especiais de pressão ou de temperatura.

A produção do biodiesel pode ser conduzida de forma artesanal para pequenos volumes, misturando o óleo com o álcool e o catalisador à temperatura ambiente e à pressão normal. A separação do biodiesel e da glicerina aquosa é muito simples, já que se realiza por decantação, visto que o biodiesel apresenta menor densidade e que ambas as fases não se misturam. Em nível industrial, o biodiesel pode ser produzido por processos contínuos ou semicontínuos. O biodiesel deve ser submetido, ainda, a um processo de lavagem (neutralização) e secado antes de sua utilização.

## **Efeitos econômicos da utilização do biodiesel**

O surgimento de uma nova demanda por óleo de soja provavelmente deslocará a curva de demanda elevando o preço. Como consequência, poderia haver uma elevação do preço do óleo e do grão de soja, o que deverá beneficiar os esmagadores e os agricultores (Raneses, 1999). Um efeito que deverá ser monitorado é a possível tendência à expansão da área plantada de soja em detrimento de outras culturas, especialmente a do milho.

A produção de biodiesel pode ser conduzida em nível local, e isso deverá gerar fontes de trabalho e arrecadação de impostos, contribuindo para melhorar a distribuição regional da renda. Além do mais, deverá eliminar fretes desnecessários dos combustíveis desde as refinarias até as regiões de produção agrícola.

## **Difusão do uso do biodiesel no mundo**

A Comunidade Européia oferece subsídios para a plantação de culturas não alimentares. Nesse contexto, a produção de biodiesel a partir do óleo de colza recebe subsídios que viabilizam sua exploração. O uso do biodiesel é mais difundido na Alemanha, onde é utilizado em misturas ou na forma pura, e na França, onde são difundidas as misturas com o diesel mineral. O combustível deve preencher um conjunto exigente de especificações de qualidade reunidas na norma DIN V 51606.

Nos Estados Unidos, a utilização do biodiesel é mais recente, apesar da maior experiência do país com combustíveis da biomassa (álcool). A matéria-prima mais difundida é o óleo de soja. A Argentina vem desenvolvendo ambicioso programa de utilização de biodiesel, incluindo várias fábricas em construção e uma em funcionamento. A matéria-prima é, naturalmente, o óleo de soja, por ser o mais abundante nesse país. A Malásia é outro país que se dedicou a desenvolver o biodiesel, mas, nesse caso, a matéria-prima escolhida foi o óleo de palma.

No Brasil, está ainda por ser definida a legislação que deverá regular a produção e a comercialização do biodiesel. Até o momento, a única restrição vigente é quanto aos limites de emissões, constantes na Norma Brasileira nº 6601 da ABNT (1995).

## Subprodutos obtidos

O principal subproduto na produção de biodiesel é a glicerina, substância apreciada pelas indústrias de plásticos, de lubrificantes, de cosméticos, de fármacos e de explosivos. A glicerina é insolúvel em derivados do petróleo, além de ser não tóxica, o que permite sua utilização na indústria de alimentos. O aproveitamento da glicerina como matéria-prima, junto a diversos ácidos graxos, abre horizontes novos para o desenvolvimento da indústria química. O Brasil é importador de glicerina para atender a essa demanda, como pode ser conferido na Tabela 1.

As gomas, retiradas do óleo bruto antes da transesterificação, podem ser aproveitadas na produção de lecitina ou na indústria de rações animais. A borra originada na neutralização do óleo pode ser destinada a diversos processos de transformação, apresentando elevado valor comercial.

Tabela 1

Importações de glicerina pelo Brasil — 1997-01

PRODUTOS E ANOS	VALOR (US\$)	QUANTIDADE (kg)	PREÇO (US\$/kg)
<b>Glicerina em bruto</b>			
1997	192 998	79 503	2,41
1998	674 709	869 801	0,78
1999	362 992	151 823	2,39
2000	245 460	96 611	2,54
2001	219 716	90 016	2,44
<b>Glicerina - águas e lixívias</b>			
1997	488 174	341 186	1,41
1998	188 879	54 341	1,08
1999	149 083	113 878	1,31
2000	48 542	14 386	3,37
2001	247 149	145 046	1,70

FONTE: Ministério da Indústria, Comércio e Transportes/Sistema Alice.

## **Volume do diesel utilizado no Brasil e economia de divisas**

O mercado brasileiro de óleo diesel requer um volume total estimado em 35 milhões de metros cúbicos por ano (Pikman, 2001). A Petrobrás produziu, nos últimos anos, nas suas refinarias, aproximadamente 85% desse total, sendo que o restante necessitou ser importado. A despesa com a importação constitui uma pesada carga no balanço de comércio, especialmente a partir de 1993, quando o volume importado aumentou. Além disso, essa despesa está sujeita a fortes flutuações derivadas das altas e baixas dos preços dos combustíveis de origem fóssil, o que, no caso de uma eventual crise de abastecimento, poderia desencadear fortes pressões inflacionárias.

A demanda de óleo diesel prevista para 2006 é de 45 milhões de metros cúbicos, num cenário de expansão do Produto Nacional Bruto (PNB). As importações de diesel poderiam ser substituídas pelo biodiesel produzido a partir do óleo de soja, que, há vários anos, vem encontrando no Exterior mercados pouco receptivos. Se esse óleo, em vez de ser exportado, fosse destinado a produzir combustível, poder-se-ia poupar um volume importante de divisas, ao reduzir as importações de diesel convencional.

Pode-se ter uma idéia da poupança potencial de divisas, considerando uma situação hipotética na qual o óleo de soja, atualmente exportado, fosse destinado à produção de biodiesel. A exportação de óleo de soja foi de 1,444 milhão de toneladas em 1998-99, o que permitiria obter, aproximadamente, 1,5 milhão de metros cúbicos de biodiesel puro, sem afetar o consumo humano de óleo de soja no Brasil nem as exportações de grão de soja. Esse volume permitiria, nas misturas recomendadas com o óleo convencional, como o B-20, que inclui 20% de éster com 80% de diesel convencional, obter 7,5 milhões de metros cúbicos do novo combustível, o que seria suficiente para substituir completamente a importação de óleo diesel.

Enquanto o óleo de soja encontra mercados mundiais deprimidos, apresentando preços declinantes, o óleo diesel apresenta preços políticos, muito instáveis, em função da natureza oligopólica desses mercados e da condição de recurso não renovável. Por outro lado, a produção de soja no Brasil deverá aumentar nos próximos anos, pressionando ainda mais os preços para baixo, na medida em que novas áreas sejam destinadas à produção e que novas tecnologias agrícolas permitam alcançar rendimentos mais elevados.

Numa perspectiva temporal, a utilização de biodiesel poder-se-ia destinar, inicialmente, a motores fixos ou de uso agrícola, assim como a motores marinhos, sendo que, em fases sucessivas, poder-se-ia pensar na substituição do combustível utilizado por ônibus e caminhões, especialmente os que trafegam nas cidades.

## **Matérias-primas alternativas para a produção do biodiesel**

O óleo de soja representa uma matéria-prima abundante e prontamente acessível no Brasil, o que indica a vantagem de utilizá-lo para iniciar a produção de biodiesel. Em fases posteriores, poder-se-ia pensar na utilização de outros tipos de óleo, de origem tanto vegetal como animal.

O óleo de dendê pode ser aproveitado, no futuro, como matéria-prima para combustíveis, tal como vem acontecendo na Malásia. É provável que outras fontes de óleo venham a ser propostas, como os óleos de mamona ou de algodão.

O óleo de pescado, que constitui um resíduo da fabricação de farinha de pescado utilizada nas rações animais, poderia ser destinado à fabricação de biodiesel, já que, atualmente, ele é despejado, na sua maior parte, em rios e lagoas, causando danos ambientais por não ter aproveitamento econômico.

O biodiesel pode ser produzido, também, a partir do óleo utilizado em frituras nos restaurantes, que pode ser obtido a preço muito baixo, permitindo eliminar uma importante fonte de poluição ambiental, já que, atualmente, o destino desses resíduos é sua acumulação em lagos ou em aterros sanitários.

## **Qualidade do biodiesel**

O processo de produção do biodiesel deve ser realizado com atenção às rígidas especificações, para garantir um grau de esterificação elevado. Por exemplo, a presença de ácidos graxos livres no óleo utilizado como matéria-prima deve ser controlada através de processo de neutralização. Por outro lado, as condições de conservação do combustível são importantes para assegurar uma qualidade elevada.

As características que deverão ser exigidas do biodiesel devem ainda ser especificadas em normas técnicas que venham determinar os níveis dos diversos indicadores. Enquanto esses documentos são elaborados, resulta conveniente lembrar as disposições vigentes no Brasil em relação aos combustíveis em geral.

As características dos combustíveis comercializados no Brasil devem obedecer às determinações da Lei nº 9.478, de 1977, conhecida como lei da política energética brasileira, que, dentre outras disposições, criou a Agência Nacional do Petróleo (ANP). Outro documento importante é a Portaria nº 32, de 1977, da ANP, que define os diversos tipos de combustível diesel admitidos. Posteriormente, foi editada a Portaria nº 180/98, que também é do interesse dos

produtores de biodiesel, já que estabelece as características de novos combustíveis.

Em resumo, esses textos legais especificam cinco condições para o combustível diesel (Pikman, 2001):

- **aparência**, o combustível deve ser límpido, incolor e isento de impurezas;
- **conteúdo de enxofre**, não deve ultrapassar os 0,5%;
- **volatilidade**, a destilação deve recuperar 50% do material, quando realizada a 245°C;
- **densidade**, deve ficar entre 0,82g e 0,88g por 100ml;
- **fluidez**, a viscosidade a 40°C deve ficar nos intervalos especificados;
- **qualidade de ignição**, o índice cetano deve atingir valores preestabelecidos.

Com relação a essas determinações, é de se observar que o biodiesel apresenta níveis de enxofre praticamente nulos; a volatilidade é baixa, o que facilita o manuseio com segurança; a ignição é de uma qualidade muito boa e livre de resíduos.

Diversos trabalhos comprovaram que a utilização de biodiesel permite reduções nos níveis de partículas emitidas e de óxidos de enxofre, assim como de monóxido de carbono. Já a emissão de óxidos de nitrogênio não sofreu reduções relevantes em diversos testes realizados (Hawk, 2001).

## O custo de produção e o preço do biodiesel

Para assegurar a sua competitividade, o preço do biodiesel deverá ser igual ou menor que o preço do diesel mineral, em nível de consumidor. No entanto, observa-se que o preço do diesel convencional, no Brasil, é baixo em comparação com os preços internacionais, já que a carga fiscal que suporta é menor (Pikman, 2001), como pode ser observado na Tabela 2. Essa informação ajuda a explicar as dificuldades para a implantação do novo combustível no Brasil.

Na Argentina, por oposição, o diesel de petróleo é relativamente caro, e a iniciativa de implantar o uso do biodiesel é interpretada como uma tentativa de obter um combustível mais barato (Huergo, 2001), o que configuraria uma situação oposta à do Brasil.

O preço de venda do combustível deveria cobrir todos os custos de produção e de distribuição sem ultrapassar o preço de venda ao consumidor final do diesel convencional, para manter a sua competitividade. De acordo com as estimativas apresentadas (Ferrés, 2001), o custo de produção do biodiesel é comparável com o preço de venda do diesel convencional, ou seja, incluindo a distribuição do combustível, o que retira sua competitividade.



Tabela 2

Comparativo do preço do diesel convencional e níveis dos impostos incidentes em países selecionados — set./01

PAÍSES	PREÇO NA BOMBA (US\$/ℓ)	CARGA DE IMPOSTOS (%)
Brasil .....	0,31	19,5
Argentina .....	0,60	47,6
Estados Unidos .....	0,39	30,6
Reino Unido .....	0,96	69,6
Japão .....	0,73	41,6

FONTE: PIKMAN, Cláudio (ANP). Biodiesel: Impactos no consumo e na distribuição. In: JORNADA SOBRE BIODIESEL, 2001. **Palestra**. São Paulo: ABIOVE; AEA, dez. 2001.

NOTA: Preços de set./01.

Para viabilizar a produção de biodiesel, seria necessário encontrar alternativas que permitissem equilibrar esses custos. Observa-se, ainda na Tabela 2, que o preço do diesel no Brasil é o mais baixo entre os vigentes nos países selecionados, o que, certamente, não facilita a implantação do biodiesel. No entanto, é necessário relativizar, mais uma vez, essas considerações associadas à rentabilidade a curto prazo, já que muitas das vantagens de utilizar o biodiesel se revelam no médio e no longo prazo, por estarem associadas à preservação da saúde humana e do meio ambiente. Em síntese, o baixo custo do diesel convencional no Brasil é a principal dificuldade que enfrenta o biodiesel para sua adoção massiva.

Uma estimativa do custo de produzir biodiesel foi apresentada por Ferrés (2001), utilizando as informações sobre preços brasileiros (Tabela 3). Nesse mesmo trabalho, apresenta-se um comparativo dos custos de produção de biodiesel, a partir de álcool metílico, com os do álcool etílico anidro, observando-se que o custo final seria, aproximadamente, 10% menor se a escolha fosse o álcool metílico.

Tabela 3

Custo estimado de produção do biodiesel no interior do PR e de SP — dez./01

DISCRIMINAÇÃO	CUSTO UNITÁRIO (US\$/t)	QUANTIDADE (kg)	CUSTO TOTAL (US\$)
Óleo de soja degomado .....	315,00	1 015,00	319,73
Etanol anidro .....	320,00	156,00	49,92
Hidróxido de sódio .....	740,00	14,98	11,09
Vapor .....	10,00	706,00	7,06
Energia elétrica .....	(1)50,43	(2)34,50	1,74
Mão-de-obra direta .....	-	-	1,92
Custo fixo administrativo .....	-	-	3,32
<b>Subtotal</b> .....	-	-	394,78
Recuperação de glicerina .....	748,00	104,00	-77,79
Custo por tonelada .....	-	-	316,99
Custo por litro (US\$) .....	-	-	0,36
Custo por litro (R\$) (3) .....	-	-	0,90

FONTES: FERRÉS, Juan Diego. Biodiesel: produção e custos no Brasil. In: JORNADA SOBRE BIODIESEL, 2001. **Palestra**. São Paulo: ABIOVE; AEA, dez. 2001.

NOTA: Produção de 1t de etil-éster — fábrica de 400 tpd.

(1) US\$/1.000Kwh. (2) kg/Kwh. (3) Taxa de câmbio utilizada: R\$ 2,47 = US\$ 1,00.

## Conclusões

Diversos países produtores de grãos oleaginosos iniciaram o caminho do estímulo à produção de biocombustíveis, especialmente os da Europa, que vêm concedendo generosos subsídios a sua agricultura. No entanto, nos EUA, a produção de biodiesel já conquistou numerosos adeptos sem necessitar de tais subsídios. Na Argentina, foi aprovada, pelo Senado, uma lei que outorga benefícios à produção e à comercialização de biodiesel.

As vantagens de curto e de médio prazos de utilizar o biodiesel, especialmente pelos seus efeitos positivos sobre a saúde humana nas grandes cidades, pelo controle das emissões de óxidos de enxofre, causadores da chuva ácida, assim como do monóxido de carbono, indicam a conveniência de sua adoção. No entanto, a maior vantagem do novo combustível parece ser a de longo prazo, pela redução das emissões de bióxido de carbono, tidas como responsáveis pelo efeito estufa. O Brasil, como assinante do Protocolo de Kyoto, aceitou o desafio de controlar as emissões de poluentes atmosféricos.

A utilização de óleos vegetais diversos para a produção de biodiesel oferece vantagens para o Brasil, sinalizando a necessidade de se começar a experimentar o seu uso. No presente, a oportunidade mais atraente é a de aproveitar os excedentes de óleo de soja para produzir biodiesel. No entanto, no futuro, haverá possibilidades de aproveitamento de outros óleos, como o de algodão, o de dendê, o de girassol ou de óleos de origem animal, como o de peixe ou a gordura bovina. A diversificação das fontes de óleo contribuiria para contornar eventuais problemas com a sazonalidade, assim como evitaria os elevados riscos associados com a dependência de uma única espécie vegetal.

## Bibliografia

FERRÉS, Juan Diego. Biodiesel: produção e custos no Brasil. In: JORNADA SOBRE BIODIESEL, 2001. **Palestra**. São Paulo: ABIOVE; AEA, dez. 2001.

HAWK, Jeff. **Soy-bean powered equipment may help to clean up diesel emissions**. New York: ENR. Disponível em: <http://www.proquest.umi.com>  
Acesso em: 6 ago. 2001.

HUERGO, Hector. El biodiesel, una contribución del agro para mejorar el medio ambiente. In: JORNADA DE BIODIESEL, 2001. **Palestra**. Buenos Aires: Bolsa de Cereales, nov. 2001.

MA, Fangrui; HANNA, Milford. Biodiesel production: a review. **Bioresource Technology**, Washington DC.: Elsevier, v.70, p.1-15, 1999.

PIKMAN, Cláudio (ANP). Biodiesel: Impactos no consumo e na distribuição. In: JORNADA SOBRE BIODIESEL, 2001. **Palestra**. São Paulo: ABIOVE; AEA, dez. 2001.

RANESES, A. R. et al. Potential biodiesel markets and their economic effects on the agricultural sector of the United States. **Industrial Crops and Products**, Washington DC.: Elsevier, v. 9, p. 151-162, 1999.

REBELLA, César M. Cambio climático, efecto invernadero y combustibles fósiles. In: JORNADA DE BIODIESEL, 2001. **Palestra**. Buenos Aires: Bolsa de Cereales, nov. 2001.