

Gestão dos resíduos sólidos na indústria madeireira

Roberto Harb Naime¹, Ivone Sartor², Ana Cristina de Almeida Garcia³

¹Curso de Engenharia Industrial – ICET/FEEVALE e Departamento de Engenharia Civil - FENG/PUCRS - E-mail: rnaime@feevale.br; ² Faculdade de Farmácia PUCRS - E-mail: isartor@pucrs.br; ³ Curso de Engenharia Industrial – ICET/FEEVALE – E-mail: anagarcia@feevale.br.

Resumo

O presente trabalho insere a indústria madeireira na dimensão da construção de modelos de desenvolvimento sustentável. É feito levantamento bibliográfico do estado da arte do tema, e são caracterizados e quantificados, em proporção, os resíduos sólidos gerados pela indústria madeireira, visando à obtenção de informações para a elaboração de parâmetros de adequada gestão destes materiais. É proposta uma nova atitude pró-ativa para o setor industrial madeireiro, sendo diagnosticado um grande potencial para o desenvolvimento de técnicas que minimizem os impactos ambientais causados por este setor no meio ambiente.

Palavras-chave

Resíduos sólidos, indústria madeireira, gestão.

Abstract

This work inserts wood industry in the dimension of construction of sustainable development. Bibliographic study of art state of theme is made, with the quantification of waste materials generated by wood industry, to obtain information to determinate parameters for management of this material. A new attitude for wood industry is proposed, with the diagnostic of a potential for development of techniques for reducing environmental impacts caused by wood industry.

Key words

Waste materials, wood industry, management.

Introdução

As estratégias de sustentabilidade ambiental buscam compatibilizar as intervenções antrópicas com as características dos meios físico, biológico e socioeconômico, minimizando os impactos ambientais através da menor geração de resíduos sólidos, pelo adequado manejo dos resíduos produzidos.

A própria Constituição Federal, em seu artigo 174, prevê que o Estado seja o regulador das atividades econômicas, promovendo o desenvolvimento equilibrado entre produção e conservação ambiental (BRASIL, 1998).

Este setor, em seus primórdios, primeiramente foi desenvolvido no sul, e posteriormente foi migrando para o centro-oeste e norte do país, em função das disponibilidades de matéria-prima.

O setor industrial madeireiro tem por característica o crescimento a partir de pequenos negócios familiares, que freqüentemente crescem em função da ampliação das demandas de mercado.

Este fato resulta em crescimento desordenado, que atinge desde a estrutura administrativa das empresas até a componente ambiental, que por desconhecimento ou falta de preparo, fica relegada a um plano secundário.

No entanto, grande parte das empresas brasileiras está sendo suscitada por mercados internacionais que exigem uma nova postura em relação às variáveis ambientais.

Em função desta realidade, é previsível que ocorra uma evolução, ainda que de forma lenta e desordenada. Por isso, é imprescindível o estudo deste setor econômico, carente de registros bibliográficos e de legislação específica, bem focados.

Para o adequado manejo dos resíduos sólidos, são necessárias aplicações de técnicas adequadas de coleta, disposição temporária e tratamento ou disposição final.

Este trabalho busca trazer uma contribuição pela síntese do estado da arte do tema e pelas proposições metodológicas a serem adotadas pelo setor madeireiro.

Em função de problemas cambiais, altas taxas de juros, crise energética e fatores econômicos circunstanciais, as empresas do setor de madeira estão desenvolvendo novos conceitos e tecnologias, objetivando melhorar sua competitividade no mercado, particularmente através do aumento da produtividade e da qualidade (ABIMCI, 2001).

Revisão da Literatura

Os resíduos sólidos são conceituados pela NBR 10.004 como resíduos descartáveis ou inúteis, resultantes das atividades humanas, em estado sólido, semi-sólido ou semi-líquido, com conteúdo líquido insuficiente para que este fluido possa se movimentar livremente (ABNT, 1987).

Os resíduos sólidos orgânicos, de origem vegetal, particularmente após os tratamentos químicos que recebem para utilização na indústria madeireira, constituem uma fonte de elevados impactos ambientais sobre o meio físico, particularmente sobre os mananciais hídricos superficiais e subterrâneos e sobre os meios biológico e socioeconômico.

O impacto ocorre com a geração de chorume, a emissão de gases e maus odores, resultantes dos processos de fermentação e decomposição, a geração de sais inorgânicos e de metais tóxicos. Produz ainda a corrosão de equipamentos componentes da infra-estrutura das instalações.

A madeira é um produto do tecido xilemático dos vegetais superiores, localizado no tronco e no galho das árvores, com células especializadas na sustentação e condução de seiva. Em termos comerciais, a madeira somente é encontrada em árvores com altura superior a 6 m.

O xilema é um tecido característico das plantas superiores, incluídos arbustos, cipós e árvores, constituídas de fibras, elementos de vasos, traqueídeos, raios e parênquima axial.

A estrutura da madeira pode ser observada na Figura 1.

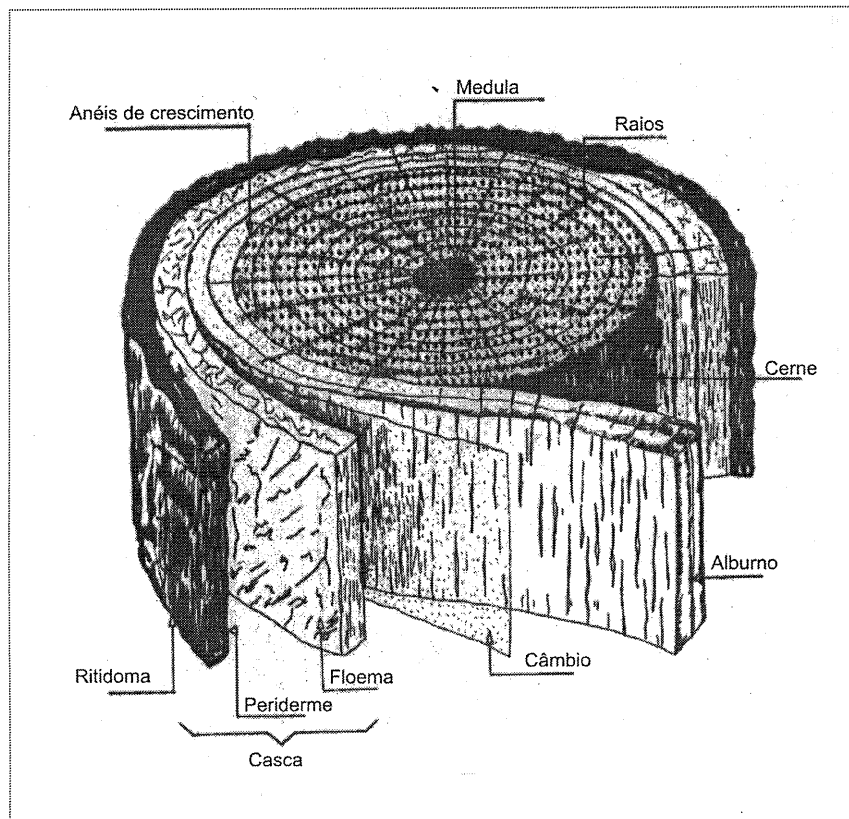


Figura 1 – Estrutura da madeira (BURGER e RICHTER, 1991).

A casca é constituída pelo ritidoma, periderme e floema, e tem a função de conduzir a seiva elaborada. O câmbio é um tecido meristemático, que gera novos elementos circulares. Os anéis de crescimento representam o incremento anual da árvore, enquanto o cerne e alburno representam as porções que vão se tornando mais resistentes da madeira e que constituem alvo preferencial da exploração. Os raios e a medula armazenam as substâncias nutritivas.

Atualmente reconhecem-se as características de heterogeneidade e anisotropia das madeiras, que são os principais fatores a determinar variações nas indústrias e, por conseqüência, nos resíduos sólidos que produzem.

Hoje se reconhece, nos mecanismos de biodegradação dos materiais lignocelulósicos, conduzidos de forma controlada por fungos pré-selecionados, como uma importante alternativa para os tratamentos biotecnológicos de aplicação industrial para a solução adequada da questão dos resíduos sólidos. Este processo é denominado biopolpação.

A aplicação deste processo permite tornar cavacos e resíduos como matéria-prima para a fabricação de papel.

No Estado do Rio Grande do Sul, está situado o pólo moveleiro de Bento Gonçalves, um dos principais do país. Este pólo teve sua origem no final do século passado, quando imigrantes italianos marceneiros produziram os primeiros móveis. Atualmente este setor econômico responde por 8% do PIB do Estado. O esforço de consolidação deste pólo ocorreu com a implantação do CETEMO – Centro Tecnológico do Mobiliário, pelo SENAI, na década de 80, e pela criação de um curso superior de Tecnologia em Produção Moveleira, pela Universidade de Caxias de Caxias do Sul em 1994 (CETEMO, 2002).

Atualmente estão em amplo procedimento de divulgação e popularização os conceitos de ecodesign, incluindo os conceitos de recuperação de material, projetos voltados para a simplicidade, redução de matérias-primas na fonte, recuperação e reutilização de resíduos, uso de for-

mas de energia e materiais renováveis, produtos com maior durabilidade, recuperação de embalagens e utilização de substâncias à base de água. (VENZKE e NASCIMENTO, 2003).

Por outro lado, a legislação ambiental, cada vez mais severa, induz a uma nova postura em toda dimensão do setor, incluindo a adequada gestão de resíduos sólidos.

Uma das principais alternativas que era a incineração dos resíduos encontra-se oficialmente proibida em muitas regiões do país, com muitas atuações de empresas que insistem nesta prática.

Material e Métodos

Realiza-se caracterização físico-química e organoléptica da madeira, bem como considerações sobre anatomia da madeira, biodegradação e biopolpação. Também são referidos os conceitos básicos de tecnologias limpas, ecodesign e queima de resíduos.

Para subsidiar a análise das alternativas de destinação, caracterizam-se os resíduos com quantificação, descrição do armazenamento e da destinação usuais.

Posteriormente, analisam-se as alternativas possíveis para a destinação dos resíduos da madeira, quais sejam a compostagem, a tecnologia do resíduo estruturante, a produção de energia, o uso da madeira como lenha ou ainda como combustível líquido ou gasoso e carvão vegetal.

Discutem-se, ainda, as possibilidades de produção de materiais diversos, a produção de peças de artesanato, a produção de painéis com aglomerados de MDF, OSB e outros; a produção de briquetes e ainda a produção de papel e farinha de madeira.

Todas estas alternativas tecnológicas são avaliadas dentro de uma perspectiva de viabilidade tecnológica, econômica e ambiental, para a solução dos problemas de resíduos da indústria madeireira.

Desenvolvimento

Para melhor análise das alternativas possíveis de destinação dos resíduos da indústria madeireira, devem ser feitas, preliminarmente, uma caracterização dos resíduos com a quantificação e considerações sobre o armazenamento e o destino dos mesmos.

As alternativas possíveis para a destinação dos resíduos de madeira são a compostagem, o uso como resíduo estruturante, a produção de energia, o uso como lenha, carvão vegetal, a produção de materiais diversos e a produção de painéis (aglomerados, MDF, OSB e outros), ou ainda a produção de briquetes.

COMPOSTAGEM

KIEHL (2002) refere que o vocábulo “compost”, da língua inglesa, originou a palavra composto para indicar o fertilizante orgânico, preparado a partir de restos vegetais e animais, através de um processo denominado compostagem.

A técnica de compostagem foi desenvolvida com a finalidade de se obter mais rapidamente e em melhores condições a estabilização da matéria orgânica. No processo de compostagem, os restos são amontoados, irrigados e revolvidos, acelerando o tempo de decomposição.

A compostagem é definida como um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, passando pelas fases de fitotoxicidade, bioestabilização e maturação. Durante o processo ocorre produção de calor e despreendimento de gás carbônico e vapor de água. Neste processo, é importante o controle da relação C/N, que na madeira é elevada (AGRICULTURA, 2002).

Este processo é crescentemente utilizado em suinocultura e avicultura, e a legislação brasileira classifica os produtos resultantes como fertilizantes orgânicos.

RESÍDUO ESTRUTURANTE

É a utilização da serragem fina ao lodo de esgoto proveniente de Estações de Tratamento de Efluentes, utilizando reatores na escala de laboratório. Estudos têm indicado que esta técnica é eficiente para biodegradabilidade do lodo de esgoto antes do processo de compostagem (MATOS, 2001).

PRODUÇÃO DE ENERGIA

A produção de energia com a utilização de biomassa (energia solar transformada em estrutura vegetal via fotossíntese) é uma fonte alternativa que se adapta às diversas regiões brasileiras. A implantação de usinas de biomassa preserva o meio ambiente, requerendo áreas a serem impactadas, insignificantes quando comparadas com hidrelétricas.

Um bom exemplo desta utilização são os dados da Nestlé, mostrando a viabilidade tecnológica e econômica desta solução (MIRANDA, 1983).

O Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE) tem defendido a implementação de unidades capazes de produzir, ao mesmo tempo, vapor para a secagem da madeira e eletricidade.

Existem registros notáveis para consultas, como o case da BK Energia (CENTRAL, 2003; JOHN, 2002).

USO COMO LENHA

A utilização da lenha tem larga tradição no Brasil. Em 1952, quase metade do total de energia consumida no país era proveniente da biomassa. Em 1969, este percentual se reduziu para 33,7%, e em 1979, para 17,4%, considerando como lenha o consumo tradicional e histórico dessa biomassa no Brasil, incluindo a utilização doméstica, fornos de padarias, cerâmicas e olarias.

USO COMO COMBUSTÍVEL LÍQUIDO E GASOSO

A importância da madeira não resulta apenas do seu aproveitamento pela queima direta e carbonização. A madeira, além de quantidades reduzidas de nitrogênio e outros elementos, é constituída por cerca de 50% de carbono, 44% de oxigênio e 6% de hidrogênio, constituindo uma massa heterogênea de aproximadamente 50% de celulose, 20% de hemicelulose e 30% de lignina. Por isso é matéria-prima para produção de gases combustíveis e combustíveis líquidos através de processos como gaseificação, liquefação e hidrólise.

A gaseificação é um processo de geração de gás por decomposição térmica, em um gaseificador, onde o material é queimado em condições controladas para obtenção de gás combustível, com o objetivo de alimentar caldeiras ou movimentar motores.

Liquefação é o processo pelo qual o monóxido de carbono e o hidrogênio, obtidos na gaseificação, são colocados sob condições especiais de temperatura e pressão, sendo liquefeitos.

A produção de etanol é desenvolvida pela hidrólise ácida, como também pela hidrólise enzimática, pela quebra das longas cadeias celulósicas.

CARVÃO VEGETAL

O carvão vegetal, utilizado quase totalmente em fornos de alvenaria, conhecidos como "medas" ou "caieiras", apresenta rentabilidade entre 25% e 35%, com o restante dos combustíveis, sendo constituída por voláteis que se perdem na atmosfera.

Não é a alternativa mais recomendável para estudos que tragam a perspectiva de se direcionar a uma visão integrada num contexto de desenvolvimento sustentável.

PRODUÇÃO DE MATERIAIS DIVERSOS

Neste campo destacam-se os novos produtos desenvolvidos para a construção civil. GRANDI (1999) destaca um experimento realizado com pó de serra de 3 diferentes espécies de madeira, com vistas à sua aplicação em compósitos de cimento *portland*. Também a Universida-

de de Caxias do Sul (2001; 2002) tem desenvolvido trabalhos nesta direção.

A bibliografia internacional relata a tendência da utilização da madeira para a consolidação de novos produtos, dentro de conceitos de utilização de técnicas ecologicamente corretas (CARLTON, 2002).

O mercado da construção civil tem grande potencial na absorção de produtos duráveis, decorativos, com boa trabalhabilidade, e que apresentam peso específico adequado e condutibilidade térmica, absorção acústica ou reflexão acústica favoráveis, com preços competitivos.

PRODUÇÃO DE PEÇAS DE ARTESANATO

A lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em sua Seção VIII institui a política de incentivos fiscais e financeiros às instituições que promovam reutilização e reciclagem de resíduos.

Neste contexto, autores como NADAL e BONDUELLE (2000) destacam o potencial da indústria madeireira, onde “percentual da matéria-prima desperdiçada é grande, e com grande frequência, os resíduos e refugos são destinados à queima”.

A produção de peças de artesanato pode atingir dimensões industriais, em estratégias de parceira ou contextos de bancos de resíduos (Rocha, 2002).

PRODUÇÃO DE PAINÉIS: AGLOMERADOS, MDF, OSB E OUTROS

As chapas de madeira aglomerada são fabricadas com partículas de madeira ou outros materiais, aglutinados por meio de uma resina e em seguida prensados. A resina normalmente utilizada é a uréia-formaldeído, usando-se também, quando se necessita melhores características de resistência, o fenol-formaldeído.

Durante o processo de produção, são adicionados diversos produtos químicos para evitar o mofo, a umidade, o ataque de insetos e para aumentar a resistência ao fogo.

As fábricas de madeira aglomerada utilizam as seguintes fontes de matéria-prima: resíduos industriais (resíduos de serrarias, fábricas de móveis e chapas), resíduos provenientes de exploração florestal (toras curtas, galhos, etc.), madeiras de qualidade inferior, não-industrializáveis de outras formas, madeira proveniente de trato cultural de florestas plantadas e reciclagem de madeira sem serventia (demolições).

É uma tecnologia desenvolvida nos países ricos, que tinha como motivação básica a escassez de madeira ocorrida logo após o término da segunda guerra mundial, sendo motivador também o aproveitamento econômico dos resíduos industriais.

PRODUÇÃO DE BRIQUETES

A briquetagem é o processo de compactação de resíduos, no qual é destruída a elasticidade natural das fibras. Este processo diminui o consumo de energia para queima, resultando em um material com pequeno volume, alta densidade e com alto poder calorífico.

O briquete é produzido a partir de serragem e demais resíduos resultantes do processo de beneficiamento de qualquer tipo de madeira ou resíduos de agroindústria. Sua produção requer um controle de umidade, cujo teor máximo ideal é de 15%, o que torna necessária a introdução de processos de secagem.

Esse processo utiliza pressões elevadas para compactar os resíduos em cilindros chamados briquetes. A extrusão em altas pressões e temperaturas, por máquina rotativa, oferece um produto homogêneo, sem aglomerantes, a temperaturas de 150 a 200 graus, obtida pelo atrito dentro das câmaras de compressão antes da extrusão, liquefazendo a lignina da biomassa. Ao sofrer esfriamento, a lignina se transforma em aglomerante natural, e cria a camada externa contra a umidade do ar.

A densidade do briquete é duas vezes superior, enquanto o poder calorífico é equivalente ao dobro. Já o preço do briquete é cerca de 5 vezes superior ao preço da lenha, considerando o melhor rendimento na queima.

A técnica da briquetagem, além de eliminar resíduos incômodos e onerosos, produz um material de tamanho constante, facilitando o armazenamento, a embalagem e o transporte, facilitando a operação de equipamentos de queima para a produção de energia.

Com o uso de briquetes, as caldeiras trabalham em temperaturas uniformes, alcançando maior temperatura de queima, tornando o produto viável sob o ponto de vista tecnológico, econômico e mercadológico.

A tecnologia de produção de briquetes tem sido negociada com a Comunidade Econômica Européia, pois estes países buscam no Brasil alternativas para substituir a energia fóssil e nuclear.

PRODUÇÃO DE PAPEL

Em alguns países, restos de madeira procedentes de clareamento (madeira tratada) são usados na fabricação de pasta de papel, processo pouco comum no Brasil devido à facilidade climática de obtenção de matéria-prima pelo reflorestamento (REMADE, 2003).

FARINHA DE MADEIRA

A farinha de madeira, citada por BONDUELLE et al., (2003), é obtida pelo processo de moagem das diversas aparas de madeira, e usada por uma grande quantidade de indústrias como matéria-prima para gerar produtos acabados ou semi-acabados, para empresas fabricantes de plásticos, indústrias de fundição, de compensados, de explosivos ou de calçados. Estas empresas, que contribuem para a diminuição do montante dos detritos gerados, também são exemplos reais de que o resíduo pode e deve ser fonte para novos produtos.

Conclusões

As atividades ligadas à indústria madeireira são fundamentais na economia de muitas regiões do país, destacando-se a região de Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul, e para a viabilidade econômica e sustentabilidade dos pequenos empreendimentos industriais moveleiros, principalmente de natureza familiar ou artesanal.

No entanto, o comprometimento ambiental gerado pela gestão inadequada de resíduos sólidos da indústria madeireira é reconhecido tanto pela comunidade científica como pelas autoridades sanitárias e pela população em geral.

Logo, a contribuição de alternativas tecnológicas que viabilizem menor impacto ambiental sobre os meios físico, biótico e socioeconômico que constituem o meio ambiente, é uma necessidade urgente para a melhoria de qualidade de vida das populações sem a perda de renda, particularmente nos pequenos empreendimentos industriais.

O presente trabalho se insere neste contexto, buscando trazer alternativas viáveis para a gestão dos resíduos industriais da indústria madeireira.

Referências Bibliográficas

- ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente. **Madeira Processada Mecanicamente**, -estudo setorial –2001. Disponível em <<http://www.abimci.com.br>> .Acesso em 24 nov. 2002.
- AGRICULTURA alternativa – composto orgânico. 2002. Disponível em <<http://www.clic.in.com.br>> Acesso em 21 fev. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10 004/1987. **Resíduos sólidos, classificação**. Rio de Janeiro, 1987.
- BONDUELLE, A.; YAMAJI, F.; BORGES, C. C. **Resíduos de Pinus – uma fonte para novos produtos** (mensagem pessoal, recebida em 08 fev. 2003).
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BURGER, L. M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

CARLTON, J. Madeira de plástico. **Jornal Gazeta do Povo**, São Paulo, 03 abr 2000, p.23.

CENTRAL de co-geração no AM usa resíduo de madeira. Disponível em <<http://www.atdp.org.br>> Acesso em 10 nov. 2002.

CETEMO. Estudo sugere uso de serragem como insumo. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, v. 12, n. 66, ago.2002.

GRANDI, L. A. C. **Características físicas do pó de serra com vistas à sua aplicação em compósitos de cimento portland**. 1999. Disponível em <<http://www.unicamp.br/publicacoes.htm>> Acesso em 21 jun. 2002.

JONH, L. Amazônia ganha usina ecológica de energia. **O Estado de São Paulo**. 1º out. 2002. Disponível em <<http://www.koblitz.com.br/clipping/koblitz/amazonia.htm>> Acesso em 10 nov. 2002.

KIEHL, J. E. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 3 ed. Piracicaba. 2002. 171p.

MATOS, Z. M. R. de. **Avaliação da biodegradabilidade do lodo de esgoto por meio da compostagem utilizando reatores em escala de laboratório**. 2001. Resumo. Disponível em <<http://www.unb.br>>. Acesso em 21 jan. 2003.

MIRANDA, D. J. **Biomassa – opção energética da Nestlé**. São Paulo: Inova, 1983. 86p.

NADAL, R. D.; BONDUELLE, G. M. **Aproveitamento de resíduos de espécies florestais na produção artesanal de pequenos objetos de madeira**. Resumo. 2000. Disponível em <<http://www.floresta.ufpr.br>>. Acesso em 04 fev. 2003.

REMADE, **Painéis** – Espanha importa resíduos de madeira (mensagem pessoal) 2003.

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL. **Liquefação da serragem na presença de poliol usando NaOH e enzimas celulases como catalisadores e sua aplicação como espumas de poliuretano. Resumo. 2001**. Disponível em <<http://www.ucs.br>>. Acesso em 10 nov. 2002.

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL. **Aproveitamento de resíduos da indústria moveleira na fabricação de compósitos à base de poliolefinas. Resumo. 2002**. Disponível em <<http://www.ucs.br>>. Acesso em 10 nov. 2002.

VENZKE, C. S.; NASCIMENTO, L. F. **O ecodesing no setor moveleiro do Rio Grande do Sul** (mensagem pessoal) 2003.