



XII

Pesquisa e Desenvolvimento



Nas páginas anteriores,
trabalho de identificação
do impacto do uso público nas
trilhas interpretativas de uma
unidade de conservação
em Itatiaia (RJ)

XII Pesquisa e Desenvolvimento

A ciência manifesta-se a quem a procura!

BERNARD PALISSY (1588)

O Ipef pretende ser um fórum permanente de debates sobre os assuntos do setor. No ano de 1998, o trabalho desenvolvido com suas empresas associadas e integradas envolveu nove programas temáticos, englobando inúmeros projetos de pesquisa específicos.

Os programas, de caráter mais amplo, estão enquadrados em quatro áreas distintas: Silvicultura e Manejo; Gerenciamento da Qualidade Ambiental; Melhoramento Genético e Biotecnologia, e Tecnologia de Produtos Florestais.

A área de Silvicultura e Manejo efetua os estudos sobre sistemas de produção de mudas, implantação, condução, planejamento, gerenciamento, colheita e transporte de espécies arbóreas de rápido crescimento, com o objetivo de desenvolver sistemas sustentáveis nas atividades florestais.

Nos estudos sobre Gerenciamento da Qualidade Ambiental, procura-se quantificar os impactos das atividades de produção florestal sobre os ecossistemas, desenvolvendo técnicas que os minimizem e mantenham a biodiversidade no ambiente.

No Melhoramento Genético e Biotecnologia estão enquadrados os trabalhos que visam à adequação da diversidade genética para sistemas de produção florestal, pela biotecnologia, biologia reprodutiva, sistemas reprodutivos e hibridação.

A área de Tecnologia de Produtos Florestais engloba os estudos sobre a avaliação da qualidade de madeira e adequação do material genético para usos múltiplos.

SILVICULTURA E MANEJO

Programa de Manejo Integrado de Pragas Florestais

As populações de insetos apresentam grande diversidade e sua proliferação é muito favorecida pelo clima tropical predominante no Brasil. No caso do eucalipto, espécie arbórea de introdução relativamente recente no país, muitas pragas, como as formigas cortadeiras e as lagartas, adaptaram-se para viver nos povoamentos florestais extensivos, causando danos consideráveis às plantações.

Existem hoje cerca de 25 tipos de pragas muito importantes nas florestas plantadas, mais de cinquenta consideradas secundárias e pelo menos o triplo de inimigos potenciais, que podem prejudicar as espécies arbóreas de rápido crescimento e, no futuro, também se transformarem em ameaças reais. Em muitos casos, o controle é difícil, porque há uma sobreposição de gerações de insetos e os ataques não têm uma época certa para ocorrer.

Na Europa, ao contrário, sabe-se que os insetos interrompem suas atividades durante os meses mais frios do ano, facilitando o combate. O número de pragas é também muito menor: em Portugal, por exemplo, país com tradição no plantio de eucaliptos, existem apenas dois tipos de insetos nocivos às florestas, sendo que um deles é considerado ainda um inimigo potencial.



Pragas que atacam as florestas no Brasil: acima, Stenondes spinibarbis, e na página ao lado, T. arnobia



Diante desse quadro o Ipef iniciou em 1969 um programa cooperativo com as suas associadas para estabelecer o monitoramento permanente das pragas nas plantações homogêneas, a exemplo do que foi feito nos Estados Unidos. Técnicos norte-americanos elaboraram diversos modelos matemáticos da sua ocorrência e, por meio de dados precisos e detalhados, estabeleceram os trabalhos de prevenção aos ataques dos insetos.

O primeiro passo dos pesquisadores do Ipef foi desenvolver um método simples de coleta, identificação e análise de material para se conhecer melhor esses inimigos da floresta e determinar as épocas do ano em que há maior incidência. Acreditava-se, na ocasião, que essas informações dariam maior segurança para se prever os eventuais ataques de insetos. Com o tempo, no entanto, ficou clara a necessidade de se ampliar esse monitoramento, com a introdução de novas técnicas, estudando melhor os focos já instalados e priorizando as áreas de controle para cada praga verificada.

Assim, o Programa Cooperativo evoluiu para um Programa Temático de Manejo Integrado de Pragas Florestais (PCMIP), cuja principal característica é congregar não só as associadas do Ipef e professores da Esalq-USP, como também docentes de outras universidades, contando ainda com profissionais de várias empresas do setor florestal e fabricantes de defensivos.

Atualmente, o programa mantém sete projetos de pesquisa com atuação em dois níveis: o preventivo, com a adoção de práticas de manejo para aumentar a estabilidade ambiental, e o corretivo, utilizando diferentes métodos de controle de forma racional e integrada. Dentre eles, destaca-se o projeto de combate a formigas cortadeiras, por meio de modernas técnicas de sensoriamento remoto aliadas a filmagens aéreas, numa tentativa de mapear áreas florestais danificadas pelo desfolhamento.

Outro trabalho procura estudar a utilização de armadilhas específicas para o controle de cupins, que atacam tanto as mudas como o cerne do eucalipto. Nesse caso, o combate torna-se muito importante principalmente para as empresas que querem dar uso múltiplo à produção de madeira.

Pesquisa-se também a metodologia de amostragem e a eficiência do controle do *Scolytidae*, um coleóptero que prejudica plantações de *Eucalyptus* e *Pinus*. Esse inseto é considerado o maior causador de danos às florestas de coníferas em todo mundo: ele ataca não só as árvores vivas, podendo levá-las à morte, como também a madeira cortada, ocasionando danos que depreciam seu valor no mercado.

Os pesquisadores envolvidos no programa estudam também o combate às lagartas desfolhadoras. Atuam ainda, sistematicamente, para a formação e treinamento de pessoal técnico e para divulgação de informações específicas. Por isso, está sendo desenvolvido um banco de dados informatizado sobre as pragas florestais com vários módulos, como biologia, ocorrência natural e epidêmica, testes de produtos defensivos, entre outros assuntos, que será colocado à disposição dos interessados.

Segundo o engenheiro florestal Alberto Jorge Laranjeiro, formado pela Esalq em 1982, "o trabalho de monitoramento de pragas florestais provocou uma maior conscientização do setor a respeito do assunto, estimulou a troca de informações e, principalmente, proporcionou a capacitação e treinamento de pessoal especializado". O engenheiro é um dos coordenadores técnicos do PCMIP/Ipef, juntamente com o prof. Carlos Frederico Wilcken, da Faculdade de Ciências Agronômicas, de Botucatu (SP).

Apesar dos progressos alcançados, os pesquisadores pretendem obter outros resultados com os experimentos: "O maior desafio agora é investir mais nas operações de prevenção", diz Laranjeiro. Por causa da extrema biodiversidade das populações de insetos no Brasil, há muitas pragas potenciais, para as quais a solução seria o desenvolvimento de inimigos naturais para seu controle. É um trabalho lento, que exige paciência e perseverança, nem sempre compatível com o ritmo dinâmico das empresas do setor florestal.

Programa de Silvicultura e Manejo

A busca incessante por sistemas de manejo florestal que favoreçam a sustentabilidade da produção a médio e longo prazo e que garantam, ao mesmo tempo, a manutenção da biodiversidade

e a conservação adequada do solo levou os pesquisadores do Departamento de Ciências Florestais da Esalq-USP a avaliar os efeitos das técnicas de cultivo mínimo em povoamentos com espécies arbóreas de rápido crescimento.

A técnica de cultivo mínimo, que consiste em executar a menor intervenção possível no solo a ser plantado, começou a ser empregada no Brasil na década de 1970, tornando-se conhecida como plantio direto. Inicialmente, foi utilizada para controlar a erosão em lavouras de trigo e soja na região sul. Desde essa época até hoje, sua aplicação passou por ciclos sucessivos de expansão e redução, devido às restrições no mercado de insumos e à falta de uma assistência técnica especializada. Mas, sem dúvida, pode ser considerada um importante vetor de mudança, representando um grande salto de qualidade na agricultura tropical.

No final dos anos de 1980, aventou-se o emprego do cultivo mínimo também no setor florestal para minimizar eventuais deficiências nutricionais do solo, considerando-se que a maioria das florestas foram plantadas em áreas de cerrado, com baixa fertilidade.

Havia, também, a necessidade de se reduzir o custo da implantação e reforma dos povoamentos florestais e de se adotar medidas para se atenuar os riscos decorrentes das queimadas. Aumentava cada vez mais a preocupação com a questão ambiental, que exigia a implementação de práticas adequadas de conservação de solo.

O uso dessa técnica firmou-se definitivamente no início dos anos de 1990, principalmente em São Paulo, com a proibição definitiva da utilização do fogo nas plantações (decreto estadual nº 28 848 de 30/8/1988). Com o decorrer do tempo, passou a ser praticada em outros Estados com a divulgação das suas vantagens e com o avanço das pesquisas para resolver os problemas observados na aplicação no campo.

O cultivo mínimo no manejo florestal baseia-se principalmente em operações restritas apenas às linhas de plantio das mudas, sem a retirada dos resíduos florestais. O objetivo de sua manutenção é constituir uma reserva de nutrientes, principalmente em solos de baixa fertilidade. Além disso, essa camada orgânica é um excelente anteparo às gotas das chuvas, atenuando os efeitos do seu impacto



Irrigação de mudas de eucalipto após o plantio em área de cultivo mínimo da Celpav, na região de Ribeirão Preto (SP)

e reduzindo, ao mesmo tempo, a velocidade da água na superfície do terreno, prevenindo a ocorrência de processos erosivos.

Existem diversos níveis de cultivo mínimo que variam com a intensidade e o tipo de preparo do solo (escarificação, subsolagem, coveamento manual e mecânico, plantio direto) e com o manejo dos resíduos deixados na floresta por ocasião do corte das árvores (descascamento e manutenção dos resíduos no campo, direcionamento da “galhada” em função do sistema de colheita etc.).

Prós e contras do cultivo mínimo

Dentre os benefícios do sistema de cultivo mínimo em relação ao preparo intensivo, pode-se citar a redução das perdas de nutrientes, uma vez que se mantém no solo os resíduos da cultura, como cascas, serapilheira e folhas. Os estudos realizados demonstraram que 51% a 82% dos nutrientes da biomassa vegetal em povoamentos florestais de eucaliptos do Estado de São Paulo, presentes acima da superfície do solo, estão contidos nesses resíduos culturais.

“Somente a remoção das cascas das árvores pode significar perdas médias de 11% de nitrogênio, 28% de fósforo, 22% de potássio e 30% de cálcio”, afirma o prof. dr. José Leonardo de Moraes Gonçalves, engenheiro agrônomo formado pela Universidade Federal de Viçosa em 1983, docente do Departamento de Ciências Florestais desde 1988 e um dos coordenadores do Programa Temático de Silvicultura e Manejo.

Segundo ele, a camada orgânica deixada sobre o terreno funciona como isolante entre a atmosfera e o solo, com importantes efeitos sobre a economia de água e nutrientes do sistema. Reduz também a velocidade das enxurradas e aumenta o tempo de permanência das águas superficiais sobre o terreno, elevando com isso as taxas de infiltração.

Dessa forma, a maior capacidade de retenção e as menores perdas de água fazem com que se aumente sua disponibilidade para as árvores. Isso é particularmente importante quando as plantações são localizadas em regiões onde existem altas taxas de déficit hídrico, com baixas precipitações e altas temperaturas médias, associadas à ocorrência de solos arenosos.



A prática do cultivo mínimo proporciona um ambiente mais adequado para a sobrevivência e reprodução dos organismos no solo e também reduz consideravelmente a infestação de plantas invasoras. O abafamento do banco de sementes existentes no solo pela camada de resíduos e o provável dessecamento e morte das sementes depositadas sobre ela são as causas mais prováveis desse efeito.

Além disso, com o impedimento da prática da queimada de resíduos florestais, elevaram-se os custos das empresas, pois tornou-se necessário incorporar outras operações no processo: além da roçada e da aplicação de herbicidas em áreas de implantação de novas florestas, era preciso fazer o rebaixamento dos tocos e a trituração de galhadas em áreas de reforma. Em contrapartida, o cultivo mínimo se apresentou como uma alternativa mais econômica, diminuindo os custos em cerca de 20%, no caso de implantação de florestas, e em 40% para sua reforma, dependendo das condições operacionais.

Mas existem algumas desvantagens em comparação com o plantio intensivo. Uma delas é que o crescimento inicial dos povoamentos é mais lento e heterogêneo. Além disso, a deposição de resíduos florestais sobre o terreno causa alguns problemas, como a maior probabilidade de incêndios, maior incidência de pragas e doenças no estágio inicial de crescimento das árvores, maior dificuldade para a localização dos formigueiros e maior dificuldade em realizar os tratamentos culturais.

Para o engenheiro florestal Vanderlei Benedetti, um dos coordenadores técnicos do Programa Temático de Silvicultura e Manejo, esses inconvenientes poderão ser diminuídos com a realização de estudos mais aprofundados para se avaliar um manejo mais adequado das florestas em condições de cultivo mínimo.

Evolução das pesquisas

Para avaliar os efeitos do sistema de cultivo mínimo em povoamentos florestais e para resolver os problemas decorrentes de sua implantação, formou-se em 1995 um grupo de trabalho no Departamento de Ciências Florestais da Esalq-USP. A equipe reuniu professores, alunos e profissionais do setor com o objetivo de estudar os processos físicos, químicos e biológicos que governam a dinâmica

dos nutrientes nos diferentes compartimentos do ecossistema: solo e biomassa (aérea e subterrânea).

As pesquisas iniciaram na Fazenda Entre Rios, em Itatinga, de propriedade da Cia. Suzano de Papel e Celulose, em uma área com cerca de três hectares florestada com *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, e prosseguem até hoje. Foram testados vários tipos de preparo de solo. Três empresas (Champion Papel e Celulose Ltda., Ripasa S.A. Celulose e Papel, além da Suzano) participaram dos trabalhos, que levava o nome de Programa Temático de Cultivo Mínimo.

Nos últimos três anos, foi possível colocar à disposição das empresas associadas novas tecnologias e contribuir para a formação profissional de mais de uma dezena de alunos de graduação e pós-graduação, com a participação nos projetos em andamento. Realizaram-se ainda inúmeras reuniões técnicas com a presença de profissionais de 32 diferentes empresas e instituições de pesquisas florestais.

O cultivo mínimo foi tratado também em vários trabalhos apresentados em simpósios e congressos, sendo tema de cinco dissertações de mestrado. As informações obtidas no programa constituíram ainda a base de um dos capítulos do livro *Management of Soil Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests*, com 571 páginas, escrito por 25 cientistas de vários países e editado pelo Australian Centre for International Agricultural Research, na Austrália, em colaboração com a Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) e o Center for International Forestry Research (Cifor), da Indonésia.

Dentre os inúmeros conhecimentos adquiridos, podem-se citar as indicações de fontes, dosagens, época e local mais adequados para aplicação de fertilizantes nos povoamentos florestais para otimizar a relação custo/benefício e aumentar a eficiência de uso dos adubos. Foram também fornecidas novas indicações para o manejo de plantas invasoras, baseadas na capacidade de reter os nutrientes na sua biomassa, evitando perdas por lixiviação e exposição do solo à erosão.

Outro estudo importante analisou o sistema radicular dos clones de eucaliptos. Constatou-se que a distribuição das raízes finas no perfil do solo representa um importante parâmetro para o

melhoramento genético destinado a selecionar plantas mais resistentes ao estresse hídrico.

Pelo programa, efetuou-se ainda a demonstração e o treinamento do uso de novos equipamentos e metodologias de campo para avaliar impactos silviculturais e ambientais, principalmente no que se refere às alternativas para redução da compactação do solo na floresta durante a colheita da madeira.

Inúmeros experimentos foram realizados para recomendação de novas técnicas de manejo florestal, como as melhores formas de distribuição dos fertilizantes, os espaçamentos mais adequados entre as plantas e os tipos de equipamentos mais indicados para manejar os resíduos após a colheita.

Devido aos bons resultados obtidos nos trabalhos nos últimos anos, decidiu-se, em março de 1998, ampliar o leque das pesquisas englobadas no Programa Temático de Silvicultura e Manejo. Havia necessidade de responder a questões mais gerais, não exclusivas ao assunto do cultivo mínimo, para trabalhar mais efetivamente pelo aumento da produtividade florestal.

O programa conta hoje com 14 projetos de pesquisas distribuídos entre oito empresas participantes. Está prevista a continuidade dos estudos para avaliar os diferentes sistemas de preparo de solo e sobre os métodos de diagnose nutricional. Dessa forma, pretende-se recomendar a adubação mais adequada em plantações florestais e definir a ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Pinus* e *Eucalyptus*. Novos estudos cooperativos serão realizados, enfatizando mais outras duas linhas de atuação: a mecanização florestal e o manejo florestal baseado em modelos ecofisiológicos.

A mecanização: realidade na exploração florestal

Considera-se o que o processo de mecanização no setor florestal é irreversível, pois possibilita às empresas um aumento de eficiência, de produtividade e, ao mesmo tempo, considerável redução de custos, apesar da necessidade de maior desembolso inicial para a aquisição dos equipamentos.

Na esteira da mecanização intensiva, surgiu um importante problema a ser considerado: o impacto sobre o ambiente. "A utilização de máquinas pesadas nas operações de colheita e transporte de ma-



Equipamento utilizado para preparo do solo em profundidade, em São Miguel Arcanjo (SP)

deira pode causar a compactação do solo e a ocorrência de processos erosivos, com a conseqüente sedimentação de cursos d'água", explica o engenheiro florestal Fernando Seixas, formado pela Esalq em 1981, professor do Departamento de Ciências Florestais e um dos coordenadores do Programa Temático de Silvicultura e Manejo.

Segundo ele, os estudos do Ipef nessa área concentraram-se na avaliação dos equipamentos disponíveis quanto aos sistemas operacionais, dos eventuais prejuízos ambientais e até nos seus aspectos ergonômicos (condições da cabina da máquina, nível de ruído, temperatura, isolamento etc.), procurando analisar o conforto para o operador.

Uma das recomendações efetuadas foi o tráfego das máquinas sobre a "galhada". Dessa forma, quando o trator (*harvester*) corta a árvore e faz o desgalhamento, a máquina deve passar sobre essa camada de ramos para amortecer e reduzir o impacto.

Observou-se nas pesquisas uma diminuição média de 56% da compactação com o tráfego de equipamentos sobre essa cobertura, medida pela densidade global do solo em relação ao tráfego efetuado em contato direto com o terreno. Outra sugestão foi a substituição dos pneus agrícolas convencionais por pneus mais largos e com maior área de contato, que podem resultar em menor pressão sobre o solo.

O estabelecimento de uma política do governo federal facilitando as importações ampliou a oferta de equipamentos florestais, cuja avaliação de rendimento e impacto está sendo estudada pelos pesquisadores do Ipef. Atualmente, as pesquisas nesse setor estão direcionadas para o desenvolvimento ou adaptação de novos equipamentos de preparo de solo, de fertilização e de aplicação de herbicidas nas áreas florestais.

Outro projeto em andamento, por intermédio do Ipef, verifica o efeito da umidade no nível de compactação do solo, que pode aumentar em condições de tráfego intenso das máquinas. Assim, recomenda-se um adequado planejamento operacional, de forma a trabalhar com as máquinas na floresta em épocas mais propícias, de acordo com a umidade do solo.

Estão sendo estudadas também alternativas para conservação de estradas florestais, principal elemento causador da erosão, avaliando-se a possibilidade de emprego de coberturas orgânicas impregnadas de sementes, para proteger as laterais. Serão ainda pesquisadas novas formas de atuação para facilitar o manejo dos resíduos da colheita, procurando vencer as dificuldades em relação aos diferentes tipos de terreno trabalhado.

Os modelos ecofisiológicos de crescimento

Essa linha de atuação agrega os aspectos físicos, biológicos e fisiológicos que governam a produtividade florestal, possibilitando o estudo e compreensão dos processos de crescimento das florestas. A determinação de modelos é uma tentativa de simular os fenômenos da realidade pelas equações matemáticas, que descrevem as relações existentes entre os componentes de um sistema.

O objetivo é compreender melhor os processos que ocorrem na natureza. É uma tecnologia relativamente nova, que permite aos profissionais prever, em última análise, o nível de sustentabilidade

de uma floresta. Além disso, como o trabalho tem um caráter pluridisciplinar, consegue englobar todas as informações relativas ao crescimento, possibilitando uma visão holística do processo.

A modelagem começou a ser aplicada inicialmente em culturas agrícolas extensivas, como soja, milho, algodão entre outras, que são mais sensíveis às variações edafoclimáticas. Em silvicultura, o estudo do crescimento florestal sempre esteve vinculado à quantificação da produção de bens madeireiros pelas unidades de manejo, levando os pesquisadores a estabelecerem modelos baseados no histórico das produções e em variáveis dendrométricas de fácil mensuração. É o que conta o engenheiro agrônomo e florestal José Luiz Stape, um dos coordenadores científicos do Programa Temático de Silvicultura e Manejo e professor do Departamento de Ciências Florestais.

Segundo ele, esses modelos empíricos, predominantes até os anos de 1990, mostraram-se inadequados na análise dos fatores que influenciam no desenvolvimento das plantas e na previsão da produção em diferentes condições edafoclimáticas. Eles também não permitiam a simulação de variações meteorológicas e de práticas silviculturais na produtividade florestal e nos seus efeitos sobre o ambiente.

No decorrer do tempo, esses modelos vêm se aperfeiçoando, consolidando suas bases teóricas paralelamente ao desenvolvimento da ecologia, fisiologia vegetal, instrumentação e dos recursos informatizados. "Os modelos ecofisiológicos são definidos para sistemas abrangendo comunidades vegetais e seu meio físico, através de relações que apresentem o menor grau de empirismo possível", explica o prof. Stape.

Esses modelos baseiam-se nos processos vitais para o crescimento das árvores, como fotossíntese, radiação solar, condições climáticas, aspectos nutricionais, crescimento radicular, balanço hídrico, produção de biomassa e parâmetros genéticos das árvores. Com sua implementação, as empresas puderam identificar os recursos mais escassos, definir estratégias de uso, dar melhor suporte às decisões silviculturais e influenciar positivamente a área de melhoramento genético.

Conhecendo os processos que levam a floresta a apresentar maior produtividade, os profissionais do setor podem abandonar os métodos de tentativa e erro, passando a recomendar com maior



Ao lado, verificação das raízes no experimento para estabelecer o estado nutricional de florestas de eucalipto

precisão as diferentes operações do manejo, como adubação, zoneamento de plantio dos clones, níveis de fertilização, irrigação, espaçamento e arranjo de plantio.

A modelagem, no entanto, não é um processo assim tão simples: necessita de embasamento científico e um longo tempo de maturação. Para se estabelecer um modelo é preciso organizar os conhecimentos, testar as hipóteses e obter a sua validação, efetuando as correções necessárias e simulando as respostas do sistema.

O papel do Ipef é efetuar a concepção, calibragem e validação dos modelos ecofisiológicos de crescimento florestal, instalando experimentos para verificar se as estimativas refletem os valores reais observados. Dessa forma, a partir de 1995, instalou-se uma rede de experimentos em São Paulo, Bahia e Pará, pelo Programa Temático de Silvicultura e Manejo.

A pesquisa partiu de um modelo já conhecido, elaborado por McMurtrie em 1990 – o *Biomass* –, que foi considerado o instrumento mais estruturado para modelagem do crescimento de plantações florestais de *Pinus* e *Eucalyptus* em nível de unidades de manejo.

O trabalho dos pesquisadores do Ipef é testar o modelo, efetuando as adaptações e reformulações para as condições brasileiras. Calcula-se que em 2001 já se tenha estabelecido um sistema que possa ser aplicado às diferentes realidades do país. Pretende-se que ele seja um importante instrumento para auxiliar as empresas a diagnosticar os pontos mais frágeis da sua área florestal e determinar onde devem concentrar os investimentos. A tomada de decisões passará também a ter uma base mais científica, minimizando-se os riscos e possibilitando um melhor planejamento a longo prazo.

Programa Boro em Eucalyptus

As folhas dos sempre viçosos eucaliptos começam a ficar grossas, quebradiças e deformadas, os ramos retorcidos e caídos, o caule apresenta rachaduras e protuberância na região de inserção das folhas. As árvores ficam mais vulneráveis aos ataques de ácaros e pulgões, seu crescimento paralisa-se e ocorre a “seca” dos ponteiros. Quando isso acontece os técnicos já sabem do que se trata:

esses são os principais sintomas da deficiência de boro, um dos nutrientes vitais para o vigor da planta, necessário para completar seu ciclo de vida.

A deficiência de boro observa-se principalmente nas plantações de *Eucalyptus* mais antigas, situadas em terrenos de areia quartzosa ou de baixa fertilidade e com déficit hídrico. Sabe-se também que a principal fonte de boro no solo é a matéria orgânica. A disponibilidade desse elemento para a planta fica reduzida com a ocorrência de secas prolongadas, pois a atividade dos microrganismos fica menos intensa, diminuindo a mineralização da matéria orgânica.

Como o eucalipto não é muito exigente em termos nutricionais, até os anos de 1970, efetuava-se principalmente uma adubação à base de fósforo para dar arranque inicial à floresta. “A resposta obtida era boa até os dois anos de idade, mas se não fosse efetuada uma adubação de cobertura, o crescimento das árvores ficava muito prejudicado”, conta o engenheiro florestal Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira, formado pela Esalq em 1993 e coordenador técnico do projeto Boro em *Eucalyptus*.

Em meados de 1970, professores da Esalq começaram a identificar os primeiros sintomas da deficiência de boro em eucaliptos. No início, pensava-se ser uma doença, mas os estudos efetuados demonstraram a importância daquele micronutriente para prevenir o problema. Com sua aplicação, conseguiu-se reduzir consideravelmente os sintomas apresentados.

Paralelamente, começaram a ser pesquisadas novas espécies com melhor desenvolvimento em solos que apresentavam a carência de boro. Concluiu-se que *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. urophylla* eram as mais sensíveis à deficiência e que seu plantio deveria ser evitado nessas condições. Os cientistas constataram ainda uma relação entre a deficiência desse elemento e a ocorrência de doenças oportunistas, pois as plantas tornam-se mais vulneráveis, por exemplo, ao ataque de fungos do gênero *Botryosphaeria*.

O primeiro experimento do Ipef nessa área foi realizado em 1995, quando os pesquisadores fizeram um levantamento em uma região de solo arenoso, plantada com *E. grandis* de propriedade da Cia. Suzano, em Itatinga (SP). Nesse local, constatou-se a escassez



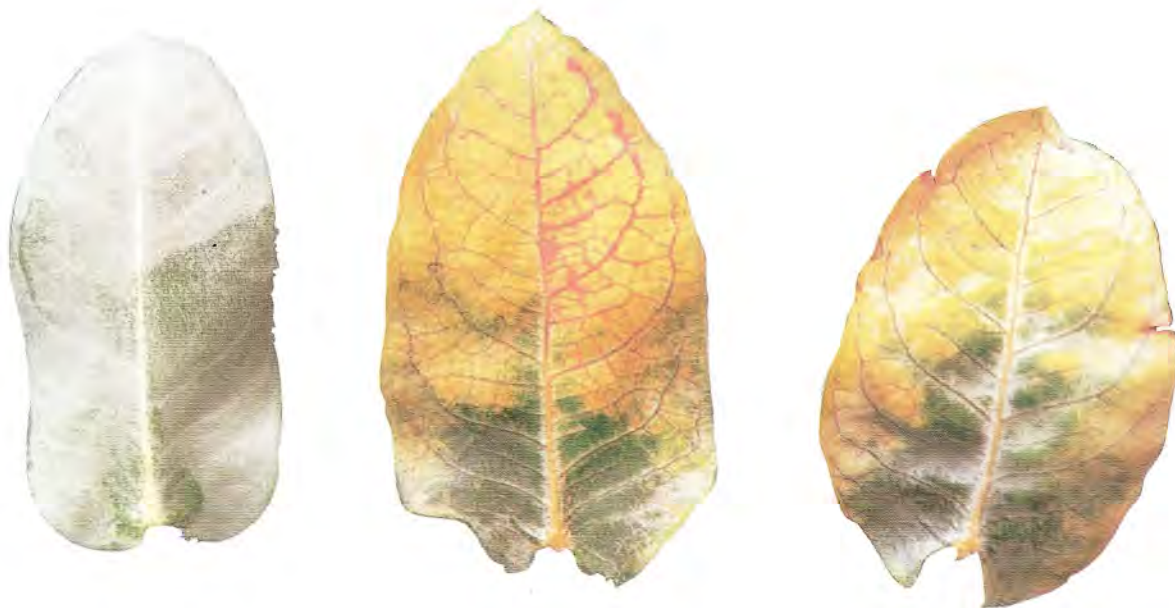
Ilustração representando deficiência de boro em folhas de *E. tereticornis*, utilizada no livro sobre nutrição mineral publicado na Suíça por professores da Esalq na década de 1960

de dois nutrientes muito importantes: o boro e o potássio. Como a deficiência de boro pode reduzir em até 50% a produtividade da floresta de eucaliptos, ressaltou-se a relevância do problema para as empresas do setor.

No ano seguinte, criou-se um grupo de trabalho no Ipef, com a participação de nove empresas, para estudar o assunto profundamente. Hoje são 11 as participantes, que mantêm 24 experimentos em andamento. Com 22 engenheiros e técnicos e 4 estudantes de graduação envolvidos, é considerada atualmente a maior equipe no mundo voltada para esse tipo de trabalho.

O grupo busca determinar as doses, épocas e fontes mais adequadas de fornecimento de boro em função das diferentes condições de solo e clima. Pretende também classificar os materiais genéticos de *Eucalyptus*, principalmente os clones, quanto a sua exigência, e estabelecer os níveis críticos desse elemento no solo e na planta em diferentes regiões, especialmente naquelas sujeitas a déficits hídricos ou com ocorrência de geadas.

Folhas de *E. globulus*
com sintomas visíveis
de carência de boro



Os grandes desafios que se colocam no momento são conhecer mais sobre as funções desse importante elemento e tentar reduzir sua carência nas florestas brasileiras. Os pesquisadores estão procurando ainda determinar a sua relação com a lignificação para melhorar a qualidade da madeira e celulose produzida, das chapas de fibra e carvão vegetal. Esse programa, cujo coordenador científico é o prof. dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto, logo deverá tornar-se ainda mais amplo, estudando, além do boro, o efeito de outros nutrientes nos povoamentos florestais.

GERENCIAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL

Programa de Gestão Ambiental

O desenvolvimento da silvicultura no Brasil seguiu os padrões tradicionais, em que, muitas vezes, chegou-se a preconizar como situação ideal a substituição de áreas cobertas com vegetação natural por florestas homogêneas. É o que conta o engenheiro florestal Virgílio Maurício Viana, formado pela Esalq em 1983, professor doutor do Departamento de Ciências Florestais desde 1989.

Segundo ele, essa mentalidade começou a mudar no Brasil a partir dos anos de 1980, acompanhando uma tendência mundial. "Resultou da constatação de que os problemas ambientais não são periféricos, e sim centrais para o desenvolvimento humano", diz. A Conferência Mundial do Meio Ambiente (ECO-92), realizada no Rio de Janeiro, consagrou definitivamente essa idéia e gerou uma nova demanda de tecnologia por parte da iniciativa privada.

Em busca da conservação da biodiversidade – palavra de ordem dessa nova mentalidade – as empresas florestais começaram a questionar como agir para aumentá-la, considerando a existência de paisagens já estabelecidas representadas por grandes monoculturas de pinheiros e eucaliptos.

Para atender a demanda das associadas do Ipef, foi criado em 1991 um programa temático, denominado Manejo de Florestas Naturais (PCNAT), que vem desde aquela época procurando respon-

der a essas indagações: como recuperar áreas degradadas pelo uso inapropriado, como aumentar a diversidade em monoculturas, como manejar as florestas nativas para garantir ao mesmo tempo sua conservação e a produção a longo prazo, levando em conta as populações tradicionais que habitam essas florestas.

Nos seus primeiros anos de existência, esse programa desenvolveu importantes projetos de pesquisa nas áreas de recuperação ambiental, modelos de consórcio com espécies nativas, diagnósticos e estratégias para recuperação e manejo de fragmentos florestais, produção de sementes e mudas de espécies nativas, manejo de talhões para reversão a áreas de preservação permanente, florestas sociais e educação ambiental.

Participação da Comunidade na Produção Florestal

O manejo sustentável de florestas nativas, em que se observa a existência de uma promissora possibilidade para obtenção de produtos não-madeireiros, visando ao uso múltiplo da matéria-prima de base florestal, é um novo e fascinante campo de pesquisa. Ainda pouco estudado, pode abrir inúmeras oportunidades de trabalho para as populações que vivem em estreita ligação com as áreas de florestas.

Nesse campo, realizou-se por meio do Ipef um interessante experimento na empresa Inpacel, em Arapoti (PR), entre 1994 e 1997, visando à produção sustentada de “pinhão” da *Araucaria angustifolia*. A implantação de um programa de floresta social surgiu da necessidade de criar alternativas para as comunidades carentes vizinhas à empresa e do grande potencial para

esse tipo de trabalho na Reserva Florestal Cláudio Vieira.

O programa incluiu a quantificação da produção de pinhão para alimentação, procurando determinar a intensidade máxima ecologicamente tolerável da coleta para assegurar, também, a regeneração natural dos bosques. Forneceu também os parâmetros para a instalação de um projeto de educação ambiental voltado para os alunos da rede de ensino local.

O trabalho, que está sendo desenvolvido em conjunto com a comunidade, teve como resultados práticos a criação de um programa de visitas monitoradas dos estudantes à reserva, a publicação de material didático específico e a realização de oficinas para professores das escolas para treiná-los em atividades de caráter conservacionista.

No decorrer do tempo, várias tecnologias foram incorporadas pelo programa, que conta com a participação de cinco empresas: Aracruz Celulose (ES), Cia. Suzano (SP), Inpacel (PR), Riocell (RS) e Veracruz Celulose (BA).

No final dos anos de 1990, o programa adquiriu maior abrangência com o nome de Gestão Ambiental. A investigação prevê estudos sobre a melhoria dos sistemas de gestão e da qualidade, além de debates sobre os processos de certificação ambiental. Todos os conhecimentos adquiridos estão sendo organizados em um banco de dados, disponível aos usuários pela Internet.

Objetivando a incorporação de novas tecnologias e a formação de profissionais, o programa desenvolve-se dentro das seguintes linhas de atuação:

- Biologia e silvicultura de espécies nativas.
- Recuperação e manejo de ecossistemas naturais.
- Planejamento e manejo de paisagens.
- Monitoramento e indicadores de qualidade ambiental.
- Certificação florestal e sistemas de gestão ambiental.

Os três primeiros itens incluem a instalação de projetos específicos de pesquisa, enquanto os dois últimos são tópicos para troca de informações, organização de eventos e *benchmarking*, ou seja, comparação de processos e serviços.

Biologia e silvicultura de espécies nativas

Essa linha de atuação compreende diversos projetos específicos com empresas do setor, dentre os quais se destaca o estabelecimento de modelos de consórcios com espécies nativas, desenvolvido em áreas da Suzano (SP) e Inpacel (PR). Nesses locais estão sendo realizadas pesquisas em parceria com o Ipef, visando à seleção de algumas espécies arbóreas mais adequadas para o reflorestamento. É feito também o monitoramento do crescimento das árvores com relação à altura, diâmetro e aspectos fitossanitários.

São ainda analisados os consórcios de várias espécies de diferentes grupos ecológicos de acordo com os princípios da sucessão



vegetal. Uma das principais dificuldades enfrentadas foi a definição do espaçamento ideal para esse tipo de plantio.

Atualmente, os técnicos estão estudando os resultados de manejos de “talhões” de eucaliptos com espécies nativas. Nesses casos, os eucaliptos – destinados à produção de madeira serrada – atuam como plantas pioneiras, criando condições para o desenvolvimento das árvores nativas, que são mais exigentes.

Recuperação e manejo de ecossistemas naturais

Outra linha de atuação dentro do Programa de Gestão Ambiental analisa o manejo de “talhões” de eucaliptos ou pinheiros para transformá-los em plantios com espécies nativas no menor tempo possível. Esse tipo de procedimento torna-se necessário diante das exigências legais de reflorestar áreas reservadas à preservação permanente, como matas ciliares, topos de morros ou encostas com declividades muito acentuadas.

Nesses casos, estão sendo avaliados os efeitos das diferentes intensidades de desbaste, erradicação por envenenamento ou anelamento das plantas de *Eucalyptus* e *Pinus* sobre a regeneração natural de espécies arbóreas nativas em talhões de reflorestamento. Pretende-se, de posse dos resultados desses trabalhos, subsidiar práticas para o aumento da diversidade em áreas de proteção permanente ou de reserva legal das empresas.

Uma recomendação para aumentar a biodiversidade nas plantações homogêneas é efetuar o reordenamento dos “talhões”. “A idéia é manter áreas com árvores de diferentes estágios de crescimento, por um cuidadoso trabalho de planejamento da colheita, evitando que elas sejam cortadas de uma só vez”, explica a engenheira florestal Renata Evangelista de Oliveira, formada pela Unesp, em Botucatu (SP), e coordenadora técnica do Programa Temático de Gestão Ambiental. Ela conta que os testes para avaliar os resultados obtidos com essas medidas estão sendo desenvolvidos por um grupo de empresas associadas: Aracruz, Veracruz, Riocell e Inpacel.

*Árvore nativa nas imediações de floresta
plantada no Espírito Santo*





Ao lado, aspecto da Reserva Cláudio Vieira, em Arapoti (PR), onde se desenvolvem pesquisas do Ipef em conjunto com a Inpacel, hoje incorporada pela Champion

Planejamento e manejo de paisagens

O tratamento das paisagens em florestas plantadas iniciou em 1992 com os trabalhos desenvolvidos na Reserva Cláudio Vieira, em Arapoti (PR), de propriedade da Inpacel (hoje Champion). Essa linha foi oficialmente incluída nas atividades do programa por ocasião da sua reestruturação. Em 1997, incrementaram-se as pesquisas nessa área com a realização de um *workshop* e de duas oficinas para estudar o assunto, além da instalação de dois experimentos para definir a dimensão máxima das áreas destinadas ao corte raso. A tendência internacional é diminuir o tamanho dos talhões com esse tipo de manejo para reduzir o impacto sobre o ambiente.

Os estudos em andamento vão definir o desenho e a distribuição das áreas de preservação a serem vegetadas com espécies nativas no conjunto da floresta homogênea. Serão também analisados métodos de plantio para aumentar a diversidade, com o emprego de diferentes espécies e clones de idades diversas.

O trabalho na área deve priorizar o desenvolvimento de técnicas específicas de planejamento da paisagem com o objetivo de manter a qualidade visual das áreas de produção das empresas florestais, principalmente das situadas às margens de rodovias e centros urbanos. Inclui também o aproveitamento de áreas plantadas e de preservação permanente para lazer e recreação.

Essas atividades refletem a necessidade de um perfeito equilíbrio entre as práticas silviculturais e a manutenção da qualidade ambiental, com a vantagem adicional de valorizar a imagem institucional das empresas. "Embora haja poucas críticas aos reflorestamentos no Brasil e a demanda por áreas naturais para recreação ser ainda reduzida, a situação ultimamente vem apresentando sinais de mudança." É o que diz a engenharia florestal Teresa Cristina Magro, professora do Departamento de Ciências Florestais da Esalq-USP e especialista na área.

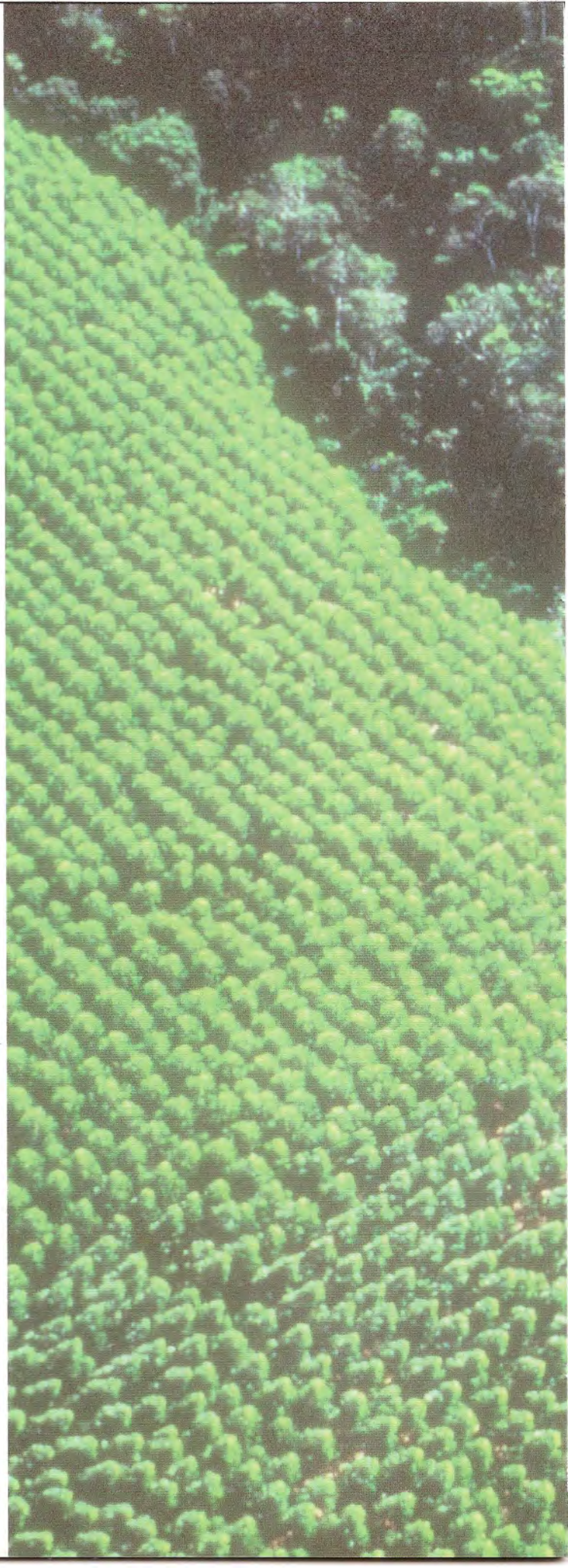
Segundo ela, a necessidade das empresas de se adequarem às exigências dos processos de certificação ambiental e o crescimento do turismo em nível mundial fazem com que muitas delas se preocupem em adotar técnicas de manejo da paisagem.

Dentre as práticas que podem ser facilmente aplicadas para a melhoria do aspecto visual das áreas florestais, os pesquisadores destacam a adoção de linhas atenuadas nos limites das plantações, pois, quando suas margens apresentam um traçado reto ou geométrico, normalmente prejudicam o aspecto cênico do local.

O cultivo com um número mais diversificado de espécies, quando possível, bem como a diminuição da visualização da escala da colheita e o estabelecimento de estradas bem-cuidadas podem ser práticas de custo relativamente baixo, que ajudam a valorizar a paisagem das florestas plantadas. A criação de áreas de recreação para funcionários e para a comunidade local também contribuem para melhorar o aspecto cênico do local.

A adoção dessas práticas de tratamento da paisagem representa um amadurecimento das atividades desenvolvidas pelo Programa de Gestão Ambiental, devendo oferecer alternativas cada vez mais eficientes na conservação e manejo dos ecossistemas naturais à produção florestal.

*Floresta plantada
no Espírito Santo:
a mata nativa se integra
perfeitamente aos
bosques de eucalipto*





Fragmentos Florestais: Rico Patrimônio a Salvar

No início dos anos de 1990, pesquisadores do Departamento de Ciências Florestais concentraram sua atenção no estudo dos fragmentos florestais, que são pequenas áreas de matas, isoladas e muito perturbadas pelas intervenções antropogênicas no seu entorno. Inúmeros experimentos foram realizados procurando desenvolver um método eficiente para avaliar o estado dessas unidades e recomendar técnicas de manejo visando à sua conservação.

Uma das pesquisas foi instalada em 1994 na região de Piracicaba (SP), selecionando-se seis fragmentos florestais de tamanhos variando entre 0,7 a 220 hectares. A área de cada um foi dividida em transectos – faixas de dez metros de largura e comprimento variável. Com isso, foi possível organizar as parcelas remanescentes em ecounidades, ou seja, trechos da floresta com características semelhantes (tamanho e densidade de árvores, cobertura por cipós e bambus, diversidade de espécies arbóreas).

Os estudos englobaram mensurações e identificação das árvores. Em algumas áreas, encontrou-se uma grande diversidade na vegetação arbórea, podendo atingir até cem espécies diferentes. Ficou comprovado que mesmo pequenos ambientes remanescentes de floresta, isolados durante muitas décadas, podem manter por longo tempo sua riqueza natural.

Além disso, observou-se em outros locais grande degradação dos fragmentos florestais em relação à estrutura original, inclusive naqueles protegidos da ação humana. No entanto, mesmo nesses casos, em condições normais, a regeneração das espécies arbóreas é intensa. Em geral, as plantas pioneiras, que exigem muita luz, crescem nas clareiras formadas por quedas de árvores no meio da floresta. Mas isso não acontece em áreas de vegetação classificadas como capoeira baixa, que, embora sejam um am-

biente aberto, apresentam uma dinâmica de revegetação bastante prejudicada, ao contrário das florestas densas.

Em todos os fragmentos analisados, notou-se que a densidade de espécies adultas (“mata madura”) é baixa. O principal tipo de vegetação encontrado foi a capoeira alta, no qual é maior a quantidade de espécies favorecidas pela luminosidade em função da maior abertura do dossel da floresta, situação típica de áreas degradadas.

Os estudos na região de Piracicaba confirmaram que a regeneração das árvores em áreas de capoeira baixa é prejudicada provavelmente pela grande ocorrência de algumas espécies de cipós – que crescem muito rápido e são adaptadas a ambientes abertos. Para os pesquisadores do Ipef, essa proliferação pode ser uma causa secundária de degradação dos fragmentos, provocada por alterações microclimáticas devido ao desmatamento efetuado no seu entorno, ao seu isolamento e às ações antropogênicas. Dessa forma, o controle desse tipo de vegetação invasora, juntamente com outras medidas de proteção e manejo, podem garantir a sobrevivência desses verdadeiros patrimônios naturais.

O estudo dos fragmentos mostrou, ao longo do tempo, que sua recuperação é viável pelo desenvolvimento de sistemas agroflorestais de manejo, que combinam uma série de providências para deter o processo de degradação. Assim, paralelamente ao controle do crescimento dos cipós, deve ser efetuado um plantio de enriquecimento com espécies nativas pioneiras em áreas de capoeira baixa, eventualmente consorciadas com culturas agrícolas de ciclo curto e não-invasoras. Nas capoeiras altas, devem ser plantadas espécies ameaçadas de extinção.

Fonte: TABANEZ *et al.* (1997).



*Fragmentos florestais:
ilhas de vegetação nativa intercaladas
com campos cultivados na
região de Itararé (SP)*

Aumenta Preocupação das Empresas com o Ambiente

*Cachoeira no Parque Ecológico
Emílio Fiorentino Battistella
em Corupá (SC)*

Até o final dos anos de 1980, o setor florestal dava pouca importância e destinava recursos limitados para a área ambiental, pois ela não era considerada vital para o funcionamento das empresas. Com isso quase não havia especialistas no assunto, pois a demanda por esse tipo de estudo era praticamente inexistente e o mercado de trabalho muito restrito.

A partir da década de 1990, porém, a situação começou a mudar, acompanhando uma tendência



geral de maior preocupação com a preservação dos recursos naturais. "Parece que as empresas acordaram e, a partir daí, fatos importantes aconteceram nessa área", diz a engenheira florestal Teresa Cristina Magro, professora do Departamento de Ciências Florestais da Esalq-USP.

Segundo ela, uma das principais conquistas nos últimos anos foi a criação de setores de ambiência pela maioria das empresas florestais. Além disso, a

conservação da natureza deixou de ser específica e estendeu-se também para a área operacional: "Desde o preparo da terra para o plantio até a colheita, todos se preocupam com os reflexos destas atividades", diz.

As constantes pressões dos meios de comunicação e de movimentos internacionais em defesa da ecologia exigem hoje que as empresas florestais invistam mais na área ambiental. Aumentou também a capacitação técnica e científica dos pesquisadores, que estão conseguindo convencer as empresas da necessidade de concentrar maiores esforços nos trabalhos conservacionistas.

Uso público do Parque Ecológico

Um dos exemplos que caracterizaram bem a mudança de mentalidade no setor florestal foi o estudo realizado por pesquisadores do Departamento de Ciências Florestais da Esalq-USP e pelo Ipef para a Mobasa – Modo Battistella de Reflorestamento S.A. Em 1995, elaborou-se o Plano de Uso Público para uma área de preservação permanente de propriedade da empresa, de grande valor natural e paisagístico no município de Corupá, ao norte do Estado de Santa Catarina e a 140 quilômetros da capital, Florianópolis.

A gleba, com 41,5 hectares, que abriga remanescentes da vegetação da Mata Atlântica e 14 quedas d'água de extraordinária beleza, ao longo do rio Novo, tinha sido transformada no Parque Ecológico Emílio Fiorentino Battistella em 1989, por meio de um contrato com a Prefeitura Municipal de Corupá, mas estava apresentando sinais de degradação devido à intensa visitação.

O trabalho dos pesquisadores objetivou principalmente orientar adequadamente a utilização da área para proteger seus recursos naturais. Estabeleceu-se a capacidade de carga do parque e o fluxo ideal de visitantes para impedir prejuízos à paisagem natural. O plano definiu também a infra-estrutura necessária ao desenvolvimento de programas específicos e de atividades dirigidas de educação ambiental para propiciar experiências gratificantes aos usuários.



Vida Silvestre: Termômetro da Biodiversidade



Exemplar de arara-azul
(*Anodorhynchus hyacinthinus*),
o maior psitacídeo do mundo, espécie ameaçada
que ocorre principalmente no Pantanal matogrossense,
onde faz seus ninhos nos manduvis (*Sterculia striata*)

O manejo da fauna silvestre – que objetiva mudar as características e interações de habitats, populações de animais e o próprio homem usando recursos naturais – iniciou-se de forma bastante incipiente no final do século XIX nos países mais desenvolvidos. Somente a partir dos anos de 1930 houve um grande impulso nesse trabalho com a introdução de atividades de contagem de animais, procurando avaliar as populações, visando principalmente ao manejo da caça. “As pesquisas evoluíram nos anos seguintes para a conservação das espécies, com o desenvolvimento de técnicas de captura e marcação, métodos de manejo de habitats e análises matemáticas dos inventários efetuados”, conta o biólogo Álvaro Fernando de Almeida, professor doutor do Departamento de Ciências Florestais desde 1977.

No Brasil, esses estudos surgiram na década de 1970, paralelamente às principais preocupações conservacionistas no setor florestal. Não era ainda uma tendência generalizada, mas alguns industriais de visão decidiram investigar o assunto ao se conscientizarem de que o desenvolvimento seria impossível sem a adequada manutenção dos recursos naturais renováveis. Essas pesquisas seriam particularmente importantes em áreas severamente modificadas, como é o caso das florestas de rápido crescimento ou de florestas submetidas a regime de exploração seletiva, onde as populações de animais silvestres ficam mais vulneráveis.

O primeiro inventário da fauna efetuado pelo Ipef data de 1977, nas

florestas da Cia. Agro Florestal Monte Alegre (hoje encampada pela Duratex) em Agudos (SP). Naquele trabalho, os pesquisadores perceberam que o ambiente encontrado sob as extensas florestas plantadas não era o mais adequado para o desenvolvimento da fauna local. Era preciso mudar aquela realidade. Ressaltou-se, então, a importância da conservação dos fragmentos de florestas naturais para servir de abrigo às aves e mamíferos e a necessidade de estabelecer "corredores" ligando as áreas florestadas para permitir a circulação dos animais, evitando, dessa forma, que se reproduzissem entre si e caminhassem para a extinção no decorrer do tempo.

Estudos mais aprofundados a esse respeito foram realizados na Estação Experimental de Anhembi. Eles acabaram se transformando em uma tese de doutorado defendida pelo professor-assistente Álvaro Fernando de Almeida no Instituto de Biociências da USP em 1981, denominada *Avifauna de uma Área Desflorestada em Anhembi (SP)*, que representou uma tentativa de mensuração dos indicadores ecológicos em áreas modificadas pelo homem.

Os resultados dos trabalhos na área de manejo da fauna foram apresentados em um congresso realizado em Manaus (AM), no final da década de 1970 e tiveram boa repercussão entre os representantes das empresas. Algumas delas decidiram levar o assunto adiante e investiram em pesquisas. Até então, os dados existentes sobre comportamento da fauna eram importados, normalmente coletados em florestas de clima temperado. Era preciso conhecer mais sobre a realidade brasileira para poder tomar medidas visando à melhor proteção dos animais silvestres.

Na década de 1980, as empresas se conscientizaram definitivamente da importância da biodiver-

sidade para alcançar o desenvolvimento sustentado e para manter a estabilidade biológica. Ficou claro também que essa tão desejada biodiversidade se concentrava principalmente nas reservas naturais e no sub-bosque das florestas. Uma pesquisa realizada nessa época na Aracruz, no Espírito Santo, mostrou a importância da manutenção das reservas de vegetação natural para alcançar a estabilidade biológica dos reflorestamentos. Tais áreas serviriam de abrigo para populações de aves e mamíferos. Eventualmente, poderiam ser utilizadas para controle biológico de pragas, a que as florestas homogêneas são extremamente sujeitas por serem um agroecossistema instável. Um exemplo disso foi constatado naquela empresa: numa área plantada com eucaliptos onde ocorreu um foco de lepidópteros desfolhadores (*Thyriniteina arnobia* e *Glena* sp.), registraram-se 26 espécies de aves combatendo as mariposas.

Essas conclusões foram levadas para as associadas e divulgadas pelo Ipef. A maioria abandonou as práticas culturais de limpar completamente o solo das florestas, arrancando toda e qualquer vegetação rasteira e arbustiva, como era costume. Aos poucos, procurou-se melhorar o manejo das áreas nativas remanescentes, criar "ilhas de vegetação natural" entre os povoamentos homogêneos e conservar os fragmentos florestais nas margens dos cursos d'água, fundos de vale e encostas muito íngremes.

Atualmente, apesar dos esforços das empresas florestais na preservação dos habitats que apresentam características básicas para abrigarem exemplares da fauna, a sobrevivência de muitas espécies ainda é um desafio para os pesquisadores, que continuam estudando as formas mais adequadas de manejo de animais silvestres.



Os recursos hídricos são fundamentais para o desenvolvimento sustentável. Na foto, cortina de água nas pedras de rio em Aripuana (MT)

Rede de monitoramento ambiental em microbacias

Um dos princípios fundamentais do desenvolvimento florestal sustentável é a necessidade de se considerar as microbacias hidrográficas como base física do manejo para as práticas conservacionistas. Elas começaram a ser utilizadas como unidades experimentais no início do século XX em vários países. Os estudos realizados demonstraram que uso da terra e as atividades florestais podem afetar a quantidade e a qualidade da água, bem como o regime de vazão dos cursos d'água.

A principal característica de uma microbacia é seu equilíbrio dinâmico, que a torna altamente complexa e relativamente estável quando em condições naturais. Por isso, ela é bastante vulnerável a perturbações, principalmente se alguns elementos-chave de sua cadeia interna são afetados. Um desses fatores é a cobertura florestal em íntima relação com o solo, que, se for destruída, pode levar a microbacia a sofrer degradação. A colheita da madeira geralmente é responsável por impactos significativos no seu funcionamento harmônico, podendo, por exemplo, causar compactação, erosão e ruptura da ciclagem de nutrientes.

Com as pesquisas realizadas nesse campo, evidenciou-se também que é perfeitamente possível efetuar todas as operações florestais com mínimo impacto ambiental para proteção adequada das áreas críticas da microbacia. Para contribuir na perpetuação do seu funcionamento, é preciso planejar cuidadosamente a ocupação dos espaços produtivos da paisagem, levando em conta diversos fatores, como a situação da mata ciliar, proteção das cabeceiras, capacidade produtiva do solo, quantidade e qualidade da água e os indicadores da biodiversidade.

A microbacia é a menor unidade ecossistêmica da paisagem onde se pode quantificar os processos naturais e antropogênicos de entrada, armazenamento, fluxos internos e saídas de nutrientes. As pesquisas devem considerar as inter-relações e os efeitos das atividades florestais sobre o solo, a água e a manutenção da capacidade natural de suporte do meio.

Desde 1989, o setor de Hidrologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais vem estudando o assunto, fornecendo



informações para subsidiar o correto manejo florestal nas empresas associadas do Ipef. Como resultado, foram produzidas várias dissertações de mestrado na USP sobre o assunto.

Esse tema foi tratado também no livro *Impacto Ambiental do Eucalipto*, de autoria do prof. dr. Walter de Paula Lima, que vem coordenando os trabalhos nessa área ao longo do tempo. O livro é uma síntese dos estudos realizados sobre hidrologia em plantações de eucaliptos durante todos esses anos e foi embasado numa extensa revisão da literatura mundial. Publicado pela Editora da Universidade de São Paulo (Edusp), recebeu o Prêmio Jabuti em 1994 na área de Ciências Naturais.

No que se refere ao planejamento da ocupação do solo, a pesquisa efetuada por meio do convênio universidade/Ipef sedimentou ainda mais a idéia da necessidade de se proteger as matas ciliares. Além disso, desencadeou ações específicas para se evitarem perdas de nutrientes nas florestas, como a prática de conservação dos resíduos da colheita no solo. Contribuiu ainda para esclarecer a intensa polêmica sobre a pretensa destruição de recursos naturais causada pelas atividades florestais ao estabelecer e quantificar os seus efetivos impactos ambientais, sugerindo inclusive as formas de minimizá-los.

Os primeiros experimentos do Ipef nessa área datam de 1979. Em uma gleba pertencente à empresa Florin – Reflorestamento Integrado, hoje Votorantim Celulose e Papel, em Santa Branca (SP) – foram instaladas duas microbacias experimentais numa paisagem de pastagem degradada, reflorestada com *Eucalyptus saligna*. Desde essa época, vem sendo feito o monitoramento hidrológico sistemático naqueles locais.

Outro projeto de microbacia experimental foi instalado na Estação Experimental de Itatinga, numa área que estava então coberta pela rebrota de *Eucalyptus saligna* plantado há cerca de cinquenta anos.

No decorrer do tempo, diversas empresas do setor passaram a se interessar pelo assunto, conscientes da importância do monitoramento hidrológico para o planejamento e manejo florestal em decorrência das crescentes preocupações com a melhoria de qualidade, embutidas no processo de certificação ambiental. Dessa forma, instalaram experimentos a Inpacel (hoje Champion), em suas unida-





Barragem construída para estudo de microbacia na região de Arapoti (PR)

des de Arapoti (PR); a Copener, em Alagoinhas (BA); a Riocell, em Guaíba (RS); e a Celmar no Maranhão.

Atualmente, o grupo de trabalho em Hidrologia conta com 16 microbacias experimentais em funcionamento, localizadas em áreas de reflorestamento com diferentes condições edafoclimáticas do país, por meio do convênio firmado entre o Ipef e as empresas. "O momento é altamente favorável para o estabelecimento de uma rede integrada de monitoramento ambiental nessas microbacias, visando à obtenção contínua de informações sobre o funcionamento dessas áreas e a identificação de indicadores hidrológicos de manejo sustentável de plantações florestais", explica o prof. Paula Lima.

A proposta de criação de uma rede integrada no Brasil, denominada Rede de Monitoramento Ambiental em Microbacias (Remam), engloba profissionais de dez empresas, cientistas e alunos da Esalq-USP e acompanha a tendência mundial nessa linha de pesquisa, a

Estudo de Microbacias: Colaborando para a Preservação do Ambiente

Em 1994, o Ipef firmou convênio com a Inpacel S.A. (hoje pertencente à Champion) para estudar quatro microbacias em terras da empresa, no município de Arapoti, Paraná, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos sobre a estrutura e interação da vegetação com os fatores hidrológicos. Procurava-se responder a duas questões básicas: qual seria a largura ideal da mata ciliar e se ela representava um ecossistema diferente do existente nas áreas de terra firme.

O trabalho foi realizado numa área de 62 hectares, conhecida como bacia da Onça, coberta por floresta nativa, e envolveu estudos hidrológicos e ecológicos, com a utilização de modelos digitalizados associados aos da vegetação em transectos para estabelecer as comparações necessárias.

As conclusões do trabalho, expostas na tese de doutorado da engenheira florestal Maria José Brito Zakia, defendida em 1998, confirmaram que as matas ciliares têm uma implicação prática muito im-

portante para a manutenção adequada de uma microbacia, pois situam-se nas zonas ripárias, muito sensíveis no que diz respeito à produção e qualidade da água.

As pesquisas concluíram que há ocorrência de espécies vegetais arbóreas diferentes nas matas ciliares em relação às terras firmes. Essas diferenças precisam ser levadas em conta na implantação de programas de revegetação, principalmente quando se pretende estabelecer os "corredores de fluxo gênico" e as "ilhas de biodiversidade". Para projetá-los, é preciso utilizar árvores adequadas e definir previamente a natureza dos fragmentos que se pretende unir.

Os experimentos mostraram ainda que a exigência legal para manutenção de uma faixa de trinta metros de vegetação ao longo das margens dos rios não é suficiente para o estabelecimento desses "corredores", mas também não pode ser desconsiderada, pois é eficiente para garantir a proteção física dos cursos d'água.

*Monitoramento ambiental
adequado em áreas florestadas:
desafio do final do século XX.
Na foto, bosque de eucaliptos na
região do Espírito Santo*



exemplo do que está sendo feito em vários países da Europa, como Suécia, Tchecoslováquia e Finlândia.

Pretende-se que a rede seja o mais completo banco de dados sobre a situação de microbacias em áreas florestais no Brasil. Seu objetivo básico é o desenvolvimento de testes e modelos para a previsão do seu funcionamento em termos de geração do escoamento direto, resposta a eventos de chuva, balanço hídrico, ciclagem de nutrientes e perdas do solo.

Deve-se efetuar também o monitoramento ambiental permanente dos efeitos do manejo florestal e realizar a automatização completa dos procedimentos de coleta de dados, tornando-os acessíveis aos integrantes da rede, pela Internet. Com essas informações, será possível estabelecer os indicadores hidrológicos do manejo sustentável de plantações florestais, fazendo comparações dos efeitos em diferentes condições edafoclimáticas do país.

Programa Indicadores de Sustentabilidade de Florestas Plantadas

Os impactos ambientais decorrentes do processo de desenvolvimento socioeconômico e tecnológico são questionados com frequência, pois afetam toda a sociedade. Muitas vezes, apresentam-se de forma generalizada e superficial, alimentando a percepção de que a natureza é constantemente ameaçada. “Esta idéia prevalece principalmente nos meios formadores de opinião dos grandes centros urbanos e tem se expressado nos últimos tempos na preocupação com a sustentabilidade do nosso modelo de desenvolvimento”, diz o prof. dr. Luiz Carlos Estraviz Rodriguez, que, juntamente com o prof. Fábio Poggiani, é coordenador científico do programa.

Como resultado, normalmente exagera-se nas avaliações das conseqüências da intervenção humana no ambiente, sem antes comprovar seus verdadeiros efeitos. A sustentabilidade do setor florestal parece ser um desses casos. Ela pode ser definida como “o parâmetro que reflete a capacidade do meio de continuar cumprindo com suas diversas funções em níveis que garantam às futuras gerações a oportunidades de, no mínimo, continuar usufruindo desses mesmos níveis atuais” (JACOBS, 1991, citado por GONZÁLEZ-CABAN, 1995). Inclui-se nesse conceito clássico os níveis de estabilidade econômica e os graus de justiça social que constituem a base da organização comunitária em uma determinada região.

As iniciativas envolvendo o estabelecimento de critérios para monitorar o manejo florestal têm se multiplicado ultimamente em várias partes do mundo. A contribuição do Ipef para o desenvolvimento de um programa coerente e eficiente nessa área soma-se às inúmeras experiências em curso. “O objetivo é definir indicadores que permitam avaliar o desempenho técnico, ambiental e econômico das florestas brasileiras, nativas ou plantadas, para suprir de forma sustentável as necessidades da sociedade”, explica o prof. Rodriguez.

Desde 1996, foi detectada pelo instituto a necessidade de se pesquisar mais esse assunto. Assim, por ocasião da realização do primeiro *workshop* sobre monitoramento ambiental em áreas florestadas, reuniu-se um grupo de docentes da área de Ecologia Aplicada das Ciências Florestais e de outros departamentos da Esalq. “O que deveria ser simplesmente uma reunião de trabalho evoluiu espontanea-

mente para um evento que contou com a presença de mais de setenta especialistas e técnicos de diferentes áreas”, conta o prof. Fábio Poggiani, coordenador dos dois *workshops* efetuados nessa área.

Dessa forma, em 1997, foram efetuados os primeiros encontros interdisciplinares, organizando-se um grupo de trabalho destinado a determinar os indicadores de avaliação da sustentabilidade das florestas. Foram definidas quatro linhas de atuação, a saber:

- biodiversidade;
- hidrológicos;
- econômicos e sociais;
- produtividade.

O projeto atual divide-se em duas fases: pré-teste e experimental. A primeira pretende desenvolver a metodologia para cada experimento, designar os membros da equipe para o treinamento e fazer os ajustes necessários. A fase experimental verifica o uso de cada grupo de indicadores em cada localização da rede; ajusta a metodologia, processa a informação e documenta as rotinas.

Núcleos de Vida Silvestre: Essenciais para a Sustentabilidade

Uma das principais atuações das empresas florestais deve ser a conservação dos chamados “núcleos de vida silvestre”: que são áreas de proteção permanente, reservas legais, como fragmentos florestais remanescentes, grotas, várzeas etc. Esses locais garantem uma das premissas básicas da sustentabilidade, pois permitirão, no futuro, a regeneração – pelo menos parcial – dos ecossistemas primitivos.

A intervenção nessas áreas deve ser cuidadosa e algumas práticas benéficas podem ser executadas com facilidade. Dentre elas, pode-se citar a implantação de vegetação nos chamados “cinturões de proteção”, ao redor dos núcleos de vida silvestre, o enriquecimento do seu sub-bosque com mudas de espécies ocorrentes na região, e a criação de corre-

dores de vegetação entre os fragmentos florestais para impedir a deterioração do banco genético das populações de animais, entre outros.

Os núcleos de vida silvestre devem ser devidamente mapeados e cadastrados, pois constituem um grande patrimônio das empresas. Esse trabalho pode ser feito em conjunto com a universidade, utilizando-se critérios relativos às características da vegetação e ao estado de conservação da flora e da fauna. Devem ser levadas também em conta as populações que habitam dentro ou próximas dessas áreas, que precisam ser conscientizadas da importância de tais locais, por meio de atividades de educação ambiental.

Fonte: POGGIANI & BRANCO (1996).

Nesse programa de pesquisas, é contemplado o manejo florestal sustentado, inaugurando uma nova fase de atuação do Ipef. Representa uma ação multidisciplinar, de caráter internacional, que certamente marcará a presença da instituição com um exemplo bem-sucedido de integração entre iniciativa privada e universidade.

Educação, Conservação e Legislação Ambiental

Grande parte das empresas associadas ao Ipef desenvolvem há vários anos programas próprios de Educação Ambiental, normalmente orientados para atividades conservacionistas e dirigidos a estudantes de escolas das regiões mais próximas.

A visão sobre o assunto começou a se ampliar após a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), realizada no Rio de Janeiro em 1992, na qual se sugeriu um debate mais aprofundado sobre o tema. A idéia era implantar um trabalho integrado na indústria com base florestal, visando a melhorias no processo produtivo e ao estabelecimento de um sólido relacionamento com as comunidades no seu entorno.

Os programas de educação ambiental visam atingir também as populações vizinhas às florestas plantadas. Na foto, colhedor de frutos silvestres (mangaba) atravessa bosque de eucaliptos em Alagoinhas (BA)



Em meados de 1996, o Ipef enviou um questionário para as empresas do setor para detectar as suas demandas de pesquisa. Um dos temas apontados de grande interesse foi a educação ambiental. Dessa forma, em dezembro daquele ano, foi organizado o primeiro *workshop* a respeito do assunto, com o objetivo de gerar uma ampla discussão sobre o desenvolvimento de eventuais ações conjuntas nesse campo.

O evento, que contou com a participação de representantes de 12 empresas, procurou identificar as linhas metodológicas e de conteúdo dos programas desenvolvidos até o momento. Na ocasião, detectou-se também a necessidade de se aprofundar mais os estudos de elaboração dos projetos, na definição do público envolvido e nos métodos de avaliação efetuados.

Formou-se um grupo de interessados para trabalhar na área, que em 1998 realizou pelo Ipef o segundo *workshop* sobre o tema. A partir daí, a evolução natural foi a implantação de um Programa Temático de Educação, Conservação e Legislação Ambiental para aperfeiçoar as atividades e estimular a troca de experiências entre os profissionais envolvidos nesses trabalhos. “Hoje há maior consciência de que as atividades educativas não se restringem apenas a passeios pelas florestas e de que é preciso também atuar em outros níveis dentro e fora da empresa”, comenta o prof. dr. Marcos Sorrentino, biólogo e pedagogo, responsável por essa área no Departamento de Ciências Florestais da Esalq-USP.

Um importante resultado alcançado com o trabalho até agora foi o estabelecimento de um intercâmbio permanente entre as empresas para a difusão de informações e troca de experiências, via Internet. Isso possibilitou a construção coletiva dos princípios e estratégias de atuação do programa, com a participação de vários grupos de discussão formados para essa finalidade.

Segundo o prof. Sorrentino, os projetos nesse campo podem ampliar a competitividade das empresas, pois, quando são desenvolvidos no âmbito interno, trazem maior motivação aos funcionários. Quando implementados em parceria com a comunidade regional, contribuem para reduzir eventuais pressões sociais existentes.

“O espírito deste trabalho é contribuir para que cada indivíduo se aproprie das questões ambientais, buscando mudanças no



Aspecto de viveiro com mudas de eucaliptos da empresa Aracruz (ES)



processo produtivo, que propiciem uma melhoria da qualidade do ambiente e, em última análise, das populações envolvidas”, explica a engenheira agrônoma Monica Cristina Cabello de Brito, formada na Esalq em 1992, que atua nesse setor junto ao Ipef.

Para o prof. Sorrentino, o programa coordenado pelo instituto, com a participação de suas associadas, pretende fazer avaliações realistas dos projetos de educação ambiental desenvolvidos pelas empresas. Deve estimulá-las a valorizar a conservação da biodiversidade nas áreas florestais e a assumir cada vez mais sua função social, tomando a liderança dos processos de transformação tão necessários ao desenvolvimento socioeconômico do país.

MELHORAMENTO GENÉTICO E BIOTECNOLOGIA

Programa de Silvicultura Clonal e Viveiros Florestais

As técnicas de cultura em tecidos têm sido utilizadas na propagação em larga escala de muitas espécies de interesse agrícola, permitindo a produção de um grande número de plantas geneticamente idênticas. Esses sistemas possibilitam obter propágulos perfeitamente sadios e “rejuvenescidos”, com grande vigor e alto grau de enraizamento de matrizes (clones, espécies e procedências) de maior valor econômico.

No Brasil, as perspectivas de sua utilização no setor florestal eram cogitadas na literatura científica no início da década de 1970. Em 1975, foi montado no Departamento de Ciências Florestais da Esalq-USP, em Piracicaba, um laboratório de cultura de tecidos, com o apoio das associadas do Ipef, onde já se estudava essa tecnologia.

Segundo o prof. dr. Antonio Natal Gonçalves, o interesse na implementação desse processo ainda era pequeno, recorda-se ele, que é engenheiro agrônomo formado em 1972 pela Esalq, desde 1975, docente do Departamento de Ciências Florestais e coordenador científico do Programa de Melhoramento Biotecnológico e Silvicultura Clonal. “O aparecimento do cancro do eucalipto foi o fator determinante na procura de novas alternativas de produção para atender às demandas sempre crescentes das empresas”, comenta.

A Aracruz foi pioneira ao introduzir o enraizamento por estaquia em seus viveiros situados no Espírito Santo com a finalidade de cumprir seu programa anual de plantio no final dos anos 1980. Naquela ocasião, passaram a ser propagadas matrizes ou clones com resistência ao temido fungo causador do cancro, que ameaçava as plantações de eucaliptos. O clima da região favoreceu a iniciativa e o empreendimento foi considerado um sucesso. Nos anos seguintes, outras empresas florestais resolveram também investir na área.

Como a silvicultura brasileira tem como característica a rápida adoção de inovações tecnológicas, em pouco tempo o sistema clonal passou a ser praticado por quase todas as associadas do Ipef, que atuam em diversos ramos de atividades, como produção de carvão, celulose, chapas, lâminas, serrarias, entre outros.

A maioria das empresas desenvolveu a técnica de propagação vegetativa de matrizes com resistência ao fungo pelo processo de estaquia. Posteriormente, elas implantaram seus próprios laboratórios de culturas de tecidos para otimizar e maximizar a produção de clones. Para tanto, utilizam-se basicamente de dois processos para a produção de estacas: a macroestaquia e a microestaquia. O primeiro, mais utilizado pela maioria das empresas, é a produção de mudas por meio da estaquia de brotos, provenientes de um jardim clonal existente no campo; o segundo é a produção de mudas a partir de matrizes micropropagadas em laboratório.

Avanços tecnológicos

A micropropagação – principalmente de árvores adultas selecionadas – tornou-se a técnica de maior impacto na silvicultura nos anos de 1990. Ela demonstrou ser um excelente instrumento para o melhoramento florestal, pois, além de não exigir a destruição das matrizes, possibilitou obter altas taxas de aproveitamento no processo de multiplicação.

Mas havia muito a aprender e a pesquisar sobre o assunto. Com o objetivo de resolver os problemas surgidos, os técnicos do Ipef realizaram diversos experimentos. Efetuaram ainda inúmeros cursos de treinamento para formar o pessoal técnico encarregado de implementar a nova tecnologia. As maiores dificuldades do sistema de micropropagação esbarravam no estabelecimento da cultura de “gema”, com a

ocorrência de altos índices de perdas causados pela contaminação, principalmente por bactérias, e na dificuldade de sobrevivência das "gemas" enraizadas *in vitro*, quando eram transferidas para as condições de campo. No decorrer do tempo, no entanto, essas limitações foram sendo gradativamente resolvidas.

Desde 1992, o instituto promove sistematicamente reuniões técnico-científicas, abordando a macro e a micropropagação, com o objetivo de formar grupos de pesquisas corporativos. O trabalho realizado conseguiu reunir representantes de diversos segmentos da comunidade florestal, como instituições de pesquisas, fabricantes de insumos e equipamentos, consultorias e prestadores de serviços, professores e alunos de universidade, além das empresas do setor.

Nos últimos anos, foram abordados nos eventos promovidos pelo Ipef os mais diferentes assuntos relacionados com a otimização

Mudas de eucalipto cultivadas pelo sistema hidropônico em minijardim clonal, no Ipef



dos sistemas de cultivo *in vitro*, envolvendo desde a definição de recipientes e equipamentos específicos mais adequados, nutrição mineral, pragas, doenças, estudos da variação fenotípica e genética em clones de eucaliptos e até os efeitos da clonagem no desenvolvimento das futuras plantas.

Foram analisados ainda o padrão de qualidade de mudas, aspectos da instalação e manejo de viveiros, casas de vegetação (estruturas e aclimação) e jardins clonais. Avaliou-se a utilização de reguladores vegetais, aminoácidos e fatores determinantes do crescimento, o pólen no melhoramento florestal, a clonagem e qualidade da madeira, a fotoinibição na aclimação de mudas, a biologia molecular e a hidroponia em eucaliptos.

O primeiro passo do processo de micropropagação é a seleção das matrizes no campo. A partir de uma população-base de árvores, o melhorista define aquela que deve ser clonada, por possuir padrões adequados de diâmetro, altura e qualidade de madeira. A matriz é introduzida na cultura *in vitro* no laboratório, onde são revertidas à juvenilidade, isto é, é resgatada a capacidade de enraizamento, vigor e crescimento da planta. Essa técnica permite a obtenção de mudas para testes clonais e produção comercial em grande escala.

Produção maior em menos espaço

Para otimizar o processo de propagação vegetativa, o Ipef vem realizando atualmente um trabalho conjunto com algumas associadas, destinado a estabelecer os minijardins clonais. Esse processo permite que as plantas produzam estacas em uma área protegida e controlada, dentro do próprio viveiro, em recipientes que variam de tamanho e forma. As plantas são cultivadas com solução nutritiva em substrato inerte.

A adoção desse sistema permite a redução da área dos jardins clonais nas empresas, além de diminuir o tempo para produção das mudas, dando-lhes maior uniformidade. "Acreditamos ser possível reduzir até vinte vezes a área necessária para a produção de estacas", afirma o biólogo Edson Namita Higashi, formado em 1990 na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e coordenador técnico do Programa de Silvicultura Clonal e Viveiros Florestais. Além disso,





Trabalho no interior de um viveiro florestal destinado à produção de mudas melhoradas de eucalipto

para ele, observa-se uma considerável otimização da mão-de-obra e dos insumos utilizados, como, por exemplo, os produtos indutores de enraizamento.

Os técnicos estimam que os ganhos em produtividade com o uso dos clones sejam de 10% a 40%, em relação às sementes. Atualmente, os maiores desafios que se colocam aos pesquisadores são a adequação da solução nutritiva, a resolução de problemas de nutrição mineral e de eventuais doenças e pragas que possam ocorrer nas florestas deles originárias. Procura-se, também, reduzir cada vez mais o tempo de produção das mudas, aumentar o índice de sobrevivência e melhorar o crescimento inicial no campo.

Acredita-se que a organogênese e a embriogênese somática poderão ter um impacto muito grande a médio prazo no setor florestal. No entanto, a fidelidade genética do material propagado, o controle da competência das células e tecidos e da juvenildade são ainda fatores limitantes para o uso dessas alternativas.

Programa de Melhoramento Genético Florestal

O melhoramento florestal no Brasil tomou maior impulso no final dos anos de 1960, apesar das primeiras preocupações com o assunto serem anteriores. Data dessa época a introdução de materiais genéticos de origem conhecida, principalmente de diversas espécies de eucaliptos. Os estudos realizados visavam à adaptação, produtividade e homogeneidade das populações sistematicamente introduzidas no Brasil.

Nos anos seguintes, principalmente com o fortalecimento da indústria de papel e celulose, as pesquisas começaram a ser efetuadas de forma mais organizada: "O Ipef foi agente catalisador das diversas ações na área do melhoramento", conta o prof. dr. Weber Antonio Neves do Amaral, engenheiro florestal formado pela Esalq em 1985 e professor do Departamento de Ciências Florestais.

Segundo ele, a instituição participava em todas as fases do processo: a coleta, identificação de materiais de origem, populações e procedências de diversos locais e a seleção para melhoramento. Produzia também as sementes a serem distribuídas para as empresas de acordo com os diversos compartimentos ecológicos em que elas se situavam.

Naquela época, a maior preocupação era aumentar o volume de madeira produzida por área, mas nos anos seguintes os melhoristas procuravam principalmente quantificar a variabilidade genética. Para tanto, foram instalados inúmeros testes de progênie, com o objetivo de efetuar os cálculos dos parâmetros genéticos a serem observados.

O trabalho nessa área foi sistematicamente desenvolvido nos anos seguintes pelos profs. Mário Ferreira, Walter Suiter Filho e Paulo Yoshio Kageyama, com a supervisão dos profs. Helladio do Amaral Mello e Ronaldo Guedes Pereira, e foi muito importante para a consolidação definitiva do Ipef.

A década de 1990 foi marcada pela busca da qualidade da madeira, adequada ao seu uso final. Nesse aspecto, a clonagem foi uma ferramenta importante para a multiplicação de árvores superiores produzidas a partir de um programa de melhoramento. “Agora, no limiar do novo milênio, o grande objetivo é manter a produção florestal por gerações sucessivas e, ao mesmo tempo, selecionar e produzir um material com características mais específicas, por exemplo, com maior resistência a pragas e doenças ou mais eficiente na utilização de nutrientes”, explica o prof. Weber.

Segundo ele, é possível também prever os grandes desafios do futuro: a produção de organismos transgênicos, isto é, árvores geneticamente modificadas com as qualidades desejadas e o mapeamento de genes ligados a características economicamente importantes.

O Programa de Melhoramento Genético Florestal, que existe praticamente desde a fundação do Ipef, passa hoje por uma completa reestruturação. Tem mais de 120 projetos em andamento e conta com a infra-estrutura das duas estações experimentais, de Anhembi e de Itatinga, que servem como bancos de germoplasma de *Eucalyptus* e *Pinus*, além de fornecer material genético de qualidade para inúmeras empresas do setor. Participam trinta empresas, algumas sediadas em outros países, como a Argentina e a Venezuela.

Os integrantes do programa deverão fazer um amplo levantamento e uma análise da situação de todos os projetos implantados no decorrer dos anos, procurando conhecer o verdadeiro “estado da arte”. Para o prof. Weber, é um trabalho paciente e detalhado, que envolve mais de trezentos experimentos instalados: “O objetivo é

formar um banco de dados sobre o assunto que será colocado à disposição dos nossos parceiros”.

Pretende-se, ainda, pelo programa, avaliar os progressos obtidos nos trabalhos de melhoramento para reduzir os riscos da ocorrência de “platôs”, em que os ganhos deixam de existir, aumentando as possibilidades de estreitamento da base genética. Outros projetos em andamento preocupam-se em estudar a qualidade da madeira em relação ao seu uso final, procurando adequá-la às necessidades do mercado consumidor.

Os especialistas do setor acreditam que a realização de todos os experimentos englobados no programa contribuirá de forma efetiva para vencer o grande desafio que se coloca hoje no melhoramento florestal: efetuar a modelagem e a predição dos potenciais produtivos de clones e progênies de espécies arbóreas. Esses objetivos passam obrigatoriamente pela definição de modelos ecofisiológicos mais eficientes e que incorporem o componente genético.

TECNOLOGIA DE PRODUTOS FLORESTAIS

Laminação da madeira

As atividades mais antigas na área de Tecnologia de Produtos Florestais datam da década de 1980, quando os pesquisadores do Ipef e das Ciências Florestais desenvolveram estudos para o melhor aproveitamento da madeira de *Pinus*. Um dos interessantes trabalhos nesse campo foi sobre alguns aspectos da fabricação de palitos de fósforo para a empresa Andrade Latorre, de Jundiaí, São Paulo, detentora das marcas Argus e Guarany.

A partir daí, as atenções concentram-se principalmente nas possibilidades de uso do eucalipto, uma vez que a maior parte da sua produção destinava-se à confecção de postes, dormentes de ferrovias e moirões para cercas. Era necessário, então, vencer alguns problemas técnicos decorrentes dessa utilização.

Secagem de madeiras

As pesquisas direcionaram-se primeiramente para estudar os métodos de secagem artificial da madeira. A técnica utilizada con-



Rótulo da embalagem de fósforos da empresa Andrade Latorre, de Jundiaí (SP), que encomendou estudos ao Ipef na década de 1980

sistia em colocá-la empilhada, em câmaras fechadas, com um sistema de circulação forçada, que reduzia o tempo do processo em até 80% em relação à secagem natural. As conclusões desse trabalho estimularam muitas indústrias a investir nesse campo. Elas estão expostas em detalhes no primeiro livro didático publicado a respeito do assunto, *Secagem Racional da Madeira*, do prof. Antonio Paulo Mendes Galvão, que lecionou no Departamento de Ciências Florestais da Esalq entre 1974 e 1977. A publicação é considerada a principal fonte de consulta em português sobre o assunto.

Dentre as atividades mais recentes, destacam-se os ensaios de secagem convencional da madeira proveniente de diferentes clones de *Eucalyptus*. Em 1998, foi realizado também no Ipef o primeiro *workshop* sobre a secagem de madeira de reflorestamento que avaliou o atual estágio de desenvolvimento desse estudo.

“Estamos buscando hoje um conhecimento em nível de fronteira que ainda não existe internacionalmente na área de secagem da madeira”, diz o prof. dr. Ivaldo Pontes Jankowski. Atualmente, para manter a vanguarda nas pesquisas, ele participa ativamente de um grupo de trabalho da International Union of Forestry Research Organizations (IUFRO), ao lado de cientistas de vários países.

Nesse campo, foi desenvolvido recentemente um equipamento para controlar automaticamente a secagem prévia para os diferentes tipos de madeira existentes no mercado antes de sua transformação industrial. Essa fase do processo é essencial para garantir a qualidade do produto final. O equipamento consiste em um sistema de sensores que definem juntamente com *softwares* a relação entre a resistência elétrica da madeira e seu teor de umidade base seca, selecionando as diferentes espécies de acordo com a similaridade de características. Essa tecnologia é de grande alcance social, pois interessa às pequenas indústrias que fabricam tacos, móveis e janelas.

Preservação de madeiras

Os estudos sobre a preservação da madeira concentram-se na introdução de métodos para o tratamento de moirões de eucalipto com a utilização de produtos químicos, dispensando o uso de autoclaves, equipamento caro e praticamente inacessível para os pequenos produtores rurais.

O esforço da pesquisa está no aumento de sua durabilidade, testando a eficácia de produtos químicos conhecidos internacionalmente para essa finalidade, quanto ao tipo, dosagem e formas de aplicação. O grande desafio que se coloca hoje é de ordem ambiental, pois os produtos disponíveis no mercado são ainda muito tóxicos.

Engenharia e processamento mecânico da madeira

Em 1992, os pesquisadores do Ipef em conjunto com técnicos de cinco empresas associadas procuraram conhecer melhor as tensões de crescimento do eucalipto, que podem causar deformações, rachaduras e empenamento das peças de madeira serrada. "Este trabalho redundou em três teses sobre o assunto e contribuiu para diminuir muitos problemas técnicos surgidos no processo de transformação da matéria-prima", conta o engenheiro florestal e civil José Nivaldo Garcia, professor do Departamento de Ciências Florestais da Esalq desde 1979.

Os estudos com o eucalipto prosseguem hoje dentro da serra-piloto do Departamento de Ciências Florestais, com a realização de análises e comparações dos diversos equipamentos disponíveis no mercado, procurando compatibilizar a velocidade do corte com a qualidade do material obtido.

Usos múltiplos da madeira

Segundo o prof. Garcia, todo o trabalho realizado nos últimos anos para melhorar a produtividade na floresta pouco afetou a qualidade da madeira. "Até pouco tempo, a seleção das melhores árvores se fazia principalmente por uma análise visual – as que crescem melhor e as que apresentam melhor forma", conta ele. O objetivo agora é selecionar exemplares em populações já melhoradas, do ponto de vista de sua *performance*, ou seja, analisando seu comportamento em relação ao destino final (produção de celulose, painéis, madeira serrada, móveis).

Trabalha-se também na seleção de um único material que seja adequado para todas as finalidades. Já existem empresas, como a Eucatex, em Salto (SP), que estão manejando suas florestas, visando não só ao abastecimento de matéria-prima para a fabricação

de chapas de fibra como também para a produção de madeira serrada.

Dessa forma, os pesquisadores do Ipef e das Ciências Florestais estão realizando com suas associadas experimentos em diferentes regiões destinados a avaliar a qualidade da madeira para usos múltiplos. Os estudos compreendem principalmente a seleção do material genético (espécies, procedências, clones e materiais híbridos) adequados a essas finalidades. Segundo eles, já se conseguiu selecionar exemplares na floresta que apresentam maior relação resistência/peso, adaptáveis a diferentes utilizações.

Tecnologia de celulose e papel

Os trabalhos no campo de Química, Celulose e Energia desenvolveram-se nas seguintes linhas de pesquisa: avaliação da qualidade da madeira, processos de polpação, branqueamento e recursos fibrosos.

Está sendo organizado mais um programa temático no Ipef em 1999 sobre a avaliação da qualidade da madeira e suas inter-relações com o processo de produção de celulose, melhoramento genético e silvicultura, visando definir as estratégias operacionais para se obter polpas com rendimento e qualidade desejáveis, considerando os aspectos econômicos e ambientais.

Além disso, em parceria com as empresas Celucat e Air Products, estão sendo desenvolvidos experimentos para avaliação do efeito do pré-branqueamento com oxigênio, visando ao aumento de rendimento do processo de polpação da madeira de *Pinus*.

Na área de polpação, os trabalhos estão concentrados no aumento de rendimento. "Pretendemos simular os principais processos que ocorrem nas indústrias, avaliando o impacto de determinados aditivos, como compostos quinônicos e surfactantes, entre outros", afirma o prof. Francides Gomes da Silva Junior, engenheiro florestal formado na Universidade de Brasília (UnB) e docente do Departamento de Ciências Florestais da Esalq-USP.

Outra linha de pesquisa estuda os recursos fibrosos para definição de misturas de polpas e o efeito das características da fibra sobre as propriedades da polpa celulósica. Esses estudos envol-

vem os processos de refinação, propriedades físico-mecânicas de polpa e papel, e reciclagem. Nesse campo, está em andamento uma dissertação de mestrado que vai avaliar o potencial dos resíduos provenientes da bananicultura para a produção de celulose.

Aproveitamento de resíduos florestais

A exploração madeireira no Brasil foi, de certa forma, descontrolada até bem pouco tempo. Nunca houve preocupação em conter o desperdício por causa da enorme extensão territorial do país e de suas vastas áreas florestais. Nos anos de 1980, aumentou a conscientização de se utilizar racionalmente esse importante recurso renovável que demora muito a se recompor quando sujeito a um manejo inadequado.

Nos últimos anos, muitas técnicas de processamento e colheita estão sendo introduzidas para aumentar o aproveitamento da madeira, estimado em apenas 40% das árvores. Surgiram também novas alternativas de processamento dos resíduos deixados na floresta e daqueles produzidos por indústrias e serrarias, com o objetivo de reduzir e compactar o material gerado.

Na operação de colheita, preconiza-se a introdução de um plano de manejo florestal adequado, selecionando-se cuidadosamente as árvores a serem cortadas, observando seu porte, em função do produto final. Prevê-se o aproveitamento dos galhos mais finos e das árvores cortadas acidentalmente. Pode-se também orientar a direção da queda por ocasião da colheita, de forma a reduzir o impacto na área, sem prejudicar as árvores vizinhas. O plano dispõe ainda sobre o corte seletivo dos cipós eventualmente existentes com seis meses de antecedência da operação para que a árvore, ao cair, não arraste outras junto com ela.

Para os pesquisadores do Ipef e do Departamento de Ciências Florestais, existem inúmeras possibilidades de aproveitamento do material deixado na floresta após a retirada do fuste da árvore, destinado ao processamento industrial. Os ramos podem ser transformados em carvão ou empregados na confecção de pequenos objetos utilitários e de adorno (brinquedos, saltos para calçados, cabos de vassoura, caixas etc.). “A idéia é mobilizar as populações que vi-





*Trilhos do vagonete usado para retirada da madeira de caixeta (*Tabebuia cassinoides*) no interior da floresta, na região do Vale do Ribeira (SP)*

vem nas imediações das florestas para trabalharem com este material”, explica a economista doméstica Adriana Maria Nolasco, formada na Esalq em 1986 e professora do Departamento de Ciências Florestais.

Um interessante exemplo desse trabalho está sendo realizado desde 1993 com a caixeta (*Tabebuia cassinoides*), em Iguape, no vale do Ribeira, uma das regiões mais pobres de São Paulo. De acordo com a legislação ambiental, a exploração dessa espécie, efetuada na região desde a década de 1930, foi proibida em 1990. Sua madeira leve, macia, fácil de ser trabalhada e entalhada, era utilizada em larga escala para a confecção de tamancos, lápis, próteses e alguns instrumentos, sem qualquer preocupação de conservação ambiental.

O projeto, denominado Manejo Integrado e Sustentável de Florestas de Caixeta no Vale do Ribeira (SP), envolve pesquisadores do Núcleo de Estudos de Áreas Úmidas (USP), do Departamento de Ciências Florestais da Esalq-USP, da Associação dos Caixiteiros do Vale do Ribeira, de duas organizações não-governamentais (ONGs) e duas indústrias, uma de lápis e outra de tamancos.

Em 1995, a Fapesp destinou recursos para esse trabalho, organizado em quatro linhas de pesquisa e desenvolvido em duas áreas situadas em Iguape (fazendas Cindimel e Retiro). Seus resultados estão servindo de base a diversas ações para retomar as atividades de produção e processamento da caixeta com bases mais sustentáveis. Dentre elas, destacam-se a implantação de uma serraria comunitária, a revisão da legislação ambiental, a elaboração de um protocolo com as normas para seu manejo adequado e o levantamento de novos mercados e desenvolvimento de novos produtos.

Os pesquisadores da área pretendem implantar brevemente, pelo convênio Ipef/LCF/Esalq/USP, um programa de pesquisa e extensão em gerenciamento de resíduos florestais, que deve fazer um diagnóstico setorizado da geração e manejo dos resíduos, possibilitando a elaboração de projetos específicos para sua minimização e aproveitamento.



Ao lado, blocos cerâmicos fabricados em Piracicaba (SP), com aproveitamento de resíduos sólidos resultantes da produção de papel

Resíduos da Indústria de Base Florestal: Aproveitamento na Construção Civil

O aproveitamento dos resíduos industriais tem sido apontado como uma alternativa viável, do ponto de vista econômico e social, pois diminui os custos de manejo e descarte do material e pode gerar empregos. Além disso, é medida correta do ponto de vista ambiental, pois minimiza os impactos negativos produzidos pela atividade industrial.

Em parceria com a Indústria de Papel Simão (hoje Votorantim – Celulose e Papel), os pesquisadores do Ipef e Departamento de Ciências Florestais desenvolveram entre 1991 e 1993 um estudo de identificação, caracterização e eventual aproveitamento do resíduo sólido resultante da produção do papel na unidade localizada em Piracicaba. O trabalho mostrou a viabilidade da sua utilização para a constru-



ção civil, servindo como componente na produção de um tipo de argamassa e de blocos cerâmicos.

De acordo com os pesquisadores, as principais objeções aos resíduos sólidos nas sociedades de consumo se enquadram em cinco categorias: riscos à saúde pública, comprometimento estético da paisagem, ocupação de espaço, custo de recolhimento-processamento e degradação dos recursos naturais. Calcula-se que esses resíduos sólidos equivalem hoje a aproximadamente 1% da produção brasileira de papel.

No caso da unidade Votorantim de Piracicaba, a produção diária de 10 a 15 toneladas de resíduo era despejada no aterro industrial, com gastos estimados em US\$ 75/tonelada para seu adequado manejo e monitoramento, até se demonstrar que ela poderia transformar-se em um dos componentes no processo da fabricação de blocos de cerâmica: “Graças ao caulim e à celulose existentes na sua composição e devido ao seu alto teor de umidade, o material obtido a partir do resíduo demonstrou possuir maior plasticidade do que a argila anteriormente utilizada, produzindo blocos com acabamento e qualidade superior”, conta a prof^a Adriana Maria Nolasco, responsável pelo trabalho. Atualmente, com o licenciamento da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) para a produção do material em escala industrial, a Cerâmica Brioschi utiliza todos os resíduos sólidos gerados na unidade Votorantim de Piracicaba.

É possível ainda fabricar um tipo de argamassa a partir desses resíduos, que serve de base para a produção de isolantes termoacústicos, painéis, blocos para vedação e placas de forro. Os pesquisadores do Ipef acreditam que essas alternativas de aproveitamento de resíduos provenientes da indústria de papel e celulose enquadram-se perfeitamente na necessidade atual de se atender às exigências do manejo adequado dos efluentes industriais impostas pela legislação ambiental e podem servir como respostas positivas às eventuais pressões de movimentos organizados em defesa da ecologia.

Fonte: NOLASCO & AGNESINI (1993).

Resíduos Gerados em Estação de Tratamento de Esgotos Adubam Florestas

O emprego do lodo (biossólidos) proveniente de estações de tratamento de esgotos municipais como fertilizante em florestas é muito comum em diversos países, entre eles Austrália, Estados Unidos e Nova Zelândia. Sua utilidade para aumentar significativamente a produtividade foi comprovada pelas pesquisas recentes feitas na Universidade de Washington, que revelaram significativos aumentos de altura e acréscimos de diâmetro das árvores.

Os solos nas florestas são favoráveis à aplicação desse material, por possuírem altas taxas de infiltração, o que contribui para diminuir o escoamento superficial e o empocamento das águas na superfície do solo. Além disso, como dispõem de grande quantidade de matéria orgânica, eles imobilizam os metais existentes na composição do lodo, impedindo sua percolação e poluição do aquífero.

Uma das principais vantagens da utilização do lodo de esgoto como fertilizante nas plantações florestais consiste no fato de que os principais produtos dessas culturas perenes não se destinam à alimentação humana ou animal, proporcionando, portanto, maior segurança quanto à dispersão de eventuais agentes contaminantes, desde que sejam tomados os devidos cuidados em relação à localização dos talhões e à forma e dosagem da aplicação do material. O maior cuidado ambiental recai na prevenção das águas superficiais, pois muitas vezes as florestas estão localizadas em bacias hidrográficas de grande importância e áreas de recarga do aquífero. Nos Estados Unidos, onde isso ocorre com frequência, os órgãos de proteção ambiental recomendam a utilização dos biossólidos, desde que se limite a taxa de aplicação à necessidade de nitrogênio das árvores para evitar a contaminação do aquífero pelos nitratos.

A utilização de resíduos em florestas já é bem conhecida do setor de papel e celulose. De acordo com

estudos efetuados pela empresa Geomarket, desde o final dos anos de 1980, o "licor negro" proveniente da deslignificação da madeira dos digestores das fábricas vem sendo aplicado no solo como forma de descarte do material e como elemento fertilizante. As quantidades disponíveis do produto, no entanto, não são suficientes para atender a demanda.

Calcula-se a existência de um mercado potencial de 450 mil a 3 milhões de toneladas/ano para um fertilizante orgânico somente no Estado de São Paulo, onde existem 390 mil hectares de reflorestamento destinados à produção de papel e celulose, considerando que sua aplicação deve se restringir a áreas planas e com solos arenosos e de baixa fertilidade. O uso dos biossólidos provenientes de estações de tratamento de esgotos poderia suprir essa demanda, uma vez que são ricos em matéria orgâni-



Lagoa de arejamento da estação da Sabesp em Barueri (SP) utilizada para tratamento do lodo proveniente de esgotos

ca, nitrogênio, fósforo, cálcio (proveniente do processo de tratamento) e outros nutrientes. Além disso, têm capacidade de agregar partículas minerais, podendo melhorar as características físicas e químicas do solo, principalmente em áreas de cerrado florestadas com espécies de rápido crescimento.

Em São Paulo, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), responsável pelo tratamento de águas servidas da região metropolitana, está fortemente empenhada em dar um destino – ecologicamente mais adequado – para a enorme quantidade de lodo produzido diariamente em suas sete estações de tratamento. Só a unidade de Barueri produz 230 toneladas por dia desse material.

Dessa forma, em 1996, começaram os entendimentos com o Ipef para a realização de estudos destinados a analisar o aproveitamento do lodo de esgoto produzido na região metropolitana de São Paulo. Em janeiro de 1998, o projeto foi oficialmente formalizado. Ele abrange estudos dos aspectos silviculturais e ambientais e reúne uma equipe pluridisciplinar de vinte pesquisadores da Esalq e da Sabesp, com a coordenação do prof. Fábio Poggiani. Para tanto, já foi

instalado um experimento no Horto Florestal de Itatinga em área de 4,8 hectares, que possibilitará análises comparativas da produtividade florestal.

Durante dois anos, serão desenvolvidos sete subprojetos que abrangem caracterização do lodo, potencialidade de aplicação, alterações na fertilidade do solo, movimentação dos nutrientes e metais pesados no sistema solo-água-plantas, microbiologia do solo, produtividade florestal, impactos sobre o lençol freático e a fauna silvestre.

Todas as conclusões desse trabalho serão fundamentais para o estabelecimento das taxas de aplicação, se o produto for considerado adequado para utilização em larga escala, tanto do ponto de vista técnico-econômico, como ambiental. Os resultados obtidos serão avaliados pelas empresas associadas do Ipef, já interessadas no assunto, situadas nos Estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais e Mato Grosso, que geralmente utilizam áreas com solos de baixa fertilidade para a implantação de suas florestas. Numa etapa posterior, o experimento deverá ser repetido em outros locais, com diferentes condições edafoclimáticas.

