



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Florestas
Ministério da Agricultura e do Abastecimento

ISSN 1517-536X

Novembro, 2001

Documentos 60

Nutrição de *Pinus* no Sul do Brasil ***Diagnóstico e Prioridades de Pesquisa***

Carlos Alberto Ferreira
Helton Damin da Silva
Carlos Bruno Reissmann
Antonio Francisco Jurado Bellote
Renato Marques

Colombo, PR
2001

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira km 111 - CP 319

83411-000 - Colombo, PR - Brasil

Fone: (41) 666-1313

Fax: (41) 666-1276

Home page: www.cnpf.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnpf.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Moacir José Sales Medrado

Secretário-Executivo: Guiomar Moreira Braguinha

Membros: Antônio Carlos de S. Medeiros, Edilson B. de Oliveira, Erich G. Schaitza,

Honorino R. Rodigheri, Jarbas Y. Shimizu, José Alfredo Sturion, Patricia P. de Mattos,

Sérgio Ahrens, Susete do Rocio C. Penteadó

Supervisor editorial: Moacir José Sales Medrado

Revisor de texto: Elly Claire Jansson Lopes

Normalização bibliográfica: Lidia Woronkoff

Tratamento de ilustrações: Cleide Fernandes de Oliveira

Foto(s) da capa: Arquivo Embrapa Florestas

Editoração eletrônica: Cleide Fernandes de Oliveira

1ª edição

1ª impressão: 500 exemplares - Ano 2001

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação na Publicação.
Embrapa Florestas

Nutrição de Pinus no Sul do Brasil – diagnóstico e prioridades de pesquisa / Carlos Alberto Ferreira ... [et al.].

— Colombo : Embrapa Florestas, 2001.

23 p. – (Embrapa Florestas. Documentos, 60).

Inclui bibliografia

ISSN 1517-536X

1. Pinus – Região Sul – Brasil. 1. Pinus – nutrição. I. Ferreira, Carlos Alberto. I. Título. II Série.

CDD 634.9751

© Embrapa 2001

Autores

Carlos Alberto Ferreira

Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas.

calberto@cnpf.embrapa.br

Helton Damin da Silva

Engenheiro Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas.

helton@cnpf.embrapa.br

Carlos Bruno Reissmann

Engenheiro Florestal, Doutor, Professor Titular do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná - UFPR

reissmann@agrarias.ufpr.br

Antonio Francisco Jurado Bellote

Engenheiro-agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas.

bellote@cnpf.embrapa.br

Renato Marques

Engenheiro Florestal, Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná - UFPR.

marques@agrarias.ufpr.br

Apresentação

A Embrapa Florestas visa, com esta publicação, contribuir, para alcançar sua missão de viabilizar soluções tecnológicas, por meio da geração, adaptação e transferência de conhecimentos científicos e tecnológicos, em benefício da sociedade.

Esta iniciativa decorre da análise efetuada quanto ao ambiente externo da *Embrapa Florestas* e é uma resposta a algumas de suas demandas.

O documento, ao ressaltar a importância das atividades produtivas com Pinus no país, reforça a importância do setor florestal no desenvolvimento econômico brasileiro e a sua contribuição no comércio internacional.

É importante ressaltar que este documento é resultado da parceria entre a *Embrapa Florestas* e a Universidade Federal do Paraná, ação prevista nos Planos Diretores da Embrapa e da *Embrapa Florestas*.

Assim, temos a convicção de que estamos contribuindo para o melhor entendimento da problemática associada à nutrição de pinus no Brasil, bem como, para a formulação de agendas futuras de pesquisa sobre o assunto.

Vitor Afonso Hoeflich
Chefe Geral
Embrapa Florestas

Sumário

I. Introdução	9
II. Restrições à produtividade	10
III. Exportação de nutrientes pela colheita florestal	12
IV. Ciclagem e acúmulo de nutrientes na serapilheira	15
V. Revisão de resultados experimentais	17
VI. Conclusões e recomendações	19
VII. Referências Bibliográficas	19

Nutrição de *Pinus* no Sul do Brasil Diagnóstico e Prioridades de Pesquisa

Carlos Alberto Ferreira

Helton Damin da Silva

Carlos Bruno Reissmann

Antonio Francisco Jurado Bellote

Renato Marques

I. Introdução

As atividades de reflorestamento com espécies do gênero *Pinus* foram intensificadas a partir da segunda metade da década de sessenta, após a promulgação da lei dos incentivos fiscais. Extensas áreas foram ocupadas predominantemente com *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* var. *elliottii*, constituindo hoje base de importantes atividades industriais, como produção de celulose e papel, embalagens, aglomerados, mobiliário, compensados, chapas, dentre outras.

Estima-se em aproximadamente 1.800.000 ha a área ocupada por espécies de *Pinus* no Brasil. Na região sul, estima-se em 1.060.000 ha a área plantada, com a seguinte distribuição: 605.000 ha, no Paraná; 318.000 ha, em Santa Catarina e 136.000 ha no Rio Grande do Sul (SBS,1998). Essas plantações desempenham papel preponderante no suprimento de madeira, fornecendo atualmente mais de 90% do total de madeira consumida no Estado do Paraná.

Evidentemente, uma área de tal dimensão engloba uma variação muito grande de classes de solos, como descrito por Reissmann & Wisniewski (2000) e clima. Como consequência, há acentuadas diferenças de produtividade, como relatado por Carvalho et al. (1999), entre outros autores. As diferenças em produtividade são devidas às interações entre fatores biofísicos e biológicos cuja interação é denominada sítio e geralmente expressa pela altura dominante das árvores, numa determinada idade. Entre os fatores ligados ao solo, a

textura com reflexos diretos na capacidade de armazenamento de água no solo e a fertilidade natural desempenham papel preponderante na definição da qualidade do sítio (Gonçalves et al., 1990; Carvalho et al., 1999).

Este documento tem por objetivo apresentar, de forma sintética, uma revisão da pesquisa em nutrição de *Pinus*, com destaque para *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* var. *elliottii*, e identificar possíveis prioridades de pesquisa, visando ao aumento da produtividade e à sustentabilidade da mesma, a longo prazo.

II. Restrições à Produtividade

As espécies *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* var. *elliottii* são consideradas de baixa exigência nutricional (Pritchett & Zwinford, 1961). A rapidez de crescimento e ausência de sintomas de deficiências, particularmente nas primeiras rotações, condicionaram a idéia de que as plantações de *Pinus* dispensariam a prática da fertilização mineral. Entretanto, diversos autores estudaram os fatores de solo e as suas relações com o estado nutricional e a produtividade dessas espécies, demonstrando estreita interdependência entre essas variáveis.

Assim, problemas nutricionais em *Pinus elliottii*, que mereceriam maior atenção, já foram apontados por Goor (1965), merecendo destaque a alta correlação entre a qualidade do sítio e a soma de bases trocáveis do solo, em especial a quantidade de Ca mais Mg e o teor total de P.

Diversos autores têm recomendado que a oferta de nutrientes pelo solo seja analisada pela quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas; as folhas têm sido as partes preferidas para este tipo de análise. Alguns trabalhos apresentam teores médios, teores máximos e mínimos, faixas de bom suprimento, níveis críticos aproximados e relações entre nutrientes para *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* (Menegol, 1991; Laso Garicoits, 1990; La Torraca, 1984; Reissmann & Wisniewski, 2000). Baixos teores foliares de Mg e Zn foram associados com baixo crescimento em altura de *Pinus elliottii* na região de Telêmaco Borba e considerados como limitantes ao crescimento dessa espécie por Menegol (1991). Os teores foliares de N, Mg, Cu, K e Zn foram os mais correlacionados com a altura dominante aos 15 anos de idade.

Os fatores limitantes ao crescimento de *Pinus taeda* em solos derivados de três materiais de origem diferentes (arenito, diabásio e ritmitos), na região de Telêmaco Borba, foram estudados por Laso Garicoits (1990). Os teores foliares de K, Fe, Cu e Zn foram significativamente mais elevados nas acículas das árvores desenvolvidas em solos derivados de diabásio e ritmitos. Também, nestes solos as árvores apresentaram maior desenvolvimento comparado com o solo derivado de arenito.

Dentre os levantamentos de solo, estados nutricionais, e sua relação com a produtividade, destacam-se os trabalhos relatados por Reissmann et al. (1990), conduzidos na região de Ponta Grossa e Telêmaco Borba, para *Pinus taeda*. Apesar das limitações bastante conhecidas que as interpretações de concentrações foliares apresentam, os autores relatam tendências consistentes de aumento dos teores foliares dos nutrientes com a melhoria da qualidade do sítio. Inclusive chamam a atenção para as concentrações extremamente baixas de K, Mg e Zn nos sítios menos produtivos. Em bio-ensaios em casa de vegetação, com omissão de nutrientes e substrato solo com baixo suprimento notadamente de K, Ca, Mg, Zn e Cu, observaram-se reduções significativas na altura de mudas, aos oito meses, quando foi omitido Mg, N e P. No caso do K, poder-se-iam esperar resultados mais significativos. Entretanto, tudo indica que apenas o aumento do suprimento hídrico foi suficiente para assegurar boa disponibilidade do nutriente, pelo menos na fase de plântula. Destaque-se ainda que deficiências de N e P não foram detectadas pela análise foliar de amostras coletadas no campo (Naldony, 1991). A ciclagem biológica e a retranslocação de nutrientes são responsáveis pelo aparente bom estado nutricional apresentado pelas acículas amostradas, dando idéia errônea de sua real condição nutricional (Reissmann & Wisniewski, 1999).

Embora a análise de tecidos possa demonstrar as deficiências nutricionais, alguns elementos nutrientes são mascarados por efeitos de diluição e concentração, levando a resultados enganosos. O emprego de dados expressos em conteúdos de nutrientes é uma abordagem mais consistente e freqüentemente mais relacionada com variações de fertilidade ou adição de nutrientes (Ferreira, 1989; Reissmann & Wisniewski, 2000). A utilização conjunta de diversos métodos de diagnóstico, apesar de sua complexidade, talvez seja a melhor maneira de prever os elementos químicos que necessitem ser corrigidos. A identificação das deficiências nutricionais, por métodos

fisiológicos e bioquímicos, como por exemplo os detalhados por Bouma (1983), podem ser extremamente úteis devido à sua rapidez e simplicidade. Deve-se considerar ainda as relações entre os nutrientes. Reissmann & Wisniewski (2000), discutem as relações entre os teores de N/K e P/Zn, nas acículas de *Pinus taeda*, e sua relação com a produtividade da espécie. A importância de cada nutriente e a ação bioquímica deles também são abordadas pelos referidos autores.

Outro aspecto importante, sobre o qual há pouco progresso nos últimos anos, é a amostragem do solo, embora reconheça-se a inadequação do sistema de amostragem desenvolvido para culturas agrícolas, quando utilizado para culturas florestais (Hildebrand, 1991). Os próprios extratores de nutrientes utilizados nas análises químicas do solo precisam ser melhor avaliados. Há indícios de que o ácido cítrico seria promissor para essa finalidade, devido à correlação elevada entre os teores de Ca, Mg e K obtidos nas análises de solo com este extrator e os teores foliares (Reissmann & Zottl, 1987).

III. Exportação de nutrientes pela colheita florestal

A exportação de nutrientes pela colheita florestal é um dos fatores a ser considerado quando há preocupação com a manutenção da produtividade dos sítios, principalmente em condições de baixo suprimento de elementos essenciais às árvores, pelo solo. As explorações intensivas em rotações curtas, sem previsão de um período mínimo necessário para reposição de nutrientes, têm sido apontadas como as maiores responsáveis pelo exaurimento do solo.

A intensidade de exploração e seu impacto sobre a exportação de nutrientes foram estudadas por diversos autores, que concluem pela inconveniência da exploração total da árvore e da importância da manutenção das galhadas e acículas no campo. Quando possível, recomenda-se o descascamento das toras no local de exploração, ou mesmo o retorno da casca, e ou das cinzas provenientes de sua queima ao solo, devido à quantidade relativamente alta de nutrientes presentes nos galhos e acículas.

As quantidades de nutrientes exportados pela madeira de *Pinus taeda* no primeiro e segundo desbastes foram estimadas por Valeri (1988) e são

apresentadas na Tabela 1. As quantidades de nutrientes exportados parecem mostrar percentuais relativamente baixos em relação ao total de cada nutriente presente no povoamento, inclusive na manta orgânica. Entretanto, os percentuais de K, Ca, Mg, Cu, Zn e B exportados são relativamente altos, e podem ser potencialmente limitantes ao crescimento em futuras rotações.

Tabela 1. Quantidade de biomassa e nutrientes exportados pela exploração de madeira comercial com casca de povoamentos de *Pinus taeda*, nos três primeiros desbastes, aos 7, 10 e 14 anos de idade. (adaptado de Valeri, 1988).

Idade (anos)	7	10	14
Matéria seca (t/ha)	11	36	49
Macronutrientes (kg/ha)			
N	21,5 (4)	52,8 (7)	58,3 (7)
P	1,7 (5)	5,2 (9)	4,4 (8)
K	9,5 (5)	24,0 (12)	22,7 (14)
Ca	9,7 (5)	31,9 (12)	41,3 (13)
Mg	2,1 (5)	6,3 (10)	8,1 (11)
Micronutrientes (g/ha)			
Fe	533 (4)	2019 (5)	2237 (6)
Mn	528 (4)	1233 (9)	1592 (9)
Cu	50 (8)	120 (13)	181 (18)
Zn	70 (7)	204 (14)	221 (13)
B	103 (8)	296 (11)	362 (13)

(*) Valores entre parênteses são percentuais de retirada de nutrientes em relação ao total acumulado na biomassa, (inclusive serapilheira)

A quantidade total acumulada na madeira dos três desbastes, por exemplo de K, corresponde a uma exportação de aproximadamente 31% da quantidade do elemento presente na biomassa do povoamento, incluindo a manta orgânica. Situação semelhante é verificada também para o Ca, Mg, Cu, Zn e B. A falta de reposição destes nutrientes, pode levar à redução da produtividade dos povoamentos a médio prazo.

A reposição natural de nutrientes dá-se primordialmente pela água das chuvas e pela intemperização do material de origem. Portanto, torna-se necessária uma avaliação precisa de todas as entradas e saídas de nutrientes dos povoamentos florestais, para antecipar futuros problemas nutricionais. Destaque-se, no entanto, que na maioria dos solos ocupados por atividades florestais, a contribuição do material de origem para o fornecimento de nutrientes é muito limitada, tanto pela quantidade presente quanto pelo prazo longo necessário para sua intemperização (Ferreira, 1989). As informações relativas à contribuição da chuva, e outros aportes atmosféricos, no fornecimento de nutrientes são limitadas a um pequeno número de regiões. Balanços de entradas e saídas de nutrientes em povoamentos florestais de *Pinus elliottii* são apresentados na Tabelas 2. Os totais de acúmulo anual de nutrientes necessários para assegurar a produtividade, considerando-se apenas o total na biomassa aérea das árvores, são aparentemente bem mais elevados que o aporte via precipitações atmosféricas, com exceção, possivelmente, do Mg.

Tabela 2. Entrada de nutrientes e acúmulo em um plantio de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, com 14 anos de idade, na região do segundo planalto paranaense.

	N		P		K		Ca		Mg
	kg/ha.ano								
Entrada máxima via atmosfera	7,3		0,9		7,9		6,0		5,2
Acúmulo na árvore inteira	721	(51)	42	(3,0)	175	(12)	262	(19)	63
Acúmulo no lenho com casca	247	(18)	20	(1,5)	101	(7)	165	(12)	33
Acúmulo no lenho sem casca	190	(13)	15	(1,1)	79	(6)	137	(10)	25

Valores entre parênteses representam o acúmulo médio anual de nutrientes. Fonte: Poggiani, 1985 e Valeri, 1988.

Reduções de produtividade em rotações sucessivas não têm sido comumente relatadas. Possivelmente, a curto prazo, a troca de material propagativo por genótipos mais eficientes na extração e aproveitamento de nutrientes, e melhores cuidados de implantação e manutenção dos povoamentos, tenham encoberto as perdas de produtividade pela redução da oferta de alguns nutrientes. No entanto, torna-se claro que, a médio e longo prazos, a manutenção da produtividade de povoamentos florestais dependerá da reposição ao sítio, dos nutrientes contidos na madeira e exportados no processo da exploração florestal.

IV. Ciclagem e acúmulo de nutrientes na serapilheira

O conhecimento da ciclagem de nutrientes é extremamente importante para avaliar-se o impacto e as implicações das ações de manejo na disponibilidade de nutrientes no solo e produtividade futura dos povoamentos florestais. A preocupação com o exaurimento de nutrientes dos sítios florestais já existia no século XIX, quando silvicultores alemães recomendavam que a reposição dos nutrientes extraídos pela madeira, e outros produtos florestais, deveria ser no mínimo igual às retiradas; caso contrário a produtividade seria prejudicada, conforme discutido anteriormente.

A identificação dos processos de ciclagem e a quantificação das entradas e saídas de nutrientes, bem como a previsão da reação de determinados sítios a alterações impostas pelo homem, são relevantes para subsidiar decisões sobre alternativas de manejo e de aplicação de fertilizantes (Kimmins, 1987). Os nutrientes envolvidos nos processos de ciclagem, quer estes sejam bioquímicos ou biogeoquímicos, suprem grande parte das necessidades das árvores. Na maioria das florestas maduras, praticamente todas as necessidades anuais de nutrientes são supridas dessa forma. Attiwill (1981) relata que 82% do P, 86% do K, 84% do Ca e 78% do Mg demandados anualmente por uma floresta de *Eucalyptus obliqua*, na Austrália, provém desses processos. Entretanto, para que os processos ocorram em níveis ótimos de produtividade, é necessário que previamente quantidades adequadas de nutrientes tenham sido acumuladas nos diversos compartimentos das árvores; caso contrário a ciclagem é processada às expensas de um menor crescimento.

Na serapilheira depositada na superfície do solo são acumuladas quantidades significativas de nutrientes que, após a sua decomposição, retornam ao solo e são absorvidos novamente pelas árvores. A quantidade de nutrientes disponibilizados é função da velocidade de decomposição dos resíduos florestais, que, por sua vez, depende, dentre outros fatores, da composição da serapilheira, da quantidade de água da chuva, da temperatura e da qualidade do sítio (Ferreira, 1993; Reissmann & Wisniewski, 2000).

A quantidade de serapilheira depositada tem estreita correlação positiva com a biomassa produzida pelos povoamentos florestais. A decomposição da serapilheira é mais rápida nos sítios mais produtivos e, como consequência, a camada de serapilheira acumulada em sítios pouco produtivos é significativamente mais espessa do que em sítios comparativamente mais produtivos (Reissmann & Wisniewski, 2000). Portanto, maiores produtividades dependem também da quantidade e velocidade de decomposição do material vegetal depositado no solo.

Para se ter idéia da importância da ciclagem no fornecimento de nutrientes às plantas, a serapilheira depositada por uma floresta de *Eucalyptus saligna*, aos 11 anos de idade, apresentava 50 kg de N, 5 kg de P, 11 kg de K, 60 kg de Ca e 15 kg de Mg por hectare. A quantidade de P equivale a 5 anos de deposição atmosférica nessa mesma região (Poggiani, 1985). A variação na quantidade de nutrientes na serapilheira de plantios de *Pinus elliottii* é exemplificada por Reissmann & Wisniewski, (2000), com base em dados de literatura para diversas idades e tipos de solo. De acordo com estes autores, a quantidade de N varia de 210 a 436, de P de 7 a 20, de K entre 4 e 73, de Ca entre 16 e 140 e de Mg de 4 a 27 kg/ha, dependendo da quantidade de serapilheira depositada, idade e tipo de solo.

A imobilização de grandes quantidades de nutrientes na biomassa da serapilheira não decomposta pode inclusive acarretar deficiências nutricionais, como a deficiência de N relatada por Miller (1981) e Miller (1984) em povoamentos de *Pinus silvestris*. Provavelmente pela mesma razão observou-se deficiência de K e foram mais baixos os teores de N, Fe, Mn e B relatados por Valeri (1988), nas acículas de *Pinus elliottii*, no terceiro desbaste, comparado com povoamentos nos primeiro e segundo desbastes.

Tratamentos silviculturais que levem à aceleração da decomposição da

serapilheira têm reflexos positivos na produtividade de povoamentos florestais. Embora desconheçam-se dados referentes a *Pinus elliottii* e a *Pinus taeda*, aumentos de produtividade em povoamentos de eucalipto, após aplicação de cinza e resíduos industriais de celulose e papel, foram atribuídos por Ferreira et al., (1995) e Bellote et al. (1995) à aceleração da decomposição da serapilheira, além do aumento na capacidade de retenção de água do solo.

V. Revisão de resultados experimentais

No âmbito internacional, existe extensa literatura sobre a adubação de *Pinus* de clima temperado. Especial atenção tem merecido o *Pinus radiata*. Entretanto, o mesmo não acontece no Brasil, onde a literatura é bastante escassa. As pesquisas geralmente têm sido pontuais, não permitindo extrapolações, e a maioria dos esforços neste campo concentraram-se no gênero *Eucalyptus* e em *Pinus tropicais*. Apresenta-se a seguir uma revisão efetuada apenas para *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, com ênfase em experimentos de adubação em campo.

Os trabalhos publicados no Brasil, concluem que os *Pinus*, de uma forma geral respondem menos à adubação que os *Eucalyptus*, mas que incrementos em volume podem chegar a 20% ou mais, em solos pobres. Melhores resultados foram obtidos com a aplicação de P, K, e de Ca + Mg na forma de calcário. Por vezes, a aplicação de N tem se mostrado prejudicial ao desenvolvimento das árvores (Haag, 1983).

O interesse pela adubação no campo florestal remonta a 1954, tendo-se demonstrado a sua necessidade no Estado de São Paulo, segundo Veiga (1967). A partir desta data, diversos ensaios de adubação de mudas foram conduzidos e publicados, conforme pode ser observado em uma revisão sucinta dos mesmos, publicada por Haag (1983).

Ensaio de adubação em campo, conduzido em solo rico em matéria orgânica e nitrogênio total, com elevada acidez, alta CTC (Capacidade de Troca de Cátions), baixo teor de P e baixa saturação de bases é relatado por Muniz et al. (1972). Aos sete anos de idade, concluiu-se que a aplicação de N foi prejudicial ao desenvolvimento das plantas, o P teve efeito positivo e linear principalmente em *Pinus taeda* e as repostas ao K não foram significativas. Um

conjunto de experimentos de adubação em *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, conduzidos em diversas empresas do IPEF, foram analisados por Balloni et al. (1978). Concluíram estes autores que havia respostas positivas para a adubação fosfatada, mas ausência de resposta aos outros nutrientes. Os trabalhos publicados referem-se apenas ao efeito dos adubos no crescimento das árvores, e não analisam interações entre tratamentos silviculturais, disponibilidade de água e adubação, aspectos econômicos, nem possíveis efeitos dos adubos na qualidade da madeira.

Os efeitos da adubação nas propriedades da madeira são controvertidos. Embora as características da madeira sejam predominantemente controladas geneticamente, tratos silviculturais e condições ambientais podem modificá-las. A adubação geralmente aumenta o crescimento e pode indiretamente alterar as propriedades da madeira. A proporção de madeira outonal, as características das fibras, a densidade e a proporção de madeira juvenil na parte central do lenho são as propriedades mais influenciadas pela adubação conforme Binkley (1986) e Megraw (1985). Alterações do lenho em função da adubação na fase de mudas foram relatados por Santos et al. (1967) e por Malavolta et al. (1966). A aplicação de doses crescentes de N resultou em redução da espessura e comprimento dos traqueídeos e fibro-traqueídeos, mas o efeito do P e do K não foram bem definidos. A concentração de celulose não foi afetada significativamente.

Embora os resultados que serão apresentados a seguir tenham sido obtidos para espécies e climas diferentes daqueles onde usualmente se planta *Pinus* de clima temperado, no Brasil, sua importância desperta a necessidade de considerar a disponibilidade de água nas análises de respostas à aplicação de nutrientes. Trabalhos têm demonstrado que a efetividade da aplicação de nutrientes é altamente dependente da condição de umidade do perfil do solo.

Respostas diferentes à adubação têm sido observadas em função da disponibilidade de água no solo. Por exemplo, os resultados apresentados por (Butcher, 1977), para *Pinus pinaster*, plantado em região de clima mediterrâneo com precipitação sazonal pluviométrica anual de aproximadamente 780mm, mostram crescimento significativamente maior em povoamentos desbastados. Nestes, a competição efetiva por água era menor e, conseqüentemente, o teor de umidade do solo manteve-se elevado durante período maior.

Em *Pinus radiata*, em situação climática semelhante, o incremento periódico anual, em volume de madeira (20,5 m³ /ha.ano), não foi alterado somente com a adubação. Entretanto, em presença de água, a produtividade aumentou para 33,0 m³ /ha ano. A aplicação conjunta de irrigação e adubação por via sólida, assim como irrigação e adubação por via líquida, resultaram em produtividades de 44,0 e 50,4 m³ /ha.ano, respectivamente, sendo as maiores já relatadas para *Pinus radiata*, na Austrália (Snowdon & Benson, 1992). A alocação de assimilados para a madeira do tronco foi estimulada pela irrigação, enquanto que a adubação isoladamente alterou apenas a biomassa da copa, acarretando o aumento do diâmetro dos ramos.

VI. Conclusões e recomendações

Devido ao pequeno número de pesquisas desenvolvidas e publicadas, envolvendo a nutrição e a adubação de *Pinus*, muitas das prioridades e objetivos estabelecidos em 1983, podem ser aplicados ainda hoje, especialmente para *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*. Assim, recomendam-se estudos para determinação de:

- 1) critérios e indicadores para avaliação de fertilidade dos solos, com ênfase em métodos de amostragem e de análise de solo e planta, compatíveis com as exigências nutricionais das espécies florestais;
- 2) implicações da ciclagem de nutrientes na produtividade florestal a longo prazo, em povoamentos de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* conduzidos sob diferentes sistemas de manejo;
- 3) necessidade, época, dosagens e métodos de aplicação de adubos em povoamentos de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*.

VII. Referências Bibliográficas

ATTIWILL, P. M. Energy, nutrient flow and biomass. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP, 1981, Canberra. ***Productivity in perpetuity***. Canberra: CSIRO, 1981. p. 131-134.

BALLONI, E. A.; JACOB, W. S.; SIMÕES, J. W. Resultados parciais de experimentação desenvolvida pelo setor de implantação florestal com diferentes espécies de *Pinus*. ***Boletim Informativo IPEF***, Piracicaba, v. 6, n. 18, p. 1-117, jul. 1978.

- BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da; ANDRADE, G. C. Efecto de la aplicación de ceniza y residuo de celulosa en el suelo y en el crecimiento de *Eucalyptus grandis*. In: SIMPOSIO IUFRO PARA CONO SUR SUDAMERICANO; Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales, 1995, Valdivia, Chile. [Actas]. Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciências Forestales, 1995. p. 317-323.
- BINKLEY, D. **Forest nutrition management**. New York: J. Wiley, 1986. 290 p.
- BOUMA, D. Diagnosis of mineral deficiencies using plant tests. In: LAUHL, A. ; BIELESKI, R. L. (Eds.). **Inorganic plant nutrition**. Berlin: Springer-Verlag, 1983. p. 120-146. (Encyclopedia of Plant Physiology: New Series, 15A).
- BUTCHER, T. B. Impact of moisture relationships on the management of *Pinus pinaster* Ait. plantations in Western Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 1, p. 97-107, 1977.
- CARVALHO, A. P. de; MENEGOL, O.; OLIVEIRA, E. B. de; MACHADO, S. A. ; POTTER, R. O.; FASOLO, P. J.; FERREIRA, C. A.; BARTOZESCK, A. Efeitos de características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 51-66, jul./dez. 1999.
- FERREIRA, C. A. Nutricao mineral de florestas plantadas: o estado atual e as tendencias da pesquisa e da pratica. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. v. 3, p. 157-162.
- FERREIRA, C. A. **Nutritional aspects of the management of Eucalyptus plantations on poor sandy soils of the Brazilian cerrado region**. 1989. 193 f. Thesis (Doctor of Philosophy) - Green College, Michaelms Term, University of Oxford.
- FERREIRA, C. A. ; SILVA, H. D. da; BELLOTE, A. F. J.; ANDRADE, G. C. Efecto de la aplicación de ceniza y residuo de celulosa en la descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca en plantaciones de *Eucalyptus grandis*. In: SIMPOSIO IUFRO PARA CONO SUR SUDAMERICANO; Manejo Nutritivo de Plantaciones Forestales, 1995, Valdivia, Chile. [Actas]. Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciências Forestales, 1995. p. 335-339.
- GONÇALVES, J. L. M.; DEMATTÊ, J. L. I.; COUTO, H. T. Z. Relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, n. 43/44, p. 24-39, 1990.

GOOR, C. P. van. **Reflorestamento com coníferas no Brasil**: aspectos ecológicos dos plantios na Região Sul, particularmente com *Pinus elliotii* e *Araucaria angustifolia*. [S.l.]: Ministério da Agricultura, D.R.N.R., Divisão Silvicultura, Seção de Pesquisas Florestais, 1965. não paginado. (Boletim, 9).

GRUPO PERMANENTE DE TRABALHO EM NUTRIÇÃO E FERTILIZAÇÃO FLORESTAL. **Pesquisa em nutrição e fertilização florestal**: diagnóstico e prioridades. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1983. 12p. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 13).

HAAG, H. P. (Ed.) **Nutrição mineral de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Araucaria* e *Gmelina* no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 202 p.

HILDEBRAND, E. E. Análise química do solo florestal em amostras natural-estruturadas métodos e resultados. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL "O DESAFIO DAS FLORESTAS NEOTROPICAIS, 1991, Curitiba. **O desafio das florestas neotropicais**. Curitiba: UFPR / Freiburg: Universidade Albert Ludwig, 1991. p. 20-28.

KIMMINS, J. P. **Forest ecology**. New York: McMillan Publ. Co., 1987, 531 p.

LASO GARICOITS, L. S. **Estado nutricional e fatores do solo limitantes do crescimento de *Pinus taeda* L. em Telêmaco Borba**. 128 f. 1990. Tese (Mestrado) - UFPR, Curitiba.

LA TORRACA, S. M. Recrutamento e exportação de nutrientes por *Pinus elliotii* var. *elliotii* em latossolo vermelho escuro, na região de Agudos, SP. **IPEF**, Piracicaba, n. 27, p. 41-47, 1984.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; SARRUGE, R. J.; VENKOVSKY, R.; VALSECHI, O ; SANTOS, C. L. O. The relation of the concentration of Nitrogen, Phosphorous and Potassium in the substrate and the foliage to cell wall thickness and cellulose concentration in the xylem of slash pine (*Pinus elliotii*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 1, p. 173-186, 1966.

MEGRAW, R. A. **Wood quality factors in loblolly pine. The influence of tree, age, position in tree, and cultural practice on wood specific gravity, fiber length na d fibril angle**. Atlanta: TAPPI Press, 1985. p. 88.

MENEGOL, O. **Índice de sítio e relação entre altura e teores nutricionais das acículas em povoamentos de *Pinus elliotii* var. *elliotii* no segundo planalto paranaense**. 74 f. 1991. Tese (Mestrado) - UFPR, Curitiba.

MILLER, H. G. Nutrient cycles in forest plantations, their change with age and the consequence of fertilizer practice. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP, 1981, Canberra. **Productivity in Perpetuity**. Canberra: CSIRO, 1981. p. 187-199.

MILLER, H. G. Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems. In: BOWEN, G. D.; NAMBIAR, E.K.S. (Eds.). **Nutrition of plantation forests**. London: Academic Press, 1984. p. 53-78.

MUNIZ, P. J. da C.; BALDANZI, G.; PELLICO NETTO, S. **Ensaio de adubação em *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* no sul do Brasil**. Curitiba: 1972.

MUNIZ, P.J. da C; BALDANZI, G.; PÉLLICO NETO, S. de. Ensaio de adubação em *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* no Sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 5-13, 1975.

NALDONY, M. C. **Efeito da omissão de nutrientes no desenvolvimento e no estado nutricional de *Pinus taeda* L., durante a fase de viveiro**. 136 f. 1991. Dissertação (Mestrado) - UFPR, Curitiba.

POGGIANI, F. Nutrient cycling in *Eucalyptus* and *Pinus* plantations ecosystems, silvicultural implications. **IPEF**, Piracicaba, n. 31, p. 31-40, 1985.

PRITCHETT, W.; ZWINFORD, K. R. Response of slash pine to colloidal phosphate fertilization. **Soil Science of America Proceedings**, v. 25, n. 5, p. 397-400, 1961.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 135-166.

REISSMANN, C. B.; KOEHLER, C. W.; PAULA SOUZA, M. L. de. **Classificação de sítio para *Araucaria angustifolia*, *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* no 2º Planalto do Paraná**. Subprojeto I. Nutrição. [S.l.]: UFPR / FUNPAR / FINEP, 1990. p. 1-286.

REISSMANN, C. B.; ZOTTL, H. W. Problemas nutricionais em povoamentos de *Pinus taeda* em áreas de arenito da formação Rio Bonito – Grupo Guatá. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 9, p. 75-80, 1987.

SANTOS, C. F. O.; MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P. Efeito de concentrações de macronutrientes N, P e K no aumento do espessamento da parede dos traqueídeos de *Pinus elliottii* (plantas em vaso). **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v. 24, p. 317-322, 1967.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (São Paulo, SP). **O Setor Florestal Brasileiro**: fatos e números. São Paulo, 1998. 18 p.

SNOWDON, P.; BENSON, M. L. Effects of combinations of irrigation and fertilisation on the growth and above-ground biomass production of *Pinus radiata*. **Forest Ecology and Management**, v. 52, n. 1/ 4, p. 87-116, 1992.

VALERI, S.V. **Exportação de biomassa e nutrientes de povoamentos de *Pinus taeda* L. desbastados em diferentes idades**. 164 f. 1988. Tese (Doutorado) - UFPR, Curitiba.

VEIGA, A. de A. Adubação no campo florestal. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 6, n. único, p. 161-165, 1967.