

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO

LETÍCIA MORO

RESPOSTA DE *Pinus taeda* COM UM, CINCO E NOVE ANOS À ADUBAÇÃO NPK
NO PLANALTO CATARINENSE

LAGES – SC

2013

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO

LETÍCIA MORO

RESPOSTA DE *Pinus taeda* COM UM, CINCO E NOVE ANOS À ADUBAÇÃO NPK
NO PLANALTO CATARINENSE

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientador: Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Co-orientadores: Dr. Paulo Cezar Cassol
Dr^a. Marcia Aparecida Simonete

LAGES – SC

2013

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Moro, Letícia

Resposta de *Pinus taeda* com um, cinco e nove anos à adubação NPK no planalto catarinense. / Letícia Moro; orientador: Luciano Colpo Gatiboni . – Lages, 2013.

28f.

Inclui referências.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias / UDESC.

1. Nutrientes . 2. Épocas de aplicação. 3. Produção. I. Título.

CDD – 631.81

LETÍCIA MORO

**RESPOSTA DE *Pinus taeda* COM UM, CINCO E NOVE ANOS À ADUBAÇÃO NPK
NO PLANALTO CATARINENSE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Banca Examinadora:

Orientador: _____

Dr. Luciano Colpo Gatiboni
UDESC/Lages – SC

Co-orientador: _____

Dr. Paulo Cezar Cassol
UDESC/Lages – SC

Co-orientadora: _____

Dr^a. Marcia Aparecida Simonete
FAEM/UFPel – Pelotas - RS

Membro: _____

PhD. Djalma Miller Chaves
Klabin S/A – Otacílio Costa – SC

Lages/SC, 25/02/2013

Sempre que eu quero, revejo meus dias,
e as coisas que eu posso, eu mudo ou arrumo;
Mas deixo bem quietas as boas lembranças,
vidinha que é minha, só pra o meu consumo...
(Gujo Teixeira)

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre me proporcionou tudo necessário para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Ivo e Loreni, pela educação que recebi e pelo exemplo de vida.

Ao meu marido Fernando, por ser meu melhor amigo, sempre me acompanhando, incentivando e apoiando. Pela compreensão nos momentos que não pude dar-lhe a devida atenção, por ouvir meus desabaços, secar minhas lágrimas e muitas vezes evitar que elas caíssem, bem como por também dividir vários dos momentos mais felizes da minha vida.

Aos verdadeiros amigos, os quais não citarei nomes, pois eles sabem que se encaixam aqui, agradeço os momentos de trocas de experiência e informações, ou simplesmente de conversa “jogada fora” e descontração.

Aos professores do CAV/UEDESC, pelo convívio, conhecimentos transmitidos e sanar dúvidas. De maneira especial ao professor Luciano Colpo Gatiboni pela orientação.

À Marcia Aparecida Simonete, pela co-orientação, constante apoio, incentivo e conselhos.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias pela oportunidade de realização do curso.

À CAPES pela concessão da bolsa.

Aos colegas do Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, pelo companheirismo, auxílio e oportunidade de participação nos diversos experimentos.

À Klabin S/A pela oportunidade e pelo apoio na condução do experimento, ao Sr. Djalma, Leonardo e Bruno.

Caso tenha esquecido de citar alguém não foi intencionalmente, deste modo, agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para que eu chegasse onde estou e ser quem eu sou.

Agradeço sinceramente.

RESUMO

MORO, Letícia. **Resposta de *Pinus taeda* com um, cinco e nove anos à adubação NPK no planalto catarinense.** Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, 2013.

Na região do Planalto Sul Catarinense as florestas de *Pinus* foram implantadas, em sua maioria, sem fertilização do solo durante o plantio. Atualmente muitas áreas encontram-se em segunda ou terceira rotação de *Pinus*, podendo estar sua produtividade limitada pela baixa fertilidade do solo. Uma alternativa para a mitigação deste problema seria a adubação em povoamentos já estabelecidos, porém, existem poucos estudos sobre resposta de *Pinus taeda* à fertilização em florestas já estabelecidas. Com o objetivo de avaliar o efeito da adubação com os nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) em diferentes fases de crescimento de *Pinus taeda*, foi conduzido um experimento a campo em plantios de um, cinco e nove anos, todos de segunda rotação, sobre Cambissolos húmico e háplico, no município de Otacílio Costa/SC. Os tratamentos consistiram de um arranjo fatorial incompleto com doses de nitrogênio (N0=0, N1=70 e N2=140 kg ha⁻¹), de fósforo (P0=0, P1=75e P2=150 kg ha⁻¹), de potássio (K0=0, K1=60e K2=120 kg ha⁻¹), além de uma testemunha, ficando identificados como N0P0K0, N0P1K0, N1P1K1, N1P2K1, N1P2K2 e N2P2K1. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Foram avaliados altura e diâmetro das árvores e calculado o volume de tronco das plantas e teores de N, P e K nas acículas aos 6 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, e teores de P e K no solo aos 18 meses. No plantio de um ano, incremento significativo no volume de madeira pode ser obtido com aplicação de 70 kg ha de P₂O₅. Para os plantios de cinco e nove anos, a adição de doses a partir de 70, 75 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, promovem incrementos significativos no volume de madeira. A adubação NPK em florestas de *Pinus* estabelecidas é uma estratégia plausível para aumento da produção da floresta, principalmente na floresta com nove anos de idade, onde pode elevar o retorno econômico da adubação.

Palavras-chave: Nutrientes. Épocas de aplicação. Produção.

ABSTRACT

MORO, Letícia. **Response of *Pinus taeda* with one, five and nine years to NPK fertilization in the highlands of Santa Catarina.** Dissertation (Masters in Soil Management) – University of the State of Santa Catarina. Graduate Program in Agricultural Sciences, 2013.

In the Planalto Sul Catarinense pine forests were planted, mostly without soil fertilization during planting. Currently many areas are in the second or third rotation *Pinus* and may be their productivity limited by low soil fertility. An alternative to mitigate this problem would be fertilization after forest established, however, there are few studies on the response of *Pinus taeda* fertilization at different ages. With the objective of evaluating the effect of fertilization with nutrients nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in different stages of growth of *Pinus taeda*, an experiment was conducted in forests with one, five and nine years old, all in second rotation, in a Humic and haplic Cambisols located in the Otacílio Costa county, Santa Catarina State. Treatments consisted of a factorial arrangement incomplete with nitrogen (N0=0, N1=70 and N2=140 kg ha⁻¹ N), phosphorus (P0=0, P1=75 and P2=150 kg ha⁻¹ P₂O₅), potassium (K0=0, K1=60 and K2=120 kg ha⁻¹ K₂O), plus a control treatment without fertilization, being identified as N0P0K0, N0P1K0, N1P1K1, N1P2K1, N1P2K2 and N2P2K1. The experimental design was a complete randomized block with three replications. It was measured height and diameter of trees and it was calculated the volume of stem plants and N, P and K in needles at 6 and 18 months after fertilization, and P and K availability in the soil at 18 months after treatment application. In plants with one year old, a significant increase in timber volume can be obtained with the application of 70 kg ha⁻¹ of plantations P₂O₅. For five and nine years-old plants, the addition of fertilizer since 70, 75 and 60 kg ha⁻¹ N, P₂O₅ and K₂O, respectively, promote significant increases in timber volume. The NPK fertilization in *Pinus* established is a plausible strategy to increase production of the forest, especially in that with nine years-old of age, which may increase the economic return of fertilization.

Keywords: Nutrients. Application times. Production.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do Cambissolo Háplico do plantio de um ano e dos Cambissolos Húmicos dos plantios de cinco e nove anos nas áreas experimentais das floretas de <i>Pinus taeda</i> , localizadas em Otacílio Costa/SC.....	18
Tabela 2 – Quantidades equivalentes de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, uréia, superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio (KCl), aplicadas nos tratamento em cada parcela.....	19
Tabela 3 – Valores de incremento corrente anual (ICA) de diâmetro à altura do colo (DAC), diâmetro à altura do peito (DAP), de altura (H) e de volume de tronco (V) em florestas de <i>Pinus taeda</i> com diferentes idades, aos 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizadas em Otacílio Costa/SC.....	25
Tabela 4 - Teores médios de N, P e K nas acículas em florestas de <i>Pinus taeda</i> com diferentes idades, aos 6 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizadas em Otacílio Costa/SC.	30
Tabela 5 - Teores médios de fósforo e potássio nos solos extraídos por Mehlich-1, em florestas de <i>Pinus</i> com diferentes idades, após 18 meses da aplicação dos tratamentos, localizadas em Otacílio Costa/SC.....	32
Tabela 6 -Valores médios de incremento corrente em diâmetro à altura do colo (IC DAC) e do peito (IC DAP), incremento corrente em altura (IC H) e incremento corrente em volume de tronco (IC V) em florestas de <i>Pinus taeda</i> com diferentes idades, aos 6 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas de desenvolvimento do Incremento Médio Anual (IMA) e do Incremento Corrente Anual (ICA) do volume de madeira de <i>Pinus taeda</i> em Otacílio Costa/SC.....	17
Figura 2 - Estimativa do incremento médio anual (IMA) de volume de madeira em florestas de <i>Pinus taeda</i> de um (a), cinco (b) e nove (c) anos, avaliados aos 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizadas em Otacílio Costa/SC	28

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 VARIÁVEIS DENDOMÉTRICAS.....	22
4.2 TEOR FOLIAR DE N, P E K.....	29
4.3 TEOR DE P E K NO SOLO.....	30
5 CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS	34
ANEXOS	38

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro teve seu grande impulso a partir das décadas de 60 e 70 devido a incentivos fiscais que favoreceram a expansão dos plantios com espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. A implantação desses maciços florestais puros, na grande maioria formados por espécies exóticas, surgiu como consequência da evolução industrial, objetivando atender à demanda das regiões mais desenvolvidas do país.

A área plantada com *Pinus taeda* no Brasil está concentrada principalmente na região Sul do país (83,0%), devido às condições edafoclimáticas e à localização dos principais centros processadores desse tipo de madeira. Santa Catarina possui a segunda maior área de plantio desta espécie do Brasil, com cerca de 540 mil hectares (32,8%), representando 83,7% de toda a madeira empregada na indústria catarinense, atingindo cerca de 20 milhões de m³ consumidos anualmente (ABRAF, 2012).

Embora possua grandes áreas de reflorestamento, o Brasil ainda necessita aumentar e acelerar o plantio de novas áreas a fim de satisfazer suas próprias necessidades, suas metas de exportação de produtos de madeira e também com objetivo de preservação das florestas naturais. A produtividade deveria ser elevada, em relação aos níveis atuais, não só para melhorar a rentabilidade da atividade florestal, bem como para tornar seus produtos mais competitivos no mercado interno e no externo. Isto vem impulsionando a implantação de novas áreas, este avanço está se dando sobre solos degradados e de baixa fertilidade natural, resultando em uma produtividade aquém da capacidade do *Pinus*. Tendo em vista estas restrições espaciais e ecológicas e a necessidade do aumento da produção por expansão da área cultivada, tornam-se importantes pesquisas voltadas para o aumento da produtividade.

As espécies do gênero *Pinus* apresentam uma excepcional capacidade de utilização dos recursos nutricionais em solos de baixa fertilidade, com rápido crescimento, sem apresentar sintomas visuais de deficiência, dando a falsa expectativa de que nos plantios não seriam necessários grandes cuidados com a fertilização (REISSMANN & WISNIEWSKI, 2000). Esta condição, associada ao fato da não fertilização dos plantios, e à exportação de nutrientes nos desbastes e colheita final e às perdas por processos erosivos e de lixiviação, levam a uma aceleração no empobrecimento dos níveis de fertilidade química do solo e perdas de produtividades futuras dos plantios.

Conhecer as necessidades nutricionais de plantios *Pinus* é muito importante para que as práticas de manejo possam ser adequadas, principalmente sobre os períodos de maior

exigência nutricional e sobre as quantidades de nutrientes absorvidas pelas árvores nas suas diversas fases de desenvolvimento.

A grande maioria das florestas foi implantada sem fertilização de plantio, e mesmos nos casos em que foram adubados, há a necessidade de se estudar se a adubação em plantios estabelecidos conseguiria aumentar a produtividade. Com isso, estudos envolvendo adubação no campo tornam-se essenciais, servindo de subsídio no entendimento da relação solo-planta, possibilitando maior inferência na formulação das doses a serem aplicadas bem como o tipo de fertilizante e época de aplicação, minimizando os problemas decorrentes da falta ou excesso de nutrientes nas plantas. Avanços só serão possíveis se ocorrer a interação dos conhecimentos sobre a fisiologia do crescimento das árvores e a relação destas com a disponibilidade de nutrientes no solo.

A hipótese estabelecida é que a adubação combinada de nitrogênio, fósforo e potássio em florestas estabelecidas de *Pinus taeda* promove ganhos em altura e diâmetro das plantas, contribuindo para aumentar produção da floresta. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio em diferentes fases de crescimento de *Pinus taeda* sobre o volume de troncos, teores de nutrientes nas acículas das árvores e no solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Brasil, as primeiras menções sobre a introdução do gênero *Pinus* datam de 1906. As pesquisas se iniciaram em 1936 e, a partir da década de 1950 foram implantados plantios comerciais. Os plantios foram acelerados, a partir de 1966, com a implantação da política de incentivos fiscais (VIEIRA & SCHUMACHER, 2010).

A principal razão da introdução do gênero *Pinus* no Brasil foi a demanda por madeira para o setor industrial (KRONKA et al., 2005). A boa adaptação do gênero às condições ambientais brasileiras, crescimento rápido, alta produtividade, dimensões homogêneas diversas aplicações, e maiores incrementos de volume substituindo a madeira da *Araucaria angustifolia* favoreceram a sua utilização industrial (SBS, 2012).

O *Pinus*, por ser originário de regiões subtropicais, no Brasil é plantado em regiões que coincidem com a distribuição natural de *Araucaria angustifolia* (HAAG, 1983), ou seja, nas regiões com clima fresco e inverno frio, e que tenham alta umidade durante o ano todo, sendo essa condição encontrada nas partes serranas do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, bem como no sul dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Devido às condições edafoclimáticas do território brasileiro, as florestas de *Pinus* apresentam rápido crescimento e produtividade média de $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. O que é considerado excelente em comparação com a média nos EUA, onde a cultura é nativa, que apresenta índice de apenas $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, evidenciando a adaptação da espécie no território brasileiro (JUVENAL & MATTOS, 2002).

A produção refere-se à soma de todos os incrementos anuais acumulados pelas árvores de um povoamento, até um determinado momento. A produtividade das plantas é definida como o aumento do peso ou volume por unidade de área. Muitos fatores contribuem para a produtividade, por isso ela é uma integração de peculiaridades bioquímicas, fisiológicas, genéticas e morfológicas, mais a influência do ambiente, incluindo a fertilidade do solo, e das práticas silviculturais (SCHRANDER, 1975).

Contudo, uma das informações de maior importância para o conhecimento do potencial florestal disponível em uma região é a variável volume. O aumento do volume em um determinado período de tempo é avaliado calculando-se a diferença dos volumes que a árvore teria no início e no fim do período. O crescimento em volume está alicerçado nos crescimentos em diâmetro e altura e na forma do fuste (ENCINAS et al., 2005).

O crescimento em diâmetro refere-se ao aumento da espessura de uma árvore em um determinado período de tempo, pela atividade cambial, depositando material lenhoso. O mesmo é também denominado de crescimento secundário. Em geral, primeiro a árvore cresce em altura e depois em diâmetro (ENCINAS et al., 2005). Assman (1970), analisando os gráficos de incremento diamétrico, verificou que a culminação do crescimento em diâmetro nos sítios não restritivos é mais tardia. O diâmetro aumenta significativamente até o momento em que os indivíduos começam a competir entre si (DACOSTA, 2008). Schneider et al. (1993) citam ainda que essa redução da taxa de crescimento é resultado da redução de produção fotossintética, limitação da quantidade de água e nutrientes absorvidos por cada indivíduo, e da falta de desenvolvimento do sistema radicular.

O crescimento em altura se produz pela atividade do meristema apical, pela divisão celular. Este crescimento é também chamado de crescimento primário (ENCINAS et al., 2005). A altura tem importância fundamental no estudo dos sítios, quando se quer descrever o comportamento e desenvolvimento de uma espécie, associados a um determinado local e analisada junto com a idade, sendo muito importante no manejo florestal, pois relaciona o crescimento das árvores com os fatores ambientais (FINGER, 1992). Seu incremento não está, dentro de certos limites, influenciado pela densidade do povoamento.

O incremento pode ser definido como o crescimento da árvore ou de um povoamento florestal em um determinado período. Este período pode ser expresso em dias, meses, anos, décadas, etc. A produção de uma árvore ou da floresta toda é avaliada com base no crescimento em função do tempo, ou seja, do incremento volumétrico, considerando ainda os fatores genéticos e ambientais locais (qualidade do sítio) (ENCINAS et al, 2005).

O melhor crescimento de *Pinus taeda*, segundo Baker & Langdon (1990), ocorre em solos moderadamente ácidos com imperfeita drenagem superficial, uma camada superficial profunda de textura média, e um subsolo de textura fina. Sendo que, os rendimentos variam com a idade de plantio, qualidade do sítio, número de árvores plantadas, e as interações destas variáveis. Geralmente os rendimentos aumentam com a idade e qualidade do sítio. Dependendo do local e os objetivos do produto, plantios de densidades mais baixas ou espaçamentos mais amplos muitas vezes produzem mais volume de madeira.

A rapidez de crescimento e ausência de sintomas de deficiências nutricionais, particularmente nas primeiras rotações, condicionaram a ideia de que as plantações de *Pinus* dispensariam a prática da fertilização mineral (FERREIRA et al., 2001). Entretanto, no Brasil, o plantio de espécies florestais para exploração comercial da madeira é realizado muitas vezes

em áreas com solos de baixa aptidão agrícola, pelas condições de relevo inadequadas para o cultivo mecanizado e pela baixa fertilidade do solo. Essas características de solo associadas à redução do tempo das rotações, que promove a ciclagem incompleta e insuficiente verificada pelo intenso acúmulo de serapilheira em ciclos sucessivos, à considerável exportação de nutrientes na colheita com a biomassa, levam à exaustão do solo. Contribuindo, deste modo, para as quantidades e relações inadequadas de nutrientes no solo, podendo proporcionar reduções na produtividade florestal, caso medidas de manejo da fertilidade do solo não sejam aplicadas.

Segundo Brun et al. (2009), diversos autores estudaram os fatores de solo e as suas relações com o estado nutricional e a produtividade do *Pinus* e verificaram estreita interdependência entre essas variáveis, mostrando que a produção do *Pinus* pode vir a ser enfraquecida pelo inadequado manejo nutricional de suas florestas. Diante deste fato, surge a necessidade de maiores estudos sobre as características do solo e aspectos nutricionais das plantas visando a não exaustão dos sítios florestais.

Ao se elaborar um programa de manejo de fertilidade para uma população florestal é importante não apenas o estudo dos nutrientes individualizados, mas, contudo é primordial levar em consideração a relação entre os nutrientes no solo. Na maioria das vezes a adubação é feita para suprir os nutrientes que estejam em teores abaixo dos níveis críticos do solo.

Os nutrientes mais frequentemente utilizados nas adubações minerais para espécies florestais são o N, P e K e, com menor frequência, B, Zn, Ca, Mg e S. Quando a adubação é realizada, ocorre de modo praticamente empírico no qual uma única formulação NPK é utilizada, independente dos teores no solo e da época de plantio. Este manejo pode ser equivocado, já que a importância relativa dos nutrientes e seus níveis de impacto variam, principalmente, em função dos teores no solo, da produtividade esperada da floresta e dos manejos florestais aplicados em termos de resíduos (cultivo mínimo ou convencional), grau de erosão e biomassa colhida (árvores inteiras, ou apenas o componente lenhoso) (BIZON, 2005).

Segundo Ferreira et al. (2001), 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, e que melhores resultados foram obtidos com a aplicação de P, K, e de Ca + Mg na forma de calcário.

Geralmente, o P é aplicado em maior quantidade do que os demais elementos por estar presente em menor concentração nos solos brasileiros e devido a sua alta adsorção aos solos.

Além do P, o K também merece atenção especial devido aos altos conteúdos exportados pela colheita, e podem comprometer futuras rotações (SCHUMACHER, 2000).

Avaliando um conjunto de experimentos de adubação com *Pinus caribae* e *Pinus taeda*, conduzidos em condições de cerrado e regiões temperadas, em diversas empresas associadas ao IPEF, Balloni et al. (1978) concluíram que haviam respostas positivas para a adubação fosfatada, mas ausência de resposta aos outros nutrientes.

Em estudo sobre o efeito da fertilização sobre *Pinus oocarpa*, cultivado em um Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, em Assis/SP, Lopes et al. (1983) verificaram que quando as plantas estavam com 3 anos de idade a adubação NPK proporcionou um aumento significativo no desenvolvimento das plantas em altura e diâmetro; a adubação NPK + calagem aumentou significativamente a altura, e a adubação NPK + calagem + S aumentou significativamente o diâmetro.

Garicoits (1990) avaliando o desenvolvimento do *Pinus taeda* aos 16 anos de idade, em solos derivados de três materiais de origem diferentes: diabásio, arenitos e ritmitos, localizado em Telêmaco Borba/PR, constatou que o crescimento do *Pinus taeda* foi fortemente afetado pelas disponibilidades de P, K, Mg e Zn, destacando como mais limitantes K e Zn.

Contudo, para definir as épocas de aplicação dos fertilizantes é imprescindível considerar as fases de crescimento da floresta. Uma fertilização efetuada em um período inadequado, como por exemplo, no período de inverno, quando a atividade metabólica da planta é baixa, ou num período em que o solo se encontre em condições de umidade abaixo daquela que permita o fluxo normal dos solutos do solo, pode contribuir para o insucesso.

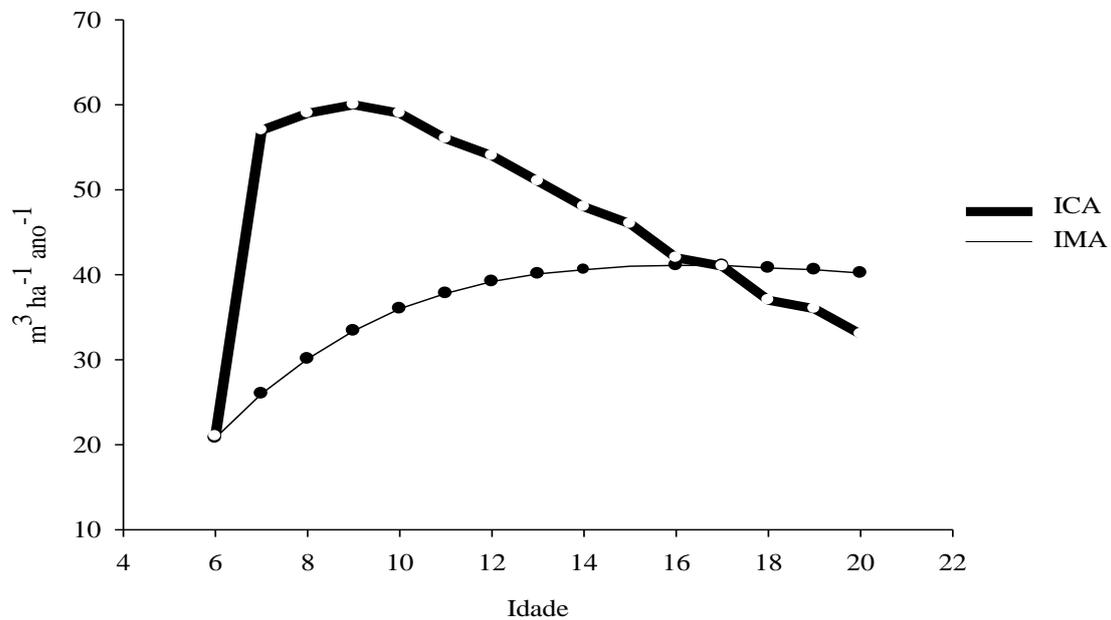
Durante a fase de estabelecimento, que ocorre até o primeiro ano após o plantio, a fertilização é muito importante, uma vez que o sistema radicular ainda não está totalmente desenvolvido, sofrendo com a competição, influência das plantas espontâneas, ataques de pragas, variações climáticas (geada, granizo, vento, insolação, estiagem, entre outros) e do tipo de preparo do solo.

Dos cinco aos oito anos de idade ocorre o maior índice de área foliar e o maior crescimento de madeira juvenil. Nesta fase ocorre o máximo Incremento Corrente Anual (ICA) e nos anos seguintes cai drasticamente (Figura 1). Assim, a aplicação de adubação ajudaria a manter os incrementos correntes um pouco mais altos nos anos seguintes, aumentando a eficiência do uso de nutrientes. Aproximadamente aos nove anos o plantio inicia a transição entre lenho juvenil e adulto, demandando grande quantidade de nutrientes e

ocorrendo concomitantemente o acúmulo máximo de nutrientes (WELLS & JORGENSEN, 1975).

Na época do fechamento das copas, que ocorre entre 8 e 10 anos N e P frequentemente tornam-se limitantes (FOX et al., 2007). Nesta fase ocorre o máximo Incremento Médio Anual (IMA), se estabilizando nos anos seguintes (Figura 1). Deste modo, a adubação neste período colaboraria para que o incremento médio continuasse aumentando por um período maior, com possíveis aumentos da produção da floresta.

Figura 1 - Curvas de desenvolvimento do Incremento Médio Anual (IMA) e do Incremento Corrente Anual (ICA) do volume de madeira de *Pinus taeda* em Otacílio Costa/SC.



Fonte: KLABIN S/A, (2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se um experimento de campo em plantios de *Pinus taeda* L. com um, cinco e nove anos, implantados em 2009, 2005 e 2001, respectivamente, em áreas da empresa Klabin S.A, no município de Otacílio Costa/ SC. O plantio de um ano encontra-se na Fazenda Bom Retiro, e os de cinco e nove anos na Fazenda Cervo, com as respectivas coordenadas geográficas: 58°68'05''S 97°19'39''W, 59°09'46''S 96°26'45''W e 58°95'54''S 96°30'08''W.

O clima da região é mesotérmico úmido com verão ameno, Cfb, segundo a classificação de Köppen. A altitude é de 884 m. A temperatura média anual é de 16 °C e a precipitação média anual, cerca de 1.500 mm, bem distribuída ao longo do ano (SANTA CATARINA, 2012).

No plantio de um ano o solo é um Cambissolo Háplico, e nos plantios de cinco e nove anos o solo é um Cambissolo Húmico, cujas principais características são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Características do Cambissolo Háplico do plantio de um ano e dos Cambissolos Húmicos dos plantios de cinco e nove anos nas áreas experimentais das floretas de *Pinus taeda*, localizadas em Otacílio Costa/SC⁽¹⁾.

Camada	pH _{água}	Argila	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC _{pH7}	m ⁽²⁾
cm		— % —		—mg dm ⁻³ —				—cmol _c dm ⁻³ —			— % —
<i>Pinus</i> de um ano											
0 – 20	4,1	17,7	5,8	5,1	72,2	0,2	0,2	10,0	38,4	39,0	94,4
20 – 40	4,2	25,6	3,7	2,1	37,7	0,1	0,1	8,9	33,9	34,2	96,3
<i>Pinus</i> de cinco anos											
0 – 20	4,0	23,2	6,2	5,0	65,1	0,3	0,3	10,9	41,8	42,5	93,4
20 – 40	4,2	33,8	4,3	2,5	47,7	0,2	0,2	10,7	37,8	38,4	94,6
<i>Pinus</i> de nove anos											
0 – 20	4,1	22,3	5,6	4,3	29,6	0,2	0,1	6,9	33,9	34,2	94,9
20 – 40	4,2	32,9	4,1	1,9	16,8	0,2	0,1	6,0	31,0	31,3	95,0

⁽¹⁾ Análises de solo realizadas segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). ⁽²⁾ Saturação por alumínio na CTC_{efetiva}.

As áreas experimentais encontram-se no segundo ciclo de plantio, cujo ciclo anterior também continha *Pinus taeda* L. Todos os plantios foram efetuados após o preparo do solo

com subsolagem, utilizando trator de esteira, a uma profundidade em torno de 45 cm, e em espaçamento de 2,5 m entre plantas e 2,5 m entre linhas.

Os tratamentos consistiram da combinação de doses equivalentes de nitrogênio: N0=0, N1=70 e N2=140 kg ha⁻¹ de N; de Fósforo: P0=0, P1=75e P2=150 kg ha⁻¹ de P₂O₅; de potássio: K0=0, K1=60e K2=120 kg ha⁻¹ de K₂O; ficando identificados da seguinte forma: N0P0K0, N0P1K0, N1P1K1, N1P2K1, N1P2K2, N2P2K1, conforme explicitado na tabela 2. Como fonte dos nutrientes foram usados uréia (45% de N), superfosfato triplo (41% de P₂O₅) e cloreto de potássio (58% de K₂O).

Tabela 2 – Quantidades equivalentes de N, P₂O₅, K₂O, uréia, superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio (KCl), aplicadas nos tratamento em cada parcela.

Tratamento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Uréia	SFT	KCl
	kg ha ⁻¹					
N0P0K0	0	0	0	0	0	0
N0P1K0	0	75	0	0	183	0
N1P1K1	70	75	60	156	183	103
N1P2K1	70	150	60	156	366	103
N1P2K2	70	150	120	156	366	207
N2P2K1	140	150	60	311	366	103

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, sendo as unidades experimentais constituídas por parcelas com cerca de 0,05 ha, contendo 80 plantas (8 linhas x 10 plantas), das quais somente as 48 plantas centrais (6 linhas x 8 plantas) foram utilizadas para as mensurações dendrométricas e 24 plantas centrais (4 linhas x 6 plantas) para coletas de acículas.

Nos três plantios, em dezembro de 2010 foram realizadas primeiramente as mensurações dendrométricas (circunferência a altura do colo- CAC (plantio de um ano), circunferência a altura do peito - CAP e altura - H), coleta de amostra de acículas e de solo, nas camadas 0 - 20 cm e 20 - 40 cm, após procedeu-se aplicação dos tratamentos com a adição dos fertilizantes a lanço e em área total. Nos 6º e 18º meses após a aplicação dos tratamentos (junho/2011 e junho/2012, respectivamente) foram realizadas coletas de acículas e mensurações dendrométricas. No 18º mês também foi realizada amostragem de solo, nas camadas de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm.

A coleta de tecido vegetal foi realizada retirando-se três fascículos de cada ponto cardeal no terço superior da copa, no antepenúltimo lançamento desfolhas dos galhos, para

monitoramento de N, P e K. Os fascículos foram secos a 65 °C em estufa com circulação de ar forçada, até atingir massa constante. Posteriormente as amostras foram moídas, em moinho tipo Wiley, e submetidas à digestão com ácido sulfúrico e água oxigenada, com mistura de digestão (TEDESCO et al.,1995). O N foi separado por arraste de vapor em aparelho semi-micro Kjeldahl e determinado por titulometria com H₂SO₄, o K por fotometria de chama e o P de acordo com a metodologia proposta por Murphy & Riley (1962), por espectrofotometria UV-visível.

O solo foi coletado com trado holandês, em cinco pontos dentro de cada parcela. As amostras, após serem secas em estufa de circulação forçada de ar a 60° C, por 48h, foram moídas e submetidas à análise química. Nas mostras dos solos obtidas em dezembro de 2010 foram feitas análise de caracterização, e nas amostras de junho/2012 foram feitas análises de P e K. O P e o K foram extraídos por método de Mehlich-1 e, respectivamente, determinados por espectrofotometria UV-visível e por fotometria de chama, segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Todas as análises químicas das amostras dos solos e partes das análises de tecido (amostras de junho/2012) foram realizadas pelo Laboratório de Rotina de Análises de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As amostras de tecido coletadas em junho/2012 foram analisadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

A mensuração do CAC (plantio de um ano) e do CAP (plantios de cinco e nove anos) foi realizada com fita métrica e a altura (H) realizada com régua (plantio de um ano) e aparelho Hipsômetro Vertex (plantios de cinco e nove anos). A partir dessas mensurações, os dados foram convertidos para diâmetro à altura do colo (DAC) e diâmetro à altura do peito (DAP).

Foi calculado o volume médio individual (v) e por hectare de cada tratamento utilizando a seguinte equação para o plantio de um ano:

$$v=h.\left(\frac{\pi.DAC^2}{4}\right)$$

E a equação de Schumacher-Hall Log. para os plantios de cinco e nove anos:

$$\ln v=b_0+b_1.\ln d+b_2.\ln h,$$

Onde:

v = volume médio individual em m^3 ;

DAC = diâmetro à altura do colo em m;

d = diâmetro à altura do peito em cm;

h = altura total em m;

b_0, b_1 e b_2 = parâmetros; e

\ln = logaritmo neperiano.

V por hectare = $v \cdot n^\circ$ de árvores

Onde:

V = volume em $m^3 \text{ ha}^{-1}$;

v = volume médio individual em m^3 ; e

n° de árvores = número de árvores por ha (houve variação para cada plantio, em função da sobrevivência: 1533; 1367 e 1400 árvores ha^{-1} , para os respectivos plantios de um, cinco e nove anos).

Após foram calculados aos seis e dezoito meses os Incrementos Correntes em DAC , em DAP , H em H e $V \text{ m}^3 \text{ árvore}^{-1}$ e $V \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, o incremento corrente anual em DAC , DAP , H e $V \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, e o incremento médio anual em $V \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, conforme equações:

Incremento Corrente = Medição aos 6 ou 18 meses – Medição Inicial.

Incremento Corrente Anual = Medição aos 18 meses – Medição Inicial/1,5.

Incremento Médio Anual = Medição aos 18 meses/Idade do plantio.

O incremento corrente anual (ICA) expressa o crescimento ocorrido em um período de 12 meses, correspondendo o que a árvore cresceu no período de um ano. O valor do incremento médio anual (IMA) expressa a média do crescimento total a certa idade da árvore, portanto, expressa a média anual do crescimento para qualquer idade (ENCINAS et al., 2005).

Os dados foram submetidos à análise de variância de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Havendo significância, para avaliação de efeitos individuais entre tratamentos, utilizou-se o Teste de Scott-Knott a 5% de significância, com o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VARIÁVEIS DENDOMÉTRICAS

Houve efeito significativo da aplicação de N, P e K nas diferentes combinações e doses no incremento corrente anual (ICA) de diâmetro à altura do colo ou peito (ICA DAC ou ICA DAP), de altura (ICA H) e de volume de tronco (ICA V) nos três plantios pelo teste F. Deste modo, os dados das referidas variáveis dendrométricas foram submetidas ao Teste de Scott-Knott a 5% de significância, cujos resultados encontram-se tabela 3.

No plantio de um ano, todos os tratamentos que receberam um ou mais nutrientes nas diferentes doses apresentaram maior incremento corrente anual em diâmetro e em altura, proporcionando maior incremento corrente anual de volume de tronco das árvores em relação à testemunha, entretanto, não houve diferença entre os tratamento adubados (Tabela 3). Os incrementos foram de 5,6% para ICA H, variando de 13,8 a 20,7% para o ICA DAC e de 26,1 a 46,2% para ICA V. Isto demonstra que a aplicação de P, combinado ou não com N e K, na fase inicial de desenvolvimento do *Pinus taeda* proporciona a formação de árvores de maior espessura e altura, aspectos que podem refletir futuramente na produção. Segundo Flinn (1985), na Austrália, a fertilização de florestas do gênero *Pinus* é particularmente importante durante a fase de estabelecimento, em que o sistema radicular não está totalmente desenvolvido, sofrendo concorrência das plantas daninhas e tipo de preparo do local, situações onde a fertilização auxilia a planta na transposição destes problemas.

Fernández et al. (2000), observaram que a aplicação de doses crescentes de N, P e K na implantação de *Pinus taeda*, em solos do norte de Corrientes na Argentina, aos 34 meses de idade, resultou em diferenças significativas no DAP, altura total e volume, com relação às doses de nitrogênio e fósforo, não havendo resposta ao potássio.

Para o plantio de cinco anos, os tratamentos N0P1K0, N1P1K1, N1P2K1 e N2P2K1 apresentaram efeitos estatisticamente semelhantes no aumento do incremento corrente anual de diâmetro das árvores, os quais foram superiores aos demais tratamentos (Tabela 3), enquanto para altura os tratamentos N1P1K1, N1P2K1 e N2P2K1 foram superiores aos demais. Os incrementos, nos respectivos tratamentos, foram de 8,0 12,0 e 12,0% no DAP e de 8,0, 8,0 e 12% na H, que consequentemente resultaram em aumentos de 10,1, 14,0 e 15,1% no volume de tronco das árvores, em relação à testemunha. Embora o tratamento com aplicação de apenas P na dose de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (N0P1K0) tenha apresentado aumento de 8% no

DAP, o incremento corrente em altura foi de 4% menor que o observado na testemunha em função da menor altura observada neste tratamento. Dessa forma, o incremento em DAP não foi suficiente para promover aumento significativo no V das árvores. Os dados obtidos com a floresta fertilizada aos cinco anos de idade mostram que além do P, o N e/ou K também estão atuando como fatores limitantes no desenvolvimento do *Pinus*.

No plantio de nove anos, os tratamentos mais eficientes no desenvolvimento das árvores foram o N1P2K1 e N1P2K2, os quais não diferenciaram entre si (Tabela 3). Os respectivos tratamentos promoveram aumentos de 25 e 50% no ICA DAP e de 23,5 e 29,4% no ICA H, resultando em ICA V de 31,1 e 40,6%. De forma semelhante ao plantio de cinco anos, o tratamento N0P1K0 teve efeito significativo em uma das variáveis dendrométricas. Este tratamento promoveu aumento significativo de 23% na altura das árvores em relação à testemunha, entretanto, esse efeito não se refletiu no V. Esse fato pode ser explicado pelo pouco incremento do DAP das árvores, que foi de 12%, o qual não diferiu significativamente da testemunha. Para os demais tratamentos, as diferentes combinações de fontes e doses de fertilizantes não resultaram em aumento significativo do volume de madeira encontrado para a testemunha. O tratamento que possui maior dose de N, N2P2K1, não diferiu da testemunha, e esse efeito pode ser semelhante ao encontrado por Haag (1983) e Voigtlaender (2007), os quais relatam que em algumas situações, a aplicação de N tem se mostrado prejudicial ao desenvolvimento das árvores de *Pinus*.

Os valores de ICA V médios encontrados nos plantios adubados aos cinco e aos nove anos, médias de 66,9 e 76,6 m³ ha⁻¹ respectivamente, são superiores aos apresentados pela Klabin S/A, 57 e 59 m³ ha⁻¹ respectivamente (Figura 1), mostrando que estes sítios produziram madeira além do encontrado nos plantios da empresa.

Dacosta (2008) encontrou valores de 20 a 65 m³ ha⁻¹ de ICA V aos 6,5 anos, dependendo do sítio, sendo que em média o valor obtido neste trabalho foi de 66,9 m³ ha⁻¹, podendo-se considerar que este sítio está em uma ótima condição. Aos 10,6 anos o mesmo autor encontrou valores de 12 a 38 m³ ha⁻¹ de ICA V, sendo que em média o valor obtido neste trabalho foi de 77,6 m³ ha⁻¹, mostrando também que a floresta de nove anos também é um ótimo sítio.

Pelos resultados obtidos pode-se inferir que o melhor efeito da adubação ocorreu sobre o plantio de nove anos, onde os tratamentos N1P2K1 e N1P2K2 trouxeram significativo aumento no volume de tronco das plantas.

Em estudo conduzido no Município de Cambará do Sul-RS, em um Cambissolo Húmico alumínico típico, textura argilosa, com doses crescentes de N, P e K, Vogel et al. (2005) constaram que o *Pinus taeda* L. aos dezenove meses de idade não respondeu ao N, mas respondeu linearmente e quadraticamente à adição de P e K no plantio, com máximo ganho em volume cilíndrico, nas doses de 64 e 87 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

Tabela 3 – Valores de incremento corrente anual (ICA) de diâmetro à altura do colo (DAC), diâmetro à altura do peito (DAP), de altura (H) e de volume de tronco (V) em florestas de *Pinus taeda* com diferentes idades, aos 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizadas em Otacílio Costa/SC.

Tratamento ⁽¹⁾	<i>Pinus de um ano</i>			<i>Pinus de cinco anos</i>			<i>Pinus de nove anos</i>		
	ICA DAC	ICA H	ICA V	ICA DAP	ICA H	ICA V	ICA DAP	ICA H	ICA V
	cm	m	m ³ ha ⁻¹	cm	m	m ³ ha ⁻¹	cm	m	m ³ ha ⁻¹
N0P0K0	2,9 b	1,8 b	17,7 b	2,5 b	2,5 b	62,5 b	0,8 b	1,7 c	63,4 b
N0P1K0	3,4 a	1,9 a	22,2 a	2,7 a	2,4 c	65,7 b	0,9 b	2,0 b	77,7 b
N1P1K1	3,5 a	1,9 a	25,2 a	2,7 a	2,7 a	68,7 a	0,9 b	1,8 b	75,2 b
N1P2K1	3,4 a	1,9 a	22,9 a	2,8 a	2,7 a	71,2 a	1,0 b	2,1 a	83,2 a
N1P2K2	3,4 a	1,9 a	22,6 a	2,5 b	2,3 c	61,6 b	1,2 a	2,2 a	89,2 a
N2P2K1	3,3 a	1,9 a	22,2 a	2,8 a	2,8 a	71,9 a	0,9 b	1,8 b	71,0 b
Probabilidade > F	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	15,1	8,0	27,6	17,2	9,0	20,1	32,8	14,0	31,6

⁽¹⁾ N0P0K0 = 0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O; N0P1K0 = 0, 75 e 0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P1K1 = 70, 75 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P2K1 = 70, 150 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P2K2 = 70, 150 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N2P2K1 = 140, 150 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

*,^{ns} Indicam, respectivamente, que os tratamentos foram significativos a $p \leq 0,05$ e não significativos pelo teste F.

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

A estimativa do incremento médio anual (IMA) do volume de madeira de *Pinus taeda*, apresentada figura 2, revela que os tratamentos com adubação e que promoveram aumentos significativos no ICA V, principalmente nos plantios de um e nove anos (Tabela 3), proporcionaram efeitos semelhantes no aumento do IMA.

No plantio de um ano, todos os tratamentos que receberam adubação (independente do nutriente e dose) aumentaram significativamente o IMA em relação à testemunha, porém, não diferenciaram entre si (Figura 2a). Os aumentos do IMA nos tratamentos que receberam adubação variaram de 23,0 a 40%, em relação a testemunha.

No plantio de nove anos, somente os tratamentos N1P2K1 e N1P2K2 promoveram incrementos estatisticamente maiores no IMA (15,5 e 13,9%, respectivamente) em relação a testemunha, mas não apresentaram diferença entre si (Figura 2c). Dacosta (2008), encontrou valores de 14 a 42 m³ ha⁻¹ de IMA em diferentes sítios, sendo que em média os valores obtidos em nosso trabalho foi de 39,2 m³ ha⁻¹, pode-se considerar que este sítio está numa condição boa.

Já para o plantio de cinco anos, estatisticamente diferentemente do que ocorreu no ICA V (Tabela 3), apenas os tratamentos N1P2K1 e N2P2K1 produziram aumento significativo do IMA em valores próximos (6,7 e 8,15%, respectivamente), os quais foram estatisticamente superiores aos apresentados pela testemunha e demais tratamentos, que não diferenciaram entre si (Figura 2b). O aumento do ICA V, promovido aplicação do tratamento N1P1K1 (70, 75 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente) não foi suficiente para aumentar significativamente o IMA. Isto pode ter ocorrido devido ao menor desenvolvimento das árvores antes da aplicação da adubação, pois o IMA considera o crescimento da planta desde o plantio, ou seja, a adubação com estas doses promoveu um aumento de volume, porém ainda não o suficiente para aumentar o IMA. Dacosta (2008) obteve valores de 12 a 34 m³ ha⁻¹ de IMA em diferentes sítios, sendo que em média os valores obtidos em nosso trabalho foi de 29,3 m³ ha⁻¹, valores inferiores aos encontrados no experimento fertilizado aos nove anos de idade.

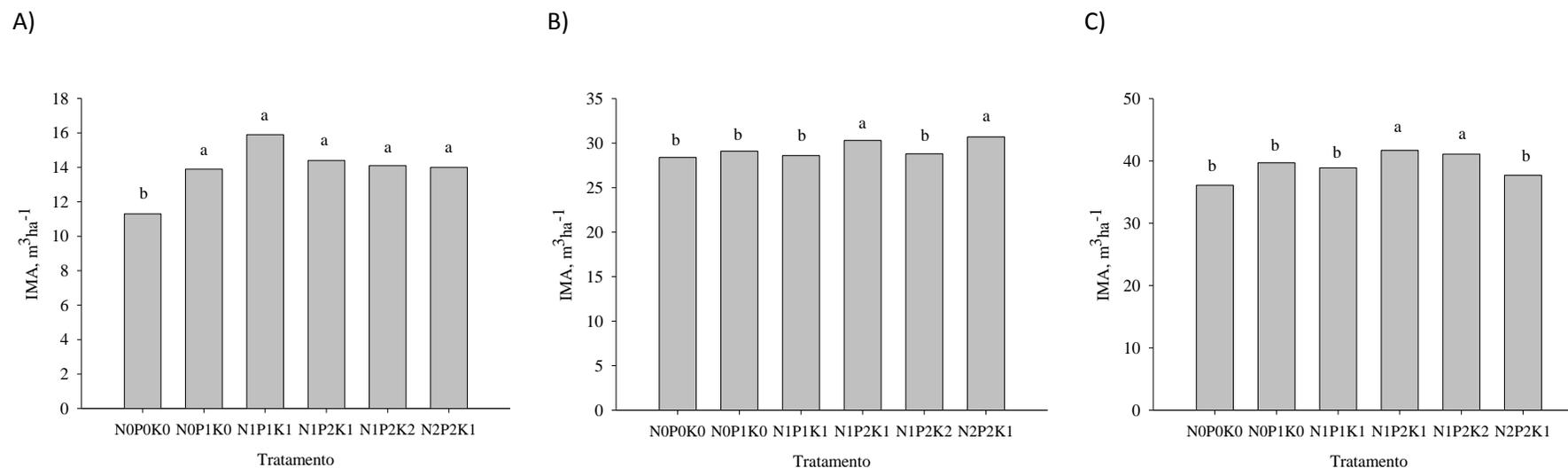
Os resultados desse trabalho estão de acordo com o relato feito por Ferreira et al. (2001), onde em estudo de revisão de trabalhos com adubação em *Pinus* no Brasil, os autores observaram que o *Pinus* responde a adubação, e que incrementos em volume de madeira podem chegar em solos pobres a 20% ou mais.

Os valores de IMA encontrados nos plantios adubados aos cinco e aos nove anos, médias de 29,3 e 39,2 m³ ha⁻¹ respectivamente, são superiores aos apresentados

pela Klabin S/A, 26 e 36 m³ ha⁻¹ respectivamente (Figura 1), novamente mostrando que estes sítios produziram madeira além do comumente observado nos plantios da empresa.

Em estudo com *Pinus taeda*, cultivado num Nitossolo em Capão Alto/SC, Simonete et al. (2011) verificaram que aplicação de adubação no plantio com doses partir de 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ utilizando-se a formulação 6:30:6 (N:P₂O₅:K₂O), promoveu incremento significativo de 13% no volume de madeira do *Pinus* aos cinco anos de idade, em relação a aplicação da mesma dose de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo e testemunha.

Figura 2 - Estimativa do incremento médio anual (IMA) de volume de madeira em florestas de *Pinus taeda* de um (a), cinco (b) e nove (c) anos, avaliados aos 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizadas em Otacílio Costa/SC.



N0P0K0 = 0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O; N0P1K0 = 0, 75 e 0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P1K1 = 70, 75 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P2K1 = 70, 150 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P2K2 = 70, 150 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N2P2K1 = 140, 150 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

4.2 TEOR FOLIAR DE N, P E K

Em geral, não houve efeito significativo da aplicação dos tratamentos nos teores de N, P e K nas acículas dos três plantios de *Pinus*, nos dois períodos de avaliação (Tabela 4). Exceto para o plantio de cinco anos, onde os teores de K nos tratamentos N1P2K1, N1P2K2 e N2P2K1 aos 6 meses de avaliação foi inferior aos demais tratamentos, e os teores de P nos tratamentos N1P1K1, N1P2K1 e N1P2K2 aos 18 meses de avaliação foi superior aos demais tratamentos. Contudo, embora diferentes estatisticamente, os teores são semelhantes e provavelmente sem nenhuma consequência nutricional maior, já que se encontram em uma mesma faixa de disponibilidade.

Considerando o estado nutricional geral dos plantios de *Pinus*, os teores de N e P nas acículas dos três plantios aos 6 e 18 meses de avaliação (Tabela 4) encontram-se dentro e/ou acima da faixa considerada adequada de 1,1 a 1,6% e de 0,08 a 0,14%, respectivamente, citadas por Gonçalves (1995). Os teores de N nos três plantios, aos 6 meses de avaliação, encontram-se dentro da faixa considerada adequada. Já aos 18 meses da avaliação, a maioria dos tratamentos dos plantios de cinco e nove anos apresentou valores superiores aos mencionados pelo autor, onde os valores variam de 1,57 a 1,73% e 1,70 a 1,73%, respectivamente.

Quanto aos teores de P, grande parte dos tratamentos nos três plantios apresentaram valores superiores à faixa mencionada como adequada, cujas variações foram de 0,15 a 0,25%, 0,13 a 0,29% e 0,10 a 0,25% nos plantios de um, cinco e nove anos, respectivamente. No segundo período de avaliação, os teores desse nutriente em praticamente todos os tratamentos nos três plantios encontram-se dentro da faixa considerada adequada para o *Pinus*.

Para o K, o teor nas acículas observado aos 6 meses após a aplicação dos tratamentos em todos os plantios encontram-se dentro da faixa adequada de 0,6 a 1,0% (GONÇALVES, 1995). Entretanto, aos 18 meses de avaliação o teor deste nutriente apresentou-se abaixo da faixa considerada adequada apresentada pelo mesmo autor, variando de 0,49 a 0,52%, 0,49 a 0,59% e de 0,50 a 0,58%, nos respectivos plantios de um, cinco e nove anos.

Tabela 4 - Teores médios de N, P e K nas acículas em florestas de *Pinus taeda* com diferentes idades, aos 6 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos, localizadas em Otacílio Costa/SC.

Tratamento ⁽¹⁾	<i>Pinus de um ano</i>			<i>Pinus de cinco anos</i>			<i>Pinus de nove anos</i>		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Teores aos 6 meses (%)									
N0P0K0	1,24	0,15	0,75	1,24	0,24	0,80 a	1,20	0,10	0,63
N0P1K0	1,37	0,15	0,89	1,17	0,19	0,76 a	1,32	0,17	0,64
N1P1K1	1,30	0,22	0,87	1,26	0,29	0,76 a	1,28	0,19	0,75
N1P2K1	1,31	0,23	0,86	1,30	0,29	0,73 b	1,55	0,25	0,60
N1P2K2	1,27	0,20	0,73	1,13	0,18	0,68 b	1,26	0,13	0,71
N2P2K1	1,38	0,25	0,92	1,20	0,13	0,67 b	1,34	0,15	0,57
Probabilidade > F	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	6,6	31,7	12,7	4,7	33,6	4,3	12,8	49,6	24,7
Teores aos 18 meses (%)									
N0P0K0	1,47	0,12	0,49	1,63	0,14 b	0,52	1,73	0,15	0,54
N0P1K0	1,43	0,14	0,52	1,60	0,14 b	0,49	1,73	0,17	0,54
N1P1K1	1,50	0,13	0,50	1,70	0,16 a	0,59	1,75	0,15	0,53
N1P2K1	1,47	0,14	0,51	1,57	0,15 a	0,54	1,70	0,16	0,50
N1P2K2	1,43	0,14	0,52	1,73	0,16 a	0,56	1,70	0,16	0,58
N2P2K1	1,43	0,13	0,50	1,67	0,14 b	0,53	1,70	0,16	0,52
Probabilidade > F	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6,1	8,9	10,3	8,0	6,4	9,7	5,2	6,6	8,0

⁽¹⁾ N0P0K0 = 0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O; N0P1K0 = 0, 75 e 0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P1K1 = 70, 75 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P2K1 = 70, 150 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P2K2 = 70, 150 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N2P2K1 = 140, 150 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. *, ns Indicam, respectivamente, que os tratamentos foram significativos a p ≤ 0,05 e não significativos pelo teste F.

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

4.3 TEOR DE P E K NO SOLO

Em geral, não foi constatado efeito da adição dos fertilizantes contendo N, P e K, nas diferentes combinações e doses nos teores de P e K extraídos por Mehlich-1, nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm dos solos utilizados neste estudo, após 18 meses da aplicação dos tratamentos (Tabela 5).

Os teores de P no solo aos 18 meses após a aplicação dos tratamentos, na camada de 0-20 cm, variaram de 3,1 a 4,5 mg dm⁻³ no plantio de um ano, de 3,4 a 6,6 mg dm⁻³ no plantio de cinco anos, e de 2,6 a 3,7 mg dm⁻³ no plantio de nove anos. Na

camada de 20-40 cm, os teores variaram de 2,5 a 3,4 mg dm⁻³, 2,6 a 3,1 mg dm⁻³ e 1,8 a 2,6 mg dm⁻³ nos respectivos plantios de um, cinco e nove anos (Tabela 5).

Para os teores de K, na camada de 0-20 cm, os respectivos plantios de um, cinco e nove anos apresentaram variação de 29,3 a 40,0 mg dm⁻³, 35,7 a 50,3 mg dm⁻³ e 21,0 a 27,0 mg dm⁻³. Já na camada de 20-40 cm, os respectivos plantios apresentaram variação de 25,7 a 36,7 mg dm⁻³, 30,7 a 35,7 mg dm⁻³ e 13,0 a 21,7 mg dm⁻³ (Tabela 5).

Quando comparado os teores iniciais de P nos solos da camada de 0 a 20 cm (Tabela 1) e após 18 meses da aplicação dos tratamentos (Tabela 5), constatou-se que os teores de P no solo no plantio de um ano, em todos os tratamentos, permaneceram classificados como “muito baixo”, segundo os limites de interpretação de teores de nutrientes disponíveis no solo estabelecidos pela Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC (2004). Nos plantios de cinco e nove anos, a faixa de classificação passou de “baixo” para “muito baixo” em praticamente todos os tratamentos, exceto para o tratamento N2P2K1 no plantio de cinco anos, onde teor permaneceu classificado como “baixo”.

Para os teores de K (Tabela 5), efeito semelhante ao teor de P nos solos foi observado nos plantios de um de cinco anos, onde os teores de K na camada de 0 a 20 cm dos solos passaram de “médio” a “baixo” em todos os tratamentos. Para o plantio de nove anos a classe de teores de K passou de “baixo” para “muito baixo”, em todos os tratamentos (Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC, 2004).

A não percepção de efeito da adição de P e K no solo, após 18 meses da aplicação dos diversos tratamentos, pode estar associada a fatores como absorção destes nutrientes pelos plantios, lixiviação (no caso do K), fixação ao solo (no caso o P) e, ao fato de que os fertilizantes foram aplicados na superfície do solo (sobre a serapilheira), podendo, deste modo, principalmente o P (elemento pouco móvel no solo) estar localizado nas camadas mais superficiais do solo (como 0 a 2,5 cm) e ter seu efeito então minimizado na amostragem de 0 a 20 cm.

Paim (2007) estudando o efeito da aplicação de lama de cal e cloreto de potássio, sobre *Pinus taeda*, em um Latossolo Vermelho Distrófico típico em Três Barras/SC, também observou que os níveis de cloreto de potássio utilizados não proporcionaram aumento dos níveis de potássio no solo.

Tabela 5 - Teores médios de fósforo e potássio nos solos extraídos por Mehlich-1, em florestas de *Pinus* com diferentes idades, após 18 meses da aplicação dos tratamentos, localizadas em Otacílio Costa/SC.

Tratamento ⁽¹⁾	<i>Pinus</i> de um ano		<i>Pinus</i> de cinco anos		<i>Pinus</i> de nove anos	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
	Fósforo (mg dm ⁻³)					
N0P0K0	3,1	2,5	3,6 b	2,8	2,6	2,0
N0P1K0	3,4	2,7	3,9 b	2,8	3,7	1,8
N1P1K1	4,1	2,8	3,4 b	3,1	3,1	1,9
N1P2K1	3,4	3,4	3,7 b	3,0	3,4	2,6
N1P2K2	3,7	3,3	4,1 b	2,6	2,9	1,9
N2P2K1	4,5	2,6	6,6 a	2,9	3,5	2,3
Probabilidade > F	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV (%)	29,3	17,6	31,1	14,7	41,6	23,0
	Potássio (mg dm ⁻³)					
N0P0K0	32,0	33,0	39,0	31,3	26,7	14,3
N0P1K0	29,3	25,7	38,3	33,3	22,3	13,0
N1P1K1	40,0	32,7	35,7	33,0	21,0	13,3
N1P2K1	35,0	35,0	37,7	30,7	25,7	18,0
N1P2K2	36,0	36,7	50,3	31,7	27,0	21,7
N2P2K1	32,7	26,3	44,3	35,7	22,0	14,3
Probabilidade > F	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	23,3	22,8	16,2	15,8	16,5	35,0

⁽¹⁾ N0P0K0 = 0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O; N0P1K0 = 0, 75 e 0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P1K1 = 70, 75 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P2K1 = 70, 150 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P2K2 = 70, 150 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N2P2K1 = 140, 150 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. *, ns Indicam, respectivamente, que os tratamentos foram significativos a p ≤ 0,05 e não significativos pelo teste F.

Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

5 CONCLUSÕES

O *Pinus taeda* responde a adubação NPK em incrementos no volume de madeira, quando aplicada nas idades de um, cinco e nove anos.

No plantio de um ano, incremento significativo no volume de madeira pode ser obtido com aplicação de 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 , evidenciando a importância da adição desse nutriente no crescimento inicial do *Pinus*.

Para os plantios de cinco e nove anos, a adição de doses a partir de 70, 75 e 60 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente, promovem incrementos significativos no volume de madeira do *Pinus*.

6 REFERÊNCIAS

ANUÁRIO ESTATÍSTICO ABRAF 2012: ano base 2011. Brasília, DF: ABRAF, 2012. Disponível em:<www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>. Acesso em: 21 dez. 2012.

ASSMANN, E. **The principle of forest yield study**. New York: Pergamon Press. 1970.

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.

BAKER, J.B.; O.G. LANGDON. *Pinus taeda* L. loblolly pine. In Silvics Manual Volume 1: Conifers. Agricultural Handbook 654. Eds. R.M. Burns and B.H. Honkala. USDA For. Serv., Washington, DC, pp 1018–1051. 1990.

BIZON, J. M. C. **Avaliação da sustentabilidade nutricional de plantio de *Pinus taeda* L. usando um balanço de entrada-saída de nutrientes**. 2005. 95 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2005.

BRUN, E.J.; BRUN, F.G.K.; MEYER, E.A.; SCHUMACHER, M.V. & TRÜBY, P. Variação da acidez do solo sob plantios de *Pinus elliottii* Engelm. de diferentes idades, na região central do Rio Grande do Sul. **Synergismus scyentifica UTFPR**, 04: 25-27, 2009.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

DACOSTA, L. P. E. **Relações Biométricas em Povoamentos Jovens de *Pinus taeda* L. na Província de Corrientes, República Argentina**. 2008. 128p. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. **Comunicações Técnicas Florestais:** Idade e crescimento das arvores. Brasília, DF, v. 7, n. 1, 43p, dez. 2005.

FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D.; REISSAMNN, C.B.; BELLOTE, A.F.J., MARQUES, R. **Nutrição de Pinus no sul do Brasil – diagnóstico e propriedades de pesquisa.** Colombo: Embrapa Florestas. 2001, 23p. (Documentos, 60).

FERNÁNDEZ, R.; et al. **Respuesta del *Pinus taeda* y la *Araucaria angustifolia* a la adición de N, P y K em la implantación.** In: SILVOARGENTINA I, Governador Virasoro, Corrientes, 2000. CD-Rom.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal.** Santa Maria: UFSM, CEPEF-FATEC, 1992.

FLINN, D.W. Practical aspects of the nutrition of exotic conifer plantations and native eucalypt forests in Australia. **Research for Forest Management.** Mel Bourne: CSIRO, 1985. 296 p.

FOX, T.R., H.L. ALLEN, T.J. ALBAUGH, R.A. RUBILAR; CARLSON, C.A. Tree nutrition and forest fertilization of pine plantations in the southern United States. **South. J. Appl. For.** 31:5–11. 2007.

GARICOITS, L. S. L.. **Estado nutricional e Fatores do solo Limitantes do crescimento de *Pinus taeda* L. em Telêmaco Borba (PR).** 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, v.15, p.1-23, 1995.

HAAG, P.H. Nutrição mineral de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Araucaria* e Gmelinas no Brasil. Campinas. São Paulo, Fundação Cargil, 1983. 101p.

JUVENAL, T.L.; MATTOS, R.L.G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDES Setorial, 16:3-30, 2002.

KRONKA, J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. A cultura do Pinus no Brasil. São Paulo: **Sociedade Brasileira de Silvicultura**, 2005.

Lopes, M. I. M. S., Gurgel, M. D. O., Garrido, L. D. A., & Mello, F. **Adubação mineral de *Pinus oocarpa* schiede**. Anais da E.S.A. Luiz de Queiroz, 40:585-601, 1983.

MURPHY, J. RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, Oxford, v 27, p. 31-36, 1962.

PAIM, R. M. **Efeito do uso de lama de cal e cloreto de potássio no solo, estado nutricional e crescimento do *Pinus taeda* L., sobre Latossolo**. 2007. 170 f Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

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

SANTA CATARINA. Otacílio Costa. Disponível em: <<http://www.sc.gov.br/portalturismo/Default.asp?CodMunicipio=285&Pag=1>>. Acesso em 26 de Agosto de 2012.

SCHRANDER, L. E. CO₂ metabolism and productivity in C₃ plants: an assessment. In: BURRIS, R. H.; BLACK, C. C. (Ed.). **CO₂ metabolism and plant productivity**. Baltimore: University Park Press, 1975. p. 385-396.

SCHUMACHER, M.V. Impactos ambientales de las plantaciones de pinus e eucaliptos. In: SILVOARGENTINA I, Governador Virasoro, Corrientes, 2000. CD-Room.

SIMONETE , M. A. et al. **O efeito da adubação de plantio em *Pinus taeda* L. aos cinco anos de idade.** In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Uberlândia, Minas Gerais, 2011. CD-Room.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Estatísticas.** Disponível em: <http://www.sbs.org.br/area_plantada.htm>. Acesso em: 20 dez.2012.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. & BOHNEN, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).

VIEIRA, M. SCHUMACHER, M.V. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.1, p.85-94, 2010.

VOGEL, H.L.M.; SCHUMACHER, M.V.; STORCK, L. WITSCHORECK, R. Crescimento inicial de *Pinus taeda* L. relacionado a doses de N, P e K. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 199-206. 2005.

WELLS C.G.; JORGENSEN. J.R. Nutrient cycling in loblolly pine plantations. In: BERNIER, B.; WINGET. C. H. **Forest soils and forest land management.** Quebec, LavalUniversity Press, 1975. p. 137-158.

ANEXOS

Tabela 6 - Valores médios de incremento corrente em diâmetro à altura do colo (IC DAC) e do peito (IC DAP), incremento corrente em altura (IC H) e incremento corrente em volume de tronco (IC V) em florestas de *Pinus taeda* com diferentes idades, aos 6 e 18 meses após a aplicação dos tratamentos.

Tratamento ⁽¹⁾	<i>Pinus de um ano</i>			<i>Pinus de cinco anos</i>			<i>Pinus de nove anos</i>		
	IC DAC	IC H	IC V	IC DAP	IC H	IC V	IC DAP	IC H	IC V
	cm	m	m ³ ha ⁻¹	cm	m	m ³ ha ⁻¹	cm	m	m ³ ha ⁻¹
Medida aos 6 meses									
N0P0K0	0,6 c	0,9 b	2,4 c	1,6 b	1,4 b	33,4 b	0,5 b	0,7 d	31,5 c
N0P1K0	0,9 b	1,0 a	3,1 b	1,8a	1,3 b	35,8 b	0,6 b	1,9 a	62,7 a
N1P1K1	1,1 b	1,0 a	4,4 a	1,8 a	1,3 b	34,1 b	0,6 b	1,0 c	39,7 b
N1P2K1	0,9 b	1,0 a	3,4 a	1,9 a	1,4 b	37,8 a	0,6 b	1,5 b	51,9 a
N1P2K2	1,3 a	1,1 a	4,4 a	1,8 a	1,3 b	36,1 a	0,8 a	1,6 b	57,7 a
N2P2K1	1,0 b	1,0 a	3,8 a	2,0 a	1,5 a	40,3 a	0,6 b	1,1 c	42,1 b
Medida aos 18 meses									
N0P0K0	4,3 b	2,6 b	26,5 b	3,7 b	3,8 b	93,7 b	1,2 b	2,5 c	95,2 b
N0P1K0	5,1 a	2,8 a	33,2 a	4,0 a	3,6 c	98,6 b	1,3 b	3,1 a	116,6 b
N1P1K1	5,2 a	2,9 a	37,7 a	4,1 a	4,0a	103,0 a	1,4 b	2,8 b	108,8 b
N1P2K1	5,0 a	2,9 a	34,4 a	4,1 a	4,0 a	106,8 a	1,4 b	3,2 a	124,8 a
N1P2K2	5,1 a	2,9 a	33,8 a	3,7 b	3,5 c	92,4 b	1,8 a	3,4 a	133,8 a
N2P2K1	4,9 a	2,8 a	33,3 a	4,2 a	4,1 a	107,8 a	1,4 b	2,7 b	106,6 b

⁽¹⁾ N0P0K0 = 0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O; N0P1K0 = 0, 75 e 0 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P1K1 = 70, 75 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P2K1 = 70, 150 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N1P2K2 = 70, 150 e 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente; N2P2K1 = 140, 150 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra em cada coluna e dentro de cada tempo de medida não diferem pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.