

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THAYS SCHNEIDER

CRESCIMENTO E TEORES DE B, Cu, Mn, Fe E Zn EM *Pinus taeda* L., COMO
RESULTADO DA ADUBAÇÃO E CALAGEM SOB A TÉCNICA DA OMISSÃO DE
NUTRIENTES.

CURITIBA

2011

THAYS SCHNEIDER

CRESCIMENTO E TEORES DE B, Cu, Mn, Fe E Zn EM *Pinus taeda* L., COMO RESULTADO DA ADUBAÇÃO E CALAGEM SOB A TÉCNICA DA OMISSÃO DE NUTRIENTES.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Qualidade e Sustentabilidade Ambiental, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann
Co-orientador: Prof. Antônio Carlos Vargas Motta

CURITIBA

2011

S359 Schneider, Thays

Crescimento e teores de B, Cu, Mn, Fe e Zn em *Pinus taeda* L., como resultado da adubação e calagem sob a técnica da omissão de nutrientes / Thays Schneider. – Curitiba, 2011. 50 f. il.

Orientador: Carlos Bruno Reissmann

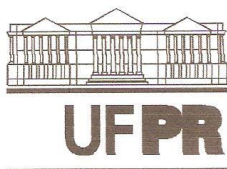
Co-orientador: Antônio Carlos Vargas Motta

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

1. Solos ácidos. 2. Calagem dos solos. 3. Solos – Correção
I. Reissmann, Carlos Bruno. II. Motta, Antonio Carlos Vargas.
III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias.
Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

CDU 631.415

Modelo

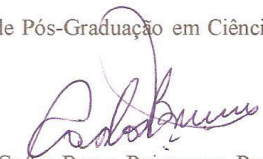


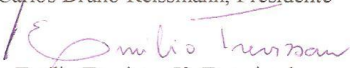
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO (MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648
Página: www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/
E-mail: pgcsolo@ufpr.br


PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **THAYS SCHNEIDER**, sob o título: "**Crescimento e teores de B, Cu, Mn, Fe e Zn em *Pinus taeda* L., como resultado da adubação e calagem sob a técnica da omissão de nutrientes**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido a candidata, são de Parecer pela "XXXXXXXXXX" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 18 de julho de 2011.


Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, Presidente


Prof. Dr. Emilio Trevisan, Iº. Examinador


Engenheiro Florestal Dr. Edinelson José Maciel Neves, IIº. Examinador



A Deus, minha fonte de fé; aos meus pais Ingo Juarês
Schneider e Sibebe Schneider que com tanto amor e
perseverança me ensinaram a lutar por meus sonhos; ao
meu noivo e amigos, dos quais abdiquei dias de
convívio de minha vida para a realização de meu
engrandecimento pessoal e profissional.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela Sua divina proteção, sabedoria e amor concedido a mim para que eu pudesse levar adiante esta obra.

Ao Professor Carlos Bruno Reissmann pela orientação com valiosas sugestões, idéias, dedicação e amizade demonstradas, um agradecimento muito especial.

Ao Doutor Antônio Carlos Vargas Motta pela co-orientação e pelo modo empenhado e estimulante com que acompanhou todas as fases do trabalho e pela constante disponibilidade demonstrada para realizar as mais diversas tarefas relacionadas com a orientação e execução do trabalho.

A empresa Valor Florestal, sob a representação do Eng. Florestal Renato Teixeira Lima, pela concessão da área experimental e dados relevantes ao desenvolvimento do projeto. Ao Técnico Antônio (Mineiro) pelo apoio na coleta das amostras, bem como a toda equipe pelo desenvolvimento do campo experimental. À Melina Panek, amiga e futura engenheira florestal que me ajudaste nas análises laboratoriais.

À minha fiel amiga Araína Hulmann Batista com a qual compartilhei momentos bons e ruins, mas que sempre foi uma companheira, me apoiando e orientando com diversos conselhos e com muita disposição efetivamente soube ajudar-me na elaboração da dissertação. À Lorena Mazza, grande amiga que descobri nesta longa jornada.

A minha querida tia, Cristhiane Ida Burgath que me hospedou em sua casa e que com seus cuidados construímos mais que um vínculo familiar.

Gostaria de agradecer ao Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, pela disponibilização dos laboratórios de fertilidade, biogeoquímica e física do solo, sem o qual a realização deste trabalho não teria sido possível.

Aos Srs. Aldair, Roberto, Reginaldo, Elda e Maria pelo auxílio nas análises laboratoriais.

A todos os meus colegas e amigos que direta ou indiretamente muito colaboraram para a realização deste trabalho, como Araína Hulmann Batista, Iara Lang Martins e Maurício Hashimoto, em especial aos da minha turma de Mestrado de 2009, bem como o estagiário Rodrigo que ajudou muito durante as coletas e laboratório.

Ao meu noivo, Thiago Luiz Pomkerner, que pacientemente contribuiu com seus conhecimentos para o término deste empreendimento, mas que também me apoiou dedicando seu amor e carinho inesgotável. Aos meus pais, por abdicastes dos seus sonhos para realizar os meus.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	8
HIPÓTESES	9
OBJETIVOS	9
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	10
2.2 AMOSTRAGEM	11
2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	12
2.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	13
2.5 AMOSTRAGEM DO SOLO E ANÁLISE QUÍMICA	15
2.6 AMOSTRAGEM DAS ACÍCULAS E ANÁLISE QUÍMICA FOLIAR	15
2.7 AMOSTRAGEM DAS ÁRVORES E ANÁLISE DO INCREMENTO	15
2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA	16
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1 FERTILIDADE DO SOLO.....	17
3.2 NUTRIÇÃO MINERAL DAS ACÍCULAS DA COPA E DA SERAPILHEIRA	22
3.4 INCREMENTOS EM ALTURA E VOLUME.....	39
4 CONCLUSÕES.....	41
5 LITERATURA CITADA.....	41
APÊNDICES.....	47
RESUMO BIOGRÁFICO.....	49

CRESCIMENTO E TEORES DE B, Cu, Mn, Fe E Zn EM *Pinus taeda* L., COMO RESULTADO DA ADUBAÇÃO E CALAGEM SOB A TÉCNICA DA OMISSÃO DE NUTRIENTES.

RESUMO

Os solos brasileiros, principalmente os do cerrado, são bastante intemperizados e com baixa fertilidade natural, sendo provavelmente essas características a responsável pelo aparecimento de deficiências nutricionais nos plantios de *Pinus taeda* localizados no município de Jaguariáiva - PR. Com o objetivo de identificar o elemento mais limitante bem como, avaliar a influência da adubação e calagem nos teores Cu, Mn, Fe, Zn e B no solo, serapilheira e acículas, e quantificar o crescimento em altura e volume em função dos tratamentos, foi instalado em dois talhões de 5 anos e conduzido por dois anos, sob a técnica de diagnose por subtração. Foram concebidos os seguintes tratamentos: Completo (macronutrientes: N, P e K) + micronutrientes (Zn, B, Cu, Mo) + calagem (calcário dolomítico)]; menos macronutrientes; menos micronutrientes; menos K; menos Zn; menos calagem e testemunha. O efeito dos tratamentos foi avaliado pelos teores disponíveis de Cu, Zn, Mn e Fe por Mehlich I e B por água quente (nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm), características da serapilheira como espessura, massa e teor de nutrientes, teor de nutrientes nas acículas da copa, e avaliação da altura e volume das árvores dominantes. Os solos apresentavam baixos valores de Cu, Mn e Zn extraído disponível, diferente do observado para Fe e B. O aumento de Zn e Cu disponíveis ocorreu na camada de 0-5 cm, enquanto o B afetou todas as profundidades avaliadas, indicando baixa e alta mobilidade dos elementos, respectivamente. A aplicação de Cu e Zn proporcionou aumento de dezenas até centenas de vezes no teor da serapilheira, principalmente na serapilheira mais velha. Os teores de B na acícula indicaram um rápido e expressivo aumento no teor tanto no primeiro e segundo lançamento, nos dois anos avaliados acompanhando os aumentos no solo. Baixos valores de Zn e Cu e alto de Mn foram observados na acícula. Em geral, a concentração de Fe e Mn nas acículas decresceu com uso de adubo e/ou calcário, para o segundo ano avaliado. Diferente do observado no solo, o uso de Zn e Cu não resultou em grande aumento no teor nas acículas, mantendo o teor em nível baixo para ambos os anos e solos. Ainda, a omissão dos mesmos e a testemunha, proporcionaram menores valores na acícula em algumas condições, não sendo consistente. Menor quantidade de serapilheira foi encontrada na testemunha sugerindo menor adição no período estudado. Menor incremento no volume de madeira foi observado com omissão de macronutrientes para área II em relação ao completo e tendência foi observado para testemunha nas duas áreas avaliadas.

Palavras - chave: Pinus, serapilheira, acidez do solo, micronutrientes.

GROWTH AND CONCENTRATION OF B, Cu, Mn, Fe and Zn IN *Pinus taeda* L., AS A RESULT OF FERTILIZATION AND LIMING IN THE TECHNIQUE OF DIAGNOSIS BY SUBSTRATION OF NUTRIENTS.

ABSTRACT

Brazilian soils, especially those of the cerrado, are highly weathered, low fertility, these characteristics are probably responsible for the development of nutritional deficiencies in *Pinus taeda* plantations located in the municipality of Jaguariáiva - PR. In order to identify the most limiting element as well as assess the influence of liming and fertilization levels in Cu, Mn, Fe, Zn and B in soil, litter and needles, and quantify the growth in height and volume in the treatments, an experiment was conducted in two stands of 5 years and led for two years under the diagnosis by subtraction technique. The following treatments were designed: Complete [(macronutrients: N, P and K) plus micronutrients (Zn, B, Cu, Mo) + lime (dolomitic limestone)], less nutrients, less micronutrients; less K, less Zn, less lime and control. The effect of the treatments was evaluated by the available concentration of Cu, Zn, Mn and Fe, Mehlich I and B by hot water (layers 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 and 40-60 cm), characteristics such as thickness of the litter, mass and nutrient content, nutrient content in needles of the canopy, and evaluation of height and volume of the dominant trees. The soils had low values of Cu, Mn and Zn extracted available different from that observed for Fe and B. The increase in available Zn and Cu occurred in the 0-5 cm layer, while B has affected all depths, indicating low and high mobility, respectively. The application of Cu and Zn resulted in an increase of tens to hundreds of times the content of the litter, especially in the older. The levels of B in the needles showed a rapid and significant increase in content in both the first and second flush, evaluated in the two years following the increases in the soil. Low values of Zn and Cu and high Mn were observed in the needles. In general, the concentration of Fe and Mn in needles decreased with the use of fertilizer and / or limestone, for the second year evaluated. Different from that observed in the soil, the use of Zn and Cu did not result in large increase in the content in the needles, keeping the content at a low level for both years and soil. Still, the omission of them and the control, provided lower values on the needles in some conditions, which is not consistent. Smaller amount of litter was found in the control suggesting less studied period in addition. Smaller increase in wood volume was observed with the omission of macronutrients in relation to area II and the complete trend was observed for a control in two areas.

Index term: Pine, litter, soil acidity, micronutrients.

1 INTRODUÇÃO

À medida que os empreendimentos florestais vêm sendo implantados em solos de baixa fertilidade natural, cresce a importância de estudos a respeito das exigências de micronutrientes pelo pinus. Dessa maneira, a diagnose apurada das deficiências nutricionais em um determinado sistema solo-planta é o pré-requisito essencial para a adequada correção do solo.

As principais áreas de produção de pinus no 2º Planalto Paranaense estão localizadas em regiões caracterizadas por solos ácidos, baixa saturação por bases e frequentemente com altos níveis de alumínio trocável (Santos Filho & Rocha, 1987; Laso Garicoits, 1990, Lopes, 1996) e manganês em quantidades elevadas nas acículas que podem limitar o desenvolvimento das plantas. Contudo, Chaves & Corrêa (2003) trabalharam com *Pinus caribaea* na região de cerrado em Minas Gerais, com sintomas de deficiência mineral seguido de morte precoce. Foi possível identificar que menores teores de manganês no solo bem como nas acículas seriam os fatores determinantes para o amarelecimento, pois apresenta diferença significativa no seu teor, em relação a plantas normais.

Porém, estão sendo encontradas espécies de pinus crescendo em sítios extremamente pobres, nos quais, apesar da expectativa de produção estar aquém do satisfatório, os pinheiros tem revelado uma capacidade extraordinária de se desenvolverem nesse tipo de solo.

Portanto as classes de menor crescimento estariam associadas aos solos menos férteis, uma vez que a prática de adubação é inexistente na cultura do pinus, além da espécie tolerar níveis deficientes.

A constante exploração florestal, promovendo a exportação de nutrientes, combinada a uma ciclagem incompleta e insuficiente verificada pelo intenso acúmulo de serapilheira e a exaustão do solo, pode estar contribuindo para as relações inadequadas de nutrientes. Neste sentido tem chamado a atenção à relação dos micronutrientes Fe, Mn, Cu, Zn e B tanto nas acículas da copa quanto naquelas da serapilheira, englobando os resíduos com baixa quantidade significativa de substância fina (partículas menores que 0,2 mm) que são representados pelos sub-horizontes Ln (litter novo) e Lv (litter alterado), dos horizontes superficiais da serapilheira acumulada.

Estudos realizados na região do polo florestal de Jaguariáiva revelam que, o simples manejo dos solos proporcionam melhoras nos atributos químicos e físicos do solo, além de

aumentar a produção de biomassa em todos os compartimentos através da aplicação de resíduo celulósico (Rodrigues, 2004).

Van Goor (1965) estudando o comportamento de *Pinus elliotti*, apontou alguns problemas nutricionais que deveriam ter merecida atenção. Reissmann & Zöttl (1987) apontam limitações de crescimento para *Pinus taeda* relacionados aos níveis de Zn na matéria seca. Entretanto Doldan (1987) concluem que Zn e Cu são os nutrientes limitantes. Ainda assim, Motta & Reissmann (2009)¹ verificaram nas acículas do 1º lançamento em 5 talhões da Valor Florestal, uma relação inversa do Mn para com o crescimento, e em contrapartida, detectaram uma relação direta do zinco com o crescimento, ou seja, valores altos de Zn nas acículas proporcionariam altos crescimentos.

Assim, no âmbito de um experimento de adubação, será envolvida uma variedade de dados do sítio florestal em sítios de baixo crescimento sendo dada ênfase à resposta das plantas perante os micronutrientes B, Cu, Mn, Fe e Zn frente aos tratamentos aplicados ao povoamento em análise.

Assim, no âmbito de um experimento de adubação, será envolvida uma variedade de dados do sítio florestal sendo dada ênfase à resposta aos micronutrientes B, Cu, Mn, Fe e Zn frente aos tratamentos aplicados.

HIPÓTESES

- I. A aplicação de micronutrientes permitirá um aumento no crescimento da planta em função da carência dos elementos no solo.
- II. Os níveis dos micronutrientes na planta e na serapilheira acompanharão o crescimento na planta.
- III. Os elevados níveis de Mn na planta são resultantes do baixo pH e o uso da calagem permitirá um decréscimo destes teores e consequente aumento na produção.

OBJETIVOS

Geral

Avaliar o incremento do *Pinus taeda* ao uso de fertilizantes e corretivos, em áreas de classes baixas de produtividade, assim como o efeito no solo, acícula e serapilheira.

¹ Comunicação pessoal

Específicos

- i. Quantificar o crescimento em altura e volume em função dos tratamentos de adubação e da calagem.
- ii. Avaliar os teores de Cu, Mn, Fe, Zn e B do solo em diferentes profundidades em função da adubação e calagem;
- iii. Analisar os teores de Cu, Mn, Fe, Zn e B da serapilheira e acículas em função da adubação e calagem;

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

As amostras estudadas neste trabalho são provenientes de plantios comerciais de *Pinus taeda* com 5 anos de idade, localizados na Cia. Florestal Vale do Corisco Ltda., em Jaguariáiva, PR, a latitude 24° 14' 00'' e longitude 49° 42' 00'', com altitude de 700 a 1300 m.

É possível identificar dois climas para a região, dentro à classificação de Köppen, Cfa e Cfb, subtropical úmido transicional, para temperado propriamente dito, em que a temperatura média é de 17 °C a 18 °C, com ocorrência de 12 geadas na média por ano, e a precipitação média anual, 1.500 mm (Cruz, 2007), conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Temperatura (°C) e precipitação (mm) nos anos de 2007 a 2010 da região de Jaguariaíva.

Ano	Estação	Temperatura	Temperatura	Temperatura	Precipitação
		Mínima	Máxima	Média	
		°C			Mm
2007	Verão	13	32	22	468
	Outono	4	31	17	226
	Inverno	4	30	16	215
	Primavera	11	33	20	357
2008	Verão	14	30	21	256
	Outono	4	27	16	131
	Inverno	4	29	15	305
	Primavera	11	31	20	421
2009	Verão	9	31	21	501
	Outono	1	27	17	175
	Inverno	7	28	17	603
	Primavera	12	37	22	586
2010	Verão	16	33	23	728
	Outono	3	29	17	215
	Inverno	7	31	17	192
	Primavera	11	32	20	536

Fonte: Simepar, 2011.

2.2 AMOSTRAGEM

Foram analisados dois sítios, selecionados devido à baixa produtividade, com base no levantamento da empresa.

Os nomes dos sítios correspondem àqueles determinados pela empresa, onde se encontram os talhões amostrados (Tabela 2). Esses talhões distam entre si no mínimo 25 km e no máximo 55 km aproximadamente.

Tabela 2. Resumo das principais características descritivas das Áreas I e II, de dois talhões comercial de *Pinus taeda* L. submetido a técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Variável	Área I	Área II
Município	Jaguariaíva – PR	Arapoti - PR
Local	Fazenda Trevo	Fazenda Almas
Nº do talhão	13	9
Ano do plantio	2003	2003
Variedade	<i>Pinus taeda</i> L.	
Empresa	Valor Florestal – Vale do Corisco	

Os solos dos sítios experimentais enquadram-se segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999), como: Cambissolo Háplico Distrófico no sítio I e Latossolo vermelho amarelo no sítio II. Nas duas áreas, o plantio foi realizado 2003 conforme a Tabela 2, sem a aplicação de fertilizantes minerais.

Após o inventário preliminar das áreas, foram aplicados em novembro de 2008 e fevereiro de 2010 nas árvores com 5 anos de idade, fertilizantes e corretivo manualmente em área total com doses equivalentes a 40, 60, 80, 3, 2 e 1,5 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, Zn; B e Cu, respectivamente, sendo estas doses definidas com base no Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Comissão De Química e Fertilidade Do Solo – RS/SC, 2004). Contudo, considerando a área extremamente pobre, as doses 20 kg ha⁻¹ de N e 30 kg ha⁻¹ de K₂O foram elevadas respectivamente para 40 e 80 kg ha⁻¹ constituindo os diferentes tratamentos. As fontes foram uréia, super fosfato triplo, cloreto de potássio, sulfato de zinco, Ulexita e sulfato de cobre. Foi também adicionado Mo na dose de 20 g ha⁻¹ como molibdato de sódio. O calcário dolomítico foi aplicado na dose de 1300 kg ha⁻¹ a fim de disponibilizar Ca e Mg.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Os principais atributos químicos e físicos das áreas estão representados nas Tabelas 3.

Tabela 3. Principais atributos do solo de dois talhões comercial de *Pinus taeda* L. submetido a técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Profundidade	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	pH SMP	H ⁰ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K	T	V	MO
Área I						cmol_c dm⁻³		%			
0-5 cm	4,3	3,0	5,1	10,7	2,6	0,2	0,2	0,03	11,1	4,3	6,2
5 -10 cm	4,5	3,4	5,6	7,1	2,0	0,2	0,2	0,03	7,6	6,7	2,9
10-20 cm	4,7	3,7	5,9	5,7	1,7	0,2	0,2	0,02	6,1	7,3	2,9
20-40 cm	4,7	3,7	6,1	5,8	1,6	0,2	0,2	0,00	6,2	7,1	2,4
40-60 cm	4,7	3,8	5,8	5,9	1,6	0,2	0,2	0,00	6,3	6,3	1,9
Média	4,6	3,5	5,7	7,0	1,9	0,2	0,2	0,01	7,4	6,3	3,3
Profundidade	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	pH SMP	H ⁰ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K	T	V	MO
Área II						cmol_c dm⁻³		%			
0-5 cm	4,2	3,2	5,3	8,7	2,4	0,1	0,1	0,04	8,9	2,9	2,9
5-10 cm	4,2	3,4	5,7	6,6	1,9	0,1	0,0	0,03	6,7	2,2	1,9
10-20 cm	4,4	3,7	6,5	3,4	0,9	0,2	0,0	0,00	3,6	6,3	1,3
20-40 cm	4,5	3,8	6,7	3,0	0,9	0,1	0,0	0,06	3,2	5,5	1,3
40-60 cm	4,5	3,9	6,7	3,0	1,0	0,1	0,0	0,06	3,2	5,7	1,2

Média	4,4	3,6	6,2	4,9	1,4	0,1	0,0	0,04	5,1	4,5	1,7
	Área I					Área II					
Profundidade	Areia Grossa	Areia fina	Areia Total	Silte	Argila	Areia Grossa	Areia fina	Areia total	Silte	Argila	
	g kg ⁻¹					g kg ⁻¹					
0-5 cm	500,1	110,8	610,9	315	75	587,0	113,6	700,6	72	226	
5-10 cm	653,9	199,8	853,7	76	70	633,0	121,8	754,8	37	207	
10-20 cm	632,9	218,5	851,4	73,9	75	608,9	127,7	736,6	23	239	
20-40 cm	657,8	179,8	837,6	74,9	87,5	607,6	102,4	710,0	51	238	
40-60 cm	622,9	149,4	772,3	139,1	88,7	564,3	108,5	672,8	77	250	
Média	613,5	171,7	785,2	135,8	79,2	600,1	114,8	715,0	52	231,9	

2.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento contempla um delineamento estatístico em blocos ao acaso, com sete (7) tratamentos e quatro (4) repetições. Nas duas áreas, as árvores no início do trabalho possuíam cinco anos idade e localizavam-se em terrenos irregulares e declivosos, com crescimento desigual.

Em cada área, são 28 parcelas, na qual cada parcela tem 384 m², espaçados 3 metros entre linhas e 2 metros entre plantas, na qual das sessenta e quatro (64) árvores foram avaliadas apenas as dezesseis (16) árvores centrais, excluindo, portanto o efeito duplo da bordadura (Figura 1 e 2). O experimento foi conduzido com base na diagnose por subtração, no sentido de identificar quais elementos são mais limitantes ao crescimento da espécie, conforme a Tabela 4:

Tabela 4. Distribuição dos tratamentos utilizando a técnica de diagnose por subtração aplicados em dois talhões comercial de *Pinus taeda* L. – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Tratamentos	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	Cu	B	Mo	Calcário
T1: Completo	1	1	1	1	1	1	1	1
T2: Menos Macro	-	-	-	1	1	1	1	1
T3: Menos Micro	1	1	1	-	-	-	-	1
T4: Menos K	1	1	-	1	1	1	1	1
T5: Menos Zn	1	1	1	-	1	1	1	1
T6: Menos calcário	1	1	1	1	1	1	1	-
T7: Testemunha	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 1: Croqui Área I

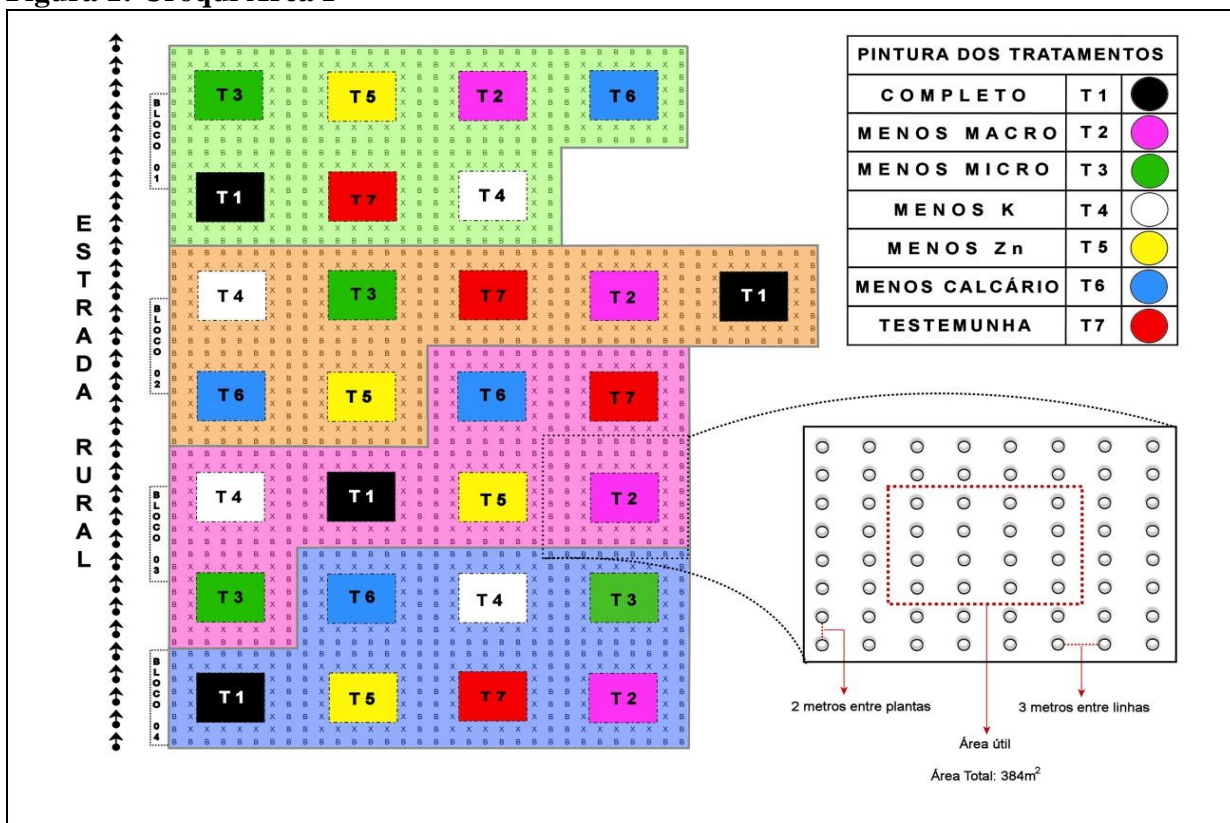
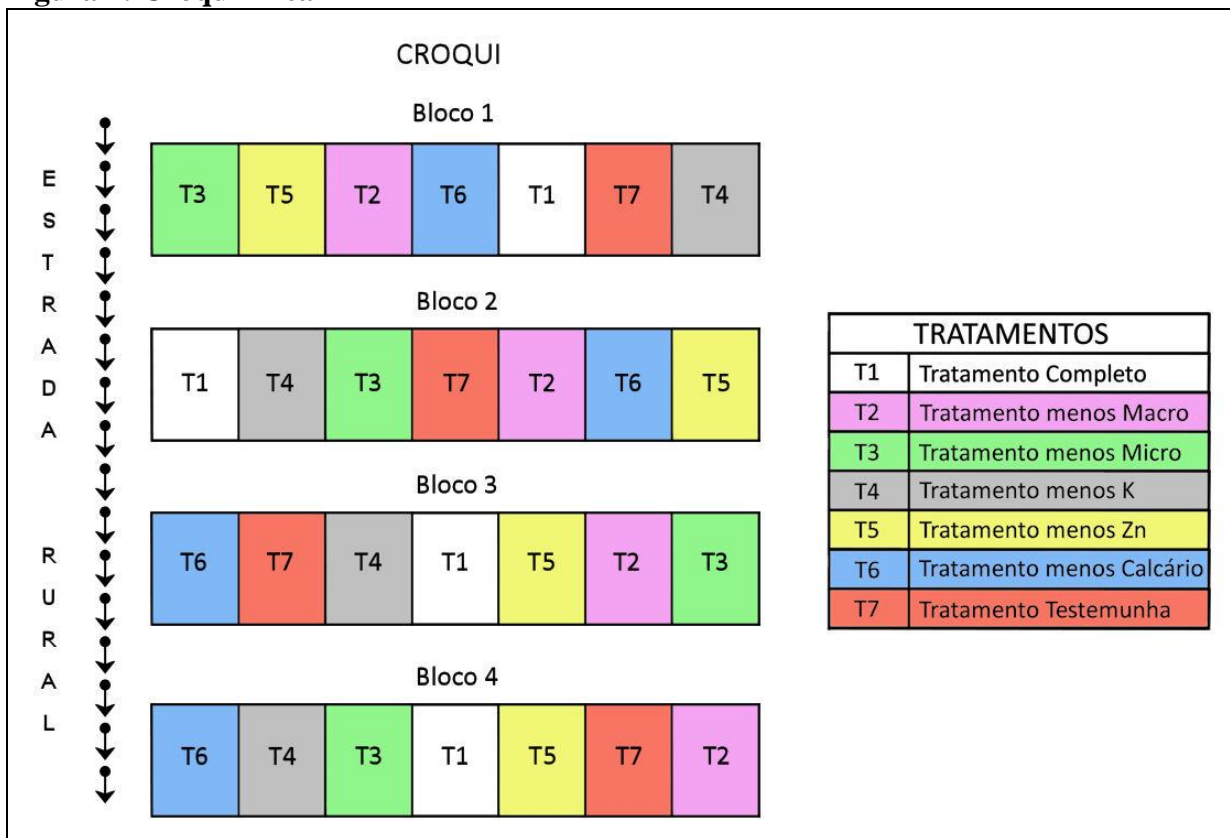


Figura 2: Croqui Área II



2.5 AMOSTRAGEM DO SOLO E ANÁLISE QUÍMICA

Foram coletadas amostras de cinco profundidades: 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm com quatro repetições (nas 4 linhas centrais das 16 árvores usadas para caracterizar a produtividade), sendo coletadas amostras simples formando uma composta de cada profundidade.

As amostras compostas foram utilizadas para determinar os atributos químicos do solo: Cu, Mn, Fe e Zn e análises granulométricas, seguindo-se a metodologia preconizada pela Embrapa (1997) e B conforme Raij et al. (2001).

2.6 AMOSTRAGEM DAS ACÍCULAS E ANÁLISE QUÍMICA FOLIAR

Para a análise foliar, de cada parcela com 16 plantas, foram coletadas acículas de cinco árvores dominantes baseado no critério de Assmann (1970), correspondendo às 100 árvores de maiores diâmetros por hectare. A separação foi feita a partir do primeiro lançamento e segundo lançamento em 2009 e 2010, como também do pendão em 2010 do segundo verticilo do terço superior da copa, com exposição face norte (Doldán, 1987), além de verificar os anéis de crescimento certificando que os lançamentos estariam de acordo com o respectivo período de crescimento. Houve também a coleta da serapilheira L, subdividindo em Ln e Lv, bem como da serapilheira acumulada, os sub-horizontes F ou fermentação, caracterizado por apresentar pouco ou médio teor de substância fina; e H ou húmus, com pouco ou muito pouco resíduo de plantas, predominando a presença de substância fina.

Amostras de acícula da copa após lavagem em água desionizada e serapilheira (Ln e Lv) submetidas à estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 60 °C foram moídas em moinho tipo Wiley e homogeneizadas. Foi realizada a secagem ao ar da serapilheira acumulada (FH), para determinação do seu peso.

A metodologia de digestão para determinação de Fe, Zn, Cu e Mn foi por via seca a 500 °C e solubilizadas em HCl 3 mol L⁻¹ de acordo com Martins & Reissmann (2007) e determinadas por espectrofotometria de absorção atômica. Para o B a metodologia seguida foi conforme Bataglia (1983), e determinadas com Azometina-H a 420 nm por colorimetria.

2.7 AMOSTRAGEM DAS ÁRVORES E ANÁLISE DO INCREMENTO

Para a seleção das árvores que seriam analisadas em cada sítio, foram realizadas pela empresa Valor Florestal três avaliações dendrométricas (altura e CAP) no período de novembro de 2008, janeiro de 2010 e janeiro de 2011 das 16 árvores de cada parcela e estimados para o hectare obtendo o incremento periódico da altura e volume. As transformações em incremento periódico foram feitas conforme Imaña Encinas et. al. (2005).

$$IP = Y_{(t+n)} - Y_t$$

Onde:

IP = incremento periódico

Y = dimensão considerada

t = idade

n = período de tempo

2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores observados foram submetidos à análise de variância, após realizado teste de Bartlett de homogeneidade, seguindo delineamento em blocos ao acaso. Aplicou-se o teste de Duncan, para comparação de médias entre as variáveis estudadas. Utilizou-se para os cálculos o programa Statistica, versão 5,5. Os tratamentos foram comparados ao tratamento completo para as acículas, serapilheira e solo e para o último comparados com a primeira profundidade (0-5 cm). As diferenças foram consideradas significativas quando o p-valor foi inferior ou igual a 0,05.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 FERTILIDADE DO SOLO

As concentrações de micronutrientes catiônicos ao longo do perfil observada na testemunha (Tabela 5) ficaram em níveis baixos para Zn, Cu e Mn, não só confirmando a grande carência de Zn e Cu, mas também estando próximos ao limite inferior do observado dos solos de Cerrado (Lopes, 1984) com 0,18; 0,33; 0,55 e 64,20 para Zn, Cu, Mn e Fe respectivamente. O autor constatou como mediana de 518 amostras de solo do Cerrado na profundidade de 0-20 cm e na condição natural, os valores de 0,6; 0,6; 7,6 e 32,5 mg kg⁻¹ para Zn, Cu, Mn e Fe, respectivamente. Vendrame et al. (2007) estudando solos sob pastagens no Cerrado, obtiveram 0,83; 0,97; 5,47 e 29,67 mg kg⁻¹ respectivamente, confirmando a carência dos solos utilizado em relação aos demais solos do Cerrado.

Baixos valores para estes elementos eram esperados (Tabela 5), uma vez que estudo de planta indica baixos valores dos mesmos na acícula (Tabela 7). Corroborando com resultados aqui obtidos, Marques et al. (2004) relataram que os solos do Cerrado apresentam teores totais de Cu, Zn e Mn equivalentes à metade do valor da média mundial, dado ao longo e intenso processo de intemperismo ocorrido nessa região.

Os valores de Mn disponível determinados pelo método de Mehlich I para testemunha ficaram muito abaixo do esperado, mesmo quando comparado com valor mínimo de 3,6 mg kg⁻¹ observado por Lopes (1984), em pH médio de 5,0 (em água). Confirmando os baixos valores, Costa & Oliveira (1998) indicam que valores abaixo de 4 mg kg⁻¹ são considerados baixos. Este valor é ainda mais inesperado uma vez que o pH do solo com pinus tem valor próximo a 3 em CaCl₂ 0,01 M (Batista, 2011). Ainda, os teores de Mn na acícula e serapilheira (Ln e Lv) foram muito altos sugerindo uma alta disponibilidade. Logo, a metodologia de extração ácida por Mehlich I, provavelmente não seja a mais adequada ou para a cultura do pinus ou para o Mn.

O aumento no teor de Mn disponível em função da profundidade observado para área I contraria os resultados de Dortzbach et al. (2008) no qual os teores de Mn diminuíram em profundidade. Isto, também esteja associado ao alto coeficiente de variação para Mn para área I nas camadas mais profundas.

Os solos desta área eram menos profundos e com indicação de acúmulo de água em profundidade em algumas parcelas, sugerindo que possa ocorrer condição de redução temporária e aumento na disponibilidade de Mn, para última camada avaliada.

A adubação e calagem aumentaram os teores de Mn disponível no solo (Tabela 5), fato que contraria o observado por Batista (2011) devido ao aumento do pH. Uma provável explicação para tal fato pode estar na maior atividade biológica intensificando a decomposição da serapilheira e da MO do solo, quando do uso de calcário e macronutrientes. A omissão de macronutrientes (N, K e P) diminuiu o teor de Mn na camada de 0-5 cm (Tabela 5), indicando provavelmente uma influência do N e P na ativação microbiana, uma vez que omissão apenas do K não diminui o valor extraído. Ainda, o Mn é reconhecidamente o micronutriente mais variável no solo, sendo sua calibração muito complexa e pouco eficiente (Borkert et al., 2001).

A omissão de Cu e Zn na adubação proporcionou menores teores disponíveis dos mesmos nos solos na camada de 0-5 cm de profundidade (Tabela 5). Quando da aplicação dos mesmos, constatou-se uma queda brusca entre a primeira camada (0-5 cm) com a segunda (5-10 cm), confirmando a baixa mobilidade dos mesmos no perfil, principalmente para Cu, dado a alta capacidade de adsorção no solo, especialmente pela matéria orgânica (McBride, 1994; Silva & Mendonça, 2007). Os níveis atingidos na camada de 0-5 cm foram altos quando da aplicação dos mesmos, indicando que as doses utilizadas foram suficientes para eliminar a carência.

Semelhantemente ao observado para Mn, a omissão de macronutrientes proporcionou menor valor de Zn em relação ao completo na camada 0-5 cm para ambas as áreas (Tabela 5). Discordando dos resultados aqui obtidos, Dechen & Nachtigall (2006) indica que a deficiência de Zn pode aparecer depois da aplicação de adubos fosfatados solúveis, pela formação de fosfatos de Zn de baixa solubilidade.

Tabela 5. Teores de Cu, Mn, Fe e Zn no solo em profundidade da Área I e II de dois talhões comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Teor de Cu (mg kg⁻¹) - Área I										
Profundidade/ Tratamentos	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor
Completo	2,60		0,50	0,0005	0,30	0,0003	0,33	0,0003	0,25	0,0002
Menos Macro	1,90	0,2110	0,73	0,0015	0,80	0,0021	0,43	0,0004	0,40	0,0004
Menos Micro	0,33	0,0003	0,43	0,0004	0,35	0,0003	0,23	0,0002	0,43	0,0003
Menos K	1,93	0,1998	0,38	0,0003	0,35	0,0003	0,33	0,0003	0,40	0,0004
Menos Zn	1,78	0,1656	0,58	0,0007	0,25	0,0002	0,23	0,0002	0,25	0,0002
Menos Calagem	1,78	0,1547	0,63	0,0009	0,23	0,0002	0,30	0,0003	0,33	0,0003
Testemunha	0,33	0,0003	0,43	0,0004	0,33	0,0003	0,28	0,0002	0,43	0,0003
CV%	105		47,7		59,2		61,8		46,5	

Teor de Mn (mg kg⁻¹) - Área I										
Profundidade/ Tratamentos	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor
Completo	3,13		0,58	0,0158	0,63	0,0176	0,75	0,0238	1,13	0,0499
Menos Macro	1,33	0,0716	0,38	0,0099	0,30	0,0082	0,33	0,0087	0,43	0,0109
Menos Micro	1,65	0,1321	0,53	0,0144	0,30	0,0081	0,40	0,0103	0,75	0,0234
Menos K	2,20	0,3078	0,80	0,0262	0,93	0,0331	1,40	0,0811	1,23	0,0591
Menos Zn	2,53	0,4802	0,85	0,0292	0,88	0,0305	0,88	0,0298	1,15	0,0513
Menos Calagem	2,10	0,2896	0,70	0,0212	0,40	0,0104	0,53	0,0142	0,58	0,0156
Testemunha	0,55	0,0150	0,40	0,0106	1,00	0,0390	1,10	0,0485	2,10	0,2767
CV%	56,4		70,4		129,5		128,4		103,2	

Teor de Fe (mg kg⁻¹) - Área I										
Profundidade/ Tratamentos	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor
Completo	57,10		56,25	0,9660	35,25	0,3744	25,43	0,2008	19,83	0,1374
Menos Macro	67,35	0,6532	58,53	0,9429	51,38	0,8115	23,68	0,1801	17,30	0,1140
Menos Micro	54,30	0,9020	53,85	0,8903	24,83	0,1936	20,28	0,1416	24,00	0,1834
Menos K	55,20	0,9295	59,35	0,9163	22,83	0,1700	15,30	0,0973	13,33	0,0827
Menos Zn	44,90	0,6112	44,58	0,6068	38,45	0,4446	25,55	0,2011	21,05	0,1496
Menos Calagem	71,38	0,5388	72,93	0,5018	39,35	0,4641	51,38	0,8099	37,50	0,4239
Testemunha	64,20	0,7492	73,60	0,4887	34,03	0,3498	18,68	0,1262	18,53	0,1252
CV%	31,8		22,1		51		96,2		84,8	

Teor de Zn (mg kg⁻¹) - Área I										
Profundidade/ Tratamentos	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor
Completo	1,48		0,43	0,0002	0,23	3,05E-05	0,40	0,0002	0,13	1,34E-05
Menos Macro	0,60	0,0012	0,28	5,17988E-05	0,43	0,0002	0,38	0,0001	0,33	8,34E-05
Menos Micro	0,33	8,88E-05	0,28	5,06184E-05	0,23	2,96E-05	0,13	1,38E-05	0,30	6,53E-05
Menos K	1,15	0,2031	0,40	0,0002	0,10	9,42E-06	0,13	1,36E-05	0,18	2,01E-05
Menos Zn	0,15	1,6E-05	0,18	2,00578E-05	0,13	1,24E-05	0,18	2,02E-05	0,13	1,33E-05
Menos Calagem	1,68	0,4324	0,53	0,0006	0,13	1,39E-05	0,18	2,04E-05	0,13	1,31E-05
Testemunha	0,18	2,05E-05	0,10	9,52917E-06	0,10	9,33E-06	0,18	2,04E-05	0,13	1,32E-05
CV%	91		67,8		65,1		88,5		58,1	

Teor de Cu (mg kg⁻¹) - Área II										
Profundidade/ Tratamentos	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor
Completo	1,2		1,0	0,5375	0,9	0,3503	0,9	0,2919	0,8	0,2415
Menos Macro	1,0	0,5486	1,0	0,5079	0,9	0,3225	0,8	0,1973	0,7	0,1554
Menos Micro	0,7	0,1204	0,8	0,2210	0,7	0,1558	0,8	0,2197	0,8	0,2400
Menos K	1,2	1,0000	1,2	0,7967	0,9	0,2946	0,8	0,2440	0,8	0,2181
Menos Zn	2,1	0,0084	1,3	0,8101	0,9	0,3834	0,8	0,2428	0,7	0,1551
Menos Calagem	1,4	0,6442	1,1	0,7486	0,9	0,3186	0,8	0,2674	0,8	0,2655
Testemunha	0,6	0,0794	0,8	0,1978	0,8	0,2204	0,8	0,2190	0,8	0,1969
CV%	72,4		37,2		12,5		10,4		9,9	
Teor de Mn (mg kg⁻¹) - Área II										
Profundidade/ Tratamentos	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor
Completo	1,2		0,5	0,0789	0,3	0,031869	0,5	0,0875	1,5	0,500
Menos Macro	0,3	0,0279	0,3	0,0366	0,3	0,036204	0,4	0,0404	1,2	1,000
Menos Micro	1,0	0,5870	0,7	0,1665	0,2	0,017604	0,6	0,1191	1,5	0,568
Menos K	0,8	0,2781	0,7	0,2095	0,6	0,109221	0,7	0,1939	1,5	0,534
Menos Zn	1,2	1,0000	0,5	0,0979	0,3	0,027624	0,5	0,0700	1,1	0,611
Menos Calagem	0,9	0,3599	0,7	0,1993	0,4	0,040939	0,6	0,1073	1,4	0,745
Testemunha	0,5	0,0887	0,3	0,0241	0,3	0,035736	0,7	0,1825	1,7	0,301
CV%	106,9		79,5		50,1		32,7		20,2	
Teor de Fe (mg kg⁻¹) - Área II										
Profundidade/ Tratamentos	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor
Completo	99,4		98,6	0,9755	93,6	1,0000	103,7	0,8620	88,2	1,0000
Menos Macro	114,7	0,5473	110,5	0,6612	107,3	0,7500	99,1	0,9903	84,9	0,5714
Menos Micro	96,5	1,0000	98,3	0,9641	98,9	0,9857	104,9	1,0000	100,5	0,9582
Menos K	106,8	0,7653	98,6	0,9758	102,0	0,9127	97,2	1,0000	84,2	0,5518
Menos Zn	103,7	0,8637	92,1	1,0000	104,5	0,8425	97,4	1,0000	75,6	0,3563
Menos Calagem	86,3	0,6085	90,5	1,0000	97,7	1,0000	97,8	1,0000	91,2	1,0000
Testemunha	99,8	0,9844	101,9	0,9176	102,6	0,8970	101,5	0,9275	90,3	1,0000
CV%	16,6		12,2		12,2		13		16,9	
Teor de Zn (mg kg⁻¹) - Área II										
Profundidade/ Tratamentos	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor
Completo	2,2		0,9	0,0017	0,3	2,87E-05	0,2	1,28E-05	0,2	1,39E-05
Menos Macro	1,3	0,0342	0,7	0,0003	0,4	3,67E-05	0,2	1,54E-05	0,3	2,19E-05
Menos Micro	0,3	2,12E-05	0,3	2,09E-05	0,2	1,59E-05	0,2	1,74E-05	0,2	1,54E-05
Menos K	1,6	0,1357	1,1	0,0086	0,3	2,23E-05	0,3	2,44E-05	0,2	1,79E-05
Menos Zn	0,3	2,5E-05	0,2	1,06E-05	0,4	3,56E-05	0,2	1,42E-05	0,2	1,52E-05
Menos Calagem	3,4	0,0020	2,1	0,8426	0,5	0,0001	0,2	1,76E-05	0,4	4,52E-05
Testemunha	0,2	1,29E-05	0,3	2,06E-05	0,2	1,57E-05	0,2	1,4E-05	0,2	1,04E-05
CV%	85,1		54,2		50,9		32		62,2	

E em oposição ao Mn, a omissão de calcário proporcionou aumento na disponibilidade apenas para Zn na Área II até 10 cm de profundidade (Tabela 5). Contrariando a expectativa uma vez que o aumento de Cu e Zn disponível era esperado nas duas áreas, visto que a disponibilidade do mesmo diminui com o aumento de pH (Heinrichs et al., 2006; Consolini & Coutinho, 2004).

Maiores valores de Cu disponível foram observados na área I, em relação ao Zn quando da aplicação dos mesmos, para a camada de 0-5 cm (Tabela 5), o que não era esperado uma vez que o Cu foi aplicado em menor dose e teve alta quantidade retida na serapilheira, como será mostrado posteriormente. Os acréscimos de Zn variaram em função das áreas, com maior valor no solo da Área II em relação à área I (Tabela 5), o inverso ocorrendo para o Cu, justificado pelo maior teor de argila (23,1%) na Área II, todavia não era esperado a falta de relação entre pH e a MO com a concentração de Zn.

Em geral, os acréscimos de Cu obtidos na área I foram maiores, indicando possivelmente menor capacidade de adsorção. Justificado pelo menor teor de argila (7,9%), e pela variação de pH entre testemunha e tratamento completo confirmado por Batista (2011). Acrescenta-se que existe um segundo componente dificultando a interpretação, tendo em vista que “a campo” houve a dificuldade em discriminar os limites do horizonte orgânico para o horizontem mineral, logo a coleta do Horizonte A pode ter sofrido contribuição do FH que possui maiores teores de Cu.

O efeito da retirada do Zn também se fez sentir sobre a camada de 5-10 cm (Tabela 5), para o solo da Área II, sugerindo maior mobilidade e menor adsorção de Cu no solo mais argiloso.

Dentre os micronutrientes catiônicos, o Fe apresentou maior disponibilidade com pequena variação em profundidade e diferente dos demais micronutrientes catiônicos não foi influenciado pela adubação e calagem (Tabela 5). Ausência da influência da calagem sobre a disponibilidade de Fe contraria o preconizado na literatura, que há uma tendência de redução da disponibilidade dos micronutrientes de acordo com o aumento do pH (Malavolta, 1980). Corroborando com o observado para Mn, na área I é notório o mais alto CV para Fe extraído a partir de 10 cm de profundidade, estando ligado aos aspectos redox que neste solo se fazem presentes em maior grau (Tabela 5).

Todavia, a dose utilizada de corretivo da acidez determinou pequena elevação no pH, não ultrapassando a 4 (Batista, 2011). Logo, não deve ser considerado que altas doses de calcário e sua má incorporação têm contribuído para a deficiência do elemento (Tanaka et al., 1992), acarretando os baixos teores do elemento.

Ao contrário do observado para o Mn, Cu e Zn, os teores de B encontrados foram altos nas testemunhas em todo o perfil nas duas áreas. Os teores de B (mg kg^{-1}) nas profundidades amostradas apresentados na Tabela 6 mostram altas concentrações nas duas áreas indicando a influência da adubação. Visto que Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), apresenta níveis médios, para valores entre 0,1 a 0,3 mg kg^{-1} . Já Galvão (2002) considera níveis acima de 0,5 mg kg^{-1} como teores altos para a região do cerrado. A influência da adubação com B estendeu-se até as camadas mais profundas em função da baixa capacidade de adsorção da serapilheira e no solo, principalmente em função do baixo pH dos solos, o que determinou a alta mobilidade do elemento (Soares et al., 2008, Rosolem & Biscaro, 2007, Motta et al., 2007).

Tabela 6: Teores de B disponível no solo e p-valor, em profundidade nas Áreas I e III de dois talhões comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Teor de B (mg kg^{-1}) - Área I										
Profundidade/ Tratamentos	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
	p-valor		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor	
Completo	2,0		1,6	0,0568	1,4	0,0129	1,0	0,0002	1,1	0,0002
Menos Micro	0,8	3,06E-05	0,6	1,13027E-05	0,6	1,22E-05	0,6	1,09E-05	0,6	1,86E-05
Testemunha	0,8	3,75E-05	0,6	1,17081E-05	0,7	1,92E-05	0,8	2,44E-05	0,7	1,87E-05
CV%	62,7		59,5		44,2		34,2		35,7	
Teor de B (mg kg^{-1}) - Área II										
Profundidade/ Tratamentos	0-5 cm		5-10 cm		10-20 cm		20-40 cm		40-60 cm	
	p-valor		p-valor		p-valor		p-valor		p-valor	
Completo	1,0		1,6	0,0378	1,5	0,0761	1,4	0,0927	1,5	0,0795
Menos Micro	0,9	0,658733	0,8	0,4759	0,8	0,4271	0,8	0,4376	0,8	0,5479
Testemunha	0,9	0,817516	0,7	0,3503	0,8	0,4355	0,8	0,4228	0,7	0,2661
CV%	26,4		67,7		37,7		41,6		48,5	

3.2 NUTRIÇÃO MINERAL DAS ACÍCULAS DA COPA E DA SERAPILHEIRA

Os valores médios dos teores de Cu, Mn, Zn e Fe apresentaram diferenças estatísticas

significativas dentro dos lançamentos e serapilheira.

Os teores de Mn nas acículas podem ser considerados altos quando comparados às culturas em geral, com destaque para a Área II (Tabela 8), mas, valores similares foram observados em *Pinus* sp por Reissmann & Zöttl (1987), de 360 mg kg⁻¹, podendo ser considerado normal. A alta disponibilidade de Mn é dado provavelmente pela elevada acidez do solo (pH menor que 4). Os elevados teores observados nos lançamentos estão contrastando com os baixos teores no solo das duas áreas, mas coerentes com os elevados teores na serapilheira (Ln e Lv) da Área II o que sugere o envolvimento da ciclagem (Tabela 14).

Não houve efeito dos tratamentos no teor de Mn para o ano de 2009 em ambas as áreas, provavelmente devido ao pequeno período entre aplicação dos tratamentos e coleta de amostra de acícula (Tabela 7). Para as acículas coletadas em 2010, a concentração na testemunha apresentou maiores teores de Mn para o 1º e 2º lançamentos e 1º lançamento para áreas I e II, respectivamente. Tais resultados indicam que o tratamento completo diminui a absorção de Mn pelas plantas. O tratamento menos calcário propiciou maior teor de Mn apenas na Área II (Tabela 8), para o 1º lançamento.

De modo geral, o decréscimo de Mn com uso de adubo ou calcário sugere que pode estar havendo um desequilíbrio nutricional, e que o elevado teor de Mn seja resultado deste desequilíbrio. Ainda, aplicação de adubo e corretivo mantiveram os teores entre 210 a 360 mg kg⁻¹, indicado como adequado para *Pinus taeda* L. aos 8 anos de idade (Reissmann, 1981).

Em geral, há um maior teor de Mn nas acículas do segundo lançamento de 2009 e 2010 (Tabelas 7 a 10), contrariando Reissmann et al. (1976) mostrando uma tendência a concentrações mais elevadas nas acículas de primeiro lançamento. Dietrich (1977) encontrou concentrações de Mn maiores nos primeiros verticilos e, em termos de valores médios, há uma disparidade muito grande em relação aos demais trabalhos com esta espécie. Já Hildebrand et al. (1976) analisando a influência do local da amostragem na copa sobre os teores de Mn da *Araucaria angustifolia* em Três Barras (SC), para acículas de 1 ano de idade, verificaram que para o Mn a concentração decresce do topo para a base, em solo Podzólico vermelho amarelo, argiloso. Os autores afirmam que a distribuição do elemento parece ser altamente influenciada por fatores edáficos ($r = 0,96^*$).

Tabela 7. Teores de Cu, Mn, Fe e Zn nas acículas do 1º e 2º lançamento de 2009 da Área I, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Teor de Cu (mg kg⁻¹) nas acículas 2009- Área 1					Teor de Fe (mg kg⁻¹) nas acículas 2009- Área 1				
Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor
Completo	1,8		2,0		Completo	85,7		86,2	
Menos Macro	1,5	0,6533	1,8	0,6556	Menos Macro	85,7	0,9998	95,7	0,7653
Menos Micro	2,0	0,6103	1,8	0,6586	Menos Micro	89,2	0,9182	85,8	0,9897
Menos K	1,5	0,6605	2,0	0,9896	Menos K	106,4	0,5709	111,4	0,4597
Menos Zn	1,5	0,6405	2,0	0,9922	Menos Zn	99,2	0,7014	50,4	0,2974
Menos Calagem	2,2	0,3738	2,0	0,9961	Menos Calagem	130,1	0,2421	162,1	0,0408
Testemunha	2,3	0,3865	1,5	0,3875	Testemunha	106,8	0,5709	119,4	0,3470
CV%	38,5		41,5		CV%	37,4		37,4	
Teor de Mn (mg kg⁻¹) nas acículas 2009- Área 1					Teor de Zn (mg kg⁻¹) nas acículas 2009- Área 1				
Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor
Completo	371,5		540,8		Completo	9,5		12,0	
Menos Macro	452,3	0,7486	596,3	0,7761	Menos Macro	10,0	0,7631	10,7	0,5515
Menos Micro	390,4	0,9397	440,4	0,6277	Menos Micro	8,3	0,4699	8,7	0,1415
Menos K	388,2	0,9435	650,4	0,5969	Menos K	9,5	0,9935	10,3	0,4275
Menos Zn	378,0	0,9768	412,4	0,5485	Menos Zn	9,8	0,8580	7,3	0,0403
Menos Calagem	403,1	0,8995	305,7	0,2847	Menos Calagem	10,2	0,6558	11,4	0,7901
Testemunha	426,0	0,8282	513,6	0,8887	Testemunha	10,2	0,6588	8,4	0,1192
CV%	34,2		32,4		CV%	19,8		23,7	

Tabela 8. Teores de Cu, Mn, Fe e Zn nas acículas do 1º e 2º lançamento de 2009 da Área II, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Teor de Cu (mg kg⁻¹) nas acículas 2009- Área II					Teor de Fe (mg kg⁻¹) nas acículas 2009- Área II				
Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor
Completo	3,5		4,0		Completo	41,9		67,0	
Menos Macro	2,2	0,4142	2,7	0,5263	Menos Macro	42,2	0,9852	60,1	0,7650
Menos Micro	3,7	0,8552	2,2	0,3813	Menos Micro	37,9	0,7984	43,9	0,3545
Menos K	2,5	0,5055	3,7	0,8896	Menos K	46,9	0,7452	46,2	0,3929
Menos Zn	3,2	0,8494	3,2	0,6964	Menos Zn	30,4	0,4758	50,1	0,4791
Menos Calagem	2,5	0,4973	3,5	0,7875	Menos Calagem	41,7	0,9885	63,9	0,8854
Testemunha	2,5	0,4846	2,7	0,5221	Testemunha	46,9	0,7526	44,4	0,3610
CV%	43,2		42,3		CV%	43,1		52,2	
Teor de Mn (mg kg⁻¹) nas acículas 2009- Área II					Teor de Zn (mg kg⁻¹) nas acículas 2009- Área II				
Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor
Completo	570,3		607,5		Completo	6,2		7,0	
Menos Macro	592,3	0,8563	674,3	0,4453	Menos Macro	5,5	0,6923	5,7	0,3872
Menos Micro	485,4	0,4856	512,8	0,2825	Menos Micro	4,2	0,3266	4,5	0,1310
Menos K	600,5	0,8148	684,3	0,3960	Menos K	4,7	0,4555	5,5	0,3291
Menos Zn	577,5	0,9498	496,3	0,2226	Menos Zn	6,2	0,9979	5,5	0,3411
Menos Calagem	496,3	0,5192	602,1	0,9478	Menos Calagem	5,2	0,6153	7,2	0,8550
Testemunha	593,2	0,8562	672,6	0,4306	Testemunha	5,2	0,6085	4,7	0,1673
CV%	28,3		17,4		CV%	35,8		24,5	

Tabela 9. Teores de Cu, Mn, Fe e Zn nas acículas do 1º e 2º lançamento e pendão de 2010 da Área I, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Teor de Cu (mg kg ⁻¹) nas acículas 2010- Área 1							Teor de Fe (mg kg ⁻¹) nas acículas 2010- Área 1						
Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	pendão	p-valor	Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	pendão	p-valor
Completo	2,99		2,00		3,74		Completo	48,7		50,7		15,5	
Menos Macro	2,99	0,9881	2,00	0,9915	3,99	0,7912	Menos Macro	40,7	0,4321	54,4	0,7019	13,7	0,7214
Menos Micro	2,52	0,2882	1,00	0,0630	4,25	0,6132	Menos Micro	39,3	0,3852	46,4	0,6635	15,2	0,9600
Menos K	2,25	0,1234	1,49	0,3263	2,75	0,2920	Menos K	31,7	0,1486	45,8	0,6319	8,7	0,1900
Menos Zn	1,75	0,0155	1,00	0,0655	5,24	0,1516	Menos Zn	34,9	0,2221	47,2	0,7084	15,7	0,9578
Menos Calagem	2,00	0,0464	1,50	0,3158	7,72	0,0007	Menos Calagem	75,2	0,0157	65,3	0,1520	22,9	0,1490
Testemunha	2,51	0,2969	1,51	0,2986	8,00	0,0004	Testemunha	33,5	0,1881	53,8	0,7361	15,7	0,9571
CV%	26,2		46,5		23,8		CV%	33		24,9		41,7	

Teor de Mn (mg kg ⁻¹) nas acículas 2010- Área 1							Teor de Zn (mg kg ⁻¹) nas acículas 2010- Área 1						
Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	pendão	p-valor	Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	pendão	p-valor
Completo	192,7		248,2		123,9		Completo	12,7		11,0		20,7	
Menos Macro	233,9	0,7666	362,4	0,6161	115,4	0,8805	Menos Macro	5,7	0,0512	10,3	0,8197	17,5	0,4756
Menos Micro	156,1	0,8038	239,0	0,9649	91,4	0,6103	Menos Micro	6,1	0,0567	4,7	0,0779	20,0	0,8615
Menos K	185,4	0,9578	332,5	0,7019	132,5	0,8783	Menos K	4,7	0,0325	6,0	0,1439	20,2	0,8996
Menos Zn	127,6	0,6750	283,5	0,8648	92,7	0,6204	Menos Zn	5,5	0,0478	5,0	0,0857	13,5	0,1252
Menos Calagem	148,8	0,7732	373,0	0,5909	93,6	0,6248	Menos Calagem	8,7	0,2090	10,5	0,8652	18,2	0,5724
Testemunha	424,9	0,1237	605,0	0,1366	98,2	0,6676	Testemunha	3,0	0,0114	7,8	0,3386	11,3	0,0504
CV%	62,9		52,4		63,2		CV%	62,9		53		34,6	

Tabela 10 Teores de Cu, Mn, Fe e Zn nas acículas do 1º e 2º lançamento e pendão de 2010 da Área II, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Teor de Cu (mg kg⁻¹) nas acículas 2010- Área II							Teor de Fe (mg kg⁻¹) nas acículas 2010- Área II						
Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	Pendão	p-valor	Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	pendão	p-valor
Completo	2,49		1,25		6,24		Completo	20,9		27,4		26,9	
Menos Macro	2,50	0,9907	2,33	0,1048	6,99	0,4218	Menos Macro	18,5	0,8800	20,2	0,4604	26,5	0,8867
Menos Micro	1,50	0,0673	1,25	0,9967	6,47	0,7746	Menos Micro	30,4	0,5893	55,8	0,0139	25,1	0,6022
Menos K	2,25	0,6107	2,24	0,1240	6,73	0,5920	Menos K	26,5	0,7447	44,8	0,1089	24,9	0,5747
Menos Zn	1,49	0,0711	3,24	0,0053	6,72	0,5981	Menos Zn	22,7	0,9133	40,4	0,2122	32,6	0,1057
Menos Calagem	1,24	0,0282	3,49	0,0023	5,00	0,1455	Menos Calagem	39,2	0,3181	40,1	0,1960	27,5	0,8652
Testemunha	2,00	0,3358	3,98	0,0004	6,47	0,7874	Testemunha	32,9	0,5038	54,5	0,0171	24,9	0,5744
CV%	26,2		46,5		23,8		CV%	79,3		32,3		16,9	
Teor de Mn (mg kg⁻¹) nas acículas 2010- Área II							Teor de Zn (mg kg⁻¹) nas acículas 2010- Área II						
Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	Pendão	p-valor	Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	pendão	p-valor
Completo	216,6		193,1		71,6		Completo	3,5		2,7		14,5	
Menos Macro	287,6	0,4975	348,4	0,1719	91,6	0,6051	Menos Macro	3,7	0,9374	5,2	0,1901	14,7	0,9313
Menos Micro	341,2	0,2797	324,2	0,2322	64,8	0,8598	Menos Micro	5,0	0,6722	4,0	0,4991	11,2	0,2588
Menos K	287,8	0,5210	374,6	0,1196	123,6	0,2082	Menos K	5,2	0,6320	7,6	0,0161	14,7	0,9301
Menos Zn	213,5	0,9764	100,2	0,3936	110,2	0,3380	Menos Zn	6,4	0,4356	3,2	0,7651	10,7	0,2176
Menos Calagem	480,7	0,0296	170,5	0,8243	66,9	0,8970	Menos Calagem	6,2	0,4691	3,7	0,5761	9,5	0,1254
Testemunha	550,3	0,0080	308,1	0,2667	80,5	0,8076	Testemunha	9,0	0,1585	7,0	0,0329	10,2	0,1790
CV%	46		53,5		58,5		CV%	89,4		51,1		33,9	

Sabendo-se que o transporte do Mn via floema é limitado, Heenan & Campbell (1980) relataram que, na condição de bom suprimento de Mn, as folhas acumulam altas concentrações conforme avança a idade da planta, sendo uma pequena parcela do elemento translocada das folhas velhas para as novas em crescimento, onde o elemento se encontra em menor concentração. Isto pode ser observado nos teores do segundo lançamento e pendão, nos quais se encontram em teores altos a médio. No entanto, menores teores de Mn na parte de crescimento, pendão, indicam que possa haver uma elevação na concentração de Mn com maturação da acícula.

Os resultados obtidos na acícula contrastam com a extração de Mn no solo por Mehlich I (Tabela 5), cujos valores são considerados baixos, apesar do aumento no teor do solo com a calagem e adubação. Isto sugere que a avaliação via solo com este método tem baixa precisão. Além disso, não se confirmou a maior disponibilidade para área I.

Diferente da acícula, os teores de Mn na serapilheira não foram afetados pelos tratamentos, não confirmando maiores teores na testemunha. Os teores de Mn obtidos se encontram próximo ao obtido por Reissmann (1981), onde teores de Ln entre 300 a 500 mg kg⁻¹ e Lv entre 400 a 740 mg kg⁻¹. Maiores valores de Mn na serapilheira em relação aos demais elementos estão de acordo com teores na acícula. É provável que não haja perdas com processo de decomposição visto que se constata aumento na concentração de Mn com envelhecimento da serapilheira, fato que se contrapõe ao observado por Trevisan, (1992). O autor constatou como média em um sítio de baixa produtividade de um solo litólico 1679 mg kg⁻¹ de Mn em Ln1, 1171 em Ln2 e 992 em Lv.

Independentemente dos tratamentos os teores de Cu são muito baixo nos dois lançamentos das duas áreas e anos estudados. Considerando os teores de Cu no solo há uma conformidade com o Cu das acículas, considerando-se a testemunha. Corroborando com resultados aqui obtidos, valores baixos de Cu em plantas de *Pinus taeda* foi observado por Reissmann & Zöttl (1987) em solo arenosos, sugerindo possíveis problemas nutricionais do mesmo.

Similar ao observado para Mn, não foi detectado efeito dos tratamentos sobre os teores de Cu nas acículas no ano de 2009 em ambas as áreas. Já no ano de 2010, observa-se efeito de decréscimo dos teores de Cu na área I, quando da omissão de Zn e calcário no 1º

lançamento. No 2º lançamento, a omissão de Zn e micronutrientes diminuíram o teor de Cu nas acículas. No pendão observou-se um efeito contrário, com maiores teores quando da omissão de calcário e na testemunha.

Na Área II, no ano de 2010, menores teores de Cu foram obtidos no 1º lançamento com a omissão de micronutrientes, Zn e calcário. Exceto o T3, “menos micronutrientes”, todos os valores de Cu do 2º lançamento foram maiores que o completo, contrariando a expectativa e a resposta do 1º lançamento. Isto porque o tratamento completo inexplicavelmente apresentou teor de Cu muito baixo.

Menores teores de Cu na acícula quando da omissão de micronutrientes é prontamente justificado. Mas a omissão de Zn e calcário diminuindo o teor de Cu nas acículas já completamente desenvolvidas não possui explicação palpável. O mesmo pode ser considerado para os maiores teores observado nas acículas dos pendões quando da testemunha e menos calcário na área I. Quando se omitiu Zn (T5) os teores de Cu na Área II, aumentaram significativamente no 2º lançamento e pendão, contrariando a relação antagônica entre os mesmos indicado por Motta et al. (2007).

O pendão, ao que tudo indica, funciona como um bom dreno de Cu para ambas as áreas, apresentando os maiores valores. Em hipótese é possível que esteja havendo mobilização preferencial do Cu para o pendão e às acículas jovens do pendão.

Os aumentos de Cu disponível na camada de 0-5 cm de profundidade não refletiu em aumento no teor de Cu na planta. Com relação à disponibilidade de Cu no solo, é sabido que a presença excessiva de íons metálicos como Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Alumínio (Al) reduz a disponibilidade de cobre (Dechen & Natchtigall, 2006). É possível, portanto, que os teores de Fe, definidos como teores adequados a excessivos no solo, pode ser um fator a influenciar o Cu.

Os baixos níveis de Cu nas acículas contrastam com elevados teor de Cu no Ln, mas principalmente no Lv, quando da aplicação do mesmo. Confirma-se assim a elevada capacidade de adsorção de Cu por compostos orgânicos, e há indicação de que esta capacidade aumenta quando decompostos da serapilheira. Assim, é provável que a presença de serapilheira possa diminuir a eficiência do uso de Cu e assim há a necessidade da continuidade do estudo para verificar a liberação do Cu retido a matéria orgânica.

A pobreza do solo em Zn mostrada na análise química do solo se refletiu nas acículas em ambas as áreas para testemunha, confirmando os baixos teores observados nos solos.

De modo geral na Área II os valores de Zn nas acículas, em ambos os anos, são mais limitantes. Assim como fora observado para o Cu, os teores de Zn ficaram abaixo de 30 a 80 mg kg⁻¹ estabelecido por Reissmann (1981) como adequado para cultura do pinus, mesmo quando da aplicação do mesmo.

Diferente do Mn e Cu houve efeito dos tratamentos sobre o Zn já no ano de 2009 na área I, tendo o 2º lançamento o menor valor quando da omissão de Zn, sendo acompanhado pela testemunha e omissão dos micronutrientes. Tal fato sugere que reatividade foi maior para o Zn aplicado em relação ao Cu, mas novamente ressaltando que os teores obtidos ficaram muito abaixo do considerado ideal para a cultura. Para o ano de 2010, a omissão de Zn resultou em teores mais baixos no 1º e 2º lançamentos e pendão. O tratamento com omissão de micronutrientes resultou em menores valores no 1º e 2º lançamentos apenas. Já a testemunha apresentou-se mais baixo no 1º lançamento e pendão.

Na Área II, ano de 2009, os tratamentos com omissão de micronutrientes e testemunha apresentaram os menores valores de Zn na acícula. Em oposição a 2009 os maiores valores foram observados na testemunha para o ano de 2010. Acompanhando o que foi observado no tratamento completo para o Cu, baixos teores de Zn, do 2º lançamento no tratamento completo e elevado na testemunha. Aparentemente o pendão representa um indicador da falta de Zn no sistema, a exemplo da testemunha e da omissão nas áreas I e II.

Aplicação de Zn proporcionou mudança na concentração do mesmo da acícula, sendo o tratamento menos zinco e testemunha proporcionaram menor teor de zinco nas acículas. Mas, as variações não são consistentes, uma vez que variam entre as partes analisadas. Variações no crescimento da acícula em função da aplicação dos tratamentos podem atuar na diluição da concentração dos elementos na planta, dificultando a interpretação dos resultados. Foi verificado no campo, a partir das coletas dos lançamentos, abortamento do broto terminal, indicando uma provável deficiência de Zn nas acículas.

Similar ao teor de Cu total na acícula, os teores Zn encontrados na serapilheira foram maiores valores quando da aplicação do mesmo. Mas, embora tenha sido aplicado mais Zn em relação ao Cu, os aumentos observados foram menores dados possivelmente a menor

capacidade de adsorção do Zn em relação ao Cu nos compostos orgânicos (McBride, 1994; Silva & Mendonça, 2007, Dias et al., 2003). Os valores observados na testemunha estão dentro do limite conforme Reissmann (1981) para Ln entre 9 a 20 mg kg⁻¹ e para Lv entre 10 a 30 mg kg⁻¹.

Ao contrário do solo, de modo geral, os teores de Fe nas acículas são baixos. Para a Área I, anos 2009 e 2010, a omissão de calcário propiciou os maiores teores de Fe em todos os tecidos analisados, sendo significativo para o 2º lançamento em 2009 e 1º lançamento em 2010. Na Área II observam-se maiores teores quando da omissão de micronutrientes e testemunha. Ao contrário do Cu e Zn o pendão não mostrou nenhuma evidência de mudança.

Acumulação de Fe na serapilheira também foi observada para quando do envelhecimento, em ambas as áreas. Os teores encontrados no Ln, e Lv são abaixo quando comparado ao observado por Reissmann (1981) de 225 a 365 e 1000 a 2250 mg kg⁻¹, respectivamente. Mas, estão acima do valor de 239 mg kg⁻¹ observado na serapilheira de pinus cultivado no Rio Grande do Sul por Vieira & Schumacher (2010).

Contudo resultados obtidos por Valeri & Reissmann (1989) encontraram contaminação de Fe do solo no subhorizonte (F) em contato com o solo mineral, sugerindo podendo ocorrer com frequência contaminação com Fe. Tal fato pode ser um dos fatores associado aos altos teores de Fe no Lv, uma vez que as amostras de serapilheira não foram lavadas e atividade biológica pode trazer solo à superfície.

Tabela 11. Teores de Cu, Mn, Fe e Zn na serapilheira (Ln e Lv) da Área I, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Teor de Cu (mg kg ⁻¹) na serapilheira					Teor de Mn (mg kg ⁻¹) na serapilheira				
Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor	Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor
Completo	43,5		584,7		Completo	295,7		389,1	
Menos Macro	168,2	0,1310	446,5	0,4663	Menos Macro	357,6	0,6446	394,0	0,9726
Menos Micro	7,0	0,6630	19,0	0,0061	Menos Micro	290,9	0,9683	430,5	0,7886
Menos K	41,2	0,9795	576,0	0,9597	Menos K	315,7	0,8676	410,2	0,8880
Menos Zn	112,6	0,3688	506,2	0,6681	Menos Zn	321,9	0,8371	351,6	0,7896
Menos Calagem	41,7	0,9811	651,0	0,7011	Menos Calagem	233,9	0,6282	267,0	0,4304
Testemunha	4,7	0,6500	6,5	0,0057	Testemunha	355,7	0,6488	296,4	0,5355
CV%	105,9		61,8		CV%	26,3		23,2	
Teor de Fe (mg kg ⁻¹) na serapilheira					Teor de Zn (mg kg ⁻¹) na serapilheira				
Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor	Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor
Completo	55,4		691,1		Completo	3,3		40,7	
Menos Macro	65,2	0,5147	453,4	0,158095	Menos Macro	4,2	0,3368	30,2	0,5962
Menos Micro	82,9	0,0882	784,4	0,538691	Menos Micro	1,8	0,1971	3,2	0,0979
Menos K	54,7	0,9570	684,6	0,965239	Menos K	2,5	0,4923	72,2	0,1409
Menos Zn	71,6	0,2965	653,0	0,812075	Menos Zn	2,0	0,2708	10,2	0,1538
Menos Calagem	55,9	0,9759	419,4	0,115459	Menos Calagem	3,2	0,9962	58,4	0,3752
Testemunha	51,7	0,7992	189,8	0,0062	Testemunha	1,5	0,1403	4,0	0,0978
CV%	22,9		39,9		CV%	31,6		75,8	

Tabela 12. Teores de Cu, Mn, Fe e Zn na serapilheira (Ln e Lv) da Área II, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Teor de Cu (mg kg ⁻¹) na serapilheira - Área II					Teor de Mn (mg kg ⁻¹) na serapilheira - Área II				
Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor	Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor
Completo	8,7		448,6		Completo	780,9		987,9	
Menos Macro	9,2	0,9447	414,7	0,8095	Menos Macro	866,1	0,3290	1017,2	0,8972
Menos Micro	6,2	0,7334	15,5	0,0084	Menos Micro	764,7	0,8598	1023,5	0,8826
Menos K	10,5	0,8218	481,9	0,8244	Menos K	911,7	0,1606	1101,3	0,6550
Menos Zn	13,2	0,5751	450,9	0,9874	Menos Zn	685,4	0,3258	1038,0	0,8411
Menos Calagem	18,0	0,2625	384,6	0,6691	Menos Calagem	771,7	0,9144	920,9	0,7673
Testemunha	4,0	0,5423	12,5	0,0091	Testemunha	754,2	0,7779	701,9	0,2399
CV%	102,9		61,7		CV%	15,1		25,6	
Teor de Fe (mg kg ⁻¹) na serapilheira - Área II					Teor de Zn (mg kg ⁻¹) na serapilheira - Área II				
Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor	Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor
Completo	101,9		943,3		Completo	11,5		213,8	
Menos Macro	82,9	0,4926	842,7	0,6103	Menos Macro	12,5	0,7694	227,4	0,7945
Menos Micro	95,7	0,8107	767,0	0,4165	Menos Micro	8,5	0,4112	20,2	0,0011
Menos K	61,4	0,1697	716,5	0,3133	Menos K	16,7	0,1569	214,1	0,9950
Menos Zn	63,0	0,1776	664,3	0,2214	Menos Zn	8,5	0,3853	55,9	0,0050
Menos Calagem	60,0	0,1611	771,3	0,4132	Menos Calagem	16,7	0,1677	125,0	0,0805
Testemunha	54,2	0,1161	761,6	0,4116	Testemunha	6,5	0,1886	13,7	0,0010
CV%	42,7		36,8		CV%	38,3		54,9	

Deve-se considerar ainda que, a produção de ácidos orgânicos pode solubilizar altas quantidades de ferro e o mesmo movimentar-se no sentido ascendente aumentando o teor de Fe na serapilheira (Trevisan, 1992). Menor teor de Fe na serapilheira na testemunha na área I pode ser um indicativo de baixa decomposição ou contaminação.

Os teores de B nas acículas tanto na testemunha como no tratamento menos micronutriente variaram de nível muito baixo a médios, em ambas as áreas nos dois anos estudados. Embora em menor proporção os resultados apontam para que possa haver carência do mesmo, especialmente para o crescimento da acículas de primeiro lançamento. Baixo nível não era esperado uma vez que os teores no solo mostravam-se alto em ambos os solos, mesmo na ausência da aplicação.

A faixa adequada do B na matéria seca do *Pinus* está entre 12 a 25 mg kg⁻¹ (Gonçalves, 1995), e os teores apresentados se encontram em geral, acima do adequado, pois o nível tóxico de boro no solo e nas plantas está bastante próximo dos níveis de deficiência. Há necessidade de um perfeito conhecimento das exigências da espécie para se detectar o problema com exatidão (Balloni, 1979).

Diferente do Zn e Cu, a resposta da planta ao B aplicado foi imediata, 2009, e no primeiro tecido crescimento, primeiro lançamento. Também, diferente do Zn e Cu, a adubação com B propiciou elevação do teor na planta para níveis altos, confirmando uma grande disponibilização do nutriente aplicado e que menores doses podem ser utilizadas. A ação do pendão como dreno de B não foi observada, sugerindo uma baixa redistribuição na planta.

Similar ao observado na planta, a concentração de B aumentou na serapilheira em função do uso do mesmo no adubo, mas os valores observados estão abaixo ao constatado na acícula, sugerindo uma possível perda. Ainda, os aumentos observados com aplicação são muito menores que o constatado para Zn e Cu, dado provavelmente à baixa capacidade de adsorção do B em compostos orgânicos (Rosolem & Bís caro, 2007; Soares et al., 2008). Este resultado permite ainda indicar que o B aplicado certamente atingiu o solo, e, portanto seja uma forma viável de aplicação.

Tabela 13. Teores de B nas acículas do 1º e 2º Lançamento de 2009 e 2010, da Área I e II, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Teor de B (mg kg⁻¹) nas acículas 2009									
Área I					Área II				
Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	Tratamentos	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor
Completo	57,7		73,2		Completo	36,0		81,5	
Menos Micro	9,7	0,0077	13,6	9,16E-05	Menos Micro	7,1	0,0052	15,5	0,0008
Testemunha	9,8	0,0064	19,5	0,0002	Testemunha	16,8	0,0318	28,8	0,0027
CV %	78		12			54		47	

Teor de B (mg kg⁻¹) nas acículas 2010													
Área I							Área II						
Trat	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	pendão	p-valor	Trat	1º Lanç	p-valor	2º Lanç	p-valor	pendão	p-valor
Completo	33,8		50,4		49,1		Completo	45,9		113		37,5	
Menos Micro	5,2	0,0003	9,2	0,0022	16,2	0,0092	Menos Micro	11,1	0,0002	13,9	9,16E-05	14,2	0,0025
Testemunha	4,2	0,0002	14,1	0,0037	31,9	0,1051	Testemunha	20,9	0,0008	21,9	0,0002	13,7	0,0027
CV %	42		63		45		CV %	31		16		45	

Tabela 14. Teores de B na serapilheira (Ln e Lv) da Área I e II, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Teor de B (mg kg⁻¹) na serapilheira- Área I					Teor de B (mg kg⁻¹) na serapilheira- Área II				
Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor	Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor
Completo	18,2		23,1		Completo	34,3		15,4	
Menos Micro	3,3	0,0001	6,0	0,0004	Menos Micro	5,7	9,56E-05	6,5	0,0044
Testemunha	4,5	0,0002	1,9	0,0001	Testemunha	7,7	0,0002	7	0,0052
CV %	27,2		45		CV %	25		38	

Efeito concentração do B em função da idade, como o observado para Zn, Cu e Fe, não pode ser confirmada para o mesmo, sugerindo uma perda com processo de decomposição.

Pode se observar durante a coleta, que os maiores comprimentos dos pendões (Tabela 15) eram aqueles que não possuíam 1º lançamento, verificado pela contagem dos anéis de crescimento. Presume-se que as árvores estariam gerando uma espécie de rabo-de-raposa ou “fox-tail”, constituindo um crescimento anormal do broto terminal, sem ramificações (Shimizu & Sebbenn, 2008). Aparentemente não há a formação de uma gema terminal no final da primeira estação de crescimento necessitando de um monitoramento ao longo do ano para garantir a veracidade da hipótese, uma vez que o rabo-de-raposa é típico do broto apical do fuste, e não do ramo lateral.

Essa característica é tida como de alta herdabilidade, e tendo grande influência climática e edáfica na sua manifestação. Os programas de melhoramento que vêm sendo conduzidos com o pinus têm selecionado contra o "fox-tail", considerando que o mesmo é prejudicial (Kageyama & Caser, 1982).

A Área II foi a única a apresentar diferenças significativas ($p < 0,05$), para a testemunha, menos calagem, menos K e menos macronutrientes, indicando a insensibilidade dos micronutrientes para o comprimento do pendão (Tabela 15).

Tabela 15. Comprimento do pendão em centímetros da Área I e II, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Tratamentos	Área I		Área II	
	Comprimento pendão	p-valor	Comprimento pendão	p-valor
Completo	44,50		67,1	
Menos Macro	46,28	0,8324	55,3	0,0225
Menos Micro	43,43	0,8917	65,9	0,7821
Menos K	40,15	0,6158	55,7	0,0240
Menos Zn	44,55	0,9950	63,8	0,4842
Menos Calagem	40,95	0,6721	55,0	0,0210
Testemunha	36,60	0,3737	52,4	0,0067
CV%	27,2		10,6	

Levando-se em consideração o fato de que ambas as áreas plantadas estão em segunda rotação, a quantidade de serapilheira existente é resultado do acúmulo do primeiro e segundo cultivo (Tabelas 16 e 17).

A massa seca da serapilheira acumulada (Ln + Lv) sobre o solo foi estimada entre 9 ton ha⁻¹ para Área I e 9,9 ton ha⁻¹ para Área II (Tabela 16), valor esse similar ao detectado por Koehler (1989) para *Pinus taeda* L. de 15 anos, com 8,2 ton ha⁻¹ em um sítio bom e 8,4 ton ha⁻¹ de serapilheira em um sítio médio, bem como Poggiani (1985) com *Pinus caribea* var. *hondurensis*, de 11 anos, com 8,4 ton ha⁻¹ de serapilheira. A quantidade encontrada pelo autor citado é comparável à deste estudo, porém com idade superior à deste trabalho, mas com acúmulo menor às duas áreas; demonstrando um acúmulo maior de serapilheira nas áreas estudadas. Segundo Brun (2008), a serapilheira acumulada sobre o solo nas áreas com *Pinus taeda* onde a biomassa de resíduos da 1ª rotação sob floresta nativa original queimada foi de 8,61 Mg ha⁻¹, valores semelhantes à do presente estudo.

Tabela 16: Pesos litter novo e litter velho das acículas da serapilheira, da Área I e II, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariáiva – estado do Paraná.

Peso Litter Novo (Ln) e Litter Velho (Lv) - (ton ha ⁻¹)									
Área I					Área II				
Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor	Tratamentos	Ln	p-valor	Lv	p-valor
Completo	2,1		6,9		Completo	1,7		8,2	
Menos Macro	1,6	0,1763	5,2	0,2016	Menos Macro	2,3	0,3353	8,3	0,9954
Menos Micro	1,7	0,2201	6,5	0,7660	Menos Micro	2,1	0,4313	7,8	0,7508
Menos K	1,9	0,6295	5,6	0,3042	Menos K	1,6	0,7857	6,5	0,2992
Menos Zn	2,0	0,7162	6,8	0,9113	Menos Zn	2,1	0,4519	9,1	0,6180
Menos Calagem	2,4	0,4348	6,1	0,5582	Menos Calagem	2,5	0,1739	7,3	0,5590
Testemunha	2,0	0,6657	4,7	0,1044	Testemunha	1,7	0,9855	4,6	0,0420
CV %	20,3		27,6		CV %	33,4		31,1	

A massa de acícula da serapilheira da testemunha apresentou valores significativamente inferiores àqueles verificados nos tratamentos completos, para área II e tendência para área I, indicando que o efeito da queda de acícula sobrepôs ao aumento na taxa de decomposição e perda de massa. Reissmann & Wisniewski (2000) destacam a maior produção em sítios de melhor qualidade e maior acúmulo nos sítios de qualidade inferior. Assim, não se confirmou em curto prazo o potencial de redução do volume da serapilheira com a aplicação da calagem, conforme obtido por Plate (2002) a adição da lama de cal estimulou a biodegradação da serapilheira.

A taxa de decomposição mais acelerada da serapilheira ocorre nos meses mais chuvosos e mais reduzida nos mais secos, ou seja, a temperatura e a precipitação são grandes

fatores de controle da decomposição. Levando em consideração a precipitação média (Tabela 1) de Jaguariaíva (Área I) e Arapoti (Área II), durante o período das coletas em agosto e a variação de temperatura entre 20 a 25°C, pode-se verificar que estes fatores não foram preponderantes para que houvesse uma significativa decomposição.

Segundo Correa & Andrade (1999) a decomposição e disponibilidade de nutrientes da serapilheira é influenciada pelos teores de lignina, celulose e a relação destes compostos com os teores de nitrogênio contidos nas acículas e na serapilheira, são fatores destacados como responsáveis pela lenta decomposição; além de estar associado a uma grande produção de acículas (Lugo et al., 1990) o que resulta em maior acúmulo de serapilheira na superfície do solo sob cultivos de *Pinus*, que outros cultivos.

Tabela 17: Espessura em centímetros e peso do horizonte orgânico FH, da Área I e II, de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Características FH									
Área I					Área II				
Tratamentos	Peso FH (ton ha ⁻¹)		Espessura FH (cm)		Tratamentos	Peso FH (ton ha ⁻¹)		Espessura FH (cm)	
		p-valor		p-valor			p-valor		p-valor
Completo	41,5		3,89		Completo	71,7		4,3	
Menos Macro	67,0	0,0630	4,03	0,8204	Menos Macro	76,9	0,7172	5,5	0,4147
Menos Micro	59,3	0,1789	3,72	0,7982	Menos Micro	56,2	0,2845	5,3	0,5211
Menos K	47,1	0,6579	4,04	0,8189	Menos K	75,8	0,7617	5,1	0,5348
Menos Zn	41,8	0,9800	3,03	0,2130	Menos Zn	66,3	0,6898	5,2	0,5332
Menos Calagem	31,1	0,4128	4,55	0,3271	Menos Calagem	80,8	0,5401	6,2	0,2060
Testemunha	38,0	0,7688	3,75	0,8299	Testemunha	51,0	0,1690	4,3	0,9817
CV %	36		20,7		CV %	28		27	

Não foi verificado efeito dos tratamentos sobre a espessura do FH (Tabela 17), pois é preciso considerar que este material não sofreu secagem em estufa a 65°C, bem como o peso total de Ln (ambas as áreas), o peso total (ton ha⁻¹) na Área II (Tabela 16) e o peso do FH (Tabela 17), pois o material do FH é composto na maior parte em peso por raízes, algumas bem grossas (2 cm) e até mesmo resíduos do povoamento anterior. Kleinpaul et al. (2005) indicaram que a suficiência amostral só para acículas é de aproximadamente 40 amostras, contudo o presente estudo utilizou apenas 16 amostras.

3.4 INCREMENTOS EM ALTURA E VOLUME

Na Tabela 18 constam os incrementos periódicos da altura e volume dos *Pinus taeda* nas duas áreas avaliadas, no período compreendido entre novembro de 2008 e janeiro de 2011, em função do diâmetro de todas as árvores dentro da parcela.

Tabela 18. Incremento periódico e IP anual da altura e volume das árvores em m e m³ de talhão comercial de *Pinus taeda* L. submetido à técnica de diagnose por subtração – pólo florestal de Jaguariaíva – estado do Paraná.

Tratamentos	Incremento Periódico do Volume				Incremento Periódico da Altura			
	m ³ em 3 anos		m em 3 anos		m em 3 anos		m em 3 anos	
	Área I	p-valor	Área II	p-valor	Área I	p-valor	Área II	p-valor
Completo	68,3		52,5		2,4		2,4	
Menos Macro	62,9	0,6315	36,8	0,0501	2,3	0,4943	2,6	0,4726
Menos Micro	79,5	0,3706	60,6	0,3009	2,4	1,0000	2,4	0,9042
Menos K	59,1	0,4447	53,8	0,8562	2,2	0,2626	2,2	0,3362
Menos Zn	76,0	0,5231	61,9	0,2485	2,6	0,1247	2,6	0,4296
Menos Calagem	72,2	0,7316	62,5	0,2293	2,4	1,0000	2,3	0,4296
Testemunha	54,3	0,2611	40,0	0,0968	2,1	0,1247	2,2	0,3268
CV %	24,2		25,4		10,1		12,7	

Os melhores resultados de incremento da altura durante o experimento foram obtidos com os tratamentos menos zinco, para Área I e tratamentos menos macro e menos zinco na Área II, porém não significativos ($p < 0,05$). Estes resultados não eram esperados, pois Reissmann (1981) aponta limitações de crescimento para *P. taeda* relacionados aos baixos níveis de Zn nas acúculas. Ainda, Dóldan (1987) constatou que Zn e Cu seriam fatores limitantes ao crescimento em altura. Ou seja, é de se suspeitar que os maiores valores de incremento em altura do presente estudo, estivessem associados ao tratamento menos Zn.

Perante o experimento de três anos, pode-se notar que o incremento periódico volumétrico na Área I, revela indiferença para com o micronutrientes (Cu, Zn, B e Mo aplicados como fertilizantes) no crescimento do *Pinus taeda*, e manifesta importância dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) no crescimento do *Pinus taeda*, porém são valores não significativos. Todavia, na Área II a situação se inverte, revelando importância ao N, P e K

presente no adubo (T2), sendo diferente significativamente; corroborando com Simões et al. (1970) e Vogel et al. (2005) que encontraram em *Pinus caribaea* e *Pinus taeda* respectivamente o fósforo como nutriente que promoveu o maior crescimento, Brito et al. (1986) depararam com aumento volumétrico utilizando N, P, K e calagem como fertilizante.

A Área I apresentou maiores alturas (7,7 m em média para o tratamento completo no inventário de 2010) em relação Área II (6,6 m em média para o tratamento completo no inventário de 2010). Esta superioridade da Área I também se revela para o volume por hectare (Tabela 19, Anexo I), pois o volume por hectare cresce à medida que aumenta o potencial do sítio (Mainardi et al., 1996).

Os incrementos em altura, para as duas áreas avaliadas, ficaram muito aquém dos resultados obtidos por Mendes (1983) que obteve incrementos de 1,53 m aos 4 anos de idade na região de Telêmaco Borba para a mesma espécie. Tonini et al. (2002) encontraram na região de Encruzilhada do Sul (RS) com *Pinus elliottii* 5,05 m para os últimos 7 anos. Já a taxa de incremento encontrada neste trabalho (2,4 m) em muito se distinguiu àquelas reportadas pelos autores acima.

Por sua vez, os incrementos volumétricos também foram inferiores às duas áreas, visto que o crescimento volumétrico é a consequência da combinação entre o crescimento em altura e o crescimento diametral, uma vez que Mendes (1983) obteve incremento periódico de 62,6 m³/ha aos 4 anos para *Pinus taeda*.

Esses resultados que traduzem aumentos significativos de crescimento de árvores de *Pinus taeda* como consequência da aplicação de fertilizantes, principalmente os fosfatados, e estão em consonância com os obtidos *Pinus taeda* em Cambará do Sul (RS), indicando resposta linear e quadrática significativa para o P, evidenciando a importância da aplicação desse nutriente no crescimento inicial das plantas de *Pinus taeda* (Vogel et al. 2005).

Considerando o coeficiente de variação para *Pinus* spp. conforme Garcia (1989) a altura total (HT), é classificado como médio quando o CV% se encontra entre 2,64 a 12,06, alto entre 12,06 a 16,77 e muito alto maior que 16,77; correspondendo a uma precisão média para a altura total, já para o volume é classificado como médio quando CV% se encontra 6,93 a 36,43 %. Assim, com a precisão variando de média para baixa os resultados sendo significativos, são também confiáveis.

Análise considerando apenas as árvores dominantes das parcelas então sendo avaliadas e será foco de estudos dos próximos trabalhos.

4 CONCLUSÕES

- ✓ Os teores de Mn no solo permaneceram abaixo do nível adequado, além de aumentar sua concentração em profundidade devido ao acúmulo de água favorecendo um ambiente redox;
- ✓ A retenção de Cu e Zn na serapilheira pode ter contribuído pela pequena influência do uso dos mesmos;
- ✓ A aplicação de B proporcionou aumento nos teores no perfil bem como no teor foliar, sugerindo alta eficiência.
- ✓ Os teores do Lv se apresentaram altos para os 4 micronutrientes catiônicos, pois provavelmente há um maior efeito de enriquecimento relativo;
- ✓ Houve uma carência de Cu e Zn nos lançamentos das acículas, podendo estar entre os responsáveis pelo baixo crescimento do pinus na região de Jaguariaíva, porém para o Mn há uma suspeita de toxicidade sendo resultante possivelmente da elevada acidez do solo;
- ✓ Os incrementos em volume foram expressivos mesmo em sítios de baixa produtividade (Área I), porém o efeito da ausência do Zn não proporcionou decréscimo no incremento em altura como era esperado.

5 LITERATURA CITADA

- ASSMANN, E. **The principles of forest yield study**. Oxford: Pergamon Press, 506p. 1970.
- BALLONI, E. A. A utilização de boro em florestas plantadas. **IPEF**. Circular Técnica. N. 70. 1979.
- BATAGLIA, O.C. et al. **Métodos de análises química de plantas**. Boletim Técnico Inst. Agron., Campinas, 78: 1-48, 1983.
- BATISTA, A.H. Influência da calagem e adubação na acidez do solo e ciclagem de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} em plantios de *Pinus taeda* L. no pólo florestal de Jaguariaíva-PR. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – UFPR: Curitiba, 2011.
- BORKERT, C. M.; PAVAN, M.A. & BATAGLIA, O. A. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In. FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V. & ABREU, C. A., eds. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS. 2001. p. 151-178.
- BRITO, J.O., FERRAZ, E.S.B., BARRICHELO, L.E.C., DO COUTO, H.T.Z. A Adubação mineral e seus efeitos sobre os anéis de crescimento da madeira de *Pinus caribaea* var. *Bahamensis* **IPEF**, n.32, p.5-17, 1986.

BRUN, E.J. **Matéria orgânica do solo em plantios de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* em duas regiões do Rio Grande do Sul.** 2008. 119 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CHAVES, R.Q.; CORRÊA, G.F. Micronutrientes no sistema solo - *Pinus caribaea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte das plantas. **Revista Árvore**, v. 27, n.6, 769-118, 2003.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Adubação e de Calagem.** 10a edição. Porto Alegre, 2004.

CONSOLINI, F.; COUTINHO, E.L.M. Efeito da aplicação de Zn e do pH do solo na disponibilidade do micronutriente. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, no. 1, p. 7-12, 2004.

COSTA, J.M. & OLIVEIRA, E.F. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas.** Cascavel, Campo Mourão, COAMO/COODETC, 1998. 89p.

CORREA, M.E.F; ANDRADE, A.G. Formação de Serapilheira e Ciclagem de Nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo.** Porto Alegre: Gênese, 1999. p.197-225.

CRUZ, G.C.S. **Clima.** In: MELO, M.S.; R.S. MORO; G.B. GUIMARÃES (Eds). Patrimônio natural dos Campos Gerais. Ponta Grossa: UEPG. 2007. p: 59-72.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas;** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

DIETRICH, A. B. Relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Revista Floresta.** v. 8, nº 1. p. 81-84. 1977.

DIAS, A.C.B., PAVAN, M.A., MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. Plant residues: short term effect on sulphate, borate, zinc and copper adsorption by an acid Oxisol **Brazilian Archives of Biology and Technology.** v. .46, n. 2 p. 199-202, 2003.

DOLDÁN, M. E. Q. **Desenvolvimento da altura dominante de *Pinus taeda* L. como resposta aos estímulos dos fatores do meio, na região de Ponta Grossa.** Dissertação (Mestrado em Ciências) – UFPR: Curitiba, 1987.

DORTZBACH, D. ;LÉIS, C.M.; BEBER, C. L.; BELLI FILHO, P.; COMIN, J.J. Teor de manganês durante o cultivo de milho, adubado com dejetos suínos em plantio direto. In: XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas XIII Reunião Brasileira sobre Micorizas XI Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo VIII Reunião Brasileira de Biologia do Solo - **Fertbio**, 2008, Londrina - PR. Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 1999. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

GARCIA, C.H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. **IPEF**. Piracicaba, Nº 171. Circular técnica. 1989.

GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 185-226.

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.

HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. Transport and distribution of manganese in two cultivars of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Australian Journal of Agricultural Research**, 31:943-949, 1980.

HEINRICHS, R., MALAVOLTA, E., MOREIRA, A., FIGUEIREDO, P.A.M. de., CABRAL, C.P., RUSCHEL, J. Calagem e extratores químicos de manganês e zinco em Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico cultivados com soja. **Científica**, Jaboticabal, v.34, n.1, p.66 – 74, 2006.

HILDEBRAND, E.E.; BLUM, W.E.H. DIETRICH, A.B. Metodologia da amostragem e análise química das acículas da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. II- Influência do local de amostragem na copa. **Revista Floresta**. v. 2. Nº 1. p. 9-15. Curitiba, 1976.

IMAÑA-ENCINAS, J.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília, DF: UnB, 2005. 40 p.

KOEHLER, C. W. **Variação estacional da deposição da serrapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa**. 1989. 149 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

KLEINPAUL, I.S.; SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J., BRUN, F.G.K.; KLEINPAUL, J.J. Suficiência amostral para coletas de serrapilheira acumulada sobre o solo em *Pinus elliottii* Engelm, *Eucalyptus* sp. e floresta estacional decidual. **Revista Árvore**, v. 29, n.6, p.965-972, 2005.

KAGEYAMA, P. Y.; CASER, R.L. Adaptação de espécies de pinus na região nordeste do Brasil Série Técnica **IPEF**, Piracicaba, v.3, n.10, p.33 – 56, 1982

LASO GARICOITS, L. S. **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.

LOPES, A.S. Soils under Cerrado: A Success Story in Soil Management. **Better Crops International**. v. 10, Nº. 2, p.9-15.1996.

- LOPES, A.S. **Solos sob “Cerrado”:** características, propriedades e manejo. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984.
- LUGO, A.E.; CUEVAS, E.; SANCHEZ, M.J. Nutrient and mass in litter and top soil of ten tropical tree plantations. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.125, p.263-280, 1990
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MAINARDI, G.L., SCHNEIDER, P.R., FINGER, C.A.G. Produção de *Pinus taeda* L. na região de Cambará Do Sul, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p.39-52. 1996.
- MARTINS, A. P. L; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Revista Scientia Agraria**, v.8, n.1, p.1-17, 2007.
- MARQUES J.J.; SCHULZE, D.G.; CURI, N.; MERTZMAN, S.A. Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, v.121, p.31-43, 2004.
- MENDES, F.S. **Teste de progênes de árvores superiores de *Pinus taeda* selecionadas nos E.U.A. com alta capacidade geral de combinação**. IPEF, n.25, p.45-46, 1983.
- McBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soils**. New York, Oxford University Press, 1994, 406 p..
- MOTTA, A. C. V.; SERRAT, B. M.; REISSMANN, C. B. DIONÍSIO, J. A. **Micronutrientes na rocha, no solo e na planta**. Curitiba. 2007. 246p.
- POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*: implicações silviculturais**. 1985. 229f. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1985.
- PLATE, E.B. **Aplicação de lama de cal em solo de Floresta de *Pinus taeda* e seus efeitos sobre a microbiota do solo e biodegradabilidade da serrapilheira**. Dissertação de mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – 2002.
- RAIJ, B van.; ANDRADE, J. C. de; CANTARELLA, H.;QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade em de solos tropicais**. Campinas, SP: Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285 p.
- REISSMANN, C.B. **Nährelementversorgung und Wuchsleistung von Kiefernbeständen in Süd-Brasilien**. Friburg i. Br. Alemanha, 1981, 169 p. (Tese de Doutorado).
- REISSMANN, C.B. & ZÖTTL, H.W. Problemas nutricionais em povoamentos de *Pinus taeda* em áreas do arenito da formação Rio Bonito-Grupo Guatá. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**. v, 9: p 75-80, 1987.
- REISSMANN, C.B. HILDEBRAND, E.E.; BLUM, W.E.H. BURGER, L.M. Metodologia da amostragem e análise química das acículas da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. I- Influência da idade das acículas. **Revista Floresta**. v. 7. Nº 1. p. 5-12. Curitiba, 1976.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantio de Pinus. In: GONÇALVES, J.L.M., BENEDETTI, V. (Eds) **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba. IPEF, 2000. P. 135 – 165.

RODRIGUES, C. M. **Efeito da aplicação de resíduos da indústria de papel e celulose nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, na nutrição e biomassa do *Pinus taeda* L.** 109 p. Dissertação de mestrado em Ciências do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - 2004.

ROSOLEM, C.A., BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1473-1478, 2007.

SANTOS FILHO, A. & ROCHA, H. O. Principais características dos solos que influem no crescimento de *Pinus taeda* L. no 2º Planalto Paranaense. **Revista do Setor de Ciências Agrárias** . v 9 n (1-2): p 107-111, 1987.

SHIMIZU, J.Y.; SEBBENN, A.M. Espécies de Pinus na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J.Y. (Ed.). **Pinus na silvicultura brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 49-74.

SILVA, I. R.; SÁ MENDONÇA, E. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.et al., (Eds) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. n. 1, p. 275 – 374.

SIMÕES, J.W., MELLO, H.A., MACARENHAS SOBRINHO, J., COUTO, H. T. Z. A adubação acelerada o desenvolvimento inicial de plantações de *Pinus caribaea* var. Bahamensis. **IPEF** n.1, p.59-80, 1970.

SOARES, M.R.; CASAGRANDE, J.C.; ALLEONI, L.R.F. Adsorção de Boro em solos Ácricos em função da variação do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 32: p 111-120, 2008.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A. Deficiência de manganês em soja induzida por excesso de calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.2, p.247-250, 1992.

TONINI, H.; FINGER, C.A.G.; SCHNEIDER, P.R.; SPATHELF, P. Índice de Sítio para *Pinus Elliottii* Engelm, em três Unidades se mapeamento de solo, nas regiões da Serra do Sudeste e Litoral, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 61-73. 2002.

TREVISAN, E. **Classificação e Caracterização de Horizontes Orgânicos sob povoamentos de *Pinus taeda* L. na Região de Ponta Grossa - PR**. Dissertação de Mestrado – Ciências Florestais, UPFR, 1992.

VALERI, S. V., REISSMANN, C.B. Composição da manta florestal sob povoamento de *Pinus taeda* L. na região de Telêmaco Borba-PR. **Revista Floresta**. v. 19, n.1/2., p.55-61. 1989.

VAN GOOR, C.P. Reflorestamento com coníferas no Brasil. Aspectos ecológicos dos plantios na região sul, particularmente com *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia*. B. **Setor de Inventários Florestais**, 9. 1965. 58p.

VENDRAME, P.R.S.; BRITO, O.R.; QUANTIN, C.; BECQUER, T. Disponibilidade de cobre, ferro, manganês e zinco em solos sob pastagens na Região do Cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.42, n.6, p.859-864, 2007.

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.

APÊNDICES

APÊNDICE 1.

Tabela 19: Dados dendrométricos do inventário de 2010.

Área I			
Bloco	Tratamento	Média Altura (m) em 2010	Média Volume (m³/ha) em 2010
1	1	7,9	113,3
2	1	7,9	100,8
3	1	7,6	107,8
4	1	7,8	117,1
1	2	8,1	118,4
2	2	7,7	100,2
3	2	8,0	110,9
4	2	8,0	118,8
1	3	8,1	124,6
2	3	7,5	82,2
3	3	8,0	136,5
4	3	7,9	113,7
1	4	7,9	106,3
2	4	7,5	89,4
3	4	7,4	99,6
4	4	7,8	131,6
1	5	7,9	122,5
2	5	7,6	84,6
3	5	7,5	117,3
4	5	7,8	96,7
1	6	7,9	118,3
2	6	7,7	115,6
3	6	7,9	118,8
4	6	7,8	104,4
1	7	7,9	110,0
2	7	6,5	74,3
3	7	7,5	88,6
4	7	7,3	94,1
Média		7,7	107,7

Área II			
Bloco	Tratamento	Média da Altura (m) em 2010	Média Volume (m³/ha) em 2010
1	1	6,2	52,6
2	1	7,1	85,5
3	1	6,3	48,5
4	1	6,5	56,5
1	2	5,8	43,3
2	2	5,6	43,8
3	2	6,1	45,4
4	2	6,0	48,7

1	3	6,9	83,7
2	3	6,8	68,6
3	3	6,6	59,0
4	3	6,5	66,0
1	4	6,3	48,5
2	4	7,2	83,8
3	4	6,9	70,9
4	4	7,6	108,8
1	5	7,0	77,4
2	5	6,5	58,5
3	5	6,3	47,1
4	5	6,3	59,1
1	6	7,2	83,1
2	6	6,3	54,2
3	6	7,6	116,9
4	6	7,6	106,0
1	7	5,9	46,7
2	7	6,6	57,4
3	7	6,6	58,1
4	7	5,7	34,7
Média		6,6	64,7

RESUMO BIOGRÁFICO

Thays Schneider, filha de Ingo Juarês Schneider e Sibebe Schneider, nasceu em Santa Helena – PR, em 12 de maio de 1987.

Graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) em dezembro de 2008.

Em março de 2009 iniciou suas atividades no mestrado em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Paraná, concluindo em julho de 2011.