

Crescimento e Nutrição de *Ocotea odorifera* (Canela Sassafrás) Submetido à Fertilização e à Omissão de Nutrientes

Silvia Schmidlin Keil⁽¹⁾, Carlos Bruno Reissmann⁽²⁾, Sylvio Pellico Netto⁽³⁾

⁽¹⁾ Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR, Rua Imaculada Conceição, 1155, CEP 80215-901, Curitiba-PR. E-mail: silvia.keil@pucpr.br; ⁽²⁾ Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-050, Curitiba-PR. E-mail: reissman@ufpr.br; ⁽³⁾ BR 376, Km 14 - Costeira, CEP - 83010-500, São José dos Pinhais-PR. E-mail: pellico.sylvio@pucpr.br

Resumo - Avaliaram-se os aspectos nutricionais e o efeito da fertilização e da omissão de nutrientes no desenvolvimento de plântulas de canela sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer), conduzido em casa de vegetação durante 24 meses, constando de 11 tratamentos e cinco repetições, com coletas sazonais, sendo utilizado o material obtido na primavera. Os tratamentos consistiram de controle (solo natural), adubação completa (N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, B), adubação com omissão individual de nutrientes (-N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, -B, -Zn) e tratamento com adubação orgânica (esterco bovino curtido). Foram utilizados vasos com solo de baixa fertilidade natural e plântulas de canela sassafrás oriundas de regeneração natural dispostos em delineamento estatístico inteiramente casualizado. Foram avaliados desenvolvimento em altura, diâmetro do colo e biomassa. Para o crescimento em altura da canela sassafrás, o nutriente mais limitante foi o enxofre, e para o diâmetro do colo foi a fertilização com macro e micronutrientes, embora não tenha havido diferença significativa entre os tratamentos. A massa seca radicular foi reduzida quando da fertilização com macro e micronutrientes e a massa seca aérea quando se omitiu N e P. A adubação orgânica demonstrou ser eficiente, tanto para o incremento em altura, quanto para a produção de massa foliar.

Termos para indexação: *Ocotea odorifera*, fertilização, omissão de nutriente.

Development and Nutrition of *Ocotea odorifera* (canela sassafrás) Submitted to the Fertilization and Omission of Nutrients

Abstract - The present paper has as objective the evaluation of the nutritional aspects, fertilization effect and omission of nutrients in the plants grow of canela sassafras (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer), in a vegetation house for 24 months, consisting of 11 treatments and five repetitions, with seasonal collections, using the springer material. The treatments consisted of control (natural soil), complete fertilization (N, P, K, Ca, Mg, S, Zn and B), fertilization with individual nutrients omission (-N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, -B, -Zn) and organic fertilization (bovine manure). Natural fertility soil and plants of canela sassafras originally from natural regeneration disposess in causality statistical delineation were utilized. The height, diameter length and biomass were evaluated. To the development in height of the canela sassafras, the more limited nutrient were sulphur and to the diameter length was the fertilization with macro and micronutrients, but there was no significant difference between the treatments. The roots dry mass reduced when used macro and micronutrients fertilization, and the dry mass of the aerial part with the omission of N and P. The organic fertilization demonstrated to be efficient, so much for the increment in height, as for the production of foliar mass.

Index terms: *Ocotea odorifera*, fertilization, nutrient omission.

Introdução

Durante muitos anos, a exuberância das florestas e a amplitude territorial do Brasil levavam a supor que o potencial de recursos florestais era ilimitado. Entretanto, a exploração sistemática, ou mesmo a sua substituição por outras culturas, aliada ao processo de colonização

do Brasil, revelou um quadro de desmatamento indiscriminado.

Até o início da década de 90, o Brasil era o principal produtor de safrol (óleo essencial) extraído da canela sassafrás no Sul do País, tendo ampla dispersão no Estado do Paraná, ocorrendo na Floresta Atlântica, nas Florestas com Araucária e nas formações tropicais do

norte do estado. Entretanto, a exploração extrativista da canela sassafrás, sem um manejo adequado, fez com que a espécie fosse incluída na lista oficial de espécies brasileiras ameaçadas de extinção, fato que motivou os órgãos ambientais a proibir sua exploração (BRASIL, 1992).

Na busca de uma solução para a crise econômica do óleo de sassafrás, a Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), com o apoio do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica (Probio), pesquisou a extração do óleo das folhas e ramos obtidos com a poda das árvores, constatando que são necessárias dez árvores para a mesma quantidade de óleo de uma árvore cortada. Entretanto, tem-se a vantagem de que as árvores podadas continuam na mata e, dentro de um plano de manejo sustentado, poderão produzir biomassa vegetal nos anos seguintes.

Segundo Seitz (1981), as mudas de regeneração natural podem ser utilizadas para o enriquecimento de florestas degradadas, principalmente para espécies que tenham problemas de produção, coleta ou armazenamento de suas sementes, desde que com o uso de técnicas apropriadas como: preparo do solo, abertura de copas, correção do solo, adubação, eliminação de vegetação concorrente e controle de predadores.

Estudos realizados por Cetnarski Filho (2003) no Município de Tijucas do Sul, PR, demonstraram que plantas de *O. odorifera* obtidas de regeneração natural conduzidas em viveiro por 120 dias são uma alternativa viável para o plantio de sassafrás, uma vez que apresentaram maiores índices de sobrevivência quando submetidas a tratamentos com sombreamento.

Carvalho (2003) mencionou que a *Ocotea odorifera* é exigente em solos, sendo considerada espécie indicadora de alta fertilidade química. Em plantios experimentais, tem crescido melhor em solos com propriedades físicas adequadas, férteis, profundos, com drenagem boa e textura argilosa. Entretanto, estudos realizados com canela (*Cinnamomum zeylanicum*), no Município de Morretes, PR, por Koketsu et al. (1997), não ressaltam diferenças na composição ou nos teores dos componentes de óleo essencial em função do tipo de adubação.

A expansão do mercado consumidor de óleo de madeira de sassafrás (safrol) e a proibição do corte das árvores nativas remanescentes, aliada à grande importância ambiental, demonstra a relevância da conservação da canela sassafrás. No contexto da biodiversidade brasileira, há necessidade de desenvolvimento de pesquisas com espécies florestais nativas que busquem

a reversão do quadro atual, mediante reflorestamentos e alternativas de manejo sustentável, que permitam a extração do óleo essencial sem o corte da árvore, ou seja, extração do óleo da área foliar.

A maioria das espécies florestais ocorrentes na Mata Atlântica apresenta média a alta demanda nutricional, exigindo, para seu estabelecimento, solos de média fertilidade e com boas condições hídricas, sem longos períodos de estiagem. A grande diversidade de espécies e, por consequência, exigências nutricionais diferentes, dificulta recomendações de adubação específicas para cada espécie, assim, busca-se suprir as necessidades das espécies mais exigentes, de maneira que as demais tenham suas demandas atendidas (GONÇALVES, 1995).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo estudar a influência da omissão de nutrientes e fertilização sobre o crescimento e produção de biomassa de plântulas de *Ocotea odorifera* conduzidas em casa de vegetação, tendo como substrato solo de baixa disponibilidade nutricional.

Material e Métodos

As plantas obtidas de regeneração natural utilizadas no experimento em casa de vegetação (55 plantas) foram obtidas no viveiro de propriedade da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, localizado no Município de Tijucas do Sul.

As plantas com aproximadamente o mesmo grau de desenvolvimento, com 20 cm a 30 cm de altura, foram cuidadosamente retiradas com o auxílio de pá cortadeira e transplantadas para vasos com 30 cm de altura, 27 cm de diâmetro superior e 20 cm de diâmetro inferior, com capacidade para 10 kg de solo. O solo para os vasos foi retirado da própria floresta, utilizando-se o solo dos primeiros 10 cm do horizonte superficial (Tabela 1).

Durante um período de cerca de 60 dias, as plantas foram aclimatadas, gradativamente deslocadas do seu habitat natural até local com maior intensidade de luz, na própria floresta, e depois transferidos para a casa de vegetação da PUCPR, localizada no Município de São José dos Pinhais.

Uma vez que as plantas eram procedentes de ambiente florestal com menor incidência de luz, havia uma preocupação com relação ao impacto que a planta poderia sentir em um ambiente com maior luminosidade, como o da casa de vegetação. A intensidade de luz foi

Tabela 1. Resultados analíticos* do solo do viveiro de Tijucas do Sul utilizado nos vasos, antes da fertilização.

pH	Al	H+Al	Ca	Mg	K	P	C	MO	V	Fe	Mn	Cu	Zn
CaCl ₂	cmol _c .dm ⁻³		mg.dm ⁻³			g.dm ⁻³		%		mg.kg ⁻¹			
3.70	4.10	17.50	1.60	1.71	0.26	2.90	31.99	55.16	16.94	93,90	11,80	0,55	2,10

*Metodologias utilizadas: C - Walkley e Black; P e K - Mehlich; Ca, Mg e Al - KCl; H + Al - Índice pH SMP.

medida com o auxílio de luxímetro LD-294, obtendo-se uma intensidade média de luz a 1 m do solo de 622 lux na floresta e, na casa de vegetação com sombrite 50 %, foi de 1100 lux. A umidade foi mantida entre 50 % a 60 % da capacidade de campo e a temperatura em 25 °C, controladas automaticamente pelo sistema, obtendo-se 100 % de sobrevivência das plantas.

Os vasos referentes aos 11 tratamentos: controle (solo natural); completo (adubação com N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn), com omissão de um nutriente de cada vez (-N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, -B, -Zn) e com adubação orgânica (esterco bovino curtido), com cinco repetições, foram dispostos nas mesas da casa de vegetação, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado.

As plantas utilizadas, segundo avaliação de desenvolvimento de anéis de crescimento, tinham três anos de idade, portanto com poucas folhas, fato que dificultou a amostragem para composição mineral das folhas, principalmente referente à coleta de inverno de 2002 (primeira coleta).

O número de anéis da planta, parâmetro utilizado para determinar a sua idade, foi utilizado apenas como referência aproximada, uma vez que não há citações bibliográficas sobre o desenvolvimento da canela sassafrás. Além disso, este aspecto se reveste de importância por ocasião da caracterização do estado nutricional.

Além da composição química foliar, foram avaliados o diâmetro do caule ao nível do solo e altura das plantas. Inicialmente, as plantas foram mensuradas semanalmente, porém, como o espaço de tempo era pequeno para emissão de novas folhas ou alteração dos demais dados, passou-se a fazer mensurações mensalmente.

Após 24 meses, as plantas foram retiradas dos vasos, pesadas e secas em estufa para determinação do peso seco (biomassa aérea e radicular).

Para as análises químicas de solo foram coletadas amostras de todos os 55 vasos que foram misturadas

para obtenção de uma amostra composta representativa do experimento, antes da instalação dos tratamentos (Tabela 1).

As análises químicas das amostras de solo foram feitas segundo a metodologia da CLAESSEN (1997), pelo laboratório de análise de solos da PUCPR e constituíram de: pH em CaCl₂ por potenciometria; para cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis, foi usado o extrator KCl 1N e analisados por titulometria; e para o fósforo (P) disponível e potássio (K), foi utilizado o extrator de Mehlich, analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente, e carbono orgânico (C), via úmida, pelo método de Walkley e Black.

Os micronutrientes, ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn), foram analisados pelo Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná.

A quantia de nutriente por kg de solo para o experimento (Tabela 2) foi calculada com base nos dados químicos do solo (Tabela 1) e, como parâmetro para as doses de nutrientes, foi utilizado o trabalho com jatobá, realizado por Duboc et al. (1996).

O Ca foi calculado para elevar a porcentagem de saturação de bases para 70 %, uma vez que para a espécie em estudo não há informações referentes a este parâmetro, sendo a quantia de Mg mantida na relação cálcio/magnésio 2:1 e, para a adubação orgânica, foram utilizadas 25 g.Kg⁻¹ de esterco bovino, equivalente ao que Ming (1992) aplicou para a *Lippia alba*.

Os nutrientes foram aplicados em forma de reagentes p.a. (puro para análise) e misturados totalmente ao volume do solo correspondente a cada tratamento, sendo: carbonato de cálcio 98 % (Ca); cloreto de Magnésio (MgCl₂.6 H₂O) para Mg; cloreto de potássio (K); fosfato monopotássico (KH₂PO₄), para P e K; nitrato de cálcio (Ca (NO₃)₂.4 H₂O) e sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] como fonte de N; sulfato de zinco (ZnSO₄) para S e Zn; ácido bórico (H₃BO₃) fonte de B e esterco bovino (adubo orgânico).

A primeira aplicação dos nutrientes foi efetuada em forma sólida, sendo misturados ao solo dos vasos homogeneamente. A segunda fertilização foi feita em forma de solução, utilizando-se a mesma dosagem da primeira aplicação. A quantidade de nutrientes referente a cada planta foi dissolvida em água, devido à maior facilidade para a sua distribuição.

O carbonato de cálcio foi incorporado no solo 15 dias antes dos demais nutrientes, uma vez que além da função nutricional tinha também a finalidade de elevar a porcentagem de saturação de bases. Os resultados químicos da análise do solo após a fertilização constam da Tabela 3.

A cada quatro meses, durante o segundo ano de experimento, as plantas receberam N em cobertura, na proporção de 25 mg.kg⁻¹ de solo, visando ao aumento da produção de folhas, exceto no tratamento que sofreu omissão de N, enquanto que os demais nutrientes foram adicionados a cada doze meses.

As 55 amostras (11 tratamentos x 5 repetições) para as análises foram coletadas levando-se em consideração as estações do ano: primavera, verão, outono e inverno, tendo início em julho de 2002 e procedendo-se uma coleta a cada estação até dezembro de 2003.

Tabela 2. Quantidade utilizada de nutriente para cada tratamento em mg.kg⁻¹ de Solo.

	N mg.kg ⁻¹	P mg.kg ⁻¹	K mg.kg ⁻¹	Ca mg.kg ⁻¹	Mg mg.kg ⁻¹	S mg.kg ⁻¹	B mg.kg ⁻¹	Znmg.kg ⁻¹
Controle	0	0	0	0	0	0	0	0
Completo	25	60	25	400	200	30	1	5
-N	0	60	25	400	200	30	1	5
-P	25	0	25	400	200	30	1	5
-K	25	60	0	400	200	30	1	5
-Ca	25	60	25	0	200	30	1	5
-Mg	25	60	25	400	0	30	1	5
-S	25	60	25	400	200	0	1	5
-B	25	60	25	400	200	30	0	5
-Zn	25	60	25	400	200	30	1	0
Ad.orgânico	25 g.Kg ⁻¹ de esterco bovino							

Tabela 3. Análise química* do solo para os tratamentos após a aplicação dos tratamentos com a técnica do nutriente faltante.

Amostra	pH CaCl ₂	Al ³⁺	H + Al	Ca ⁺² + Mg ⁺²	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	T	P *** mg.dm ⁻³	C g.dm ⁻³	MO	m %	V
Controle	4.10	5.25	12.10	3.25	2.66	0.59	0.15	15.50	3.1	49.40	85.16	60.69	21.93
Completo	5.46	0.11	4.50	9.75	8.96	0.79	0.42	14.67	5.6	50.83	87.63	1.07	69.32
- N	5.47	0.11	4.00	11.32	10.44	0.88	0.58	15.90	7.1	49.74	85.75	0.92	74.84
- P	5.56	0.05	3.80	7.88	7.09	0.79	0.21	11.89	3.5	46.13	79.53	0.61	68.04
- K	5.21	0.32	5.50	9.85	8.37	1.48	0.15	15.50	11.2	49.74	85.75	3.10	64.51
- Ca	4.22	3.26	11.50	3.74	2.17	1.57	0.56	15.80	8.7	47.29	81.53	43.12	27.21
- Mg	5.48	0.11	4.00	10.63	9.94	0.69	0.60	15.23	6.0	50.27	86.66	0.97	73.74
- S	5.26	0.21	4.50	11.22	8.86	2.36	0.31	16.03	7.4	47.23	81.42	1.79	71.93
- B	5.45	0.11	5.00	10.14	7.98	2.16	0.52	15.66	9.0	50.38	86.85	1.02	68.07
- Zn	5.51	0.11	4.70	10.63	8.17	2.46	0.49	15.82	8.1	45.74	78.85	0.98	70.29
Ad.orgânico	4.20	4.73	13.50	4.33	1.67	2.66	0.19	18.02	6.8	48.94	84.37	51.13	25.08

(*)Metodologias utilizada : C - Walkley e Black; P e K - Mehlich; Ca, Mg e Al - KCl; H + Al - Índice pH SMP.

Para a “poda” das plantas, utilizou-se tesoura de aço inoxidável e adotou-se como critério iniciar a partir da quarta inserção, no sentido ápice-base, devido ao estado de maturidade das folhas, com a retirada das folhas de todos os ramos igualmente, exceto folhas novas. Os ramos não foram retirados após observar-se que a sua remoção total ou parcial não permite a emissão de novas folhas. O material coletado, em média 50 g.planta⁻¹, foi acondicionado em sacos de papel e encaminhado para UFPR, Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná, para as respectivas análises químicas foliares.

Após a coleta, as amostras de folhas foram lavadas em água deionizada, armazenadas em cartuchos de papel devidamente identificados e levadas para secagem em estufa à temperatura de 60 °C até peso constante, sendo então moídas em moinho elétrico da tipo Wiley, homogeneizadas e submetidas à análise química para a determinação de macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e de micronutrientes: Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) e Alumínio (Al), seguindo a metodologia proposta por Hildebrand et al. (1977).

Para a determinação do N-total foi utilizado o método de semimicro-Kjeldahl, conforme descrito em Hildebrand et al. (1977), que consiste de três etapas: digestão, destilação e titulação, sendo utilizado H₂SO₄ concentrado para a digestão das amostras.

A digestão para os demais elementos foi feita através da queima, em mufla do material moído, à 500 °C, em duas etapas de três horas e solubilização das cinzas em HCl 10 %, conforme metodologia proposta por Hildebrand et al. (1977).

No extrato, foram determinados Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, por absorção atômica (Shimadzu AA-6200) e K por emissão em espectrofotômetro Perkin-Elmer 2380. O P foi determinado no mesmo extrato pelo método colorimétrico com molibdato de amônio (cor azul), sendo as leituras feitas em espectrofotômetro UV/VIS Perkin-Elmer 554.

Ao término do experimento, as plantas avaliadas em casa de vegetação foram retiradas dos vasos para determinação da biomassa aérea e radicular.

As folhas e ramos foram levados ao laboratório e secos em estufa com circulação e renovação de ar à temperatura de 60 °C, por um período de 72 horas. Para determinação do peso de matéria seca, utilizou-se uma balança eletrônica com 0,01 g de precisão.

Após a remoção do solo, procedeu-se a limpeza das raízes utilizando-se peneira de malha 0,053 mm e água. O procedimento de secagem e pesagem das raízes foi o mesmo das folhas e ramos.

A avaliação estatística para o experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se a análise de variância, estabelecendo-se o nível de 5 % de significância. As médias dos tratamentos foram comparadas usando o teste de Tuley a 5 % de probabilidade.

Resultados e Discussão

Com relação ao desenvolvimento em altura, as plantas não diferiram entre os tratamentos, comportando-se de maneira similar ao jatobá, como observado por Duboc et al. (1996). Clarkson (1985) já havia mencionado que plantas de crescimento lento têm menor sensibilidade com relação às mudanças no ambiente nutricional, refletindo em menores variações de crescimento.

A análise estatística para altura e diâmetro do colo não foi significativa para nenhum tratamento.

Os resultados referentes às alturas, diâmetro do colo e matéria seca para a espécie estudada, após 24 meses, encontram-se na Tabela 4.

Observa-se que os maiores valores, mas não estatisticamente diferentes, para altura e diâmetro do colo, foram obtidos quando o N foi omitido, podendo indicar que o teor de N existente no solo foi adequado para suprir a demanda da espécie nesta fase do crescimento.

O desenvolvimento em altura da planta em relação ao diâmetro do colo (H/DC) (Tabela 4) apresentou correlação positiva (Figura 1), não sendo observadas plantas estioladas, embora não tenha sido constatada diferença estatística entre os tratamentos, fator importante para a maior sobrevivência da espécie, uma vez que, segundo Souza et al. (2006), dentro de uma mesma espécie, as plantas com maior diâmetro apresentam maior sobrevivência, por apresentarem capacidade de formação e de crescimento de novas raízes.

Segundo Sturion e Antunes (2000), a relação altura da parte aérea / diâmetro do colo é uma das características utilizadas para avaliar a qualidade de mudas florestais, pois além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo. Carneiro (1983) mencionou que quanto menor for o valor da

relação altura/ diâmetro do colo, maior será a capacidade das mudas em sobreviver e estabelecer-se.

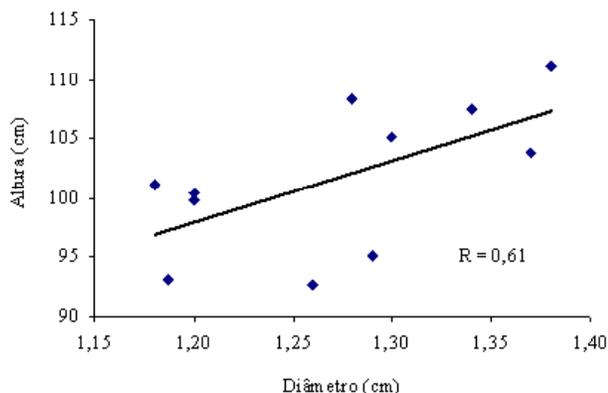


Figura 1. Correlação entre altura e diâmetro da *Ocotea odorifera* após 24 meses em casa de vegetação.

Os valores obtidos para altura não diferiram estatisticamente entre os tratamentos, possivelmente devido à poda das plantas que, realizada quatro vezes ao ano, não permitiu um maior ganho em altura da canela sassafrás. Embora não tenha sido constatada diferença significativa ao nível testado, convém mencionar a presente diferença, tendo em vista o pequeno número de informações a respeito desta espécie e, em especial, da natureza do experimento. Neste sentido, com espécies nativas, têm sido testadas médias ao nível de 10 % (GAIAD et al., 2006), permitindo maior amplitude de informações.

Observou-se que as plantas jovens de *Ocotea odorifera*, quando em situação de estresse – após uma poda drástica; déficit hídrico; perda da área foliar devido ao ataque de insetos – emitem brotações laterais e eventualmente no caule principal, o que conseqüentemente pode levar a um menor desenvolvimento em altura.

A produção de massa seca total (MST) máxima foi obtida sob a omissão do zinco seguido pelo N, ambos frente à adubação orgânica, embora não tenha sido observada diferença estatística entre os tratamentos.

A massa seca radicular (Tabela 4) apresentou diferença significativa entre os tratamentos, evidenciando o efeito da omissão de N, seguido pela adubação orgânica e pela omissão de Zn na produção de raiz, enquanto que, para a biomassa aérea, quando o N foi omitido, não apresentou diferença estatística significativa.

O tratamento que recebeu adubação completa diferiu dos demais, apresentando estatisticamente o menor valor (0,25) para a relação MSSR/MSPA. A maior razão (0,64)

entre massa seca radicular e massa seca da parte aérea foi obtida quando o nitrogênio foi omitido, sendo o tratamento que apresentou a maior massa seca do sistema radicular. Entretanto, a adubação orgânica também teve um valor alto em relação aos demais tratamentos, sendo estatisticamente inferior apenas ao tratamento cujo N foi omitido (Figura 2).

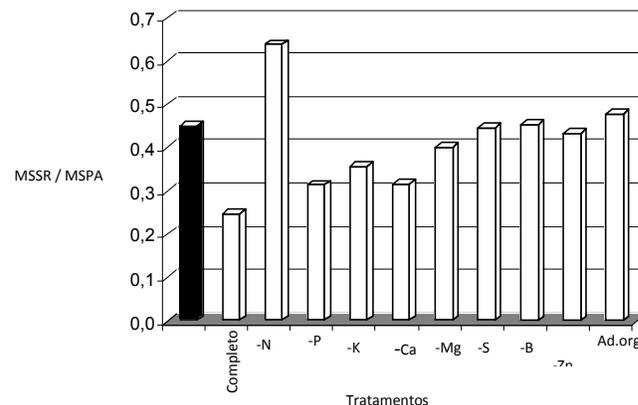


Figura 2. Relação massa seca sistema radicular/ massa seca parte aérea (MSSR/MSPA) com base no peso de matéria seca em plantas de sassafrás submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes.

Duboc et al. (1996) mencionaram que a relação raiz/ parte aérea para o jatobá, em experimento com a omissão dos mesmos nutrientes, manteve-se equilibrada entre os tratamentos, indicando o jatobá como espécie típica de sítios de menor fertilidade.

Segundo Clarkson (1985), em ambientes de baixa fertilidade, a relação MSSR/MSPA normalmente é menor, podendo ser considerada uma estratégia da planta para retirar os nutrientes necessários nestas condições, sendo o N o nutriente que mais afeta a relação, seguido de P e Ca. Portanto, a canela sassafrás apresenta estratégias distintas quanto à fertilidade do solo, uma vez que no tratamento que recebeu fertilização completa observou-se relação MSSR/MSPA estatisticamente inferior aos demais tratamentos. Perante a adubação orgânica, o comportamento da espécie foi bastante positivo, uma vez que a relação MSSR/MSPA foi estatisticamente superior à fertilização completa.

Segundo Almeida et al. (2005), uma biomassa radicular vai propiciar um melhor desempenho das plantas quando transferidas para campo em estágio de muda, aumentando a probabilidade de sobrevivência, especialmente em áreas degradadas, devido à maior facilidade de sustentação e maior área de absorção de água e nutrientes.

Tabela 4. Altura, diâmetro do colo (DC), relação altura (H)/diâmetro do colo (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSSR), massa seca total (MST) e relação raiz/ parte aérea (MSSR/MSPA) de mudas de *Ocotea odorifera* em função da omissão de nutrientes, após 24 meses em casa de vegetação.

Tratamento	Altura (cm)	DC (cm)	H/DC	MSSR (g)	MSPA (g)	MST (g)	MSSR/MSPA
Controle	101,18 n.s	1,18 n.s	86,10 n.s	58,23 b	134,86 n.s	193,09 n.s	0,45bcd
Completo	93,30 n.s	1,19 n.s	80,93 n.s	40,18 b	168,63 n.s	208,81 n.s	0,25f
- N	111,20 n.s	1,38 n.s	81,24 n.s	97,85 a	155,37 n.s	253,22 n.s	0,64a
- P	95,20 n.s	1,29 n.s	73,61 n.s	45,44 b	155,68 n.s	201,12 n.s	0,31cdef
- K	99,78 n.s	1,20 n.s	82,40 n.s	48,58 b	177,02 n.s	208,03 n.s	0,32def
- Ca	100,38 n.s	1,20 n.s	84,41 n.s	51,59 b	165,60 n.s	217,19 n.s	0,31cdef
- Mg	105,20 n.s	1,30 n.s	80,60 n.s	61,14 b	175,46 n.s	217,79 n.s	0,39cdef
- S	92,72 n.s	1,26 n.s	72,19 n.s	68,74 b	162,90 n.s	231,65 n.s	0,45bcde
- B	108,30 n.s	1,28 n.s	87,94 n.s	67,74 b	162,06 n.s	229,80 n.s	0,45bc
- Zn	107,50 n.s	1,34 n.s	80,83 n.s	84,52 ab	197,65 n.s	282,16 n.s	0,43cdef
Ad.orgânico	103,88 n.s	1,37 n.s	75,30 n.s	86,09 ab	190,21 n.s	251,83 n.s	0,62ab
Média	101,69	1,27	80,50	64,55	167,77	226,791	0,42
DMS	n.s	n.s	n.s	15,38	n.s	n.s	0,18
CV(%)	21,37	18,83	17,68	18,87	29,44	20,84	32,91

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 1 % de probabilidade.

Os mesmos resultados foram obtidos por Duboc et al. (1996) para o jatobá (*Hymenaea courbaryl*) e por Venturin et al. (1999) para candiúva (*Trema micrantha* Blume), enquanto Venturin et al. (2005), utilizando a técnica de nutriente faltante para *Eumanthus erythropappus* (candeia), também constatou que para a altura não houve diferença significativa entre tratamentos com omissão de Mg, Ca, K, S e Zn e o tratamento completo.

Estatisticamente, os menores teores de K foram observados no tratamento que recebeu adubação orgânica e quando o nutriente foi omitido. No tratamento em que o K foi omitido, não foi observada diferença estatística para a produção de matéria seca total. A matéria seca da parte aérea foi diferente em relação ao tratamento completo. O teor obtido para o K nas folhas de canela sassafrás (Tabela 5), quando este foi omitido ($5,8 \text{ g.kg}^{-1}$), foi semelhante ao relatado por Duboc et al. (1996) para o jatobá, cujo valor crítico foliar foi de $5,4 \text{ g.kg}^{-1}$.

Renó et al. (1993) mencionaram que o pau-ferro (*Cesalpinia ferrea*), a canafístula (*Senna multijuga*), o cedro (*Cedrella fissilis*) e o pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) também apresentaram produção de massa seca da parte aérea superior ao tratamento controle, quando o K foi omitido em solos com 15 mg.dm^{-3} de K,

e de baixa fertilidade. Entretanto, deve-se tomar cuidado quando se busca o manejo sustentado objetivando a exploração do safrol, como observado no experimento em floresta, em que o K parece contribuir de forma mais expressiva para a manutenção do teor e constituição do óleo, uma vez que a demanda pelo nutriente sofre a competição da circunvizinhança.

Observando-se os dados da Tabela 4, constata-se que a omissão de Ca, P, K, Mg, S e B interferiram na biomassa radicular, sendo observado o maior ganho quando o N foi omitido, seguido pela omissão de Zn e adubação orgânica. É importante ressaltar que a adubação completa não apresentou diferença estatística em relação ao tratamento controle e quando da omissão dos nutrientes, exceto quando se omitiram N e Zn.

Com relação ao tratamento em que o magnésio foi omitido, o desenvolvimento em altura para a canela sassafrás foi 12 % superior ao completo (Tabela 4), embora não tenha sido observada diferença estatística entre os tratamentos. Comportamento semelhante foi observado para o jatobá por Duboc et al. (1996), o que sugere um baixo requerimento da espécie pelo nutriente em questão, e devido, possivelmente, pela redução do efeito antagônico do Mg sobre a absorção do Ca.

A omissão de B e Zn para a *Ocotea odorifera* levou a um incremento médio em altura de 16 %, quando comparado ao tratamento que recebeu adubação completa, demonstrando a necessidade de um melhor equilíbrio entre os nutrientes.

A massa seca radicular do tratamento em que se omitiu o B foi estatisticamente maior do que a do tratamento completo, sugerindo que a dose utilizada pode ter sido maior do que a necessidade da canela sassafrás nesta fase. Resultados semelhantes foram obtidos para o jatobá, ou seja, os tratamentos que tiveram a omissão de B e Zn apresentaram desenvolvimento maior que o tratamento completo, indicando, segundo Duboc et al. (1996), a toxidez destes elementos.

Lima et al. (2003), estudando o comportamento do paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb), constataram que o teor de B influenciou na produção de massa seca da parte aérea e que os sintomas de toxidez se manifestaram quando o teor atingiu 30,06 mg.dm⁻³ para a parte aérea e 32,38 mg.dm⁻³ para a massa radicular.

As plantas, quando o Zn foi omitido, apresentaram folhas desuniformes e mais alongadas que nos demais tratamentos, o que não alterou de maneira negativa a

produção de massa total e a altura da planta, uma vez que teve 14 % mais massa do que o tratamento controle. Isso corrobora com Duboc et al. (1996), que também constatou que a omissão destes nutrientes levou a um aumento em altura para o jatobá.

Em síntese, a produção de massa seca da parte aérea foi similar entre os tratamentos, enquanto que para a massa seca do sistema radicular foi observada diferença significativa. É importante salientar que as plantas que receberam adubo orgânico tiveram a mesma biomassa aérea que as fertilizadas com macro e micronutrientes, demonstrando a viabilidade do uso do resíduo orgânico animal.

As folhas das plantas sob omissão de nitrogênio tiveram teor de N 12 % mais baixo do que o tratamento completo (Tabela 5), observando-se no tratamento sob omissão de P uma diminuição na absorção desse nutriente pelas plantas de sassafrás, sendo estatisticamente inferior aos demais tratamentos. É importante ressaltar a relação negativa estabelecida entre o quociente N/P e MSPA (Figura 3), demonstrando que uma biomassa com maior teor de N precisa mais P para suas funções metabólicas.

Tabela 5. Composição mineral das folhas, podadas na primavera, das plantas de *Ocotea odorifera* conduzidas em casa de vegetação.

Tratamentos	g.kg ⁻¹					mg.kg ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Controle	14,1def	1,5a	6,0abc	4,3abcde	0,8 bc	160,10ab	372,96j	32,28j	8,17abc	30,15n.s
Completo	14,3def	2,4gh	6,1abcd	3,6a	0,6 a	155,86a	239,08abc	19,61a	8,94bcde	43,73n.s
-N	12,7bcde	2,0bcdef	8,2fgh	4,9bcdefghi	1,0 defg	216,45hi	330,90hi	23,96abcdehgh	6,57a	46,61n.s
-P	10,2a	1,7abc	6,5abcde	4,0ab	0,7 ab	163,19abc	304,06efgh	23,12bcdef	11,70fghij	39,56n.s
-K	14,7f	2,4gh	5,8ab	4,2abcd	1,1 ghij	196,97fgh	342,96hi	20,66ab	9,28bcdef	38,27n.s
-Ca	12,6bcd	2,2efgh	8,4fghi	4,8bcdefgh	0,9 cd	174,08abcdef	252,15abcdef	22,22abcd	9,96cdefghi	48,12n.s
-Mg	14,3def	1,9bcde	9,3i	4,7bcdef	1,0defgh	165,52abcd	204,12a	20,72abc	7,97ab	36,72n.s
-S	13,2cdef	1,8abcd	7,6efg	4,1abc	0,9 cde	168,95abcde	252,04abcde	23,04bcde	9,42bcdefg	43,97n.s
-B	14,2def	2,5h	7,5ef	5,7hi	1,0defghi	204,74ghi	268,87cdefg	24,26dfghi	8,30abcd	52,62n.s
-Zn	10,9ab	2,1defg	8,7fghi	4,7bcdefg	0,9 cdef	187,54defg	242,41abcd	25,30defghi	9,76bcdefgh	42,79n.s
Ad.orgânico	11,9abc	1,7ab	5,4a	7,2j	1,2 j	221,47i	206,50ab	23,81bcdefg	13,47j	26,72n.s
Média	13,05	2,05	7,27	4,80	0,97	183,17	274,19	23,54	9,41	40,84
DMS	1,85	0,34	1,33	0,99	0,17	23,50	55,98	3,38	1,88	n.s
C.V(%)	21,07	23,26	22,28	25,00	14,58	13,31	20,35	19,17	26,68	1,66

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

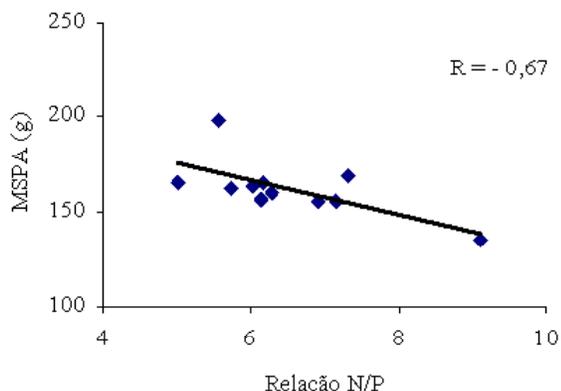


Figura 3. Correlação entre massa seca da parte aérea (MSPA) e a relação N/P da *Ocotea odorifera*.

A pequena variação na concentração de N entre os tratamentos deve-se à fertilização nitrogenada feita a cada quatro meses em função da retirada da massa foliar pela poda e devido às aplicações de DimyProntoII, inseticida doméstico a base de tetrametrina, para controlar mosca branca (*Trialeurodes vaporariorum*), que danificou drasticamente a parte aérea das plantas, sendo inevitável o uso de controle químico.

A omissão do P diminuiu a concentração do elemento nas folhas de canela sassafrás (Tabela 5), tendo 46 % menos do que no tratamento completo. O valor obtido para a planta em estudo foi cerca de 4 % maior do que o obtido para o jatobá por Duboc et al. (1996), mas igual ao 1,6 g.kg⁻¹ obtido por Venturin et al. (1996) para a copaíba. A adubação orgânica foi o tratamento que melhor respondeu estatisticamente ao elemento em questão.

Portanto, com relação ao P, o sassafrás parece ter uma maior demanda do que as duas espécies mencionadas.

Foi observada diferença significativa no teor de Zn das folhas de canela sassafrás, sendo obtido o maior teor (32,28 mg.kg⁻¹) no tratamento controle, assim como drasticamente reduzido quando da omissão de Mg, mediante a adubação orgânica e aplicação do fertilizante com macro e micronutrientes (19,61 mg.kg⁻¹). Entretanto, a biomassa da parte aérea no tratamento fertilizado foi superior a do controle, o que se deve ao desequilíbrio na relação P/Zn, que pode ser observada na correlação negativa obtida para o quociente P/Zn com a massa seca da parte aérea (Figura 4).

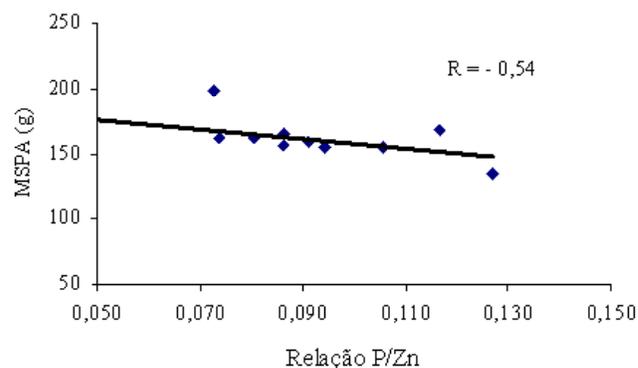


Figura 4. Correlação entre massa seca da parte aérea (MSPA) e a relação P/Zn da *Ocotea odorifera*.

O tratamento em que o Zn foi omitido teve produção de biomassa aérea de 197,65 g e estatisticamente o menor teor de Zn em relação ao tratamento controle. A redução no teor de Zn é compatível com o aumento da biomassa que leva a uma redistribuição do nutriente além da possível interação P/Zn. Observa-se na Tabela 2 que o pH no tratamento com omissão do metal é maior do que no tratamento controle, conseqüentemente, diminuindo o efeito tóxico causado pelo Al⁺³ e aumentando a disponibilidade dos demais nutrientes.

Os elementos Cu, Fe e Mn não foram avaliados em termos de omissão, mas sim sobre o efeito dos tratamentos sobre estes nutrientes que possivelmente possam interferir na produção da biomassa.

O tratamento que recebeu a fertilização completa apresentou estatisticamente o menor teor de Fe nas folhas, enquanto que o maior teor foi observado no tratamento que recebeu adubação orgânica.

Observando-se os dados da Tabela 5, constata-se um maior teor de Mn no tratamento controle e menor quando se omite o Mg. Na presença de MnO₂, o Fe reduzido se oxida, passando à forma férrica não disponível. Portanto, a disponibilidade de Fe depende mais do equilíbrio do Fe/Mn do que do seu teor absoluto, relação esta bastante conhecida (FERNANDES, 2006).

Correlacionando os dados referentes à massa seca da parte aérea (MSPA) (Tabela 4), verifica-se uma correlação positiva bastante baixa do Fe com a produção de massa seca da parte aérea, enquanto o Mn, para a massa seca da parte aérea, apresentou correlação negativa (Figuras 5 e 6), demonstrando importância do equilíbrio Fe/Mn.

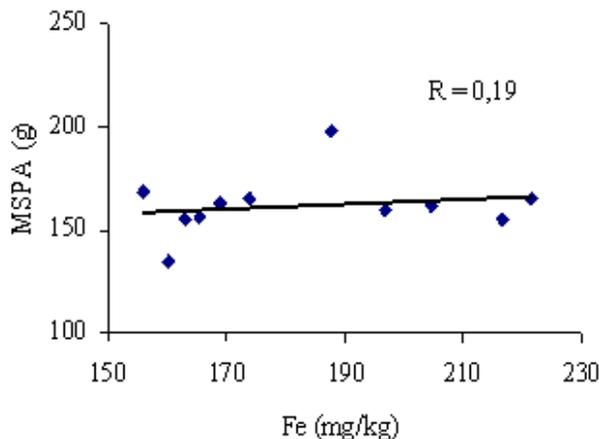


Figura 5. Correlação entre MSPA (g) e Fe (mg/kg) para a *Ocotea odorifera*.

O teor de cálcio na massa seca aérea do sassafrás no tratamento sob omissão deste nutriente foi estatisticamente diferente do teor encontrado quando da adubação completa (Tabela 5). Entretanto, a adubação orgânica levou a um teor de Ca maior do que o teor observado no tratamento controle, provavelmente devido ao antagonismo entre os elementos Ca e Mg. A absorção do Ca também foi favorecida, quando se omitiu o N e o B, corroborando com os dados relatados por Duboc et al. (1996), para o jatobá.

Não foi observada diferença estatística significativa entre os tratamentos para o B nas folhas de *Ocotea odorifera* (Tabela 5), embora o teor deste nutriente tenha sido em todos os tratamentos superior ao tratamento controle e ao que recebeu adubação orgânica. O teor de B obtido quando da adubação orgânica foi maior na planta em estudo ($52,62 \text{ mg.kg}^{-1}$) do que o relatado por Duboc et al. (1996) para o jatobá, que foi de $38,07 \text{ mg.kg}^{-1}$. Os autores mencionaram que nesta concentração a planta apresentou sintomas de toxidez constatada pela redução do ganho em altura.

O valor obtido para o B no presente estudo também foi superior ao valor obtido por Lima et al. (2003) para o paricá. Embora não tenha sido realizada análise mineral do sistema radicular, os resultados sugerem que a dose do elemento citado deve ser menor do que 1 mg.dm^{-3} . Como o B é um elemento bastante específico por espécie, estudos com este nutriente são fundamentais para melhor definir as necessidades de cada espécie.

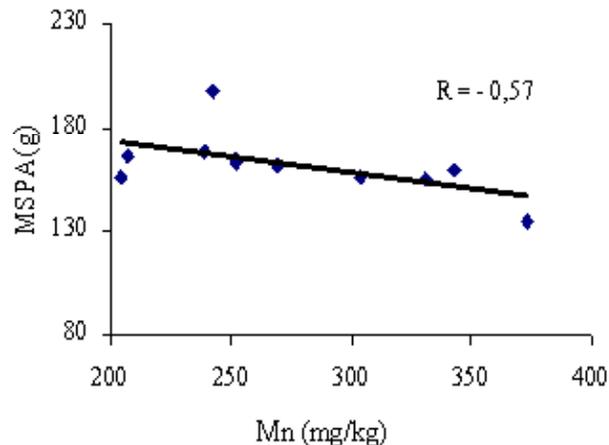


Figura 6. Correlação entre MSPA (g) e Mn (mg/kg) para a *Ocotea odorifera*.

Conclusões

Para o crescimento em altura da canela sassafrás, o nutriente mais limitante é o enxofre, e para o diâmetro do colo é a fertilização com macro e micronutrientes, embora não tenha diferença significativa entre os tratamentos.

O tratamento completo tem seus parâmetros altura, diâmetro do colo e massa seca do sistema radicular afetados pelo desequilíbrio entre os nutrientes.

A massa seca radicular é reduzida quando da fertilização com macro e micronutrientes e a massa seca aérea quando se omite N e P.

A omissão do Zn promove aumento na massa seca da parte aérea.

A adubação orgânica demonstra ser eficiente, tanto para o incremento em altura, quanto para a produção de massa foliar.

O P demonstra ser o nutriente mais requerido quantitativamente para a produção de massa seca da parte aérea e radicular.

A adubação nitrogenada em cobertura entre as podas é fundamental para a reposição, equilíbrio nutricional e consequente produção de massa aérea.

Podas drásticas na fase inicial do desenvolvimento da *Ocotea odorifera* é prejudicial, podendo levar à não rebrota e consequentemente redução da massa foliar.

Referências

- ALMEIDA, S. L.; MAIA, N.; ORTEGA, A. R.; ANGELO, A. C. Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula Cham.* em viveiro submetidas a diferentes níveis de luminosidade. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 323-329, 2005.
- BRASIL. Portaria nº 006/92-N, de 15 de janeiro de 1992. Lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 23 jan. 1992.
- CARNEIRO, J. G. A. Variações na metodologia de produção de mudas florestais afetam os parâmetros morfofisiológicos que afetam sua qualidade. *Série Técnica FUFPEF*, n. 12, p. 1-40, 1983.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo – PR: Embrapa Florestas, 2003, v. 2, 1036 p.
- CETNARSKI FILHO, R. Regeneração natural de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (canela-sassafrás) em uma Floresta Ombrófila Mista, no Estado Paraná. 2003. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPq. Documentos, 1)
- CLARKSON, D. T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TRÓPICOS, Ilhéus, 1984. Anais... Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p. 45-75.
- DUBOC, E.; VENTORIM, N.; VALE, F. R. do; DAVIDE, A. C. Nutrição do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang). *Revista Cerne*, Lavras, v. 2, n. 1, p. 1-12, 1996.
- FERNANDES, M. S. Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2006, 432 p.
- GAIAD, S.; RACOCEVIC, M.; REISSMANN, C. B. N sources affect growth, nutrient content and net photosynthesis in mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) Brazilian Archives of Biology and Technology, n. 49, v. 5, p. 689-697. 2006.
- GONCALVES, J. L. de M. Recomendações de adubação de *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica Piracicaba: ESALQ. Departamento de Ciências Florestais, 1995. 23p. (Documentos florestais, 15)
- HILDEBRAND, C.; HILDEBRAND, E. E.; REISSMANN, C. B. Manual de análise química de solo e planta. Curitiba: Departamento de Solos, Universidade Federal do Paraná, 1977. 225p.
- KOKETSU, M.; GONÇALVES, S. L.; GODOY, R. L. O.; LOPES, D.; MORSBACH, N. Óleos essenciais de cascas e folhas de canela (*Cinnamomum verum* Presl) cultivada no Paraná. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 17, n. 3, set./dez. 1997.
- LIMA, S. F. CUNHA, R. L. CARVALHO, J. G.; SOUZA, C. A. S.; CORRÊAS, F. L. O. Comportamento do paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb.) submetido à aplicação de doses de boro. *Revista Cerne*, Lavras, v. 9, n. 2, p. 192-204, jul./dez. 2003.
- MING, L. C. Influência de diferentes níveis de adubação orgânica na produção de biomassa e teor de óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. – Verbenaceae. 1992. 206 f. Tese (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- RENÓ, N. B.; VALE, F. R.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J. O. Requerimentos nutricionais de quatro espécies florestais nativas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, Goiânia, 1993. Resumos ... Goiânia: SBCS, 1993. p. 211-212
- SEITZ, R. S. Obtenção de mudas de regeneração natural. In: Seminário de Sementes Florestais, 1., 1981, Curitiba. Anais... Curitiba: FUFPEF, 1981, p.151-157.
- SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; SOUZA LIMA, J. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.
- STURION, J. A. ANTUNES, B. M. A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO A.P.M. (Org). Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Colombo: Embrapa Florestas, 2000, p. 125-174.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P. A.; VENTURIN, R. P.; MACEDO, R. L. G. Avaliação nutricional da candiúva (*Trema micrantha* L. Blumes) em casa de vegetação. *Floresta*, Curitiba, v. 29, n.1/2, p. 126, 1999.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P. A.; MACEDO, R. L. G.; NOGUEIRA, F. D. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). *Floresta*, Curitiba, PR, v. 35, n. 2, p. 211-219, mai./ago. 2005.

Recebido em 11 de dezembro de 2008 e aprovado em 13 de agosto de 2009

