

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**SILVIA SCHMIDLIN KEIL**

**CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE  
SASSAFRÁS SUBMETIDO À FERTILIZAÇÃO E À OMISSÃO DE NUTRIENTES**

**CURITIBA**

**2007**

**SILVIA SCHMIDLIN KEIL**

**CRESCIMENTO, NUTRIÇÃO E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE  
SASSAFRÁS SUBMETIDO À FERTILIZAÇÃO E À OMISSÃO DE NUTRIENTES**

Tese apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de doutor em Engenharia  
Florestal, Área de Concentração: “Silvicultura”  
do Setor de Ciências Agrárias da Universidade  
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann  
Co-orientador : Prof. Dr. Sylvio Pellico Neto

**CURITIBA**

**2007**

## **Agradecimento**

Ao Professor Dr. Carlos Bruno Reissmann, a quem devo este desafio, pela orientação, confiança, atenção e acima de tudo, pelo grande ser humano e amigo compreensivo nas horas mais difíceis.

Ao Professor Dr Sylvio Péllico Netto, Decano do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais e coordenador do Projeto Sassafrás, que oportunizou este trabalho, a instalação do experimento, orientou e acreditou no meu trabalho.

À Pontificia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, local onde exerço minhas atividades profissionais, pela concessão da área experimental e plantas necessárias para o estudo em casa de vegetação e aos professores do Curso de Biologia que foram mais do que companheiros de trabalho foram amigos em todos os momentos.

Ao Professor João Oleynik, Vice-reitor da PUCPR, que com todas as suas responsabilidades teve tempo para dar o apoio e compreensão nos momentos de dificuldade.

Aos amigos, Eng<sup>o</sup> Madeireiro Erlon Cortizo Roehrig e Eng<sup>o</sup> Agrônomo Márcio Coelho, que incansavelmente auxiliaram em todos os momentos dos trabalhos de campo e laboratório, meu eterno agradecimento, reconhecimento e amizade.

À UFPR, local onde cresci profissionalmente e aprendi a amar a natureza e aos professores pelo aprendizado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR, por me ter proporcionado esta oportunidade.

À coordenadora do Curso de Pós-graduação, Professora Dra.Graziela Inês Bolzon de Muniz pela compreensão perante as dificuldades, principalmente nos momentos delicados de saúde e ao funcionário Reinaldo Pinheiro por toda dedicação, atenção e responsabilidade.

Ao professor Dr. Renato Marques que gentilmente permitiu e a realização das análises foliares necessárias e aos funcionários e amigos do laboratório de Nutrição de Plantas, Roberto e Aldair, pelo auxílio laboratorial.

Aos professores Dr. Flávio Zaneti e Luiz Antonio Biasi que, mesmo desconhecendo o teor do projeto, disponibilizaram a casa de vegetação para o experimento.

À professora e amiga Sílvia R. P. Gomes, companheira de trabalho e pesquisa, pelas sugestões e auxílio para a compreensão botânica e poda.

Aos então estagiários, hoje amigos e profissionais Eduardo Girard, Eoroclito Tesseroli Neto e Raphael Stedile, que sempre dispostos e atenciosos, muito colaboraram nas fases experimentais, lembrarei todos os momentos com carinho e saudades.

Aos funcionários da Usina Piloto da PUCPR, que se tornaram amigos, Claudemir P. de Azevedo, Manoel S.de Souza, Valdivino Ferreira e Agostinho Honorato, sempre atenciosos e solícitos.

À bibliotecária Lucieli Ianino Silva, que não poupou esforços para a realização da pesquisa bibliográfica e correções, meu agradecimento e amizade.

Meu eterno agradecimento, principalmente aos meus filhos, Rodrigo e Alexandre, que além de estarem presentes em todas as etapas com o amor, carinho e compreensão, apoiaram, auxiliaram, incentivaram e confiaram, dando forças para chegar até aqui.

Aos meus pais, exemplo de vida, que ensinaram a lutar, a não desanimar e a sonhar e ao meu esposo pela paciência nos momentos de ausência.

A Deus, embora não possa ser visto ou tocado, sei que sem Sua mão protetora não teria percorrido este caminho.

Meu muito obrigado a todos que indiretamente, mas não com menor importância, contribuíram para realização deste trabalho, amigos, irmãs e cunhados.

Sem o apoio e a presença constante daqueles que são a verdadeira razão para tudo que faço, com certeza não teria chegado até aqui. Aos meus filhos Rodrigo e Alexandre dedico este trabalho com muito carinho.

*"O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis"*

Fernando Pessoa

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aspecto geral da árvore de <i>O. odorifera</i> , município de Fazenda Rio Grande, PR.....	15
Figura 2.1 - <i>Ocotea odorifera</i> após 2 e 12 meses em casa de vegetação.....	43
Figura 2.2 - Poda em casa de vegetação.....	47
Figura 2.3 - Ramo sem rebrota após poda.....	47
Figura 2.4 - Correlação entre altura e diâmetro da <i>Ocotea odorifera</i> após 24 meses em casa de vegetação.....	49
Figura 2.5 - Rebrota após estresse.....	50
Figura 2.6 - 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.....	51
Figura 2.7 - Aspecto alongado e desuniforme das folhas de <i>Ocotea odorifera</i> quando o Zn foi omitido.....	53
Figura 2.8 - Correlação entre massa seca da parte aérea (MSPA) e a relação N/P da <i>Ocotea odorifera</i> .....	54
Figura 2.9 - Dano em folhas de <i>Ocotea odorifera</i> causado por mosca branca em casa de vegetação.....	55
Figura 2.10 - <i>Trialeurodes vaporariorum</i> .....	55
Figura 2.11 - Correlação entre massa seca da parte aérea (MSPA) e a relação P/Zn da <i>Ocotea odorifera</i> .....	56
Figura 2.12 - Correlação entre MSPA (g) e Fe (mg/kg) para a <i>Ocotea odorifera</i> .....	57
Figura 2.13 - Correlação entre MSPA (g) e Mn(mg/kg) para a <i>Ocotea odorifera</i> .....	57
Figura 3.1 - Localização da área experimental.....	62
Figura 3.2 - Experimento em floresta natural.....	63
Figura 3.3 - Raiz de <i>Ocotea odorifera</i> em solução com azul de metileno.....	65
Figura 3.4 - Poda no campo: tesoura de poda com cabo extensor.....	68
Figura 3.5 - Extração do óleo essencial.....	70
Figura 3.6 - Óleo essencial verde.....	74
Figura 3.7 - Cromatogramas das amostras da primavera: Controle, Adubação completa e Omissão de N da <i>Ocotea odorifera</i> .....	77
Figura 3.8 - Cromatogramas das amostras da primavera: Omissão de P; Omissão de K e Omissão de Ca da <i>Ocotea odorifera</i> .....	78
Figura 3.9 - Cromatogramas das amostras da primavera: Omissão de Mg; Omissão de S e Omissão de B da <i>Ocotea odorifera</i> .....	79

Figura 3.10 - Cromatogramas das amostras da primavera: Omissão de Zn e Adubação orgânica da <i>Ocotea odorifera</i> .....	80
Figura 3.11 - Espectros de massa do $\alpha$ -pineno(1), canfeno (2), mirceno(3), $\beta$ -pineno (4) e $\alpha$ -felândreno (5) do óleo das folhas da primavera de <i>Ocotea odorifera</i> .....	81
Figura 3.12 - Espectros de massa do p-cimeno(1), o-cimeno (2),limoneno(3), $\alpha$ -terpineol (4) e linalol (5) do óleo das folhas da primavera de <i>Ocotea odorifera</i> .....	82
Figura 3.13 - Espectros de massa da cânfora (1), safrol (2), germacreno (3), espatulenol (4) e globulol (5) do óleo das folhas da primavera de <i>Ocotea odorifera</i> .....	83
Figura 3.14 - Teor percentual de Safrol e Cânfora nas folhas de <i>Ocotea odorifera</i> .....	86
Figura 3.15 - Correlação entre o teor de safrol (%) e o teor de Zn e B das folhas de <i>Ocotea odorifera</i> .....	87
Figura 3.16 - Correlação entre o teor de safrol (%) e o teor de Cu.....	88
Figura 3.17 - Correlação entre o teor de safrol (%) e a relação Fe/Mn das folhas de <i>Ocotea odorifera</i> .....	89
Figura 3.18 - Rebrotas após poda campo.....	90

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Resultados analíticos do solo do viveiro de Tijucas do Sul utilizado nos vasos, antes da fertilização.....	43
Tabela 2.2 - Análise química do solo para os tratamentos após a aplicação dos tratamentos com a técnica do nutriente faltante.....	44
Tabela 2.3 - Quantidade utilizada de nutriente para cada tratamento em mg.kg <sup>-1</sup> de solo.....	44
Tabela 2.4 - 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 <i>Ocotea odorifera</i> em função da omissão de nutrientes, após 24 meses em casa de vegetação.....	48
Tabela 2.5 - Composição mineral das folhas, da primavera, das plantas de <i>Ocotea odorifera</i> conduzidas em casa de vegetação.....	53
Tabela 3.1 - Resultados analíticos do solo da floresta da Fazenda Experimental Gralha Azul.....	64
Tabela 3.2 - Quantidade utilizada de nutriente para cada tratamento em mg.kg <sup>-1</sup> de solo.....	66
Tabela 3.3 - Composição mineral das folhas da primavera de <i>Ocotea odorifera</i> coletadas no município de Fazenda Rio Grande nos diferentes tratamentos avaliados.....	72
Tabela 3.4 - Composição percentual do óleo essencial das folhas da primavera da <i>Ocotea odorifera</i> , para os tratamentos: controle (solo natural), completo (macro e micronutrientes), omissão de N (-N), omissão de P (-P), omissão K (-K), omissão de Ca (-Ca), omissão de Mg (-Mg), omissão de S (-S), omissão de B (-B), omissão Zn (-Zn) e com adubação orgânica (esterco bovino curtido).....	76
Tabela 3.5 - Composição mineral das folhas das plantas de <i>Ocotea odorifera</i> do tratamento controle, conduzidas em casa de (CV) e na floresta (F).....	90

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relações biogénicas entre os alcalóides da família <i>Lauraceae</i> .....	21
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

CCD - cromatografia em camada delgada

DC - diâmetro do colo

GC/MS - cromatografia massa/ espectrometria de massa

H - altura

MSPA - massa seca parte aérea

MSSR - massa seca do sistema radicular

MST - massa seca total

m/z - razão entre massa e carga

Rf - fator de retenção

RMN - ressonância magnética nuclear

p.a. - puro para análise

VIS - visível

UV- ultra violeta

## SUMÁRIO

RESUMO .....	25
ABSTRACT .....	26
Introdução geral.....	13
CAPÍTULO 1 .....	16
1.1 Considerações gerais e distribuição geográfica da <i>Ocotea odorifera</i> .....	16
1.2 Óleo essencial .....	18
1.2.1 Importância econômica do óleo essencial da <i>Ocotea odorifera</i> .....	18
1.2.2 Perfil químico das <i>Lauraceae</i> .....	20
1.2.2.1 Nitrofeniletano.....	20
1.2.2.2 Alcalóides .....	20
1.2.2.3 Arilpropanoides .....	21
1.2.2.4 Benzoatos .....	21
1.2.2.5 Pironas .....	21
1.2.2.6 Terpenoides .....	22
1.2.3 Composição do óleo essencial das <i>Lauraceae</i> .....	22
1.3 Óleo essencial e Adubação .....	24
1.4 Fertilidade do solo e nutrição de espécies nativas.....	26
1.4.1 Fertilidade do solo .....	26
1.5 Função dos minerais .....	30
1.5.1 Nitrogênio.....	31
1.5.2 Fósforo.....	31
1.5.3 Potássio.....	32
1.5.4 Cálcio.....	32
1.5.5 Magnésio .....	32
1.5.6 Enxofre .....	33
1.5.7 Boro .....	33
1.5.8 Ferro .....	34
1.5.9 Manganês.....	34
1.5.10 Zinco.....	34
1.5.11 Cobre .....	35
1.6 Literatura Citada.....	35
CAPÍTULO 2 .....	41
2. 1 Introdução.....	41
2.2 Materiais e Métodos .....	42
2.2.1 Localização do experimento.....	42
2.2.2 Fertilização .....	43
2.2.3 Análise Foliar .....	46
2.2.4 Biomassa Vegetal .....	47
2.2.5 Análise Estatística .....	47
2.3 Resultados e Discussão.....	48
2.3.1 Desenvolvimento em altura, diâmetro do colo e biomassa .....	48
2.4 Considerações finais.....	58
2.5 Conclusões.....	58
2.6 Referências citadas .....	59
CAPÍTULO 3 .....	61
3.1 Introdução.....	61
3.2 Materiais e Métodos .....	62

3.2.1 Localização, Clima e Solo da Área Experimental.....	62
3.2.2 Fertilização .....	64
3.2.3 Análise Foliar .....	67
3.2.3.1 Análise química foliar .....	68
3.2.3.2 Análise do óleo essencial.....	69
3.2.3.2.1 Extração do óleo essencial.....	69
3.2.3.2.2 Análise dos componentes do óleo essencial .....	70
3.2.3.2.3 Cromatografia em camada delgada .....	70
3.2.3.2.4 Cromatografia capilar de alta resolução acoplada a um detector de massas .....	71
3.2.4 Análise Estatística .....	71
3.3 Resultados e Discussão.....	72
3.3.1 Composição mineral das folhas de <i>Ocotea odorifera</i> .....	72
3.3.2 Óleo essencial.....	74
3.3.2.1 Coloração e densidade do óleo essencial.....	74
3.3.2.2 Constituintes do óleo essencial.....	75
3.4 Considerações finais .....	91
3.5 Conclusões.....	91
3.6 Literatura citada.....	92

## RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os aspectos nutricionais e o efeito da fertilização e da omissão de nutrientes no desenvolvimento de plântulas de canela sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer) e na composição do óleo essencial extraído das folhas da planta. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e floresta natural durante 24 meses, constando de 11 tratamentos e cinco repetições, com coletas sazonais, sendo utilizado o material obtido na primavera para as análises nutricionais e de óleo essencial. 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). Para o experimento em casa de vegetação foram utilizados vasos com solo de baixa fertilidade natural e plântulas de canela sassafrás oriundas de regeneração natural dispostos em delineamento estatístico inteiramente casualizado. Para o experimento em casa de vegetação foram avaliados desenvolvimento em altura, diâmetro do colo e biomassa. O experimento em floresta foi conduzido na Fazenda Experimental da PUCPR, no município de Fazenda Rio Grande, sendo utilizadas 55 árvores adultas com DAP maior ou igual a 10 cm e idade aproximada entre 15 e 20 anos, sendo avaliada a composição do óleo essencial extraído das folhas da canela sassafrás. Concluiu-se que 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. Os principais componentes do óleo essencial extraído das folhas de *Ocotea odorifera* foram o safrol e a cânfora, com teores variando entre 28-74% e 1,13-33,81%, respectivamente. Para a composição do óleo essencial, o K, Mg, B e Zn afetaram a produção de safrol. A omissão do Zn aumentou o teor de safrol, enquanto a do P reduziu a percentagem de cânfora, que foi ausente no tratamento que sofreu omissão de zinco.

Palavras-chave: *Ocotea odorifera*, safrol, omissão de nutriente.

## 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) and in the composition of essential oil extract of the plant leaves. The experiment was conducted in a vegetation house and in a natural forest for 24 months, consisting of 11 treatments and five repetitions, with seasonal collections, using the springer material to nutrition and essential oil analyses. 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). For the experiment in the vegetation house, natural fertility soil and plants of cinnamon sassafras originally from natural regeneration dispossess in causality statistical delineation were utilized. For the vegetation house experiment, plants height, diameter length and biomass were evaluated. The experiment in forest took place in the experimental farm of PUCPR, located in the municipal district of Fazenda Rio Grande-PR, using 55 trees with greater or equal to the 10cm of the DAP and age between 15 and 20 years old, evaluating the oil composition extracted of cinnamon sassafras leaves. It was concluded that, to the development in height of the cinnamon 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. The main components of essential oil extract of the *Ocotea odorifera* leaves were safrole and camphor, with tenors varying between 28-74% and 1,13-33,81%, respectively. For the composition of the essential oil the K, Mg, B and Zn affected production of safrole. The omission of Zn increased the safrole content, while the one of P reduced the camphor percentage, which was absent in the treatment that suffered omission of zinc.

Word-key: *Ocotea odorifera*, safrol, nutrient omission.

## Introdução geral

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, aliado 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).

A *Ocotea odorifera* (Figura 1), conhecida popularmente como canela sassafrás, possui fatores de produção e dispersão que segundo Auer e Graça (1995) dificultam a sua regeneração natural como: a produção irregular e baixo vigor de sementes, predação dos frutos e sementes por pássaros e insetos e apodrecimento das sementes por fungos, portanto, o uso sustentado é fundamental para a preservação da espécie.

A dificuldade para um manejo sustentado, de forma adequada, da canela sassafrás, bem como para as florestas naturais, de um modo geral, é devido ao fato de não ter seus mecanismos de sustentação totalmente conhecidos, motivo pelo qual os trabalhos levantados são de diversas espécies nativas e não especificamente nutrição da *O. odorifera*, uma vez que não temos estudos para essa espécie.

O manejo de florestas voltado não só para a indústria madeireira, mas também para a extração de óleo essencial de forma sustentável, vem de encontro com as necessidades econômicas e sociais do país. Uma vez que as indústrias de papel e celulose, carvão vegetal, madeira serrada, chapas, aglomerados, resinas e óleos essenciais constituem os setores florestais brasileiro, responsáveis por dois milhões de empregos diretos e indiretos (SILVEIRA; GAVA, 2003).

Segundo IBGE (2007), a produção primária florestal do País, em 2005, somou pouco mais de 10 bilhões de reais, dos quais 66,4% provieram da silvicultura e 33,6% do extrativismo vegetal. O destaque de incremento de produção entre os anos de 2004 e 2005 foi a produção de folhas de eucalipto para a extração de óleo essencial, que passou de 33.572 toneladas para 889.138 toneladas. Entretanto, madeiras nobres no mercado e mesmo nas

florestas são escassas. A expansão do mercado consumidor de óleo de madeira de sassafrás (safrol) e a proibição do corte das árvores nativas remanescentes, aliada a grande importância ambiental, demonstram a relevância da conservação da canela sassafrás no contexto da biodiversidade brasileira e asseguram a 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.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a influência da omissão de nutrientes e fertilização na composição do óleo extraído de plantas adultas de *Ocotea odorifera* do Município de Fazenda Rio Grande, e sobre o crescimento e produção de biomassa de plântulas conduzidas em casa de vegetação, tendo como substrato solo de baixa disponibilidade nutricional.

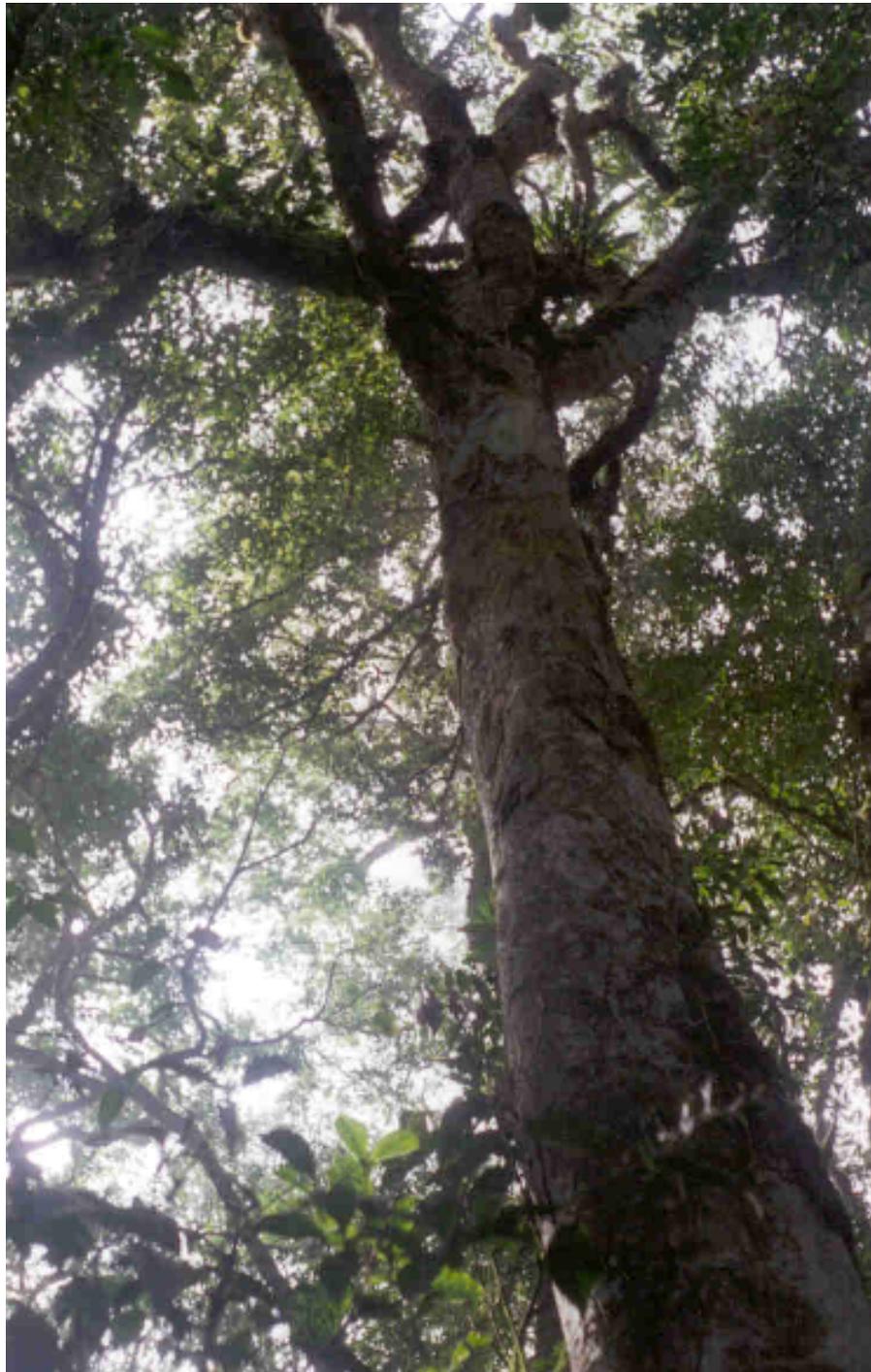


Figura 1 - Aspecto geral da árvore de *O. odorifera*, município de Fazenda Rio Grande, PR

## CAPÍTULO 1

### CANELA SASSAFRAS - POSSIBILIDADES E PERSPECTIVAS NUTRICIONAIS DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS

#### 1.1 Considerações gerais e distribuição geográfica da *Ocotea odorifera*

A família Lauraceae tem grande importância no ecossistema florestal, sendo encontrada tanto nas regiões tropicais, quanto subtropicais.

Marques (2001), estudando a importância das Lauraceas, levantou 52 espécies que apresentam uma grande diversidade de usos, com destaque as que possuem utilização medicinal e na indústria, sendo que os gêneros *Aniba*, *Nectandra* e *Ocotea* apresentaram o maior número de espécies de interesse econômico.

O autor menciona que *O. odorifera* (Nees), identificada em Santa Catarina em 1939, ficou sendo conhecida como “canela-sassafrás”, devido ao óleo extraído dela ser semelhante ao da espécie *Sassafras albidum* Nutt, típica da América do Norte que tem como componente principal o safrol.

Segundo Rizzini (1971), o gênero *Ocotea*, detém cerca de 300 espécies que ocorrem principalmente na América tropical. As duas espécies brasileiras de maior importância econômica são *Ocotea porosa* (imbuía), que ocorre em Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina e *Ocotea odorifera* (Vellozo) Rohwer, conhecida popularmente por sassafrás brasileiro no Paraná e Santa Catarina (VATTIMO, 1980).

Segundo Carvalho (1994), a *Ocotea odorifera* é conhecida popularmente por Canela-sassafrás (PR, SC), Canela-cheirosa, Canela-funcho (SP), Canela-parda, Sassafrás brasileiro e Louro cheiroso.

“Na floresta a canela sassafrás, atinge 25 m de altura e 120 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), mas normalmente não ultrapassa de 8-16 m de altura e 30-50 cm de DAP no descampado, inclusive, no cerrado assume hábito particular: tronco curto e copa baixa, esférica e fechada, não ultrapassando 10 m de altura” (RIZZINI, 1971). Ocorre na Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), do sul da Bahia (15°S) ao Rio Grande do Sul (29°50'S). Observada com relativa frequência nos campos de altitude da serra da Mantiqueira

em Minas Gerais e São Paulo e nas matas de pinhais do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (LORENZI, 1992).

A ocorrência da canela sassafrás se dá em diferentes faixas de altitude, entre 10 e 1200 m, portanto sujeita a diferentes regimes pluviométricos, que vão de 1200 a 2000 mm de média anual e temperatura média anual entre 12 e 23°C. Segundo a classificação climática de Koeppen enquadra-se como tropical (Af e Aw); subtropical úmido (Cfa); temperado úmido (Cfb) e subtropical de altitude (Cwa e Cwb) (CARVALHO, 1994). A dispersão da *Ocotea odorifera* é irregular e descontínua, constituindo densos povoamentos em algumas áreas e em outras é rara (CARVALHO, 1994). Para Kageyama et al. (2003) a ampla dispersão geográfica é um indicativo de que a espécie possa apresentar altos níveis de diversidade genética entre as populações em comparação à média das espécies arbóreas tropicais o que lhe pode conferir a capacidade de ocupar diferentes habitats. Péllico Neto e Weber (2004) avaliando o comportamento da regeneração natural do sassafrás no município de Fazenda Rio Grande, Paraná, região metropolitana de Curitiba, observaram uma mortalidade acentuada à medida que aumenta a competição com outras espécies e concluíram que embora exista uma grande quantidade de plantas no início da regeneração natural, apenas uma atingirá a idade adulta para cada matriz produtora de semente.

A canela sassafrás floresce em diferentes épocas do ano, predominando nos meses de agosto a setembro e a maturação dos frutos também é variável, mas com maior intensidade nos meses de abril a junho (LORENZI, 1992).

Quinet e Andreatta (2002) mencionam que no Rio de Janeiro o florescimento ocorre nos meses de fevereiro, outubro e dezembro e a frutificação em maio e novembro.

A *Ocotea odorifera* é uma planta adaptada a crescimento no interior da mata úmida e sombria, tendo desenvolvimento relativamente lento, principalmente nos primeiros anos, ou seja, exige de baixa a média intensidade de sombreamento quando jovem, demonstrando crescimento, forma e sobrevivência satisfatórios quando em plantio misto, em pleno sol e em solo fértil (CARVALHO, 1994, 2003).

Cetnarski Filho (2003), em estudos realizados no Município de Tijucas do Sul - PR, concluiu que plantas 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.

Segundo Lorenzi (2002), o sassafrás prefere o alto das encostas de solos rasos e de rápida drenagem. Nas formações campestres de altitude seu tronco é curto e a planta é mais baixa (10 m), com a copa bem arredondada (CARVALHO, 1994).

O crescimento da canela-sassafrás é muito lento. Em Campo Mourão, PR a produção volumétrica obtida por valores individuais com casca foi de 2,45 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, portanto considerada problemática para a indústria madeireira (EMBRAPA, 2005).

A produção das primeiras sementes é variável entre plantas matrizes e entre regiões, contudo, o início do período reprodutivo ocorre em média entre os 25 e 40 anos, o que significa na prática dificuldade para obtenção de mudas que possam garantir a manutenção da espécie (SILVA et al., 2001). Carvalho (2003) menciona que sua frutificação é irregular ocorrendo possivelmente em anos alternados. Em plantios experimentais, no centro-oeste do Paraná, a frutificação em solo de fertilidade química elevada, teve início 11 anos após o plantio.

Devido ao interesse econômico e a espécie estar ameaçada de extinção, métodos de propagação estão sendo testados para auxiliar a conservação e preservação genética da espécie, embora sua reprodução em viveiro seja considerada problemática (EMBRAPA, 2005).

## 1.2 Óleo essencial

### 1.2.1 Importância econômica do óleo essencial da *Ocotea odorifera*

Documentos da China de 2800 a.C já mencionavam o uso do óleo de *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl. e de outras espécies do gênero na medicina, demonstrando o potencial econômico das espécies dessa família (MARQUES, 2001).

A *Ocotea odorifera* de maneira geral, possui óleo essencial de interesse industrial como substituto do óleo de sassafrás americano extraído da planta *Sassafras officinalis* T. Ness & C.H. Ebern. O principal óleo essencial encontrado na espécie brasileira, praticamente em todas as regiões de ocorrência, é o metileugenol, exceto no Sul do Brasil onde o óleo essencial contém safrol (RIZZINI, 1971).

O safrol (1,2-metileno dioxi 4 alil-benzeno) é um derivado alilbenzênico oxigenado que pode ser considerado um dos mais abundantes componentes químicos dos óleos essenciais brasileiros (YUNES; CALIXTO, 2001). Com fórmula molecular C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub>, e peso molecular de 162,18, é um éter fenólico do grupo dos anilpropanóides com ponto de ebulição de 232°C - 235°C. É um líquido levemente amarelo de odor característico, insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos, tais como etanol, clorofórmio e éter etílico.

O safrol, principal componente do óleo de sassafrás, é largamente utilizado por vários segmentos da indústria e tem alcançado altas cotações no mercado. Trata-se de um componente químico aromático que ocorre naturalmente, sendo empregado pela indústria química como matéria-prima na manufatura de heliotropina, importante fixador das fragrâncias e de butóxido de piperonila (PBO), usado como agente sinérgico nos inseticidas naturais, como o piretrum (FAO, 1995).

A matéria prima para obtenção industrial do óleo essencial de sassafrás até 1991, era obtida da madeira das árvores derrubadas, quando o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis) proibiu a exploração das árvores nativas remanescentes, dessa forma cessando, pelo menos temporariamente, a produção brasileira de óleo essencial de sassafrás.

Em 1992 o Governo Brasileiro, através da Secretaria do Meio Ambiente – IBAMA, decretou a Portaria N° 06 – N de 15 de janeiro de 1992, que incluiu o sassafrás na Lista Oficial de Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção, inserindo-o na categoria: *em perigo*. Porém, a partir de 1996, a Portaria inter-institucional N° 01, de 04 de junho de 1996, editada pelo IBAMA, Governo do Estado de Santa Catarina e da Fundação do Meio Ambiente (FATMA) de 30 de junho de 1996, no Art.1º, legalizou a exploração de florestas nativas, nas áreas cobertas por vegetação primária ou secundária nos estágios avançado e médio de regeneração no Estado de Santa Catarina. A referida portaria viabilizou a exploração da madeira de sassafrás sob a forma de corte seletivo mediante manejo florestal sustentável (OLTRAMARI et al., 2002).

A proibição do governo brasileiro de explorar o sassafrás em matas primárias da Floresta Atlântica forçou o Brasil a importar o óleo essencial (safrol) da China e do Vietnã, no entanto, vale lembrar que a produção desses países não atende à demanda internacional. Em 1986 o Brasil exportou 1582 toneladas reduzindo para 280 toneladas em 1990 (FAO, 1995).

A demanda por safrol é crescente e a oferta é cada vez mais reduzida. O consumo atual é da ordem de 3 mil toneladas/ano e a produção de piperonal e butóxido de piperonila concorrem com 75% deste consumo. O Brasil já foi o maior produtor mundial de safrol e o preço no mercado internacional é US\$ 15,00 o quilo (AMARAL; MATOS, 2007).

Atualmente, o piperonal é fabricado principalmente no Japão, na China, no Vietnã e na Espanha. A Itália e o Japão são os principais produtores de butóxido de piperonila, sendo os Estados Unidos o maior mercado para outros produtos derivados do safrol.

A produção de óleo de safrol da China é obtida pela destilação da madeira de espécies *Cinnamomen* (Lauraceas) de corte de árvores nativas, enquanto que no Vietnã são utilizados troncos e raízes de árvores mortas. Em ambos os casos, existem o risco de extinção da espécie (AMARAL; MATOS, 2007).

Na busca de uma solução para a crise econômica do óleo de sassafrás, a PUCPR com o apoio do PROBIO (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica), pesquisou a extração do óleo das folhas e ramos obtidos com a poda das árvores, constatando que são necessárias dez árvores para a mesma quantia 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 e poderão produzir biomassa vegetal nos próximos anos (GAZETA DO POVO, 2005).

O valor econômico do safrol pode ser medido com base em dois de seus derivados, a heliotropina, substância utilizada para fixar o aroma desejado em perfumes, xampus, batons, loções de barbear, amaciantes de roupa, detergentes líquidos e tantos outros produtos que possuem essência e o butóxido de piperonila, elemento essencial na produção de inseticidas biodegradáveis (FAO, 1995).

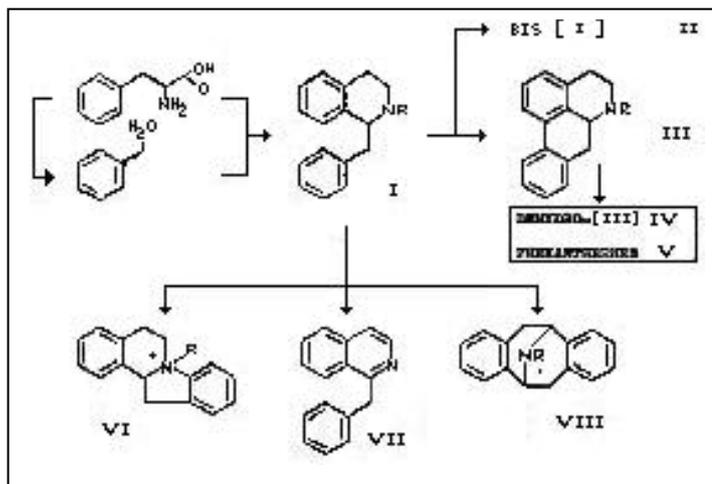
## **1.2.2 Perfil químico das *Lauraceas***

### **1.2.2.1 Nitrofeniletano**

Único nitro-derivado odorífero natural que se conhece é o componente químico da canela sul-americana (GOTLLIEB, 1972).

### **1.2.2.2 Alcalóides**

Na célula viva o nitrofeniletano é sintetizado a partir da fenilamina, aminoácido responsável também pela biossíntese de outras classes de substâncias naturais, como alcalóides, arilpropanóides e benzoatos. Nas *Lauraceas* formam-se inicialmente benziltetrahydro-isoquinolinas (I), que por acoplamento oxidativo, originam a bis-benziltetrahydro-isoquinolinas (II) e aporfinas (III), que são responsáveis pela síntese de dehidro-aporfinas (IV) e de fenantrenos (V). Por outro lado, o acoplamento oxidativo em benziltetrahydro-isoquinolinas pode dar-se ainda no sentido do fornecimento de dibenzopirrocólicas (VI) e de benzilisoquinolinas (VII) e até de pavinias (VIII), (Quadro 1.1). Portanto as benziltetrahydro-isoquinolinas precursoras são capazes de dar lugar a alcalóides biossinteticamente cada vez mais complexos (GOTLLIEB, 1972).



Quadro 1.1 - Relações biogênicas entre os alcalóides da Família *Lauraceae*. (Fonte: Gotllieb, 1972)

Quando o autor correlacionou os diferentes tipos de alcalóides com as subtribos de *Lauraceae*, constatou que há espécies capazes de produzir apenas alcalóides biossinteticamente mais simples, enquanto espécies de outras subtribos são capazes de sintetizar alcalóides de grande variedade estrutural e outras de complexidade intermediária.

### 1.2.2.3 Arilpropanóides

Gotllieb (1972) ao propor a quimiosistemática sugeriu que a disparidade da distribuição desses produtos seja devido a oxidabilidade diferencial. Na família *Lauraceae* são as subtribos *Cinnamomeae* e *Anibineae* que contém geralmente arilpropanóides. Entre estes se destacam principalmente os alilbenzenos, tais como o eugenol e o safrol. O safrol, no entanto, tem uma ocorrência restrita e não são todas as plantas que são capazes de transformarem eugenol em safrol.

### 1.2.2.4 Benzoatos

Ésteres de ácidos benzóicos, tais como benzoato de benzila, benzoato de feniletila, e salicilato de benzila são substâncias que em lauráceas derivam da fenilalanina. (GOTLLIEB, 1972).

### 1.2.2.5 Pironas

Para Gotllieb (1972) não há dificuldades para distinguir uma espécie do gênero *Aniba* de uma *Ocotea*, uma vez que todas as espécies de *Aniba* até hoje trabalhadas contém pironas de dois tipos, uma com função oxigenada no átomo de carbono-4 do heterociclo e outro tipo isenta desta função.

### 1.2.2.6 Terpenoides

Em contato com ácido o linalol se transforma em terpineol e em eucaliptol. Essas reações, que indubitavelmente ocorrem na planta, são as causas do acúmulo desses constituintes secundários, em proporção progressivamente maior com a idade de cada um dos componentes da planta. Este conhecimento é de fundamental importância, pois permite planejar a obtenção de óleos de determinadas características (GOTLLIEB, 1972). O autor observou que arilpropanoides e benzoatos são aparentemente restritos às espécies de nosso continente americano, enquanto que sesquiterpenoides furânicos seriam restritos às espécies asiáticas.

### 1.2.3 Composição do óleo essencial das *Lauraceae*

O estudo da composição química dos óleos essenciais das folhas e galhos de *Ocotea puberula* (*Lauraceae*) levou à identificação de três monoterpenos:  $\alpha$ -tujeno,  $\beta$ -pineno e mirceno e dez sesquiterpenos: isoleveno,  $\beta$ -elemeno,  $\beta$ -cariofileno,  $\alpha$ -humuleno,  $\delta$ -curcumeno, germacreno-D, biciclogermocreno,  $\alpha$ -cadineno, longifoleno e germacreno-A e mostrou certa variabilidade química nos seus constituintes com relação ao teor de seus principais componentes nos diferentes órgãos analisados (ARAUJO; LORDELLO; MAIA, 2001).

Chaverri e Ciccio (2005) identificaram 64 compostos químicos no óleo das folhas da *Ocotea brenesii* tendo como constituinte principal 53,4% de sesquiterpenos como  $\alpha$ -copaeno (21,1%),  $\gamma$ -cadineno (9,2%) e  $\beta$ -cariofileno (5,2%) e 29,9% de sesquiterpenos oxigenados sendo espatulenol (7,3%) e globulol (5,6%). Na madeira identificaram 57 compostos entre eles  $\alpha$ -copaene (6,6%), óxido de cariofileno (6,3%),  $\beta$ -cariofileno (6,1%), globulol (5,0%) e epóxido de humeleno II (4,6%) e concluíram que o óleo é de natureza terpênica e não apresentou compostos do tipo fenilpropanoide ou benzenóide que são constituintes característicos da maioria dos óleos do gênero *Ocotea* estudados anteriormente.

As principais características físicoquímicas do óleo essencial de *Ocotea odorifera* da região de Itaporanga (Santa Catarina), estudadas por Mollan (1961a), demonstraram que o conteúdo de óleo é menor nas árvores velhas e que o teor das cascas das raízes e das cascas dos caules são maiores do que na madeira, mas com baixo teor de safrol e pequenas quantidades de cineol e cânfora no óleo das cascas. O óleo obtido das folhas separa-

se em duas frações, a fração mais densa do que a água tem conteúdo maior, e a menos densa contém pouco safrol.

Ao estudar o óleo essencial da *Ocotea odorifera* no horto florestal da Cantareira em São Paulo, Mollan (1961b) constatou que o óleo contido nas diferentes partes da árvore detinha quantidades pequenas de safrol comparado com o obtido em Santa Catarina.

Uma abordagem dinâmica para a classificação das plantas, uma vez que até mesmo dentro de uma mesma espécie produzem diferentes substâncias de acordo com os estágios de sua vida ou das condições ambientais, foi o proposto por Gottlieb (1999), quando correlacionou as características externas das plantas com as moleculares. Mencionou que a *Ocotea odorifera*, conhecida como canela-sassafrás ou sassafrás, encontrada em vastas áreas do Brasil, Colômbia e Paraguai, tem composição química diferente de acordo com a região. No clima frio do Vale do Itajaí em Santa Catarina, produz safrol, óleo essencial de valor comercial, já no ambiente tropical de Rio de Janeiro, a principal substância produzida é o nitrofeniletano, que confere à espécie o cheiro de canela, e metileugenol. Esta variedade fisiológica de *Ocotea odorifera* tem distribuição geográfica bastante restrita, em oposição à distribuição da variedade portadora de óleo de sassafrás que ocorre no sul do Brasil e, segundo Gottlieb (1972), encontrada também no estado da Bahia.

Toledo (2000) em estudo botânico e fitoquímico da *Ocotea odorifera* nos municípios de Colombo e Araucária no Paraná, observou que o conteúdo de safrol presente no óleo de sassafrás procedente do município de Araucária varia entre 62-80% nas folhas e 57-65% nos ramos, enquanto que para o óleo oriundo do município de Colombo o teor de safrol e cânfora nas folhas encontram-se respectivamente entre 25-40% e 20-28%. Constatou que a produção de safrol é mais elevada na primavera, sugerindo então esta estação para a coleta de ramos e folhas de *Ocotea odorifera* nos municípios estudados.

Zoghbi et al. (2007) analisaram os componentes químicos voláteis de algumas espécies de lauráceas na Floresta Nacional da Caxiuanã, PA e comprovaram a existência de variação na composição e concentração dos constituintes entre as espécies. Os compostos identificados nos óleos essenciais de *Clinostemon mahuba* Aubl., *Licaria rigida* H.B.K. e *Ocotea cymbarum* Aubl., do ponto de vista biossintético, são predominantemente os pertencentes à classe dos terpenóides. Os principais constituintes identificados no óleo essencial da casca *O. cymbarum* foram  $\alpha$ -selineno (25,8%),  $\delta$ -cadineno (18,6%) e 4-terpineol (9,0%). O óleo essencial das folhas de *C. mahuba* é constituído principalmente por  $\beta$ -cariofileno (31,3%),  $\beta$ -selineno (17,9%) e  $\delta$ -cadineno (10,6%). No óleo essencial das folhas de *L. rigida* os principais constituintes são  $\beta$ -cariofileno (59,4%), óxido de cariofileno

(12,1%) e  $\alpha$ -humuleno (7,8%), na *Ocotea longifolia* H.B.K safrol (1,7%), dilapiol (15,2%) e  $\delta$ -cadineno (20,0%) e na *Aniba citrifolia* (Nees) Mez os constituintes principais são: safrol (16,7%),  $\alpha$ -pineno(10,6%),  $\beta$ -pineno (11,2%) e benzoato de benzila (1,1%), embora estes sejam representados por baixa concentração.

Castellani (2006) constatou variabilidade sazonal na produção de óleo essencial para a canela e guaçatonga, verificou a existência de interação entre a época de colheita e partes vegetais para as duas espécies. Para a canela a colheita de folhas e galhos deve ser na primavera e de cascas no verão quando detém respectivamente 0,86%, 0,83% e 1,37% de óleo essencial.

### 1.3 Óleo essencial e Adubação

Estudos realizados com canela (*Cinnamomum zeylanicum*), no município de Morretes - PR, não ressaltam diferenças na composição ou nos teores dos componentes de óleo essencial em função do tipo de adubação (KOKETSU et al., 1997). O mesmo não foi observado por Toledo (2000), que em estudo botânico e fitoquímico de *Ocotea odorifera* na região metropolitana de Curitiba, constatou diferenças significativas nas constantes físicas entre as amostras de óleo essencial dos municípios de Araucária e Colombo, composição química do óleo essencial e maior percentual de safrol. Observou o safrol principalmente nas frações mais pesadas nas amostras do município de Araucária, região onde se encontram solos remanescentes da formação Guabirotuba, com elevados teores de montmorilonita, Ca e Mg, demonstrando a importância do efeito nutricional do vegetal no óleo produzido, enquanto os solos de Colombo são retrabalhados e de baixa fertilidade.

O chambá (*Justicia pectoralis* var. *stenophylla*) que é uma erva medicinal usada no Norte e Nordeste do Brasil para o tratamento de asma, tosse e bronquite, foi objeto dos estudos de Bezerra et al. (2006) visando a adubação e produção de óleo essencial. Os resultados evidenciaram que as adubações orgânicas e minerais não influenciaram o crescimento da planta, produção de biomassa e teores de P e K da parte aérea do vegetal, no entanto, o rendimento de óleo essencial apresentou uma tendência de decréscimo com o incremento nas doses de esterco bovino em cada uma das formulações N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

O efeito de concentrações de P e épocas de coleta sobre o crescimento, nutrição mineral e teor de óleo essencial da menta (*Mentha piperita* L.) foram avaliados por Rodrigues et al. (2004), os quais constataram que as concentrações de P na solução influenciaram o crescimento vegetal e a produção de óleo essencial pela menta. A exigência

nutricional aos 95 dias de cultivo estava relacionada ao teor máximo de óleo essencial e seguiu a seqüência: N > K > Ca > P > Mg > S > Fe > Mn > B > Zn > Cu. Valmorbidia et al. (2006) observaram variação da composição do óleo na menta devido à concentração de potássio, embora o rendimento não tenha sido afetado. Foram encontrados 10 componentes químicos no óleo essencial, sendo os seis majoritários o mentol, a mentona, o mento-furano, o 1,8 cineol, a pulegona e o acetato de metila. O teor de mentona não foi afetado pelo nível de potássio e pela época de colheita, enquanto que o teor de mentol no óleo essencial foi afetado, tanto pela concentração de potássio, quanto pela época de colheita.

Ming (1992), ao estudar a influência da adubação orgânica na produção de biomassa e teor de óleos essenciais de *Lipia Alba* (Mill.), constatou que o teor de óleo essencial diminuiu com o aumento da quantidade de matéria orgânica incorporada ao solo. Explicou que esta aparente contradição está apoiada em pesquisas, onde foi observado, que em ambientes favoráveis a energia é concentrada para atividades do crescimento e desenvolvimento (metabolismo primário). Enquanto que em ambientes menos favoráveis, uma das funções do óleo essencial na planta é a de defesa, uma vez que a via é modificada, havendo menor atividade primária, com maior gasto de energia no metabolismo secundário e maior produção de óleo essencial. Ressalta ainda, que mesmo as pesquisas não sendo conclusivas, uma vez que foram observadas reações diferentes em diferentes plantas, há uma maior indicação deste mecanismo metabólico para plantas herbáceas e arbustivas. No entanto, o trabalho de Carvalho et al. (2005) demonstrou não haver diferença significativa no rendimento do óleo de capim-santo, embora os resultados tenham sido distintos em relação à produtividade, entre os tratamentos com adubação convencional e orgânica.

A omissão de N e B comprometeu a produção de folhas de *Eucaliptus corymbia*, resultando numa menor produtividade de óleo por planta, em experimento com omissão de macronutrientes e boro, realizado por Maffei, Silveira e Brito (2000). Constataram também que, independente do tratamento, o teor de citronelal sofreu influência da concentração de K, relação K/Ca e K/Mg nas folhas e que na ausência de potássio e boro, o teor de citronelal no óleo não atingiu valores superiores a 70%.

## 1.4 Fertilidade do solo e nutrição de espécies nativas

### 1.4.1 Fertilidade do solo

A fertilidade química natural dos solos é uma reserva não renovável e que inevitavelmente diminui em solos afetados por erosão e nos explorados intensamente, sendo o balanço (equilíbrio) entre entrada e saída de nutrientes um indicador da variação da fertilidade e sustentabilidade florestal. O conhecimento sobre os ecossistemas naturais e sobre a ciclagem de nutrientes em florestas naturais e plantações florestais com espécies nativas é escasso no Brasil. É necessário se conhecer as características do solo, principalmente de sua fertilidade, seu efeito sobre a germinação, o crescimento de mudas de essências florestais, o crescimento da parte aérea e radicular e a anatomia da madeira, para se poder evitar ou minimizar os efeitos antrópicos sobre o ecossistema (RANGER; TURPAULT, 1999).

A exploração florestal, sem o devido manejo por espécie, que têm elevada capacidade de extração de nutrientes, geram grande impacto sobre as pequenas disponibilidades e reservas minerais dos solos, resultando em quedas de qualidade dos sítios quando não são devidamente manejados (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000).

A estrutura multiânea das florestas naturais e povoamentos implantados reflete, entre outros fatores, na saída e ciclagem de nutrientes nos diversos sítios, sendo que a compreensão sobre os ciclos dos nutrientes nas florestas naturais é bem mais complexa que em povoamentos implantados.

Independentemente do tipo de floresta, se natural ou implantada, nos estágios iniciais de crescimento a maior parte dos nutrientes está nas folhas, devido a uma redistribuição de determinados nutrientes de órgãos senescentes para regiões de crescimento das árvores (HAAG, 1985).

O potencial produtivo das espécies florestais é influenciado pelos fatores do meio e aspectos nutricionais das plantas. As características morfológicas do perfil do solo a campo e fatores topográficos podem explicar a variação da produtividade das diferentes espécies florestais, entretanto informações sobre as exigências nutricionais de espécies florestais, em especial essências nativas, são escassas. Contudo, tem sido observada grande variação entre espécies florestais nativas, quanto aos requerimentos nutricionais (CARPANEZZI et al., 1976).

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 conseqüência, 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).

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, como férteis, profundos, com drenagem boa e textura argilosa (CARVALHO, 2003). No entanto, os solos característicos para a espécie, mencionados por Semente Sul (2005), são os Argissolos, Cambissolos, Latossolos, Neossolos quartzarênicos e Nitossolos.

La Bastide e Van Goor (1970) confirmaram que o crescimento da *A. angustifolia* e *Pinus elliottii* depende consideravelmente da fertilidade do solo e que a araucária necessita cerca de duas vezes as quantidades de nutrientes exigidos pelo *Pinus*. Correlacionaram o crescimento das espécies citadas, com o  $P_2O_5$  total em relação aos valores de saturação de alumínio do solo. Quando o teor de alumínio é elevado, as duas espécies reagem favoravelmente ao fosfato; quando é baixo, a correlação desaparece devido a influência do Al no suprimento e demanda de Ca e Mg., sendo que a carência em primeiro lugar do fósforo e em segundo a de nitrogênio, limitantes ao crescimento da *Araucaria angustifolia*. Em experimento adicionando  $Al^{+++}$  em doses crescentes e solução nutritiva foi observado que a araucária é tolerante até doses de 1,00 e.mg de  $Al^{+++}$  e que os teores de 3,00 e 4,00 e.mg de  $Al^{+++}$  na solução nutritiva restringiram significativamente o crescimento em diâmetro das plantas (SIMÕES; COUTO, 1973; SIMÕES; COUTO; KAJYA, 1973).

A intolerância ao alumínio mencionada para a araucária, também foi observada para outras espécies arbóreas como cássia verrugosa, cedro, ipê mirim, angico-do-cerrado que também tiveram seu desenvolvimento limitado pelo elemento mencionado, enquanto a calagem favoreceu o crescimento em altura, diâmetro e produção de biomassa (FURTINI NETO et al., 1999).

Braga et al. (1995), em experimento com nutriente faltante em solo de baixa fertilidade, concluíram que a quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), demonstrou maior necessidade nutricional, respondendo a adubação com todos os macro e micronutrientes, enquanto que a *Acacia mangium* respondeu apenas ao P, N e S e a peroba rosa (*Aspidosperma polyneurom*) respondeu ao P, K e S.

Para a embaúba (*Cecrópia sp*), ipê-mirim (*Stenolobium stans*), fedegoso (*Senna macranthera*), cássia (*Senna multijuga*) e angico amarelo (*Peltophorum dubium*) em pesquisa de adubação desenvolvida em campo, Carniel et al. (1993) observaram que o crescimento foi afetado pela falta de K, com exceção do ipê-mirim. O angico amarelo e fedegoso demonstraram restrições no crescimento quando da omissão de N, sendo que todas espécies mostraram um baixo requerimento de K e Mg e elevado para S. A omissão de Ca não afetou os teores foliares podendo indicar uma baixa demanda. Corroborando com o autor acima, Souza, Venturin e Macedo, (2006) confirmaram para o ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), que os nutrientes P e N são prioritários na fertilização e a seqüência de exigência nutricional apresentada pelas mudas da referida espécie em relação ao tratamento completo, considerando a produção de matéria seca da parte aérea em ordem decrescente foi:  $P > N > S > B > Zn > Mg > Ca > K$ . Mendonça et al. (1999) complementaram que o enxofre para a aroeira do sertão (*Myracrodun urundeuva* Fr. All), não causou prejuízos ao desenvolvimento vegetal como os demais nutrientes.

Venturin et al. (1996) em trabalho de fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf (óleo de copaíba), concluíram que o N, P, Ca e S mostraram-se limitantes ao crescimento em solo com pequena disponibilidade e demonstraram pequeno requerimento para o Mg, K, B e Zn e que a absorção de S pelas plantas foi afetada devido à omissão de K, Ca e Mg.

Para a espécie arbórea nativa do Brasil, *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish, popularmente conhecida como candeia, pertencente à família *Asteraceae*, fornecedora de matéria-prima de grande qualidade para a produção de óleo essencial, Venturin et al. (2005) observaram que a ausência de P e N não permitiu o desenvolvimento das plantas, descrevendo a limitação na seguinte ordem decrescente:  $P > N > S > Mg = B > Ca > K > Zn$ .

Em experimento com a omissão de nutrientes, Renó et al. (1993) concluíram que para o crescimento em altura do cedro (*Cedrella fissillis*); do jacaré (*Piptadenia gonoacantha*); do pau-ferro (*Caesalpineia férrea*) e da canafistula (*Senna multijuga*), o P, S e N foram altamente limitantes. Entretanto, o comportamento para o Ca e Mg e micronutrientes foi diferenciado. Os micronutrientes mostraram-se limitantes ao crescimento da canafistula e do pau-ferro, enquanto o K não se mostrou limitante a nenhuma delas, evidenciando um baixo requerimento para este nutriente.

Em experimento com o objetivo de avaliar as necessidades nutricionais do jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang), Duboc et al. (1996),

obtiveram resultados semelhantes aos dos autores acima, ou seja, concluíram que o jatobá, com relação aos macronutrientes, apresenta baixo requerimento principalmente para o K e muito baixo requerimento nutricional para B e Zn, inclusive com alta susceptibilidade à fitotoxidez com a aplicação dos mesmos.

Segundo Venturin et al. (1999) para a candiúva (*Trema micrantha* L. Blumes) o N foi o elemento mais limitante para o desenvolvimento em altura, enquanto que para o diâmetro e matéria seca da área foliar e radicular, foram o N, P e B.

Marques et al. (2006) relataram que mudas de jacarandá-da-bahia responderam significativamente à adição de N-mineral, principalmente nos argissolos e dentre as fontes nitrogenadas testadas, o sulfato de amônio foi a que apresentou resultados positivos e significativos sobre a altura da parte aérea, diâmetro do colo, relação altura da parte aérea /diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca das raízes, peso de matéria seca total.

A grápia (*Apuleia leiocarpa* Vog. Macbride), espécie de grande interesse madeireiro que se encontra atualmente bastante dizimada, motivou os estudos de Missio et al. (2004) para determinar os níveis ideais de adubação com fósforo e enxofre no desenvolvimento da espécie citada. Os autores constataram que a produção de matéria seca total das plantas jovens de grápia, respondeu positivamente à adubação conjunta de P e S, com dose de máxima eficiência técnica estimada de 204 mg.kg<sup>-1</sup> e 16 mg.kg<sup>-1</sup> de solo respectivamente. A adubação fosfatada na dose igual ou acima de 120mg kg<sup>-1</sup> de solo induziu o aparecimento de clorose foliar típica da deficiência de Fe. A alta disponibilidade de P no solo favoreceu o crescimento da parte aérea em detrimento das raízes.

O comportamento de espécies florestais nativas em área degradada com aplicação de adubação mineral e orgânica (esterco bovino) foi estudado por Faria, Davide e Botelho (1997). Dentre as características avaliadas ressaltam que os maiores aumentos relativos em função da adição do esterco foram constatados na área da copa, demonstrando que a adubação orgânica no plantio teve efeito positivo sobre o crescimento das plantas a partir dos dois meses, permanecendo até os 36 meses em intensidades diferentes.

Resultados promissores foram obtidos por Lima et al. (2001), quando da produção de mudas de cajueiro-anão-precoce, tendo constatado que a aplicação de doses combinadas de matéria orgânica e fertilizante mineral promoveu acréscimos significativos sobre a altura da planta, peso da matéria seca da parte aérea e número de folhas.

As concentrações de P, Fe, Mn, Cu, B, Zn e Al nas folhas de erva mate sofreram interferência em função do manejo, idade da planta, segundo Reissmann, Radomski

e Quadros (1999), sendo observada concentração muito baixa de P nas árvores de regeneração natural.

Drumond et al. (1997) constataram que a biomassa dos diferentes componentes arbóreos das espécies da mata natural, na região do Médio Rio Doce, foi distribuída na seguinte ordem: lenho > galhos > casca > folhas; que, de maneira geral, as espécies em condições de mata natural tendem a apresentar menor eficiência na utilização dos nutrientes em relação às espécies em plantios homogêneos; que a demanda nutricional média das espécies estudadas obedece à seguinte ordem: N > Ca > K > Mg > P e que há grande diferença entre as espécies quanto à demanda nutricional. Caldeira (2003), em estudo similar em Floresta Ombrófila Mista concluiu que as espécies que apresentaram alta eficiência na utilização de macronutrientes na produção de biomassa apresentaram também alta eficiência na utilização de micronutrientes. O conteúdo total de macronutrientes na biomassa das árvores com DAP  $\geq 10,0$  cm foi em ordem decrescente, K > N > Ca > Mg > P > S; para árvores com DAP  $\leq 10,0$  cm a seqüência foi N > K > Ca > S > Mg > P e para as raízes e serapilheira acumulada o resultado foi C > N > K > Ca > S > Mg > P. Com relação aos micronutrientes, a floresta em estudo apresentou na biomassa das árvores com DAP  $\geq 10,0$  cm, a seguinte seqüência decrescente: Mn > Fe > Zn > B > Cu, enquanto que para biomassa das árvores com DAP  $\leq 10,0$  cm, raízes e serapilheira acumulada, a seqüência foi Fe > Mn > Zn > B > Cu.

### **1.5 Função dos minerais**

Poggiani e Schumacher (2000) ao discorrer sobre a produção de mudas de espécies nativas mencionaram que o potencial de crescimento é bastante variável entre as espécies florestais, sendo que as dos estágios iniciais da sucessão, pioneiras e secundárias iniciais apresentam taxas de crescimento muito superior às secundárias tardias e clímax.

De acordo com Poggiani e Schumacher (2000), quanto maior for a taxa de crescimento, maior será a demanda, a capacidade de absorção e a taxa de acumulação de nutrientes em tecidos vegetais, assim, as recomendações de fertilização para espécies pioneiras e secundárias iniciais devem ser mais rigorosas. Portanto, a não observância dessas necessidades pode prejudicar o crescimento da espécie ou acarretar em um desequilíbrio de nutrientes de maneira mais acentuada do que nas demais classes.

Os autores destacam que há exceções, visto que as maiores taxas de crescimento inicial de espécies secundárias tardias e clímax podem estar relacionadas com as

reservas de nutrientes e fotoassimilados de suas sementes. Salisbury (1992) complementa que diferentes espécies vegetais absorvem solutos em diferentes quantidades, principalmente quando em diferentes solos e que a maioria dos elementos presentes no solo estão na forma insolúvel, sendo que a taxa de absorção é selecionada pelas raízes.

### **1.5.1 Nitrogênio**

É o quarto elemento mais abundante nas plantas e o que mais freqüentemente limita o crescimento vegetal, sendo essencial nas diversas fases de desenvolvimento. É constituinte de compostos vitais, como: aminoácidos, proteínas, ácidos nucléicos, coenzimas, fosfatídeos, alcalóides, enzimas, hormônios e vitaminas, além de participar na formação da clorofila (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Marques et al. (2004), em estudos com paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb.), espécie arbórea que ocorre em mata primária e secundária na Amazônia, observaram que a deficiência de nitrogênio acarretou em menor desenvolvimento das plantas com menor número de folhas, as quais apresentaram redução na síntese de clorofila nas folhas mais velhas, evidenciada pela coloração verde-clara, a qual progrediu para um amarelo uniforme intenso, devido a translocação do N para as partes mais novas da planta. O sistema radicular foi menos desenvolvido e de coloração escura.

### **1.5.2 Fósforo**

É o segundo elemento que mais freqüentemente limita o crescimento vegetal. Faz parte da estrutura de moléculas orgânicas como os nucleotídeos, os ácidos nucléicos e os fosfolípídios, e ativa muitas moléculas, sendo importante na transferência de energia, pois participa ativamente no metabolismo de gordura e é essencial para a formação das sementes. É constituinte de vários compostos vitalmente importantes, tais como as fitinas, lecitina e nucleotídeos e está presente na maioria das enzimas conhecidas. Ocorre, tanto na forma orgânica, quanto inorgânica e é rapidamente translocado na planta (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Marques et al. (2004) em estudos com *Schizolobium amazonicum* (paricá), observaram que a deficiência de fósforo levou a um crescimento reduzido da planta, menor número de folhas e a raiz principal mais longa com poucas raízes laterais.

### 1.5.3 Potássio

Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) mencionam que o K atua em processos osmóticos, na síntese de proteínas e na manutenção de sua estabilidade, na abertura e fechamento dos estômatos, na permeabilidade das membranas, no controle do pH, embora não se tenha conhecimento com clareza de como ocorrem todos estes processos. O potássio é altamente móvel na planta e no caso de deficiência é translocado das folhas mais velhas para os tecidos meristemáticos novos.

Em experimento realizado com omissão de nutrientes por Marques et al. (2004) com plantas de paricá, observaram que a carência de potássio afetou o desenvolvimento das plantas que se apresentaram menores e com menor número de folhas.

### 1.5.4 Cálcio

Segundo Epstein e Bloom (2006) o cálcio protege a membrana plasmática dos efeitos deletérios dos íons hidrogênio que prejudicam as funções da membrana, tem papel importante na conversão dos sinais vindos do ambiente, tanto biótico quanto abiótico. Quase sem exceção, o estresse causa aumento na concentração do cálcio.

Marques et al. (2004) em estudos realizados com *Schizolobium amazonicum* (paricá), as raízes mostraram-se menos desenvolvidas e mais espessas com poucas raízes laterais e de coloração escura, devido a deficiência de cálcio.

### 1.5.5 Magnésio

O magnésio faz parte da estrutura da clorofila e de muitas metaloenzimas, ou seja, as enzimas que possuem um metal em sua estrutura e estabelece uma ponte entre enzimas e as moléculas de ATP. É absorvido pela planta na forma iônica, neutralizando ânions e regulando o pH e a atividade de enzimas. Estimula a fotossíntese, mantém a conformação dos ácidos nucleicos e agrega os ribossomos, preparando-os para a síntese de proteínas. Desempenha um papel mais regulatório que estrutural. Parece estar relacionado com o metabolismo do P e é considerado específico na ativação de diversos sistemas enzimáticos das plantas. Está relacionado com a síntese de óleos e, quando aplicado com S, produz significantes aumentos no conteúdo de óleo de várias plantas cultivadas (CAMARGO, 1970).

Entre os elementos avaliados no experimento com *Schizolobium amazonicum* (paricá), realizado por Marques et al. (2004), o magnésio foi o último a

apresentar os sintomas de deficiência, que se manifestaram primeiro nas folhas mais velhas, como clorose internerval.

### 1.5.6 Enxofre

O enxofre participa como um ligante em muitas enzimas e metaloproteínas. Tem várias funções específicas e essenciais na fisiologia das plantas. O S entra na síntese dos aminoácidos sulfurados, cistina, cisteína e metionina, e na síntese de proteínas; é ativador de certas enzimas proteolíticas, como a papaína, bromelina e ficina; é constituinte de certas vitaminas, coenzima A e glutatona; está presente no óleo vegetal das crucíferas e liliáceas; aumenta o conteúdo de óleo de plantas cultivadas, como soja e linho; e as ligações dissulfuradas, -S-S- tem sido associadas com a estrutura do protoplasma e a quantidade de grupos sulfidrilo com o aumento da resistência ao frio (CAMARGO, 1970).

As plantas com deficiência de enxofre, em experimento com paricá (*Schizolobium amazonicum*) apresentaram sistema radicular mostrou abundante, porém de coloração escura (Marques et al., 2004).

### 1.5.7 Boro

O boro é normalmente absorvido na forma de ácido bórico e reage com grupos hidroxila presentes em moléculas orgânicas. Acredita-se que facilita o transporte de açúcares através das membranas na forma do complexo açúcar-borato, que é transportado mais rapidamente, ou que agindo na membrana celular torna-se mais permeável aos açúcares. É importante para os processos de divisão e alongamento celular e, juntamente com o cálcio, é responsável pela estrutura da parede celular (CAMARGO, 1970; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Com o objetivo de avaliar os efeitos do boro sobre o crescimento, teores e conteúdo de macro e micronutrientes na parte aérea e raiz do paricá, Lima et al. (2003) conduziram experimento com diferentes doses de boro e observaram sintomas de deficiência que se manifestaram em folhas novas com clorose, murcha, por queda das folhas e morte da gema apical e menor volume de raízes. Com doses de 1,5 e 2,1 mg.dm<sup>-3</sup>, a partir de 30 dias após o transplântio, constataram sintomas de toxidez, observados por clorose malhada e posteriormente manchas necróticas nas bordas das folhas mais velhas. Não constataram incremento em diâmetro do caule com adição de boro, no entanto, o decréscimo foi acentuado a partir da dose de 0,07 mg.dm<sup>-3</sup>, possivelmente devido a um efeito tóxico. As mudas não foram afetadas em altura, tanto na ausência como na utilização de diferentes doses de boro.

A deficiência de boro em *Schizolobium amazonicum* (paricá) foi evidenciada pela perda da dominância apical das plantas com subseqüentes brotações laterais e os folíolos novos tornando-se cada vez menores e com queda prematura. No caule, os internós foram mais curtos e o sistema radicular apresentou-se menos desenvolvido, com raízes um pouco mais grossas e de aparência bastante escura (MARQUES et al., 2004).

### **1.5.8 Ferro**

Para Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) o ferro faz parte de enzimas relacionadas com os processos de oxidação e de redução das enzimas responsáveis pela síntese da clorofila, embora não participe diretamente da estrutura da clorofila. Participa de enzimas que atuam na assimilação e fixação biológica do N.

Segundo Epstein e Bloom (2006), a função do ferro nas plantas depende de rápidas transações entre seus dois estados de oxidação na solução, ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ), e da sua formação de complexos octaédricos com ligantes. As plantas armazenam ferro na forma de ferritina, uma proteína que encapsula ferro férrico. O ferro é uma parte integral das proteínas: heme proteínas e proteínas com ferro-enxofre.

A falta de ferro causou uma clorose generalizada e intensa, tanto nas folhas novas, quanto nas folhas velhas de *Schizolobium amazonicum* (paricá). Os folíolos apresentaram-se fechados e a planta teve seu crescimento bastante reduzido (MARQUES et al., 2004).

### **1.5.9 Manganês**

O manganês é um elemento ativador de enzimas relacionadas com o metabolismo dos carboidratos, com as reações de fosforilação e com o ciclo do ácido cítrico. O manganês inibe a absorção do Ca, Mg, Zn e, principalmente do Fe. Ele participa na liberação fotoquímica do  $\text{O}_2$ . Entre os micronutrientes, o manganês parece ser o mais importante no desenvolvimento de resistência a doenças fúngicas das raízes. Ele participa da biosíntese da lignina de fenóis (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

### **1.5.10 Zinco**

O zinco é um metal ativador de enzimas, essencial para a síntese de triptofano, precursor do ácido indol-3-acético.

Marques et al. (2004) mencionam que as plantas de paricá (*Schizolobium amazonicum*) deficientes em Zn apresentaram como sintoma visual a clorose nas folhas novas, com posterior queda dos folíolos e o caule apresentou-se com internós curtos.

### 1.5.11 Cobre

O cobre tende a acumular-se nas raízes. Sua mobilidade é restrita, entretanto parte pode mover-se das folhas mais velhas para as mais novas. Atua como ativador enzimático, influencia o metabolismo de carboidratos, a fixação de N<sub>2</sub> e a síntese de proteínas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

## 1.6 Literatura Citada

AMARAL, W. A. N.; MATOS, J. Relatório preliminar – Projeto Biocomércio – Biotrade. UNCTAD – OCTA, Piracicaba, julho 2006. Disponível em: <<http://www.biotrade.org/Regional/Amazon/Consultants%20Area/Assessment%20Studies/Brazil/Final%20Assessment%20Brazil.pdf>> Acesso em: 27 mar. 2007.

ARAUJO, A. J.; LORDELLO, A. L. L.; MAIA, B. H. L. N. S. Análise comparativa dos óleos essenciais de folhas e galhos de *Ocotea puberula* (Lauraceae). **Revista Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 81-84, jul./dez. 2001.

AUER, C. G.; GRAÇA, M. E. C. Método para produção de mudas de canela-sassafrás a partir de mudas de regeneração natural. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 30/31, p.75-77, 1995.

BEZERRA, A. M. E.; NASCIMENTO JUNIOR, F. T.; LEAL, F. R.; CARNEIRO, J. G. M. Rendimento de biomassa, óleo essencial, teores de fósforo e potássio de chambá em resposta à adubação orgânica e mineral. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 2, p.124-129, 2006.

BRAGA, F. de A.; VALE, F. R. do; VENTURIN, N.; AUBERT, E.; LOPES G. de A. . Requerimentos nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n.1, p. 18-31, jan / mar. 1995.

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.

CALDEIRA, M. V. W. **Biomassa, serapilheira acumulada e nutrientes em uma floresta ombrófila mista Montana em General Carneiro Paraná**. Curitiba, 2003. 176 fls UFPR. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal. Conservação da natureza) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CAMARGO, P. N. **Princípios de nutrição foliar**. São Paulo: Ceres, 1970. 118p.

CARNIEL, T.; LIMA, H. N.; VALE, F. R.do; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; GOMES, R. J. Resposta à adubação no campo de cinco espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993, Goiânia. **Resumos ...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 209-210

CARPANEZZI, A. A.; BRITO, J. O.; FERNANDES, P.; JARK FILHO, W. Teor de macro e micronutrientes em folhas de diferentes idades de algumas essências florestais nativas. **Anais da E.S.A. “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 23, p. 225-232, 1976.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA - CNPF, 1994, 639p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo – PR: Embrapa Florestas, 2003, v. 2, 1036 p.

CASTELLANI, D. C.; CASALI, V. W. D.; SOUZA, A. L.; CECON, P. R.; CARDOSO, C. A.; MARQUES, V. B. Produção de óleo essencial em canela (*Ocotea odorifera* Vell) e gaçatonga (*Casearia sylvestris* Swartz) em função da época de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n.4, p.104 -107, 2006

CETNARSKI FILHO, R. **Regeneração natural de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer (canela-sassafrás) em uma Floresta Ombrófila Mista, no Estado Paraná**. Curitiba, 2003. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CHAVERRI, C. ; CICCIO, J. F. Essential oil of trees of the genus *Ocotea* (Lauraceae) in: Costa Rica. I. *Ocotea brenesii*. **Rev. Biol. Trop.**, San Jose, Costa Rica , v. 53, n.3-4, p. 431-436, set-dez, 2005 .

DRUMOND, M. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L.; SILVA, A. F.; TEIXEIRA, J. L. Composição mineral e demanda nutricional de espécies florestais da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 1, p.1-10, 1997.

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. 138-152, 1996.

EMBRAPA. Espécies Florestais Brasileiras: Recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Disponível em:

<<http://www.cnpf.embrapa.br/pauloernani/temp/especieelec.htm>> Acesso em: 20 fev 2005

EPSTEIN, E. , BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e Perspectivas**. Londrina. Editora Planta, 2006, 403p.

FAO – Food and Agriculture organization of the United Nations. **Non-wood forest products for rural income and sustaintable forestry**. FAO, Publication Division, Roma, 1995.

FARIA, J. M. R.; DAVIDE, A . C. ; BOTELHO, S. A . Comportamento de espécies florestais em área degradada, com duas adubações de plantio. **Revista Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, 1997, p. 1-22.

FURTINI NETO, A. E. RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 01-12, 1999.

GAZETA DO POVO - PUC explora sem cortar o ameaçado sassafrás. Artigo publicado no jornal Gazeta do Povo em 3 de outubro de 2005.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. DOCUMENTOS FLORESTAIS, Piracicaba (15): 1-23, 1995.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. 427p.

GOTTLIEB, O. R. Químico-sistemática: um método para a busca de óleos essenciais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 44, p. 9-21, 1972. Suplemento.

GOTTLIEB, O. O reorganizador da natureza. **Rev. Pesquisas Fapesp**, São Paulo, n. 43, jun. 1999.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 144p.

IBGE. Produção da extração vegetal e silvicultura – 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2005/comentario.pdf>>  
Acesso em: 24 mar. 2007

KAGEYAMA, P. Y.; CUNHA, G. C.; BARRETO, K. D.; GANDARA, F. B.; CAMARGO, F. R. A.; SEBBENN, A. M. Diversidade e autocorrelação genética espacial em populações de *Ocotea odorifera* (Lauraceae). **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 108-119, dez. 2003.

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.

LA BASTIDE, J. C. A.; VAN GOOR, C. P. Growth Site relationships in plantations of *Pinus elliottii* and *Araucaria angustifolia* in Brasil. **Plant & Soil**, Ed. Springer, Netherlands Austrália, v. 32, n. 2, p. 349- 366, 1970.

LIMA, R. L. S.; FERNANDES, V. L. B.; OLIVEIRA, V. H.; HERNANDEZ, F. F. F. Crescimento de mudas de cajueiro-anão-precoce “CCP-76” submetidas à adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 391-395, ago. 2001.

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.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Plantarum, 1992.

LORENZI, H. **Arvores brasileiras**. 4. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. Vol.1

MAFFEIS, A. SILVEIRA, R. L. V.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 87-98, jun. 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p

MARQUES, C. A. Importância Econômica da família Lauraceae Lindl. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p.195 - 206, jan./dez. 2001.

MARQUES, M. T. C. L. L. S.; CARVALHO, J. G.; LACERDA, M. P. C.; MOTA, P. E. F. Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. **Revista Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 184-195, 2004.

MARQUES, V. B.; PAIVA, H. N.; GOMES, J. M.; NEVES, J. C. L.; BERNARDINO, D. C. S. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p.725-735, 2006.

MENDONÇA, A. V. R., NOGUEIRA, F. D., VENTURIN, N., SOUZA, J. S. Exigências nutricionais de *Myracrodun urundeuva* Fr. All (aroeira do sertão). **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 65-75, 1999.

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**. Curitiba, 1992. 206 f. Tese (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

MISSIO, E. L.; NICOLOSO, F. T.; JUCOSKI, G. O.; SARTORI, L. Exigências nutricionais da grábia ao fósforo e enxofre em Argissolo Vermelho distrófico arênico: efeito da adubação no crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p.1051-1057, jul./ago, 2004.

MOLLAN, T. R. M. The essential oils of the sassafras laurels. I. *Ocotea pretiosa*, Brazilian sassafras, safrole type. **Perfumery Essential Oil Record.**, London, v. 51, p. 284-286, may 1961(a).

MOLLAN, T. R. M. The essential oils of the Sassafras Laurels: II The safrole-canphor type of sassafras laurel. **Perfumery Essential Oil Record.** London, v. 51, p. 284-286, may. 1961(b)

OLTRAMARI, A. C.; SILVA, J. M. O.; PEDROTTI, E. L.; MARACHIN, M. Análise histórica e de mercado da atividade extrativista da madeira e do óleo essencial da canela-sassafrás (*Ocotea odorífera* (Vell.) Rohwer) no estado de Santa Catarina. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 1., p. 99-106, jan./fev. 2002.

PELLICO NETO, S.; WEBER, S. H. Sobrevivência da regeneração natural de sassafrás (*Ocotea odorífera* (VELL.) Rohwer. **Revista Acadêmica**: ciências agrárias e ambientais. Curitiba, v. 2, n. 4, p. 51-54, out./dez.2004.

POGGIANI, F. E SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas.. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 288-308.

QUINET, A.; ANDREATA, R. H. P. Lauraceae Jussieu na Reserva Ecológica de Macaé de Cima, Município de Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 53, n. 82, p. 59-121, 2002.

RANGER, J., TURPAULT, M. P. Input-output nutrient budgets as a diagnostic tool for sustainable forest management. **Forest Ecology and Management**, v. 122, n. 1, p. 139-134, 1999.

REISSMANN, B. C.; RADOMSKI, M. I.; QUADROS, R. M. B. de. Chemical composition of *Ilex paraguariensis* St.Hil. under different management conditions in seven localities of Paraná state. **Brazilian Archive of Biology and Technology**, v. 42, n. 2, p.187-194, 1999.

RENÓ, N. B.; VALE, F. R.; CURI, 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.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: Manual de Dendrologia Brasileira. São Paulo. Edgard Blücher, 1971, p. 66-78.

RODRIGUES, C. R.; FAQUIN, V.; TREVISAN, D.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; RODRIGUES, T. M. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 573-578, jul./set 2004.

SALISBURY, F. B. e ROSS, C. W. **Plant Physiology**. California: Wadsworth, 1992. 682 p.

SEMENTE SUL. Disponível em:

<[http://www.sementesul.ufsc.br/novo/secao\\_especies/detalhe\\_especie.asp](http://www.sementesul.ufsc.br/novo/secao_especies/detalhe_especie.asp)> Acesso em: 30 jan. 2005.

SILVA, J. M. O. D.; OLTRAMARI, A. C.; MARASCHIN, M.; PEDROTTI, E. L. Cultura de embriões imaturos e organogênese – aspectos biotecnológicos da canela sassafrás. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, DF, v. 4 , n. 20, p. 44-48, maio/jun. 2001.

SILVEIRA, R. L. V de A; GAVA, J. L. Nutrição e adubação fosfatada em *Eucalyptus*. Palestra proferida no SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, São Pedro, Potafos/Anda, 2003.

SIMÕES, J. W.; COUTO, H. T. Z. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral de pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) cultivado em vaso. **IPEF**, n. 7, p. 3-40, 1973.

SIMÕES, J.W.; COUTO, H.T.Z. do; KAJYA, S. Tolerância do pinheiro do Paraná (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) a teores crescentes de alumínio. **IPEF**, n. 6, p. 93-102, 1973.

TOLEDO, M. D. T. de. **Estudo botânico e fitoquímico de *Ocotea odorifera* (Vell.) (Lauraceae) Rohwer da região metropolitana de Curitiba.** Curitiba, 2000, 109 f. Tese (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

VALMORBIDA, J.; BOARO, C. F. S.; MARQUES, M. O. M.; FERRI, A. F. Rendimento e composição de óleos essenciais de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio. **Rev. Bras. Pl. Médica**, Botucatu, v.8, n.4, p. 55-61, 2006.

VATTIMO, I. Contribuição ao conhecimento da distribuição geográfica das Lauraceae VII. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.32, n.54, 1980.

VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F. R.; DAVIDE, A. C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo de copaíba). **Revista Cerne**, Lavras, v.2, n.2, p. 1-17, 1996.

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.

YUNES, R. A.; CALIXTO, J. B. **Plantas medicinais sobre a ótica da química medicinal moderna.** Santa Catarina: Ed. Universitária Argos Chapecó, 2001. 528 p.

ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H.; SANTOS SILVA, M. H.; MAIA, J. G. S. Constituintes voláteis de espécies de *Lauraceae* com ocorrência na Floresta Nacional de Caxiuanã – Melgaço – PA CBO\_014, Estação Científica Ferreira Penna. Disponível em: <[http://www.museu-goeldi.br/semicax/CBO\\_014.pdf](http://www.museu-goeldi.br/semicax/CBO_014.pdf)> Acesso em: 17 mar. 2007.

## CAPÍTULO 2

### CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE SASSAFRÁS SUBMETIDO À FERTILIZAÇÃO E À OMISSÃO DE NUTRIENTES

#### 2.1 Introdução

Um processo importante para a sobrevivência das florestas nativas é a regeneração natural que é característica para cada espécie e depende não apenas das condições genéticas e fisiológicas da planta, mas também das condições ambientais e ação de predadores.

Seitz (1981) mencionou que 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, adubação, correção do solo, eliminação de vegetação concorrente e controle de predadores.

A canela sassafrás, além de sua importância no ecossistema florestal, destaca-se pelo fato do seu óleo essencial possuir elevado teor de safrol que é utilizado em vários segmentos da indústria química, motivo que levou a uma intensa exploração da espécie e conseqüentemente a uma redução progressiva da população de *O. odorifera*, estando atualmente listada como espécie da flora brasileira ameaçada de extinção.

Portanto, para a preservação da canela sassafrás e seu uso sustentado a técnica de manejo adequada para a espécie é fundamental e conhecer suas necessidades nutricionais é essencial.

Uma vez que na floresta há grande competição com as plantas da circunvizinhança, o experimento conduzido na casa de vegetação teve por objetivo avaliar o efeito dos tratamentos exclusivamente na espécie em questão.

## 2.2 Materiais e Métodos

### 2.2.1 Localização do experimento

As mudas 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.

O viveiro situa-se entre 25°26' de latitude Sul e 49°10' de longitude oeste de Greenwish, e o clima da região segundo a classificação de Köppen do tipo Cfb, ou seja, um clima mesotérmico, subtropical úmido, caracterizado por verões frescos, onde a ocorrência de geadas no inverno é freqüente.

As plantas com aproximadamente o mesmo grau de desenvolvimento, com 20 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 substrato para os vasos foi retirado da própria floresta, utilizando-se o solo dos primeiros 10 cm do horizonte superficial.

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 mudas 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 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% e a temperatura em 25 °C, controladas automaticamente pelo sistema, obtendo-se 100% de sobrevivência das mudas.

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 (Figura 2.1).



Figura 2.1 - *Ocotea odorifera* após 2 e 12 meses em casa de vegetação.

As plantas conduzidas em vasos, segundo avaliação de desenvolvimento de anéis de crescimento, tinham três anos de idade, portanto com poucas folhas, fato que dificultou a amostragem para análise de óleo essencial e composição mineral das folhas, principalmente referente à coleta de inverno de 2002 (1<sup>a</sup> coleta).

O número de anéis da planta, parâmetro utilizado para determinar a sua idade, pode não representar o real desenvolvimento da espécie, 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.

Ao término do experimento, as plantas foram retiradas dos vasos, pesadas e secas em estufa para determinação do peso seco (biomassa aérea e radicular).

### 2.2.2 Fertilização

Para as análises químicas de solo foram coletadas amostras de todos os cinquenta e cinco vasos que foram misturadas para obtenção de uma amostra composta representativa do experimento.

As análises químicas das amostras de solo foram feitas segundo a metodologia da EMBRAPA (1997), pelo laboratório de análise de solos da PUCPR e constituíram de: pH em  $\text{CaCl}_2$  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 2.3), foi calculada com base nos dados químicos do solo (Tabela 2.1) 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%, sendo a quantia de Mg mantida na relação cálcio/magnésio 2:1 e, para a adubação orgânica, utilizaram-se 25 g.Kg<sup>-1</sup> de esterco bovino, mesma proporção que Ming (1992) aplicou para a *Lippia alba*.

Tabela 2.1: Resultados analíticos\* do solo do viveiro de Tijucas do Sul utilizado nos vasos, antes da fertilização.

pH CaCl <sub>2</sub>	Al	H+Al	Ca cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	Mg	K	P mg.dm <sup>-3</sup>	C	MO g.dm <sup>-3</sup>	V %	Fe	Mn	Cu	Zn
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

\* análise realizada pelos Laboratórios de Solos da PUCPR

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 (MgCl<sub>2</sub> x 6 H<sub>2</sub>O) para Mg; Cloreto de Potássio (K); Fosfato Monopotássico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), para P; Nitrato de Cálcio (Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> x 4 H<sub>2</sub>O e Sulfato de amônio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]) como fonte de N; sulfato de Zinco (ZnSO<sub>4</sub>) para S e Zn; Ácido Bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) fonte de B e esterco bovino (adubo orgânico).

A 1<sup>a</sup> aplicação dos nutrientes foi efetuada em forma sólida, sendo misturados ao solo dos vasos homogeneamente. A 2<sup>a</sup> fertilização foi feita em forma de solução, dissolvendo-se a quantidade de nutriente referente a cada planta em água, devido a maior facilidade para a distribuição dos nutrientes.

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 2.2.

Tabela 2.2 - Análise química\* do solo para os tratamentos após a aplicação dos tratamentos com a técnica do nutriente faltante.

AMOSTRA	pH CaCl <sub>2</sub>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	Cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>				K <sup>+</sup>	T	P *** mg.dm <sup>-3</sup>	C MO		m	V
				Ca <sup>+2</sup> + Mg <sup>+2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	g.dm <sup>-3</sup>				%			
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	

(\*) Análise realizada pelo Laboratório de Solos da PUCPR

(\*\*\*) Extrator Mehlich 1.

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

Tabela 2.3: Quantidade utilizada de nutriente para cada tratamento em mg.kg<sup>-1</sup> de solo.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
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 <sup>-1</sup> de esterco bovino							

### 2.2.3 Análise Foliar

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 as coletas a cada estação até dezembro de 2003.

Para a “poda” das plantas do experimento em casa de vegetação utilizou-se tesoura de inox e adotou-se como critério iniciar a partir da 4ª 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 (Figura 2.2). Os ramos não foram retirados após observar-se que a sua remoção total ou parcial, não permite a emissão de novas folhas (Figura 2.3). O material coletado, em média 50 g.planta<sup>-1</sup>, foi acondicionado em sacos de papel e encaminhado para UFPR 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 do 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, Hildebrand e Reissmann (1977).

As amostras foram analisadas no Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná.

Para a determinação do N-total foi utilizado o método de semimicro-Kjeldahl, conforme descrito em Hildebrand, Hildebrand e Reissmann (1977), que consiste de três etapas: digestão, destilação e titulação, sendo utilizado H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 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, Hildebrand e Reissmann (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.



Figura 2.2 - Poda em casa de vegetação



Figura 2.3 - Ramo sem rebrota após poda

#### **2.2.4 Biomassa Vegetal**

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 e limpeza das raízes com água, o procedimento de secagem e pesagem das raízes foi o mesmo das folhas e ramos.

#### **2.2.5 Análise Estatística**

A avaliação estatística para o experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se a análise de variância, estabelecendo-se o nível de 5% e 1% de significância.

Para determinar as médias estatisticamente diferentes utilizou-se as ferramentas do Microsoft Excel e o teste de Tukey que permite demonstrar a diferença mínima significativa (d.m.s.) (VIEIRA; HOFFMANN, 1989).

## **2.3 Resultados e Discussão**

### **2.3.1 Desenvolvimento em altura, diâmetro do colo e biomassa**

Com relação ao desenvolvimento em altura, as plantas pouco 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.

Os resultados referentes às alturas, diâmetro do colo e matéria seca para a espécie estudada, após 24 meses, encontram-se na Tabela 2.4.

A análise estatística para altura e diâmetro do colo não foi significativa para nenhum tratamento, tanto para a adubação orgânica, quanto mineral, bem como para os nutrientes omitidos (Apêndice B-Tabela 1), assim como não houve diferença significativa para a razão altura/ diâmetro do colo, mas é importante salientar o elevado coeficiente de variação.

Observa-se que os maiores valores, mas não estatisticamente diferentes, para altura e diâmetro do colo, foram observados quando o N foi omitido. Esta informação é importante uma vez que se trata de uma espécie nativa em extinção e a produção de mudas em viveiro é um instrumento para assegurar a manutenção da espécie, pois segundo Souza et al. (2006) o diâmetro do colo é fundamental na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após plantio.

Tabela 2.4: 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 bcd	134,86 n.s	193,09 n.s	0,45a
Completo	93,30 n.s	1,19 n.s	80,93 n.s	40,18 b	168,63 n.s	208,81 n.s	0,25b
- 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	0,31a
- K	99,78 n.s	1,20 n.s	82,40 n.s	48,58 b	177,02 n.s	208,03 n.s	0,32a
- Ca	100,38 n.s	1,20 n.s	84,41 n.s	51,59 b	165,60 n.s	217,19 n.s	0,31a
- Mg	105,20 n.s	1,30 n.s	80,60 n.s	61,14 bcd	175,46 n.s	217,79 n.s	0,39a
- S	92,72 n.s	1,26 n.s	72,19 n.s	68,74 acd	162,90 n.s	231,65 n.s	0,45a
- B	108,30 n.s	1,28 n.s	87,94 n.s	67,74 acd	162,06 n.s	229,80 n.s	0,45a
- Zn	107,50 n.s	1,34 n.s	80,83 n.s	84,52 acd	197,65 n.s	282,16 n.s	0,43a
Ad.orgânico	103,88 n.s	1,37 n.s	75,30 n.s	86,09 ac	190,21 n.s	251,83 n.s	0,62a
Média	101,87	1,27	80,42	65,25	162,05	227,31	0,42
DMS	21,77	0,24	14,22	12,29	47,71	47,38	0,14
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.

O desenvolvimento em altura da planta em relação ao diâmetro do colo (Tabela 2.4) apresentou correlação positiva (Figura 2.4), embora não tenha sido observada diferença estatística entre os tratamentos. 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.

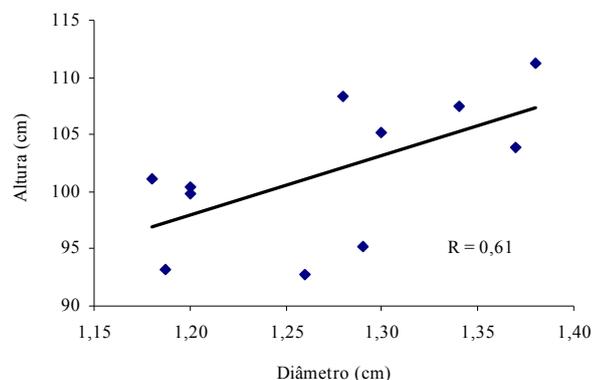


Figura 2.4 - Correlação entre altura e diâmetro da *Ocotea odorifera* após 24 meses em casa de vegetação

A menor altura foi observada quando o S foi omitido, e a maior quando o B foi omitido. Possivelmente a poda das plantas, que foi realizada quatro vezes ao ano, não permitiu um maior ganho em altura da canela sassafrás, motivo pelo qual não foi constatada diferença entre os tratamentos.

Observou-se que as plantas jovens de *Ocotea odorifera* quando em situação de estresse, como: após uma poda drástica; déficit hídrico; perda da área foliar devido ao ataque de insetos; emite brotações laterais (Figura 2.5) e eventualmente no caule principal, o que conseqüentemente pode levar a um menor desenvolvimento em altura.



Figura 2.5 - Rebrotas após estresse

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

A massa seca radicular (Tabela 2.4) apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Apêndice C - Tabela 1) evidenciando o efeito da omissão de N e Zn e da adubação orgânica na produção de raiz. Enquanto que para a biomassa aérea, quando o N foi omitido, não apresentou diferença estatística significativa, verificou-se uma pequena redução dessa em relação à adubação completa e um acréscimo de massa aérea de 15%, quando comparada com o tratamento controle.

O tratamento que recebeu adubação completa diferiu dos demais apresentando o menor valor para a relação MSSR/MSPA. A maior razão (0,64) entre massa seca radicular e massa seca da parte aérea obteve-se 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 inferior apenas ao tratamento que recebeu N (Figura 2.6).

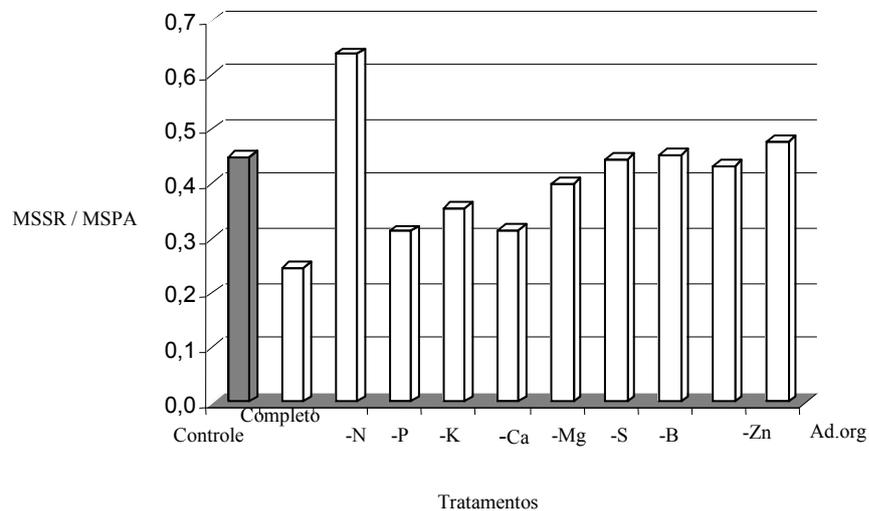


Figura 2.6 - Relação massa seca sistema radicular/ massa seca parte aérea (MSSR/MS/PA), com base no peso de matéria seca em plantas de sassafrás submetidas a tratamentos com omissão de nutrientes

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 ser uma 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 teve menor produção de massa radicular, enquanto na omissão do N, a relação foi a maior dentre os tratamentos, e obteve-se o maior desenvolvimento radicular.

Segundo Almeida et al. (2005), uma biomassa radicial 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.

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.

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, observou-se que a produção de matéria seca total foi igual à produzida no tratamento completo e a matéria seca da parte aérea foi um pouco menor, mas não diferiram estatisticamente. O teor obtido para o K nas folhas de canela sassafrás 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  $5,4 \text{ g.kg}^{-1}$ .

Reno et al. (1993) mencionaram que o pau-ferro (*Cesalpinia ferrea*), canafistula (*Senna multijuga*), 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  $15 \text{ mg.dm}^{-3}$  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 ser elemento essencial 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 2.4, constata-se que a omissão de Ca interferiu na biomassa total, tendo possivelmente maior importância no ganho de massa da parte aérea do que da massa radicular.

Com relação ao tratamento em que o magnésio foi omitido, o desenvolvimento em altura para a canela sassafrás foi 12% maior que o completo (Tabela 2.4). Comportamento semelhante ao 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 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, submetido a doses de B, constatou que o teor de B influenciou na produção de massa seca da parte aérea e que os sintomas de toxidez, manifestaram-se quando o teor atingiu  $30,06 \text{ mg.dm}^{-3}$  para a parte aérea e  $32,38 \text{ mg.dm}^{-3}$  para a massa radicular.

As plantas, quando o Zn foi omitido, apresentaram folhas desuniformes e mais alongadas que nos demais tratamentos (Figura 2.7), 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. Corroborando com Duboc et al. (1996), que também constatou que a omissão destes nutrientes levou a um aumento em altura para o jatobá.



Figura 2.7 - Aspecto alongado e desuniforme das folhas de *Ocotea odorifera* quando o Zn foi omitido

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.

Tabela 2.5: Composição mineral das folhas, da primavera, das plantas de *Ocotea odorifera* conduzidas em casa de vegetação.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	mg.kg <sup>-1</sup>					
						Fe	Mn	Zn	Cu	B	Al
Controle	14,1a	1,5b	6,0a	4,3b	0,8 bcd	160,10a	372,96a	32,28a	8,17a	30,15n.s	480a
Completo	14,3a	2,4a	6,1a	3,6b	0,6 b	155,86b	239,08a	19,61b	8,94a	43,73n.s	520a
-N	12,7a	2,0a	8,2a	4,9a	1,0 acd	216,45a	330,90a	23,96a	6,57b	46,61n.s	470a
-P	10,2a	1,7a	6,5a	4,0b	0,7 bcd	163,19a	304,06a	23,12a	11,70a	39,56n.s	460a
-K	14,7a	2,4a	5,8b	4,2b	1,1 ac	196,97a	342,96a	20,66b	9,28a	38,27n.s	510a
-Ca	12,6a	2,2a	8,4a	4,8a	0,9 acd	174,08a	252,15a	22,22a	9,96a	48,12n.s	710a
-Mg	14,3a	1,9a	9,3a	4,7a	1,0 acd	165,52a	204,12b	20,72b	7,97b	36,72n.s	410a
-S	13,2a	1,8a	7,6a	4,1b	0,9 acd	168,95a	252,04a	23,04a	9,42a	43,97n.s	510a
-B	14,2a	2,5a	7,5a	5,7a	1,0 acd	204,74a	268,87a	24,26a	8,30a	52,62n.s	640a
-Zn	10,9b	2,1a	8,7a	4,7a	0,9 acd	187,54a	242,41a	25,30a	9,76a	42,79n.s	490a
Ad.orgânico	11,9a	1,7a	5,4b	7,2a	1,2 a	221,47a	206,50b	23,81a	13,47a	26,72n.s	450a
Média	13,17	2,02	7,27	4,74	0,97	182,25	280,94	23,47	9,57	40,64	0,50
DMS	1,90	0,47	1,62	2,13	0,14	24,27	57,18	4,50	2,55	9,08	0,17
CV (%)	14,48	23,26	22,28	44,97	14,58	13,31	20,35	19,17	26,68	22,30	34,64

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

As plantas sob omissão de nitrogênio tiveram teor de N 12 % mais baixo, do que o tratamento completo (Tabela 2.5), observando-se no tratamento sob omissão de P uma diminuição na absorção desse nutriente pelas plantas de sassafrás. É importante ressaltar a relação negativa estabelecida entre o quociente N/P e MSPA (Figura 2.8), demonstrando que uma biomassa com maior teor de N precisa mais P para suas funções metabólicas.

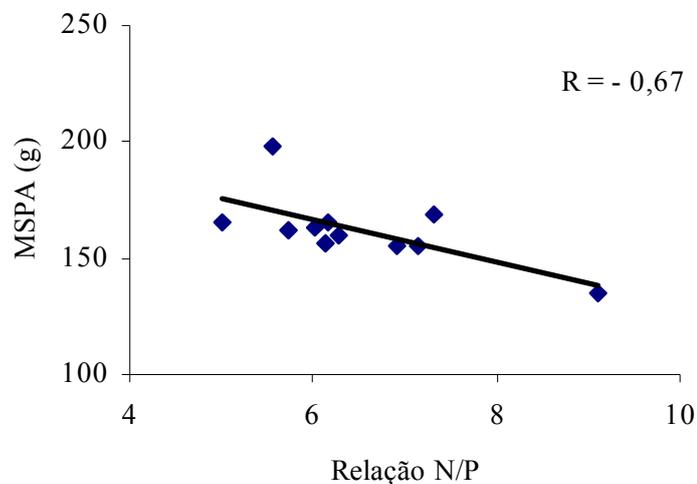


Figura 2.8 - Correlação entre massa seca da parte aérea (MSPA) e a relação N/P da *Ocotea odorifera*

Venturin et al. (1996), trabalhando com mudas de copaíba relataram o mesmo, entretanto o valor encontrado foi 53% maior do que o obtido para o sassafrás, ou seja,  $15,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ , valor similar ao encontrado por Duboc et al. (1996) nos estudos com jatobá que foi de  $16,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ .

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*) (Figuras 2.9 e 2.10), que danificou drasticamente a parte área das plantas, sendo inevitável o uso de controle químico.



Figura 2.9 - Dano em folhas de *Ocotea odorifera* causado por mosca branca em casa de vegetação



Figura 2.10 - *Trialeurodes vaporariorum*  
(Fonte : Bayer)

A omissão do P diminuiu a concentração do elemento nas folhas de canela sassafrás (Tabela 2.5) 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  $1,6 \text{ mg.kg}^{-1}$  obtido por Venturin et al. (1996) para a copaíba. 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 ( $32,28 \text{ g.kg}^{-1}$ ) no tratamento controle, sendo drasticamente reduzido quando da aplicação do fertilizante com macro e micronutrientes ( $19,61 \text{ g.kg}^{-1}$ ). 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 2.11).

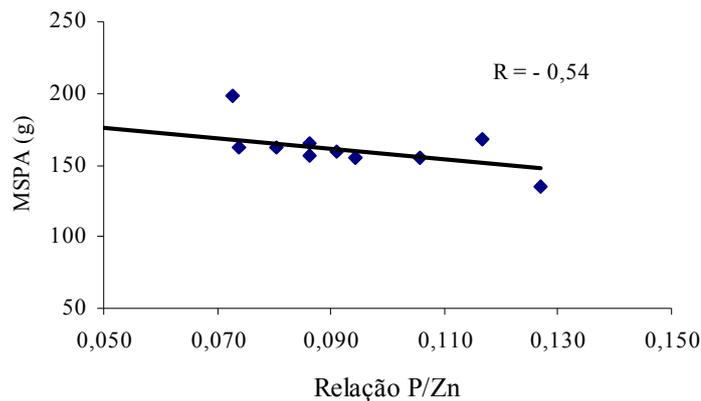


Figura 2.11 - Correlação entre massa seca da parte aérea (MSPA) e a relação P/Zn da *Ocotea odorifera*

O tratamento em que o Zn foi omitido teve maior produção de biomassa aérea e 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 2.2 que o pH no tratamento com omissão do metal é maior do que no tratamento controle, conseqüentemente diminuindo o efeito tóxico causado pelo  $\text{Al}^{+3}$  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 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 2.5, constata-se um maior teor de manganês no tratamento controle e menor quando se omite o magnésio. Na presença de  $MnO_2$  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), que constam da 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 2.12 e 2.13), demonstrando importância do equilíbrio Fe/Mn.

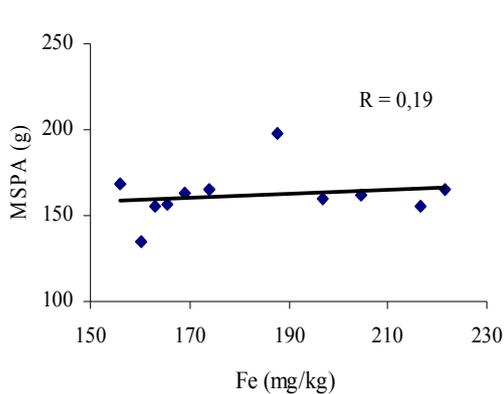


Figura 2.12 - Correlação entre MSPA (g) e Fe (mg/kg) para a *Ocotea odorifera*

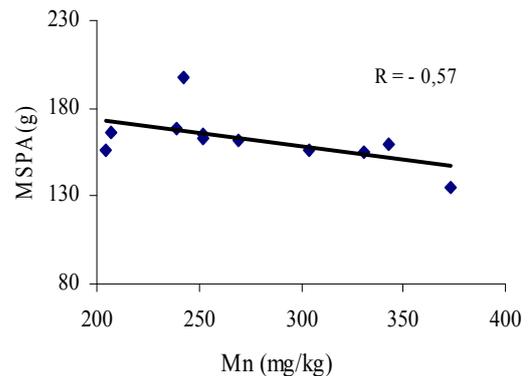


Figura 2.13 - Correlação entre MSPA (g) e Mn (mg/kg) para a *Ocotea odorifera*

O teor de cálcio na massa seca aérea do sassafrás no tratamento sob omissão deste nutriente foi diferente, embora não estatisticamente, do teor encontrado quando da adubação completa (Tabela 2.5). Entretanto a adubação orgânica levou a um teor de Ca menor 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 2.5), 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 foi maior na planta em estudo do que o relatado por Duboc et al. (1996)

para o jatobá, que foi de 38,07 mg.kg<sup>-1</sup>. 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 levam a sugerir que a dose do elemento citado deve ser menor do que 1 mg.dm<sup>-3</sup>. Como o B é um elemento bastante específico por espécie, apresenta grandes variações entre as diferentes espécies, estudos com este nutriente são fundamentais para melhor definir as necessidades do vegetal.

## 2.4 Considerações finais

Estudos abrangendo doses de B inferiores a 1mg.dm<sup>-3</sup>, são importantes para indicar a quantidade requerida pela cultura, bem como níveis dos demais nutrientes para determinar o nível crítico para *Ocotea odorifera* e estudos a cerca da variabilidade genética da espécie.

## 2.5 Conclusões

- 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.
- O tratamento completo teve seus parâmetros altura, diâmetro do colo e massa seca do sistema radicular, afetados pelo desequilíbrio entre os nutrientes.
- 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 omissão do Zn promoveu aumento na massa seca da parte aérea.
- A adubação orgânica demonstrou ser eficiente, tanto para o incremento em altura, quanto para a produção de massa foliar.
- O P demonstrou ser o mais necessário 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 conseqüente produção de massa aérea.

- Poda drástica na fase inicial do desenvolvimento da *Ocotea odorifera* é prejudicial, podendo levar a não rebrota e conseqüentemente redução da massa foliar.

## 2.6 Referências citadas

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.

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.

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.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. rev.atual. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

HILDEBRAND, C.; HILDEBRAND, E. E. e REISSMANN, C. B. **Manual de análise química de solo e planta**. Curitiba: Departamento de Solos, Universidade Federal do Paraná, 1977. 225p.

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.

MAFFEIS, A. SILVEIRA, R. L. V; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 87-98, jun. 2000.

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**. Curitiba, 1992. 206 f. Tese (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

RENÓ, N. B.; VALE, F. R.; CURI, 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

REISSMANN, B. C.; RADOMSKI, M. I.; QUADROS, R. M. B. de. Chemical composition of *Ilex paraguariensis* St.Hil. under different management conditions in seven localities of Paraná state. **Brazilian Archive of Biology and Technology**, v. 42, n. 2, p.187-194, 1999.

SEITZ, R. S. Obtenção de mudas de regeneração natural. In: Seminário de Sementes Florestais, 1.,1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 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.

## CAPÍTULO 3

### NUTRIÇÃO E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO DE SASSAFRAS EM FLORESTA NATURAL

#### 3.1 Introdução

Nos últimos anos observou-se uma crescente demanda por óleos essenciais e a necessidade de um manejo sustentável das florestas que permita a extração do óleo essencial sem o corte da árvore, entretanto, muito pouco é conhecido sobre as necessidades nutricionais e respostas às adubações para as espécies florestais nativas.

Blum e Oliveira (2005) destacaram a necessidade e a importância do aprofundamento nas pesquisas a respeito da ecologia de espécies silvestres para subsidiar planos de manejo sustentáveis, que possam garantir sua conservação, bem como agregar valor aos produtos oriundos da exploração sustentável da Reserva Florestal Legal para que se tenha o melhor retorno econômico, pela manutenção destes sistemas racionais de produção, conservação e ampliação dos remanescentes florestais do Paraná. Mencionaram que informações referentes às necessidades nutricionais e respostas às adubações em particular para as espécies florestais nativas são poucas. Portanto, são fundamentais estudos mais detalhados sobre os aspectos nutricionais que possam contribuir para o melhor desempenho do sassafrás e para a preservação da espécie.

Diante do acima exposto, muitos estudos ainda são necessários para a utilização dos recursos florestais, como no caso para a extração de óleo essencial das folhas e ramos de sassafrás, pois, se por um lado a remoção somente das folhas e ramos reduz o impacto ambiental e preserva a espécie, por outro lado a exportação da área foliar diminui a ciclagem de nutrientes, sendo necessária a reposição mineral no solo para se obter a produtividade esperada.

## 3.2 Materiais e Métodos

### 3.2.1 Localização, Clima e Solo da Área Experimental

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental Gralha Azul, pertencente à Pontifícia Universidade Católica do Paraná, situada no Primeiro Planalto Paranaense, município de Fazenda Rio Grande, Estado do Paraná, com área total de 876,7 ha, sendo 406,8 ha de florestas naturais (Figura 3.1).

Esta fazenda situa-se entre as coordenadas geográficas: Latitude  $25^{\circ}37'32''\text{S}$  e  $25^{\circ}41'33''\text{S}$ ; Longitude  $49^{\circ}15'29''\text{W}$  e  $49^{\circ}17'27''\text{W}$  e altitudes entre 870 e 920m do nível do mar. O clima, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb, ou seja, clima subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos e ocorrência de geadas severas e frequentes, não apresentando estação seca. A temperatura média dos meses mais quentes é inferior a  $22^{\circ}\text{C}$  e abaixo de  $18^{\circ}\text{C}$  nos meses mais frios. A precipitação média anual é de 1400 mm e umidade relativa do ar média em torno de 80-85%, dados obtidos da estação meteorológica da PUCPR localizada na Fazenda Experimental Gralha Azul (PUCPR, 2004).

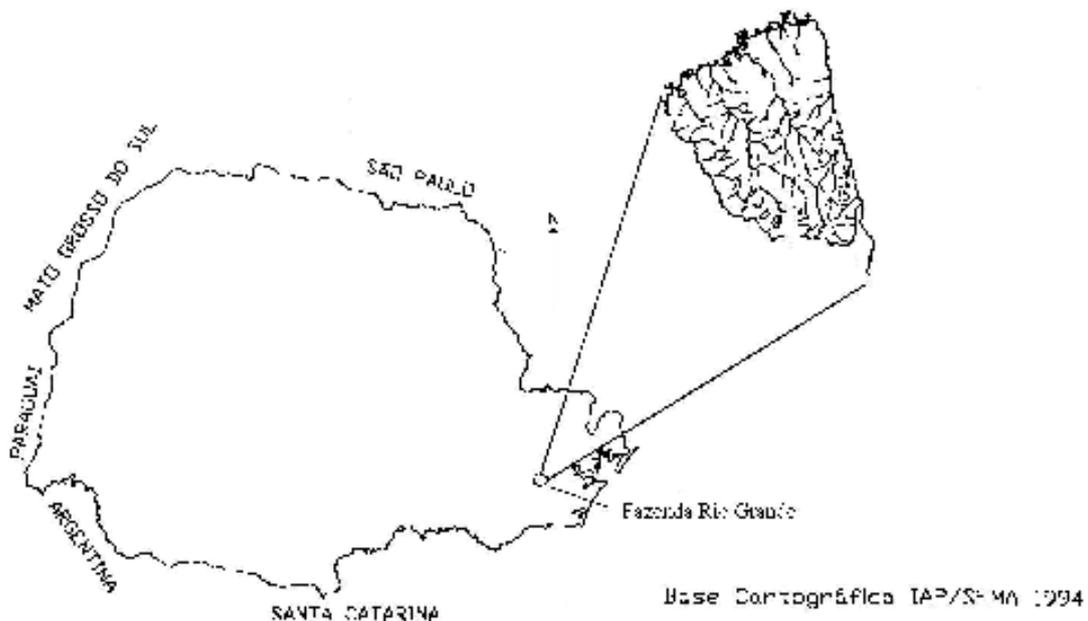


Figura 3.1 - Localização da área experimental

O solo da área de estudo é um Cambissolo Álico com horizonte A moderado, textura argilosa, derivado de migmatitos, topografia suave ondulada (EMBRAPA, 1999).

Após levantamento preliminar da área florestal de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, com idade média entre 15 e 20 anos, foram selecionadas 55 árvores de *Ocotea odorifera* (sassafrás), com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 10 cm.

As 55 árvores utilizadas no experimento estão distribuídas em uma área aproximada de 1 ha, de topografia homogênea, ou seja, sem diferenças de relevo que possam aparentemente interferir nas características edáficas e retenção de água do solo. As árvores foram identificadas com estacas numeradas de cor amarela (Figuras 3.2).

O experimento foi distribuído em 11 tratamentos com cinco repetições, distribuídos da seguinte maneira: 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, -Zn, -B) e com adubação orgânica (esterco bovino curtido), dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso.



Figura 3.2 - Experimento em floresta natural

### 3.2.2 Fertilização

As amostras de solo para as análises químicas foram coletadas aleatoriamente na parcela de estudo nas proximidades das árvores selecionadas para o experimento, mantendo-se uma distância média de 0,50m do tronco da árvore. Foram coletadas 20 amostras de solo à profundidade de 0-10cm e 10-20cm, sendo misturadas para obtenção de uma amostra composta para cada profundidade. Não foi possível utilizar a técnica de amostragem de solo na projeção da copa da árvore, recomendada para culturas perenes, devido à sobreposição das copas das árvores.

As análises químicas das amostras de solo foram feitas segundo a metodologia da EMBRAPA (1997), pelo laboratório de análise de solos da PUCPR e constituíram de: pH em  $\text{CaCl}_2$  por potenciometria; para cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) trocáveis foi usado o extrator  $\text{KCl}$  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.

Devido as poucas informações para fertilização de espécies nativas e não haver referências para a *Ocotea odorifera*, a quantia de nutriente respectiva a cada tratamento foi calculada com base nos dados químicos do solo (Tabela 3.1). Como parâmetro para as doses de nutrientes, foi utilizado o trabalho com jatobá realizado por Duboc et al. (1996), sendo o Ca calculado para elevar a porcentagem de saturação de bases (V%) para 60% e para o Mg foi mantida a relação cálcio/magnésio 2:1. Utilizou-se o jatobá como referência inicial por ser uma espécie florestal nativa, uma vez que não foi encontrada bibliografia a respeito do sassafrás ou de outra espécie da família *Lauraceae* que pudesse servir de subsídio. A quantidade de esterco bovino curtido utilizado para a adubação orgânica foi a mesma que Ming (1992) utilizou quando estudou a influência da adubação orgânica na produção de biomassa e teor de óleo essencial de *Lippia Alba*.

Tabela 3.1: Resultados analíticos\* do solo da floresta da Fazenda Experimental Gralha Azul

Amostra.	pH $\text{CaCl}_2$	Al	H+Al	Ca	Mg	K	P	C	MO	V	Fe	Mn	Cu	Zn
				cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>			mg.dm <sup>-3</sup>	g.dm <sup>-3</sup>		%		mg.kg <sup>-1</sup>		
0 -10cm	3.53	9.30	28.10	0.15	1.75	0.18	3.60	50.18	86.51	6.89	60,2	15,2	1,4	2,4
10-20cm	3.57	9.50	24.00	0.15	1.35	0.21	2.50	50.18	86.51	6.65	-	-	-	-

\* análise realizada pelos Laboratórios de Solos da PUCPR e da UFPR

A distribuição dos nutrientes foi definida após constatar-se que o fluxo no floema e xilema do sassafrás é independente, isolando-se para o teste uma raiz da planta e imergindo-a em solução corante com azul de metileno 1% (Figura 3.3). Após 15 dias as plantas foram retiradas da solução e feito corte transversal do caule. Observando-se em microscópio óptico constatou-se que apenas as células do xilema estavam marcadas pelo corante, distribuídas equitativamente por toda parte aérea.



Figura 3.3 - Raiz de *Ocotea odorifera* em solução com azul de metileno

Os nutrientes foram aplicados em forma de reagentes p.a. (puro para análise) e misturados ao solo correspondente a cada tratamento. Para a fertilização foram utilizados produtos p.a., sendo: Carbonato de Cálcio 98% (Ca); Cloreto de Magnésio ( $MgCl_2 \times 6 H_2O$ ) para Mg; Cloreto de Potássio (K); Fosfato Monopotássico ( $KH_2PO_4$ ), para P; Nitrato de Cálcio ( $Ca(NO_3)_2 \times 4 H_2O$ ) e Sulfato de amônio [ $(NH_4)_2SO_4$ ] como fonte de N; sulfato de Zinco ( $ZnSO_4$ ) para S e Zn; Ácido Bórico ( $H_3BO_3$ ) fonte de B e esterco bovino (adubo orgânico).

A 1ª aplicação dos nutrientes foi efetuada em forma sólida e devido a grande competição na floresta, a adubação foi feita em cinco pequenos pontos ao redor da árvore, esperando-se que a maior parte dos nutrientes fosse absorvida pela planta em questão e não por plantas da circunvizinhança. A 2ª fertilização foi feita em forma de solução, dissolvendo-

se a quantidade de nutriente referente a cada planta em água, devido a maior facilidade e melhor adequação na distribuição dos nutrientes.

Para calcular a quantidade total de nutriente a ser aplicado para cada árvore, considerou-se um volume de 0,10 m<sup>3</sup> de solo por planta, que corresponde a 1m<sup>2</sup> de área e 0,10 m de profundidade, uma vez que foi observada a predominância de raízes nos primeiros centímetros superficiais do solo. O peso médio de um metro cúbico de solo, para densidade real de 1g.cm<sup>-3</sup>, corresponde a 1000 kg, portanto, para o volume calculado de 0,10 m<sup>3</sup> por planta, o peso correspondente de solo é de 10 kg. As doses de nutrientes por kg de solo utilizadas no experimento constam da Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Quantidade utilizada de nutriente para cada tratamento em mg.kg<sup>-1</sup> de solo.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn
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 <sup>-1</sup> de esterco bovino							

O carbonato de cálcio foi colocado 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.

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

### 3.2.3 Análise Foliar

As 55 amostras (11 tratamentos x 5 repetições) para as devidas análises foram coletadas levando-se em consideração as estações do ano: primavera, verão, outono e inverno, tendo sido selecionadas folhas e ramos finos a partir da 4<sup>a</sup> inserção, no sentido ápice-base, conforme metodologia adotada por TOLEDO (2000). As amostragens tiveram início em julho de 2002, procedendo-se as coletas a cada estação até dezembro de 2003. O material coletado, 300 g.planta<sup>-1</sup>, foi acondicionado em sacos plásticos para extração de óleo essencial e respectivas análises químicas foliares, sendo que para o presente trabalho foram utilizados os dados referentes apenas as amostragens referentes à primavera.

Para a “poda” das árvores utilizou-se tesoura de poda com cabo extensor (Figura 3.4), tentando danificar o mínimo possível a planta e quando necessário utilizou-se um pêndulo para maior aproximação dos ramos. O material (poda) foi selecionado visualmente, a coleta efetuada homogeneamente de todos os lados da planta, tomando-se o cuidado para cortar ramos com folhas maduras e poupar os ramos com folhas jovens, que são de fácil visualização devido a sua cor avermelhada.

Reissmann, Radomski e Quadros (1999) levaram em consideração para a amostragem da erva mate a exposição norte, uma vez que há diferença nutricional em função da irradiação. Entretanto, para o presente estudo, optou-se pela poda das plantas em todas as faces, simulando as condições de trabalho do produtor no campo e o fato do objetivo final ser a aplicabilidade no manejo florestal para extração de óleo essencial e não análises nutricionais da espécie.

A fração do material reservado para análise de óleo foi mantida sob refrigeração à aproximadamente 5 °C, na Usina Piloto da PUCPR, campus de Curitiba, para conservação do material até o término do processo de extração do óleo essencial. Utilizaram-se cerca de 150g de folhas, os ramos não foram utilizados devido à baixa quantidade de ramos disponível e também pelo fato não se ter análise química foliar para interpretar os resultados. A outra porção, 150 g de folhas, foi encaminhada para UFPR para as respectivas análises foliares.



Figura 3.4 - Poda no campo: tesoura de poda com cabo extensor.

### 3.2.3.1 Análise química foliar

Após a coleta, as amostras de folhas foram lavadas em água deionizada, armazenadas em cartuchos de papel devidamente identificadas e levadas para secagem em estufa à temperatura de 60°C até peso constante, sendo então moídas em moinho elétrico do 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, Hildebrand e Reissmann (1977).

As amostras foram analisadas no Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da Universidade Federal do Paraná.

Para a determinação do N-total foi utilizado o método de semimicro-Kjeldahl, conforme descrito em Hildebrand, Hildebrand e Reissmann (1977), que consiste de três etapas: digestão, destilação e titulação, sendo utilizado H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 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, Hildebrand e Reissmann (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.

### **3.2.3.2 Análise do óleo essencial**

#### **3.2.3.2.1 Extração do óleo essencial**

O óleo essencial das folhas de sassafrás foi extraído pelo processo de hidrodestilação, em um extrator Clevenger modificado e balão volumétrico de 500mL, utilizando-se água deionizada na relação massa /volume de 1: 3 (Figura 3.5).

O processo de extração descrito em literatura, por Silva, Bocchi e Rocha Filho (1990), recomendava um período de até 48 horas contínuas para extração. Com base nesta informação, observou-se cuidadosamente a extração das amostras, constatando-se que o maior rendimento ocorre nas três primeiras horas. Após este tempo, a quantidade de óleo extraída foi mínima, o que a torna o prolongamento da extração economicamente não viável para as condições (quantidade de material) de trabalho.

Com esse método, os compostos voláteis e compostos insolúveis em água, como os óleos essenciais, podem ser extraídos. A destilação por arraste de vapor produz o óleo essencial em sua forma mais pura; requer um equipamento relativamente simples e quantidade de mão de obra moderada, mesmo em escala industrial. No caso da extração do óleo essencial de folhas, a ruptura das vesículas se dá devido à elevada temperatura do vapor, liberando uma maior quantidade de óleo (SILVA, BOCCHI, ROCHA FILHO, 1990).

Para a extração do óleo essencial foram utilizadas em média 100g de folhas frescas, sem lavar, que foram cortadas com auxílio de uma tesoura de inox em tiras de aproximadamente 15 mm, transversalmente às nervuras, colocadas em balão de fundo redondo, adicionado 300mL de água deionizada e levadas para extração. A separação do óleo e da água foi feita pela diferença de densidade entre eles.

O óleo foi acondicionado em frascos de vidro hermeticamente fechados e envoltos em papel alumínio para evitar a degradação devido a incidência da luz, que acelera o processo de polimerização, sendo armazenados em freezer para análises posteriores, conforme sugerido por Wachowicz e Carvalho (2002). O presente trabalho não teve por objetivo a quantificação do óleo, mas apenas a identificação dos compostos.



Figura 3.5 - Extração do óleo essencial

### 3.2.3.2.2 Análise dos componentes do óleo essencial

A espectrometria de massa é um método para a identificação e quantificação dos constituintes de um composto. Segundo Willard, Merritt, Jr. e Dean, (1974), dentre todos os métodos analíticos é o que permite obter o peso molecular de um composto com maior rigor, informação importante para a sua identificação.

Para a determinação da composição do óleo essencial foram utilizadas as técnicas de Cromatografia em Camada Delgada (CCD) e Cromatografia de Alta Resolução Acoplada a um Detector de Massas (GC/MS).

### 3.2.3.2.3 Cromatografia em camada delgada

O óleo essencial das folhas de sassafrás coletadas no inverno, primavera, verão e outono de 2002/2003 foi cromatografado utilizando placas cromatográficas com sílica para a fase fixa, toluol + acetato de etila (93:7) para a fase móvel e para a revelação, para separar os constituintes do óleo essencial, foi usada a vanilina sulfúrica.

Após as devidas corridas cromatográficas, foi calculado o  $R_f$  (distância em cm ou mm percorrida pela substância da amostra / distância em cm ou mm percorrida pela frente da fase móvel), de cada composto do óleo por amostra. Este parâmetro foi utilizado para selecionar as amostras que seriam posteriormente analisadas por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC/MS).

#### **3.2.3.2.4 Cromatografia capilar de alta resolução acoplada a um detector de massas**

O espectro de massa de um composto contém as massas dos fragmentos iônicos e a abundância relativa desses íons, sendo que os fragmentos da dissociação ocorrem sempre na mesma abundância relativa para determinado composto. Não há duas moléculas que sejam fragmentadas e ionizadas exatamente da mesma forma, quando sujeitas ao bombardeamento eletrônico (WILLARD; MERRITT Jr.; DEAN, 1974).

Após a realização da CCD, observou-se que as amostras apresentavam perfis cromatográficos semelhantes entre si, sendo selecionadas as amostras que detinham corridas cromatográficas (Rf) entre 0,90 e 0,92 para as análises por GC/MS.

As amostras de óleo essencial foram encaminhadas ao Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), para separação e identificação dos componentes químicos do óleo, que utilizou cromatógrafo gasoso com detector seletivo de massas, modelo QP 5050 Shimadzu, coluna DB 1 de 30 metros com banco de dados via biblioteca Willey-Windows NIST107, através da fragmentação das amostras padrões com os padrões de monoterpenos e sesquiterpenos e comparação com as rotas de fragmentação obtidas na literatura, sendo necessários 100 minutos para a análise ser completada.

#### **3.2.4 Análise Estatística**

A avaliação estatística para o experimento seguiu o delineamento em blocos ao acaso, utilizando-se a análise de variância, estabelecendo-se o nível de 5% e 1% de significância.

Para determinar as médias estatisticamente diferentes utilizou-se o teste de Tukey que permite demonstrar a diferença mínima significativa (d.m.s.) e ferramentas do Microsoft Excel (VIEIRA; HOFFMANN, 1989).

O óleo essencial não pode ser avaliado estatisticamente devido ao elevado custo das análises que inviabilizou repetições.

### 3.3 Resultados e Discussão

#### 3.3.1 Composição mineral das folhas de *Ocotea odorifera*

Os dados analíticos referentes à composição mineral das folhas obtidas na primavera, de canela sassafrás oriundas do experimento de campo do município de Fazenda Rio Grande constam da Tabela 3.3.

A análise foliar demonstrou haver diferenças significativas entre os tratamentos para o magnésio e boro, constatadas pela análise de variância ao nível de 5% e avaliadas estatisticamente pelo teste de Tukey, não sendo constatada diferença para os demais elementos (Apêndice A - Tabela 1).

Tabela 3.3: Composição mineral das folhas da primavera de *Ocotea odorifera* coletadas no município de Fazenda Rio Grande nos diferentes tratamentos avaliados.

Tratamentos	g.kg <sup>-1</sup>					mg.kg <sup>-1</sup>					
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Al
Controle	25,32 n.s	2,00 n.s	9,95 n.s	4,03 n.s	1,42 a	61,9 n.s	285,9 ac	5,8 b	13,4 b	31,3a	480 a
Completo	22,70 n.s	2,48 n.s	10,49 n.s	3,32 n.s	1,08 b	59,2 n.s	279,3 ac	7,4 a	21,7 a	32,1a	370 a
-N	22,11 n.s	2,11 n.s	10,80 n.s	3,06 n.s	1,10 a	63,0 n.s	208,2 ac	6,2 a	14,7 a	26,1a	440 a
-P	22,67 n.s	2,03 n.s	11,12 n.s	2,88 n.s	1,28 a	59,2 n.s	292,6 ac	6,7 a	14,7 a	24,6a	460 a
-K	24,52 n.s	2,66 n.s	12,76 n.s	2,99 n.s	1,22 a	66,6 n.s	171,6 b	9,2 a	19,1 a	40,3a	390 a
-Ca	18,76 n.s	2,71 n.s	11,84 n.s	3,53 n.s	1,56 a	60,0 n.s	276,6 ac	8,7 a	18,7 a	25,5a	400 a
-Mg	20,58 n.s	2,24 n.s	9,51 n.s	3,64 n.s	1,21 a	62,0 n.s	195,6 ac	7,9 a	19,4 a	32,3a	400 a
-S	20,70 n.s	2,34 n.s	10,65 n.s	3,43 n.s	1,20 a	54,9 n.s	181,5 b	7,6 a	15,1 a	19,9b	400 a
-B	21,51 n.s	2,85 n.s	11,27 n.s	2,86 n.s	1,26 a	60,9 n.s	203,3 ac	8,4 a	22,7 a	31,9a	290 b
-Zn	21,51 n.s	2,08 n.s	11,85 n.s	2,79 n.s	1,28 a	65,5 n.s	218,6 ac	6,5 a	14,7 a	43,1a	430 a
Ad.orgânico	22,15 n.s	2,75 n.s	11,06 n.s	3,65 n.s	1,00 b	69,5 n.s	298,6 a	7,9 a	15,9 a	18,1b	320 a
Média	22,05	2,38	11,03	3,29	1,23	62,10	237,45	7,49	17,30	29,57	0,39
DMS	3,94	0,69	1,72	1,09	0,22	11,66	48,75	1,72	4,42	11,81	0,08
CV (%)	17,87	29,02	15,67	33,20	18,29	18,78	20,53	23,05	25,56	39,94	22,00

OBS: Letras distintas na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

O teor obtido de Mg para o tratamento controle foi de 1,42 g.kg<sup>-1</sup> enquanto para o tratamento que recebeu adubo orgânico foi de 1,00 g.kg<sup>-1</sup> (Tabela 3.3). Esta diminuição no teor deve-se possivelmente a um baixo teor de Mg no material orgânico utilizado e ao K disponível no solo (Tabela 3.1), uma vez que a maior relação para K/Mg foi de 11,03 obtida neste tratamento.

O teor de Ca e N na massa seca aérea do sassafrás no tratamento sob omissão deste nutriente, foram semelhantes aos demais tratamentos embora um pouco inferior ao obtido no tratamento controle (Tabela 3.3), enquanto que o teor de Mg aumentou significativamente em relação ao tratamento completo. Este fato se deve provavelmente ao antagonismo entre os elementos Ca e Mg uma vez que a omissão do cálcio resultou em maior concentração de magnésio.

Embora os tratamentos não sejam estatisticamente diferentes para o K, o teor deste elemento aumentou no tratamento com adubação orgânica em relação ao tratamento controle e completo, sendo que o maior teor para K foi obtido quando da sua omissão, demonstrando um possível efeito de concentração.

O tratamento que não recebeu K na fertilização apresentou o maior teor de Cu e B e o menor teor de Mn, sugerindo uma possível interferência do potássio na absorção dos nutrientes citados, assim como é possível a interação Cu/Zn visto que o  $\text{Cu}^{+2}$  compete pelo mesmo sítio do carregamento do  $\text{Zn}^{+2}$ .

Foi observada diferença significativa no teor de Zn das folhas de canela sassafrás, sendo obtido o maior teor ( $22,7 \text{ g.kg}^{-1}$ ) quando o B foi omitido. Verifica-se que neste tratamento o teor do P também é mais elevado assim como o K, o que deve estar favorecendo o equilíbrio iônico possibilitando a maior disponibilidade do Zn.

O menor teor para P foi obtido no tratamento controle e o maior quando o B foi omitido, seguido pelo tratamento que recebeu adubação orgânica. O teor de P no solo é baixo (Tabela 3.1), portanto, o acréscimo obtido deve-se ao P existente nas fontes orgânica e mineral de P. Entretanto cabe lembrar que as diferenças não foram significativas entre os tratamentos.

O tratamento que não recebeu enxofre na fertilização apresentou o menor teor de B, enquanto a omissão do Zn e K levaram a um maior teor comparado ao tratamento que recebeu fertilização completa.

A omissão do K levou ao segundo maior teor de B, sendo inferior apenas ao tratamento que não recebeu Zn na fertilização. Resultado semelhante para o Zn foi observado por Maffei, Silveira e Brito (2000) para as folhas de *Eucalyptus corymbia*. Aparentemente os valores apresentados para o B na Tabela 3.3 parecem ter uma maior diferença estatística do que a comprovada pelos testes utilizados, o que pode ser explicado devido ao elevado coeficiente de variação entre os tratamentos.

Segundo Malavolta (1989) o teor adequado para a seringueira está entre 20 e  $30 \text{ mg.kg}^{-1}$  de Zn, sendo que no presente experimento somente o tratamento completo e o

tratamento em que o Zn foi omitido observou-se teor de Zn próximo ao limite inferior sugerido para a seringueira. É possível que o nível crítico para a canela sassafrás seja diferente, mas até o momento não temos referências a respeito.

### 3.3.2 Óleo essencial

#### 3.3.2.1 Coloração e densidade do óleo essencial

O óleo essencial das folhas de *Ocotea odorifera* amostradas no município de Fazenda Rio Grande-PR na primavera apresentou três colorações: incolor, amarelo e verde, diferenciando do óleo descrito na literatura: incolor e amarelo, devido às características de solo e, provavelmente, ao efeito nutricional em função da fertilização recebida. A cor amarela também foi observada por Toledo (2000) nas amostras oriundas do município de Colombo.

Com relação à densidade, o óleo obtido das folhas separa-se em duas frações, a mais densa do que a água e a menos densa, confirmando as observações feitas por Mollan (1961a). As propriedades físicas do óleo obtido no presente trabalho não foram estudadas. Entretanto foi possível observar visualmente a presença de diferentes densidades durante o processo de extração (Figura 3.6). Segundo Toledo (2000), pode ocorrer diferença de densidade devido a vários fatores como: diferente composição química do óleo essencial e presença de um maior teor de safrol, que se encontra principalmente nas frações mais pesadas.



Figura 3.6 - Óleo essencial verde.

### 3.3.2.2 Constituintes do óleo essencial

As amostras de óleo essencial das folhas de *Ocotea odorifera* coletadas no verão, outono, inverno e primavera de 2002 e 2003 foram inicialmente analisadas por cromatografia em camada delgada (CCD).

As amostras apresentaram mancha avermelhada, semelhante ao padrão do safrol, com Rf (fator de retenção) entre 0,90 e 0,92. Resultados parecidos foram obtidos por Toledo (2000), para amostras oriundas municípios de Araucária e Colombo, quando obteve Rf entre 0,86 e 0,87.

O Rf é constante física de determinada substância, segundo Collins, Braga e Bonato (1995), desde que a qualidade e quantidade da fase móvel, a temperatura, o volume e a concentração da substância aplicada sejam observados, o que explica a diferença entre os valores de Rf obtidos por Toledo (2000) e os apresentados para o município de Fazenda Rio Grande, não invalidando, portanto, os resultados obtidos.

Para a identificação do óleo foram selecionadas as amostras que apresentaram um valor para Rf próximo ao do padrão do safrol, sendo selecionadas as amostras do outono e primavera. Observou-se que no município de Fazenda Rio Grande a *O. odorifera* produz sementes no outono, assim para não prejudicar a regeneração natural da espécie definiu-se a primavera como estação para estudo.

A separação dos compostos por GC/MS (cromatografia gasosa / espectroscopia de massa) apresentou variação de picos entre os tratamentos aplicados na floresta natural. Isto foi identificado pela comparação da rota de fragmentação das amostras com espectros obtidos na literatura e respectivos espectros de massa das amostras com os fornecidos pela biblioteca Wiley – Windows NIST107, do próprio aparelho.

O número de compostos, em função dos dados observados na cromatografia gasosa e espectrometria de massas, foi diferente entre os tratamentos, tendo os espectros apresentado no mínimo seis e no máximo 26 picos (Figuras 3.7 a 3.10), sendo estudados apenas os compostos majoritários (Tabela 3.4 e Figuras 3.11 a 3.13).

Para Brochini et al. (1999), a técnica de RMN (Ressonância Magnética Nuclear) parece ser mais indicada, uma vez que os sesquiterpenos constituem uma classe de substâncias naturais com uma gama muito grande de possibilidades estruturais; rearranjam-se facilmente formando fragmentos com m/z (massa/ carga do íon) iguais, o que origina espectros que diferem apenas quanto às intensidades relativas dos picos, o que dificulta a identificação; além da variação que ocorre nos espectros obtidos em instrumentos diferentes. Entretanto, existem poucos dados para RMN de  $^{13}\text{C}$  disponíveis na literatura, que possam ser

empregados como modelos, especialmente quando se tratam de sesquiterpenos sem oxigenação ou mono-oxigenados, ou seja, aqueles que comumente fazem parte dos óleos voláteis.

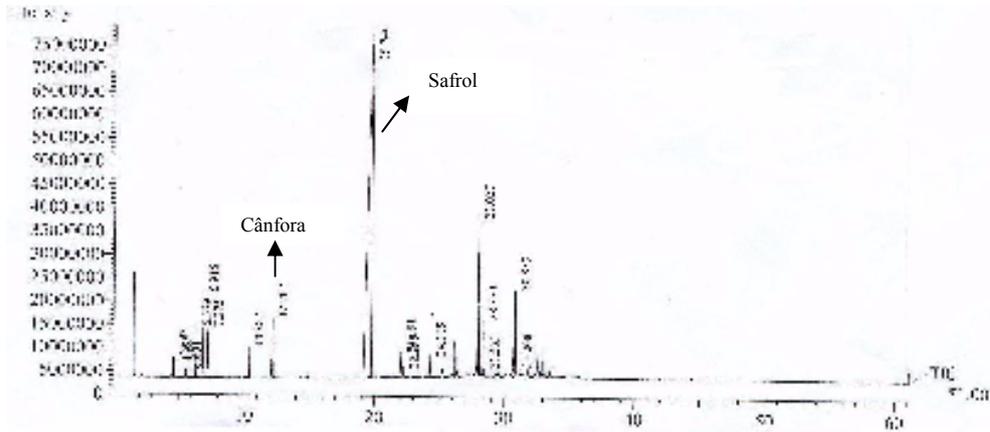
A questão levantada por Brochini et al. (1999) não invalida os resultados obtidos no presente trabalho, mas é uma sugestão válida que pode auxiliar e agilizar de maneira confiável a identificação dos compostos do óleo essencial.

O óleo essencial extraído das folhas de *O. odorifera* oriundas do Município de Fazenda Rio Grande apresentou 15 diferentes componentes majoritários, entretanto, é importante ressaltar que existem outros constituintes além dos citados na Tabela 3.4 que devido aos baixos teores não foram identificados. Os compostos identificados serão descritos de maneira sucinta, sendo apenas o safrol discutido com maior ênfase devido ao interesse econômico e elevado teor encontrado no óleo.

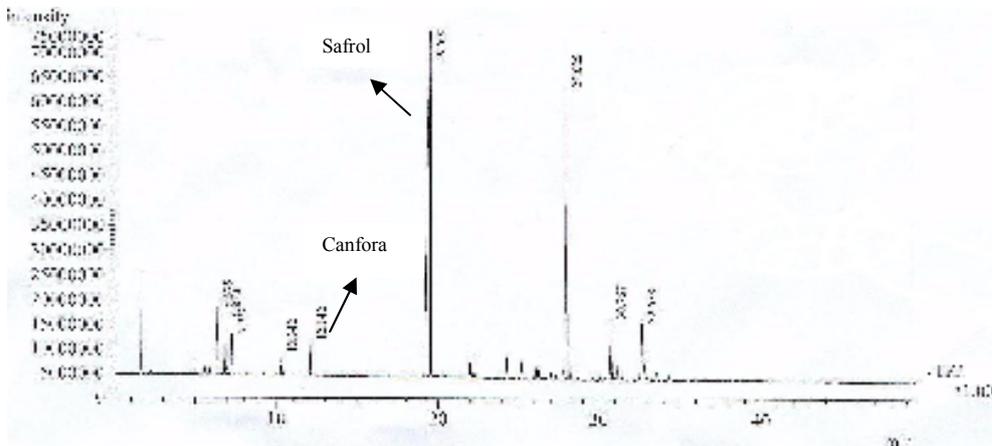
Tabela 3.4: Composição percentual do óleo essencial das folhas da primavera da *Ocotea odorifera*, para os tratamentos: controle (solo natural), completo (macro e micronutrientes), omissão de N (-N), omissão de P (-P), omissão K (-K), omissão de Ca (-Ca), omissão de Mg (-Mg), omissão de S (-S), omissão de B (-B), omissão Zn (-Zn) e com adubação orgânica (esterco bovino curtido).

	Controle	Completo	- N	- P	- K	- Ca	- Mg	- S	- B	- Zn	Ad.orgânica
	%										
$\alpha$ - PINENO	--	--	4,17	1,44	1,81	1,48	1,18	3,14	1,44	1,23	1,14
CANFENO	0,39	--	10,14	3,55	4,49	3,77	3,08	7,63	3,43	--	3,42
MIRCENO	--	--	2,38	1,05	1,12	1,19	--	1,95	0,78	--	0,96
$\beta$ - PINENO	--	--	2,99	1,83	1,94	1,42	--	2,64	1,44	--	2,14
$\alpha$ - FELANDRENO	1,64	3,38	1,78	4,07	1,23	0,62	--	1,59	0,77	6,05	6,09
p - CYMENO	--	2,87	--	--	0,47	1,00	--	--	--	8,22	--
o - CYMENO	2,97	--	--	1,96	--	--	--	--	--	--	2,54
LIMONENO	1,93	2,41	13,46	7,81	7,59	9,56	4,83	10,96	6,63	--	6,73
$\alpha$ - TERPINEOL	--	--	--	--	0,51	0,22	--	3,21	1,59	--	--
LINALOL	--	1,27	0,80	--	--	--	--	--	--	--	--
CANFORA	3,01	1,86	32,57	1,13	31,11	21,54	28,16	33,81	31,56	--	6,64
SAFROL	67,76	58,36	27,78	52,09	31,63	55,84	44,15	32,36	37,87	74,06	44,71
GERMACRENO	8,58	21,95	--	10,26	4,31	--	9,49	2,70	2,46	6,65	14,51
ESPATULENOL	--	4,03	--	--	--	--	--	--	2,48	3,79	--
GLOBULOL	--	3,87	--	5,67	--	--	--	--	5,48	--	5,48

Controle



Completo



-N

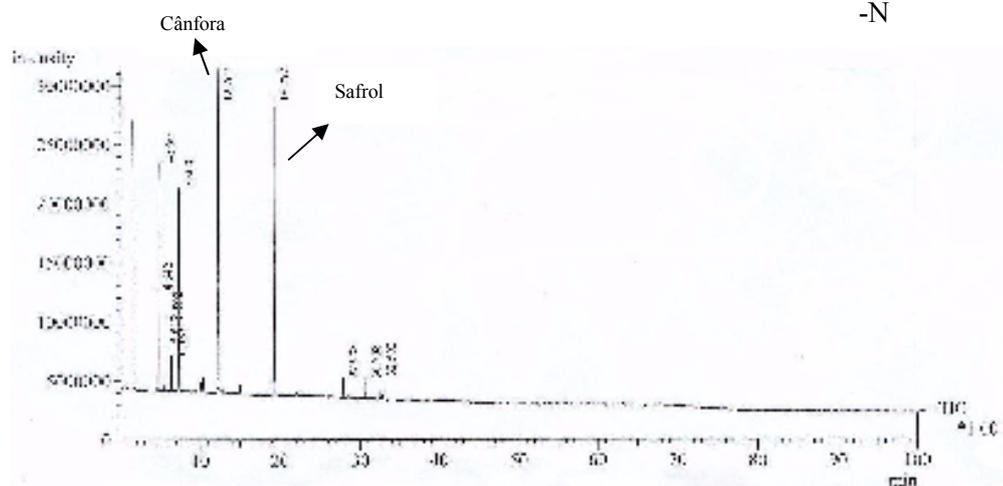
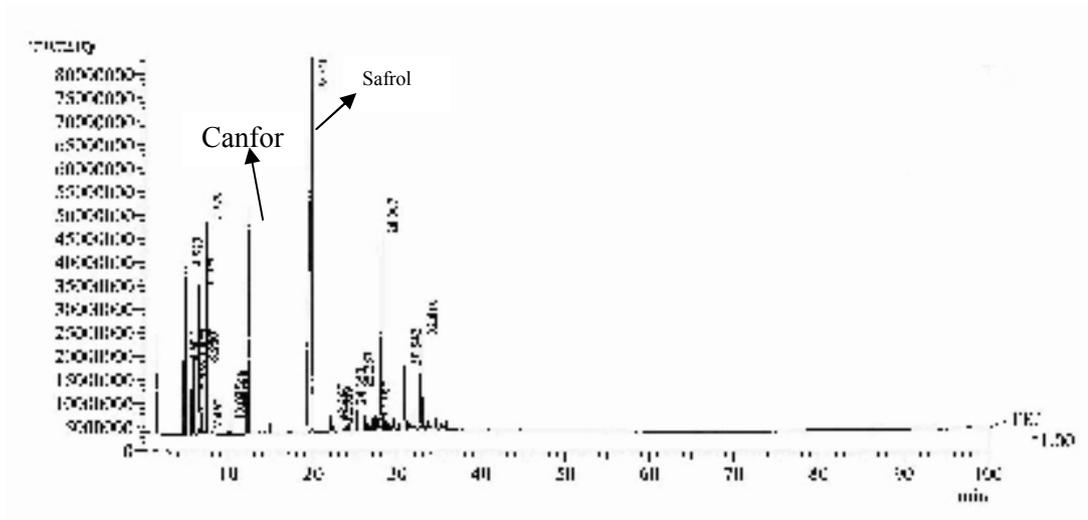
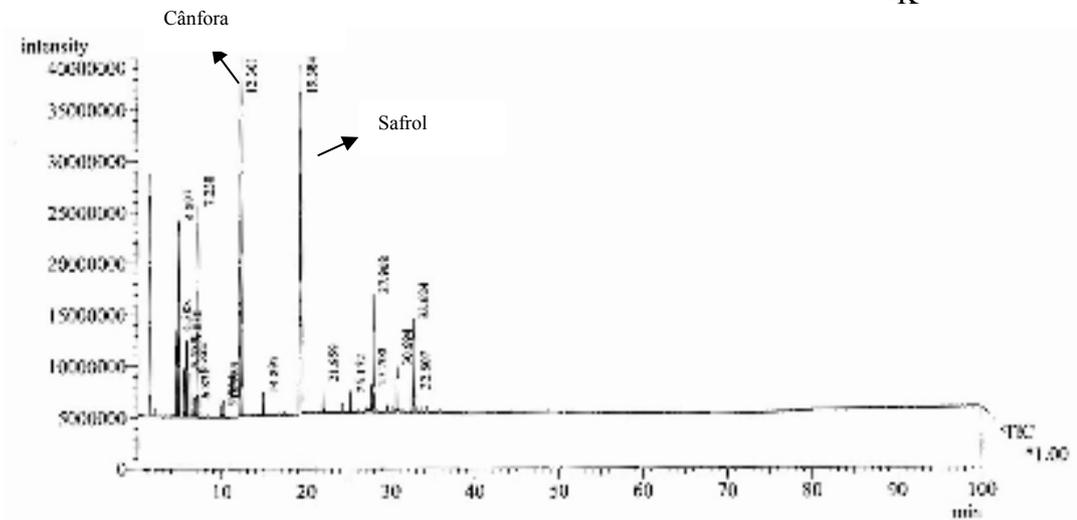


Figura 3.7 - Cromatogramas das amostras da primavera: Controle, Adubação completa e Omissão de N da *Ocotea odorifera*.

-P



-K



-Ca

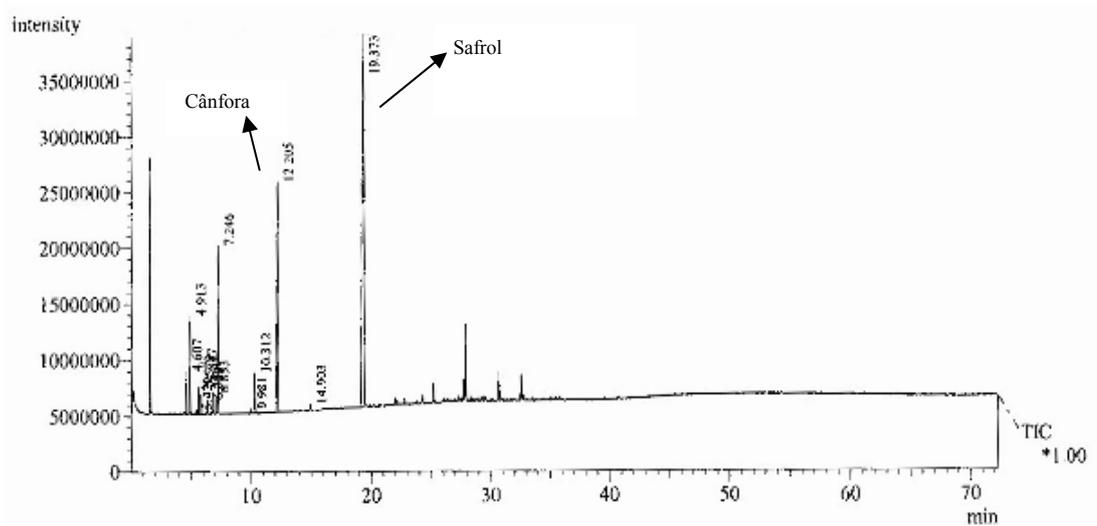


Figura 3.8 - Cromatogramas das amostras da primavera: Omissão de P; Omissão de K e Omissão de Ca da *Ocotea odorifera*.

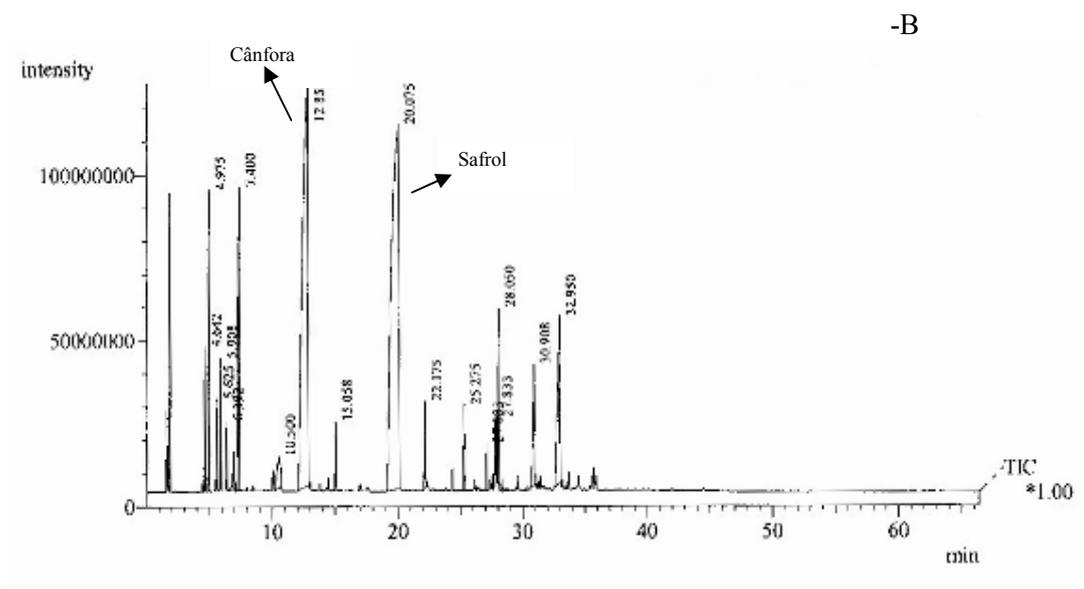
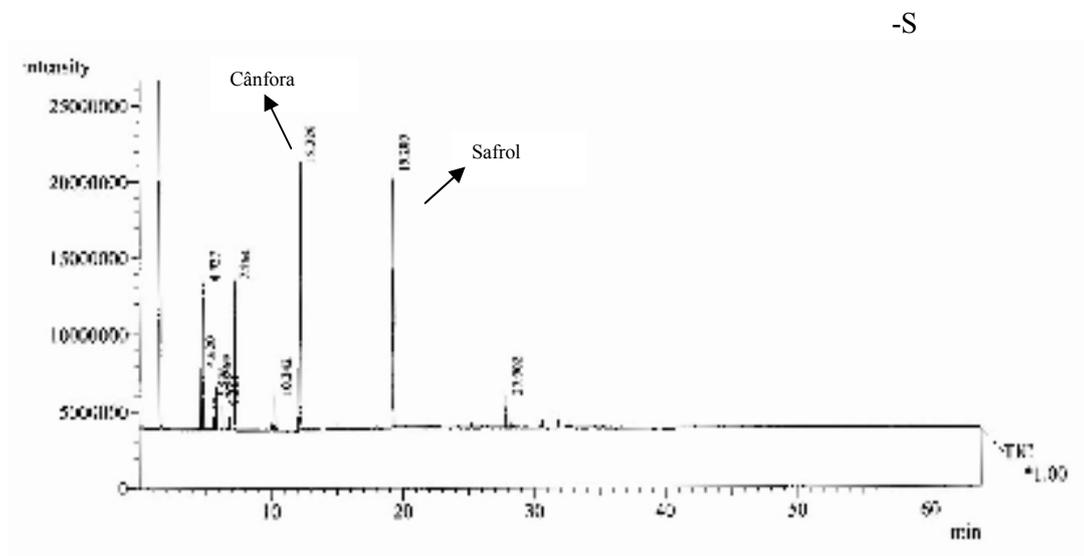
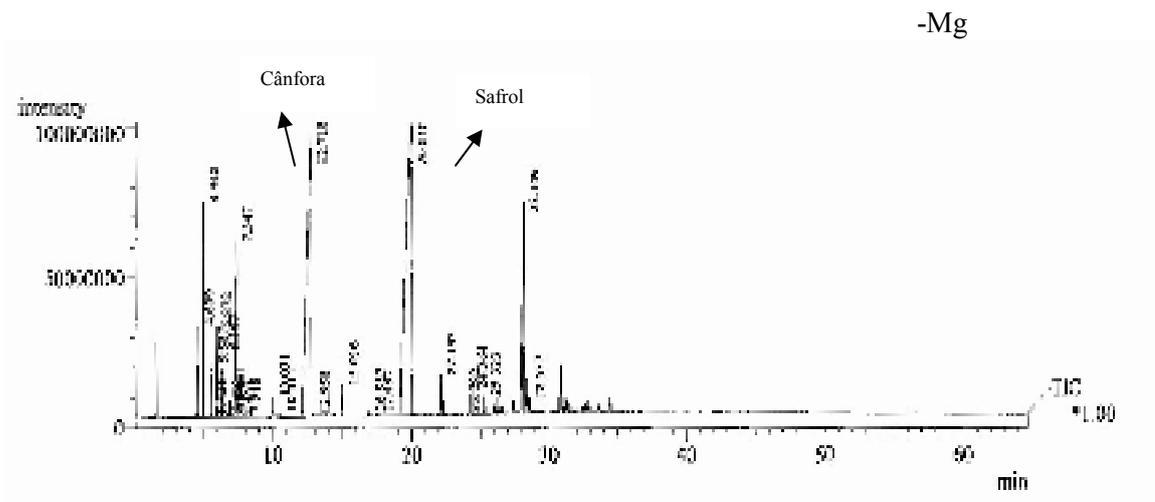
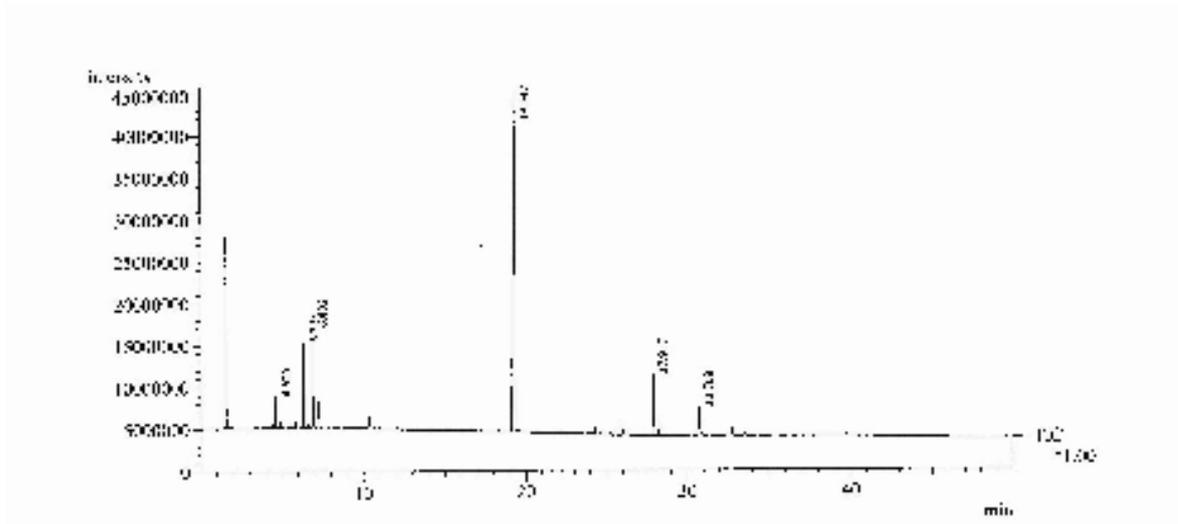


Figura 3.9 - Cromatogramas das amostras da primavera: Omissão de Mg; Omissão de S e Omissão de B da *Ocotea odorifera*.



-Zn

Safrol

Ad.Orgânica

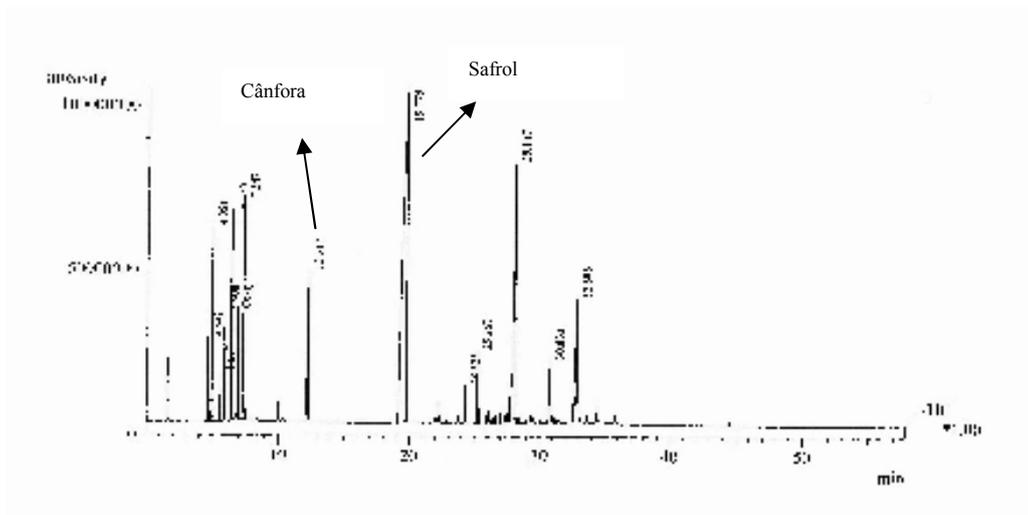


Figura 3.10 - Cromatogramas das amostras da primavera: Omissão de Zn e Adubação orgânica da *Ocotea odorifera*.

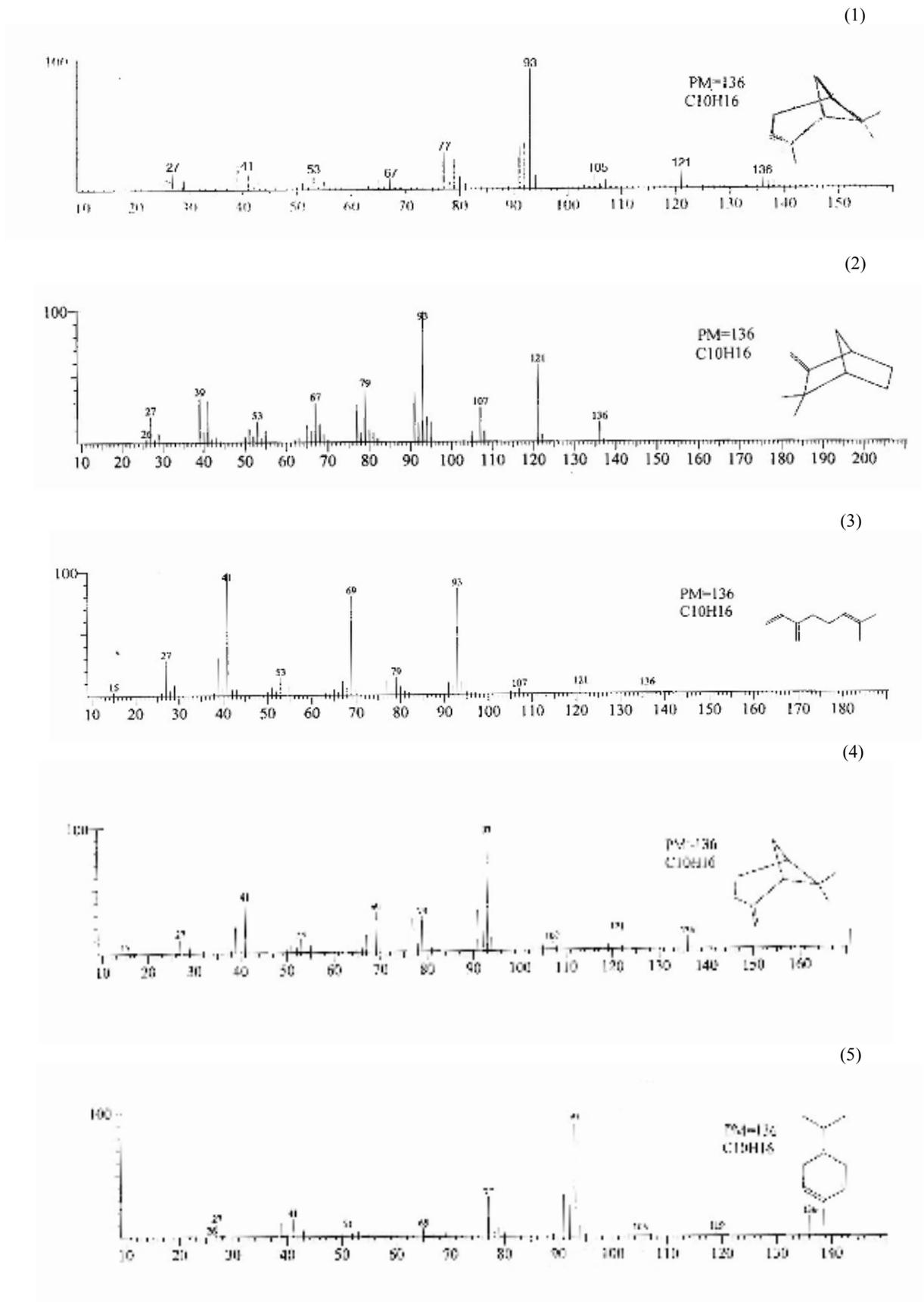
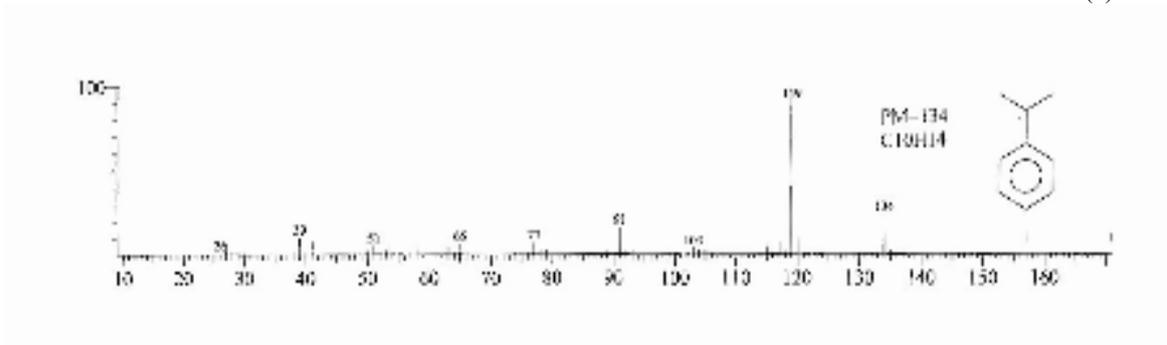


Figura 3.11 - Espectros de massa do  $\alpha$ -pineno (1), canfeno (2), mirceno (3),  $\beta$ -pineno (4) e  $\alpha$ -felandreno (5) do óleo das folhas da primavera de *Ocotea odorifera*

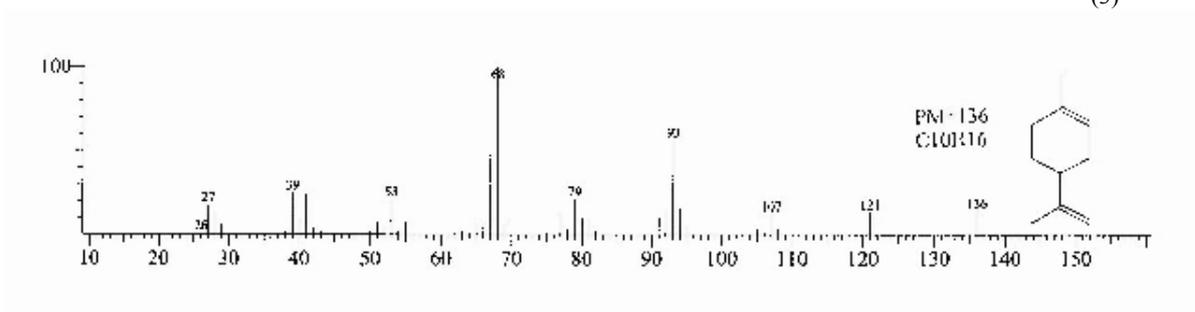
(1)



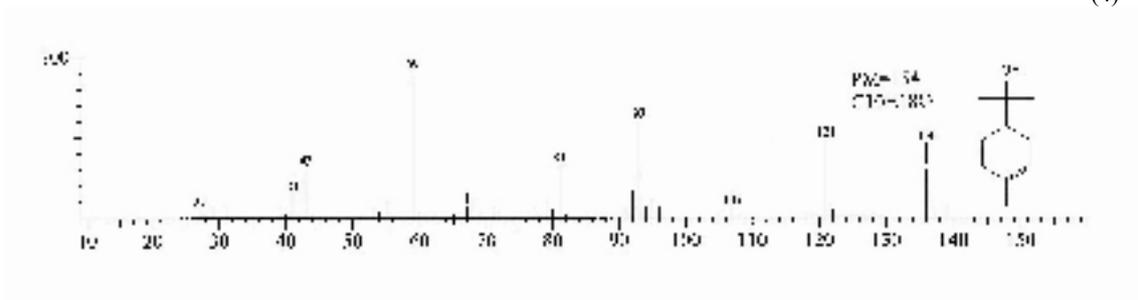
(2)



(3)



(4)



(5)

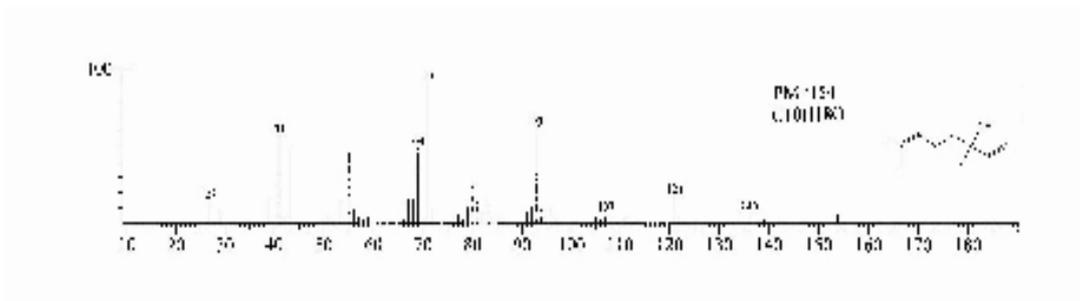
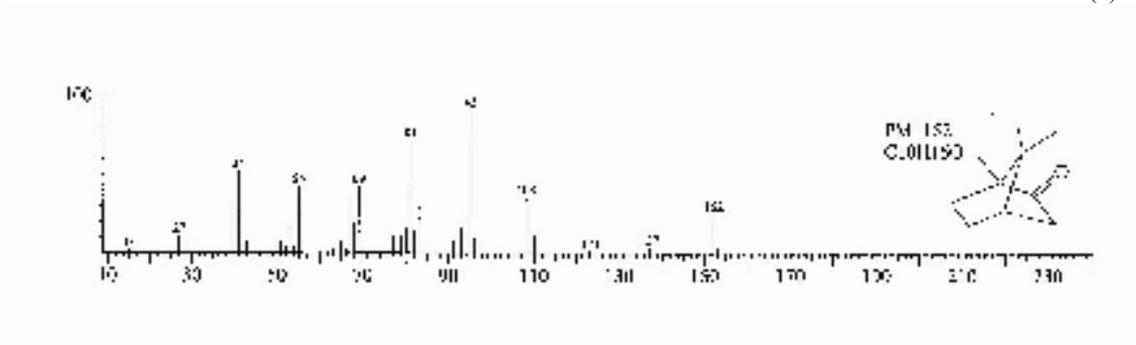
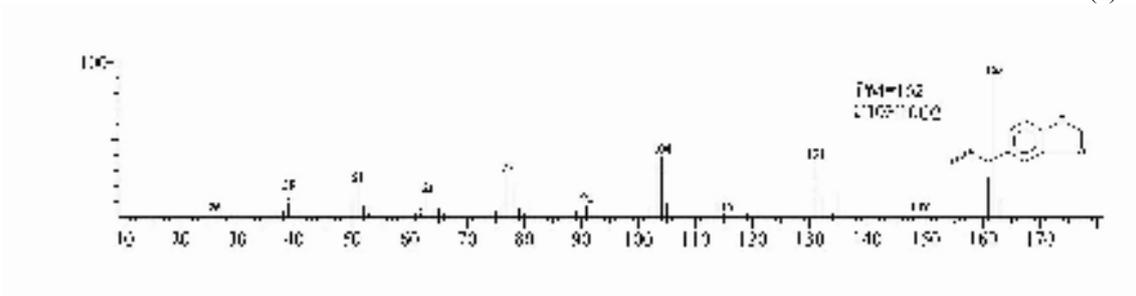


Figura 3.12 - Espectros de massa do p-cimeno (1), o-cimeno (2), limoneno (3),  $\alpha$ -terpineol (4) e linalol (5) do óleo das folhas da primavera de *Ocotea odorifera*.

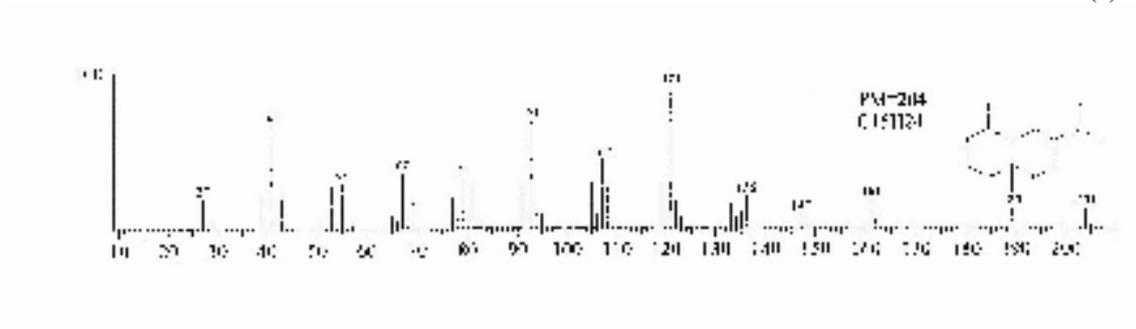
(1)



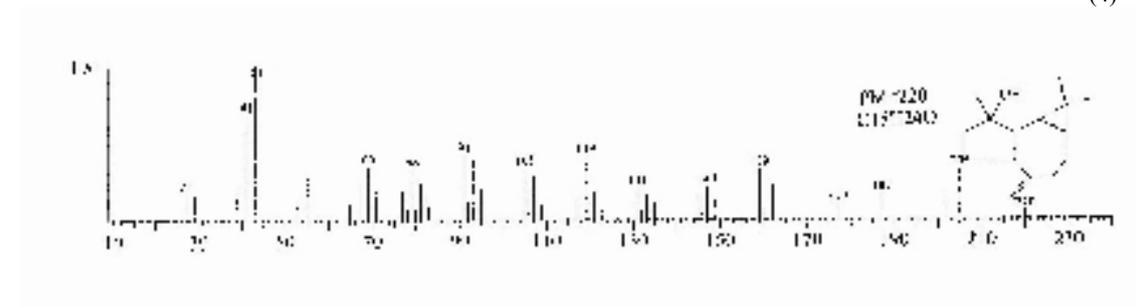
(2)



(3)



(4)



(5)

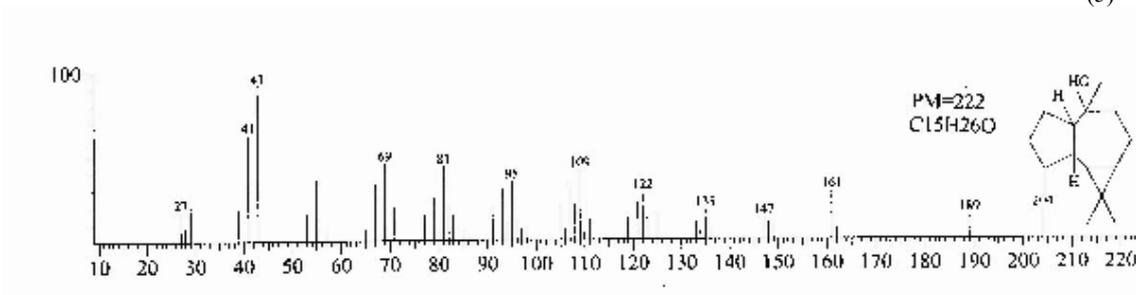


Figura 3.13 - Espectros de massa da cânfora (1), safrol (2), germacreno (3), espatulenol (4) e globulol (5) do óleo das folhas da primavera de *Ocotea odorifera*.

O myrceno e o  $\beta$ -pineno não foram encontrados nos tratamentos controle, completo e quando o Mg e Zn foram omitidos, enquanto o  $\alpha$ -felandreno só não foi identificado quando se omitiu o Mg tendo teores percentuais variados entre os tratamentos, sendo obtido o maior teor quando o Zn foi omitido e no tratamento com adubação orgânica.

Os teores identificados para o myrceno e  $\beta$ -pineno foram similares aos obtidos por Toledo (2000). Entretanto, para o  $\alpha$ -felandreno a diferença foi mais acentuada, enquanto Toledo (2000) obteve teores que variaram de 0,22% a 1,27%, neste experimento o teor percentual variou de 0,62% a 6,09%. A grande variação não parece ser apenas devido à diferença entre plantas de uma população, mas também se deve, possivelmente, ao fertilizante adicionado que alterou equilíbrio químico inicial causando deslocamento de elétrons e um rompimento de ligações químicas.

Embora o-cymeno e p-cymeno diferenciem entre si apenas pela posição do grupamento metil, o percentual de p-cymeno no óleo essencial variou de 0,46% a 8,22% e do o-cymeno entre 1,96% a 2,97%.

Quando se omitiu o P o teor de limoneno foi praticamente igual ao obtido quando da omissão do K, enquanto na ausência de Zn o composto não foi observado. No tratamento controle (solo natural) a porcentagem de limoneno foi de 1,93% e quando o N foi omitido o teor deste constituinte foi de 13,46%. Toledo (2000) também apresentou variação do teor de limoneno entre plantas, entretanto, o maior valor mencionado para limoneno foi de 6,3%, inferior ao obtido neste experimento, demonstrando o efeito dos tratamentos na composição do óleo essencial.

O  $\alpha$ -terpineol não foi identificado em todos os tratamentos, sendo obtido apenas quando se omitiram K, Ca, B e S e com teores entre 0,22% e 3,21%. Nos resultados apresentados por Toledo (2000) também se observa variação entre as plantas, mas com menor amplitude.

O linalol foi observado em baixos teores apenas nos tratamentos completo e quando não foi fertilizado com N. Este composto parece não ser característico da espécie uma vez que Toledo (2000) também constatou o linalol apenas em alguns indivíduos de uma mesma população.

O germacreno não foi identificado nos tratamentos que tiveram a omissão de N e Ca estando presente em todos os demais tratamentos. Os menores valores percentuais foram obtidos nos tratamentos que tiveram a omissão de S (2,70%) e quando da omissão de B (2,46%) enquanto o maior valor foi obtido no tratamento com omissão de N (22,95%). Toledo

(2000) também obteve teor de germacreno com grande variação entre as plantas, mas ao contrário deste trabalho, em poucos indivíduos.

O espatulenol foi identificado apenas no tratamento que recebeu fertilização completa e quando o B e Zn foram omitidos, diferindo do obtido por Toledo (2000) quando obteve este composto em todas as plantas estudadas na primavera.

Para o globulol, Toledo (2000) identificou em apenas uma planta, entre as estudadas na primavera, enquanto neste experimento foi identificado no tratamento completo, com adubação orgânica e quando o P e o B foram omitidos.

Dos 15 compostos majoritários identificados, apenas o safrol foi encontrado em todos os tratamentos e, juntamente com a cânfora, foram os que apresentaram os maiores teores percentuais.

Avaliando-se os teores obtidos de cânfora e safrol nas folhas de *O. odorifera*, observa-se que de maneira geral o safrol teve maior percentual do que a cânfora entre os tratamentos, exceto no tratamento com omissão de Zn quando não foi obtida a cânfora, devido possivelmente a um efeito antagônico entre cânfora e safrol, entretanto são necessários estudos neste sentido.

Os dados demonstraram haver diferença na composição do óleo essencial da canela sassafrás obtido no município de Fazenda Rio Grande, quando comparada à observada por Toledo (2000) para as amostras dos municípios de Araucária e Colombo. Corroborando com Gotllieb (1999), que observou composição química diferente de acordo com a região, mencionando que o clima também é fator a ser considerado, uma vez que no clima frio do Vale do Itajaí, região sul do Brasil, o autor encontrou maiores teores de safrol, enquanto no clima tropical do Rio de Janeiro a principal substância produzida foi o nitrofeniletano e metileugenol.

Embora plantas nativas possam ter variabilidade genética, as diferenças entre os tratamentos, mesmo que não estatisticamente avaliadas para alguns constituintes do óleo essencial da canela sassafrás, foi muito acentuada, o que se deve provavelmente ao efeito nutricional dos tratamentos.

Quando o Zn foi omitido não foi identificada cânfora no óleo essencial, entretanto foi o tratamento que teve o maior percentual de safrol. Observa-se, na Figura 3.14, que depois do tratamento com omissão de Zn, o maior teor de safrol foi obtido no tratamento controle. Portanto, os  $2,4 \text{ mg.kg}^{-1}$  de Zn constatados no solo florestal (Tabela 3.1), teor considerado alto segundo Malavolta (1989), provavelmente supriu as necessidades da planta no que diz respeito à produção de safrol, mas provavelmente para a cânfora foi insuficiente.

O teor de safrol observado por Toledo (2000), na primavera, variou entre 14 e 80% e neste experimento entre 28 e 74%. Enquanto que o teor médio para a cânfora nos municípios de Araucária e Colombo foi de 15% e para o município de Fazenda Rio Grande foi de 19%.

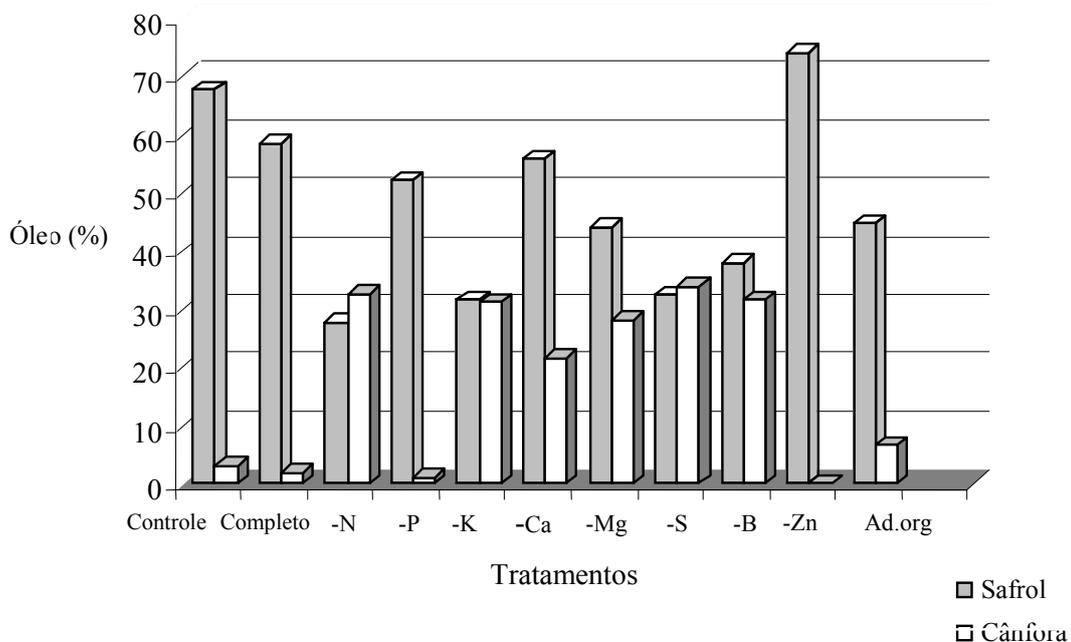


Figura 3.14 - Teor percentual de Safrol e Cânfora nas folhas de *Ocotea odorifera*.

Enquanto omissão de zinco promoveu um aumento no teor do safrol, para a cânfora esse aumento não foi observado. O mesmo ocorreu com os outros constituintes do óleo essencial que foram ausentes em alguns tratamentos, ou tiveram valores diferenciados em função do nutriente omitido, ou quando da adubação completa ou orgânica. Araujo, Lordello e Maia (2001) também observaram a ausência de alguns compostos nos estudos feitos com *Ocotea puberula* no Paraná, justificando que poderia ser devido à baixa concentração deles no óleo obtido.

Segundo Gottlieb (1972), o safrol tem uma ocorrência restrita e nem todas as plantas são capazes de transformar eugenol em safrol, o que explica o fato de Toledo (2000) ter identificado eugenol nas folhas de *Ocotea odorifera* oriundas dos municípios de Colombo e Araucária e este composto não ser observado, ou estar presente em pequeno teor, cujo pico não foi descrito nas folhas oriundas do município de Fazenda Rio Grande.

Exceto o tratamento com omissão de Zn, que teve o maior teor de safrol, os demais apresentaram percentual inferior ao controle, embora quando se omitiu nitrogênio,

potássio, magnésio, enxofre e boro, foi observado valor menor que o mencionado por Silva et al., citado por Toledo (2000)<sup>1</sup> para as folhas do sassafrás brasileiro que é de 44,97% de safrol.

Os dados obtidos no presente experimento corroboram com Maffei, Silveira e Brito (2000) que obtiveram resultados semelhantes para o *Eucalyptus corymbia* e constataram a influência do potássio e boro na produção de citronelal.

Um aspecto que pode ter contribuído para os resultados é a influência do boro e nitrogênio nas glândulas oleíferas, uma vez que Moura et al. (1998) observaram para folhas de *Eucalyptus corymbia* uma redução do número de glândulas por cm<sup>2</sup> do limbo foliar e na produção de óleo, quando a planta apresentou deficiência de boro e nitrogênio. Portanto, estudos futuros para se avaliar os efeitos do N e B nas glândulas são de extrema importância para otimização da adubação e retorno econômico.

Observa-se a correlação negativa estabelecida entre o teor de safrol e o de Zn, sugerindo que o aumento no teor de Zn leva a uma redução no percentual do óleo citado, enquanto que para o B observou-se correlação positiva, ou seja, um aumento no teor de boro nas folhas levou a um acréscimo no teor do safrol (Figura 3.15).

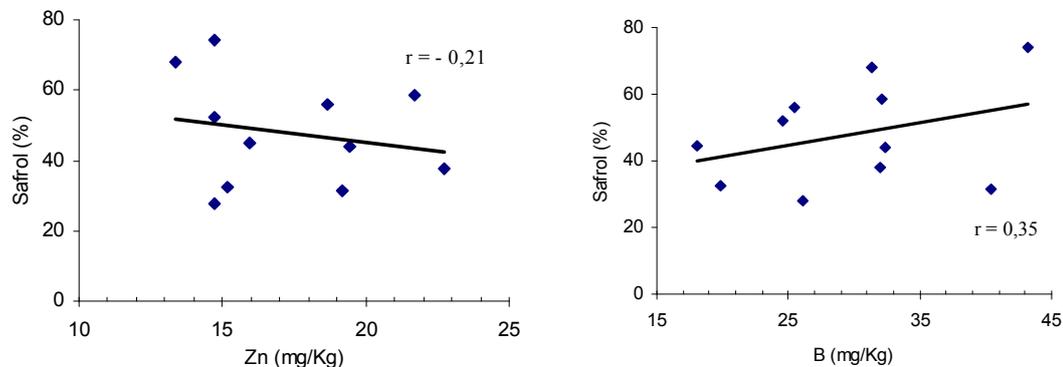


Figura 3.15 - Correlação entre o teor de safrol (%) e o teor de Zn e B das folhas de *Ocotea odorifera*

É possível que a variação observada no teor de safrol entre os tratamentos seja devido a um desequilíbrio metabólico dentro das células das plantas relacionado a um desequilíbrio entre B e Zn, conforme resultados da análise química foliar mencionados na Tabela 3.3.

O B parece ser o nutriente fundamental para a produção de safrol, uma vez que no tratamento isento de Zn na fertilização o teor de B aumentou em 34 % e o safrol em 54,1% em relação ao tratamento completo.

(1) SILVA, G.A.A.B. et al O óleo essencial de sassafrás no Rio Grande do Sul. *Tribuna Farmacêutica*, Curitiba, v.47, n.1, p.92-95, 1979.

O Cu parece interferir no teor de safrol, pois no tratamento que se omitiu o K, o teor deste nutriente foi de  $9,2 \text{ mg.kg}^{-1}$  e o teor de safrol correspondente a este foi de 31,63%, comparando-se com o tratamento controle que teve o menor teor de Cu,  $5,8 \text{ mg.kg}^{-1}$  e 67,76 % de safrol, que pode ser constatado pela correlação negativa entre o safrol e o cobre (Figura 3.16).

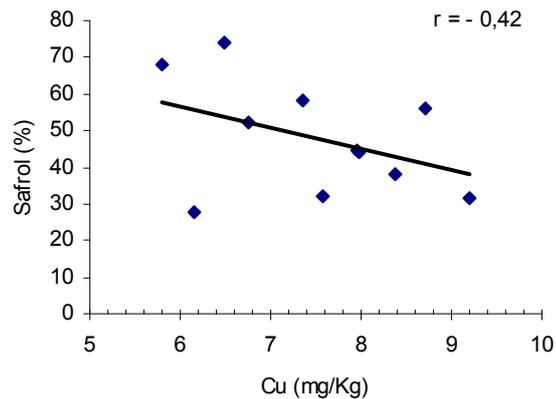


Figura 3.16 - Correlação entre o teor de safrol (%) e o teor de Cu

Maffei, Silveira e Brito (2000) obtiveram o maior teor de citronelal quando a relação K/Ca nas folhas foi de 3,7 e os menores teores quando a relação K/Mg foi inferior a 2,0. Para o sassafrás, no presente estudo, o maior teor de safrol e valor para a relação K/Ca foi obtido quando se omitiu o zinco, enquanto que para a K/Mg o menor valor foi de 7,01 para o tratamento controle, que teve apenas 9% menos safrol do que o maior percentual obtido (Tabela 3.3).

Uma informação importante é a relação negativa que se estabelece entre o quociente Fe/Mn e teor de safrol (Figura 3.17). O solo da área experimental tem altos teores de Fe e Mn (Tabela 3.1), como o Mn é mais solúvel, cicla de maneira mais intensa que o Fe, tanto pela lavagem das copas quanto pela lavagem da serapilheira e ainda devido as condições redox dos solos que favorece a solubilidade do Mn em relação à do Fe, dificultando a absorção do Fe.

Os tratamentos que receberam fósforo (Tabela 3.2) na fertilização apresentaram teor percentual de cânfora superior ao controle, enquanto que o menor valor foi observado no tratamento em que o elemento foi omitido, demonstrando a possível interferência do nutriente na produção deste constituinte. Segundo Fernandes (2006), os

valores para a relação K/Mg na planta, geralmente variam entre 7 e 10, portanto, os valores obtidos para o sassafrás estão dentro do mencionado na literatura.

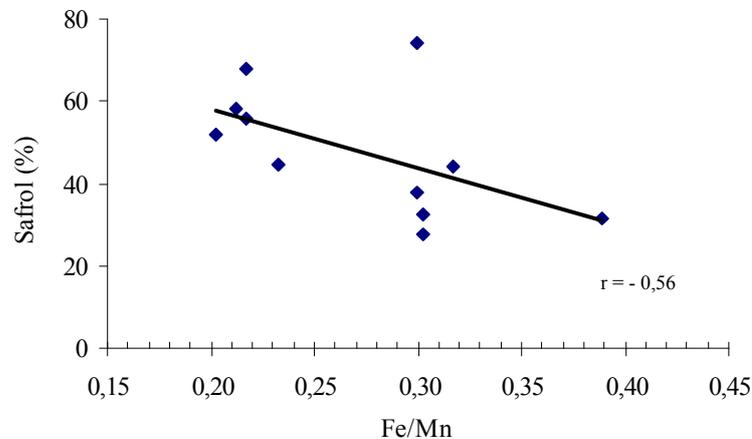


Figura 3.17 - Correlação entre o teor de safrol (%) e a relação Fe/Mn das folhas de *Ocotea odorifera*

Keil, Reissmann e Péllico Netto (2006), em estudo preliminar constataram que a poda total das folhas e ramos, das plantas com cerca de cinco anos, não é recomendada, devido a não rebrota ou morte dos ramos podados e conseqüentemente redução de massa foliar, embora as observações tenham demonstrado que a planta frente a estresse emite novos ramos, ou mesmo estimula a emissão de folhas.

Para melhor produção e resposta do vegetal ao balanço nutricional, observou-se que poda para extração do óleo essencial deve ser feita uma vez ao ano evitando-se remover toda massa foliar dos ramos novos de plantas jovens (Figura 3.18).

Considerando-se a produção do óleo essencial para o município de Fazenda Rio Grande, a poda pode ser feita no outono ou na primavera, entretanto a espécie no outono está em franca produção de sementes, portanto a recomendação é para a primavera.

A extração do óleo das folhas e ramos do sassafrás, além da preservação da espécie e manutenção do bioma, permite o retorno do resíduo vegetal como adubo orgânico após o processo industrial.

O teor nutricional das plantas conduzidas em casa de vegetação e no ambiente florestal necessita de equilíbrios diferenciados. Na floresta há constante deposição de serapilheira que auxilia na ciclagem de nutrientes, enquanto no ambiente controlado a planta depende apenas do que lhe é fornecido.

Comparando-se a composição das folhas de sassafrás, para o tratamento controle, nos experimentos conduzidos em casa de vegetação e na floresta, observa-se que as menores diferenças entre os nutrientes ocorreram para o P, B, Ca, B e Al (Tabela 3.5).



Figura 3.18 - Rebrotas após poda campo

Tabela 3.5: Composição mineral das folhas das plantas de *Ocotea odorifera* do tratamento controle, conduzidas em casa de (CV) e na floresta (F).

Tratamento	N	P	g.Kg <sup>-1</sup>			mg.Kg <sup>-1</sup>					
			K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Al
Controle CV	14,10	1,55	6,05	4,39	0,81	160,10	372,96	32,28	8,17	30,15	480
Controle F	25,32	2,00	9,95	4,03	1,42	61,95	285,92	13,39	5,79	31,28	480

Os dados apresentados são apenas o início de uma grande jornada de estudos, uma vez que a compreensão sobre o comportamento das espécies florestais nativas está apenas no início e requer mais estudos, e a variabilidade genética um fator importante a ser investigado.

A relação K/Ca das folhas de *Ocotea odorifera* em casa de vegetação, com cerca de cinco anos, considerando-se que quando foram retirados do seu habitat natural estavam com três anos de idade e permaneceram mais 24 meses na casa de vegetação, foi inferior a obtida no experimento na floresta para todos os tratamentos. Enquanto na floresta, para o tratamento controle, o valor foi de 2,47, na casa de vegetação foi de 1,38. Embora na floresta as plantas sofram com a competitividade, as folhas utilizadas para as análises, não eram tão jovens quanto às da casa de vegetação. Da mesma maneira, no experimento da floresta, o tratamento que recebeu adubo orgânico, somou também a contribuição contínua da

floresta que disponibiliza nutrientes à medida que ocorre a mineralização, o que provavelmente favoreceu o maior valor para a relação K/Mg na floresta.

### 3.4 Considerações finais

A obtenção do óleo de sassafrás através de podas incentivará o plantio da espécie considerada em extinção, culminando em benefícios sociais, econômicos e ambientais, uma vez que o manejo da vida nos diferentes ecossistemas brasileiros visa promover a biodiversidade, ou seja, o manejo sustentável dos recursos naturais bem como possibilitará propostas para a exploração conservacionista e adensamento das florestas remanescentes.

A obtenção de safrol das folhas de *Ocotea odorifera* da região de Fazenda Rio Grande é viável, sendo uma importante fonte econômica e social que contribui para o manejo sustentável das florestas justificando a reposição nutricional.

Para uma melhor compreensão do efeito dos nutrientes na composição do óleo de canela sassafrás, recomenda-se um número maior de indivíduos e um período maior de estudo, principalmente quando em área florestal.

O conhecimento da variabilidade genética é um fator importante que pode auxiliar na interpretação dos resultados, bem como na conservação da espécie.

Experimentos com níveis de nutrientes é fundamental para determinar o nível crítico da espécie, principalmente com B e Zn.

### 3.5 Conclusões

- No ambiente florestal, onde as plantas de *Ocotea odorifera* sofrem maior competição nutricional, foi observada diferença na composição mineral das folhas para o B, Zn, Cu, Mn, Mg e Al.
- A omissão do B levou a um aumento no teor de Zn das folhas da canela sassafrás e redução no teor de cânfora.
- O B é essencial para a produção do safrol, sendo que a adubação orgânica não levou a um incremento no teor de safrol da canela sassafrás.
- O teor médio de safrol obtido nas plantas do município de Fazenda Rio Grande variou entre 28-74%.

- Nas condições edafoclimáticas e geográficas avaliadas para *Ocotea odorifera*, o K, Mg, B e Zn afetam a produção de safrol.

### 3.6 Literatura citada

ARAÚJO, A. J.; LORDELLO, A. L. L.; MAIA, B. H. L. N. S. Análise comparativa dos óleos essenciais de folhas e galhos de *Ocotea puberula* (Lauraceae). **Revista Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 81-84, jul./dez. 2001.

BLUM, C. T.; OLIVEIRA, R. de F. Reserva Florestal Legal no Paraná, alternativas de recuperação e utilização sustentável. Disponível em: <<http://www.sobrade.com.br/eventos/2003/seminario/Trabalhos/009.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2005.

BROCHINI, C. B., NUÑEZ, C. V., MOREIRA, I. C., ROQUE, N. F., CHAVES, M., MARTINS, D. Identificação de componentes de óleos voláteis: Análise espectroscópica de misturas de sesquiterpenos. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 37-40 Jan./Feb. 1999.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Introdução a métodos cromatográficos**. Campinas. Editora da Unicamp, 1995. 279p.

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.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. rev.atual. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.

EMBRAPA - **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Serviço de Produção de Informação, 1999, 412p.

GOTTLIEB, O. R. Químico-sistemática: um método para a busca de óleos essenciais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 44, p. 9-21, 1972. Suplemento.

GOTLLIEB, O. O reorganizador da natureza. **Rev. Pesquisas Fapesp**, São Paulo, n. 43, jun. 1999.

HILDEBRAND, C.; HILDEBRAND, E. E. e REISSMANN, C. B. **Manual de análise química de solo e planta**. Curitiba: Departamento de Solos, Universidade Federal do Paraná, 1977. 225p.

MAFFEIS, A. SILVEIRA, R. L. V; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, n. 57, p. 87-98, jun. 2000.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5 ed. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres Ltda., 1989. 292p.

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.** Curitiba, 1992. 206 f. Tese (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

MOLLAN, T. R. M. The essential oils of the sassafras laurels. I. *Ocotea pretiosa*, Brazilian sassafras, safrole type. **Perfumery Essential Oil Record.**, London, v. 51, p. 284-286, may 1961(a).

MOURA, L. F.; SGARBI, F.; MAFFEIS, A. A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. KITAJIMA, E. W. Análise de elementos anatômicos em folhas de *Eucalyptus citridora*, cultivados sob condições de omissão de macronutrientes e boro através de MEV. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 6; REUNIÃO PAULISTA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRARIAS, 9; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESALQ, 12, Piracicaba, 1998. **Resumos.** Piracicaba, 1998. v. 1, p. 498.

PUCPR. Fazenda experimental Gralha Azul. Disponível em:  
<<http://www.pucpr.br/template.php?codlink=24&&codigogrupo=1>>. Acesso em: 08 abr. 2004.

REISSMANN, B. C.; RADOMSKI, M. I.; QUADROS, R. M. B. de. Chemical composition of *Ilex paraguariensis* St. Hilander different management conditions in seven localities of Paraná state. **Brazilian Archive of Biology and Technology**, v. 42, n. 2, p.187-194, 1999

SILVA, R. R.; BOCCHI, N.; ROCHA FILHO, R. C. **Introdução à química experimental.** São Paulo: McGraw Hill, 1990. 296 p.

TOLEDO, M. D. T. de. **Estudo botânico e fitoquímico de *Ocotea odorifera* (Vell.) (Lauraceae) Rohwer da região metropolitana de Curitiba.** Curitiba, 2000, 109 f. Tese (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. **Estatística Experimental.** São Paulo: Atlas, 1989. 179 p.

WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I. N. **Fisiologia Vegetal.** Curitiba: Champagnat, 2002. 424 p.

WILLARD, L. L.; MERRITT, Jr.; DEAN, J. A. **Instrumental methods of analysis.** 5 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1974.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

Tabela 1 - Análise de variância dos nutrientes da massa aérea de *Ocotea odorifera* para o experimento em floresta natural

<b>Nitrogênio</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	164,81	16,48	1,06	n.s.
Blocos	4	38,95	9,74	0,63	n.s.
Resíduo	40	621,26	15,53		
Total	54	825,02			

<b>Ferro</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	814,12	81,41	0,60	n.s.
Blocos	4	713,55	178,39	1,31	n.s.
Resíduo	40	5440,66	136,02		
Total	54	6968,33			

<b>Fósforo</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	5,00	0,50	1,04	n.s.
Blocos	4	2,76	0,69	1,44	n.s.
Resíduo	40	19,20	0,48		
Total	54	26,96			

<b>Manganês</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	96090,85	9609,09	4,04	**
Blocos	3	4965,32	1655,11	0,70	n.s.
Resíduo	30	71296,72	2376,56		
Total	43	172352,89			

<b>Potássio</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	41,81	4,18	1,40	n.s.
Blocos	4	14,92	3,73	1,25	n.s.
Resíduo	40	119,42	2,99		
Total	54	176,14			

<b>Cobre</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	63,84	6,38	2,13	*
Blocos	4	6,68	1,67	0,56	n.s.
Resíduo	40	119,81	3,00		
Total	54	190,33			

<b>Cálcio</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	8,19	0,82	0,69	n.s.
Blocos	4	5,50	1,37	1,15	n.s.
Resíduo	40	47,73	1,19		
Total	54	61,42			

<b>Zinco</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	205,79	20,58	2,39	*
Blocos	4	20,39	5,10	0,59	n.s.
Resíduo	40	344,92	8,62		
Total	54	571,10			

<b>Magnésio</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	1,21	0,12	2,37	*
Blocos	4	0,15	0,04	0,75	n.s.
Resíduo	40	2,05	0,05		
Total	54	3,41			

<b>Boro</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	3016,30	301,63	2,16	*
Blocos	4	610,71	152,68	1,09	n.s.
Resíduo	40	5581,01	139,53		
Total	54	9208,02			

<b>Alumínio</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	0,17	0,02	2,16	*
Blocos	4	0,05	0,01	1,69	n.s.
Resíduo	40	0,31	0,01		
Total	54	0,53			

Tabela 2 - Análise de variância dos nutrientes da massa aérea de *Ocotea odorifera* para o experimento em casa de vegetação

<b>Nitrogênio</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	91,12	9,11	2,50	*
Resíduo	29	105,68	3,64		
Total	39	196,80			

<b>Fósforo</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	4,99	0,50	2,18	*
Resíduo	38	8,68	0,23		
Total	48	13,66			

<b>Potássio</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	71,48	7,15	2,70	*
Resíduo	33	87,26	2,64		
Total	43	158,74			

<b>Cálcio</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	33,37	3,34	2,28	*
Resíduo	35	51,15	1,46		
Total	45	84,52			

<b>Magnésio</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	1,15	0,12	5,57	**
Resíduo	35	0,72	0,02		
Total	45	1,88			

<b>Boro</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	1664,62	166,46	2,02	n.s.
Resíduo	37	3050,03	82,43		
Total	47	6560,47			

<b>Ferro</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	19841,49	1984,15	3,37	**
Resíduo	29	17085,58	589,16		
Total	39	36927,07			

<b>Manganês</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	116114,14	11611,41	3,55	**
Resíduo	28	91553,04	3269,75		
Total	38	207667,18			

<b>Zinco</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	474,21	47,42	2,34	*
Resíduo	36	728,93	20,25		
Total	46	1203,14			

<b>Cobre</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamento	10	148,73	14,87	2,28	*
Resíduo	34	221,60	6,52		
Total	44	370,33			

<b>Alumínio</b>					
	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	0,30	0,03	0,94	n.s.
Resíduo	37	1,16	0,03		
Total	47	1,45			

## APÊNDICE B

Tabela 1 - Análise de variância para altura e diâmetro do colo das plantas de *Ocotea odorifera* após 24 meses em casa de vegetação.

**Altura 2004**

	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	1848,20	184,82	0,39	n.s
Resíduo	42	19904,68	473,92		
Total	52	21752,88			

**Diâmetro 2004**

	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	0,25	0,03	0,44	n.s
Resíduo	42	2,39	0,06		
Total	49	2,39			

**Altura / diâmetro colo**

	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	10	1230,60	123,06	0,61
Resíduo	42	8493,14	202,22	
Total	52	9723,74		

## APÊNDICE C

Tabela 1 - Análise de variância da massa seca da parte aérea (MSPA) e da massa seca do sistema radicular (MSSR) e massa seca total (MST) das plantas de *Ocotea odorifera* em casa de vegetação.

MSPA					MSSR					
	GL	SQ	QM	F		GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	10932,63	1093,26	0,60	n.s	Tratamentos	10	16375,60	1637,56	10,83 **
Resíduo	42	76635,66	1824,66			Resíduo	42	6348,48	151,15	
Total	52	87568,28				Total	52	22724,08		

MSSR / MSPA					MST					
	GL	SQ	QM	F		GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	10	0,73	0,07	3,32	**	Tratamentos	10	34908,18	3490,82	1,55 n.s
Resíduo	42	0,92	0,02			Resíduo	42	94317,97	2245,67	
Total	52	1,65				Total	52	129226,15		

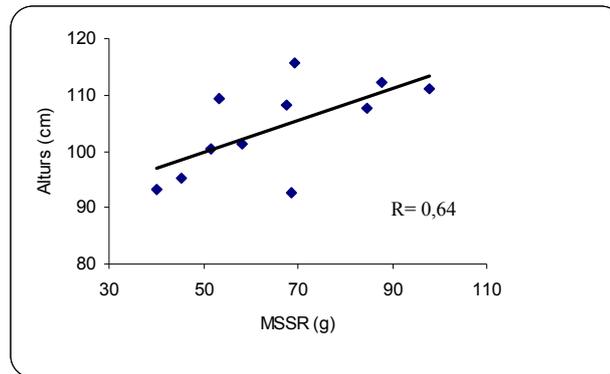


Figura 1- Correlação entre altura e massa seca do sistema radicular