

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**TEORES FOLIARES DE SILÍCIO, TANINOS E LIGNINA, EM *Maytenus
ilicifolia* Martius ex Reiss (ESPINHEIRA-SANTA), EM FUNÇÃO DE
VARIÁVEIS AMBIENTAIS E GENÉTICAS.**

MARIA IZABEL RADOMSKI

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Horticultura).

BOTUCATU – SP
Agosto/2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**TEORES FOLIARES DE SILÍCIO, TANINOS E LIGNINA, EM *Maytenus
ilicifolia* Martius ex Reiss (ESPINHEIRA-SANTA), EM FUNÇÃO DE
VARIÁVEIS AMBIENTAIS E GENÉTICAS.**

MARIA IZABEL RADOMSKI

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Theodoro Bull

Co-Orientador: Dr. Antonio Francisco Jurado Bellote

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp – Campus de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia (Horticultura).

BOTUCATU – SP
Agosto/2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

R131t Radomski, Maria Izabel, 1966-
Teores foliares de silício, taninos e lignina, em *Maytenus ilicifolia* Martius ex Reiss (Espinheira-Santa), em função de variáveis ambientais e genéticas / Maria Izabel Radomski.- Botucatu : [s.n.], 2006.
x, 104 f., gráfs, tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2006
Orientador : Leonardo Theodoro Büll
Co-orientador : Antonio F.J. Bellote
Inclui bibliografia

1. Maytenus. 2. Plantas medicinais. 3. Fenóis. 4. Lignina. 5. Silício. I. Büll, Leonardo Theodoro. II. Bellote, Antonio Francisco Jurado. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: "TEORES FOLIARES DE SILÍCIO, TANINOS E LIGNINA, EM
Maytenus ilicifolia Martius ex Reiss. (ESPINHEIRA-SANTA
EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E GENÉTICAS"**


ALUNA: MARIA IZABEL RADOMSKI

ORIENTADOR: PROF. DR. LEONARDO THEODORO BÜLL

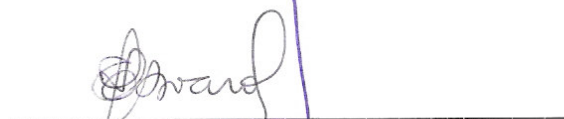
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. LEONARDO THEODORO BÜLL



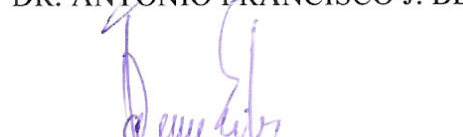
PROF. DR. LIN CHAU MING



PROF. DR. CARMEM SILVIA F. BOARO



DR. ANTONIO FRANCISCO J. BELLOTE



DR. HELTON DAMIN DA SILVA

Data da Realização: 24 de agosto de 2006.

"... Tudo o que Deus criou
Já nasce com seu valor.
Não sou contra farmácia,
Nem hospital, nem doutor.
Mas, se existissem as reservas
Das matas com suas ervas
Não havia assim tanta dor.

Vamos procurar conhecer
As plantas medicinais,
Seguindo um pouco do exemplo
Que deram os nossos pais.
Pra ver se sobram uns trocados,
Pois, só com remédio comprado,
A gente não agüenta mais!"

Adelino Antunes Cordeiro

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo T. Büll, pela confiança neste trabalho, e apoio em todos os momentos necessários.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Horticultura, e ao CNPq, pela bolsa concedida, e à FAPESP, pelo auxílio pesquisa.

Ao IBAMA-Floresta Nacional de Irati, à MANASA FLORESTAL, e à RURECO, pela disponibilização de suas áreas para realização das coletas de dados.

Ao Dr. Antonio F.J. Bellote, da Embrapa Florestas, pela co-orientação.

Aos “velhos” amigos, Marianne Scheffer e Gustavo Curcio, companheiros de longa data nas lidas com a espinheira-santa.

Aos “novos” amigos, José Abramo Marchese, Rummy Goto, Lin Chau Ming, Maíra Vasconcellos, Rosa de Belém, Milena Pilla, Maria dos Anjos e Juliana Gadum, pela acolhida, e pelos inesquecíveis momentos de lazer, fundamentais para “segurar a barra” do doutorado.

Aos funcionários da FCA-Botucatu, em particular à Elisabete M. de Almeida e Rosemeire P. de Almeida, do Setor de Horticultura, e às “meninas” da Seção de Pós-Graduação, Jaqueline de M. Gonçalves, Katia O. Duarte, Marlene R. de Freitas e Marilena do C. Santos, pelas ajudas “burocráticas”.

À Embrapa Florestas, por dispor seus laboratórios e pessoal, em particular ao Arnaldo Soares, Wilson Maschio e Irineu Olinisky, pela “força” nas etapas de campo, à Maria Lúcia Simione, pelo apoio nas compras, à Cláudia M. Pereira, Paula Pucci, José Dias e Onécimo Veiga, do Laboratório de Solos, ao Dr. Washington Magalhães, ao Sidney Scheffer e Marcela Guiotoku, do Laboratório da Madeira, ao Dr. Edílson B. de Oliveira, pelo auxílio nas análises estatísticas, aos “meninos” da informática, Youssef Mazlum, Rodrigo de O. Cintra, Sérgio Guimarães e Gerson Oaida, por “quebrar meus galhos” com o computador, à Maria Sandra Ferreira, Guiomar Braguinha e Claudia Garbuio pelo apoio e amizade diários, e a todos os demais funcionários, que de uma ou de outra forma contribuíram com este trabalho.

À minha mãe, Wanda, e à minha irmã, Sonia, por sempre estarem ao meu lado, e à minha Vó Buia que, onde quer que esteja, continua me inspirando a conviver com o mundo fabuloso das plantas medicinais.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
RESUMO	IX
SUMMARY	X
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 <i>Maytenus ilicifolia</i>	4
2.2 Silício	10
2.3 Compostos fenólicos – taninos e lignina	15
2.4 Variação genética e a síntese de substâncias bioativas	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Caracterização das áreas de estudo de <i>Maytenus ilicifolia</i> e coleta de dados	23
3.1.1 Populações naturais	23
3.1.2 Banco de Germoplasma	26
3.1.3 Ensaio de aplicação de Si	27
3.2 Determinações	28
3.2.1 Solos	28
3.2.2 Material vegetal	29
3.2.2.1 Produção de biomassa aérea e massa específica foliar	29
3.2.2.2 Morfotipos	30
3.2.2.3 Composição fitoquímica	30
3.3 Análise estatística	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Caracterização das populações naturais de <i>Maytenus ilicifolia</i>	33
4.1.1 Caracterização dos ambientes	33
4.1.2 Massa específica foliar e composição fitoquímica	39
4.2 Caracterização das progênies cultivadas no Banco de Germoplasma	45
4.2.1 Morfotipos	45

4.2.2 Produção de biomassa aérea	46
4.2.3 Composição fitoquímica	47
4.3 Efeito da aplicação do Si	54
4.3.1 Características químicas do solo	54
4.3.2 Produção de biomassa aérea e composição fitoquímica	56
4.4 Considerações finais	62
5 CONCLUSÕES	64
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICE	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação das matrizes coletadas de oito populações de <i>Maytenus ilicifolia</i> na região Sul do Brasil, e que compõem o banco de germoplasma (BGEM), localizado no município de Ponta Grossa, Paraná.	27
Tabela 2 - Posição geomórfica, classe de solos e ambiente lumínico das populações naturais de <i>Maytenus ilicifolia</i> .	34
Tabela 3 - Valores médios de pH, P, K ⁺ , Ca ⁺² , Mg ⁺² , Al ⁺³ , H ⁺ + Al ⁺³ , C, CTC, V% e m%, por classe de solo, e nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, sob as populações naturais de <i>Maytenus ilicifolia</i> .	37
Tabela 4 – Massa seca foliar, área foliar e massa específica foliar de quatro populações naturais de <i>Maytenus ilicifolia</i> (média de dez repetições).	41
Tabela 5 – Teores foliares de lignina, fenóis totais, fenóis não-tanantes, e taninos, em quatro populações naturais de <i>Maytenus ilicifolia</i> (média de dez repetições).	41
Tabela 6 – Teores foliares dos elementos minerais, N, P, K, Ca, Mg, Si, Fe, Mn, Cu, Zn, e Al, em quatro populações naturais de <i>Maytenus ilicifolia</i> (média de 10 repetições).	42
Tabela 7 - Morfotipos identificados entre as progênies de <i>Maytenus ilicifolia</i> do Banco de Germoplasma de Ponta Grossa, PR.	45
Tabela 8 - Valores de pH, C, CTC, V% e m%, e dos teores disponíveis de Si, P, K, Ca, Mg, Al, H + Al, Fe, Mn, Cu e Zn, do Latossolo Vermelho Tb Distrófico câmbico A moderado onde localiza-se o Banco de Germoplasma. Ponta Grossa, PR.	48
Tabela 9 – Teores foliares médios de lignina, fenóis totais, fenóis não-tanantes e taninos, média geral, desvio padrão e coeficiente de variação, em 25 progênies de <i>Maytenus ilicifolia</i> do Banco de Germoplasma localizado em Ponta Grossa, PR.	50
Tabela 10 – Teores foliares médios de elementos minerais, média geral, desvio padrão e coeficiente de variação, em 25 progênies de <i>Maytenus ilicifolia</i> do Banco de Germoplasma localizado em Ponta Grossa, PR	51
Tabela 11 – Características químicas do solo, antes da aplicação e um ano após os tratamentos de aplicação de Si, em população cultivada de <i>Maytenus ilicifolia</i> .	55
Tabela 12 – Teores foliares de elementos minerais em <i>Maytenus ilicifolia</i> um ano após a aplicação das diferentes doses de Si solo (média de seis repetições).	58
Tabela 13 – Teores foliares de lignina, fenóis totais, fenóis não-tanantes, e taninos, em <i>Maytenus ilicifolia</i> , um ano após a aplicação das diferentes doses de Si no solo (média de seis repetições).	50

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Vias de síntese dos compostos fenólicos (TAIZ e ZEIGER, 2004). 18
- Figura 2 – Análise de agrupamento baseada na similaridade das características foliares avaliadas nas quatro populações naturais de *Maytenus ilicifolia*. 43
- Figura 3 – Massa seca de folhas, ramos e total, aos 75 meses de idade, das 44 progênies de *Maytenus ilicifolia* do Banco de Germoplasma localizado em Ponta Grossa, PR. 47
- Figura 4 - Análise de agrupamento baseada na similaridade fitoquímica entre as 25 progênies do Banco de Germoplasma de *Maytenus ilicifolia*. 53
- Figura 5 – Relação entre os teores disponíveis de P e Si no solo um ano após a aplicação das diferentes doses de Si ($R^2 = 0,48$, significativo a 1%). 56
- Figura 6 – Variação da massa seca de folhas de *Maytenus ilicifolia* em função das diferentes doses de Si aplicadas no solo (barras com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade). 57
- Figura 7 – Variação do teor de fenóis totais em folhas de *Maytenus ilicifolia* em função das diferentes doses de Si aplicadas no solo ($R^2 = 0,60$, significativo a 1%). 60
- Figura 8 – Variação do teor de tanantes em folhas de *Maytenus ilicifolia* em função das doses diferentes doses de Si aplicadas no solo ($R^2 = 0,61$, significativo a 1%). 60

RESUMO

A espécie medicinal *Maytenus ilicifolia*, localiza-se naturalmente sob diferentes condições edafo-climáticas. Este fato implica em prováveis mecanismos de adaptação das populações naturais, cujas características químicas podem, ou não, estar fixadas geneticamente. A identificação da variabilidade fenotípica da espécie permite viabilizar práticas de manejo visando a produção de fitoterápicos com qualidade organoléptica, nutricional e terapêutica. Para identificar a influência do ambiente na composição fitoquímica de *M. ilicifolia* foram efetuados três estudos, o primeiro em quatro populações naturais distribuídas no Estado do Paraná, o segundo em um banco de germoplasma, e o terceiro em uma unidade de cultivo experimental onde foi conduzido um ensaio de fertilização baseado na aplicação de diferentes doses de um resíduo de siderurgia rico em Si. Foram avaliados os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Si, Al, lignina, fenóis totais, fenóis não tanantes e taninos. Nas populações naturais também foi determinada a massa específica foliar. No banco de germoplasma, em função da elevada diversidade morfológica, foi efetuada a classificação dos indivíduos em morfotipos, tendo sido identificados nove morfotipos foliares, os quais apresentaram relação com alguns dos ambientes de origem das populações. Os estudos efetuados indicam que é possível efetuar o controle de compostos fenólicos presentes em *M. ilicifolia*, seja através do manejo de luz, interferindo tanto na síntese de lignina quanto dos taninos, seja por meio da aplicação de Si e Ca, regulando principalmente a síntese de fenóis totais e taninos.

FOLIAR SILICON, TANNINS AND LIGNIN IN *Maytenus ilicifolia* MARTIUS EX REISS (ESPINHEIRA-SANTA), IN CONSEQUENCE OF ENVIRONMENTAL AND GENETICAL VARIABILITY. Botucatu, 2006. 104p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARIA IZABEL RADOMSKI

Adviser: LEONARDO THEODORO BÜLL

SUMMARY

Maytenus ilicifolia is a medicinal species that occurs naturally under different soils and light conditions. This fact involves adaptation mechanisms of the natural populations whose chemical characteristics can be or not genetically fixed. The identification of the genetic variability can viabilize the management practices to the production of phytotherapics with organoleptical, nutritional and therapeutic quality. Three studies were developed to determine the influence of the environment in the phytochemical content of *M. ilicifolia* and the samples were collected from four natural communities, a germoplasm bank, and an experimental area in wich there was fertilized with different doses a rich Si residue. There was determinate the specific leaf mass in leaves from the natural populations, also there was determinate the total content of N,P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Si, Al, lignin, total phenols and tannins in all samples. In the germoplasm bank the individual plants were classified in nine morphotypes, too. The studies indicate that is possible to controle the *M. ilicifolia* lignin and tannin composition by light management, as well as the total phenols and tannin by Si and Ca fertilization.

Keywords: Phenols, Silicon, Lignin, Medicinal plants.

1 INTRODUÇÃO

A “Estratégia Global da Biodiversidade” prevê a utilização sustentável dos recursos naturais, propondo políticas de apoio à gestão e conservação dos mesmos. Com relação às plantas medicinais, o documento cita as sérias ameaças de extinção ou perda da variedade genética no ambiente silvestre, enfocando a importância das mesmas na manutenção das práticas tradicionais de medicina das comunidades locais. Também propõe o seu cultivo, não apenas para aliviar a pressão sobre as espécies silvestres e garantir o seu suprimento, mas como fonte de renda adicional para agricultores (WRI/UICN/PNUMA, 1992).

No Brasil, a Central de Medicamentos - CEME desenvolveu na década de 1980 o Programa de Pesquisa de Plantas Medicinais, cujos objetivos foram, entre outros, reforçar a cultura fitoterapêutica nacional e criar uma alternativa medicamentosa efetivamente testada e de baixíssimo custo para a população. Das 61 plantas pesquisadas, 8 apresentaram resultados positivos e dentre estas, *Maytenus ilicifolia*, conhecida popularmente como espinheira-santa, e que teve sua eficácia terapêutica comprovada (CARLINI, 1988).

A espinheira-santa é uma espécie arbórea, nativa da região Sul do Brasil. Grande parte dos estudos relacionados à espécie está voltada às áreas de farmacologia e farmacocômica, pouco se relacionando com aspectos ecológicos e de manejo. Este fato é de grande relevância, já que se trata de uma espécie cuja produção de fitoterápicos depende, em parte, do extrativismo de populações nativas, com elevada diversidade ambiental e genética,

além de áreas de cultivo cujo manejo tem sido desenvolvido principalmente a partir de observações de campo de agricultores, fatores estes que podem exercer grande influência sobre a composição química da espinheira-santa e, conseqüentemente, sobre seus efeitos terapêuticos.

RADOMSKI & WISNIEWSKI (2004) e RADOMSKI *et al.* (2004) verificaram que fatores edáficos e a luminosidade exercem forte influência sobre os teores foliares de polifenóis totais, de taninos, e de elementos minerais em *M. ilicifolia*.

Vários autores têm abordado o papel do Si nas plantas, principalmente a sua relação com a síntese de compostos polifenólicos, como a lignina (INANAGA e OKASAKA, 1995; INANAGA *et al.*, 1995; MARSCHNER, 1995). No caso de espécies medicinais, estudos têm procurado relacionar o efeito terapêutico das mesmas com a ocorrência de silício no esqueleto de substâncias bioativas como proteínas, polissacarídeos, polifenóis e fosfolipídios (KOLESNIKOV e GINS, 2001). Este fato deve ser levado em conta, considerando que parte da ação terapêutica da espinheira-santa deve-se à presença de tanino, cuja concentração pode estar associada à disponibilidade de silício para a planta.

O fato da espinheira-santa ocorrer naturalmente sob a influência de diferentes condições edafo-climáticas implica em prováveis mecanismos de adaptação das suas populações, cujas características químicas podem, ou não, estar fixadas geneticamente. Ao identificar a variabilidade fenotípica da espécie viabiliza-se o desenvolvimento de práticas que permitem tanto o manejo de populações naturais quanto cultivadas, visando a produção de fitoterápicos com qualidade organoléptica, nutricional e terapêutica. Para identificar a influência destes fatores na composição química da espécie estudou-se quatro populações naturais, um banco de germoplasma contendo progênies de oito distintas populações do Sul do Brasil, e uma população cultivada submetida à fertilização com doses crescentes de Si aplicado no solo.

Os objetivos deste trabalho foram:

1o. Avaliar o conteúdo foliar de N, P, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cu, Zn e Si, de lignina, fenóis totais e taninos, de quatro populações naturais de *M. ilicifolia*, localizadas em diferentes regiões fisiográficas do Estado do Paraná;

2º. Caracterizar o conteúdo foliar de N, P, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cu, Zn e Si, de lignina, fenóis totais e taninos, em progênies integrantes de um banco de germoplasma de *M. ilicifolia*;

3o. Avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de Si sobre os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Cu, Zn e Si, de lignina, de fenóis totais e taninos, em uma população cultivada de *M.ilicifolia*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Maytenus ilicifolia*

A espécie *M. ilicifolia* pertence à ordem Celastrales, e família Celastraceae, a qual engloba 50 gêneros compreendendo 800 espécies distribuídas nos trópicos e apenas alguns gêneros nas regiões temperadas. Esta espécie predomina nos estados da região Sul do Brasil, e nos países vizinhos, Paraguai, Uruguai e Leste da Argentina. (CRONQUIST, 1981¹, citado por CARVALHO-OKANO, 1992).

No Brasil, *M. ilicifolia* apresenta uma distribuição predominantemente subtropical, ocorrendo em regiões onde o tipo climático predominante é o Cfb, com temperatura média do mês mais quente de 22°C, temperatura média do mês mais frio superior a 10°C, e precipitação média anual de 1500 mm (CARVALHO-OKANO, 1992; LEITE, 1994).

No Paraná, *M. ilicifolia* pode ocorrer em clima do tipo Cfa como um elemento raro na vegetação, em áreas de contato das Florestas Estacional Semidecidual e Ombrófila Densa com a Floresta Ombrófila Mista. Estudos tem identificado populações da espécie distribuídas sobre diferentes litologias e classes de solo;além disso observa-se que a

¹ Cronquist, A . **An integrated system of classification of flowering plants**. New York, Columbia University Press, 1981.

espécie é tolerante a diferentes regimes de saturação hídrica do solo, entretanto, tem-se constatado que quanto mais próximo o lençol da superfície, mais rara a sua ocorrência (RADOMSKI, 1998; MAZZA *et al.*, 2003; RADOMSKI *et al.* 2004a).

A maior parte da bibliografia referente a levantamentos fitossociológicos e sucessão secundária, em remanescentes da Floresta Ombrófila Mista, no Paraná e em Santa Catarina, indicam a presença de *M. ilicifolia* em estágios mais avançados da vegetação, ocupando normalmente o sub-bosque das formações (GALVÃO *et al.*, 1989; ZILLER, 1996; SILVA *et al.*, 1998; NEGRELLE e LEUCHTENBERGER, 2001). Deve-se considerar, entretanto, que na maior parte dos levantamentos fitossociológicos, a frequência de indivíduos adultos desta espécie é bastante baixa. Este fato está relacionado, basicamente, à metodologia adotada nestes estudos, em geral limitando as observações ao compartimento arbóreo superior, com medição de indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) maior que 5 cm.

Já em áreas com restrição edáfica para o desenvolvimento de uma vegetação de maior porte (especialmente sobre afloramentos de rocha associados a Neossolos Litólicos), a frequência de indivíduos de *M. ilicifolia* é bastante elevada. Nestes ambientes, a espécie normalmente predomina na vegetação, desenvolvendo-se e reproduzindo-se, a pleno sol (SOUZA, 2000; STEENBOCK, 2003).

Em ambientes com solos hidromórficos, também é possível identificar uma frequência maior de *M. ilicifolia*, incluindo a regeneração natural, conforme constatado por BARDDAL (2002) e MAZZA *et al.* (2003).

Em relação às exigências e estratégias da espécie, baseadas apenas na condicionante lumínica, BARDDAL (2002) classifica *M. ilicifolia* como **potencial facultativa umbrófito**, em função do predomínio de indivíduos jovens no compartimento inferior da floresta aluvial. Cabe citar que mudas da espécie introduzidas em área de capoeirão (fase avançada da sucessão), apresentaram desenvolvimento praticamente nulo, três anos após o plantio (RACHWAL *et al.*, 2002).

Levantamentos pedológicos em comunidades vegetais onde se registrou a ocorrência de *M. ilicifolia* demonstram que a espécie ocorre tanto em solos álicos,

com baixa saturação em bases trocáveis, quanto em solos eutróficos (NEGRELLE e LEUCHTENBERGER, 2001; BARDDAL, 2002; RADOMSKI *et al.*, 2004).

Outro fato bastante relevante constatado a campo, é que, no Paraná, a ocorrência de populações de *M. ilicifolia* nas planícies aluviais está estreitamente condicionada ao regime hídrico dos solos. Isto vale para os Gleissolos Melânicos e Hápicos e para os Neossolos Flúvicos (gleicos e típicos). No caso destes solos, o regime de saturação hídrica pode ser subdividido em: a) pleno (lençol freático na superfície, caso dos solos mal e muito mal drenados) e b) parcial (lençol freático oscilante, caso dos solos imperfeitamente drenados). A frequência de *M. ilicifolia* está condicionada ao período de saturação hídrica em cada um destes dois regimes: permanente e temporário. Sobre solos com regime de saturação hídrica pleno e permanente a espécie não ocorre (RADOMSKI *et al.*, 2004b).

A princípio, a tolerância de *M. ilicifolia* a determinados regimes hídricos parece estar relacionada à distribuição de seu sistema radicular. Ao se observar plantas em ambientes naturais, percebe-se uma concentração de raízes até 20 cm de profundidade no solo, onde as reações de redução no solo são menos intensas e menor a probabilidade de toxidez por elementos como o Mn, por exemplo, comum em ambientes hidromórficos, com processos de gleização (RADOMSKI *et al.*, 2004b).

Em relação aos estudos relacionados às propriedades terapêuticas da espinheira-santa estes se concentram nas áreas de fitoquímica e farmacologia (LIMA *et al.*, 1971; AHMED *et al.*, 1981; MANDICH *et al.*, 1984; SANTOS *et al.*, 1987; SIMÕES *et al.*, 1988; CARLINI, 1988; VARGAS *et al.*, 1989; ITOKAWA *et al.*, 1991; ITOKAWA *et al.*, 1993; GONZALEZ, 1998; MONTANARI *et al.*, 1998; GONZALEZ *et al.*, 2001; NIERO *et al.*, 2001; SOUZA, 2001; MELO *et al.*, 2001; SOARES *et al.*, 2004; MOSSI, 2003).

CARLINI (1988) constatou o efeito de extratos aquosos da espinheira-santa no combate às úlceras gástricas, citando que esta ação pode, em parte, ser atribuída à presença de taninos nestas plantas. O autor baseou-se nos trabalhos de YOSHIZAWA *et al.*

(1987)² e USHIDA *et al.* (1987)³, os quais relacionam a ação antitumoral e anti-radicaís livres de oxigênio dos compostos tânicos.

BERNARDI e WASICKY (1959) foram os primeiros autores a relatar a presença de substâncias tânicas em diferentes tipos de folhas de *M. ilicifolia*. O teor de taninos em folhas coletadas de diversos ambientes revelou grande variação, fato associado às características morfológicas e às condições de insolação. Segundo os autores, folhas de sol apresentaram menor comprimento e maior concentração de substâncias tânicas. Além destas observações, citam a ocorrência de cristais de oxalato de cálcio nos tecidos foliares de *Maytenus ilicifolia*.

SILVA *et al.* (1991), também encontraram diferentes concentrações de polifenóis totais e taninos em materiais de espinheira-santa coletados de diversos ambientes no município de Araucária, Paraná.

RADOMSKI (1998), obteve uma média de teor de taninos (6,7 %) superior aos teores obtidos por BERNARDI e WASICKY (1959), os quais variaram de 1,92 a 3,85 %, e por SILVA *et al.* (1991) cuja faixa obtida foi de 3,3 a 4,9 %. Provavelmente estas diferenças se devem a diferentes condições ambientais das populações estudadas nos respectivos estudos.

Nos estudos efetuados por RADOMSKI (1998), em uma população natural de *M. ilicifolia* distribuída sobre quatro distintos ambientes em uma mesma topossequência, foi verificada a influência do solo e da luminosidade sobre a composição fitoquímica da espécie - os teores foliares de N, K, B e Si variaram entre os ambientes, principalmente em função da intensidade luminosa, tendo sido observadas correlações negativas entre estes elementos e a disponibilidade de luz. Para P, Mn e Cu as diferenças observadas entre os ambientes indicam uma possível interação entre solo e luminosidade na absorção destes elementos. Os teores de Ca, Mg, Fe, Al e Zn não apresentaram diferenças entre os ambientes. No caso dos taninos os teores foram superiores nas plantas crescendo a

² Yoshizawa,S.; Horiuchi,T.; Fijjiki,H. Antitumor promoting activity of (-) - epigallocatechin gallate, the main constituent of "Tannin" in green tea. **Phytotherapy Research** 1:44-47, 1987.

³ Ushida,S.; Edamatsu, R.; Hiramtsu,M.; Mori,^a; Nonaka,G.; Nishioka,I.; Niwa,M.; Ozaki,M. Condensed tannins scavenge active oxygen free radicals. **Medical Science Research** 15:831-832, 1987.

pleno sol.

RADOMSKI *et al.* (2004a), observaram que em ambientes de sombra os teores de Si e de polifenóis totais foram iguais a 1075 mg.kg⁻¹ e 7,0%, respectivamente, enquanto que no ambiente a pleno sol os teores foram de 692 mg.kg⁻¹ e 10,3%. Segundo os autores, esta relação inversa entre a presença de Si e dos compostos polifenólicos poderia ser atribuída ao papel do Si na defesa da planta, no caso de ambientes de sombra, onde a síntese dos polifenóis é reduzida pela menor disponibilidade de luz.

RADOMSKI e WISNIEWSKI (2004) observaram uma tendência de maior solubilidade do Si nas plantas de *M. ilicifolia* crescendo a pleno sol (74% contra 53% na sombra); os autores relacionaram estas diferenças às formas de ligação menos estáveis do elemento aos complexos fenólicos, e, conseqüentemente, a diferentes acúmulos nas paredes de células lignificadas, conforme comentado por MARSCHNER (1995).

Estudos referentes à diversidade genética da espécie têm sido conduzidos, abordando a variabilidade inter e intrapopulações, protocolos de mapeamento genético e formação de bancos de germoplasma (BITTENCOURT, 2000; CALHEIROS, 2000; SCHEFFER, 2001; PERECIN e KAGEYAMA, 2002; STEENBOCK, 2003).

BITTENCOURT (2000), estudando a variabilidade genética em populações naturais do Estado do Paraná, cita que a estrutura genética da espinheira-santa está intimamente relacionada ao microambiente (no caso, solos) no qual estas se desenvolveram. Por outro lado, SCHEFFER (2001), em seu estudo com diferentes progênies conclui que, a maior parte da variação genética concentra-se dentro das populações, a identidade genética entre as populações diminui à medida que aumenta a distância geográfica entre as mesmas e que, aparentemente, não ocorre interação genótipo x ambiente em espinheira-santa. Considerando que, na sua área de ocorrência natural, a espécie vegetal em diferentes condições ambientais, cabe analisar até que ponto estas foram incorporadas geneticamente, influenciando a síntese de substâncias bioativas de interesse terapêutico.

STEENBOCK (2003) observou que há fortes evidências de que as maiores taxas de fecundação cruzada em certas populações de *M. ilicifolia*, podem ser influenciadas pela diferenciação floral. Nos estudos do autor, a população que possuía

indivíduos portando os dois tipos florais (tipo A= funcionalmente feminina, e tipo B=funcionalmente masculina) teve maior endogamia e menor taxa de alogamia que a população na qual os indivíduos portavam flores do tipo A ou do tipo B. A presença de apenas um tipo floral tende a reduzir a autofecundação, mas em indivíduos com os dois tipos florais a autofecundação ocorre de forma expressiva.

Em relação a outras fontes de variação na composição fitoquímica do gênero *Maytenus*, cabe citar um experimento com *M. aquifolia*, onde em árvores originadas de sementes de mesma procedência, foi encontrada diferença significativa no teor de fenóis totais dos indivíduos (PEREIRA *et al.*, 1994). Neste caso, não se pode desprezar a hipótese de haver, também, variação devido a fatores genéticos em relação ao teor de taninos nas folhas, pois não é raro que espécies medicinais apresentem raças químicas.

O cultivo da espinheira-santa, ainda em pequena escala, é praticado por produtores que vêm testando, empiricamente, espaçamentos e formas de manejo, sempre a pleno sol. A tendência é de ampliação das áreas de cultivo, uma vez que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária exige que o fabricante de fitoterápicos, para registro de seus produtos, comprove estar adquirindo matéria-prima de fornecedores em conformidade com a legislação ambiental (BRASIL, 1985; BRASIL, 1995; BRASIL, 2000).

Apesar do crescente interesse pelo plantio da espécie, estudos avaliando o efeito do uso de corretivos e/ou fertilizantes sobre a composição fitoquímica de *M. ilicifolia* são bastante escassos. Em relação aos estudos agronômicos, existem trabalhos sobre formas de propagação, seja por sementes (EIRA *et al.*, 1993; ROSA *et al.*, 1996; ROSA, 1999; SCHEFFER *et al.*, 1999), ou por propagação vegetativa (SILVA, 1999; PEREIRA, 1993a). Alguns cultivos experimentais foram realizados buscando relacionar os efeitos da adubação (MAGALHÃES, 1994; PEREIRA, 1993b) e da poda (RACHWAL, comunicação pessoal⁴), sobre o desenvolvimento e a composição fitoquímica da espinheira-santa.

Cabe ressaltar que, no Paraná, *M. ilicifolia* é uma das espécies nativas de ocorrência rara (SEMA/GTZ, 1995). A coleta indiscriminada de grandes quantidades de folhas, sem qualquer critério técnico, além de depredar o patrimônio genético vegetal, pode

⁴ RACHWAL, M.G. Embrapa Florestas. Colombo-PR.

levar esta espécie à extinção. Neste sentido, a “Primeira Reunião Técnica sobre Recursos Genéticos de Plantas Medicinais e Aromáticas” (VIEIRA *et al.*, 2002) indicou, para a região da Mata Atlântica, a espinheira-santa como uma das principais espécies para ações prioritárias de pesquisa.

2.2 Silício

O Si é um não-metal que ocorre na natureza nos estados de oxidação -4, +2, e +4. Este elemento é o segundo mais abundante da crosta terrestre cuja composição, na sua maior parte, é de silicatos com metais agregados em estruturas aluminossilicatadas. Na natureza, o Si ocorre freqüentemente na forma de óxidos (quartzo, quartzo-ametista, ágata, jaspe e opala), e silicatos (hornblendas, asbestos, feldspatos, micas e argilo-minerais) (MINEROPAR, 2005).

O quartzo, SiO_2 , é o mineral mais resistente nos solos, e é conhecido por ocorrer também na forma criptocristalina, a opala, à qual alguns pesquisadores atribuem uma origem biológica, ou seja, depósitos de silicatos em tecidos vegetais (KLEIN e GEIS, 1978; ÁLVAREZ *et al.*, 2005; BORRELLI *et al.*, 2005; VALLEJO *et al.*, 2005).

Em regiões temperadas, os teores de Si, na forma de aluminossilicatos, costumam ser maiores que os dos sesquióxidos de Al e Fe; nas regiões tropicais úmidas, solos bastante intemperizados, altamente lixiviados, ácidos e com baixos teores de argila, podem ter limitações quanto ao silício disponível para as plantas (KORNDÖRFER e DATNOFF, 1995; MARSCHNER, 1995).

O Si solúvel ocorre na forma de ácido monossilícico – Si(OH)_4 , na faixa de pH de 4 a 9, sendo que sua concentração na solução do solo é controlada principalmente pelo pH dependente das reações de adsorção dos sesquióxidos (MENGEL e KIRBY, 1987; MARSCHNER, 1995).

O Si pode ser adsorvido às superfícies dos óxidos de Fe, possivelmente nos mesmos sítios do P; o fato de competirem pelos mesmos sítios de adsorção pode fazer com que o Si(OH)_4 , quando adicionado ao solo, favoreça a liberação do P para as plantas, ou diminua o excesso de absorção, no caso de uma elevada adubação fosfatada. Deste modo, de

maneira indireta, o Si pode favorecer o desenvolvimento de plantas via regulação da absorção de P (OBIHARA e RUSSEL, 1972; KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992).

Neste sentido, trabalhos têm sido desenvolvidos, buscando comprovar os efeitos da aplicação de Si sobre o aumento na disponibilidade de P no solo, e conseqüentemente, seu efeito sobre o desenvolvimento de culturas anuais como o milho (MA *et al.*, 2001), e o arroz (CARVALHO-PUPATTO, 2004), e espécies perenes como o eucalipto (CARVALHO *et al.*, 2000).

Por outro lado, MENGEL e KIRBY (1987) citam que óxidos de Al são mais efetivos que óxidos de Fe na adsorção de Si. Com base neste fato, diversos autores citam o papel do Si na formação de complexos estáveis com o Al, reduzindo os efeitos nocivos deste elemento através da deposição de aluminossilicatos, no solo, ou no interior de organismos (DUAN e GREGORY, 1998; PERRY e KEELING-TUCKER, 1998; NEUMANN e NIEDEN, 2001; BRITZ *et al.*, 2002).

O silício é absorvido na forma de Si(OH)_4 , entretanto os mecanismos para sua absorção e translocação dentro da planta não são plenamente conhecidos e parecem variar entre as espécies vegetais. Devido a esta variação, e ao conteúdo de Si e da relação Si/Ca, na matéria seca, autores classificam as espécies vegetais em acumuladoras, intermediárias e não acumuladoras (MARSCHNER, 1995; EPSTEIN, 1994).

Dentre as acumuladoras destacam-se espécies agrícolas como o arroz, a cana-de-açúcar (KORNDÖRFER *et al.*, 2002), espécies forrageiras da família Poaceae (*Phalaris* spp., *Brachiaria* spp.) (HARRISON, 1995; KORNDÖRFER *et al.*, 2002), e não forrageiras como o bambu (*Phyllostachys bambusoides*, *P. Pubescens* e *Sasa veitchii*) (MOTOMURA *et al.*, 2002), e também vegetais da família Equisetaceae (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995), além de organismos do reino Protista, como diatomáceas e esponjas, cujo conteúdo de sílica pode variar de 1 a 90% (HOLZHÜTER *et al.*, 2005).

No interior da planta, 99% do Si acumulado encontram-se na forma de ácido silícico polimerizado, o restante, 1%, encontra-se na forma coloidal ou iônica (KORNDÖRFER *et al.*, 2002). Ao ser absorvido pelas plantas, o Si é facilmente translocado

no xilema, e tem tendência natural a se polimerizar, associando-se a compostos orgânicos como proteínas, polissacarídeos e lignina (EPSTEIN, 1994; KOLESNIKOV e GINS, 2001).

O Si também é encontrado nas plantas na forma de sílica amorfa hidratada ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), também chamada de opala ou fitolito. Nesta forma o Si torna-se imóvel e não pode ser redistribuído dentro da planta. A sílica hidratada pode estar depositada no lúmen e na parede celular, nos espaços intercelulares ou nas camadas externas, em raízes, folhas, e brácteas das inflorescências de cereais (EPSTEIN, 1994).

Para a maior parte das plantas o Si não é considerado um elemento essencial, entretanto alguns grupos, como as diatomáceas e as equisetáceas, dependem deste elemento para seu estabelecimento e crescimento (HOFFMANN e HILLSON, 1979; EPSTEIN, 1994).

Vários efeitos benéficos são relacionados à presença de Si nas plantas, dentre eles, uma maior resistência da parede celular e resistência ao acamamento (KORNDÖRFER *et al.*, 2002), a proteção contra ataque de fungos e insetos sugadores e mastigadores (DATNOFF *et al.*, 1991; KORNDÖRFER e DATNOFF, 1995; EPSTEIN, 1994; HAMMERSCHMIDT, 2005), a tolerância ao stress hídrico (MARSCHNER, 1995) e a tolerância a toxidez por Al, Cu, Fe, Mn e Zn (HODSON e SANGSTER, 1999; NEUMANN e NIEDEN, 2001; ROGALLA e RÖMHELD, 2002; IWASAKI *et al.*, 2002; BRITZ *et al.*, 2002).

A biossíntese de compostos fenólicos, como a lignina, também parece ser regulada pela maior ou menor disponibilidade de Si. A alta afinidade do ácido silícico por *o*-difenois, como o ácido cafeico e ésteres correspondentes, resulta em complexos de silício de alta estabilidade e baixa solubilidade, os quais teriam uma função estrutural na forma de depósitos nas paredes de células lignificadas, balanceando a biossíntese de lignina. Isto seria uma vantagem para a planta, já que a biossíntese dos complexos de silício demanda muito menos energia do que a síntese de lignina (RAVEN, 1983⁵, citado por MARSCHNER, 1995).

INANAGA e OKASAKA (1995) e INANAGA *et al.* (1995), relataram o papel do Si e do Ca na formação de ligações entre carboidratos e lignina, a partir da sua

⁵ RAVEN, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biol. Ver. Cambridge Philos. Soc.** **58**(2):179-207, 1983.

associação com ácidos fenólicos e anéis aromáticos, nas paredes celulares de plantas de arroz, o que confere maior resistência aos tecidos vegetais.

Ainda neste sentido, cabe citar outro importante papel do Si na substituição de fenólicos em funções como proteção contra raios UV e defesa contra herbivoria, a partir de depósitos na parede celular formados a um menor custo energético para a planta (GOTO *et al.*, 2003).

Grande parte dos trabalhos tem focado o efeito da aplicação do Si na produtividade do arroz (DEREN *et al.*, 1994; KORNDÖRFER e DATNOFF, 1995; KORNDÖRFER *et al.*, 1999a; KORNDÖRFER *et al.*, 1999b; CARVALHO-PUPATTO *et al.*, 2003). Estudos com espécies de outras famílias também têm demonstrado o aumento da produtividade de culturas como a soja, o pepino e a videira, em função do aumento da disponibilidade deste elemento para as plantas. (ADATIA e BESFORD, 1986; CHÉRIF e BÉLANGER, 1992; MENZIES *et al.*, 1992; VOOGT, 1992).

Os efeitos da adubação com Si em espécies arbóreas também têm sido relatados. EMADIAN e NEWTON (1989) observaram maior desenvolvimento de mudas de *Pinus taeda* que receberam aplicação de Si e adubação em relação às plantas que receberam apenas adubação convencional. BRADBURY e AHMAD (1990) verificaram que a aplicação de Si, em solos salinos, aumenta a produção de biomassa de *Prosopis juliflorai*; os autores sugeriram que este efeito pode estar relacionado ao papel do Si na elasticidade das paredes primárias das células.

Estudos com eucalipto demonstraram os benefícios da aplicação do Si sobre esta cultura. CARVALHO *et al.* (2000 e 2003), observaram ganhos em fósforo e incrementos na produção de matéria seca da parte aérea, em plantas de *Eucalyptus grandis* cultivadas em Cambissolo, o qual recebeu aplicação de Si, após adubação fosfatada. Os autores chamaram a atenção sobre o papel do Si como elemento útil aos vegetais, notadamente às gramíneas, e, pelo fato da sua função nas dicotiledôneas ainda não ter sido relatada, consideram que outros fatores, além do Si, também devem estar envolvidos na produção de matéria seca do eucalipto.

A pesquisa também tem avançado no sentido de identificar os múltiplos benefícios da utilização de resíduos industriais ricos em Si, como as escórias de alto forno de indústrias siderúrgicas. Estudos sobre os efeitos da aplicação destes resíduos têm sido conduzidos particularmente em espécies acumuladoras de Si, como o arroz e a cana-de-açúcar, avaliando-se os benefícios da fertilização com base neste elemento sobre a produtividade destas culturas (CARVALHO, 2000; PRADO, 2000; CARVALHO-PUPATTO et al., 2004).

Além do interesse agrônômico, o Si tem assumido importância como elemento nutracêutico, com várias ações sobre o organismo de humanos e animais (TESKE e TRENTTINI, 1997; LESNIEWICZ *et al.*, 2006; KOLESNIKOV e GINS, 2001). Assim como nas plantas, no organismo animal o silício está presente nos mecanismos de defesa e desintoxicação; contribui com a função dos tecidos conectivos, promove força e elasticidade às paredes dos vasos, promove a biossíntese de colágeno e a formação e calcificação dos tecidos ósseos. Além disso, o silício está envolvido no metabolismo do fosfato e dos lipídios (KOLESNIKOV e GINS, 2001).

KOLESNIKOV e GINS (2001), estudando formas de Si em várias espécies medicinais, observaram que 50% do conteúdo total do elemento nas plantas correspondiam à fração orgânica (Si ligado a proteínas, lignina e polissacarídeos).

RADOMSKI e WISNIEWSKI (2004) obtiveram uma concentração média de 0,09% de Si total em folhas da espécie medicinal *Maytenus ilicifolia* (espinheira-santa), sendo que 50% deste encontrava-se na forma hidrossolúvel.

2.3 Compostos fenólicos – taninos e lignina

Por uma questão de conveniência, os compostos químicos das plantas são freqüentemente classificados como metabólitos primários ou secundários (BALANDRIN *et al.*, 1985; SALISBURY e ROSS, 1992).

Os açúcares e outros carboidratos são considerados os produtos finais da fotossíntese e a fonte de carbono e energia para a síntese de gorduras, ácidos graxos, aminoácidos e ácidos orgânicos. Nas plantas superiores, todos estes compostos estão freqüentemente concentrados nas sementes e órgãos vegetativos de armazenagem, sendo denominados metabólitos primários, pois deles depende o metabolismo básico da célula e, conseqüentemente, o desenvolvimento fisiológico do vegetal (BALANDRIN *et al.*, 1985; WARING e SCHLESINGER, 1985)

Os metabólitos secundários, ou compostos secundários, são biossinteticamente derivados do metabolismo primário, e podem ser reconvertidos para açúcar e outros compostos utilizados na estrutura e manutenção das plantas (BALANDRIN *et al.*, 1985; WARING e SCHLESINGER, 1985). Ao contrário dos metabólitos primários, são sintetizados preferencialmente em células especializadas e em distintos estádios de desenvolvimento da planta, o que muitas vezes dificulta seu doseamento, extração e purificação (BALANDRIN *et al.*, 1985).

De 30 a 40% da energia apreendida pela fotossíntese é utilizada para o crescimento das plantas, via síntese de novas moléculas, e para a manutenção das células vivas. Esta porcentagem, no entanto, varia entre algumas espécies. Algumas plantas, por exemplo, usam mais energia do que outras, como é o caso da síntese de compostos secundários como taninos ou alcalóides, ou compostos estruturais como a lignina (BIDWELL, 1974; KRAMER e KOZLOWSKI, 1979; SALISBURY e ROSS, 1992).

Alguns compostos secundários são acumulados pelas plantas em menores quantidades, devido ao elevado custo energético dos complicados processos de síntese destes produtos (FLÜCK, 1954; COLEY *et al.*, 1985).

A distribuição dos metabólitos secundários é mais limitada no reino vegetal, restringindo-se a grupos taxonômicos particulares (espécie, gênero, família, ou grupo de famílias) (BALANDRIN *et al.*, 1985).

Estes compostos aparentemente não apresentam nenhuma função específica no metabolismo primário da planta (KRAMER e KOZLOWSKI, 1979; SALISBURY e ROSS, 1992; ROBBERS *et al.*, 1997), estando associados mais ao seu papel ecológico.

Como exemplo de compostos secundários com função ecológica pode-se citar: atrativos de polinizadores (carotenos e antocianinas); adaptações químicas a estresses ambientais (mucilagens e gomas); defesas químicas contra microorganismos, insetos, predadores superiores e mesmo contra outras plantas (alcalóides, glicosídeos cianogênicos, terpenos e taninos) (FLÜCK, 1954; JANZEN, 1980; BALANDRIN *et al.*, 1985; COLEY *et al.*, 1985; WARING e SCHLESINGER, 1985; COLEY, 1987).

Quando os compostos secundários presentes nas plantas exercem algum efeito fisiológico de propriedade terapêutica, é prática comum individualizar os responsáveis por tal efeito, denominando-os de princípios ativos. O princípio ativo de uma planta medicinal pode ser um composto ou um conjunto de compostos que interagem e proporcionam o efeito de tratamento (ROBBERS *et al.*, 1997).

Os fenóis vegetais são compostos secundários, não nitrogenados, baseados em cadeias de carbono, cujo elemento estrutural fundamental caracteriza-se por um anel benzênico ao qual está ligada pelo menos uma hidroxila (BRUNETON, 1991). Constituem um grupo quimicamente heterogêneo, com aproximadamente 10.000 compostos – alguns solúveis apenas em solventes orgânicos, outros solúveis em água, e há ainda aqueles que são grandes polímeros insolúveis (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Duas rotas metabólicas básicas estão envolvidas na síntese dos compostos fenólicos: a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido malônico. Nas plantas superiores, a classe mais abundante de compostos fenólicos é derivada da fenilalanina, por meio da eliminação de uma molécula de amônia para formar o ácido cinâmico. Esta reação é catalisada pela fenilalanina amonioliase (PAL), situada em um ponto de ramificação entre os metabolismos primário e secundário, de forma que a reação que esta enzima catalisa é uma

etapa reguladora importante na formação de muitos compostos fenólicos (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Na Figura 1 encontra-se um esquema simplificado das vias de síntese dos compostos fenólicos.

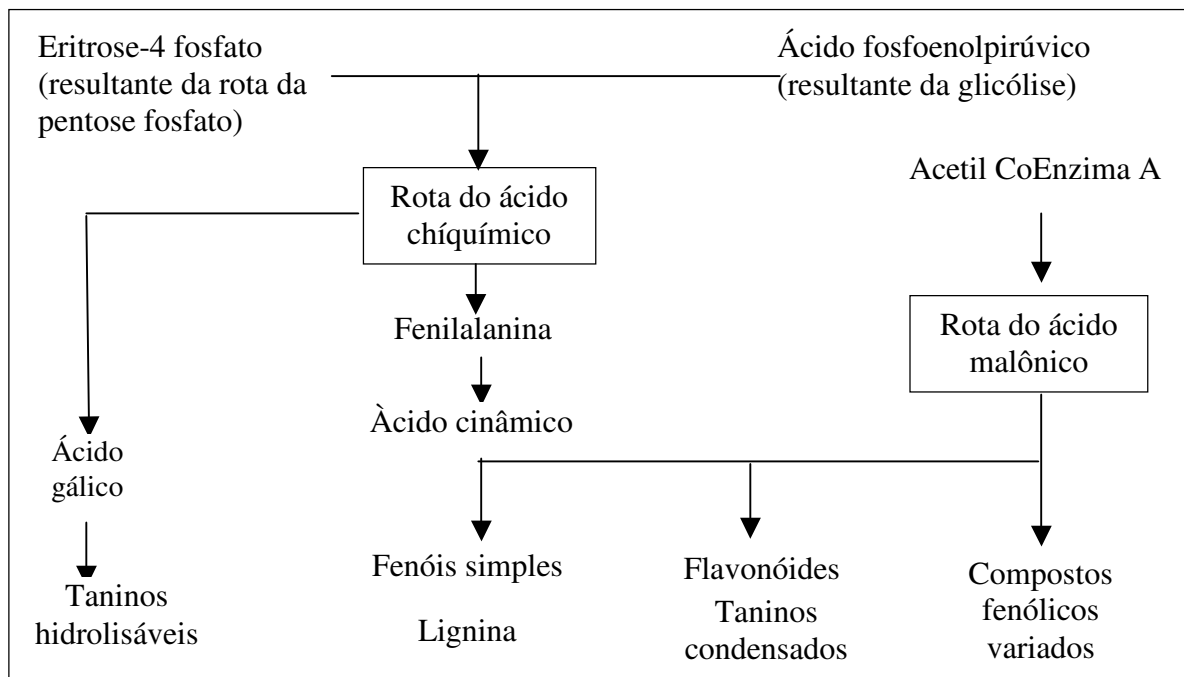


Figura 1 – Vias de síntese dos compostos fenólicos (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Além de estarem relacionados a inúmeros processos ecológicos (RICE e PANCHOLY, 1974; FEENY, 1976; COLEY *et al.*, 1985; WARING e SCHLESINGER, 1985; LARCHER, 1986; COLEY, 1987; HORNER *et al.*, 1988; KUITERS, 1990; SALISBURY e ROSS, 1992), o grupo inclui substâncias com comprovada ação terapêutica e utilizadas tradicionalmente na medicina popular (POWEL e SMITH Jr., 1979; NOKAKI *et al.*, 1990; ITOKAWA *et al.*, 1991; PEREIRA *et al.*, 1992; BRUNETON, 1991; ROBBERS *et al.*, 1997).

Dentre os compostos fenólicos, destaca-se o grupo dos **polifenóis**, polímeros dos fenóis simples, que apresentam grande peso molecular (ROBBERS *et al.*, 1997).

Os dois principais grupos de polifenóis são as ligninas e os taninos. SWAIN (1979), afirma que estes dois compostos são os mais importantes componentes dos vegetais, não só por sua distribuição quase universal, mas também pela sua história, mais antiga que a de qualquer outra classe de compostos secundários.

A lignina é um componente estável das paredes das células, atuando na defesa contra agentes patogênicos e estresse hídrico (KOZLOWSKA e KRZYWANSKI, 1994; KURUP *et al.*, 1994). Pode responder por 20-30% da massa das células lenhosas. Desta forma, quando ocorre o crescimento dos tecidos de suporte e condução, a competição por recursos (p.ex. nutrientes do solo) pode limitar a produção de compostos secundários que possuem a mesma via de síntese, como os taninos (WARING e SCHLESINGER, 1985).

Os taninos compreendem um grande grupo de substâncias complexas, e que ocorrem, em geral, como misturas de polifenóis difíceis de separar por não se cristalizarem. Por este motivo, muitos destes compostos nunca foram isolados e caracterizados, dificultando a compreensão da sua origem biogenética (ROBBERS *et al.*, 1997). Apesar da sua solubilidade em água, os taninos são destruídos por fervura prolongada, e podem, também, reagir com o ar e tornarem-se inativos (MARTINS *et al.*, 1994).

Os taninos costumam ser divididos em: **taninos hidrolisáveis**, compostos de alto peso molecular, passíveis de sofrer hidrólise, produzindo os ácidos fenólicos (ácido gálico, p.ex.) e açúcar; e, **taninos condensados**, que não sofrem hidrólise e possivelmente são derivados de flavonóides. Estes taninos contêm, basicamente, núcleos fenólicos, algumas vezes ligados a carboidratos ou proteínas, e quando tratados com agentes hidrolíticos tendem a polimerizar-se, resultando em produtos insolúveis, geralmente de coloração vermelha, conhecidos como flobafenos (HASLAM, 1966; ROBBERS *et al.*, 1997). ZUCKER (1983) sugeriu que os taninos condensados estariam relacionados à proteção contra microorganismos, enquanto que os hidrolisáveis protegeriam a planta contra herbívoros.

Alguns autores consideram que os taninos predominam entre as espécies arbóreas, devido ao grande investimento energético exigido na síntese destes compostos (FEENY, 1976; COLEY, 1987), ou à sua possível função como precursores no processo de lignificação (BATE-SMITH, 1972).

Espécies que contêm taninos, como a hamamélis (*Hamamelis virginiana*) e a noz-de-galha (*Quercus infectoria*), bem como os taninos parcialmente purificados (ácido tânico, p.ex.) e seus derivados (ácido acetiltânico), são usadas como adstringentes das mucosas, principalmente do tubo digestivo, e em escoriações cutâneas. No tratamento de queimaduras, agem como cicatrizantes, a partir da precipitação das proteínas

dos tecidos expostos, formando um revestimento protetor ligeiramente anti-séptico, sob o qual pode ocorrer a regeneração dos tecidos (MARTINS *et al.*, 1994; ROBBERS *et al.*, 1997).

MISIC (1986) ressaltou os efeitos do tanino no organismo humano, devido à sua ação adstrigente, bactericida, fungicida, antitóxica e antiinflamatória, prevenindo inclusive a penetração de substâncias carcinogênicas no sangue. O autor chama a atenção para o fato de o tanino inibir o crescimento descontrolado de tecidos vegetais, como as galhas, e de preservar tecidos animais, sugerindo que estas ações podem ser de grande utilidade para a medicina.

Cabe ressaltar que os taninos exercem sua ação terapêutica apenas em baixa concentração, quando tornam as mucosas impermeáveis, através da precipitação de pequenas quantidades de proteínas, prevenindo a penetração de agentes nocivos, como fungos e bactérias (ROBBERS, 1997); em grandes concentrações, podem exercer um efeito contrário, irritando as mucosas, e provocando inclusive o câncer (MORTON, 1979).

SCUTAREANU e LINGEMAN (1994) observaram que, em folhas de *Quercus robur*, os fenóis totais correlacionaram-se positivamente com tanino, ácidos orgânicos, nitrogênio protídico, frutose e sacarose foliares, bem como com o pH, potássio, cálcio e magnésio do solo. Os teores de tanino também se correlacionaram positivamente com o nitrogênio e o fósforo do solo, e negativamente com pH, potássio, cálcio e magnésio.

KAPEL e KARUNANITHY (1977) obtiveram uma correlação positiva entre a disponibilidade de manganês e a produção de taninos em *Acacia catechu*.

VARANDA *et al.*(1998), estudando a vegetação da mata mesófila semidecidual e do cerrado, no Estado de São Paulo, observaram diferenças entre espécies congênicas, para o teor de lignina e fenóis totais, em função do tipo de vegetação (mata e cerrado) e estação do ano (seca e chuvosa).

BERNARDI e WASICKY (1959) foram os primeiros autores a relatar a presença de substâncias tânicas em diferentes tipos de folhas de *M. ilicifolia*. O teor de taninos nas folhas de espinheira-santa, coletadas em diversos ambientes, revelou grande variação. Isso foi associado às características morfológicas e às condições de insolação. Porém, num experimento com *M. aquifolia*, com árvores originadas de sementes de mesma procedência, foi encontrada diferença significativa no teor de fenóis totais dos indivíduos

(PEREIRA et al., 1994). Não se pode desprezar a hipótese de haver variação devido a fatores genéticos em relação ao teor de taninos nas folhas, pois não é raro que espécies medicinais apresentem raças químicas.

2.4 Variação genética e síntese de substâncias bioativas

A habilidade das espécies vegetais em sintetizar compostos secundários tem sido selecionada no curso da evolução em diferentes linhagens de plantas, cuja composição química está relacionada diretamente a necessidades específicas. É o caso, por exemplo, da síntese de constituintes químicos tóxicos, como os alcalóides, com função de repelir agentes patogênicos e herbívoros, ou suprimir o crescimento de plantas vizinhas (PICHERSKY e GANG, 2000).

Fatores bióticos e abióticos desempenham uma forte influência sobre a produção de substâncias bioativas, mais frequentemente denominados de compostos primários e secundários, nas plantas. De acordo com os autores (COLEY *et al.*, 1985; COLEY, 1987; JING e COLEY, 1990; BRAM e QUINN, 2000), variações no ambiente podem levar as plantas a expressar de forma diferenciada, a produção destas substâncias, seja na sua forma ou na quantidade.

Estudos relacionando aspectos genéticos e a síntese de substâncias bioativas são frequentes e tem por objetivo, principalmente, o controle artificial da síntese destas substâncias. É o caso, por exemplo, do taxol, substância antitumoral produzida por *Taxus brevifolia*. Estudos sobre a diversidade genética baseados em características relacionadas à produção do taxol, identificaram que a maior parte da variação genética encontra-se dentro das populações, o que indica que há uma grande similaridade genética entre árvores, mesmo estando distantes umas das outras. Também foram observados baixos valores para a herdabilidade de características ligadas aos taxanos, fato que favorece a seleção de materiais genéticos visando a produção de maiores quantidades da substância (WHEELER *et al.*, 1995).

LINDROTH e HWANG (1996) avaliando 31 clones de *Populus tremuloides*, cultivados sob as mesmas condições ambientais, observaram diferenças

significativas na composição química foliar, em particular nos teores de N, amido, glicosídeos fenólicos e taninos condensados.

CASTRO *et al.* (1999), avaliando dois acessos de *Baccharis myrioccephala* observaram diferenças no rendimento de tanino obtido para os dois materiais, com variação significativa no rendimento em função de diferentes épocas de colheita.

Estudos desenvolvidos com diferentes populações naturais de *Mimulus aurantiacus*, identificaram uma alta correlação entre populações geneticamente distintas e teor de resinas; indivíduos provenientes destas populações, cultivados em condição ambiental similar, mantiveram as mesmas variações na síntese de resinas (HARE, 2002).

LINDROTH *et al.* (2002), concluíram que tanto fatores genéticos quanto ambientais (e suas interações) influenciam a composição química de *Populus tremuloides* durante a fase de senescência foliar.

Estudos relacionando taxa de herbivoria com a variabilidade genética e ambiental em *Qualea parviflora* (Vochysiaceae), demonstraram uma maior predação de insetos em folhas mais ricas em nutrientes, e com menor concentração de fenóis totais e taninos, oriundas de populações localizadas sobre solos mais férteis; os autores não obtiveram relação entre a composição fitoquímica e a diversidade genética das diferentes populações avaliadas (GONÇALVES-ALVIM *et al.*, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi dividido em três estudos com populações de *M. ilicifolia*, relacionados a seguir:

1°. Em quatro populações naturais, localizadas sobre três regiões fisiográficas do Estado do Paraná;

2°. Em um Banco de Germplasma composto por 44 progênies, no município de Ponta Grossa, PR;

3°. Em uma população cultivada, onde foi estabelecido um ensaio para avaliar os efeitos da aplicação de Si em *M. ilicifolia*.

3.1 Caracterização das áreas de estudo de *Maytenus ilicifolia* e coleta de dados

3.1.1 Populações naturais

Foram selecionadas quatro populações naturais, distribuídas nas três regiões fisiográficas do Estado do Paraná:

1- Uma população na Região Metropolitana de Curitiba (Primeiro Planalto), denominada RMC;

2- Uma população na Floresta Nacional de Irati (Segundo Planalto), denominada FLONA;

3- Duas populações na Região de Guarapuava (Terceiro Planalto), estando uma localizada na área da Fundação para o Desenvolvimento da Região Centro-Oeste, denominada RURECO, e outra na fazenda da empresa Manasa Florestal – Madeireira Nacional S.A., localizada no distrito da Palmeirinha, denominada MANASA.

As três regiões fisiográficas do Paraná apresentam as seguintes características:

- Primeiro Planalto: é a zona de eversão entre a Serra do Mar e a escarpa Devoniana, a qual constitui, a oeste o limite oriental dos sedimentos da Bacia do Paraná. Apresenta duas porções bem distintas – a região de Curitiba, na parte meridional, caracterizada por topografia ondulada, com colinas suavemente arredondadas e altitude uniforme (850 a 950 metros), e a parte setentrional, marcada por relevo mais enérgico, onde dominam cabeços de estrato, espigões e vales alongados. A população estudada encontra-se na primeira porção, particularmente nas áreas de depósitos fluviais recentes, onde ocorrem solos hidromórficos, gleizados ou não, e solos orgânicos, e também sobre a Formação Guabirotuba, onde ocorrem predominantemente os Cambissolos (EMBRAPA, 1984).
- Segundo Planalto: constitui-se exclusivamente de rochas sedimentares da Era Paleozóica e rochas ígneas intrusivas, comportando-se como um imenso patamar de denudação, com altitudes de 1.100 a 1.200 metros. A área da FLONA caracteriza-se, particularmente, pela presença de sedimentos argilo-arenosos, pertencentes à formação Palermo (grupo Tubarão), além de feições geomórficas resultantes da ocorrência de diques de diabásio. A população natural estudada compreende indivíduos localizados nas planícies aluvionares dos rios Imbituva e Imbituvão, em altitudes que variam de 790 a 820 metros, onde predominam Neossolos e Cambissolos hidromórficos (OLIVEIRA, 1999).
- Terceiro Planalto: representa a região dos grandes derrames de magma, sendo que a região em questão caracteriza-se pelos derrames ácidos, do Grupo Chapecó. As populações de espinheira-santa encontram-se sobre solos derivados da decomposição de rochas eruptivas ácidas que compõem o planalto de Guarapuava

(EMBRAPA, 1984).

Nas regiões de estudo o tipo climático predominante é o Cfb - sempre úmido, com temperatura média do mês mais quente de 22 °C, temperatura média do mês mais frio superior a 10 °C, mais de cinco geadas noturnas por ano e precipitação média anual em torno dos 1500 mm (LEITE, 1994).

A vegetação original nas áreas do estudo é a Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), associada à Estepe Gramíneo-Lenhosa nas regiões de Guarapuava e Ponta Grossa (LEITE, 1994).

Durante o outono de 2004 foram amostrados 10 indivíduos de cada uma das quatro populações naturais, indivíduos estes selecionados a partir de critérios estabelecidos previamente pela autora, como: indivíduos adultos, vigorosos, com copa ampla e galhos com grande quantidade de folhas. De cada indivíduo coletou-se ramos do terço médio da copa, separando-se para a análise folhas plenamente expandidas entre a porção mediana e terminal do ramo. Estas coletas foram efetuadas durante o outono de 2004.

Para a caracterização química e granulométrica dos solos foram efetuadas duas amostragens:

- Tradagem para coleta de horizontes e classificação dos solos, segundo Embrapa (1988, 1999);
- Abertura de trincheiras junto ao tronco dos 40 indivíduos selecionados para coleta de amostras nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm.

Para caracterização do ambiente lumínico das populações foram efetuadas medidas da energia radiante do vermelho (655-665 nm), e vermelho-extremo (725-735 nm), com o equipamento – SKYE MO, e da Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR – 400 a 700 nm) com o equipamento Li-Cor Quantum. Os equipamentos foram instalados junto a indivíduos representando cada uma das três condições básicas de ambiente lumínico em que se encontram as populações, pleno sol, meia sombra (incidência direta de luz solar por pelo menos parte do dia) e sombra (ausência de incidência direta de luz solar). Para realização das leituras, os equipamentos foram posicionados a 1,30 m de altura do solo, junto à copa das

árvores e voltados para a direção norte. Em cada ambiente lumínico foram efetuados dois registros, um em agosto de 2005, representando as medidas de inverno, e um em fevereiro de 2006, representando as medidas de verão. Cada registro foi obtido a partir de apenas uma leitura diária, efetuada no período das 7:00 às 18:50horas.

3.1.2 Banco de Germoplasma

O banco de germoplasma de *M. ilicifolia* foi implantado em abril de 1998, na base física da Embrapa Negócios Tecnológicos, em Ponta Grossa, Paraná. A vegetação original do local do estudo é a Estepe Gramíneo-Lenhosa, com clima predominante do tipo Cfb (LEITE, 1994).

As mudas foram plantadas a pleno sol, sobre LATOSSOLO VERMELHO Tb Distrófico típico A moderado textura argilosa relevo suave ondulado, derivado de arenito Formação Itararé⁶.

Das 44 matrizes coletadas, 19 eram do Rio Grande do Sul (Viamão e Arroio do Conde), 10 de Santa Catarina (Campos Novos e Água Doce) e 15 do Paraná (Guarapuava, Laranjeiras do Sul, Campina Grande do Sul e Araucária), resultando em oito populações distintas, conforme consta na Tabela 1.

Para o teste de progênes, encerrado em março de 2000, foi adotado o delineamento experimental de blocos completos ao acaso, com cinco repetições e quatro plantas por parcela.

⁶ Curcio, G.R. Pesquisador Embrapa Florestas. Comunicação Pessoal.

Tabela 1 – Identificação das matrizes coletadas de oito populações de *Mayteuns ilicifolia* na região Sul do Brasil, e que compõem o banco de germoplasma (BGEM), localizado no município de Ponta Grossa, Paraná.

Estado	População	Matrizes/progênie
Rio Grande do Sul	Viamão	1, 3, 4, 6, 8, 9, 23, 24, 25, 36, 38, 39, 40, 99
	Arroio do Conde	10, 11, 12, 14, 15
Santa Catarina	Campos Novos	30, 31, 33, 34, 35, 49, 52, 53
	Água Doce	69, 75
Paraná	Guarapuava	18, 42
	Laranjeiras do Sul	43, 44, 45, 46, 48
	Campina Grande do Sul	55, 56, 58
	Araucária	85, 90, 94, 96, 97

Para a caracterização fitoquímica, em virtude do grande número de amostras, foram selecionadas apenas 25 das 44 progênie, de modo a representar as 8 populações dos três Estados, sendo analisados 3 indivíduos (repetições) por progênie.

Para a caracterização química e granulométrica dos solos foram efetuadas duas amostragens:

- Tradagem para coleta de horizontes e classificação dos solos, segundo Embrapa (1988, 1999);
- Abertura de trincheiras junto à 5 indivíduos de *M. ilicifolia*, distribuídas ao acaso, para coleta de amostras às profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm.

3.1.3 Ensaio de aplicação de Si

O ensaio foi estabelecido no ano de 2004, em uma área de cultivo de espinheira-santa, com onze anos de idade, localizada na sede da Embrapa Florestas, no município de Colombo-PR, sobre CAMBISSOLO HÚMICO Tb Distrófico A proeminente textura argilosa. O clima predominante na região é o Cfb.

Nesta área os indivíduos encontram-se dispostos em 21 linhas, com espaçamento de 1 metro na linha por 2 metros entre linhas. Em algumas das linhas foram delimitadas parcelas lineares contendo 3 indivíduos de *M. ilicifolia* por parcela, com bordadura de pelo menos 2 metros entre parcelas na linha.

Foram utilizadas cinco doses de Si, na forma de silicato de cálcio, CaSiO_3 - 0, 150, 300, 450 e 600 mg dm^{-3} de Si. A fonte de Si foi o produto Recmix, uma escória da produção de aço inox. Em função do alto poder de neutralização deste produto, foi efetuada correção complementar do pH, com calcáreo, de modo a eliminar a interferência desta variável entre os tratamentos.

Os produtos (Recmix e calcáreo) foram aplicados ao mesmo tempo sobre o solo e incorporados manualmente, já que o sistema radicular das plantas é superficial e não permite um revolvimento muito intenso do solo. Este procedimento foi efetuado após a realização da colheita da espinheira-santa, em maio de 2003.

O delineamento foi inteiramente casualizado, com 6 repetições por tratamento, totalizando 30 parcelas, sendo cada parcela constituída por três plantas.

As amostragens de material foliar e de solos foram efetuadas um ano após a aplicação do produto, em maio de 2004. Amostras de material vegetal foram obtidas a partir da coleta de folhas plenamente expandidas da porção mediana dos ramos localizados no terço médio da copa. Cada repetição constou de uma amostra composta por material coletado dos três indivíduos que compunham cada parcela. O solo foi coletado a uma profundidade de 0-15 cm, obtendo-se uma amostra composta por parcela a partir da coleta de duas sub-amostras retiradas nos intervalos entre a planta central as plantas laterais.

3.2 Determinações

3.2.1 Solos

As amostras foram secas a 60^o C, destorroadas e peneiradas à fração 2mm. Foram realizadas as seguintes análises, de acordo com EMBRAPA (1979):

- pH em solução 0,01 M de cloreto de cálcio.
- Acidez potencial ($H^+ + Al^{+3}$) com acetato de cálcio 1N a pH 7,0.
- Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} com cloreto de potássio 1N.
- K^+ com ácido clorídrico 0,05N.
- P com extrator de Melich.
- C total determinado pelo método Walkley e Black, conforme descrito por PAVAN *et al.* (1992), e amostras com peso entre 0,1 e 0,5g.
- Fe^{+2} , Mn^{+2} , Cu^+ e Zn^{+2} , disponíveis (extração com HCl 0,1N e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer).
- Si disponível por colorimetria, com extrator cloreto de cálcio 0,01mol L⁻¹, segundo KORNDÖRFER *et al.* (1999a), citado por CARVALHO (2000).
- Granulometria pelo Método da Pipeta.

3.2.2 Material vegetal

3.2.2.1 Produção de biomassa aérea e massa específica foliar

A massa específica foliar foi determinada apenas para as amostras das populações naturais. Do material coletado de cada uma das quatro populações foram selecionadas, aleatoriamente, 100 folhas (HAAG, 1983), para determinação da área (em planímetro Modelo AAC-400) e da massa seca. A partir destas variáveis foi calculada a massa específica de folhas, dividindo-se a massa de 100 folhas, em gramas, pela sua área foliar, em cm².

No Banco de Germoplasma foi efetuada uma poda total dos indivíduos, no outono de 2003, para avaliação da produção de biomassa. O material obtido das podas foi pesado e levado para estufa a 45° C, onde foi secado até peso constante. Posteriormente foram separadas as folhas dos ramos, para determinação da massa seca de cada porção.

No ensaio de aplicação de Si as amostras coletadas foram pesadas para determinação da massa verde (MV) e em seguida colocadas em estufa para secagem a 45° C, até peso constante, sendo pesadas novamente para determinação da massa seca (MS).

A percentagem de matéria seca foi calculada através da fórmula:

$$\%MS = 100 - \{((MV-MS) \times 100) / MV\}$$

3.2.2.2 Morfotipos

Nas amostras procedentes do Banco de Germoplasma efetuou-se uma classificação dos indivíduos na tentativa de se obter morfotipos para *Maytenus ilicifolia*. A classificação foi realizada com base nos caracteres foliares descritos por CARVALHO-OKANO (1992), e definidos de acordo com critérios estabelecidos por RADOMSKI para este estudo, quais sejam - espessura de folha ao tato (delgada ou coriácea), tamanho de folha, distribuição de espinhos no bordo foliar, tamanho de espinhos, espessura do bordo foliar.

3.2.2.3 Composição fitoquímica

As amostras coletadas nos três estudos foram submetidas às seguintes determinações da composição fitoquímica:

- Elementos químicos totais

Foram determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Al, conforme Embrapa (1999), sendo o N determinado pelo método Kjeldhal e o P determinado pelo método colorimétrico com vanadato-molibdato de amônio e as leituras realizadas em espectrofotômetro UV/VIS 554 Perkin-Elmer.

O teor total de Si foi determinado pelo método amarelo-vanadato (KORNDÖRFER *et al*, 1999a) adaptando-se a digestão das amostras para forno de microondas.

- Polifenóis totais e taninos

Em 0,25 g do material foliar seco e moído foram adicionados 250 ml de água deionizada. Esta mistura foi fervida em refluxo durante 30 minutos e filtrada. O extrato aquoso foi submetido à determinação dos polifenóis, segundo metodologia descrita por REICHER *et al.* (1981).

- Lignina

Determinada pelo método do Ácido Sulfúrico a 72% (v/v), segundo EMBRAPA (2005).

3.3 Análise estatística

Para as populações naturais foi efetuada comparação de médias (teste de Duncan a 5%), e matriz de correlação para as variáveis analisadas nas plantas e nos solos; os dados obtidos também foram submetidos à análise de agrupamento (Cluster), transformando-se todas as variáveis analisadas a partir da fórmula: (x_i/Mx) , onde M = média; as distâncias foram calculadas pela fórmula: $(1 - \text{Pearson } r)$, onde r = coeficiente de correlação. Para o banco de germoplasma também se efetuou análise de agrupamento, a partir dos dados referentes às características fitoquímicas das progênies (JOHNSON e WICHERN, 1992).

No ensaio experimental com aplicação de diferentes doses de Si foi utilizada a metodologia citada por CARVALHO *et al.* (1999), para determinação das variáveis mais influenciadas pela aplicação do Si. Inicialmente foram determinadas as correlações entre todas as variáveis analisadas (planta e solo). Todas as variáveis que apresentaram coeficiente de correlação não significativo a 1% foram descartadas. Em seguida, com a metodologia de componentes principais calculou-se os vetores e auto-valores para as variáveis que apresentaram correlações significativas. Considerando os primeiros vetores que explicaram 90% da variação total das variáveis, foi identificada, dentro de cada vetor, a variável com

coeficiente de maior valor absoluto. Assim, a variável com maior coeficiente no vetor de maior auto-valor foi a de maior importância. A seguir foi efetuado o ajuste de regressão, pelo método “stepwise” das variáveis selecionadas na análise de componentes principais.

Todas as análises foram realizadas no pacote estatístico STATISTICA[®], versão 2005.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das populações naturais de *Maytenus ilicifolia*

4.1.1 Caracterização dos ambientes

Na Tabela 2 encontram-se relacionadas as quatro populações estudadas e as informações referentes às características dos ambientes de ocorrência natural dos indivíduos de cada população, tendo-se relacionado informações do meio físico (posição geomórfica e classes de solo) e o ambiente lumínico.

Como as populações do Terceiro Planalto concentram-se em áreas menores, não houve variação no tipo de solo, ao contrário das populações da FLONA e RMC onde houve maior variabilidade nos solos sob os indivíduos amostrados.

Em relação ao ambiente lumínico, as populações do Terceiro Planalto também apresentaram maior homogeneidade, ao contrário das demais onde a variabilidade foi maior entre os indivíduos.

Tabela 2 – Posição geomórfica, classe do solos e ambiente lumínico das quatro populações naturais de *Maytenus ilicifolia* estudadas no Paraná.

População	Posição geomórfica	Classe do solo	Ambiente lumínico
MANASA	Terço superior de encosta (10 indivíduos)	Associação NEOSSOLO LITÓLICO Húmico típico textura média com cascalho pedregoso relevo plano a suave ondulado + Afloramentos de rocha (RLh)	Pleno sol
RURECO	Terço médio de encosta (10 indivíduos)	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico A proeminente textura muito argilosa relevo suave ondulado (CXbd)	Meia sombra
FLONA	Dique marginal em plano aluvial de várzea em superfície de umbral (2 indivíduos)	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico Típico Epieutrófico A moderado textura média relevo plano fase soterrado (camada antrópica) (GXbd -	Meia sombra
	Dique marginal em plano aluvial de várzea do Rio das Antas, em superfície de degradação (4 indivíduos)	GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico A moderado textura argilosa relevo plano (GXbd)	
	Plano aluvial de várzea (3 indivíduos)	CAMBISSOLO FLÚVICO ¹ Tb Distrófico A proeminente textura muito argilosa relevo plano (CUbd)	Sombra
	Plano aluvial fase paleoterraço (1 indivíduo)	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico A proeminente textura argilosa relevo plano (LVAd)	Pleno sol
RMC	Dique marginal em plano aluvial de várzea em superfície de umbral (2 indivíduos)	CAMBISSOLO FLÚVICO ¹ Tb Distrófico A proeminente textura média relevo plano (CUbd)	Sombra
	Dique marginal em plano aluvial de várzea em superfície de degradação (2 indivíduos)	NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico A proeminente textura argilosa relevo plano (RUbd)	Meia sombra
	Plano aluvial de várzea (6 indivíduos)	CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico A proeminente textura argilosa relevo plano (CHd)	Sombra

¹Subordem não prevista em Embrapa (1999). Fonte: CURCIO, G.R. **Entrevista concedida à Radomski, M.I.** Curitiba, 03/05/2006.

As características lumínicas dos três ambientes onde encontram-se as populações de *M. ilicifolia* podem ser observadas nos Apêndices 2, 3, 4 e 5.

Nos Apêndices 2 e 3 encontram-se os valores da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), também denominada de densidade fotossintética de fluxo fotônico – PPF (TAIZ e ZEIGER, 2004), e que corresponde à radiação na faixa de 400 a 700nm, incidente nas plantas no período do inverno e do verão, respectivamente. No verão, os valores da PAR são destacadamente superiores a pleno sol, entretanto as oscilações são menores se comparadas com as curvas obtidas para os ambientes de sombra. No inverno, entretanto, o comportamento é mais homogêneo entre os ambientes, sendo que na sombra a radiação que chega às plantas foi praticamente constante durante o período de mensuração.

Os Apêndices 4 e 5 trazem as informações referentes à razão entre luz vermelha e vermelho-extremo – R/FR, para os três ambientes lumínicos. Esta razão pode ser definida como (TAIZ e ZEIGER, 2004):

$$R/FR = \frac{\text{Taxa de fluência de fótons em bandas de 10nm centradas em 660nm}}{\text{Taxa de fluência de fótons em bandas de 10nm centradas em 730nm}}$$

Segundo TAIZ e ZEIGER (2004), a razão R/FR diminui com o sombreamento; em comparação com a luz solar direta, há relativamente mais luz vermelho-extremo durante o pôr-do-sol, em uma profundidade de 5mm de solo, ou sob um dossel de outras plantas (como no subosque de uma floresta). No caso do dossel, as folhas verdes absorvem a luz vermelha devido ao seu alto teor de clorofila, sendo relativamente transparentes à luz vermelho-extremo.

Nos ambientes avaliados, observa-se que a razão R/FR, também foi mais estável à pleno sol, em particular no verão, do que nas condições de sombra, onde ao contrário, as oscilações foram bastante evidentes, e com ocorrência de picos nos mesmos períodos no inverno e no verão. No verão entretanto a razão R/FR atingiu maiores valores ao longo do dia, no ambiente de sombra em relação aos demais ambientes.

É importante ressaltar que os gráficos expostos têm por objetivo

apenas a caracterização dos ambientes, já que as curvas obtidas referem-se à avaliação de apenas um dia de cada estação, o que limita as interpretações. De qualquer modo, as informações coletadas permitem perceber as diferenças entre os ambientes, sejam qualitativas, vide razão R/FR, sejam quantitativas, vide os valores de PAR e sua variação ao longo do ano.

Na Tabela 3 encontram-se os resultados da análise química dos solos das quatro populações estudadas, e para as diferentes profundidades analisadas.

A grande parte dos solos apresenta pH ácido, com apenas uma exceção, o solo RUbd da população RMC, cujo valor médio do pH é igual a 6,24 em função da baixa saturação com Al ($m\% = 0,2$) associada à alta concentração em bases trocáveis ($V\% = 85,6$).

Os teores de carbono dos solos também são elevados para a maior parte dos solos, com uma média de 2,98 %, ressaltando-se o teor de 7,27 % encontrado na Associação NEOSSOLO LITÓLICO Húmico + Afloramento de Rocha.

Também chamam a atenção os elevados teores de P disponível nos solos, em particular sob as populações MANASA e RMC, relacionados parte aos elevados teores de C do solo, parte à ocorrência de atividade hortícola, no caso das populações da RMC, onde o intenso uso de adubos e corretivos em áreas circundantes aos solos CUbd e RUbd, contribuiu com os teores elevados de P, bem como de Ca e Mg. Cabe citar que ambos os solos estão localizados às margens de rios da região que por ocasião de chuvas mais intensas extravasam para fora do leito, depositando sedimentos e resíduos de adubos utilizados nas áreas adjacentes às populações de *M. ilicifolia*.

Em relação ao Si, apesar das diferentes litologias de origem dos solos deste estudo, os teores obtidos foram superiores aos observados nos trabalhos de KORNDÖRFER *et al.* (1999a, 1999b), CARVALHO *et al.* (2000) e CARVALHO-PUPATTO *et al.* (2004). Observando os teores do elemento ao longo dos perfis (Apêndice 6), verificam-se poucas diferenças, fato relacionado ao baixo intemperismo da maior parte dos solos e ao alto teor de argila dos horizontes (Apêndice 5).

Tabela 3 - Valores médios de pH, P, K⁺, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, H⁺ + Al⁺³, C, CTC, V% e m%, por classe de solo, e nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, sob as populações naturais de *Maytenus ilicifolia*.

População/ Classe de Solo*	Prof. cm	pH	K CaCl ₂	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	P mg.dm ⁻³	C -----%-----	V	m
			----- cmol.c.dm ⁻³ -----									
MANASA RLh	0-5	4,37	0,40	2,27	0,85	1,65	11,09	14,61	12,7	7,24	24,6	11,3
	5-10	4,45	0,32	1,16	0,47	1,74	10,70	12,65	18,0	7,20	15,5	13,8
	10-15	4,39	0,29	1,04	0,38	1,63	10,97	12,68	10,1	7,37	14,3	12,9
	15-20	4,41	0,27	0,93	0,29	1,65	10,36	11,85	9,1	7,28	13,6	13,9
RURECO CXbd	0-5	4,28	0,60	2,25	0,99	1,70	9,57	13,41	4,4	3,02	28,6	12,6
	5-10	4,24	0,45	1,48	0,45	2,00	9,67	12,05	2,0	2,55	19,8	16,6
	10-15	4,21	0,34	1,09	0,28	1,99	9,40	11,11	2,4	2,58	15,4	17,9
FLONA Gxbd-fs	0-5	4,64	0,54	7,48	5,05	0,27	5,78	18,81	9,1	2,57	69,0	1,4
	5-10	4,53	0,36	6,83	3,43	0,53	6,05	16,67	6,9	2,58	63,9	3,2
	10-15	4,50	0,33	8,13	2,99	1,03	5,80	17,25	5,5	2,04	63,5	6,0
	15-20	4,49	0,31	5,27	3,82	0,52	5,50	14,90	5,1	1,80	63,3	3,5
GXbd	0-5	4,19	0,40	5,43	4,56	0,72	8,08	18,47	10,5	3,00	35,2	3,9
	5-10	4,22	0,39	7,03	3,88	1,00	9,17	20,47	7,9	2,78	54,9	4,9
	10-15	4,19	0,41	7,57	3,52	1,16	9,57	21,07	6,8	2,56	54,4	5,5
	15-20	4,06	0,36	6,53	2,52	1,37	9,19	18,60	5,4	1,97	50,7	7,4
CUbd	0-5	3,50	0,16	2,73	0,97	6,01	23,58	27,44	10,0	3,20	15,0	21,9
	5-10	3,50	0,13	1,63	0,88	6,99	22,16	24,80	7,8	2,91	11,6	28,2
	10-15	3,47	0,10	1,33	0,62	7,28	18,76	20,81	6,8	2,59	9,6	35,0
	15-20	3,48	0,09	1,12	0,44	7,11	21,06	22,71	5,1	2,71	7,9	31,3
LVAd	0-5	4,94	2,34	7,81	1,41	0,14	5,76	15,41	22,9	2,25	66,7	0,9
	5-10	4,65	1,92	3,42	0,72	0,43	8,36	14,42	17,0	2,76	42,0	3,0
	10-15	4,03	1,26	2,96	0,99	2,84	11,68	16,89	10,7	2,49	30,9	16,8
	15-20	3,85	1,98	1,74	1,65	7,22	14,07	19,44	8,1	2,46	27,6	37,1
RMC CUbd	0-5	5,53	0,32	14,17	5,58	0,13	4,29	24,36	36,0	6,32	82,4	0,5
	5-10	4,81	0,24	10,80	5,35	0,28	5,77	22,16	19,5	4,52	73,9	1,3
	10-15	4,50	0,20	8,91	6,30	0,64	6,82	22,23	14,2	3,57	69,1	2,9
	15-20	4,22	0,16	7,82	6,45	1,50	8,05	22,48	9,7	2,97	64,0	6,7
RUbd	0-5	6,20	0,63	15,74	8,09	0,07	2,51	26,97	11,9	4,35	90,7	0,3
	5-10	6,38	0,65	15,49	8,50	0,03	2,32	26,96	12,9	4,84	91,4	0,1
	10-15	6,31	0,68	13,37	8,71	0,03	2,84	28,44	10,5	3,77	75,0	0,1
	15-20	6,06	0,52	10,35	9,03	0,04	3,43	23,33	9,4	3,80	85,3	0,2
CHd	0-5	4,40	0,35	8,47	4,13	1,03	9,98	22,93	23,6	6,19	56,4	4,5
	5-10	4,28	0,26	5,50	2,28	1,60	11,48	19,52	13,8	6,02	44,3	8,2
	10-15	4,11	0,27	4,51	2,70	2,15	11,47	18,95	10,6	4,63	39,2	11,3
	15-20	3,97	0,22	2,92	2,19	2,64	11,96	17,29	7,1	6,17	31,8	15,3

* Ver legendas na Tabela 1.

KORNDÖRFER *et al* (1999a) comentam que para solos com os mesmos teores de argila, os teores de Si solúvel podem ser maiores nos solos com horizonte B textural do que nos solos com B latossólico. O que se observa nos perfis dos solos analisados neste trabalho (Apêndice 6) são teores relativamente mais elevados de Si, nos Neossolos e solos com horizonte B câmbico, fato certamente relacionado ao menor grau de intemperismo destes solos. Também se observam teores de Si mais elevados nos solos da RMC, o que pode estar relacionado tanto ao menor grau de intemperismo quanto ao material de origem destes solos, mais ricos em silicatos.

Além do quartzo, as principais reservas de Si dos solos são os minerais aluminossilicatados, como feldspatos alcalinos e plagioclásio, que com o processo de intemperismo contribuem significativamente com o conteúdo de Al e K nos solos, além do próprio Si (EXLEY, 1998). De acordo com MINEROPAR (2005), os materiais de origem dos solos avaliados neste estudo apresentam ambos os minerais em sua composição, com menor quantidade de feldspato em relação a plagioclásio nos solos das populações de Guarapuava (MANASA e RURECO). Estas diferenças podem ser observadas nos teores trocáveis de K e Al ao longo dos perfis dos solos (Apêndice 6), com incremento dos teores de Al em profundidade nos solos do segundo e terceiro planaltos.

O Si também é citado como um elemento regulador da disponibilidade de P no solo, já que ambos ocupam os mesmos sítios de adsorção nas superfícies de óxidos de Fe (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992). Provavelmente os elevados teores de P estão sendo disponibilizados em função da ocupação preferencial do Si nestes sítios de troca.

Cabe mencionar que os teores de Si dos solos apresentaram valores de correlação significativos com pH, e com os teores de Ca, Mg, P e Al trocáveis (Apêndice 10).

Quanto aos micronutrientes disponíveis nos solos, cujos teores encontram-se relacionados no Apêndice 7, chamam a atenção os elevados teores de Fe e Mn sob a população Flona, em particular nos solos GXbd e CUbd, e os teores de Mn, sob o solo CUbd da população RMC. Estes valores estão associados ao fato destes solos apresentarem grande flutuação no regime hídrico, o que promove reações de redução ao longo do perfil, aumentando a solubilidade destes dois elementos. Os teores de Cu foram os que menos variaram entre as classes de solos e entre os horizontes, o que confirma o fato de que a maior

parte do conteúdo deste elemento origina-se da deposição de matéria orgânica nos horizontes superficiais (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992).

4.1.2 Massa específica foliar e composição fitoquímica.

Na Tabela 4 encontram-se os dados médios de massa, área foliar e massa específica foliar, obtidos para as quatro populações avaliadas, indicando-se o ambiente lumínico predominante nos indivíduos analisados.

Observa-se uma relação direta entre o ambiente lumínico e o acúmulo de biomassa indicado pelos valores de massa específica menores para plantas localizadas nos ambientes com menor exposição de luz (RURECO, FLONA e RMC). De acordo com JURIK *et al* (1982), o tamanho da folha é determinado por um complexo de fatores ambientais e endógenos, e que a intensidade de luz, mais do que sua qualidade, pode influenciar a estrutura da folha, o crescimento da planta e a alocação de biomassa.

O menor valor de massa específica para as plantas de sombra está relacionado à adaptação das espécies a ambientes com menor disponibilidade de luz, através da diminuição da capacidade fotossintética e menor alocação de compostos a base de carbono (JURIK, 1986; MESSIER, 1992).

No caso de *M. ilicifolia*, a maior disponibilidade de luz proporcionou um incremento da massa específica proporcional à produção de fenóis totais, cujos teores podem ser encontrados na Tabela 5. Estas variáveis apresentaram uma alta correlação ($r^2 = 0,73$, Apêndice 9), confirmando resultados obtidos anteriormente por RADOMSKI *et al.*, (2004a), cujo trabalho revelou, para uma mesma população de *M. ilicifolia*, a influência da maior luminosidade sobre a alocação de biomassa e síntese de fenóis.

Interessante observar que os teores de lignina, relacionados na Tabela 5, foram maiores nos ambientes de sombra, o que parece compensar a menor síntese de fenóis. Além do papel deterrente, ou seja, de inibidor da herbivoria, os fenóis também protegem as plantas contra raios UV, via ativação da enzima fenilalanina amônia-liase pela luz

(GOTO *et al.*, 2003; TAIZ e ZEIGER, 2004); em ambientes de sombra a incidência de radiação UV é menor (LARCHER, 1986), portanto a enzima responsável pela síntese de fenóis é menos estimulada e os carboidratos, produtos da fotossíntese, seguem preferencialmente a via de síntese da lignina.

Em relação aos elementos minerais, cujos teores encontram-se na Tabela 6, N e K foram os que mais se relacionaram com as diferentes condições de luminosidade, sendo seus teores significativamente inferiores nas plantas crescendo a pleno sol. No caso das populações RURECO, FLONA e RMC, a baixa luminosidade, combinada com alto suprimento de nutrientes na maior parte dos solos deve estar contribuindo para a produção de uma alta concentração de aminoácidos e menor concentração de compostos a base de carbono. Este fato corrobora a teoria do balanço C/N nas plantas, conforme comentado por diversos autores (JANZEN, 1974; COLEY *et al.*, 1985; VARANDA *et al.*, 1998), tendo-se verificado, apenas no caso dos Fenóis não tanantes, uma correlação negativa com os teores de Ca e Mg do solo (Apêndice 9).

Os teores foliares de Si e de P não diferiram entre os locais, apesar de diferenças significativas nos teores deste último elemento nos solos analisados. Os teores de Ca foliar foram significativamente influenciados pelas características dos solos, apresentando alta correlação com os teores de Ca, Mg e P trocáveis dos solos (Apêndice 9).

RADOMSKI (1998) obteve diferenças significativas nos teores de Si foliar de *M. ilicifolia* sob diferentes condições de luz, com maior teor em indivíduos crescendo sob sombreamento. Como o Si tem um papel estrutural e de defesa (KORNDÖRFER *et al.*, 2002), sua assimilação e síntese em formas orgânicas teria um menor custo em plantas desenvolvendo-se em ambientes sombreados; ao contrário, em ambientes a pleno sol, esta função estaria compartilhada com a síntese de compostos a base de carbono, como a lignina e os tanantes.

Uma hipótese para a homogeneidade nos teores de Si foliar pode estar relacionada ao fato da alta disponibilidade do elemento nos solos estudados, que seria o principal fator regulador da sua absorção, independente das distintas condições de luminosidade a que as populações encontram-se submetidas.

Tabela 4 – Massa seca foliar, área foliar e massa específica foliar de quatro populações naturais de *Maytenus ilicifolia* (média de dez repetições).

População	Massa	Área foliar	Massa específica
	g	cm ²	mg cm ⁻²
MANASA (pleno sol)	6,26 b	326,0 c	19,38 a
RURECO (sombra parcial)	7,32 ab	571,7 b	13,08 b
FLONA (sombra)	9,76 a	842,1 a	11,97 b
RMC (sombra parcial)	9,61a	939,0 a	10,94 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Teores foliares de lignina, fenóis totais, fenóis não-tanantes, e taninos, em quatro populações naturais de *Maytenus ilicifolia* (média de dez repetições).

População	Lignina	Fenóis totais	Fenóis não tanantes	Taninos
	%			
MANASA (pleno sol)	21,5 b	19,3 a	6,6 a	12,7 a
RURECO (sombra parcial)	25,6 a	8,6 b	5,1 b	3,5 b
FLONA (sombra)	26,6 a	9,9 b	4,7 b	5,2 b
RMC (sombra parcial)	24,7 a	8,0 b	4,2 b	3,8 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6 – Teores foliares dos elementos minerais, N, P, K, Ca, Mg, Si, Fe, Mn, Cu, Zn, e Al, em quatro populações naturais de *Maytenus ilicifolia* (média de 10 repetições).

	N	P	K	Ca	Mg	Si	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
	----- g kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----				
MANASA (pleno sol)	17,7 c	0,94 a	8,3 c	3,2 c	2,4 b	3,50 a	68,1 b	54,3 b	5,5 b	9,3 b	54,7 b
RURECO (sombra parcial)	24,3 a	1,11 a	15,0 a	4,2 c	4,0 a	3,50 a	104,6 a	83,0 ab	8,1 a	10,7 b	83,3 a
FLONA (sombra)	19,9 b	1,20 a	13,6 ab	7,3 b	2,9 b	3,39 a	67,1 b	93,3 a	5,7 b	15,4 a	39,8 b
RMC (sombra parcial)	18,0 c	1,09 a	12,4 ab	9,8 a	4,3 a	3,69 a	78,7 b	73,6 ab	5,5 b	11,6 ab	78,0 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 2 está representado o resultado da análise de agrupamento baseada nas características foliares analisadas, massa e área foliar, massa específica foliar, teores de elementos minerais, lignina e fenóis, dos 40 indivíduos amostrados dentre as quatro populações naturais. Pela análise de componentes principais (Apêndice 11), verificou-se que seis vetores explicam 81,49% da variação total entre grupos, o que corresponde às variáveis fenóis totais, Al, Si, Ca, massa foliar e Fe (Apêndice 12).

Pode-se observar a formação de quatro grupos principais: Grupo 1, com indivíduos pertencentes exclusivamente à População MANASA (MA1, MA2, MA5, MA7, MA8, MA9, MA10, MA6, MA4); Grupo 2, com três indivíduos pertencentes à População FLONA (FL6, FL7, FL8) e um indivíduo da População RMC (RMC2); Grupo 3, com quatro indivíduos da População FLONA (FL2, FL9, FL10, FL4) e um da População RMC (RMC4); Grupo 4, com oito indivíduos da População RMC (RMC1, RMC3, RMC5, RMC7, RMC6, RMC8, RMC9, RMC10) e oito indivíduos da População RURECO (RU1, RU8, RU2, RU6, RU9, RU4, RU5, RU3).

Dentre as populações, FLONA é a que apresenta uma maior dispersão dos indivíduos, ou seja, uma menor similaridade dos indivíduos para as características foliares avaliadas. Este fato é consequência da maior variabilidade ambiental observada nesta

população, principalmente devido às diferentes características edáficas. No Grupo 2, os indivíduos FL6, F77 e FL8 de FLONA pertencem à classe de solo GXbd, cuja principal característica é a flutuação constante do lençol freático, e a deposição de sedimentos em função das inundações periódicas do Rio das Antas. No Grupo 3, os indivíduos FL9 e FL10 pertencem ao solo CUbd, que diferencia-se de GXbd principalmente pelos menores teores de Ca, Mg e Mn disponíveis na camada de 0-20 cm. Também cabe mencionar que os indivíduos desta população encontram-se expostos a diferentes ambientes lumínicos, resultando em diferenças principalmente nos teores de lignina e fenóis, como discutido no início deste item.

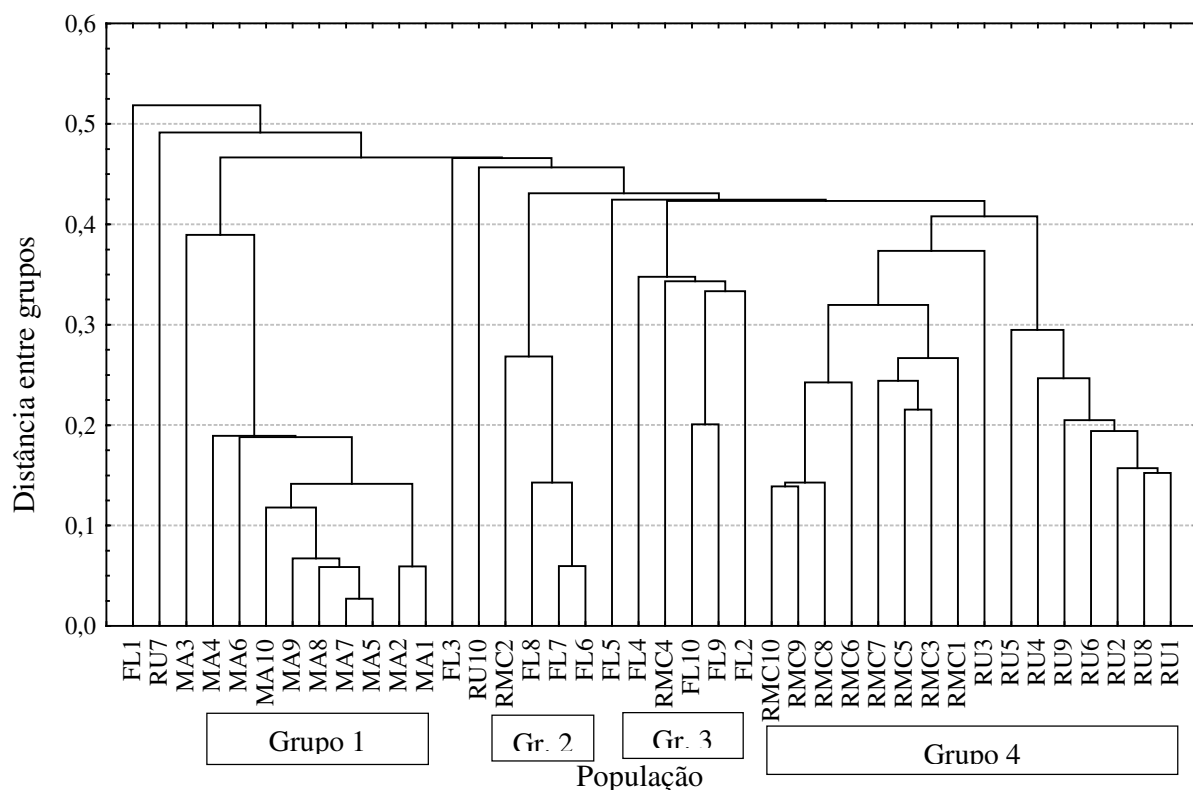


Figura 2 – Análise de agrupamento baseada na similaridade das características foliares avaliadas nas quatro populações naturais de *Maytenus ilicifolia*.

Comparando-se os grupos nota-se uma menor similaridade fitoquímica

entre indivíduos pertencentes às populações de MANASA e RURECO.

Em relação a estas populações, STEENBOCK (2003) em estudo avaliando a estrutura genética das mesmas, observou que em MANASA há maior possibilidade de troca de alelos entre os indivíduos devido a ocorrência de apenas um tipo floral por indivíduo, ou seja, os indivíduos apresentam ou flores funcionalmente femininas ou flores funcionalmente masculinas, ao contrário de Rureco, onde os indivíduos apresentam os dois tipos florais. Este fato sugere que a variação genética dentro da população de Manasa seja menor que a existente em Rureco, em função das diferentes taxas de endogamia. Outro fato interessante observado pelo autor é a associação da ocorrência dos tipos florais às distintas condições edafoclimáticas das duas populações.

Neste sentido, JING e COLEY (1990) citam que a diferenciação de populações em indivíduos masculinos e/ou femininos em função de distintas condições ambientais, também leva à diferenças na produção de compostos secundários ligados à defesa vegetal, como é o caso dos taninos. Segundo os autores, indivíduos femininos alocariam mais recursos para a síntese de compostos de defesa do que indivíduos masculinos, de modo a garantir a reprodução e perpetuação da espécie, em detrimento do crescimento vegetativo.

Também cabe comentar que além da reprodução sexuada, *M. ilicifolia* apresenta reprodução vegetativa via emissão de brotações radiculares, este fato foi observado em todas as áreas, entretanto, pode ser uma forma preferencial de reprodução em condições de maior sombreamento, onde a disponibilidade de luz seria uma limitante para a produção de flores e frutos. Neste caso, caberia em futuros estudos, vincular a análise fitoquímica, em particular a quantificação dos teores de fenóis, aos tipos florais e sistemas de reprodução de *M. ilicifolia*, identificando as relações entre estas características em distintas condições ambientais.

4.2 Caracterização das progênes cultivadas no Banco de Germoplasma

4.2.1 Morfotipos

A partir da observação de caracteres foliares típicos da espinheira-santa (presença e ausência de espinhos no bordo foliar, proeminência das nervuras e do bordo foliar, textura/espessura das folhas, tamanho do limbo), foram identificados 9 morfotipos foliares. Foi efetuada a distribuição das progênes entre estes morfotipos sendo que algumas apresentaram grande variabilidade não sendo possível classificá-las em um dos tipos. Por outro lado, algumas progênes apresentaram indivíduos com mais de um tipo característico, provavelmente resultado de cruzamento de indivíduos de diferentes morfotipos dentro destas populações. A distribuição das progênes nos morfotipos encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Morfotipos identificados entre as progênes de *Maytenus ilicifolia* do Banco de Germoplasma de Ponta Grossa, PR.

Morfotipo	Progênes				
	RS		SC	PR	
	Viamão	Arroio do Conde	Campos Novos	Laranjeiras do Sul	Araucária
1 (Folhas coriáceas com espinhos curtos e distribuídos na metade apical do limbo)				44 46	
2 (Folhas delgadas com espinhos curtos e distribuídos na metade apical do limbo)	25	14	30, 31, 33	44	85, 97
3 (Folhas longas e estreitas, coriáceas, maioria com margem inteira, poucas com até 4 espinhos)				45	
4 (Folhas longas e largas, coriáceas, com margem inteira ou com espinhos distribuídos na metade apical do limbo)			33, 49	48	
5 (Folhas longas e estreitas, coriáceas, poucas com margem inteira, maioria com espinhos longos distribuídos na metade apical do limbo)		15	33	43, 44	97
6 (Folhas longas e largas, coriáceas, com espinhos longos distribuídos ao longo de todo o limbo)		14	34		85, 94
7 (Folhas longas e estreitas, coriáceas, com espinhos longos distribuídos na metade apical ou ao longo de todo o limbo)			31, 34	46	97
8 (Folhas largas e curtas, coriáceas, com espinhos longos distribuídos ao longo de todo o limbo, nervuras muito pronunciadas na face adaxial)	8, 9, 25, 40	11, 15			
9 (Folhas curtas, delgadas, com espinhos curtos distribuídos ao longo de todo o limbo)			34, 49, 52, 53		94

É interessante observar que os morfotipos que apresentam folhas com ausência ou menor número de espinhos (1 a 5) predominam entre as progênes oriundas das regiões de Santa Catarina e do Paraná onde a vegetação original é a Estepe Gramíneo-lenhosa (campos sulinos) associada à Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária) (IBGE, 2004). Já os morfotipos 6 e 7 foram os mais comuns ocorrendo em indivíduos de todas as populações amostradas.

Também se verificou que no Rio Grande do Sul predominou o tipo 8 e também que a população de Viamão, RS, teve o comportamento mais homogêneo em relação à distribuição dos morfotipos foliares. Destaca-se que esta população é composta por indivíduos transplantados de várias regiões do Rio Grande do Sul e pode ter sido influenciada pela seleção de mudas realizada pelo formador da coleção, Sr. Luiz Osório de Castro († 2004).

4.2.2 Produção de biomassa aérea

Na Figura 3 encontram-se os dados referentes à massa seca total, e das porções folhas e ramos das progênes. As folhas representaram, em média, 50,4% da massa seca total colhida; os maiores valores foram das progênes de Araucária, com 55,7%, seguidas de Campina Grande do Sul, com 54,8%, Campos Novos, com 52,4%, Água Doce, com 50,8%, Guarapuava, com 50,5%, Arroio do Conde, com 50,3%, Laranjeiras do Sul, com 48,7%, e Viamão, com 45,7% de massa foliar.

STEENBOCK *et al.* (2003) observaram uma elevada correlação entre o número de ramos primários com folhas (ramos mais distais da árvore) e o rendimento (massa seca de folhas) para a espécie. De acordo com os dados obtidos até o momento é possível observar diferenças no padrão de crescimento das distintas progênes de *M. ilicifolia*, com maior ou menor produção de ramos em relação às folhas. Deve-se considerar que estes valores representam a produção de biomassa aérea sem a intervenção da poda; é preciso verificar como esta prática afetará a produção futura destas mesmas progênes. Pela prática de campo sabe-se que a espinheira-santa reage muito bem à poda, principalmente em indivíduos crescendo a pleno sol, emitindo várias brotações a partir das gemas localizadas nas

extremidades dos ramos colhidos.

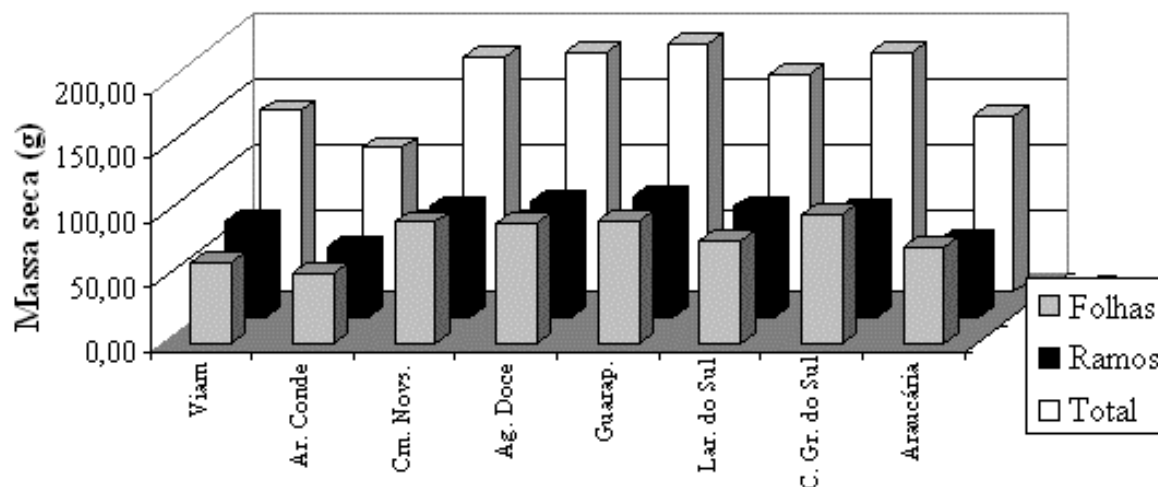


Figura 3 – Massa seca de folhas, ramos e total, aos 75 meses de idade, das 44 progênies de *Maytenus ilicifolia* do Banco de Germoplasma localizado em Ponta Grossa, PR.

4.2.3 Composição fitoquímica

O Banco de Germoplasma está localizado em LATOSSOLO VERMELHO Tb Distrófico câmbico A moderado textura argilosa relevo suave ondulado. As características químicas do solo encontram-se representadas na Tabela 8, e indicam uma baixa fertilidade natural, relacionada ao material de origem sedimentar (arenitos da Formação Itararé), resultando nos baixos teores de fósforo e saturação em bases (Ca, Mg e K).

As características químicas dos solos influenciam diretamente o estabelecimento e o desenvolvimento dos vegetais. Diversos autores citam a relação entre a fertilidade do solo e a produção de biopolímeros estruturais, como a lignina, e de compostos secundários, como os fenóis. A luminosidade também teria um papel regulador do uso de nutrientes e síntese de compostos secundários (COLEY *et al.*, 1985; COLEY, 1987).

Tabela 8 - Valores de pH, C, CTC, V% e m%, e dos teores disponíveis de Si, P, K, Ca, Mg, Al, H + Al, Fe, Mn, Cu e Zn, do Latossolo Vermelho Tb Distrófico câmbico A moderado onde localiza-se o Banco de Germoplasma. Ponta Grossa, PR.

Horizonte/ Prof. (cm)	pH	Si	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	P	C	V	m	Fe	Mn	Cu	Zn
	CaCl ₂	mg kg ⁻¹	----- cmol _c dm ³ -----				mg dm ⁻³	-----	mg dm ⁻³	---- % ----	mg dm ⁻³					
AT (0-12)	4,28	4,8	0,13	1,93	1,02	0,57	7,20	10,3	0,6	2,01	30,0	5,5	55	19	2	3
A2 (12-25)	4,34	4,9	0,07	1,37	1,32	0,42	6,44	9,2	0,0	2,17	30,1	4,5	55	7	3	2
BA (25-32)	4,12	4,1	0,05	0,85	0,37	0,75	6,44	7,7	0,0	1,86	16,5	9,7	34	9	3	1
B1 (30-80)	4,10	5,0	0,02	0,55	0,20	0,74	6,69	7,5	0,0	1,62	10,3	9,9	36	9	2	2
BC (80-105)	4,19	6,1	0,01	0,31	0,24	0,37	5,35	5,9	0,0	1,07	9,5	6,3	39	13	2	2
C (105+)	4,42	7,5	0,01	0,24	0,10	0,05	4,12	4,5	0,0	1,13	7,8	1,1	36	7	2	4

A maior parte dos compostos fenólicos é derivada da fenilalanina, por meio da eliminação de uma molécula de amônia para formar o ácido cinâmico. Esta reação é catalisada pela enzima fenilalanina amonialiase (PAL), cuja atividade é aumentada por fatores ambientais, em particular pela luz. Em várias espécies vegetais, a regulação da atividade da PAL é bastante complexa devido à existência de múltiplos genes que codificam esta enzima, alguns dos quais são expressos apenas em tecidos específicos ou sob certas condições ambientais (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A lignina, além de proporcionar o suporte mecânico, desempenha funções protetoras importantes nos vegetais, como defesa contra a herbivoria devido à sua capacidade de ligação à celulose e às proteínas, reduzindo a digestibilidade destas substâncias (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Na Tabela 9 encontram-se os teores de lignina, fenóis totais, fenóis não-tanantes e taninos, avaliados em 25 progênies do Banco de Germoplasma.

Em relação aos teores de lignina, observou-se que há uma tendência destes acompanharem a variação entre os morfotipos, ou seja, folhas com menos espinhos e mais delgadas apresentam menor teor de lignina. O processo de lignificação das folhas também está relacionado à defesa das plantas contra insetos e patógenos, tornando os tecidos pouco palatáveis e indigestos. A presença de folhas escleromorfas (com maior acúmulo de lignina em tecidos esclerenquimáticos) está relacionada com a menor disponibilidade de nutrientes, sendo uma adaptação das plantas à ambientes com restrição de recursos

(VARANDA *et al.*, 1998). Este fato pode, em parte, justificar a ocorrência dos diferentes morfotipos, e das variações na composição fitoquímica, caracteres que podem ter sido fixados geneticamente ao longo do tempo, em função da necessidade de adaptação da espécie às diferentes condições ambientais. Ainda em relação à lignina, observa-se que os teores médios das populações apresentaram pouca variação em relação à média geral. As progênies de Laranjeiras do Sul (43, 44, 45, 46, 48) se distinguiram com um teor médio de lignina 13% inferior à média geral.

Observando-se os dados da Tabela 9, verifica-se que os teores de fenóis totais, fenóis não-tanantes e taninos, são bastante superiores aos encontrados por BERNARDI e WASICKY (1959), SILVA *et al.* (1991) e RADOMSKI *et al.* (2004) em *Maytenus ilicifolia*. Este fato provavelmente está mais relacionado às distintas condições ambientais de crescimento das populações avaliadas do que a possíveis variações genéticas entre as populações, já que os teores das progênies avaliadas neste estudo não apresentaram variações significativas. Cabe considerar que a amostragem foi efetuada no outono, ao fim de um ciclo de crescimento, sendo necessário verificar se haveriam flutuações nos teores ao longo do ano, para as diferentes progênies.

Também é interessante observar que os teores de fenóis totais apresentaram um baixo coeficiente de variação ($CV = 9,1\%$), demonstrando que a síntese destes compostos é influenciada principalmente por fatores ambientais.

Na Tabela 10 encontram-se os resultados referentes aos teores dos elementos minerais analisados nas progênies. A maior parte apresentou um comportamento bastante homogêneo, em particular N, Al e Ca, com coeficientes de variação iguais a 10,0%, 10,3% e 12,4%, respectivamente. Os elementos Zn, Cu, Mn e Si foram os que apresentaram maiores coeficientes de variação, com 30,9%, 25,7%, 24,1% e 20,3%, respectivamente.

No caso do Si, além da variação nos teores entre as progênies, observou-se que os teores foliares foram bem superiores aos obtidos por RADOMSKI (1998), cujo estudo identificou um teor médio de 690mg kg^{-1} em população natural a pleno sol. Este fato pode estar relacionado aos ambientes naturais de ocorrência das progênies, com solos onde originalmente a concentração de Si disponível seria maior que a da área de cultivo.

Tabela 9 – Teores foliares médios de lignina, fenóis totais, fenóis não-tanantes e taninos, média geral, desvio padrão e coeficiente de variação, em 25 progênes de *Maytenus ilicifolia* do Banco de Germoplasma localizado em Ponta Grossa, PR.

Localização/População	Progênes	Lignina	Fenóis totais	%	
				Fenóis não-tanantes	Taninos
RS - Viamão	1	22,7	18,8	9,0	9,8
	4	22,7	19,3	10,5	8,8
	8	23,3	19,0	12,0	7,0
	9	18,5	22,1	11,8	10,4
	25	20,3	20,1	11,5	8,6
	40	21,6	21,2	11,9	9,3
	Média	21,5	20,1	11,1	8,9
RS - Arroio do Conde	11	22,7	20,9	10,6	10,3
	12	23,0	23,2	10,8	12,4
	14	20,5	24,5	14,1	10,4
	15	23,9	21,1	11,5	9,7
	Média	22,5	22,4	11,8	10,7
SC - Campos Novos	30	21,3	19,5	8,5	11,1
	31	21,9	21,0	11,2	9,9
	33	24,4	17,9	7,2	10,7
	34	22,1	18,6	8,8	9,8
	49	18,9	19,4	9,2	10,2
	Média	21,7	19,3	8,9	12,5
PR - Laranjeiras do Sul	43	18,5	20,9	9,4	11,5
	44	17,9	20,4	9,2	11,2
	45	15,8	21,4	10,1	11,3
	46	19,0	17,3	8,9	8,3
	48	18,4	18,8	8,6	10,2
	Média	17,9	19,8	9,2	10,5
PR - Araucária	85	17,0	21,4	10,2	11,2
	90	18,3	20,1	9,4	10,7
	94	19,6	19,3	10,5	8,8
	96	20,9	19,6	10,1	9,6
	97	19,4	24,8	10,6	14,2
	Média	19,0	21,0	10,2	10,9
Média geral		20,50	20,42	10,22	10,21
Desvio padrão		2,3057	1,8591	1,4738	1,4250
Coeficiente de variação (%)		11,2	9,1	14,4	14,0

Tabela 10 – Teores foliares médios de elementos minerais, média geral, desvio padrão e coeficiente de variação, em 25 progênes de *Maytenus ilicifolia* do Banco de Germoplasma localizado em Ponta Grossa, PR

Localização/ população	Progênes	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
		N	P	K	Ca	Mg	Si	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
RS - Viamão	1	11,9	0,96	13,2	8,2	2,5	2,54	63,8	49,6	3,2	3,9	104
	4	13,2	1,07	12,0	9,1	3,3	3,54	68,1	53,0	3,6	6,8	114
	8	14,3	1,09	13,9	7,7	3,2	2,70	68,8	54,6	3,2	4,3	106
	9	11,8	1,39	10,9	9,7	4,1	2,32	71,8	46,1	3,0	2,8	94
	25	12,6	1,09	11,5	9,2	2,9	2,80	61,4	59,9	3,2	3,2	92
	40	15,2	1,22	12,4	9,4	3,1	4,38	64,7	55,1	3,6	5,9	78
	Média	13,2	1,14	12,4	8,9	3,2	3,00	66,4	53,1	3,3	4,5	98
RS - Arroio do Conde	11	13,3	1,4	9,6	8,7	3,2	2,80	65,8	49,4	3,2	4,2	112
	12	15,7	1,4	15,7	7,2	2,2	4,16	65,0	49,2	3,8	6,4	96
	14	14,0	1,2	13,5	7,4	2,6	4,10	68,2	47,4	4,6	5,0	108
	15	14,0	1,0	17,0	8,4	2,5	3,94	64,0	47,6	3,4	5,3	94
		Média	14,3	1,3	13,9	7,9	2,6	3,70	72,47	53,60	3,8	5,2
SC - Campos Novos	30	13,4	1,1	10,8	9,5	4,4	4,82	95,2	84,0	3,0	4,9	122
	31	16,3	1,8	13,8	8,7	3,0	4,22	86,3	90,0	4,2	6,1	104
	33	15,2	1,6	12,9	8,2	3,0	3,86	77,1	79,4	5,6	6,9	90
	34	15,4	1,2	13,0	7,3	2,2	2,78	77,6	59,9	3,8	6,0	104
	49	14,1	1,3	17,2	8,9	2,4	2,92	75,7	82,9	3,8	3,4	123
	Média	14,9	1,40	13,5	8,5	3,0	3,70	82,39	79,23	4,1	5,4	109
PR - Laranjeiras do Sul	43	15,6	1,9	11,8	10,8	3,6	3,20	76,0	81,8	4,2	6,6	100
	44	16,0	1,3	13,6	8,5	2,1	2,82	72,1	71,2	4,4	7,0	114
	45	17,5	1,6	17,3	9,6	2,9	2,38	78,9	54,3	5,5	9,8	111
	46	12,7	1,1	12,3	10,9	2,9	3,12	60,3	50,0	2,4	5,7	98
	48	15,8	1,7	14,5	9,9	3,1	3,08	107,8	85,2	6,2	9,9	103
	Média	15,5	1,51	13,9	9,9	2,9	2,90	79,02	68,50	4,6	7,8	105
PR - Araucaria	85	13,7	1,4	14,5	10,0	3,3	3,62	76,7	84,0	5,0	6,6	109
	90	16,3	1,6	14,7	7,3	3,0	3,82	67,3	81,2	6,4	6,2	94
	94	14,7	1,6	17,8	7,0	2,3	3,38	60,5	86,4	5,0	5,0	92
	96	14,7	1,2	14,5	8,5	3,3	4,18	75,4	81,4	5,1	5,1	101
	97	14,0	1,2	13,6	8,4	3,1	3,44	65,5	77,7	3,7	4,1	92
	Média	14,7	1,54	15,7	8,1	2,8	3,70	69,09	82,15	5,1	5,4	98
	Média geral	14,46	1,33	13,69	8,74	2,97	3,396,32	72,56	66,45	4,13	5,65	102,40
	Desvio padrão	1,4482	0,2551	2,1364	1,0868	0,5518	688,8134	11,0618	15,9964	1,0615	1,7480	10,5477
	Coef. de Variação (%)	10,0	19,1	15,6	12,4	18,6	20,3	15,2	24,1	25,7	30,9	10,3

Ainda com o intuito de agrupar as progênes do Banco de Germoplasma foi efetuada a análise de agrupamento a partir dos resultados das análises fitoquímicas efetuadas – elementos minerais, lignina, fenóis totais, fenóis não-tanantes e taninos.

Na Figura 4 pode-se observar a formação de três grupos principais de progênes: o primeiro formado predominantemente por progênes oriundas de populações do Rio Grande do Sul (P1, P8, P9, P11, P25, P12, P14, P15); o segundo grupo com apenas três progênes, sendo duas do Rio Grande do Sul (P4 e P40), e uma de Santa Catarina

(P30); o terceiro grupo é formado predominantemente por progênies do Paraná (P44, P45, P48, P90, P94) e uma de Santa Catarina (P33). É interessante observar que os grupos formados coincidiram com as respectivas populações de origem das progênies, demonstrando que a expressão das características avaliadas está vinculada ao componente genético destas populações.

De acordo com a análise de componentes principais (Apêndices 14 e 15), as variáveis que mais contribuíram com a formação destes grupos foram N, Mg, Si, Al, Fenóis não tanantes e Tanantes.

No caso do Si, MA *et al.* (2003) comentam que variações genotípicas na concentração de Si podem estar associadas a diferentes capacidades de aquisição de Si pelas raízes, variação na habilidade em absorver Si, além de diferenças na translocação e capacidade de acúmulo do elemento. Esta é uma questão que requer maior aprofundamento para a espécie *M. ilicifolia*.

Para os taninos também pode haver variações relacionadas aos ambientes das diferentes populações de origem. Em *Maytenus aquifolium* foram obtidos diferentes teores de fenóis totais em indivíduos de mesma procedência (PEREIRA *et al.*, 1994).

O que se observou neste estudo é que boa parte da variação em *Maytenus ilicifolia* encontra-se dentro das populações e não entre elas, concordando com trabalhos de autores anteriores (BITTENCOURT, 2000; SCHEFFER, 2001; PERECIN e KAGEYAMA, 2002; STEENBOCK, 2003), indicando que a formação de bancos genéticos deve contemplar a coleta de um maior número de indivíduos por população ao invés de poucos indivíduos de várias populações.

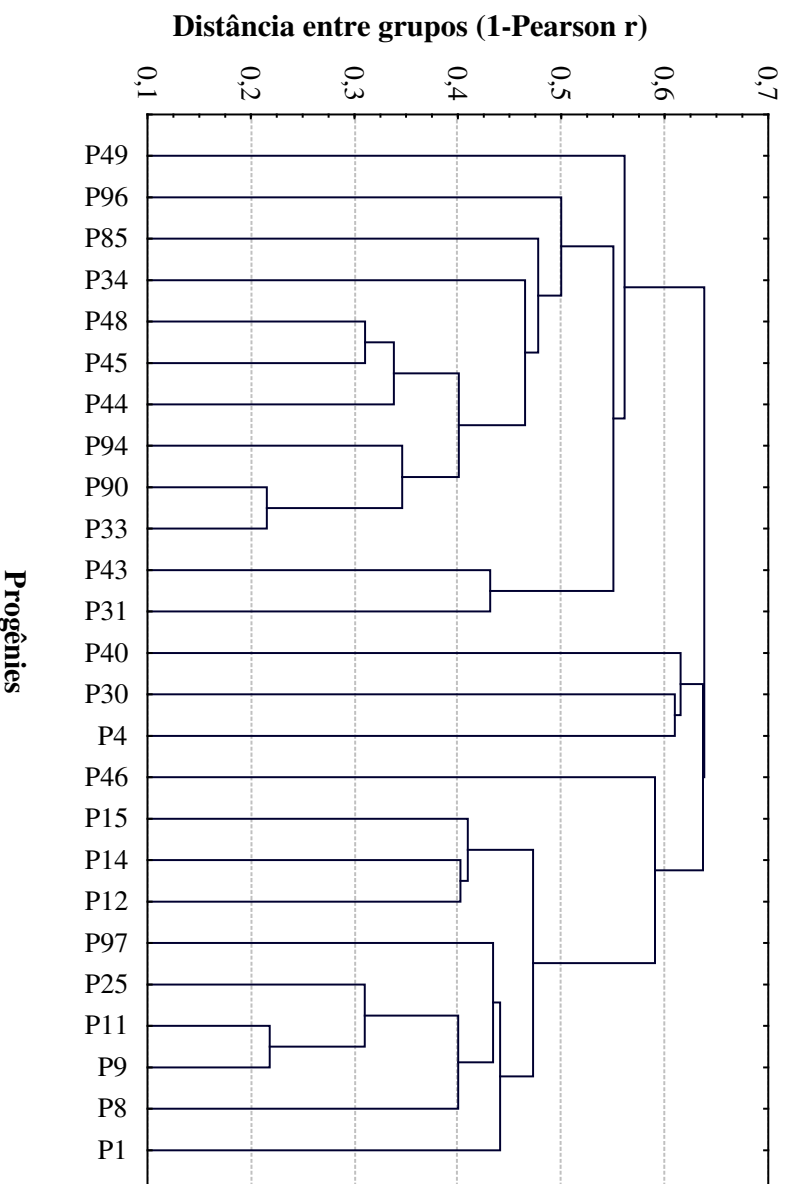


Figura 4 - Análise de agrupamento baseada na similaridade fitoquímica entre as 25 progênes do Banco de Germoplasma de *Maytenus ilicifolia*.

4.3 Efeitos da aplicação de Si

4.3.1 Características químicas do solo

Na Tabela 11 encontram-se os resultados da análise química do solos das parcelas, antes e após a aplicação do Si e do calcáreo. Observa-se que a aplicação de ambos os produtos influenciou o pH, e a disponibilidade de potássio, magnésio e, particularmente, do cálcio, cujo teor no solo foi, em média, 2,5 vezes maior após os tratamentos. Estes teores influenciaram positivamente a CTC do solo e, conseqüentemente, o valor de saturação em bases que passou de 35,4% para, em média, 70,3%.

A aplicação do resíduo também favoreceu a disponibilidade de P para o solo, confirmando um efeito já relatado por diversos autores (CARVALHO *et al.*, 2000; KORNDÖRFER *et al.*, 2002; CARVALHO-PUPATTO, 2003).

O teor de Si disponível do solo, entretanto, diminuiu após a aplicação, cerca de 50% do valor inicial para todos os tratamentos. Este mesmo comportamento foi observado por CARVALHO *et al.* (2000) após 60 dias da aplicação de Si em dois diferentes tipos de solo. Uma hipótese para este fato é a própria absorção do Si pelas plantas, influenciada pelas condições favoráveis do solo logo após a aplicação do produto. Outra possibilidade é a formação de complexos insolúveis de Si com metais como Al, Fe e Mn, em um período logo após a aplicação do Si, em condições de pH próprias para estas reações.

Quando a atividade do Si no solo, na forma de H_4SiO_4^0 é alta, a atividade do Al é depreciada devido à formação de aluminossilicatos, e vice-versa. Determinadas concentrações de H_4SiO_4^0 , e valores de pH em torno de 7 favorecem a formação destes minerais, regulando a própria taxa de intemperismo do Si do solo. Em geral, a solubilidade destes minerais decresce com o aumento do pH, e também pode ser influenciada por outros fatores como a presença de Mg e Fe (SPOSITO, 1995).

As condições naturais dos solos não são propícias para a formação de aluminossilicatos, ao contrário, os índices de acidez favorecem o intemperismo dos

argilominerais e, conseqüentemente, a diminuição de reservas de Si. No caso do estudo em questão, como o solo foi coletado um ano após a aplicação do resíduo, é muito provável que se esteja avaliando um efeito posterior às reações ocorridas no solo por ocasião da aplicação do Si.

Observando-se os teores de Fe e Mn, também relacionados na Tabela 11, verifica-se uma diminuição na disponibilidade destes elementos com a aplicação do Si. Uma justificativa para este fato seria a diminuição da sua disponibilidade pelo próprio aumento do pH, ou a complexação destes elementos por ácidos orgânicos, formados a partir da decomposição da matéria orgânica, favorecida pelo aumento do pH logo após a aplicação dos produtos no solo (SANTOS e CAMARGO, 1999).

Tabela 11 – Características químicas do solo, antes da aplicação e um ano após os tratamentos de aplicação de Si, em população cultivada de *Maytenus ilicifolia*.

Tratamentos	pH	Si	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	P	C	V	M	Fe	Mn	Cu	Zn
	CaCl ₂	mg.kg ⁻¹	cmol _c .dm ³				mg.dm ⁻³			%			mg.dm ⁻³			
Antes aplicação	4,2	11,0	0,1	3,4	1,3	1,4	8,7	13,5	1,3	3,0	35,4	10,4	85	106	2	20
0	5,6	6,4	0,2	8,7	2,3	0,1	4,4	15,6	1,2	3,4	71,5	0,7	36	26	1	18
150	5,6	5,8	0,2	8,9	2,1	0,1	4,1	15,3	1,6	3,3	72,9	0,6	45	24	1	10
300	5,5	6,1	0,2	8,8	2,8	0,1	4,4	16,2	1,4	3,3	72,9	0,6	41	25	1	15
450	5,5	4,8	0,2	8,4	1,6	0,1	4,3	14,5	1,9	2,9	70,3	0,6	40	23	1	7
600	5,7	6,9	0,2	7,9	1,7	0,2	5,5	15,3	2,4	3,3	64,1	1,0	39	32	1	15

Com base na análise de correlação (Apêndice 16) e de componentes principais (Apêndices 17 e 18), o Al e o P foram as variáveis do solo mais significativamente influenciadas pelos tratamentos, influência esta relacionada aos teores de Ca e de Si disponibilizados pela aplicação tanto do Si quanto do calcáreo no solo. Entretanto, apenas para o P conseguiu-se ajustar um modelo de curva de regressão, com um coeficiente de determinação igual a 0,48, conforme mostra a Figura 9. Para as demais variáveis os coeficientes para todos os modelos testados foram inferiores a 0,30.

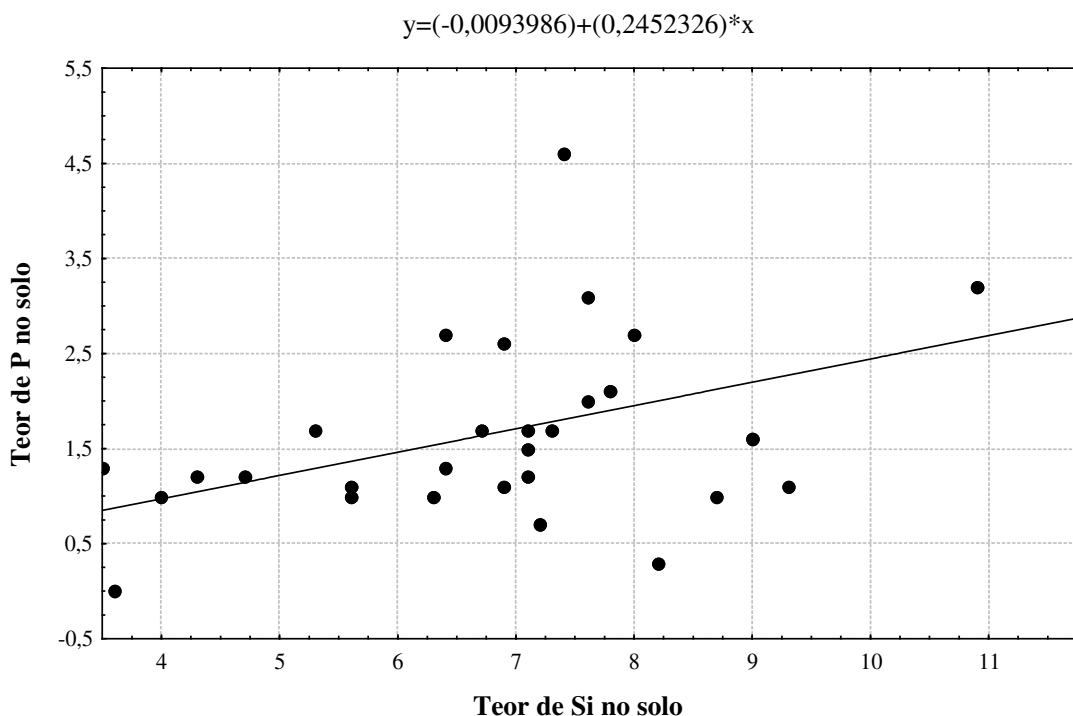


Figura 5 – Relação entre os teores disponíveis de P e Si no solo um ano após a aplicação das diferentes doses de Si ($R^2 = 0,48$, significativo a 1%).

4.3.2 Produção de biomassa aérea e composição fitoquímica

Na Figura 6 encontra-se representada a produção de massa foliar, em percentagem de matéria seca, produzida por *M. ilicifolia* em função das doses de Si aplicadas. Não houve diferença significativa entre os tratamentos, entretanto, pode-se observar um pequeno incremento na matéria seca acumulada até a dose de 300 kg de Si/ha com uma tendência de decréscimo nas doses seguintes.

A análise de correlação (Apêndice 16) não identificou relações entre a produção de massa seca e as demais variáveis analisadas nas folhas. PEREIRA (1993b), em trabalho com *M. aquifolium* também não observou efeitos da adubação sobre os teores foliares de fenóis nesta outra espécie. Estudos futuros seriam necessários para avaliar se outros constituintes químicos de *M. ilicifolia* poderiam estar sendo afetados pela aplicação de Si.

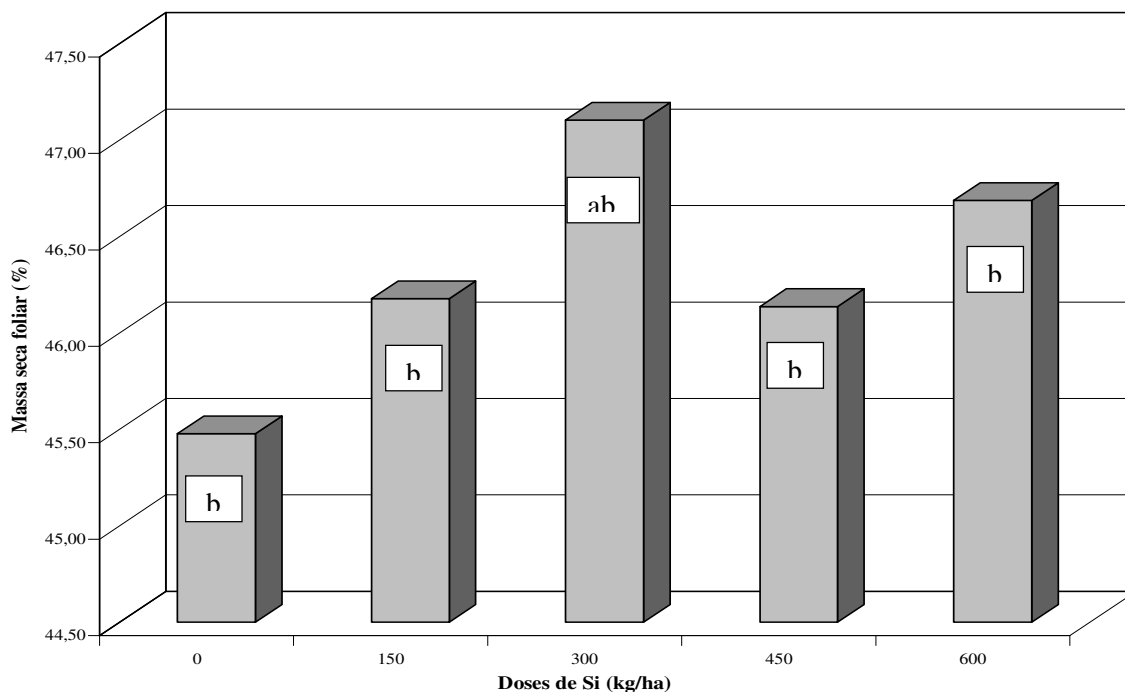


Figura 6 – Variação da massa seca de folhas de *Maytenus ilicifolia* em função das diferentes doses de Si aplicadas no solo (barras com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade).

Em relação aos elementos minerais determinados nas folhas, cujos teores encontram-se na Tabela 12, a maior parte destes não apresentou diferenças significativas nos teores em função das doses de Si aplicadas no solo. Os elementos que apresentaram alguma variação significativa foram Si e Cu.

No caso do Si, observa-se um aumento dos teores foliares proporcional às doses aplicadas, entretanto as diferenças foram significativas apenas entre as plantas que não receberam aplicação de Si (0 kg Si/ha) e as que receberam a maior dose (600 kg Si/ha).

Na análise de correlação (Apêndice 16) o Si foliar relacionou-se positivamente com o Ca foliar e negativamente com o Al foliar.

Diversos autores citam o Si como um “inibidor” da absorção e/ou translocação do Al nas plantas, principalmente devido à formação de complexos estáveis entre

os dois elementos, ainda no solo na região da rizosfera, ou no interior da planta, principalmente nas raízes, evitando a translocação do Al para a parte aérea (SPOSITO, 1995; IWASAKI *et al.*, 2002; Brites *et al.*, 2002)

Em relação a Ca e Si, diferentes estudos tem proposto que ambos os elementos podem ligar-se a compostos fenólicos e à lignina, visando reforçar a estrutura dos tecidos vegetais, em particular de gramíneas (INANAGA e OKASAKA, 1995; INANAGA *et al.*, 1995; MA *et al.*, 2001). Estes mesmos estudos sugerem que, na falta de um dos dois elementos, o outro substituiria o elemento faltante sem prejuízo para a planta.

No caso do Ca verifica-se que, mesmo com o aumento da sua disponibilidade no solo, tanto pela aplicação do calcáreo quanto pela adição do produto RECMIX, os teores foliares não sofreram alterações significativas, apresentando inclusive uma tendência de diminuição com a maior dose aplicada, ao contrário do que ocorreu com o Si.

Como neste estudo foram aplicados em conjunto o calcáreo e o Si (RECMIX) e ambos possuem altos teores de CaO, não há como isolar os efeitos de cada um dos produtos sobre os teores de Ca nas plantas. Este fato indica a necessidade de estudos futuros com a aplicação exclusiva de Si no solo, de modo a avaliar a hipótese do Si vir a substituir o Ca em funções estruturais na planta, em condições de baixa disponibilidade desse último elemento.

Tabela 12 – Teores foliares de elementos minerais em *Maytenus ilicifolia* um ano após a aplicação das diferentes doses de Si solo (média de seis repetições).

Tratamentos (kg Si/ha)	N	P	K	Ca	Mg	Si	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
0	12,90 a	0,89 a	10,81 a	6,76 a	2,70 a	1,70 b	42,94 ab	43,11 a	0,84 ab	5,55 a	37,5 a
150	13,29 a	0,94 a	10,26 a	7,13 a	2,78 a	1,92 ab	42,94 ab	45,96 a	0,50 b	6,35 a	32,5 a
300	13,23 a	0,83 a	9,34 ab	7,03 a	2,81 a	2,18 ab	46,47 ab	42,27 a	1,01 a	5,53 a	33,8 a
450	13,36 a	0,90 a	9,08 ab	7,86 a	3,01 a	2,32 ab	46,80 ab	42,94 a	1,18 a	5,64 a	35,0 a
600	13,64 a	0,91 a	11,16 a	6,43 a	2,85 a	2,50 a	52,51 a	44,29 a	1,34 a	5,81 a	37,5 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação aos polifenóis avaliados (Tabela 13), os teores de lignina

praticamente não diferenciaram entre os tratamentos, ao contrário dos teores de fenóis totais e tanantes que apresentaram uma correlação negativa com a aplicação de Si no solo (Apêndice 13).

Tabela 13 – Teores foliares de lignina, fenóis totais, fenóis não-tanantes, e taninos, em *Maytenus ilicifolia*, um ano após a aplicação das diferentes doses de Si no solo (média de seis repetições).

Tratamentos (kg Si/ha)	Lignina	Polifenóis totais	%	
			Polifenóis não tanantes	Taninos
0	18,8 a	22,4 a	6,5 ab	15,9 a
150	17,6 a	19,9 b	7,3 a	12,6 b
300	17,6 a	17,8 b	6,5 ab	11,3 b
450	17,6 a	15,1 c	7,8 a	7,3 c
600	18,6 a	17,8 b	6,5 ab	11,3 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Utilizando-se da análise de correlação e de componentes principais (Apêndices 16, 17 e 18), verificou-se que, dentre as características fitoquímicas avaliadas, taninos e fenóis totais foram as variáveis mais significativamente influenciadas pela aplicação do Si, correlacionando-se negativamente com as doses de Si no solo, conforme pode-se observar nas Figuras 7 e 8.

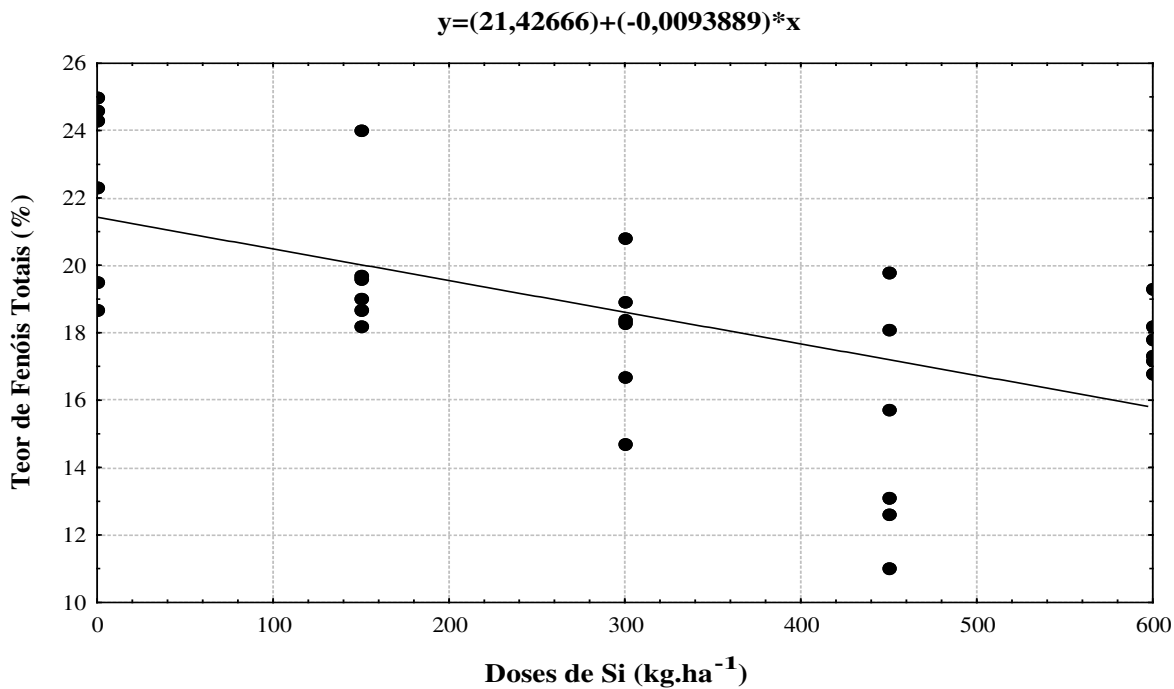


Figura 7 – Variação do teor de fenóis totais em folhas de *Maytenus ilicifolia* em função das diferentes doses de Si aplicadas no solo ($R^2 = 0,60$, significativo a 1%).

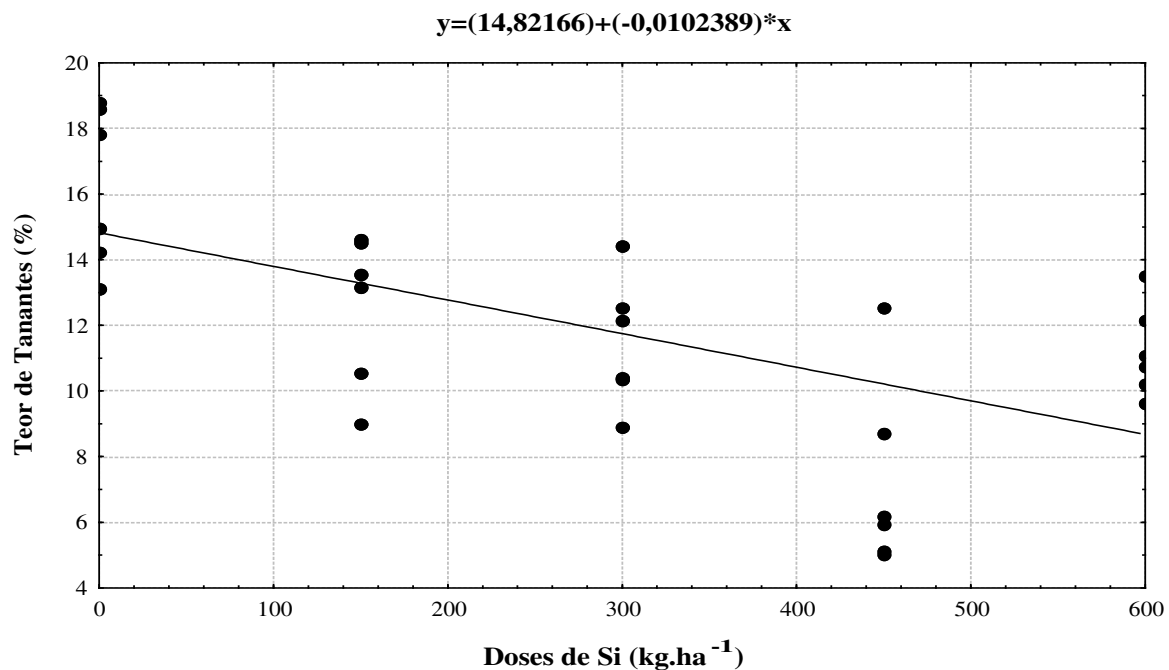


Figura 8 – Variação do teor de tanantes em folhas de *Maytenus ilicifolia* em função das doses diferentes doses de Si aplicadas no solo ($R^2 = 0,61$, significativo a 1%).

A aplicação do Si no solo aumentou o pH, bem como os teores disponíveis de Ca do solo, e do próprio Si nas plantas, Estas condições mais favoráveis para as plantas podem ter influenciado a síntese de fenóis em *M. ilicifolia*.

Na literatura existem vários trabalhos que tratam da relação entre fertilidade e síntese de fenóis, a maior parte relacionando a maior produção destes compostos em solos com baixa oferta de nutrientes e elevada luminosidade (HORNER *et al.*, 1988; VARANDA *et al.*, 1998; GONÇALVES-ALVIM *et al.*, 2004; KRAUS *et al.*, 2004). Entretanto, os mecanismos que regulam esta síntese ainda são desconhecidos.

Em arroz, estudos confirmaram que o Si presente nas glumas tem papel fundamental na proteção das sementes contra raios UV; em outras espécies, compostos como ácido ascórbico e flavonóides também reduzem danos causados pela radiação UV (GOTO *et al.*, 2003; TAIZ e ZEIGER, 2004).

As respostas fisiológicas e bioquímicas de diferentes espécies induzidas por baixos teores de Si são similares às induzidas pela radiação UV. Apesar dos diversos estudos nesta área, ainda não está claro se o Si está associado a uma resposta metabólica na proteção contra radiação UV, ou se as várias substâncias que protegem as plantas contra UV ocorrem de acordo com o acúmulo de Si nas plantas. Estudos anteriores também demonstraram que em plantas com supressão de Si, o processo de silicificação pode ser substituído pela produção de compostos fenólicos estruturais, como a lignina, desde que a ausência de Si esteja associada a uma elevada produção de fenilalanina amônia-liase (PAL); isto ocorre já que a silicificação das células normalmente promove uma rigidez estrutural à parede celular (GOTO *et al.*, 2003).

Neste estudo envolvendo uma população cultivada de *Maytenus ilicifolia* parece razoável supor que o suprimento de Si às plantas diminui a síntese de compostos fenólicos, via aumento dos processos de silicificação das paredes celulares, conferindo a estas, a mesma proteção oferecida pelos fenóis, e, provavelmente, com um menor custo energético.

4.4 Considerações finais

Nas populações naturais avaliadas verificou-se que, em condições de sombreamento, a massa específica foliar das populações de *M. ilicifolia* foi significativamente inferior às populações localizadas a pleno sol. Os valores de massa específica correlacionaram-se positivamente com os teores de fenóis totais.

A síntese de fenóis totais e taninos foi menor nas populações naturais localizadas sob os ambientes sombreados, mesmo nos solos menos férteis; os teores de lignina, ao contrário, foram superiores em ambientes de sombra.

Os elementos minerais cujos teores nas populações naturais foram mais influenciados pelas distintas condições ambientais foram N, K, Ca e Mn.

Dentre os materiais avaliados no Banco de Germoplasma observou-se que os morfotipos que apresentam folhas com ausência ou menor número de espinhos predominam nas progênies oriundas das regiões de Santa Catarina e do Paraná onde a vegetação original é a Estepe Gramíneo-Lenhosa.

Apesar de não haver diferença significativa, houve uma tendência das progênies com maior teor de lignina apresentarem menor teor de taninos.

A identificação de distintos grupos homogêneos de progênies para as variáveis fitoquímicas indica que *M. ilicifolia* apresenta um controle genético sobre a expressão das características analisadas, em particular sobre os teores de N, Mg, Si, Al, fenóis não-tanantes e taninos.

Nas condições deste estudo, a aplicação do Si, na forma de silicato de cálcio, aumentou a disponibilidade de P no solo devido à presença do Si, e diminuiu a do Al trocável, em função dos teores de Ca do produto aplicado. Os teores de Si do solo, na época da avaliação, não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que o Si não absorvido pelas plantas pode ter sido convertido em formas não solúveis, como aluminossilicatos.

A fertilização com Si influenciou significativamente os teores foliares de Si, de fenóis totais e de taninos em população cultivada de *M. ilicifolia*. Os teores de Si aumentaram proporcionalmente às doses aplicadas, ao contrário dos teores de Fenóis que

diminuíram com o aumento das doses de Si. Os teores de lignina não foram influenciados pelos tratamentos.

O suprimento de Si às plantas de *M. ilicifolia* diminui a síntese de compostos fenólicos, via aumento dos processos de silicificação das paredes celulares, conferindo a estas, a mesma proteção oferecida pelos fenóis (defesa contra herbivoria e radiação UV).

Estudos futuros devem ser conduzidos no sentido de isolar os efeitos da aplicação do Si e do calcáreo, buscando identificar as relações do Si e do Ca com a produção de fenóis em *M. ilicifolia*.

Também se sugere a condução destes mesmos estudos sob o efeito de diferentes intensidades luminosas, procurando identificar sistemas de manejo que conciliem a produção de biomassa com a produção de compostos com efeito terapêutico. No caso de *M. ilicifolia* as condições naturais para a produção dos princípios ativos são as observadas nas plantas originalmente localizadas em ambientes mais sombreados, de onde, tradicionalmente, tem sido retirado o material para a produção de fitoterápicos. Neste caso, os menores teores de taninos encontrados nas plantas de sombra poderiam ser considerados satisfatórios para uma adequada ação terapêutica, ao contrário das plantas crescendo a pleno sol, que podem, com maiores concentrações deste composto, tornarem-se ineficazes e até prejudiciais à saúde.

Este fato deve ser considerado quando da recomendação de plantios a pleno sol, principalmente devido à falta de maiores dados sobre a composição fitoquímica e ação farmacológica das plantas em condições de cultivo.

Considerando que neste trabalho fatores ambientais afetaram a produção dos fenóis, deve-se considerar que a síntese de outros compostos pode estar sendo influenciada pela luz e/ou pelas características dos solos, como é o caso, por exemplo, dos triterpenos, também considerados importantes na ação terapêutica desta espécie medicinal.

5 CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que as populações de *Maytenus ilicifolia* apresentam uma significativa plasticidade ambiental, ocorrendo em distintas condições de fertilidade e regime hidromórfico dos solos, e em distintas condições de luminosidade.

Em populações naturais a síntese de fenóis totais é regulada principalmente pela disponibilidade de luz. A pleno sol os teores de fenóis totais e taninos são mais elevados resultando em maior produção de biomassa devido à maior alocação de compostos baseados no carbono.

A relação inversa entre a produção de taninos e lignina indica que *M. ilicifolia* apresenta uma regulação interna para a produção “racional” dos compostos fenólicos, cujas vias de síntese são ativadas/desativadas em função de fatores ambientais, em particular da luz.

Os teores de Si foliar de *M. ilicifolia* não apresentaram variação entre os ambientes de ocorrência natural, certamente devido aos elevados teores do elemento disponíveis em todos os solos avaliados.

Nas progênies avaliadas foram identificados nove morfotipos foliares, os quais apresentaram relação com alguns dos ambientes de origem das populações.

Os teores de lignina das progênies se relacionaram com os morfotipos, sendo seu teor menor naqueles morfotipos que apresentaram folhas com ausência ou poucos espinhos.

Nas progênies localizadas no Banco de Germoplasma, o Si foi um dos elementos que apresentou maior coeficiente de variação, indicando que houve um provável controle genético na absorção do elemento.

M.ilicifolia apresenta controle genético sobre a expressão de determinadas variáveis fitoquímicas.

Os teores de lignina nas folhas de *M. ilicifolia* não foram influenciados pela aplicação de Si.

O suprimento de Si aumentou a silicificação das paredes celulares, conferindo-lhes a mesma proteção desempenhada pelos fenóis, com menor custo energético para as plantas.

Os estudos efetuados indicam que é possível efetuar o controle de compostos fenólicos presentes em *M. ilicifolia*, seja através do manejo de luz, interferindo tanto na síntese de lignina quanto dos taninos, seja por meio da aplicação de Si e Ca, regulando principalmente a síntese de fenóis totais e taninos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, M.S.; FONG, H.H.S.; SOEJARTO, D.D.; DOBBERSTEIN, R.H.; WALLER, D.P. High-performance liquid chromatographic separation and quantitation of maytansinoids in *M. ilicifolia*. **Journal of Chromatography**, v.213, p.340-344, 1981.
- AKERELE, O. Medicinal plants and primary health care: an agenda for action. **Fitoterapia**, v.5, p.355-363, 1988.
- ADATIA, M.H.; BESFORD, R.T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. **Annals of Botany**, v.58, p.343-51, 1986.
- ÁLVAREZ, M.F.; BORRELLI, N.; OSTERRIETH, M. Extacción de biominales síliceos en distintos sedimentos utilizando dos técnicas básicas. *In*: Encuentro de Investigaciones Fitolíticas del Cono Sur, 3er., Tucumán, Argentina, 16 a 18 de marzo de 2005, **libro de resúmenes**, Tucumán:GEFACS, 2005. p.7-9.
- BALANDRIN, M.F.; KLOCKE, J.A.; WURTELE, E.S.; BOLLINGER, W.H. Natural plants chemicals: sources of industrial and medicinal materials. **Science**, v.228, p.1154-1160, 1985.

- BARDDAL, M.L. **Aspectos florísticos e fitossociológicos do componente arbóreo-arbustivo de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial – Araucária, PR.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002. 89p. (Dissertação de mestrado).
- BERNARDI, H.H.; WASICKY, M. **Algumas pesquisas sobre a “Espinheira Santa” ou “Cancerosa” *M. ilicifolia* Martius, usada como remédio popular no Rio Grande do Sul.** Santa Maria: URGs, 1959. 46p.
- BIDWELL, R.G.S. **Plant physiology.** New York, Macmillan Publishing Co..Inc., 1974. 643p.
- BITTENCOURT, J. **Variabilidade genética em populações naturais de *M. ilicifolia* por meio de marcadores RAPD.** Curitiba: UFPR, 2000. 58p. (Dissertação de Mestrado).
- BORRELLI, N.; OSTERRIETH, M.; CABELLO, M. Degradacion de fitolitos de gramíneas. Experimentacion *in vitro*. In: Encontro de Investigaciones Fitolíticas del Cono Sur, 3er., Tucumán, Argentina, 16 a 18 de março de 2005, **libro de resúmenes**, Tucumán:GEFACS, 2005. p.3-4.
- BRADBURY, M.; AHMAD,R. The effect of silicon on the growth of *Prosopis juliflora* in saline soil. **Plant and Soil**, v. 125, n. 1, p.71-4, 1990.
- BRAM, M.R.; QUINN, J.A. Sex expression, sex-specific traits, and the effects of salinity on growth and reproduction of *Amaranthus cannabinus* (Amaranthaceae), a dioecious annual. **American Journal of Botany**, v.87, n.11, p.1609-1618, 2000.
- BRASIL. Portaria normativa N° 122-P, de 19 de março de 1985. Estabelece normas ao registro de pessoas físicas ou jurídicas que consumam, explorem ou comercializem, matéria-prima florestal. IN: **Lex**: coletânea de legislação e jurisprudência. São Paulo, v. 49, p. 597-609, jan.-mar., 1985. (Marginália).

- _____. Portaria N° 6 [SNVS], de 31 de janeiro de 1995. **Diário Oficial** [da] República Federativa do Brasil. Brasília, v. 133, n. 26, p. 1523-1524, 6 fev. 1995. Sec. I.
- _____. Resolução-RDC N° 17, de 24 fev. 2000. **Diário Oficial** [da] República Federativa do Brasil, Brasília, v. 138. 25 fev. 2000. Seção I.
- BRITEZ, R.M.; WATANABE, T.; JANSEN, S.; REISSMANN, C.B.; OSAKI, M. The relationship between aluminium and silicon accumulation in leaves of *Faramea marginata* (Rubiaceae). **New Phytologist**, v.156, p.437-444, 2002.
- BRUNETON, J. **Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 1991. 594p.
- CARLINI, E.L.A (coord.). **Estudo de ação antiúlcera gástrica de plantas brasileiras: *M. ilicifolia* (Espinheira-Santa) e outras**. Brasília: CEME/AFIP, 1988. 87p.
- CARVALHO, P. E. R. 1980. **Levantamento florístico da região de Irati-PR. (1ª aproximação)**. Curitiba: EMBRAPA/ CNPF. 44 p. (Circular Técnica No. 03).
- CARVALHO-OKANO, R. **Estudos taxonômicos do gênero *Maytenus* Mol. emend. Mol. Celastraceae) do Brasil extra-amazônico**. Campinas: UNICAMP, 1992. 253p. (Dissertação de Doutorado – Ciências: Biologia Vegetal).
- CARVALHO, A. P., MENEGOL, O., OLIVEIRA, E. B., POTTER, R., FASOLO, P.J., FERREIRA, C. A., BARTOSZEK, A. Efeito de características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*.. **Bol. de Pesq. Florestal**, v.39, p.51 - 66, 1999.
- CARVALHO, R.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; FERNANDES, L.A.; OLIVEIRA JR., A.C. Dessorção de fósforo por silício em solos cultivados com eucalipto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, n.1, p.69-74, 2000.

- CARVALHO, J.G. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura de arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício.** Botucatu: UNESP/FCA, 2000. 119 p. (Dissertação de mestrado).
- CARVALHO-PUPATTO, J.G. **Trocas gasosas e eficiência de uso da água da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de silício.** Botucatu: UNESP/FCA, 2003. 151p. (Tese de doutorado).
- CARVALHO-PUPATTO, J.G.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; MAUAD, M.; SILVA, R.H.da. Efeito de escória de alto forno no crescimento radicular e na produtividade de arroz. **Pesq. agropec. bras.**, v.38, n.11, p.1323-1328, 2004.
- CASTRO, H.G.; CASALI, V.W.D.BARBOSA, L.C.A.; CECON, P.R. Rendimento de tanino em dois acessos de carqueja (*Baccharis myriocephala* D.C.), em diferentes épocas de colheita em Viçosa-MG. **Rev. Bras. Pl. Med.**, v.1, n.2, p.29-33, 1999.
- CHÉRIF, M.; BÉLANGER, R.R. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long english cucumber. **Plant Disease**, v.76, n.10, p.1008-11, 1992.
- COLEY, P.D.; BRYANT, J.P.; CHAPIN III, F.S. Resource availability and plant antiherbivore defense. **Science**, v. 230, n.4728, p.895-899, 1985.
- COLEY, P.D. Patronos en las defensas de las plantas: ¿porqué los herbívoros prefieren ciertas especies? **Rev. Biol. Trop.**, n.35 (supl. 1), p.151-164, 1987.
- CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L.C.; SCHEFFER, M.C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. 162p.
- DATNOFF, L.E.; RAID, R.N.; SNYDER, G.H.; JONES, D.B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. **Plant Disease**, v.75, p.729-732, 1991.

- DEREN, C.W.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; MARTIN, F.G. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grow on flooded organic histosols. **Crop Sci.**, v.34, p.733-737, 1994.
- DUAN, J.; GREGORY, J. The influence of silicic acid on aluminium hydroxide precipitation and flocculation by aluminium salts. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 69, p.193-201, 1998.
- EIRA, M.T.S.; DIAS, T.M.C.; MELLO, C.M.C. Comportamento fisiológico de sementes de espinheira-santa (*M. ilicifolia*) no armazenamento. **Hortic. Br.**, v.13, n.1, p.32-34, 1995.
- EMADIAN, S.F.; NEWTON, R.J. Growth enhancement of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings by silicon. **J. Plant Physiol.**, v.134, p.98-103, 1989.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979.
- _____. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Curitiba: EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. 791p.
- _____. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1988. 67p.
- _____. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Distrito Federal: Embrapa, 1999.
- _____. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação / Rio de Janeiro:Embrapa Solos, 1999. 412p.

- EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v.91, p.11-17, 1994.
- EXLEY, C. Silicon in life: A bioinorganic solution to biorganic essentiality. **J. Inorg. Biochem.**, v.69, p.139-144, 1998.
- FEENY, P. Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. **Ecology**, v.51, n.4, p.565-581, 1976.
- _____. Plant apparency and chemical defense. p.1-41. In: WALLACE J.W.; MANSELL, R.L. **Biochemical Interaction between plants and insects - recent advances in phytochemistry**, 10. New York: Plenum Press, 1976. 425p.
- FLÜCK, H. The influence of the soil on the content of active principles in medicinal plants. **The Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v.6, p.153-163, 1954.
- GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; RODERJAN, C.V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta nacional de Irati-PR. **Floresta**, v.19, n.1-2, p. 30-49, 1989.
- GONÇALVES-ALVIM, S.J.; COLLEVATTI, R.; FERNANDES, G.W. Effects of genetic variability and habitat of *Qualea parviflora* (Vochysiaceae) on herbivory by free-feeding and gall-forming insects. **Annals of Botany**, www.aob.oupjournals.org.
- GONZALEZ, O. G. The total tannin content in *M. ilicifolia* leaves. In: **Pharmatech - New Perspectives in Drug Delivery Systems** (3. : 1998 : Belo Horizonte). Proceedings. Belo Horizonte: UFMG, 1998. p.69.
- GONZALEZ, F.G.; PORTELA, T.Y.; STIPP, E.J.; STASI, L.C.; DI-STASI, L.C. Antiulcerogenic and analgesic effects of *Maytenus aquifolium*, *Sorocea bomplandii* and *Zolernia ilicifolia*. **Journal of Ethnopharmacology**, v.77, n.1, p.41-47, 2001.

- GOTO, M.; EHARA, H.; KARITA, S.; TAKABE, K.; OGAWA, N.; YAMADA, Y.; OGAWA, S.; YAHAYA, M.S.; MORITA, O. Protective effect of silicon on phenolic biosynthesis and ultraviolet spectral stress in rice crop. **Plant Science**, v.164, p.349-356, 2003.
- HASLAM, E. **Chemistry of vegetable tannins**. London: Academic Press, 1966. 179p.
- HARE, J.D. Geographic and genetic variation in the leaf surface resin components of *Mimulus aurantiacus* from southern California. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.30, p.291-296, 2002.
- HARRISON, C.C. Evidence for intramineral macromolecules containing protein from plant silicas. **Phytochemistry**, v.41, n.1, p.37-42, 1996.
- HODSON, M.J.; SANGSTER, A.G. Aluminium/silicon interactions in conifers. **Journal of Inorganic Biochemistry**, n.76, p.89-98, 1999.
- HOLZHÜTER, G.; LAKSHMINARAYANAN, K.; GERBER, T. Silica structure in the spicules of the sponge *Suberites domuncula*. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v.382, n.4, p.1121-1126, 2005.
- HOFFMAN, F.M.; HILLSON, C.J. Effects of silicon on the life cycle of *Equisetum hyemale* L. **Bot. Gaz.**, v.140, n.2, p.127-132, 1979.
- HORNER, J.D.; GOSZ, J.R.; CATES, R.G. The role of carbon-based plant secondary metabolites in decomposition in terrestrial ecosystems. **Am. Nat.**, v.132, p.869-883, 1988.
- INANAGA, S.; OKASAKA, A. Calcium and silicon binding compounds in cell walls of rice shoots. **Soil Sci. Plant Nutr.**, v. 41, n.1, p.103-110, 1995.
- INANAGA, S.; OKASAKA, A.; TANAKA, S. Does silicon exist in association with organic compounds in rice plant ? **Soil Sci. Plant Nutr.**, v.41, n.1, p.111-7, 1995.

- ITOKAWA, H.; SHIROTA, O; IKUTA, H.; MORITA, H.; TAKEYA, K.; IITAKY, I. Triterpenes from *M. ilicifolia*. **Phytochemistry**, v.30, n.11, p.3713-3716, 1991.
- ITOKAWA-H; SHIROTA-O; ICHITSUKA-K; MORITA-H; TAKEYA-K. Oligonicotinated sesquiterpene polyesters from *M. ilicifolia*. **Journal of Natural Products**, v.56, n.9, p.1479-1485, 1993.
- JANZEN, D.H. **Ecologia vegetal nos trópicos**. São Paulo, EPU, EDUSP, 1980. 79p.
- JING, S.W.; COLEY, P.D. Dioecy and herbivory: the effect of growth rate on plant defense in *Acer negundo*. **Oikos**, v.58, p.369-377, 1990.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace Elements in Soils and Plants**. 2ed. London: CRC Press, 1992.
- KAPEL, M.; KARUNANITHY, R. Effect of hard lewis acids on tannin synthesis in plants. **Planta medica**, v.31, p.123-126, 1977.
- KLEIN, R.L.; GEIS, J.W. Biogenic Silica in the Pinaceae. **Soil Science**, v.126, n.3, p.145-156, 1978.
- KOLESNIKOV, M.P.; GINS, V.K. Forms of Silicon in Medicinal Plants. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v.37, n.5, p.524-527, 2001.
- KORNDORFER, G.H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e arroz. **Inf. Agron.**, n.70, p.1-3, 1995.
- KORNDORFER, G.H.; COELHO, N.M.; SNYDER, G.H.; MIZUTANI, C.T. Avaliação de métodos de extração de silício em solos cultivados com arroz de sequeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, p.101-6, 1999a.

- KORNDORFER, G.H.; ARANTES, V.A.; CORREA, G.F.; SNYDER, G.H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, v.23, p.635-41, 1999b.
- KOZLOWSKA, M.; KRZYWANSKI, Z. The possible role of phenolic compounds in red raspberry resistance to *Didymella applanata* (Niessel) Sacc. **Acta Horticulturae**, v. 381, p. 671-74, 1994.
- KRAUS, T.E.C.; ZASOSKI, R.J.; DAHLGREN, R.A. Fertility and pH effects on polyphenol and condensed tannin concentrations in foliage and roots. **Plant and Soil**, v.262, p.95-109, 2004.
- KUITERS, A T. Role of phenolic substances from decomposing forest litter in plant-soil interactions. **Acta Bot. Neerl.** **39**:329-348, 1990.
- KURUP, S.S.; NALWADI, U.G.; BASARKAR, P.W. Phenolic biosynthesis in relation to moisture stress in marigold (*Tagetes erecta* L.). **Acta Horticulturae**, v.381, p. 488-90, 1994.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319p. LESNIEWICZ, A.; JAWORSKA, K.; ZYRNICKI, W. Macro- and micro-nutrients and their bioavailability in polish herbal medicaments. **Food Chemistry**, 2006. www.sciencedirect.com
- LEITE, P.F. As diferentes unidades fitoecológicas da região Sul do Brasil – Proposta de classificação. **Dissertação** (Mestrado). Curitiba: UFPR, 1994.
- LIANG, Y. Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. **Plant and Soil**, v.209, p.217-224, 1999.

- LIMA, O.G. DE; COELHO, J.S.; WEIGERT, E; D'ALBUQUERQUE, I.L.; LIMA, D. DE A.; MORAES E SOUZA, M.A. Substancias antimicrobianas de plantas superiores. XXXVI. Sobre a presenca de maitenina e pristimerina na parte cortical das raizes de *M. ilicifolia*, procedente do Brasil meridional. **Rev. Inst. Antibiot.**, v. 11, n.1, p.35-8, 1971.
- LINDROTH, R.L.; OSIER, T.L.; BARNHILL, H.R.H; WOOD, S.A. Effects of genotype and nutrient availability on phytochemistry of trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.) during leaf senescence. **Biochemical systematics and ecology**, v.30, p.297-307, 2002.
- MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as beneficial element for crop plants. *In*: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G. (eds.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, p.17-39. 2001.
- MA, J.F.; HIGASHITANI, A.; SATO, K.; TAKEDA, K. Genotypic variation in silicon concentration of barley grain. **Plant and Soil**, v.249, p.383-387, 2003.
- MAGALHÃES, P.M. **A experimntação agrícola com plantas medicinais e aromáticas**. Campinas: UNICAMP-CPQBA, 1994. 26p.
- MANDICH, L.; BITTNER, M.; SILVA, M.; BARROS, C. Phytochemical screening of medicinal plants - studies of flavonoids. **Rev. Latinoamer. Quim.** 15(2):80-82, 1984.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

- MAZZA, M. C. M., MAZZA, C. A. da SILVA, RADOMSKI, M. I., SOARES, A. de O., RACHWAL, M. F. G., SANTOS, J. E. dos. Caracterização de populações e habitats de *Maytenus ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati, região centro-sul do estado do Paraná. *In: 6° CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL*, 2003, Fortaleza, **Anais de Trabalhos Completos**. Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, 2003, p. 211-212.
- MELO-S-DE-F; SOARES-SF; COSTA-RF-DA; SILVA-CR-DA; OLIVEIRA-MBN-DE; BEZERRA-RJAC; CALDEIRA-DE-ARAUJO-A; BERNARDO-FILHO-M; DE-F-MELO-S; DA-COSTA-RF; DA-SILVA-CR; DE-OLIVEIRA-MBN. Effect of the *Cymbopogon citratus*, *Maytenus ilicifolia* and *Baccharis genistelloides* extracts against the stannous chloride oxidative damage in *Escherichia coli*. **Mutation-Research,-Genetic-Toxicology-and-Environmental-Mutagenesis**, v.496, n.1-2, p.33-38, 2001. (UERJ – Instituto de Biologia).
- MENGEL, K.; KIRBY, E.A. **Principles of Plant Nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MENZIES, J.G.; BOWEN, P.; EHRET, D.L.; GLASS, A.D.M. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.117, n.6, p.902-905, 1992.
- MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Geoquímica de Solo do Estado do Paraná – horizonte B**. Curitiba: Mineropar, v.1, 2005. 408p.
- MISIC, V. Neke cinjenice i hipoteze o ulozi biljnog tanina u prirodi i o njegovom znacaju covekovo zdravlje. **Arh.farm.**, v.37, n.6, p.309-317, 1986.
- MONTANARI, T; CARVALHO J.E. DE; DOLDER, H; DE CARVALHO, J.E. Effect of *M. ilicifolia* Mart.ex. Reiss on spermatogenesis. **Contraception-Stoneham**, v. 57, n.5, p.335-339, 1998.

- MORTON, J.F. Search for Carcinogenic Principles.. In: SWAIN, T.; KLEIMAN, R. **The Resource Potential in Phytochemistry - recent advances in phytochemistry, 14.** New York: Plenum Press, p.53-73, 1979. 215p.
- MOSSI, A.J. **Variabilidade genética e de compostos voláteis e semi-voláteis em *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss.** São Carlos: UFSCar, 2003. 101p. (Tese de Doutorado).
- NEGRELLE, R.; LEUCHTENBERGER R. Composição e estrutura do componente arbóreo de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, Ponta Grossa, Paraná. **Floresta**, v.31, n.1-2, p.42-51, 2001.
- NEUMANN, D.; NIEDEN, U. zur. Silicon and heavy metal tolerance of higher plants. **Phytochemistry**, v.56, p.685-692, 2001.
- NIERO, R.; MOSER, R.; BUSATO, A.C.B.; YUNES, R.A; REIS, A; CECHINEL FILHO, V. A comparative chemical study of *M. ilicifolia* Mart. Reiss and *Maytenus robusta* Reiss (Celastraceae). **Zeitschrift-fur-Naturforschung**. Section C, Biosciences, v. 56, n. 1-2, p.158-61, 2001.
- NOKAKI, H.; MATSUURA, H.; HIRONO, S.; KASAI, R.; CHANG, J.J.; LEE, K.H. Antitumor agents, 116. Cytotoxic triterpenes from *Maytenus diversifolia*. **Journal of Natural Products**, v. 53, n.4, p.1039-41, 1990.
- OBIHARA, C.H.; RUSSEL, E.W. Specific adsorption of the silicate and phosphate by soils. **J. Soil Sci**, v.23, p.105-17, 1972.
- OLIVEIRA, Y.M.M. **Investigation of Remote Sensing for Assessing and Monitoring the *Araucaria* forest region of Brazil.** Oxford: University of Oxford, 1999. 247p. (Tese de Doutorado).

OSIER, T.L.; HWANG, S.Y.; LINDROTH, R.L. Within- and between-year variation in early season phytochemistry of quaking aspen (*Populus tremuloides* Michx.) clones. **Biochemical of Systematics Ecology**, v.28, p.197-208, 2000.

PAVAN, M.A ; *et al.*. **Manual de análise química de solo**. Londrina, IAPAR, 1992.

PEREIRA, A M.S.; PEREIRA, P.S.; CERDEIRA, R.M.M.; FRANÇA, S.C.; MORAES, F.R.; MORAES, J.R.E.; RODRIGUES, D.C. Pharmacologically active compounds in plant tissue culture of *M. ilicifolia* (Celastraceae). In: **WOCMAP - First World Congress on Medicinal and Aromatic Plant**. Maastricht, Holanda. 1992.

PEREIRA, A.M.S. **Micropropagação de *Maytenus aquifolium* Mart. e *M. ilicifolia* Mart. (Espinheira-Santa)**. Jaboticabal: UNESP, 1993a. 67p. (Dissertação de Mestrado).

_____. **Influência da adubação em *M. ilicifolia* Mart., quanto a parâmetros agronômicos e químicos**. Jaboticabal, 1993b. 17p. (datilografado).

PEREIRA, A. M. S.; BERTONI, B. W.; RESENDE, I. D.; BARATTO, D. M.; SILVA, P. H. FRANÇA, S. C. Avaliação de características fenotípicas de *Maytenus aquifolium* para produção de clones superiores. In: SIMPÓSIO DE PLANTAS MEDICINAIS DO BRASIL, 13., 1994, Fortaleza. **Resumo de temas livres**. Fortaleza: FINEP/CNPq., 1994. p 188.

PERRY, C.C.; KEELING-TUCKER, T. Model studies of colloidal silica precipitation using biosilica extracts from *Equisetum telmateia*. **Colloid and Polymer Science**, v.281, n.7, p.652-664, 2003.

PICHERSKY, E.; GANG, D.R. Genetics and biochemistry of secondary metabolites in plants: an evolutionary perspective. **Trends in Plant Science Perspectives**, v.5, n.10, p.439-445, 2000.

- POWEL,R.G.; SMITH JR.,C.R. Antitumor Agents from Higher Plants.. In : SWAIN, T.; KLEIMAN,R. **The Resource Potential in Phytochemistry - recent advances in phytochemistry**, v.14. New York: Plenum Press, p.23-51, 1979. 215p.
- PRADO, R.de M. **Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo**. Ilha Solteira: UNESP, 2000. 115p. (Dissertação de Mestrado).
- RACHWAL, M.F.G.; CURCIO, G.R.; MEDRADO, M.J.S. **Desenvolvimento e produção de massa foliar de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia*) a pleno sol, em Cambissolo húmico no Município de Colombo-PR**. Colombo, EMBRAPA, 1997. (relatório de pesquisa).
- RACHWAL, M.F.G.; CURCIO, G.R.; DEDECEK, R.A.; NIETSCHKE, K.; RADOMSKI, M.I. Influência da luminosidade sobre os teores de macronutrientes e tanino em folhas de erva-mate. *In*: II Congresso Sul-Americano da erva-mate e III Reunião técnica da erva-mate, Porto Alegre, **Anais**. Porto Alegre: Edição dos Organizadores, 2000, p.417-420.
- RADOMSKI, M.I. **Caracterização ecológica e fitoquímica de *M. ilicifolia* Mart., em populações nativas, no município da Lapa, Paraná**. Curitiba: UFPR, 1998. 98p. (Dissertação de Mestrado).
- RADOMSKI, M.I.; WISNIEWSKI, C.; CURCIO, G.R.; RACHWAL, M.G.; SANTOS, C.A.M. Caracterização de ambientes de ocorrência natural e sua influência sobre o peso específico e o teor de polifenóis totais de folhas de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v.6, n.2, p.36-43, 2004a.
- RADOMSKI, M.I.; WISNIEWSKI, C. Teores de elementos químicos hidrossolúveis em folhas de espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss.). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v.6, n.3, p.65-68, 2004.

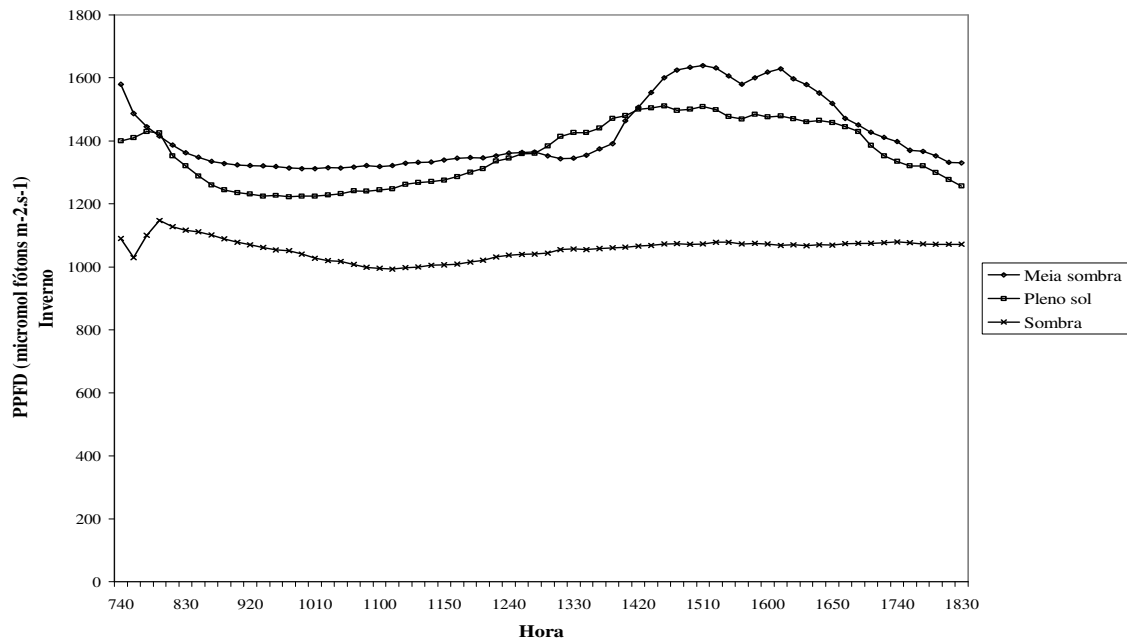
- RADOMSKI, M.I.; PERECIN, M.B.; STEENBOCK, W. Aspectos ecológicos de espinheira-santa. In: REIS, M.S. Dos E SILVA, S.R.(org.) **Plantas medicinais e aromáticas – Espinheira-santa**. Brasília:Ibama, 2004b. p.93-114 .
- REICHER, F.; SIERAKOWSKI, M.R.; CORRÊA, J.B.C. determinação espectrofotométrica de taninos pelo reativo fosfotúngstico-fosfomolibdico. **Arq. Biol. Tecnol.**, v.24, n4, p.407-411, 1981.
- RICE, E.L.; PANCHOLY, S.K. Inhibition of nitrification by climax ecosystems. III. Inhibitors other than tannins. **Am. J. Bot.**, v.61, p.1095-1103, 1974.
- ROBBERS, J.E.; SPEEDIE, M.K.; TYLER, V.E. **Farmacognosia e Farmacobiotechnologia**. São Paulo: Editorial Premier, 372p., 1997.
- ROGALLA, H.; RÖMHELD, V. Role of leaf apoplast in silicon-mediated manganese tolerance of *Cucumis sativus* L. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.549-555, 2002.
- ROSA, S. G. T. Behaviour of *M. ilicifolia* seeds in different periods and storage conditions. **Acta horticulturae**, n. 502, p. 249-254, 1999.
- ROSA, S.G.T.; BARROS, I.B.I. DE. Determinação do número e peso de sementes no fruto de *M. ilicifolia* Mart. ex Reiss (espinheira santa). **Phyton**, v.58: n.1-2, p.53-55, 1996.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Physiology**. Belmont, Wadsworth Inc., 1992. 682p.
- SANCHES, A.B. Efeitos do silicato de cálcio nos atributos químicos do solo e planta, produção e qualidade em capim-braquirão (*Brachiaria brizantha* (Hoechst ex A.Rich.) Stapf. cv. Marandu)) sob intensidades de pastejo. **Dissertação** (Mestrado). São Paulo: USP, 2003. 122p.
- SANTOS, C. A .M.; TORRES, K.R.; LEONARI, R. **Plantas medicinais: herbarium, flora et scientia**. Curitiba, Scientia et Labor, 1987. 160p.

- SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.de O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. 508p.
- SCHEFFER, M.C.; DONI FILHO, L.; KOEHLER, H.S. Comparison between the different methods for evaluating the physiological quality of seeds of *M. ilicifolia* Mart. ex Reiss. Celastraceae. **Acta-Horticulturae**, n. 502, p.261-264, 1999.
- SCHEFFER, M.C. **Sistema de cruzamento e variação genética entre populações e progênies de espinheira-santa**. Curitiba: UFPR, 2001. 104p. (Tese de Doutorado).
- SCUTAREANU, P.; LINGEMAN, R. Natural content of phenols and tannin in *Quercus robur* leaves related to development of *Euproctis chrysorrhoea* caterpillars. **Acta Horticulturae**, v.381, p.738-741, 1994.
- SEMA/GTZ - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE / DEUTSCHE GESELLSCHAFT FUR TECHNISCHE ZUSAMMERNARBEIT. **Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no Estado do Paraná**. Curitiba: SEMA/GTZ, 1995. 139p
- SILVA, C. P. **Efeitos do NAA, ácido bórico, paclobutazol e da época de coleta, no enraizamento de estacas caulinares de espinheira-santa (*Maytenus aquifolia* Mart.)**. Botucatu: UNESP, 1999. 99p. (Dissertação de Mestrado).
- SIMÕES, C.M.O; MENTZ, L.A; IRGANG, B.E.; STEHMANN, J.R. **Plantas da medicina popular do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Ed. da Universidade, 1988. 174p.
- SOUZA, R.C.C.de. **Levantamento Fitossociológico nos municípios de Guarapuava e Turvo – Paraná (Parte integrante do Projeto FLORESTAS MEDICINAIS)**.. Curitiba: UFPR, 2000. 32 p. (relatório de estágio)

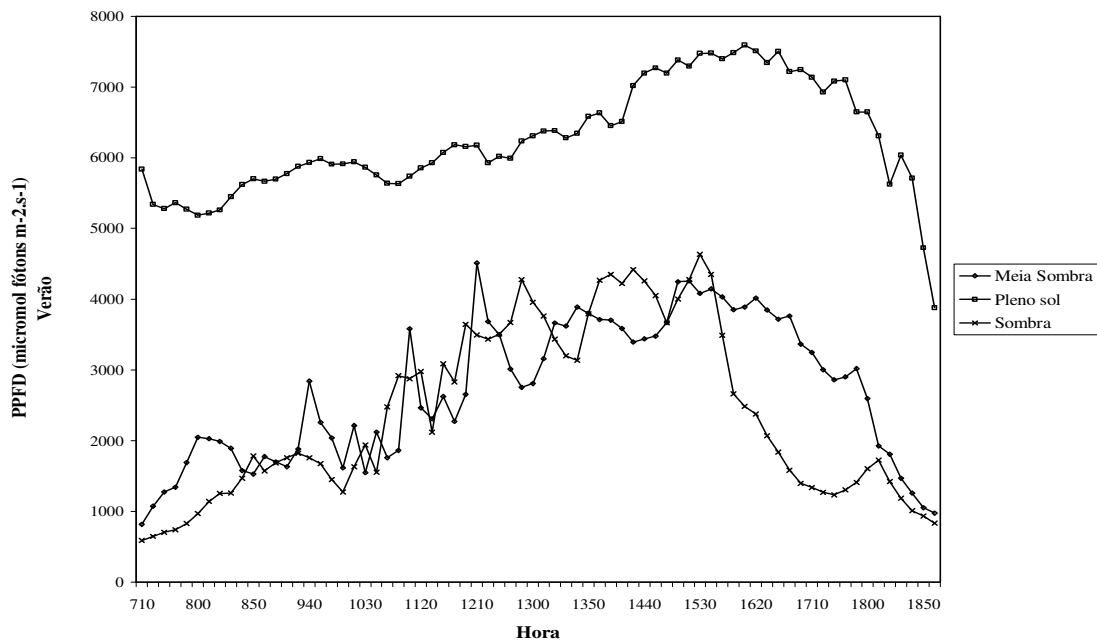
- SOUZA, T. P. de. Influence of adjuvants on the dissolution profile of tablets containing high doses of spray-dried extract of *M. ilicifolia*. **Die Pharmazie**, vol. 56, p. 730- 733, 2001.
- SPOSITO, G. **The environmental chemistry of aluminium**. Boca Raton: CRC Press, Inc., 1995, 464p.
- STELLFELD, C.A . A espinheira-santa: contribuição ao estudo farmacognóstico. **Bol. Assoc. Bras. Pharm.** v.15, p.551-571, 1934.
- STEENBOCK, W. **Fundamentos para o manejo de populações naturais de espinheira-santa, *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss (Celastraceae)**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. 145p. (Dissertação de Mestrado).
- STEENBOCK, W., RADOMSKI, M.I., SOARES, A. de O., PUCHALSKI, A., GOMES, G., REIS, M. S. Avaliação de características fenotípicas para a determinação de rendimento foliar em espinheira-santa (*Maytenus ilicifolia* Martuis). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v.6, n.1, p.71-76, 2003.
- SWAIN, T. Tannins and lignins. **In:** Rosenthal, G.A.; Janzen, D.H. (eds.). **Herbivores their interaction with secondary metabolites**. New York: Academic Press, 1979. p.657-681.
- TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 3 ed., 2004. 719p.
- TESKE, M.; TRENTTINI, A.M.M. **Compêndio de Fitoterapia**. Curitiba: Herbarium, 3a. ed., 1997, p.99-101.
- VARANDA, E.M.; RICCI, C.V.; BRASIL, I.M. Especies congenericas da mata e do cerrado: teor de proteínas e compostos fenolicos. **Bol. Bot. Univ. São Paulo**, v. 17, p.25-30, 1998.

- VARGAS, V.M.F.; MOTTA, V.E.P.; ALICE, C.B.; GUIDOBONO, R.R.; HENRIQUES, J.A.P. Estudo da atividade mutagênica de extratos vegetais com uso em medicina popular. **Rev. Bras. Farm.** **70**(3):65-67, 1989.
- VALLEJO,G.E; CABADAS, B.H.; SOLLEIRO, R.E.; McLUNG, E.; SEDOY, S.; GAMA, C.J.E. Fitolitos de suelos y paleosuelos del Valle de Teotihuacan, México. *In: Encontro de Investigaciones Fitolíticas del Cono Sur, 3er., Tucumán, Argentina, 16 a 18 de março de 2005, libro de resúmenes, Tucumán:GEFACS, 2005. p. 5-7.*
- VIEIRA, R.F.; SILVA, S.R.; ALVES, R.de B.das N.; SILVA, D.B. da; DIAS. T. A. B.; WETZEL, M.M.V. da S.; UDRY, M.C.; MARTINS, R.C. **Estratégias para conservação e manejo de recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas.** Brasília: Embrapa Cenargem/ IBAMA-MMA/CNPq, 2002. 184p.
- VOOGT, W. The effects of Si application on roses in rockwool. *In: Glasshouse Crops Research Station. Annual Report 1992. Naaldwijk, The Netherlands, 1992, p.17-18.*
- WARING, R.H.; SCHLESINGER, W.H. **Forest Ecosystems - Concepts and Management.** Orlando: Academic Press, 1985. 340p.
- WRI/UICN/PNUMA - WORLD RESOURCES INSTITUTE; THE WORLD CONSERVATION UNION; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **A Estratégia Global da Biodiversidade.** 1992. 232p. (tradução).
- ZILLER, S.R. **Manual de avaliação de vegetação florestal - Índice para avaliação de áreas degradadas e unidades de conservação.** Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 1996. 21 p.
- ZUCKER, W.V. Tannins: does structure determine function? An ecological perspective. **Am. Nat.,** v. 121, n.3, p.335-365, 1983.

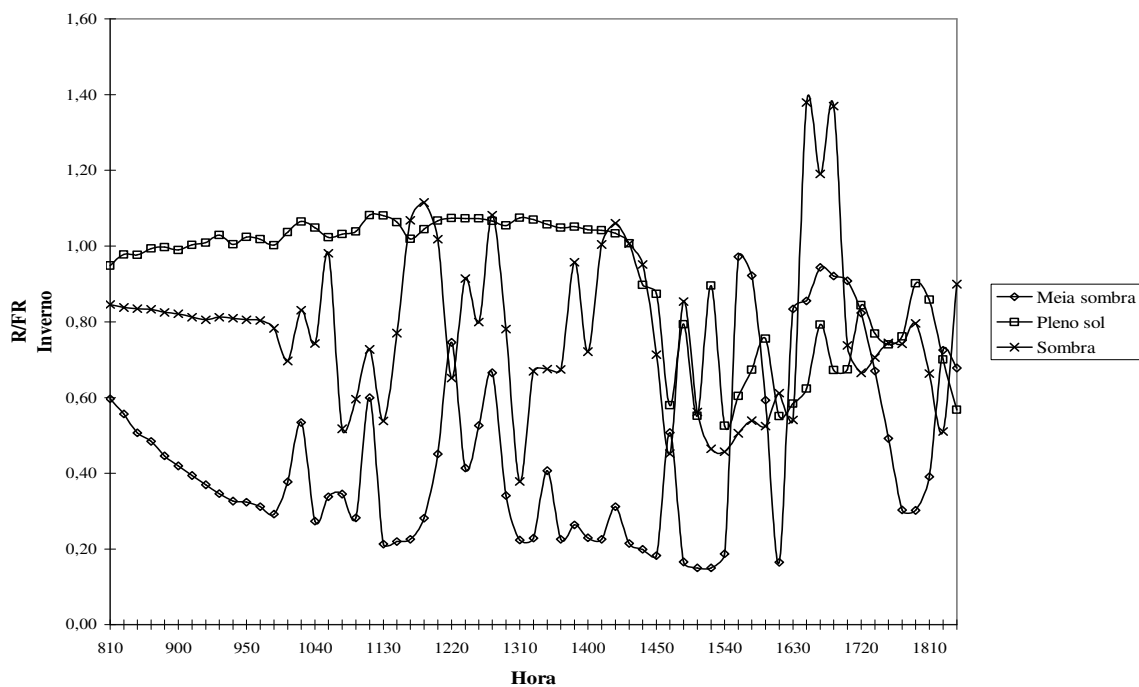
APÊNDICE



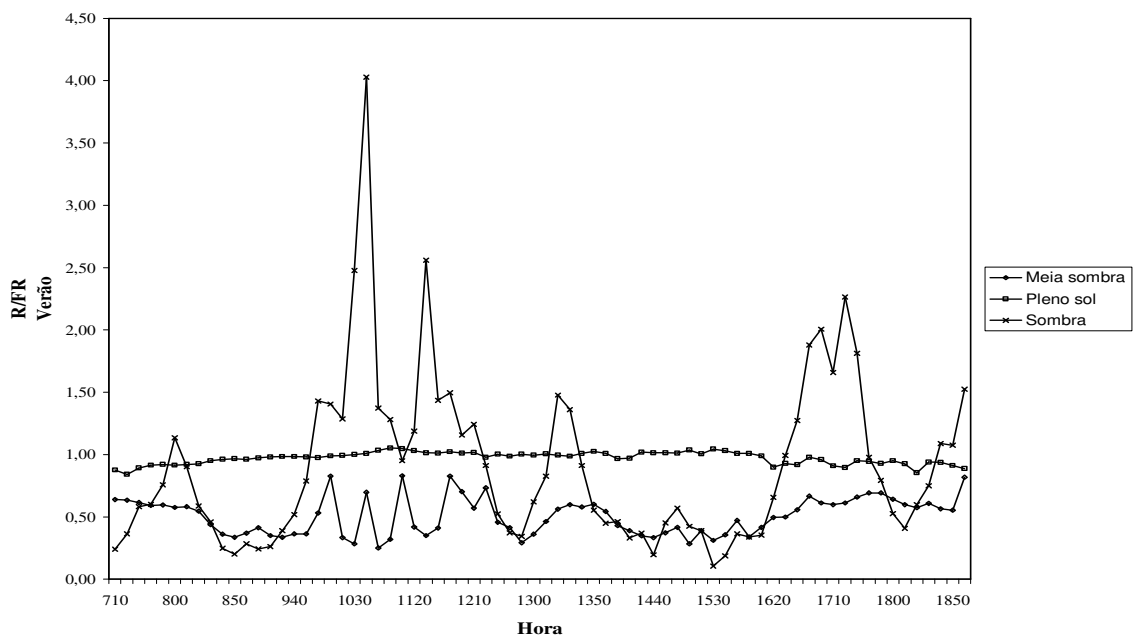
Apêndice 1 – Densidade fotossintética de fluxo fotônico (PPFD) durante o inverno, para os três ambientes lumínicos das populações naturais de *M. ilicifolia*



Apêndice 2 – Densidade fotossintética de fluxo fotônico (PPFD) durante o verão, para os três ambientes lumínicos das populações naturais de *M. ilicifolia*.



Apêndice 3 – Razão vermelho/vermelho-extremo (R/FR) durante o inverno, para os três ambientes lumínicos das populações naturais de *M. ilicifolia*.



Apêndice 4 – Razão vermelho/vermelho-extremo (R/FR) durante o verão, para os três ambientes lumínicos das populações naturais de *M. ilicifolia*.

Apêndice 5 – Características granulométricas dos solos das populações naturais de *M. ilicifolia*

População/	Horizonte (cm)	Areia Grossa	Areia Fina %	Areia	Silte	Argila
MANASA	Ap (0-19)	15	14	29	57	14
RLh						
RURECO	A1 (0-45)	2	2	4	27	69
	A2 (45-90)	2	2	4	24	72
CXbd	AB (90-120)	2	1	3	22	75
	BA (120-150)	3	1	4	23	73
	Bi (150-180+)	3	1	4	26	70
FLONA	Apb (0-20)	5	40	45	39	16
GXbd	A1 (20-38)	2	35	37	46	17
(fase soter.)	Cg1 (38-57)	1	42	43	35	22
	Cg2 (57-80)	0	21	21	48	31
	Cg3 (80-121)	0	11	11	42	47
CUbd	A11 (0-20)	2	13	15	40	45
	A12 (20-45)	0	14	14	44	42
	AB (45-55)	0	12	12	40	48
	BA (55-72)	1	12	13	34	53
	B11 (72-85)	0	11	11	36	53
	B12 (85-93)	0	13	13	38	49
	B21 (93-104)	0	11	11	40	49
	B22 (104-10)	0	15	15	37	48
	Cg (110-170+)	0	20	20	44	36
LVAd	A11 (0-30)	1	14	15	42	43
	A12 (30-56)	1	15	16	34	50
	AB (56-78)	0	16	16	31	53
	BA (78-100)	1	14	15	37	48
	B21 (100-122)	0	16	16	37	47
	B22 (122-160)	1	16	17	33	50
	BC (160-180+)	1	14	15	48	37
RMC	A1 (0-5)	2	9	11	65	24
CUbd	A2 (5-26)	1	15	16	50	34
	B1 (26-40)	1	23	24	42	34
	BC (40-63)	2	20	22	48	30
	Cg1 (63-80)	1	10	11	38	51
	Cg2 (80-120+)	1	12	13	34	53
RUbd	A1 (0-15)	5	9	14	47	39
	A2 (15-45)	7	16	23	35	42
	AC (45-62)	12	18	30	28	42
	Cg1 (62-70)	5	19	24	31	45
	Cg2 (70-83)	5	17	22	35	43
	Cg3 (83 -120+)	8	22	30	33	37

Continua....

...continuação.

População/ Horizonte (cm)	Areia Grossa		Areia Fina		Areia	Silte	Argila
	%						
CHd	A1 (0-15)	3		11	14	52	34
	A2 (15-32)	3		10	13	42	45
	AB (32-50)	4		17	21	32	47
	B1 (50-94)	6		16	22	26	52
	B21 (94-100)	8		15	23	22	55
	B22 (100-120+)	13		12	25	23	52

Apêndice 6 – Características químicas dos perfis dos solos sob as populações de *M. ilicifolia*.

População Solo	Horizonte (cm)	pH	Si	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	P	C	V	m
		CaCl ₂	mg kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³						mg dm ⁻³	%		
MANASA	Ap (0-19)	4,39	12	0,33	1,43	0,53	1,67	10,81	13,1	10,9	7,27	17,5	12,7
RLh													
RURECO	A1 (0-45)	4,10	10,0	0,25	0,97	0,70	2,38	11,69	13,6	1,9	3,73	14,2	17,5
	A2 (45-90)	4,22	11,6	0,06	0,41	0,24	1,48	9,35	10,1	0,7	2,29	7,2	14,7
CXbd	AB (90-120)	4,33	11,0	0,06	0,22	0,14	1,10	8,36	8,78	1,3	1,89	4,9	12,5
	BA (120-150)	4,61	11,6	0,03	0,29	0,05	0,32	5,55	5,92	0,6	1,40	6,3	5,4
	Bi (150-180+)	4,70	12,4	0,02	0,30	0,01	0,13	4,78	5,11	0,8	0,91	6,5	2,5
FLONA	Apb (0-20)	4,68	14,6	0,40	7,94	2,81	0,34	5,35	16,5	5,4	1,22	53,4	2,1
GXbd	A1 (20-38)	4,31	7,8	0,27	6,14	0,9	1,12	6,44	13,8	4,5	1,31	67,8	8,1
(fase soter.)	Cg1 (38-57)	3,94	10,8	0,12	2,05	1,69	3,53	10,07	13,9	3,2	0,67	28,1	25,4
	Cg2 (57-80)	3,72	10,7	0,10	0,99	0,65	8,83	16,95	18,7	3,0	0,91	9,8	47,2
	Cg3 (80-121)	3,82	12,4	0,08	1,76	0,36	9,14	17,60	19,8	8,6	2,07	11,8	46,2
CUbd	A11 (0-20)	3,72	11,4	0,15	0,87	0,53	8,52	18,26	19,8	6,8	4,20	8,0	43,0
	A12 (20-45)	3,89	10,3	0,10	0,37	0,20	8,90	17,60	18,3	3,8	2,07	3,8	48,7
	AB (45-55)	3,95	10,1	0,07	0,29	0,29	8,76	16,95	17,6	1,5	1,60	3,8	49,7
	BA (55-72)	3,96	8,6	0,09	0,42	0,19	8,47	16,95	17,7	1,4	1,80	4,2	48,0
	B11 (72-85)	4,06	9,2	0,08	0,56	0,14	6,22	15,74	16,5	1,2	1,20	4,9	37,7
	B12 (85-93)	4,07	6,0	0,09	0,38	0,03	6,22	15,74	16,2	1,2	0,61	3,2	38,3
	B21 (93-104)	4,03	9,1	0,11	0,39	0,32	7,47	16,95	17,8	1,2	0,60	4,8	42,0
	B22 (104-10)	3,98	7,8	0,13	0,71	0,17	9,25	17,60	18,6	1,1	0,69	5,6	49,7
	Cg (110-170+)	3,94	9,9	0,18	0,37	0,21	8,82	17,60	18,4	0,6	0,26	4,3	47,9
LVd	A11 (0-30)	4,77	16,3	1,56	8,56	2,09	0,22	9,01	21,2	14,4	2,66	57,7	1,0
	A12 (30-56)	3,97	18,3	0,42	0,90	0,10	6,86	14,61	16,0	2,3	1,32	9,1	42,9
	AB (56-78)	4,04	7,8	0,21	0,85	0,16	6,30	15,16	16,4	1,0	1,55	7,6	38,4
	BA (78-100)	4,17	9,3	0,12	0,38	0,14	4,45	13,07	13,7	1,0	0,97	4,9	32,5
	B21 (100-122)	4,17	11,7	0,15	0,74	0,21	4,20	13,07	14,2	1,8	0,81	7,9	29,6
	B22 (122-160)	4,13	10,6	0,16	0,68	0,07	6,23	15,16	16,1	0,8	0,02	5,9	38,7
	BC (160-180+)	4,12	11,7	0,14	0,69	0,07	6,75	15,74	16,6	1,0	0,15	5,7	40,7

Continua....

...continuação.

População	Horizonte	pH	Si	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	P	C	V	m
Solo	(cm)	CaCl ₂ mg kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³			%			
RMC	A1 (0-5)	5,50	17,5	0,31	14,46	7,84	0,17	4,12	22,6	23,6	7,67	84,6	0,8
CUbd	A2 (5-26)	4,72	10,4	0,18	10,33	6,06	0,38	6,94	23,5	16,9	3,40	70,6	1,6
	B1 (26-40)	3,96	8,3	0,09	5,11	2,83	5,07	13,07	21,1	2,6	1,62	38,2	24,0
	BC (40-63)	3,92	8,9	0,07	4,18	3,41	5,37	15,16	22,8	1,5	1,70	33,7	23,5
	Cg1 (63-80)	3,94	15,1	0,07	3,40	2,52	4,83	13,56	19,6	1,5	1,58	30,9	24,7
	Cg2 (80-120+)	3,98	19,4	0,08	2,48	2,96	4,63	13,56	19,1	1,4	1,16	29,2	24,3
RUbd	A1 (0-15)	6,38	22,7	0,67	17,44	10,14	0,00	2,95	31,2	7,4	2,60	90,6	0,0
	A2 (15-45)	4,18	11,1	0,23	5,25	4,49	4,00	13,07	23,0	3,8	3,20	43,4	17,4
	AC (45-62)	3,90	9,1	0,13	2,01	2,03	6,78	16,95	21,1	1,8	1,61	20,0	32,1
	Cg1 (62-70)	3,90	13,8	0,12	4,98	1,45	10,85	20,42	27,0	1,0	0,34	24,5	40,2
	Cg2 (70-83)	3,97	12,1	0,14	5,43	6,44	12,96	21,19	33,2	1,0	1,3	36,4	39,0
CHd	Cg3 (83-120+)	4,08	11,0	0,15	7,49	6,79	9,10	18,96	33,4	1,3	0,56	43,4	27,2
	A1 (0-15)	4,48	10,2	0,33	10,31	2,33	0,54	8,68	21,7	17,7	6,94	60,1	2,5
	A2 (15-32)	4,09	9,0	0,22	4,44	4,69	2,19	10,45	19,8	6,0	4,66	47,5	11,1
	AB (32-50)	3,81	12,0	0,24	1,52	1,46	4,64	13,56	16,8	3,5	2,70	19,4	27,6
	B1 (50-94)	3,74	9,1	0,08	1,15	0,65	5,94	14,61	16,5	2,0	3,09	11,7	36,0
	B21 (94-100)	3,85	11,9	0,06	1,05	0,78	5,32	14,07	16,0	1,5	2,11	12,1	33,0
	B22 (100-120+)	3,95	14,5	0,06	0,90	0,69	4,61	11,68	13,3	1,0	2,20	12,6	34,7

Apêndice 7 – Teor de micronutrientes disponíveis nos perfis dos solos, sob as populações naturais de *M. ilicifolia*.

População	Horizonte	Fe	Mn	Zn	Cu
Solo	(cm)	mg kg ⁻¹			
MANASA	Ap (0-19)	23	82	1	3
RLh	A1 (0-45)	81	84	45	8
	A2 (45-90)	54	57	10	9
CXbd	AB (90-120)	36	33	36	7
	BA (120-150)	54	23	8	5
	Bi (150-180+)	63	30	18	5
FLONA	Apb (0-20)	279	334	5	4
GXbd (fase soter.)	A1 (20-38)	270	185	4	4
	Cg1 (38-57)	333	180	7	3
	Cg2 (57-80)	378	44	4	4
	Cg3 (80-121)	387	32	5	4

Continua...

...continuação.

População	Horizonte (cm)	Fe	Mn	Zn	Cu
		mg kg ⁻¹			
S010 CUBd	A11 (0-20)	198	10	3	2
	A12 (20-45)	126	4	23	3
	AB (45-55)	99	3	99	3
	BA (55-72)	117	2	27	3
	B11 (72-85)	108	2	171	4
	B12 (85-93)	117	2	171	3
	B21 (93-104)	126	1	189	2
	B22 (104-10)	108	1	135	2
	Cg (110-170+)	54	1	9	2
LVAd	A11 (0-30)	45	128	11	7
	A12 (30-56)	81	19	4	2
	AB (56-78)	63	16	10	2
	BA (78-100)	81	18	23	2
	B21 (100-122)	81	12	4	4
	B22 (122-160)	54	11	81	2
	BC (160-180+)	36	9	7	2
RMC CUBd	A1 (0-5)	18	382	13	1
	A2 (5-26)	38	257	9	2
	B1 (26-40)	63	113	3	2
	BC (40-63)	63	166	5	2
	Cg1 (63-80)	72	167	22	2
	Cg2 (80-120+)	63	91	10	2
RUBd	A1 (0-15)	18	163	13	1
	A2 (15-45)	90	26	5	1
	AC (45-62)	45	41	28	1
	Cg1 (62-70)	27	34	26	1
	Cg2 (70-83)	27	55	5	1
	Cg3 (83 -120+)	27	19	26	1
CHd	A1 (0-15)	65	238	8	1
	A2 (15-32)	92	115	40	2
	AB (32-50)	112	22	39	3
	B1 (50-94)	83	76	26	3
	B21 (94-100)	77	28	50	2
	B22 (100-120+)	52	16	11	2

Apêndice 8 – Média, desvio padrão e coeficiente de variação para as variáveis fitoquímicas avaliadas nas populações naturais de *M. ilicifolia*.

Local	Massa (g)	Área foliar (cm ²)	Peso específico (mg/cm ²)	Elementos											%lignina	Fenóis totais	Não Tanantes	
				N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al	Si			Tanantes	Tanantes
RU1	6,05	457,3	13,23	25,63	1,19	11,29	4,26	3,73	96,63	65,42	8,05	7,68	60	0,3	24,2	8,8	5,85	2,95
RU2	6,87	608,19	11,30	21,98	1,1	15,06	3,83	3,53	110,72	48,31	6,04	6,07	90	0,44	26,3	8,8	5,65	3,15
RU3	8,09	674,15	12,00	24,75	1,03	12,73	4,32	4,64	98,64	130,85	5,03	12,60	97,5	0,25	23,1	8,4	3,75	4,65
RU4	6,99	442,75	15,79	24,25	1,22	11,18	4,62	4,64	104,68	121,79	9,06	12,47	75	0,4	23	9,6	6,8	2,8
RU5	7,63	635,47	12,01	23,17	1,07	19,49	4,31	4,34	174,12	86,56	12,08	16,67	120	0,24	27,3	7,5	4,3	3,2
RU6	6,57	547,36	12,00	24,63	1,02	16,94	4,01	3,83	88,57	87,57	6,04	11,32	75	0,29	27,9	7,3	5,75	1,55
RU7	11,9	1003,48	11,86	24,94	1,22	20,26	4,18	4,13	95,62	70,46	8,05	15,90	60	0,38	25,8	7,4	3,65	3,75
RU8	6,3	520,04	12,11	26,13	1,11	15,06	3,45	3,53	108,7	77,5	8,05	9,67	82,5	0,42	27,4	9,2	5,9	3,3
RU9	5,03	358,2	14,04	22,08	1,06	14,17	4,81	3,38	112,73	69,45	9,06	8,03	127,5	0,41	22,4	9,2	5,45	3,75
RU10	7,76	470,05	16,51	25,44	1,09	13,84	4,13	4,34	55,36	72,47	9,06	6,77	45	0,41	28,7	9,9	4,25	5,65
Média	7,32	571,70	13,08	24,30	1,11	15,00	4,19	4,01	104,58	83,04	8,05	10,72	83,25	0,35	25,61	8,61	5,14	3,48
Desv.padr.	1,8448	179,8826	1,7988	1,4426	0,0743	3,1117	0,3828	0,4708	29,4668	25,4346	2,0139	3,7118	26,3273	0,0757	2,2796	0,9351	1,0654	1,1011
CV%	25,2	31,5	13,7	5,9	6,7	20,7	9,1	11,7	28,2	30,6	25,0	34,6	31,6	21,4	8,9	10,9	20,7	31,7
MA1	5,01	235,16	21,30	18,93	0,89	8,97	2,28	3,83	82,53	34,22	7,05	7,92	52,5	0,35	23,3	17,3	5,9	11,40
MA2	7,54	371,23	20,31	18,73	0,85	8,3	2,16	3,63	93,6	30,2	5,03	6,72	60	0,33	20,8	17,5	6	11,50
MA3	8,69	503,05	17,27	19,42	0,95	8,3	3,78	2,1	59,38	117,76	4,03	11,94	37,5	0,39	23,8	14,2	6,5	7,70
MA4	4,14	203,54	20,34	20,51	1	6,31	4,29	2,22	57,37	50,33	4,03	10,81	45	0,44	19,8	16,7	7,6	9,10
MA5	4,78	239,1	19,99	18,44	0,98	9,63	3,39	1,95	64,42	43,28	6,04	10,30	60	0,36	22,3	26	5,3	20,70
MA6	4,21	231,17	18,21	18,34	0,97	6,75	3,69	3,1	57,37	65,42	6,04	7,94	52,5	0,29	22	11,8	5,25	6,55
MA7	6,49	338,83	19,15	18,24	0,96	9,08	3,19	1,68	110,72	48,31	6,04	9,30	67,5	0,3	19,9	30,3	6,9	23,40
MA8	7,74	394,21	19,63	16,46	0,94	9,96	2,86	1,59	58,38	40,26	6,04	8,94	60	0,38	22,2	19,8	6,3	13,50
MA9	5,94	321,25	18,49	13,67	0,96	7,97	3,93	2,24	67,44	76,49	5,03	11,63	60	0,3	20,3	19	6,2	12,80
MA10	8,06	422,53	19,08	14,17	0,89	7,75	2,91	1,42	30,2	36,23	6,04	7,17	52,5	0,37	20,7	20,6	9,85	10,75
Média	6,26	326,01	19,38	17,69	0,94	8,30	3,25	2,38	68,14	54,25	5,54	9,27	54,75	0,35	21,51	19,32	6,58	12,74
Desv.padr.	1,6858	98,5128	1,1862	2,2340	0,0472	1,1717	0,7022	0,8516	22,4254	26,5077	0,9781	1,8483	8,6963	0,0472	1,4114	5,4178	1,3446	5,3938
CV%	26,9	30,2	6,1	12,6	5,0	14,1	21,6	35,8	32,9	48,9	17,7	19,9	15,9	13,5	6,6	28,0	20,4	42,3

Continua...

...continuação.

Local	Massa (g)	Área foliar (cm ²)	Massa específica (mg/cm ²)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al	Si	%lignina	Fenóis totais	Não Tanantes	Tanantes
FL1	9,72	568,61	17,09	13,83	1,02	11,07	5,77	1,05	46,3	60,39	6,04	7,34	30	0,28	24,1	10,3	7	3,30
FL2	11,67	999,45	11,68	17,33	1,17	14,17	7,87	2,78	42,27	75,49	8,05	13,21	30	0,28	25,3	9,3	4,15	5,15
FL3	8,87	470	18,87	17	1,64	11,4	8,03	2,54	44,29	90,59	7,05	27,20	30	0,25	24,2	12,3	5,75	6,55
FL4	9,8	691,25	14,18	22,42	1,32	12,95	5,33	2,31	66,43	116,75	7,05	6,50	45	0,43	25,7	11,2	5,15	6,05
FL5	7,74	921,37	8,40	22,25	1,53	15,83	7,49	3,73	163,05	63,41	3,02	14,81	45	0,38	29,6	8,6	3,7	4,90
FL6	6,68	702,41	9,51	21,25	1,54	15,72	11,86	4,03	72,47	141,92	6,04	22,94	52,5	0,29	28,8	7,9	3,55	4,35
FL7	6,21	748,01	8,30	21,83	1,37	15,61	10,17	3,93	75,49	98,64	5,03	21,99	45	0,26	29,9	8	3,6	4,40
FL8	5,27	611,27	8,62	20,83	1,38	16,83	7,39	3,46	49,32	86,56	5,03	17,99	37,5	0,38	27,5	8,7	3,75	4,95
FL9	12,14	1145,98	10,59	20,25	1,23	12,29	5,29	2,87	52,34	100,65	7,05	9,13	45	0,46	24,6	10,8	5	5,80
FL10	19,5	1562,99	12,48	21,75	1,06	10,3	4,24	2,45	59,39	98,64	3,02	12,91	37,5	0,38	26	11,9	5,1	6,80
Média	9,76	842,13	11,97	19,87	1,34	13,62	7,34	2,92	67,14	93,30	5,74	15,40	39,75	0,34	26,57	9,90	4,68	5,23
Desv.padr.	4,1002	326,7224	3,7189	2,8613	0,2175	2,3222	2,3461	0,9102	35,6977	24,4297	1,7149	7,0005	7,9451	0,0756	2,2211	1,6166	1,1341	1,0846
CV%	42,0	38,8	31,1	14,4	16,3	17,1	31,9	31,2	53,2	26,2	29,9	45,5	20,0	22,3	8,4	16,3	24,3	20,8
RMC1	10,03	962,66	10,42	17,5	1	14,95	12,46	3,05	63,4	81,53	6,04	11,55	75	0,3	21,7	8,3	3,55	4,75
RMC2	7,19	415,55	17,30	17,33	0,95	10,63	11,22	3,73	90,58	133,86	6,04	14,08	67,5	0,34	25,9	8,2	3,75	4,45
RMC3	13,63	972,64	14,01	16,83	1,43	8,3	12,98	4,74	61,4	27,18	3,02	10,52	60	0,16	22,7	8,6	4	4,60
RMC4	14,76	936,49	15,76	16,33	1,29	12,95	5,98	2,3	50,33	34,22	8,05	9,02	52,5	0,12	20,6	10,6	4,6	6,00
RMC5	13,53	1264,98	10,70	18,08	0,99	10,96	12,21	4,64	88,57	58,38	4,03	16,43	67,5	0,47	23,9	7,3	4,4	2,90
RMC6	5,2	950,02	5,47	21,17	1,09	13,84	8,88	3,63	91,59	67,44	6,04	12,68	90	0,46	28,5	7,5	4,5	3,00
RMC7	9,33	1657,18	5,63	18,92	1,03	12,84	6,63	4,13	96,62	45,29	3,02	15,15	67,5	0,6	26,9	7,6	4,6	3,00
RMC8	9,16	896,37	10,22	18,58	1,13	13,73	9,95	4,84	86,56	90,59	6,04	8,01	97,5	0,5	24,8	6,9	3,5	3,40
RMC9	6,88	681,57	10,09	16,58	0,95	12,95	8,84	5,35	71,46	82,53	6,04	9,54	75	0,36	25,3	7,5	4,25	3,25
RMC10	6,42	653,24	9,83	18,25	0,99	12,73	9,01	6,05	86,56	114,74	7,05	8,93	127,5	0,38	26,6	7,8	4,65	3,15
Média	9,61	939,07	10,94	17,96	1,09	12,39	9,82	4,25	78,71	73,58	5,54	11,59	78,00	0,37	24,69	8,03	4,18	3,85
Desv.padr.	3,3572	341,1762	3,8593	1,4203	0,1591	1,9226	2,4052	1,1106	15,7764	34,2080	1,6604	2,8932	21,8518	0,1493	2,4754	1,0350	0,4480	1,0411
CV%	34,9	36,3	35,3	7,9	14,7	15,5	24,5	26,2	20,0	46,5	30,0	25,0	28,0	40,4	10,0	12,9	10,7	27,0

Apêndice 9 – Matriz de correlação entre variáveis fitoquímicas e características dos solos para as populações naturais de *M. ilicifolia*.

	Massa	Área foliar	Massa específica	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al	Si
Massa	1,00	0,72	-0,04	-0,24	0,19	-0,16	0,17	-0,20	-0,32	-0,08	-0,28	0,02	-0,35	-0,15
Área foliar	0,72	1,00	-0,64	-0,10	0,22	0,13	0,36	0,09	-0,07	-0,01	-0,47	0,21	-0,15	0,27
Massa específica	-0,04	-0,64	1,00	-0,24	-0,11	-0,58	-0,45	-0,42	-0,25	-0,28	0,25	-0,28	-0,23	-0,33
N	-0,24	-0,10	-0,24	1,00	-0,01	0,49	-0,41	0,29	0,49	0,31	0,31	0,00	0,22	0,18
P	0,19	0,22	-0,11	-0,01	1,00	-0,05	-0,07	-0,12	-0,18	0,13	0,06	-0,10	-0,15	0,19
K	-0,16	0,13	-0,58	0,49	-0,05	1,00	0,03	0,20	0,39	0,28	0,35	0,32	0,23	0,03
Ca	0,17	0,36	-0,45	-0,41	-0,07	0,03	1,00	0,32	-0,17	0,27	-0,36	0,43	-0,01	-0,11
Mg	-0,20	0,09	-0,42	0,29	-0,12	0,20	0,32	1,00	0,42	0,26	0,00	0,08	0,54	0,15
Fe	-0,32	-0,07	-0,25	0,49	-0,18	0,39	-0,17	0,42	1,00	0,03	0,18	0,01	0,59	0,18
Mn	-0,08	-0,01	-0,28	0,31	0,13	0,28	0,27	0,26	0,03	1,00	0,16	0,36	0,13	0,03
Cu	-0,28	-0,47	0,25	0,31	0,06	0,35	-0,36	0,00	0,18	0,16	1,00	-0,14	0,31	-0,16
Zn	0,02	0,21	-0,28	0,00	-0,10	0,32	0,43	0,08	0,01	0,36	-0,14	1,00	-0,24	-0,19
Al	-0,35	-0,15	-0,23	0,22	-0,15	0,23	-0,01	0,54	0,59	0,13	0,31	-0,24	1,00	0,18
Si	-0,15	0,27	-0,33	0,18	0,19	0,03	-0,11	0,15	0,18	0,03	-0,16	-0,19	0,18	1,00
Lignina	-0,23	0,18	-0,61	0,44	-0,04	0,59	0,17	0,28	0,28	0,38	-0,06	0,38	-0,04	0,26
Fenóis totais	-0,13	-0,43	0,73	-0,26	0,02	-0,56	-0,50	-0,54	-0,26	-0,42	-0,03	-0,23	-0,27	-0,05
Fenóis não tanantes	-0,15	-0,42	0,57	-0,02	0,03	-0,44	-0,63	-0,43	-0,07	-0,29	0,22	-0,39	-0,07	0,06
Tanantes	-0,10	-0,36	0,65	-0,28	0,02	-0,49	-0,37	-0,47	-0,27	-0,38	-0,09	-0,15	-0,27	-0,07
pH 0-5	0,10	-0,06	0,14	-0,53	-0,21	-0,12	0,41	-0,01	-0,16	-0,33	0,01	-0,07	0,08	-0,50
pH 0-10	0,09	-0,11	0,19	-0,51	-0,22	-0,16	0,35	-0,02	-0,17	-0,39	0,01	-0,10	0,06	-0,55
pH 0-15	0,11	-0,11	0,20	-0,43	-0,22	-0,16	0,28	-0,04	-0,15	-0,46	0,01	-0,13	0,03	-0,59
pH 0-20	0,11	-0,14	0,24	-0,37	-0,22	-0,17	0,17	-0,06	-0,12	-0,51	0,03	-0,19	0,02	-0,60
K 0-5	-0,03	-0,19	0,21	-0,08	-0,14	0,11	0,01	-0,10	-0,02	-0,08	0,26	0,46	-0,06	-0,30
K 0-10	-0,01	-0,17	0,21	-0,11	-0,14	0,10	0,04	-0,10	-0,04	-0,09	0,22	0,48	-0,10	-0,32
K 0-15	-0,04	-0,20	0,22	-0,09	-0,15	0,11	0,02	-0,15	-0,02	-0,18	0,21	0,49	-0,11	-0,38
K 0-20	-0,01	-0,18	0,23	-0,16	-0,13	0,06	0,07	-0,17	-0,09	-0,15	0,14	0,52	-0,19	-0,37

Continua....

...continuação.

	Massa	Área foliar	Massa específica	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al	Si
Ca 0-5	0,32	0,29	-0,09	-0,65	-0,05	-0,20	0,62	0,07	-0,35	-0,08	-0,17	0,04	-0,01	-0,22
Ca 0-10	0,31	0,31	-0,16	-0,63	-0,06	-0,14	0,70	0,10	-0,29	-0,10	-0,26	0,09	-0,07	-0,30
Ca 0-15	0,30	0,31	-0,21	-0,57	-0,06	-0,08	0,70	0,02	-0,21	-0,14	-0,31	0,15	-0,18	-0,37
Ca 0-20	0,26	0,27	-0,21	-0,54	-0,04	-0,05	0,70	-0,01	-0,23	-0,11	-0,32	0,19	-0,22	-0,41
Mg 0-5	0,21	0,28	-0,27	-0,59	-0,10	-0,02	0,61	0,10	-0,32	-0,05	-0,10	-0,03	0,06	-0,26
Mg 0-10	0,25	0,28	-0,26	-0,58	-0,08	-0,02	0,67	0,07	-0,29	-0,07	-0,17	0,02	-0,02	-0,37
Mg 0-15	0,23	0,24	-0,22	-0,54	-0,07	-0,04	0,68	0,05	-0,30	-0,03	-0,20	0,11	-0,05	-0,41
Mg 0-20	0,29	0,24	-0,14	-0,55	-0,08	-0,11	0,69	0,04	-0,28	-0,06	-0,20	0,08	-0,06	-0,48
P 0-5	0,09	0,28	-0,19	-0,58	-0,09	-0,20	0,60	0,23	-0,23	0,10	-0,32	0,13	0,09	0,18
P 0-10	0,14	0,29	-0,13	-0,64	-0,09	-0,27	0,61	0,20	-0,24	0,04	-0,38	0,14	0,04	0,14
P 0-15	0,17	0,30	-0,06	-0,69	-0,09	-0,36	0,60	0,09	-0,25	-0,04	-0,46	0,18	-0,06	0,11
P 0-20	0,18	0,26	0,04	-0,75	-0,08	-0,44	0,53	-0,04	-0,28	-0,18	-0,47	0,13	-0,11	0,05
Si 0-5	0,14	0,11	0,06	-0,43	-0,28	-0,26	0,34	0,17	-0,20	-0,46	-0,10	-0,12	0,13	-0,20
Si 0-10	0,10	0,07	0,05	-0,46	-0,27	-0,28	0,30	0,21	-0,13	-0,46	-0,17	-0,20	0,14	-0,20
Si 0-15	0,08	0,05	0,03	-0,48	-0,25	-0,29	0,32	0,25	-0,09	-0,37	-0,19	-0,19	0,20	-0,21
Si 0-20	0,04	0,04	0,01	-0,43	-0,20	-0,31	0,26	0,31	-0,09	-0,37	-0,23	-0,24	0,23	-0,14
Al 0-5	0,33	0,18	0,11	0,38	0,28	-0,12	-0,41	-0,22	-0,05	0,23	-0,02	-0,21	-0,16	0,29
Al 0-10	0,35	0,22	0,07	0,37	0,26	-0,11	-0,38	-0,22	-0,05	0,24	-0,04	-0,18	-0,17	0,30
Al 0-15	0,40	0,29	0,04	0,30	0,29	-0,12	-0,33	-0,22	-0,10	0,28	-0,08	-0,11	-0,19	0,34
Al 0-20	0,40	0,31	0,03	0,22	0,29	-0,13	-0,23	-0,20	-0,14	0,33	-0,09	0,06	-0,22	0,33
C 0-5	-0,08	0,00	0,15	-0,49	-0,13	-0,42	0,10	0,24	-0,03	-0,30	-0,24	-0,33	0,29	0,25
C 0-10	-0,08	0,00	0,16	-0,51	-0,14	-0,45	0,08	0,22	-0,04	-0,37	-0,26	-0,32	0,25	0,23
C 0-15	-0,12	-0,07	0,27	-0,46	-0,14	-0,50	-0,05	0,14	0,00	-0,46	-0,25	-0,33	0,19	0,22
C 0-20	-0,09	-0,04	0,27	-0,45	-0,13	-0,55	-0,05	0,09	-0,02	-0,51	-0,29	-0,29	0,16	0,25

Apêndice 10 – Matriz de correlação entre características dos solos para as populações naturais de *M. ilicifolia*.

	pH 0-5	pH 0-10	pH 0-15	pH 0-20	K 0-5	K 0-10	K 0-15	K 0-20	Ca 0-5	Ca 0-10	Ca 0-15	Ca 0-20	Mg 0-5	Mg 0-10	Mg 0-15	Mg 0-20	P 0-5	P 0-10	P 0-15	P 0-20	Si 0-5	Si 0-10	Si 0-15	Si 0-20	Al 0-5	Al 0-10	Al 0-15	Al 0-20	C 0-5	C 0-10	C 0-15	C 0-20
pH 0-5	1,00	0,98	0,93	0,87	0,28	0,31	0,34	0,33	0,79	0,82	0,79	0,75	0,72	0,78	0,77	0,82	0,39	0,42	0,44	0,48	0,75	0,74	0,73	0,60	0,71	0,72	0,71	0,65	0,26	0,27	0,21	0,14
pH 0-10	0,98	1,00	0,98	0,94	0,26	0,30	0,35	0,33	0,76	0,80	0,77	0,74	0,69	0,76	0,76	0,80	0,29	0,33	0,37	0,42	0,79	0,79	0,78	0,66	0,69	0,70	0,71	0,67	0,25	0,27	0,23	0,18
pH 0-15	0,93	0,98	1,00	0,99	0,20	0,24	0,32	0,29	0,68	0,74	0,75	0,73	0,64	0,73	0,73	0,78	0,13	0,18	0,24	0,32	0,78	0,80	0,77	0,66	0,63	0,65	0,68	0,68	0,17	0,21	0,20	0,16
pH 0-20	0,87	0,94	0,99	1,00	0,17	0,20	0,30	0,25	0,58	0,65	0,68	0,67	0,56	0,65	0,66	0,71	-0,01	0,04	0,12	0,21	0,75	0,77	0,74	0,64	0,58	0,60	0,65	0,68	0,12	0,17	0,17	0,14
K 0-5	0,28	0,26	0,20	0,17	1,00	1,00	0,96	0,96	0,09	0,06	0,04	0,01	-0,04	-0,07	-0,07	-0,02	-0,05	0,02	-0,03	0,03	0,07	0,04	0,03	0,05	0,34	0,33	0,25	0,04	0,32	0,28	0,25	0,23
K 0-10	0,31	0,30	0,24	0,20	1,00	1,00	0,97	0,98	0,13	0,10	0,09	0,06	-0,01	-0,02	-0,02	0,03	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,10	0,08	0,06	0,01	0,35	0,34	0,26	0,05	0,31	0,27	0,25	0,23
K 0-15	0,34	0,35	0,32	0,30	0,96	0,97	1,00	0,98	0,12	0,11	0,12	0,10	-0,01	0,00	0,02	0,06	-0,10	0,06	-0,04	0,02	0,17	0,13	0,12	0,03	0,37	0,36	0,31	0,12	0,31	0,26	0,21	0,18
K 0-20	0,33	0,33	0,29	0,25	0,96	0,98	0,98	1,00	0,14	0,12	0,13	0,12	-0,01	0,01	0,03	0,07	-0,04	0,00	0,03	0,05	0,13	0,11	0,11	0,03	0,36	0,36	0,28	0,07	0,29	0,24	0,20	0,17
Ca 0-5	0,79	0,76	0,68	0,58	0,09	0,13	0,12	0,14	1,00	0,96	0,85	0,80	0,89	0,86	0,85	0,85	0,66	0,68	0,70	0,68	0,74	0,69	0,69	0,57	0,50	0,48	0,43	0,33	0,35	0,34	0,23	0,18
Ca 0-10	0,82	0,80	0,74	0,65	0,06	0,10	0,11	0,12	0,96	1,00	0,96	0,92	0,88	0,92	0,91	0,92	0,59	0,63	0,66	0,65	0,71	0,70	0,70	0,59	0,56	0,54	0,50	0,43	0,27	0,27	0,16	0,10
Ca 0-15	0,79	0,77	0,75	0,68	0,04	0,09	0,12	0,13	0,85	0,96	1,00	0,99	0,81	0,90	0,89	0,92	0,44	0,49	0,55	0,57	0,63	0,65	0,64	0,51	0,56	0,55	0,53	0,48	0,12	0,14	0,06	0,01
Ca 0-20	0,75	0,74	0,73	0,67	0,01	0,06	0,10	0,12	0,80	0,92	0,99	1,00	0,78	0,89	0,90	0,91	0,38	0,42	0,50	0,52	0,58	0,59	0,58	0,47	0,55	0,54	0,53	0,50	0,05	0,07	0,00	0,04
Mg 0-5	0,72	0,69	0,64	0,56	-0,04	-0,01	-0,01	-0,01	0,89	0,88	0,81	0,78	1,00	0,95	0,89	0,85	0,54	0,55	0,52	0,50	0,64	0,65	0,65	0,56	0,52	0,50	0,46	0,42	0,24	0,25	0,12	0,06
Mg 0-10	0,78	0,76	0,73	0,65	-0,07	-0,02	0,00	0,01	0,86	0,92	0,90	0,89	0,95	1,00	0,97	0,94	0,50	0,51	0,51	0,51	0,65	0,67	0,67	0,58	0,55	0,53	0,51	0,48	0,20	0,21	0,09	0,04
Mg 0-15	0,77	0,76	0,73	0,66	-0,07	-0,02	0,02	0,03	0,85	0,91	0,89	0,90	0,89	0,97	1,00	0,97	0,46	0,48	0,51	0,51	0,66	0,65	0,64	0,54	0,51	0,50	0,48	0,46	0,16	0,17	0,06	0,03
Mg 0-20	0,82	0,80	0,78	0,71	-0,02	0,03	0,06	0,07	0,85	0,92	0,92	0,91	0,85	0,94	0,97	1,00	0,45	0,48	0,52	0,53	0,68	0,67	0,66	0,55	0,51	0,50	0,49	0,46	0,16	0,17	0,07	0,02
P 0-5	0,39	0,29	0,13	-0,01	-0,05	-0,03	-0,10	-0,04	0,66	0,59	0,44	0,38	0,54	0,50	0,46	0,45	1,00	0,99	0,93	0,86	0,41	0,35	0,39	0,37	0,33	0,31	0,21	0,07	0,68	0,63	0,50	0,42
P 0-10	0,42	0,33	0,18	0,04	-0,02	0,00	-0,06	0,00	0,68	0,63	0,49	0,42	0,55	0,51	0,48	0,48	0,99	1,00	0,97	0,91	0,44	0,40	0,45	0,43	0,32	0,30	0,20	0,06	0,69	0,65	0,54	0,46
P 0-15	0,44	0,37	0,24	0,12	-0,03	0,00	-0,04	0,03	0,70	0,66	0,55	0,50	0,52	0,51	0,51	0,52	0,93	0,97	1,00	0,97	0,51	0,47	0,49	0,46	0,30	0,28	0,20	0,06	0,68	0,66	0,58	0,53
P 0-20	0,48	0,42	0,32	0,21	-0,03	0,00	-0,02	0,05	0,68	0,65	0,57	0,52	0,50	0,51	0,51	0,53	0,86	0,91	0,97	1,00	0,54	0,51	0,53	0,50	0,29	0,28	0,22	0,09	0,68	0,68	0,63	0,59

Continua....

...continuação.

	pH 0-5	pH 0-10	pH 0-15	pH 0-20	K 0-5	K 0-10	K 0-15	K 0-20	Ca 0-5	Ca 0-10	Ca 0-15	Ca 0-20	Mg 0-5	Mg 0-10	Mg 0-15	Mg 0-20	P 0-5	P 0-10	P 0-15	P 0-20	Si 0-5	Si 0-10	Si 0-15	Si 0-20	Al 0-5	Al 0-10	Al 0-15	Al 0-20	C 0-5	C 0-10	C 0-15	C 0-20
Si 0-5	0,75	0,79	0,78	0,75	0,07	0,10	0,17	0,13	0,74	0,71	0,63	0,58	0,64	0,65	0,66	0,68	0,41	0,44	0,51	0,54	1,00	0,93	0,87	0,78	0,47	0,48	0,50	0,47	0,48	0,54	0,51	0,51
Si 0-10	0,74	0,79	0,80	0,77	0,04	0,08	0,13	0,11	0,69	0,70	0,65	0,59	0,65	0,67	0,65	0,67	0,35	0,40	0,47	0,51	0,93	1,00	0,97	0,92	0,49	0,50	0,52	0,50	0,50	0,57	0,55	0,51
Si 0-15	0,73	0,78	0,77	0,74	0,03	0,06	0,12	0,11	0,69	0,70	0,64	0,58	0,65	0,67	0,64	0,66	0,39	0,45	0,49	0,53	0,87	0,97	1,00	0,96	0,50	0,51	0,52	0,50	0,54	0,60	0,56	0,51
Si 0-20	0,60	0,66	0,66	0,64	-0,05	-0,01	0,03	0,03	0,57	0,59	0,51	0,47	0,56	0,58	0,54	0,55	0,37	0,43	0,46	0,50	0,78	0,92	0,96	1,00	0,41	0,43	0,43	0,42	0,60	0,65	0,61	0,56
Al 0-5	-0,71	-0,69	-0,63	-0,58	-0,34	-0,35	-0,37	-0,36	-0,50	-0,56	-0,56	-0,55	-0,52	-0,55	-0,51	-0,51	-0,33	0,32	-0,30	0,29	0,47	0,49	0,50	0,41	1,00	1,00	0,97	0,89	0,19	0,19	0,14	0,09
Al 0-10	-0,72	-0,70	-0,65	-0,60	-0,33	-0,34	-0,36	-0,36	-0,48	-0,54	-0,55	-0,54	-0,50	-0,53	-0,50	-0,50	-0,31	0,30	-0,28	0,28	0,48	0,50	0,51	0,43	1,00	1,00	0,98	0,91	0,20	0,21	0,16	0,10
Al 0-15	-0,71	-0,71	-0,68	-0,65	-0,25	-0,26	-0,31	-0,28	-0,43	-0,50	-0,53	-0,53	-0,46	-0,51	-0,48	-0,49	-0,21	0,20	-0,20	0,22	0,50	0,52	0,52	0,43	0,97	0,98	1,00	0,96	0,19	0,20	0,17	0,12
Al 0-20	-0,65	-0,67	-0,68	-0,68	-0,04	-0,05	-0,12	-0,07	-0,33	-0,43	-0,48	-0,50	-0,42	-0,48	-0,46	-0,46	-0,07	0,06	-0,06	0,09	0,47	0,50	0,50	0,42	0,89	0,91	0,96	1,00	0,18	0,19	0,18	0,13
C 0-5	0,26	0,25	0,17	0,12	-0,32	-0,31	-0,31	-0,29	0,35	0,27	0,12	0,05	0,24	0,20	0,16	0,16	0,68	0,69	0,68	0,68	0,48	0,50	0,54	0,60	0,19	0,20	0,19	0,18	1,00	0,98	0,94	0,88
C 0-10	0,27	0,27	0,21	0,17	-0,28	-0,27	-0,26	-0,24	0,34	0,27	0,14	0,07	0,25	0,21	0,17	0,17	0,63	0,65	0,66	0,68	0,54	0,57	0,60	0,65	0,19	0,21	0,20	0,19	0,98	1,00	0,98	0,93
C 0-15	0,21	0,23	0,20	0,17	-0,25	-0,25	-0,21	-0,20	0,23	0,16	0,06	0,00	0,12	0,09	0,06	0,07	0,50	0,54	0,58	0,63	0,51	0,55	0,56	0,61	0,14	0,16	0,17	0,18	0,94	0,98	1,00	0,97
C 0-20	0,14	0,18	0,16	0,14	-0,23	-0,23	-0,18	-0,17	0,18	0,10	0,01	-0,04	0,06	0,04	0,03	0,02	0,42	0,46	0,53	0,59	0,51	0,51	0,51	0,56	0,09	0,10	0,12	0,13	0,88	0,93	0,97	1,00

Apêndice 11 – Auto-vetores dos 17 componentes principais das características fitoquímicas das populações naturais de *M. ilicifolia*.

Vetor	Autovalores	Variância Relativa	Variância Acumulada
1	6,5166	36,20	36,20
2	2,8762	15,98	52,18
3	1,7773	9,87	62,06
4	1,3119	7,29	69,34
5	1,1820	6,57	75,91
6	1,0039	5,58	81,49
7	0,6858	3,81	85,30
8	0,6153	3,42	88,72
9	0,5032	2,80	91,51
10	0,3893	2,16	93,67
11	0,3248	1,80	95,48
12	0,2500	1,39	96,87
13	0,2073	1,15	98,02
14	0,1391	0,77	98,79
15	0,1153	0,64	99,43
16	0,0914	0,51	99,94
17	0,0108	0,06	100,00

Apêndice 12 – Parâmetros dos componentes principais das características fitoquímicas das populações naturais de *M. ilicifolia*.

Variável	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3	Vetor 4	Vetor 5	Vetor 6	Vetor 7	Vetor 8	Vetor 9	Vetor 10	Vetor 11	Vetor 12	Vetor 13	Vetor 14
Massa	-0,1947	0,6315	-0,2710	-0,1171	-0,5767	-0,0672	0,3098	0,1015	-0,0446	0,0621	0,0397	0,0857	-0,0593	-0,0385
Área foliar	-0,5872	0,5065	-0,4779	-0,2031	-0,2118	-0,1744	0,1491	-0,0670	-0,0538	0,0201	0,0329	-0,0492	-0,0430	0,0236
Massa específica	0,8766	-0,0692	0,2591	0,0910	-0,0875	0,0871	0,0738	0,1634	0,0025	0,1117	0,1582	0,1733	0,0824	-0,0249
N	-0,4948	-0,5258	0,1681	-0,4683	-0,0735	0,0063	0,0872	0,3596	0,0865	0,0940	-0,0325	-0,1708	0,0549	-0,1957
P	-0,5143	0,3736	0,5512	-0,1477	-0,0093	-0,1438	-0,1898	0,1101	-0,1510	0,2815	-0,2833	0,0213	-0,0629	0,1108
K	-0,7861	-0,2338	0,1985	-0,1734	-0,2184	-0,1867	-0,0583	-0,3028	0,0890	-0,1123	-0,0005	-0,0812	0,0630	0,0089
Ca	-0,5854	0,4869	-0,0428	0,5010	0,2227	0,0112	-0,0620	-0,1163	-0,0120	0,1061	-0,1081	0,1005	0,0143	-0,2535
Mg	-0,7028	-0,2966	-0,1956	0,3570	0,1187	0,0122	-0,0308	0,2816	0,0989	0,2200	0,2178	-0,0365	-0,1792	0,0805
Fe	-0,3885	-0,6255	-0,0699	-0,0075	0,0528	-0,5113	0,1119	0,1593	-0,2334	-0,1021	-0,0387	0,2689	0,0774	0,0105
Mn	-0,5022	-0,0430	0,3123	0,0195	0,2311	0,4691	0,5833	0,0001	0,0161	-0,0809	-0,1367	0,0491	-0,0209	0,0593
Cu	-0,0965	-0,5857	0,3878	0,0793	-0,5135	0,1466	0,0236	-0,3421	0,0148	0,2320	0,0872	0,0903	-0,0324	-0,0260
Zn	-0,4697	0,3705	0,5051	-0,0150	0,3228	-0,2117	0,1598	-0,1153	-0,2763	0,0271	0,3189	-0,1203	0,0546	-0,0117
Al	-0,2907	-0,6889	-0,3092	0,4314	-0,0303	-0,1241	0,1609	-0,1240	-0,1579	0,0147	-0,1263	-0,1433	-0,0743	-0,0028
Si	-0,1217	-0,2055	-0,5969	-0,4791	0,4036	0,1670	0,0180	-0,2254	-0,0429	0,3039	0,0181	0,0839	0,1011	0,0201
Lignina	-0,7962	-0,0691	0,1269	-0,3306	0,1873	0,0225	-0,1368	-0,0761	0,1669	-0,1744	0,0842	0,1873	-0,2432	-0,0474
Fenóis totais	0,8879	-0,0199	0,0880	-0,1006	0,1536	-0,3076	0,1759	-0,0951	0,0939	0,0725	-0,0412	-0,0277	-0,1268	-0,0347
Fenóis não tanantes	0,7790	-0,1563	-0,0308	-0,2338	-0,0166	0,2132	-0,0732	-0,0245	-0,4461	-0,0520	-0,0044	-0,0351	-0,2073	-0,0801
Tanantes	0,8000	0,0223	0,1106	-0,0485	0,1822	-0,4170	0,2244	-0,1027	0,2376	0,0988	-0,0463	-0,0218	-0,0864	-0,0169

Apêndice 13 – Características granulométricas do solo do Banco de Germoplasma de *M. ilicifolia*.

População/ Solo	Horizonte (cm)	Areia Grossa	Areia Fina	Areia	Silte	Argila
		%				
	A1 (0-12)	32	19	51	13	36
BGEM	A2 (12-25)	30	17	47	13	40
LVA	BA (25-32)	28	17	45	10	45
	B1 (30-80)	29	19	48	10	42
	BC (80-105)	24	18	42	11	47
	C (105+)	27	17	44	11	45

Apêndice 14 – Auto-vetores dos 14 componentes principais das características fitoquímicas das progênes de *M. ilicifolia*.

Vetor	Auto-valor	Variância Relativa	Variância acumulada
1	3,6438	24,29	24,29
2	2,1771	14,51	38,81
3	1,7696	11,80	50,60
4	1,3232	8,82	59,43
5	1,0688	7,13	66,55
6	0,9607	6,40	72,95
7	0,7704	5,14	78,09
8	0,7612	5,07	83,16
9	0,6454	4,30	87,47
10	0,5622	3,75	91,22
11	0,4152	2,77	93,98
12	0,3746	2,50	96,48
13	0,2944	1,96	98,44
14	0,2336	1,56	100,00

Apêndice 15 – Parâmetros dos componentes principais das características fitoquímicas das progênies de *M. ilicifolia*.

Variável	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3	Vetor 5	Vetor 6	Vetor 7	Vetor 8	Vetor 9	Vetor 10	Vetor 11	Vetor 12
N	0,7461	-0,3377	0,3126	0,0068	-0,0765	0,0790	-0,1082	-0,1346	0,0909	0,0933	0,1912
P	0,5025	-0,1780	0,2703	-0,1057	-0,1526	0,6691	0,2934	0,1342	0,0121	0,0899	-0,1100
K	0,0419	-0,7479	-0,0342	-0,2035	-0,0245	-0,2643	-0,1700	0,2528	0,2823	0,1532	-0,2885
Ca	0,2082	0,7021	0,4199	-0,0101	0,1534	0,0108	-0,2587	-0,0618	0,0663	-0,0416	-0,0794
Mg	0,2320	0,7362	0,1255	0,0357	0,3542	0,0212	0,0451	0,1496	0,3303	0,1382	-0,1360
Fe	0,6985	0,2343	0,0434	0,2196	-0,3363	-0,2740	0,0051	0,0677	-0,0438	0,3860	0,1716
Mn	0,5983	-0,1086	0,2336	0,2132	0,2255	-0,2487	0,3439	0,0438	-0,3707	-0,0290	-0,2655
Cu	0,6021	-0,3448	0,2003	-0,1268	0,3191	-0,1738	0,2757	-0,2087	0,3164	-0,1936	0,1782
Zn	0,5567	0,0388	0,4006	-0,4066	-0,1357	-0,0749	-0,3426	-0,2134	-0,2110	-0,1053	-0,1271
Al	0,5117	0,2921	-0,2093	0,2247	-0,5798	-0,1079	0,1046	0,1352	0,2004	-0,3513	-0,0949
Si	0,4040	-0,1105	0,0099	-0,0920	0,1063	0,1174	-0,3585	0,4510	-0,0681	-0,1426	0,1260
Lignina	0,2442	-0,0291	-0,4582	0,0427	-0,1158	0,1605	-0,1564	-0,4445	0,1263	0,0912	-0,2061
Fenóis totais	-0,6137	-0,0584	0,6685	0,0569	-0,2314	-0,0467	0,0446	-0,0270	0,0880	0,0024	-0,0218
Fenóis não tanantes	-0,4160	0,2645	0,2632	-0,6108	-0,2819	-0,1331	0,2573	0,0258	0,0300	0,0490	0,0192
Tanantes	-0,4276	-0,2797	0,6152	0,5501	-0,0630	0,0472	-0,1474	-0,0535	0,0847	-0,0356	-0,0419

Apêndice 16 – Matriz de correlação entre as características fitoquímicas e de solo obtidas no experimento de aplicação de Si.

	Massa seca	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al	Si	Lignina	Fenóis totais	Fenóis não tanantes	Tanantes
Massa seca	1,00	-0,11	-0,35	0,01	-0,13	-0,09	0,25	0,12	0,12	0,12	0,44	-0,40	0,29	-0,21	-0,21	-0,10
N	-0,11	1,00	0,65	-0,39	0,00	0,19	-0,25	-0,03	0,43	-0,27	-0,30	0,14	-0,23	0,05	0,15	-0,02
P	-0,35	0,65	1,00	0,07	-0,07	-0,08	-0,27	0,02	0,20	0,04	-0,55	0,28	-0,07	0,09	0,10	0,04
K	0,01	-0,39	0,07	1,00	-0,15	-0,44	0,14	0,04	-0,32	0,35	-0,16	-0,11	0,28	0,00	-0,26	0,11
Ca	-0,13	0,00	-0,07	-0,15	1,00	0,33	0,19	0,68	0,02	0,24	-0,08	0,43	-0,17	-0,21	0,22	-0,29
Mg	-0,09	0,19	-0,08	-0,44	0,33	1,00	0,11	0,15	0,21	0,02	0,17	0,00	-0,20	-0,19	0,32	-0,31
Fe	0,25	-0,25	-0,27	0,14	0,19	0,11	1,00	0,38	-0,13	0,39	0,22	0,20	0,14	-0,18	0,20	-0,24
Mn	0,12	-0,03	0,02	0,04	0,68	0,15	0,38	1,00	0,09	0,62	0,01	0,37	0,14	-0,05	0,12	-0,09
Cu	0,12	0,43	0,20	-0,32	0,02	0,21	-0,13	0,09	1,00	-0,17	0,31	-0,16	0,21	-0,18	0,22	-0,26
Zn	0,12	-0,27	0,04	0,35	0,24	0,02	0,39	0,62	-0,17	1,00	-0,16	0,05	0,15	0,02	0,11	-0,03
Al	0,44	-0,30	-0,55	-0,16	-0,08	0,17	0,22	0,01	0,31	-0,16	1,00	-0,46	0,45	-0,09	-0,05	-0,06
Si	-0,40	0,14	0,28	-0,11	0,43	0,00	0,20	0,37	-0,16	0,05	-0,46	1,00	-0,26	-0,19	0,07	-0,20
Lignina	0,29	-0,23	-0,07	0,28	-0,17	-0,20	0,14	0,14	0,21	0,15	0,45	-0,26	1,00	0,01	-0,29	0,13
Fenóis totais	-0,21	0,05	0,09	0,00	-0,21	-0,19	-0,18	-0,05	-0,18	0,02	-0,09	-0,19	0,01	1,00	0,04	0,91
Fenóis não tanantes	-0,21	0,15	0,10	-0,26	0,22	0,32	0,20	0,12	0,22	0,11	-0,05	0,07	-0,29	0,04	1,00	-0,38
Tanantes	-0,10	-0,02	0,04	0,11	-0,29	-0,31	-0,24	-0,09	-0,26	-0,03	-0,06	-0,20	0,13	0,91	-0,38	1,00
pH	0,04	0,08	0,13	-0,17	0,08	-0,16	-0,14	-0,10	-0,06	-0,21	0,01	-0,06	0,08	0,19	-0,03	0,18
Si 0-20	0,12	-0,09	-0,01	0,12	0,19	0,03	0,46	0,19	-0,01	0,16	-0,04	0,17	0,16	-0,34	0,22	-0,40
K 0-20	-0,15	0,29	0,20	-0,11	0,11	0,01	-0,42	-0,24	0,25	-0,32	-0,14	-0,10	-0,06	0,08	-0,05	0,09
Ca 0-20	0,16	-0,01	0,05	0,20	0,10	-0,23	0,21	0,00	-0,34	-0,03	-0,15	0,01	0,06	-0,06	-0,05	-0,04
Mg 0-20	-0,09	-0,15	0,00	0,04	-0,07	-0,37	-0,12	0,05	0,20	0,14	0,04	-0,18	0,38	0,35	-0,04	0,34
Al 0-20	-0,04	-0,32	-0,22	0,16	-0,13	0,32	0,26	0,13	-0,16	0,40	0,13	-0,17	0,26	0,04	-0,09	0,07
H+Al 0-20	0,04	-0,22	-0,18	0,30	-0,03	0,18	0,36	0,22	-0,04	0,39	0,01	0,02	0,01	-0,10	-0,05	-0,07
C 0-20	0,13	-0,35	-0,24	0,29	-0,07	0,03	0,40	0,15	-0,25	0,49	-0,02	-0,21	0,07	0,17	0,01	0,15
P 0-20	0,39	-0,26	-0,27	0,16	0,19	0,10	0,52	0,49	0,14	0,48	0,32	-0,06	0,29	-0,35	0,02	-0,33

Continua...

...continuação.

	pH	Si 0-20	K 0-20	Ca 0-20	Mg 0-20	Al 0-20	H+Al 0-20	C 0-20	P 0-20
Massa seca	0,04	0,12	-0,15	0,16	-0,09	-0,04	0,04	0,13	0,39
N	0,08	-0,09	0,29	-0,01	-0,15	-0,32	-0,22	-0,35	-0,26
P	0,13	-0,01	0,20	0,05	0,00	-0,22	-0,18	-0,24	-0,27
K	-0,17	0,12	-0,11	0,20	0,04	0,16	0,30	0,29	0,16
Ca	0,08	0,19	0,11	0,10	-0,07	-0,13	-0,03	-0,07	0,19
Mg	-0,16	0,03	0,01	-0,23	-0,37	0,32	0,18	0,03	0,10
Fe	-0,14	0,46	-0,42	0,21	-0,12	0,26	0,36	0,40	0,52
Mn	-0,10	0,19	-0,24	0,00	0,05	0,13	0,22	0,15	0,49
Cu	-0,06	-0,01	0,25	-0,34	0,20	-0,16	-0,04	-0,25	0,14
Zn	-0,21	0,16	-0,32	-0,03	0,14	0,40	0,39	0,49	0,48
Al	0,01	-0,04	-0,14	-0,15	0,04	0,13	0,01	-0,02	0,32
Si	-0,06	0,17	-0,10	0,01	-0,18	-0,17	0,02	-0,21	-0,06
Lignina	0,08	0,16	-0,06	0,06	0,38	0,26	0,01	0,07	0,29
Fenóis totais	0,19	-0,34	0,08	-0,06	0,35	0,04	-0,10	0,17	-0,35
Fenóis não tanantes	-0,03	0,22	-0,05	-0,05	-0,04	-0,09	-0,05	0,01	0,02
Tanantes	0,18	-0,40	0,09	-0,04	0,34	0,07	-0,07	0,15	-0,33
pH	1,00	-0,09	0,13	0,63	0,19	-0,36	-0,90	-0,28	-0,36
Si 0-20	-0,09	1,00	-0,17	0,32	0,06	-0,02	0,18	0,35	0,48
K 0-20	0,13	-0,17	1,00	-0,08	-0,01	0,03	-0,20	-0,29	-0,25
Ca 0-20	0,63	0,32	-0,08	1,00	-0,05	-0,30	-0,46	0,14	0,00
Mg 0-20	0,19	0,06	-0,01	-0,05	1,00	-0,07	-0,18	0,12	-0,13
Al 0-20	-0,36	-0,02	0,03	-0,30	-0,07	1,00	0,45	0,20	0,33
H+Al 0-20	-0,90	0,18	-0,20	-0,46	-0,18	0,45	1,00	0,49	0,55
C 0-20	-0,28	0,35	-0,29	0,14	0,12	0,20	0,49	1,00	0,38
P 0-20	-0,36	0,48	-0,25	0,00	-0,13	0,33	0,55	0,38	1,00

Apêndice 17 - Auto-vetores dos 24 componentes principais das características fitoquímicas e do solo influenciadas pelas doses de Si.

Vetor	Auto-valores	Variância Relativa	Variância Acumulada
1	4,7601	19,04	19,04
2	3,3772	13,51	32,55
3	2,6485	10,59	43,14
4	2,5283	10,11	53,26
5	1,8860	7,54	60,80
6	1,6473	6,59	67,39
7	1,3452	5,38	72,77
8	1,1363	4,55	77,32
9	1,0620	4,25	81,56
10	0,8852	3,54	85,10
11	0,8200	3,28	88,38
12	0,6157	2,46	90,85
13	0,5191	2,08	92,92
14	0,3685	1,47	94,40
15	0,3239	1,30	95,69
16	0,2611	1,04	96,74
17	0,2153	0,86	97,60
18	0,1825	0,73	98,33
19	0,1366	0,55	98,87
20	0,1008	0,40	99,28
21	0,0885	0,35	99,63
22	0,0538	0,22	99,85
23	0,0275	0,11	99,96
24	0,0107	0,04	100,00

Apêndice 18 – Parâmetros dos componentes principais das características fitoquímicas e dos solos mais influenciadas pelas doses de Si.

Variáveis	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3	Vetor 4	Vetor 5	Vetor 6	Vetor 7
Massa seca	0,34	-0,22	0,40	-0,45	-0,02	0,11	0,01
N	-0,51	0,47	0,04	0,11	0,26	0,29	0,23
P	-0,43	0,30	-0,38	0,15	0,28	0,52	0,13
K	0,32	-0,43	-0,41	0,02	-0,17	0,43	-0,14
Ca	0,20	0,58	-0,24	-0,19	0,28	-0,33	-0,38
Mg	0,18	0,53	0,35	0,24	0,05	-0,41	0,11
Fe	0,71	0,11	-0,14	-0,25	-0,02	-0,14	0,17
Mn	0,51	0,31	-0,29	-0,10	0,55	-0,14	-0,32
Cu	-0,11	0,31	0,58	-0,01	0,54	0,34	0,12
Zn	0,64	-0,04	-0,42	0,10	0,34	-0,01	-0,03
Al	0,29	-0,24	0,74	-0,28	0,13	-0,22	-0,06
Si	-0,01	0,56	-0,52	0,05	-0,04	0,01	-0,32
Lignina	0,27	-0,46	0,22	-0,29	0,41	0,33	-0,20
Fenóis totais	-0,32	-0,52	-0,28	0,29	0,40	-0,37	0,24
Fenóis não tanantes	0,05	0,50	-0,01	0,02	0,19	-0,25	0,56
Tanantes	-0,32	-0,70	-0,25	0,26	0,29	-0,23	-0,01
Ph	-0,52	-0,11	-0,15	-0,69	0,15	-0,26	-0,04
Si 0-20	0,48	0,25	-0,19	-0,38	-0,02	0,27	0,34
K 0-20	-0,46	0,09	0,17	0,15	0,13	0,16	-0,20
Ca 0-20	-0,07	-0,06	-0,41	-0,75	-0,19	-0,01	0,14
Mg 0-20	-0,10	-0,42	-0,10	-0,12	0,60	0,07	0,11
Al 0-20	0,48	-0,20	0,12	0,43	0,05	-0,13	-0,18
H+Al 0-20	0,71	-0,01	0,02	0,60	-0,09	0,18	0,06
C 0-20	0,59	-0,31	-0,27	0,08	0,00	-0,09	0,46
P 0-20	0,82	0,09	0,14	-0,13	0,13	0,18	-0,02