

**DINÂMICA DA CULTURA DA ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil) EM  
SISTEMAS AGROFLORESTAIS E MONOCULTIVOS.**

**Dissertação para obtenção do Grau de *Mestre em Agroecossistemas*, do Centro de  
Ciências Agrárias da Universidade de Santa Catarina.**

**Apresentada por**

**CARLOS EDUARDO DE OLIVEIRA SUERTEGARAY\***

**Florianópolis, maio/ 2002**

**\* Engenheiro Florestal**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS - MESTRADO  
FLORIANÓPOLIS, SC – BRASIL**

**DISSERTAÇÃO**

**Submetida por *Carlos Eduardo de Oliveira Suertegaray***

**como um dos requisitos para obtenção do Grau de**

**MESTRE EM AGROECOSSISTEMAS**

BANCA EXAMINADORA:

---

**Prof. MSc. Mário Luiz Vincenzi  
CCA – UFSC**

---

**Prof. PhD. Paul Richard Momsen Miller  
CCA – UFSC**

---

**Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein  
CCR – UFSC**

---

**Dra. Silvia Santin Bordin  
Emater- RS**

Aprovada em: 29/05/2002

---

**Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Rita Rodrigues Vieira  
CCA – UFSC  
Orientadora**

---

**Prof. Dr. Luiz Renato D’Agostini  
CCA – UFSC  
Coordenador do PPGAGR**

---

**Prof. Dr. Aparecido Lima da Silva  
CCA – UFSC  
Co-Orientador**

---

**Prof. Dr. Marcelo Maraschin  
CCA-UFSC  
Co-Orientador**

## AGRADECIMENTOS

Durante a caminhada para a construção do presente trabalho os encontros de afinidades foram essenciais para assegurar a firmeza de propósitos. O apoio dos amigos dispostos a oferecer sua generosidade, presenteando-me com verdadeira amizade, foi essencial para torná-lo possível. Por isso, exprimo aqui minha sincera gratidão e alegria pela ventura de conviver com cada um. O amor que recebi fez crescer em mim a certeza de que a essência da vida está na simplicidade e integridade com que nos comunicamos, e trocamos. Assim, agradeço.

A Deus e à minha divindade interior por todas as graças recebidas.

À minha mãe Vera, minha irmã Simone, meu irmão Paulo e sobrinha Danielli, pelo carinho e compreensão nos momentos difíceis que passamos.

À minha querida filha Aline pelo amor e carinho.

À minha namorada Andréa pelo amor, cooperação e estímulo.

À minha querida orientadora Ana Rita pelo apoio, a confiança e o estímulo em todos os momentos. Pela cumplicidade e o discernimento que, com firmeza e carinho, me apontaram inúmeras possibilidades de crescimento e coragem nos momentos de crise pessoal.

Ao Aparecido pela co-orientação, amizade e incentivo.

Ao Marcelo pela co-orientação, auxílio nas análises químicas e interpretação das mesmas.

Ao seu Dorvalino Gasparin pela disponibilidade e o carinho com que me recebeu e alimentou durante as atividades de coleta de amostras e informações a campo

À coordenação do curso de mestrado em Agroecossistemas pelo apoio institucional, essencial para a realização deste trabalho.

Aos professores do curso de mestrado em Agroecossistemas que me encorajaram a ir em busca de outras verdades para trazê-las à luz e confrontá-las com as já estabelecidas na construção de novas realidades igualmente válidas

Aos funcionários da UFSC pela ajuda atenciosa e pela disponibilidade, principalmente pela sua atitude compreensiva e solidária nos momentos de “sufoco” durante esta caminhada.

Ao Prof. Maurício do Departamento de Fitotecnia e seus monitores pelo auxílio na parte estatística do trabalho.

Ao Professor Paul Richard Momsen Miller pelo auxílio na estatística do trabalho.

Ao Prof. Martini do NUMAVAN pelo auxílio na parte gráfica e pelo incentivo.

À UFSM na pessoa do Prof. Arno pelo seu desprendimento, auxílio, empréstimo dos equipamentos necessários e instalação dos mesmos.

À Emater-RS pelo apoio financeiro e institucional que sem ele o trabalho não teria êxito.

Aos funcionários da Emater-RS, principalmente a Joana e Anete sempre resolvendo os “problemas” ligados a parte de pessoal da empresa.

Aos meus colegas e amigos do curso de mestrado em Agroecossistemas, especialmente o Ariadne, Ana Paula, Carmem, Giehl, Laurilene, Luiz Alexandre, Marcel, Marcelo, Murilo, Ornella, Vivieny, e muitos outros pela oportunidade de aprendizado através da convivência.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1. HISTÓRICO DA ERVA-MATE.....	4
2.2. BIOLOGIA E FENOLOGIA DA ESPÉCIE.....	6
2.3. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE (MACRO/MICROCLIMA ) DE DESENVOLVIMENTO DA ERVA-MATE.....	6
2.4. SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM ERVA-MATE.....	9
2.4.1. Aspectos microclimáticos.....	9
2.4.2. Composição química.....	11
2.4.3. Aspectos de manejo.....	16
2.5. ASPECTOS SÓCIO- ECONÔMICOS.....	17
2.5.1. Situação nos Estados.....	19
2.6. PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DA ERVA-MATE.....	21
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MICROCLIMA LOCAL.....	30
4.2. EFEITO DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS SOBRE O CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA ERVA-MATE.....	32
4.3. EFEITO DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE FENÓIS TOTAIS E DE ANTOCIANINAS.....	37
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>6. SUGESTÕES .....</b>	<b>43</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>44</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AF**- ÁREA FOLIAR

**CA**- CONCENTRAÇÃO DE ANTOCIANINAS

**CF**- CONCENTRAÇÃO DE FENÓIS

**DAP**- DIÂMETRO A ALTURA DO PEITO

**EMATER**-ASSOCIAÇÃO RIOGRANDENSE DE EMPREENDIMENTOS DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL

**EMBRAPA**- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

**EPAGRI**- EMPRESA CATARINENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

**FTIR**- ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO

**IATL**- ÍNDICE DE TRANSMISSÃO DE LUZ

**IBGE**- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

**NM**- NANÔMETROS

**RFA**- RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA

**T**- TEMPERATURA DO AR

**TMÁX**- TEMPERATURA MÁXIMA DO AR

**TMÍN**- TEMPERATURA MÍNIMA DO AR

**UFPR**- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

**UR**- UMIDADE RELATIVA DO AR

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 01.</b> COMPOSIÇÃO QUÍMICA EM (g), EM 1 Kg DE FOLHAS DE ERVA MATE ( <i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.), APÓS COLETA E SECAGEM AO AR DE AMOSTRAS ORIGINÁRIAS DE CULTIVOS NA REGIÃO DE GUARAPUAVA, ESTADO DO PARANÁ.....	14
<b>TABELA 02.</b> INFLUÊNCIA DOS COMPONENTES NAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DA ERVA-MATE.....	15
<b>TABELA 03.</b> INDICADORES DA SITUAÇÃO DO SETOR ERVATEIRO NA REGIÃO SUL DO BRASIL.....	17
<b>TABELA 04.</b> Nº DE AGRICULTORES POR CATEGORIA; Nº DE IMÓVEIS E ÁREA TOTAL PLANTADA (Ha) NA MICRORREGIÃO DO ESTADO DO PARANÁ.....	19
<b>TABELA 05.</b> ESTRATIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM PLANTIO DE ERVA-MATE NO ESTADO DE SANTA CATARINA.....	20
<b>TABELA 06.</b> ESTRATIFICAÇÃO DAS ÁREAS PRODUTORAS DE ERVA-MATE NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.....	21
<b>TABELA 07.</b> VOLUME DE ERVA-MATE COLHIDO NOS ESTADOS DA REGIÃO SUL, NO PERÍODO 1995-1996.....	22
<b>TABELA 08.</b> RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA ( $\mu \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) NOS PERÍODOS DE INVERNO (MATURAÇÃO) E VERÃO (FRUTIFICAÇÃO), DAS 8 ÀS 18 HORAS, NUM SISTEMA AGROFLORESTAL COMPOSTO POR ERVA-MATE ( <i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.) NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.....	26
<b>TABELA 09.</b> MÉDIAS DIÁRIAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR E AMPLITUDE TÉRMICA NOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ, RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE ( <i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.), NO PERÍODO DE 27/07 A 10/08/01, NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.....	30
<b>TABELA 10.</b> MÉDIAS DIÁRIAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR E AMPLITUDE TÉRMICA NOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ, RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE ( <i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.), NO PERÍODO DE 26 A 30/12/02, NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.....	31
<b>TABELA 11.</b> VARIAÇÃO DA FITOMASSA ÚMIDA (Kg) DE ACORDO COM OS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE ( <i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.), EM 15 DE AGOSTO DE 2001 NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.....	34
<b>TABELA 12.</b> VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE FENÓIS E ANTOCIANINAS, TEMPERATURA DO AR E ÁREA FOLIAR, NOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ, RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE ( <i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.), NO PERÍODO DE MATURAÇÃO (JULHO), NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.....	37
<b>TABELA 13.</b> VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE FENÓIS E ANTOCIANINAS, TEMPERATURA DO AR E ÁREA FOLIAR, NOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE ( <i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil.), NO PERÍODO DE FRUTIFICAÇÃO (DEZEMBRO), NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.....	37

**LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 01- REGIÕES BIOCLIMÁTICAS PARA REFLORESTAMENTO.....	7
FIGURA 02. RELAÇÃO ENTRE ÁREA FOLIAR E TEMPERATURA DO AR NOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE ( <i>Ilex paraguariensis</i> St. Hil. ), NO PERÍODO DE 27/07 A 10/08/01, NO MUNICÍPIO DE GENTIL -RS.....	33

## RESUMO

O presente trabalho foi realizado no município de Gentil, região do Planalto do Estado do RS e teve por objetivo compreender a dinâmica de crescimento, produção e as diferenças de composição química de erva-mate geradas pelos diferentes Sistemas de produção. Estes Sistemas caracterizados pelo monocultivo e Sistemas Agroflorestais de erva-mate com Araucária produzem diferentes condições microclimáticas que também atuam sobre o comportamento da erva-mate. Em cada Sistema de cultivo foi feito o monitoramento da radiação fotossinteticamente ativa, temperatura do ar e umidade relativa do ar, nos períodos de maturação e frutificação, em duas estações do ano ( inverno e verão). Através das medidas de radiação solar estabeleceu-se os diferentes níveis de luz recebidos pelas plantas de erva-mate sombreadas pela Floresta de Araucária, constituindo-se assim os tratamentos de luz: Tratamento 1: (22%); Tratamento 2: (39%); Tratamento 3: (62%); Tratamento 4: (78%); Tratamento 5: (91%) e Tratamento 6: (pleno sol). As variáveis avaliadas foram área foliar, concentração de fenóis e antocianinas e fitomassa úmida. A análise dos resultados levou as seguintes conclusões: o microclima influencia no crescimento e composição química da erva-mate, independente do período fenológico, a radiação solar é o parâmetro que exerce maior influência na alteração da área foliar e fitomassa da erva-mate, muito embora a temperatura máxima tenha mostrado um efeito importante na composição química das plantas de erva-mate. A temperatura máxima está influenciando diretamente na concentração de fenóis, pois quanto maior a temperatura máxima, maior a concentração de fenóis. Se os fenóis medidos neste experimento de fato contribuem para o sabor adstringente, se explica a preferência por uma erva-mate mais suave do Sistema Agroflorestal. O Sistema Agroflorestal parece ser o Sistema de cultivo mais recomendado para a erva-mate.

**PALAVRAS –CHAVES: Microclima; Erva-mate; Composição Química; Manejo**

## ABSTRACT

The work was made in the city of Gentil, region of the RS's Plateau and had the aim to understand the dynamics of growing, production and the differences of mate-herb chemist composition generated by the different Systems of production. This Systems characterized by monoculture and mate-herb Agro Forest System with Araucaria produce different microclimatic conditions that also act on the behavior of mate-herb. In each System of culture was made the control of radiation photosynthetically active, temperature of air, relative humidity of the air, in the periods of maturation and fructification, in two seasons of the year (winter and summer). Through this measures of solar radiation, the different levels of light received by the mate-herb plants shadowed by Araucaria, Forest were established, thus constituting the light treatment. Treatment 1: (22%); Treatment 2: (39%); Treatment 3: (62%); Treatment 4: (78%); Treatment 5: (91%) and Treatment 6: (full sun). The variable evaluated were leaf area, concentration of phenol and anthocyanins and humid fitomass. The analysis of the results brought to the following conclusions: microclimate influences in the growing and chemist composition of mate-herb, independent on the phenological period; the solar radiation is the most influential term of comparison in the alteration of leaf area and mate-herb fitomass, even though the maximum temperature had shown an important effect on chemist composition of mate-herb plants of. The maximum temperature is influencing directly in the phenol concentration, therefore how much bigger the maximum, bigger temperature the phenol concentration. If the phenols measured in this experiment of fact contribute for the flavor astringent, if it explains the preference for one mate-herb softer of the Agro Forestry System. The Agro Forestry System seems to be the most recommended culture System to mate-herb.

**KEYWORDS: Microclimate; Mate-herb; Chemical composition; Manipulation**

## 1. Introdução

A erva-mate tem sua área de ocorrência natural restrita a quatro países: Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. No Brasil, sua área está dispersa principalmente nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e ainda uma parte do Mato Grosso do Sul e em São Paulo. Já se constituiu em atividade de primeira importância econômica no Sul do Brasil e, por longo período foi o principal produto de exportação do país. Hoje, produtores, órgãos de pesquisa e indústrias de beneficiamento da erva-mate tentam, unidos por este interesse comum, tornar o produto mais participativo no comércio nacional e internacional

A Região Sul tem sua economia alicerçada, basicamente, no setor primário sendo que as pequenas e médias propriedades rurais participam de forma evidenciada para o volume de produção nos diferentes segmentos agrícolas, em âmbito nacional (IBGE 1996).

A erva-mate ocupa um papel muito importante na economia das propriedades rurais da Região Sul. A maioria desses produtores têm nessa atividade uma fonte alternativa de renda, constituindo-se numa cultura permanente e de rendimento anual. Essas propriedades situam-se nos estratos que variam entre 10 e 50 ha. O conhecimento em profundidade da cadeia produtiva do agronegócio da erva-mate na região apontada aparece como um item importante no processo de desenvolvimento sustentável, pois assegura atendimento das demandas tecnológicas e da política agrícola deste produto, o qual tem um grande potencial de mercado, inclusive a nível mundial (Emater,1999).

O sistema extrativista utilizado no início do ciclo da erva-mate aliados aos bons preços pagos aos grãos como soja e milho, desencadeou uma instabilidade econômica para a cultura. A exploração deste recurso natural, de forma desorganizada, sem técnica adequada e visão preservacionista, fez com que boa parte dos ervais nativos fossem erradicados, junto com as florestas nativas onde vegetavam, dando lugar às lavouras. Isto reduziu a oferta de matéria prima para a indústria ervateira, provocando uma elevação dos preços. Os produtores motivados por esta alta, começaram a fazer reflorestamentos com erva-mate, surgindo assim os Monocultivos (Linhares,1969).

Na última década, retomou-se, o plantio de erva-mate como uma forma de enriquecimento de florestas, plantando a cultura consorciada com outras espécies florestais ou

até mesmo com culturas anuais buscando a melhoria da matéria-prima produzida e maior rendimento econômico por unidade de área.

Nos últimos cinco anos tem ocorrido variação no preço da erva-mate pago ao produtor rural, diferenciando o produto produzido a pleno sol do produto nativo ou sombreado, alegando-se que a erva da sombra apresenta “gosto mais suave” que a erva a pleno sol, pagando-se um preço maior pelo produto oriundo de ambiente sombreado. As pequenas propriedades rurais responsáveis por 90% da produção de erva-mate, na Região Sul do Brasil, estão com dificuldades na venda do produto originário destes plantios homogêneos tendo em vista o sabor diferenciado e ao preço pago aos mesmos (Da Croce, 1996).

Muito tem se falado em relação a essa diferença no sabor e suas possíveis causas, mas até o momento poucas pesquisas chegaram a determinar os fatores promotores dessas diferenças. Resultados preliminares dos trabalhos de pesquisa concluíram que a diferença dos teores das substâncias químicas vinculadas ao sabor é devido, principalmente, ao fator luminosidade aliados a época de poda (Rachwal et al., 1998).

Embora as pesquisas ainda não estejam concluídas, elas nos mostram diretrizes e/ou elementos importantes a serem analisados no processo produtivo que podem diferenciar a qualidade do produto produzido.

A erva-mate produzida em condições de sombra, portanto, parece possuir uma diferença na composição química, no crescimento, desenvolvimento quando comparada à erva-mate produzida à pleno sol, o que se constitui na hipótese desse trabalho. Isto permitirá a compreensão da dinâmica dos Sistemas produtivos, pois nos Sistemas Agroflorestais ocorre uma diversidade de espécies, tanto vegetal quanto animal, o que não ocorre a pleno sol e por conseqüência, há um controle natural de pragas e doenças o que gera alterações no manejo da cultura. Ressalta-se a importância da caracterização do ambiente como forma de conhecer as condições microclimáticas de desenvolvimento da cultura.

Diante destas considerações tem-se como objetivos deste trabalho:

- Caracterizar o microclima (Temperatura e Umidade relativa do ar) dos ambientes de produção da erva-mate;
- Avaliar o crescimento da erva-mate através da análise de alteração da área foliar a pleno sol e sob diferentes níveis de luz;

- Avaliar a produção de fitomassa da erva-mate produzida a pleno sol sob diferentes níveis de luz;
- Avaliar a composição química da erva-mate produzida a pleno sol e sob condições de diferentes níveis de luz.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Histórico da erva-mate

Os jesuítas da Companhia de Jesus do Paraguai no século XVII foram os primeiros a orientar os índios a realizar plantios de erva-mate, sendo então os precursores do cultivo sistemático, da coleta de sementes, produção de mudas e condução de erveiras. Foram também aqueles que deram maior contribuição à expansão da bebida, melhorando seu preparo e difusão entre os europeus. Apesar de alguns jesuítas colocarem que a erva-mate é, supostamente afrodisíaca (para eles a erva do diabo), estes não conseguiram acabar com o costume e o vício que se tornara o uso da erva-mate em todas as horas e lugares, por indígenas, homens, mulheres, velhos e crianças (Berkai & Braga 2000).

Desde o início das colonizações Espanhola e Portuguesa na América do Sul, é relatado o uso da erva-mate pelos indígenas. Tribos do Peru, Chile e Bolívia obtinham a erva-mate através de permuta, transportando as folhas por milhares de quilômetros. Para os índios, a bebida dava resistência às jornadas de trabalho, reduzindo a fome e a sede.

Sua história no Paraná começa com registros de bandeirantes paulistas, que de 1628 a 1632 percorreram as regiões de Guaíra e regressaram trazendo índios Guaranis prisioneiros. Com estes índios veio o hábito da bebida, que era conhecido dos índios Caingangues do planalto curitibano. Dessa maneira, foi introduzido o hábito entre os portugueses.

A indústria ervateira absorveu, de 1873 a 1890, todas as atividades paranaenses, monopolizando capital e trabalho, tornando a erva-mate o principal produto de exportação da Província do Estado.

Até o início da 1ª Guerra Mundial, a erva-mate era considerada o esteio econômico do Paraná, quando então a madeira começou a conquistar a condição de principal produto. Nesta época, havia no Paraná mais de 90 engenhos para beneficiamento da erva-mate, sendo o produto exportado sobretudo para o mercado platino (Berkai & Braga 2000).

Em Santa Catarina a exploração da erva-mate começou sob a influência do Rio Grande do Sul, “nos campos e sertões de Lages”. O historiador Costa Pereira acredita que foi em Lages que surgiram os primeiros engenhos catarinenses “pequenos e de reduzida produção”, sendo que, apenas em 1853 se instala uma fábrica para produção em maior escala.

A história do mate em Santa Catarina é sincronizada com a do Paraná, apesar de haver iniciado um pouco mais tarde.

O transporte da erva-mate necessitava de boas estradas, o que não havia em Santa Catarina, causando problemas no seu escoamento. O transporte melhorou após a construção da estrada Dona Francisca, em 1858, a qual apontou a solução necessária para a indústria ervateira da região, possibilitando o contato com a verdadeira zona produtora de erva, os municípios de Campo Alegre e Mafra. Isso também contribuiu para a aproximação com o Paraná e para o intenso intercâmbio comercial, favorável a ambos os lados (Berkai & Braga 2000).

Até meados do século XVIII o Rio Grande do Sul ainda não era conhecido dos Portugueses e dos Brasileiros, a não ser através das incursões feitas pelos bandeirantes, sendo conquistado ou reconquistado em 1737.

Em linhas gerais, a trajetória do mate no Rio Grande do Sul se restringia às concentrações que se encontravam as margens dos rios Ijuí, Nhucorá e no Alto Uruguai, região antes habitada por índios Tupi. Depois da ocupação jesuítica, esses indígenas se retiraram para o Alto Uruguai.

Em 1755 a erva-mate do Rio Grande foi enviada à Europa junto com apetrechos que os índios e os “gaúchos do campo” utilizavam para tomá-la.

A erva-mate foi o esteio econômico da Revolução Farroupilha, por isso é inegável dizer que o Rio Grande do Sul foi desbravado e povoado a sombra da erva-mate.

Nas missões brasileiras no Rio Grande, em 1856, o número de pessoas que trabalhavam com erva-mate chegava a 6 mil. Entre 1857-1858, saíram do Rio Grande do Sul via fluvial com destino a Argentina 1.324.593 Kg de mate. Mais tarde, a exportação do mate decaiu, mas não a sua produção. Houve um aumento na população regional que passou a absorver toda a produção, como ocorre hoje; assim as faltas foram supridas com matéria em folha e beneficiada dos Estados do Paraná e Santa Catarina (Berkai & Braga, 2000).

## 2.2. Biologia e fenologia da espécie

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), da família Aquifoliaceae é uma árvore perenifólia. Sua altura varia 3 a 5m quando cultivada mas, na floresta pode atingir até 25m e 70cm de DAP (diâmetro a altura do peito). Espécie dióica, floresce de setembro a dezembro no RS e SC e, de setembro a novembro no PR. Os frutos podem estar maduros de dezembro a abril, no Paraná. A floração e a frutificação iniciam, gradativamente aos dois anos em árvores oriundas de propagação vegetativa e, aos cinco anos, em árvores provenientes de sementes, em ambientes adequados (Edwin & Reitz, 1967).

Em relação as flores, a erva-mate é dióica, embora se encontrem estames e pistilos em todas as flores. Os estames são atrofiados nas flores femininas, enquanto nas masculinas o pistilo se deprime e aborta, tendo como única forma de reprodução a fecundação cruzada (Ferreira Filho, 1957).

Ferreira et al. (1983), estudando a erva-mate, encontraram uma proporção de sexo de sete indivíduos masculinos para cinco do sexo feminino e verificaram que os insetos, principalmente as abelhas, têm o papel mais importante na polinização, podendo haver alguma influência do vento.

Zanon (1988) afirma que quando se desejar aumentar a produção de sementes deve-se observar a manutenção da proporção de três erveiras femininas para uma erveira masculina.

Quanto à fenologia da espécie, Ferreira et al. (1994), comentaram que a erva-mate apresenta períodos fenológicos bem definidos, os quais podem ser alterados conforme o microclima de algumas regiões. Os ramos levam entre 35 a 40 dias após o corte para brotar, 40 a 45 dias após a brotação para ter 50% da planta com flores, 30 a 40 dias após a floração para a produção de frutos, e igual período até a maturação.

A propagação é feita principalmente por insetos e aves, resultando numa extensa área de distribuição ao redor das erveiras.

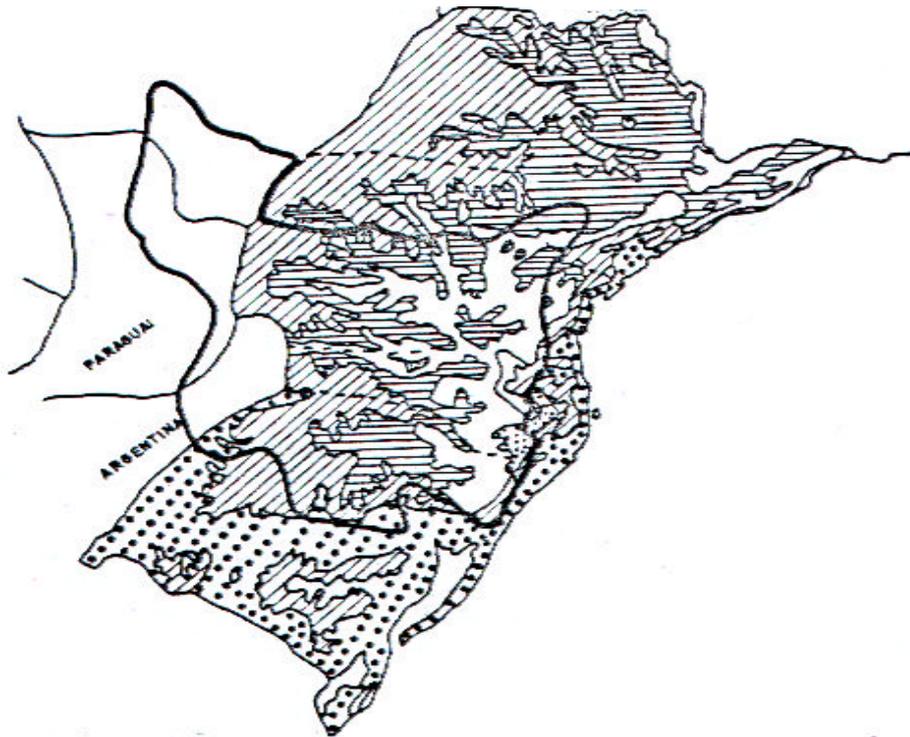
## 2.3. Caracterização do ambiente (macro/microclima ) de desenvolvimento da erva-mate.

A área de ocorrência natural, conforme demarcado na figura 01, vai da Argentina ( Nordeste), Paraguai (Leste), Uruguai (Noroeste) e Brasil, nos Estados: MS (Sul), PR (Sul,

Centro, Oeste e Noroeste), RS (Centro, Norte e Sul), SC (Oeste e Planalto); aparece, ainda em reduzidos nichos de ocorrência de *Araucaria angustifolia*, em Minas Gerais (Sul), Rio de Janeiro (Itatiaia) e São Paulo (Serra da Cantareira e Sul). Sua área de ocorrência natural equivale a 450.000Km<sup>2</sup> ou 5% do território brasileiro (Oliveira & Rotta, 1985).

É uma espécie clímax, que cresce, preferencialmente, nas associações mais evoluídas dos pinhais. Regenera-se com facilidade quando o estrato arbóreo superior e, principalmente, os estratos arbustivo e herbáceo são raleados. É espécie característica de Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta com Araucária), sempre em associações, nitidamente evoluídas com Pinheiro-do-Paraná (Klein, 1969).

Ocorre geralmente em altitudes de 400 a 1800m. Na região Sul, ela ocorre em altitudes inferiores a 400m, como em Foz do Iguaçu-PR (160m) e Florianópolis (25m) (Oliveira & Rotta, 1985). Cabe salientar ainda que a erva-mate pode ocorrer em outras diferentes altitudes. A área de ocorrência natural da cultura é vista na Figura 01.



**FIGURA 01-** REGIÕES DE OCORRÊNCIA NATURAL DA ERVA-MATE.  
FONTE: GOLFARI ET AL.. (1978)

A precipitação média anual nas regiões produtoras deve estar em torno de 1500mm, variando de 1100 a 2300mm. O regime de chuvas é uniforme na maior parte de sua área (Região Sul) ou estacional, sendo as chuvas concentradas no verão, com estações secas pouco pronunciadas ou ausentes no inverno. Pode haver deficiência hídrica leve no Noroeste do Paraná e Sul de Mato Grosso do Sul, cujas regiões se caracterizam por precipitações médias anuais de 1100 a 2300mm. A temperatura média anual do ar da região produtora, nos estados do sul do Brasil situa-se entre 12 e 24°C, com maior ocorrência entre 15 a 18°C. A temperatura média do ar do mês mais frio deve situar-se entre 8 e 19°C, sendo que nos locais mais frios suporta até 57 geadas por ano. O tipo climático (Köppen) predominante nessas regiões citadas acima, segundo a classificação de Köppen, é o Cfb<sup>1</sup> seguido do Cfa<sup>2</sup>; ocorre em menor escala em Cwa<sup>3</sup>, Cwb<sup>4</sup> e Aw<sup>5</sup> (Carvalho, 1994). A erva-mate caracteriza-se como planta esciófila. Ela suporta sombra em qualquer idade, tolerando luz e o frio na fase adulta. Em algumas regiões ocorre a presença de erva-mate com temperaturas muito baixas podendo chegar até a temperatura mínima absoluta do ar a -12°C.

Ocorre em solos de baixa fertilidade natural, sendo mais freqüente em solos com baixo teor de nutrientes trocáveis e alto teor de alumínio. Prefere solos medianamente profundos a profundos, não ocorrendo, ou com ocorrência esparsa, em solos rasos (litólicos). A textura dos solos deve ser franca (entre 15 e 35% de argila) e argilosa (acima de 35% de argila). Em solos constituídos por areias quartzosas (abaixo de 15% de argila) a espécie raramente é encontrada. Prefere solos bem drenados, não ocorrendo em solos hidromórficos (Oliveira & Rotta, 1985). Na prática, se as condições de solo não forem as ideais a cultura apresenta problemas no sistema radicular, chamado popularmente de encaximbamento (dobra) da raiz e queda acentuada de folhas, principalmente por excesso de umidade do solo. Esse problema é muito comum nos ervais onde o solo é raso com afloramento de rochas ou com abundância de pedras e tem causado perdas muito grandes na produção e até mesmo a morte das plantas.

---

**Cfb**<sup>1</sup> Clima temperado típico, mesotérmico, com verões frescos, geadas severas e freqüentes, sem estação seca

**Cfa**<sup>2</sup> Clima subtropical, úmido, chuvoso mesotérmico, verões quentes e sem estação seca

**Cwa**<sup>3</sup> Clima subtropical, com inverno seco e verão quente

**Cwb**<sup>4</sup> Clima temperado típico com inverno seco e verão brando e chuvoso

**Aw**<sup>5</sup> Clima tropical com nítida estação seca no inverno com precipitações superiores a 750 mm anuais, caracterizado por duas estações: seca de maio a outubro e chuvosa de novembro a abril.

## **2.4. Sistemas agroflorestais com erva-mate.**

### **2.4.1. Aspectos microclimáticos**

Especialmente em sistemas complexos como os Sistemas Agroflorestais é indiscutível a importância da luminosidade, temperatura e umidade do ar e do solo sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas de erva-mate, principalmente pela competição por luz que se estabelece no ambiente. O crescimento de caules e folhas pode ser severamente limitado se ocorrer sombreamento excessivo por outras plantas mesmo porque ocorrerá também uma variação na temperatura do solo. Se uma parte da planta for capaz de emergir da sombra e alcançar a luz plena do sol, sem sombreamento, a fotossíntese naquela parte pode conseguir compensar o sombreamento e os fatores fisiológicos adversos que ocorrem no resto das planta, permitindo um desenvolvimento adequado (Gliessmann, 2000).

Quadros et al. (1992) comparando os teores de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate, no Planalto Paranaense, sob condições de sol e sombra onde ocorrem variações de temperatura e umidade relativa do ar, concluíram que as diferenças obtidas nos teores foliares de erva-mate podem ser devidas a aspectos de ciclagem de nutrientes e metabolismo diferenciados, envolvendo maior ou menor luminosidade e temperatura do ar.

Rachwal et al. (2000), estudando a influência da luminosidade sobre os teores de macronutrientes e taninos em folhas de erva-mate, concluíram que não houve diferença estatística entre os níveis de luminosidade 77,5% e 19,0% no que se refere aos teores de cálcio, magnésio, potássio e fósforo, nos horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos, devido a grande variabilidade nos dados. No local de maior luminosidade relativa, os teores foliares de potássio foram inferiores àqueles encontrados em locais onde os níveis de luminosidade relativa foram menores. Os teores foliares de magnésio e fósforo não apresentaram diferença entre os sítios com 77 e 48% de luminosidade. As maiores diferenças ocorreram justamente no ambiente mais sombreado onde os teores de magnésio foram os mais elevados e os teores de fósforo foram os mais reduzidos. Os teores de tanino foram mais elevados no sítio com maior luminosidade (77%).

Kaspary (1985) ao analisar os efeitos de diferentes graus de sombreamento sobre o desenvolvimento de plantas jovens de erva-mate, com três a sete folhas, através das mensurações

da área foliar, altura do caule, número de folhas, número de ramificações e produção de matéria seca, concluiu que os parâmetros relativos à área foliar, altura do caule e produção de matéria seca apresentaram melhor desempenho no tratamento mais sombreado, tendendo à redução com o aumento da intensidade luminosa de 20% para 60%. O número de ramificações e a taxa fotossintética foram maiores no tratamento de plena luz do dia. Se relacionada com área foliar total, a fotossíntese foi inversamente proporcional ao nível de luz, enquanto o número de folhas não variou significativamente.

Ferreira et al. (1994) estudando o desenvolvimento da erva-mate sob diferentes condições de sombreamento e disponibilidade hídrica concluíram que com 60% a 80% de sombreamento, o desenvolvimento da muda foi maior, isto é, apresentou um maior peso seco mostrando um maior vigor. Com relação ao teor de água, solos em condições hídricas de 80% da capacidade de campo apresentaram melhor crescimento das mudas, as quais apresentaram uma maior altura e área foliar comparados com os demais tratamentos, o que retrata que a cultura não necessita de reposição integral da água perdida para a atmosfera por evaporação e transpiração para melhorar o seu desempenho; Porém, teores de umidade no solo abaixo de 60% podem ser limitantes quando as plantas ficam expostas a pleno sol, em épocas quentes.

Outros estudos com plantas medicinais que rebrotam com facilidade, mostraram que os compostos químicos são alterados de acordo com o período do ano e o microclima. Veselá et al. (1999) estudando a variação sazonal do conteúdo de taxanos em amostras no córtex de *Taxus baccata L.* verificaram que as concentrações mais altas foram observadas em outubro (0,037% v/v) e as concentrações dos compostos mais baixas em janeiro (0,002%v/v). Em resumo, a determinação do conteúdo de taxanos em extratos de córtex de *T. baccata* variou, significativamente, com a época do ano.

Glowniak et al. (1999) estudando as mudanças sazonais nas concentrações de taxóides em *Taxus baccata L.* durante o período de primavera- outono (novembro de 1996 a abril de 1997), verificaram que, neste período, a espécie não apresentava os taxóides Baccatin III e TAXA. O Taxóide Baccatin III foi detectado em tecidos de brotos e no caule em concentrações similares, durante o período avaliado. Contudo, de novembro a março, o nível total de taxóides foi diferente entre os brotos e caule. A concentração do Taxol Baccatin III esteve mais baixa em relação ao TAXA em todo o período. Estes resultados confirmam que os fatores epigenéticos e o

tipo de tecido da planta determinam os níveis de taxóides durante todo o período primavera-outono em *Taxus baccata* L.

#### 2.4.2. Composição química

A erva-mate pode ser classificada sob o aspecto químico bromatológico ou como matéria-prima de vários subprodutos. Os indígenas a utilizavam por conhecerem suas virtudes, como aumentar a resistência à fadiga e reduzir a sede ou a fome (Berkai & Braga, 2000).

As investigações químicas relativas a composição da erva-mate iniciaram-se em 1836, constatando-se a presença de diversas substâncias resinosas, matéria corante amarela e ácido tânico dentre outras. A identificação do principal alcalóide, a cafeína, ocorreu em 1843. Em 1848 foi descoberto o ácido do mate, o ácido café-tânico, já conhecido das sementes do café (Valduga, 1995). Em 1944, foram identificados como constituintes da erva-mate os seguintes compostos: água, celulose, gomas, dextrina, mucilagem, glicose, substâncias graxas, resina aromática, legumina, albumina, cafeína, teofilina, cafearina, cafamarina, ácido matetânico, ácido fólico, ácido caféico, ácido virídico, clorofila, colesteroína e óleo essencial. Nas cinzas encontram-se grandes quantidades de potássio, lítio, ácido fosfórico, sulfúrico, carbônico, clorídrico e cítrico, além de magnésio, manganês, ferro, alumínio e traços de arsênico (Valduga, 1995).

Henrichs & Malavolta. ( 2001 ), objetivando quantificar e avaliar a concentração mineral na matéria seca e na infusão de erva-mate tipo chimarrão, selecionaram três amostras comerciais de ampla aceitação pelo consumidor (Região de Curitiba- PR) e verificaram através de espectrometria de emissão atômica com plasma de argônio, que as concentrações em maior destaque foram de Mg e Mn (no tecido foliar) e que a infusão de erva-mate apresenta altas concentrações de K, Mg e Mn, intermediárias de S, Ca e P, baixo de Al e zero de Cd e Pb.

Dentre os pigmentos responsáveis pela coloração da flor os flavonóides são os mais importantes, compostos nos quais dois anéis aromáticos de carbono se unem por uma unidade de três átomos de carbono. Os flavonóides, provavelmente, existem em todas as angiospermas e distribuem-se, esporadicamente, entre os membros de outros grupos de plantas vasculares, tendo algumas poucas menções em outros organismos fotossintetizadores e animais. Eles bloqueiam, nas folhas, a radiação ultravioleta, que é altamente destrutiva para os ácidos nucléicos e proteínas

e, usualmente permitem de maneira seletiva a passagem da luz de comprimentos de onda vermelhos e azul-esverdeados, importantes para a fotossíntese (Raven & Reitz, 1967).

A principal classe de flavonóides importantes para a flor são as antocianinas. A maior parte dos pigmentos vegetais vermelhos e azuis são antocianinas, solúveis na água e encontradas em vacúolos, ao contrário dos carotenóides, que se dissolvem em gordura e se encontram em plastídios. As antocianinas mudam de cor dependendo da acidez da solução que estejam; desta maneira a cianidina é vermelha em solução ácida, violeta em solução neutra e azul em solução alcalina (Raven & Reitz, 1967).

Outro grupo de substâncias importantes dentro dos flavonóides são os fenóis. Os fenóis mais simples ocorrem nos estados líquido ou sólido, apresentando baixo ponto de fusão e ponto de ebulição elevado. São, em geral, pouco solúveis ou insolúveis em água, de cheiro forte e característico. Oxidam-se facilmente, sendo que muitos fenóis apresentam cor devido à presença de produtos de oxidação (Raven et al., 1976).

Os fenóis encontram diversas aplicações práticas, tais como:

- Desinfetantes (fenóis e cresóis)
- Preparação de resinas e polímeros
- Preparação do ácido pícrico, usado na preparação de explosivos
- Síntese da aspirina e outros medicamentos

Outro grupo de flavonóides, bastante comum nas folhas e também em muitas flores, é o dos flavonóis. Estes são com freqüência incolores, mas podem contribuir para os matizes marfim e branco, característicos de certas flores (Raven et al., 1976).

Os principais flavonóides encontrados na erva-mate são: a rutina, a quercetina-3-glicosídeo e canferol-3-rutinosídeo (Valduga, 1995).

Os principais componentes da erva-mate podem ser associados nos seguintes grupos (Valduga, 1995)

**POLIFENÓIS:** em geral constituem 20% - 30% da composição da erva-mate, são solúveis em água, incolores e conferem o gosto adstringente ao mate.

**ALCALÓIDES:** a cafeína, teofilina e teobromina são três alcalóides, estreitamente relacionados do ponto de vista de suas estruturas químicas, encontrados na erva mate e são os compostos mais importantes sob o ponto de vista terapêutico. O teor de cafeína na erva-mate atinge em média 1,60% (peso seco) enquanto que nas infusões o valor médio é de 1,10%.

Variações qualitativas e quantitativas no teor de alcalóides podem ser observadas ao longo do processo de senescência da planta, tendo sido constatadas reduções no teor destes compostos com o aumento de idade da mesma. A riqueza em alcalóides varia, portanto, com a idade da planta, diminuindo o teor com o aumento idade da mesma.

**TANINOS:** a presença de substâncias tânicas, responsáveis pela adstringência (aroma ) da erva-mate, é conhecida desde o final do século, podendo-se encontrar: ácido clorogênico, ácido 3,4 dicafeoilquínico, ácido 3,5 dicafeoilquínico, ácido 4,5 dicafeoilquínico, ácido 3-cafeoilquínico, ácido 4-cafeoilquínico, ácido 5-cafeoilquínico.

**AMINOÁCIDOS:** pode-se encontrar: ácido aspártico, ácido glutâmico, glicina, alanina, triptofano, cistina, arginina, histidia, lisina, tirosina, valina, leucina, isoleucina, treonina, metionina e asparagina.

**VITAMINAS:** entre as vitaminas presentes no mate são encontrados: vitamina C (ácido ascórbico), vitamina B1 (tiamina), vitamina B2 (riboflavina), ácido nicotínico, vitamina A, ácido fólico e derivados do ácido pantotênico. Os teores vitamínicos dosados na infusão ficam reduzidos, na melhor das hipóteses, a cerca de 1/30, quando comparado com a erva-mate verde.

**COMPONENTES VOLÁTEIS:** presente no óleo volátil, cujo teor já foi relatado por diversas pesquisas, em quantidades reduzidas (0,001 a 0,005% peso seco), de coloração amarelada, cheiro agradável, que traduz o aroma característico do mate. Como constituintes do óleo volátil cita-se: ácidos graxos, ácido fórmico, ácido acético, ácido propiônico, ácido butírico, ácido valeriânico e ácido capríco. Do total de 196 identificados no óleo volátil, muitos provavelmente são resultantes da degradação térmica dos carotenóides, ácidos graxos, degradação hidrolítica ou formados pela reação de Maillard, durante os processos de secagem e torrefação.

**COMPONENTES MINERAIS:** as concentrações de minerais são específicas não somente para a espécie, idade e tecido, como também dependem do ambiente. Diversos fatores controlam o teor de minerais nos vegetais, principalmente o genético.

**SAPONINAS:** são substâncias glicosídeas com a propriedade de, em soluções aquosas, provocar a formação de espumas. Devido à redução da tensão superficial apresentam ação detergente e emulsificante. É o composto da erva-mate responsável pelo índice de amargor e espuma do produto.

**CLOROFILA:** é responsável pela coloração da erva-mate durante o processamento da mesma. As clorofilas são os principais absorvedores da radiação solar. A clorofila a, encontrada

em todos os vegetais, possui picos de absorção nas regiões de 430 nm e 670 nm. Atua como antena (captando a clorofila b), encontrada em vegetais superiores e algas, tem picos de absorção em 480 nm e 640 nm e funciona basicamente como antena.

**CAROTENÓIDES:** constituem apenas 0,03 – 0,06% (peso seco) da erva-mate, mas são importantes na formação do aroma. Estes compostos incluem: caroteno, luteína, zeaxantina, iolaxantina e outros.

**LIPÍDIOS:** a presença de ácidos graxos insaturados derivados dos fosfolípidios é significativa na geração do aroma da erva-mate. Principais ácidos graxos – ácidos palmíticos, oléicos, linoléico, esteárico, araquídico e palmitoléico.

Podem ocorrer variações nos dados de composição química mencionados anteriormente em função da: idade da planta, idade das folhas, erval nativo ou plantado, e da luminosidade disponível no erval. Este aspecto ainda é carente de informações, sendo necessário mais estudos a este respeito, de maneira que, no futuro, possam ser feitos plantios e colheitas específicas de acordo com o perfil do consumidor e/ou mercado

Quanto à composição da erva-mate, em erval plantado na região de Guarapuava- PR, Torques & Androczevecz (1997), mostram os seguintes dados.

**TABELA 01.** COMPOSIÇÃO QUÍMICA EM (g), EM 1 Kg DE FOLHAS DE ERVA MATE (*Ilex paraguariensis*\_St. Hil.), APÓS COLETA E SECAGEM AO AR DE AMOSTRAS ORIGINÁRIAS DE CULTIVOS NA REGIÃO DE GUARAPUAVA, ESTADO DO PARANÁ.

COMPONENTES	QUANTIDADE TOTAL(g)	QUANTIDADE TOTAL(g),
		em 1kg de ERVA DE PRIMEIRA QUALIDADE
Umidade	89,6	146,453
Óleo Essencial	0,179	0,026
Stearopteno	0,019	
Substância cerácea gordurosa	18,8	
Clorofila e resina mole	51,2	6,102
Matéria corante amarelada-esverdeada	10,8	
Ácido resinoso	69,5	25,5
Cafeína	16,75	5,52
Princípio aromático (grupo dos fenóis)	2,5	
Ácido matetânico	29,97	16,785
Ácido viridínico cristalizado	0,025	0,024
Matéria extrativa, substância amarga, etc.	65,13	
Substâncias albuminóides, gomosas, sais inorgânicos	36,102	72,822
Matéria estrativa, sacarina	6,72	
Celulose, lignina e outros	602,9	723,973

**Fonte:** Torques & Androczevecz, 1997.

Deve-se ressaltar que os diferentes componentes químicos podem gerar diferentes efeitos sobre o produto final da erva-mate. Para tanto, Torques & Androczevecz (1997) mostram dados importantes e que são reproduzidos na Tabela 02.

Com relação as suas propriedades terapêuticas, conforme afirma Valduga (1995), o mate é uma bebida estimulante, pois elimina a fadiga, estimula a atividade física e mental, atuando benéficamente sobre os nervos e músculos.

A cafeína, um de seus compostos químicos, exerce efeito estimulante do sistema nervoso central. Associado às vitaminas do complexo B, o mate otimiza a metabolização dos carboidratos nos músculos, nervos e cérebro. Sais minerais, juntamente com a cafeína, aceleram o trabalho cardíaco e a circulação do sangue, diminuindo a tensão arterial (efeito hipotensor), uma vez que este alcalóide atua como vasodilatador. Em tais situações, também pode ser suprida a sensação de fome (anorexia) O mate favorece ainda a diurese, sendo de grande utilidade nas moléstias de bexiga. Atua também no tubo digestivo ativando os movimentos peristálticos, facilitando a digestão, suavizando os embaraços gástricos e favorecendo a evacuação e a micção. A ação estimulante do mate é mais prolongada que a do café, não deixando, porém, efeitos colaterais ou residuais como irritabilidade e insônia (Valduga, 1995).

**TABELA 02.** INFLUÊNCIA DOS COMPONENTES NAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DA ERVA-MATE.

COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS
<b>Flavonóides</b>	Conferem o gosto adstringente ao mate (alguns tipos de fenóis)
<b>Alcalóides</b>	Propriedades estimulantes do mate
<b>Aminoácidos</b>	Responsáveis pelo aroma (adstringência do mate)
<b>Vitaminas</b>	Valores nutritivos
<b>Componentes voláteis</b>	Responsáveis pelo aroma característico do mate
<b>Componentes minerais</b>	Valores nutritivos
<b>Saponinas</b>	Responsável pelo índice de amargor e espuma do produto
<b>Clorofila</b>	Responsável pela coloração da erva-mate
<b>Carotenóides</b>	Importantes na geração do aroma da erva-mate
<b>Lipídios</b>	Importantes na geração do aroma da erva-mate
<b>Ácidos orgânicos</b>	Importantes na geração do aroma da erva-mate
<b>Proteínas</b>	Valores nutritivos
<b>Celulose</b>	Não apresenta característica organoléptica
<b>Lignina</b>	Não apresenta característica organoléptica
<b>Enzimas</b>	Catalisadores durante o processamento

Fonte: Torques & Androczevecz, (1997).

### 2.4.3. Aspectos de manejo

Kozarik et al. (1980) estudando sistemas agroflorestais de *Araucaria angustifolia* mais erva-mate em Montecarlo, província de Misiones-Argentina, em uma área 6,0ha notaram uma diferença no controle das pragas e enfermidades tão comuns em ervais puros, ocorrendo um decréscimo da população de pragas no Sistema Agroflorestal em relação às regiões de monocultivo. Além disso, a concorrência por nutrientes e água no Sistema Agroflorestal também foi menor do que quando comparado ao monocultivo, Também foi observado que, quando o solo é ruim (baixa fertilidade e solo raso) e há necessidade de produzir espécies de crescimento rápido, as espécies da família das leguminosas mostraram melhor desempenho, seguido de espécies nativas como Pinheiro do Paraná. Isto reforça a idéia de que as condições de um Sistema Agroflorestal beneficia o controle de pragas e doenças de uma maneira natural.

Schreiner & Baggio (1985) estudando o plantio de feijão e milho em consórcio com erva-mate plantada no espaçamento 3,0 x 1,0m, em São Mateus do Sul- PR, concluíram que as associações de milho e feijão com erva-mate permitem dizer que o desenvolvimento da erva-mate tende a ser beneficiado pelo feijão, enquanto que o milho afeta o seu desenvolvimento em pequeno grau. Os retornos apresentados pelas culturas agrícolas, a não ser quando ocorrem adversidades climáticas, são em geral suficientes, para cobrir boa parte dos encargos de implantação e manutenção inicial da erva-mate.

Em caso de renovação do erval através da técnica da decepa, deve-se ter o cuidado de colocar um anteparo lateral, protegendo do sol poente nos primeiros meses devido à insolação e ventos. Quando adulta a erva-mate tolera a luz direta, ou seja, suporta as condições de radiação direta e apresenta crescimento e desenvolvimento satisfatório para as condições. Esse fator é benéfico visto que a planta pode ser cultivada em diversas condições climáticas propiciando ao produtor rural mais opções de cultivo. Também são recomendados: a) plantio misto, com espécies pioneiras que lhe darão sombra, principalmente, durante a fase juvenil; b) em vegetação matricial, em mata secundária, capoeirões e capoeiras, com abertura de faixas e plantio em linha e c) é prática comum o adensamento de ervais nativos, seja pelo plantio de mudas no mato raleado, seja pelo favorecimento e condução da regeneração natural, nos casos em que ela é abundante como, por exemplo, em áreas de grande remanescentes nativos (Carvalho, 1994).

Outro estudo sobre a influência da luminosidade bem como da disponibilidade de água, crescimento e desempenho das espécies arbóreas pioneiras como *Croton urucurana* (sangra

d'água) e *Guazuma ulmifolia* (mutambo), das espécies secundárias iniciais *Peltophorum dubium* (canafístula) e *Lonchocarpus muehlbergianus* (feijão-cru) e das espécies clímax *Tabebuia impetiginosa* (ipê-roxo) e *Genipa americana* (genipapo) mostrou que de um modo geral, as mudas de todas as espécies apresentaram bons níveis de crescimento a pleno sol e a 40% de luz. O sombreamento natural inibiu o crescimento de algumas espécies, principalmente aquelas de maior potencial de crescimento, as pioneiras e as secundárias. A produção de mudas a 40% de luz, particularmente no verão, além de propiciar a produção de mudas de boa qualidade, mostrou redução de suas demandas de água, efeito este desejável, sobretudo quando os recipientes de cultivo são os tubetes, os quais apresentam um pequeno volume de substrato (Moraes et al., 2000).

Para o estabelecimento da erva-mate, a condição ótima está implícita no seu habitat natural, caracterizado pelo sombreamento e, conseqüente preservação da umidade no ar e do solo que é proporcionada pelos estratos dominantes das florestas subtropicais. Decorre daí a importância da compreensão da dinâmica dos Sistemas Agroflorestais de erva-mate e Araucária proposta no presente estudo.

## 2.5. Aspectos sócio- econômicos

A erva-mate nativa e plantada é explorada, economicamente, em cerca de 558 municípios dos Estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul (Andrade, 1999), totalizando 180 mil propriedades rurais, a maioria familiar, e 725 empresas.

Estes dados caracterizam, conforme mostra a tabela 03 o envolvimento aproximado de 710 mil trabalhadores diretos, considerando mão-de-obra obra geral nas indústrias (funcionários permanentes e temporários) e propriedades rurais (família, funcionários permanentes e temporários), com um volume de recursos da ordem de 180 milhões de reais por ano (Nadal,1997), conforme é mostrado na Tabela 03.

**TABELA 03.** INDICADORES DA SITUAÇÃO DO SETOR ERVATEIRO NA REGIÃO SUL DO BRASIL.

INDICADORES	TOTAL	PARANÁ	RIO GRANDE DO SUL	SANTA CATARINA
Nº de Municípios	486	131	248	107
Nº de Indústrias	725	209	398	118

<b>Mão- de- obra ocupada</b>	710 mil	262.000	165.000	283.000
<b>Produção total</b>	550 mil t.	30%	48%	22%
<b>Importação efetiva</b>	18,7 mil t	30%*	30%*	35%*
<b>Exportações</b>	23,3 mil t	62%*	12%*	25%*
		30% •	62% •	7% •

---

**Fonte:** Nadal (1997)

\* erva-mate cancheada

• erva-mate beneficiada

### 2.5.1. Situação nos Estados

#### ESTADO DO PARANÁ

O Estado desenvolve tecnologias para a erva-mate, tanto a nível de instituições de pesquisa como de assistência técnica (EMBRAPA- Florestas, UFPR e EMATER).

A Tabela 04 demonstra a categoria que os produtores se enquadram em cada microrregião homogênea do Estado do Paraná.

**TABELA 04.** Nº DE AGRICULTORES POR CATEGORIA; Nº DE IMÓVEIS E ÁREA TOTAL PLANTADA (Ha) NA MICRORREGIÃO DO ESTADO DO PARANÁ.

MICRORREGIÃO HOMOGÊNEA	CATEGORIA DE PRODUTORES RURAIS (N. °)				IMÓVEIS	RURAIS
	PEQUENO (0-10 ha)	MÉDIO (10-20 ha)	GRANDE (20-100 ha)	TOTAL	NÚMERO	ÁREA (HA)
Curitiba	15.828	2.121	471	18.420	13.852	407.194
Alto da Ribeira	2.336	1.225	366	3.927	3.891	193.576
Alto Rio Negro Paranaense	5.975	313	37	6.325	3.674	82.119
Campos da Lapa	6.460	840	103	7.403	5.394	335.606
Campos de Ponta Grossa	6.375	4.193	2.563	13.131	8.170	889.510
Campos de Jaguariaíva	1.823	1.320	654	3.797	4.031	362.940
São Mateus do Sul	6.504	399	49	6.952	4.598	142.679
Colonial Irati	7.199	344	61	7.599	14.856	517.818
Alto do Ivaí	8.511	4.681	1.934	15.126	13.861	500.725
Norte Novo de Apucarana	18.226	4.546	4.054	26.826	28.896	653.370
Campo Mourão	16.466	6.640	5.090	28.196	30.661	980.326
Pitanga	8.697	5.136	1.985	15.817	15.977	517.863
Extremo Oeste Paranaense	15.905	4.397	507	20.809	70.392	1.643.120
Sudoeste Paranaense	45.331	9.692	1.069	66.092	52.294	967.803
Campos de Guarapuava	18.223	2.422	1.122	21.767	18.027	1.196.193
Médio Iguaçu	10.713	1.818	380	12.371	8.963	791.256
<b>TOTAL</b>	<b>314.220</b>	<b>108.369</b>	<b>84.314</b>	<b>507.002</b>	<b>297.537</b>	<b>10.182.098</b>

Fonte: Mazuchowski & Rucker., (1996)

Segundo a categoria classificada, 62% são pequenos, 21,4% médios e 16,6% são considerados grandes (Mazuchowski & Rucker, 1996) sendo caracterizado como pequeno

produtor as micro-propriedades (áreas inferiores a 10 ha) e as pequenas propriedades (áreas de 10 a 20 ha); médio produtor ou empresa familiar: áreas entre 20 e 100 ha e, grande produtor: empresa capitalista e latifúndio, com áreas superiores a 100 ha.

### **ESTADO DE SANTA CATARINA**

Através da EPAGRI o produtor vem tendo acesso a novas tecnologias desenvolvidas na instituição e no Estado do Paraná. Os dados levantados na consultoria (Andrade, 1999) demonstram que 85% dos produtores recebem algum tipo de assistência técnica, porém, nenhum produtor tem qualquer tipo de financiamento. Conforme a Tabela 05 estes produtores possuem áreas na faixa entre 0 e 50 ha.

Existem cerca de 19.000 propriedades rurais envolvidas no setor produtivo da matéria-prima, com aproximadamente 66.500 trabalhadores. A mão-de-obra geral ocupada nas atividades do setor ervateiro no Estado é de 283.000 trabalhadores (Da Croce, 1996).

**TABELA 05. ESTRATIFICAÇÃO DAS ÁREAS COM PLANTIO DE ERVA-MATE NO ESTADO DE SANTA CATARINA.**

<b>Estratos (ha)</b>	<b>Percentual (%)</b>
<b>0-20</b>	20%
<b>20-50</b>	65%
<b>50-100</b>	10%
<b>Mais de 100</b>	5%

**Fonte:** Da Croce (1996)

### **ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

No Rio Grande do Sul (RS) se utiliza a tecnologia de plantio e industrialização da erva-mate desenvolvida no Paraná e Santa Catarina, cujos centros se encontram num estágio bastante avançado quanto ao desenvolvimento dessa cultura.

Nas atividades do setor ervateiro no estado, a mão-de-obra geral ocupada é de 165.000 trabalhadores.

Segundo levantamentos efetuados junto a produtores, indústrias e prefeituras das diferentes regiões ervateiras do RS, a maior frequência tanto no que se refere ao número de produtores como em áreas dedicadas à cultura, se encontra nos estratos pequenos e médios, com

área de até 50 ha (vide Tabela 06). Os estratos superiores, com mais de 50 ha, representam, aproximadamente 10% da superfície total coberta pela espécie.

**TABELA 06.** ESTRATIFICAÇÃO DAS ÁREAS PRODUTORAS DE ERVA-MATE NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL.

Estratos (ha)	% do total (1992)	% do total (1998)
<b>0-20</b>	65%	52%
<b>20-50</b>	25%	43%
<b>50-100</b>	8%	3%
<b>Mais de 100</b>	2%	2%

**Fonte:** Ferraz ( 1995 )

A estrutura fundiária, via de regra, é constituída de pequenas e médias propriedades rurais, das quais aproximadamente 90 % dos produtores têm nesta atividade uma alternativa de renda, constituindo-se numa cultura de caráter permanente com rendimento anual.

## 2.6. Produção e comercialização da erva-mate

A localização da zona produtora ervateira possui certa similaridade com tendências climáticas que interferem nos índices de produção e produtividade e no "blend" do produto erva mate, mais ou menos amargo, principalmente nos ervais cultivados (Valduga, 1995).

O maior rendimento das áreas cultivadas como visto anteriormente, depende da localização adequada (microclima em questão) e dos processos agrícolas que possibilitam o melhor aproveitamento industrial da planta. As melhores condições de desenvolvimento, longevidade e produtividade da erva-mate estão intimamente ligadas à fertilidade do solo e exploração racional. Calcula-se que a planta seja capaz de viver, em estado selvagem, algumas dezenas de anos, permitindo colheitas remuneradas desde que sua exploração seja realizada com cuidado, pois existem indicações que a produção aumenta, gradativamente até os 30 anos de idade (Mazuchowski & Rucker, 1993). Isto reforça a importância do microclima e do solo da área de plantio, bem como do manejo do erval sobre a produtividade do mesmo.

A Região Sul do Brasil responde com participação de cerca de 97% da produção nacional de erva-mate, enquanto Mato Grosso do Sul, embora com participação crescente, tem uma contribuição de apenas 3%. No Sul, a maior parte da matéria-prima provém dos ervais nativos, em especial no Estado do Paraná, onde há maior concentração (Mazuchowski & Rucker, 1993).

O consumo brasileiro de erva-mate tem potencial, quer como chimarrão quer como chás ou como outros derivados, fundamentando-se basicamente na tradição, como no caso do chimarrão. A Região Sul é a que mais utiliza o chimarrão. Em média 90% da matéria-prima vem da produção paranaense. Os Estados do Paraná e Rio Grande do Sul são os tradicionais consumidores desta bebida; os 10% restantes são utilizados para produtos como chás e mate solúvel. A Região Sul do Brasil representa a região consumidora onde mais de 80% do consumo concentra-se na forma de chimarrão, enquanto a Região Leste demanda e aprecia mais o chá mate e tererê (Mazuchowski & Rucker, 1996).

O Rio Grande do Sul, no início da década de 70, era o principal produtor de erva-mate, com 50% da produção nacional, mas reduziu sua produção alcançando em 1989 apenas 25%. Neste período, o Paraná assumiu a liderança participando com 37% e, Santa Catarina com 36% da produção nacional (Mazuchowski & Rucker, 1996).

A Tabela 07 mostra a situação de exploração da cultura da erva-mate nos Estados produtores da Região Sul. A queda na produção no RS ocorreu devido à exaustão ocorrida pela exploração contínua e ao avanço das áreas de lavouras, principalmente das de soja, sobre as matas nativas, bem como em função da erradicação dos ervais plantados. Porém, a demanda interna e externa aumentou, o que incentivou os plantios comerciais de erva-mate. Conforme dados do IBGE (1995/1996 da Tabela 07 a seguir, observa-se no período de 1995-1996 a situação entre os Estados produtores da Região Sul.

**TABELA 07.** VOLUME DE ERVA-MATE COLHIDO NOS ESTADOS DA REGIÃO SUL, NO PERÍODO 1995-1996.

Estado	Quantidade colhida “in natura” (ton.)		Total (t)
	Erval nativo	Erval plantado	
<b>Paraná</b>	115.069	37.070	152.139
<b>Santa Catarina</b>	69.569	35.064	104.633
<b>Rio Grande do Sul</b>	17.347	80.910	98.257
<b>Total</b>	201.985	153.044	355.029

**Fonte:** Censo Agropecuário- IBGE, 1995-1996.

Pelas características da planta de erva-mate ( especialmente umbrofilia), pelos diferentes tipos de manejo que tem sido dado à cultura, o que tem mostrado o seu melhor crescimento e desenvolvimento em ambientes sombreados como os Sistemas Agroflorestais, e ainda, pela importância da cultura como fonte de renda para os pequenos produtores rurais do Sul do Brasil,

procurou-se avaliar a dinâmica da cultura no Sistema Agroflorestal comparando-a com os Monocultivos. Em decorrência da desuniformidade do Sistema Agroflorestal, ou seja, as plantas de erva-mate dentro desses Sistemas estarem submetidas a diferentes níveis de luz e temperatura e umidade do ar, optou-se por caracterizar inicialmente esses níveis de luz recebidos por cada planta de erva-mate dentro do Sistema Agroflorestal e na situação de Monocultivo( pleno sol) para poder definir os tratamentos, o que gerou diferenças no número de plantas por tratamento. Isto fez com que a avaliação do microclima fosse feita em uma planta representante de cada tratamento.

### 3. Material e métodos

O estudo foi realizado na localidade de Campo do Meio, Município de Gentil, na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, cujas coordenadas geográficas são 28° 26'S de latitude, 52° 02' W de longitude e altitude de 800m.

Avaliou-se as plantas de erva-mate sob sombreamento de remanescente de Floresta Mista, constituída predominantemente por *Araucaria angustifolia* (estrato dominante), em relação a planta erva-mate plantada, originária de Monocultivos, ou seja, a pleno sol. Na área sombreada está ocorrendo uma forte regeneração natural da própria erva-mate no sub- bosque. As áreas de amostragem a “pleno sol” e “sombreadas” foram de 200 m<sup>2</sup> cada. A distância entre os dois ervaes é de 200m e a topografia apresenta pouca variação entre ambos os locais.

O plantio nas duas áreas foi efetuado no ano de 1996, sendo as mudas originárias de sementes da mesma árvore matriz. O espaçamento utilizado a pleno sol foi de 3,0 metros entre fileiras de plantas e de 1,5 metros entre plantas na linha de plantio. Foi efetuado o replantio de cerca de 5% das mudas seis meses após o plantio, principalmente na área a pleno sol. A manutenção consistia em roçadas anuais, especialmente no inverno.

Na área sombreada bem como na área a pleno sol não foram feitas práticas de manejo das plantas, tendo em vista o crescimento lento das mesmas, sendo que no ano de 2001 foi feita a 1ª poda de formação visando à obtenção de produto e melhorar o aspecto da erva (forma de taça).

Nas duas áreas o produtor não utilizou nenhuma adubação química. Foi utilizado somente cobertura verde, com aveia, na área a pleno sol.

Para a caracterização do microclima dos ambientes, foram medidos os seguintes elementos micrometeorológicos: radiação solar fotossinteticamente ativa (RFA), temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR). Para a medida da T e da UR utilizou-se sensores de resistência elétrica de Platina (Pt-100<sup>6</sup>), instalados na forma de pares psicrométricos não aspirados sendo o sensor úmido envolto por cadarço de algodão umedecido por ascensão capilar a partir da sua extremidade mergulhada num reservatório de água destilada. Os sensores Pt-100 foram instalados no interior de mini-abrigos de PVC de parede dupla e perfurada para ventilação e

---

<sup>6</sup> Sensores de resistência elétrica fabricados com fio de Platina, cujas características e dimensionamento permitem obter uma resistência elétrica de 100 ohms/m de fio na temperatura de 0°C. Apresentam dimensão de 10cm de comprimento e 0,25cm de diâmetro e foram ligados a canais independentes de um aquisitor eletrônico de dados(datalogger).

ligados a um medidor (datalogger) de 32 canais. Este equipamento estava programado para realizar medidas contínuas, na frequência de 1 segundo (60 ciclos), e para armazenar médias de temperatura do ar (sensor seco) e de temperatura do termômetro úmido (Tw) a cada 10 min. Nas duas áreas, sombreada e a pleno sol, as medidas foram realizadas simultaneamente. Para isto, cada par psicrométrico, com um Pt-100 seco e úmido, no interior de um mini-abrigo, foi instalado na meia altura da erva-mate, na posição em que foram coletadas as amostras de folhas para análise de composição química e mensuração da área foliar. Essa instalação foi realizada para cada planta representante de cada nível de luz recebido pela erva-mate. Dessa forma, avaliou-se seis plantas sendo que cinco plantas estavam submetidas a diferentes níveis de luz e uma se encontrava na condição a pleno sol.

Para caracterizar os níveis de luz recebidos pelas plantas de erva-mate utilizou-se as medidas de radiação fotossinteticamente ativa considerando que este espectro da radiação solar apresenta relações mais estreitas com a produção de fitomassa e de área foliar, parâmetros estes avaliados neste estudo como forma de avaliar a resposta da planta ao microclima.

Os níveis de luz recebidos pelas plantas de erva-mate foram caracterizados pela relação percentual a seguir, medida com o ceptômetro de barra Accupar:

$$\frac{\text{Nível de luz recebido pelas plantas de erva-mate (\%)}}{\text{RFA sobre a erva-mate abaixo da araucária.}} = \frac{\text{RFA a pleno sol}}{\text{RFA a pleno sol}}$$

Os níveis de luz foram expressos em percentagem de luz e não em valores absolutos ( $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) porque o objetivo é poder prever a quantificação da luz no ambiente das plantas de erva-mate em qualquer tipo de dia (nublado ou limpo) e em qualquer estação do ano (primavera, verão, outono e inverno), ou seja, um dia de  $100 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$  de radiação fotossinteticamente ativa, no verão e no inverno devem mostrar comportamento e plantas bem diferenciados tendo em vista que a demanda evaporativa da atmosfera, a qual comanda o processo de evapotranspiração e absorção de água da planta é bastante diferenciada.

Esta radiação solar foi medida sob a erva-mate, em seis dias bem distintos de disponibilidade de radiação solar, sempre na mesma posição (em cima da copa) em relação à araucária, originando os tratamentos: Tratamento 1 (22% de luz); Tratamento 2 (39% de luz);

Tratamento 3 (62% de luz); Tratamento 4 (78% de luz) e Tratamento 5 (91% de luz) e Tratamento 6 (pleno sol).

Estes níveis máximos de luz foram os recebidos pelas plantas de erva-mate no período de 8:00 às 18:00 horas, visto que os níveis de luz variavam bastante, durante um dia. Os valores mínimos de luz recebidos pelas plantas de erva-mate foram cerca de 2 a 4%, estando, portanto, muito próximos em todos os tratamentos. Como encontrou-se correlação entre os níveis máximos de luz e o desempenho fisiológico das plantas, optou-se por caracterizar os tratamentos por estes níveis máximos de luz.

As plantas e o número de plantas por tratamento não foi o mesmo visto que o Sistema Agroflorestal em avaliação é um sistema em regeneração, onde portanto, o manejo aplicado não permite uma uniformização da sombra da araucária sob a erva-mate.

Os valores de RFA utilizados como referência para determinação da luz transmitida pela araucária para as plantas de erva-mate podem ser observados na Tabela 08.

**TABELA 08.** RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA ( $\mu \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) NOS PERÍODOS DE INVERNO (MATURAÇÃO) E VERÃO (FRUTIFICAÇÃO), DAS 8 ÀS 18 HORAS, NUM SISTEMA AGROFLORESTAL COMPOSTO POR ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.

ESTACÃO DO ANO/HORAS DO DIA	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>INVERNO</b>	525	721	1020	1240	1330	1411	1335	1020	635	287	70
<b>VERÃO</b>	612	875	1192	1387	1580	1690	1587	1280	891	528	385

Para a análise dos elementos micrometeorológicos (Temperatura do ar e Umidade relativa) foram efetuadas medidas para todos os tratamentos nos períodos de 26 a 31/12/00 e de 27/07 a 10/08/01, nas épocas mais quente e fria do ano, respectivamente, o que correspondia aos estádios fenológicos de frutificação e maturação, respectivamente, épocas em que ocorrem os cortes (safrinha e safra).

A escolha desses dois períodos ocorreu em função do desconhecimento da fase fenológica em que ocorre modificação da composição química da erva-mate e ao desconhecimento das alterações produzidas pelo microclima na composição química da planta (Ferreira et al., 1994).

A Umidade relativa do ar (UR) foi estimada a partir da temperatura do ar (T), com a qual estimou-se a pressão da saturação do ar ( $e_s$ ) e da temperatura do termômetro úmido, utilizada na

equação psicrométrica para o cálculo da pressão parcial do vapor d'água no ar ( $e$ ). As equações utilizadas foram:

$$e_s = 6,109 \cdot 10^{\frac{(7,5 \cdot T)}{(237,5 + T)}} \quad (\text{hPa})$$

$$e = \left\{ 6,109 \cdot 10^{\frac{(7,5 \cdot T_w)}{(237,5 + T_w)}} \right\} - \gamma (T - T_w) \quad (\text{hPa})$$

$$UR = 100 \cdot e / e_s \quad (\%)$$

Onde  $\gamma$  é o coeficiente psicrométrico fixado em  $0,66 \text{ hPa}^\circ\text{C}$ .

Como parâmetros fisiológicos avaliou-se a área foliar e o teor de massa verde (fitomassa úmida) os quais foram sincronizados com as campanhas de coleta de dados micrometeorológicos.

Para a determinação da área foliar utilizou-se o Método do Scanner (Faria et al., 1992) com coleta de folhas e determinação de área com auxílio do scanner e o software IDRISI. Foram medidas 10 folhas de cada planta de erva-mate de duas árvores por tratamentos de transmissão de radiação solar pelas araucárias para as respectivas plantas de erva-mate.

A poda das árvores para determinação da fitomassa úmida foi feita no mês de agosto de 2001, pois este era o período em que as plantas se encontravam próprias para a colheita e também por ser esta época que a grande maioria dos ervateiros efetua a colheita. Nessa etapa foram colhidas todas as folhas e ramos das árvores de cada tratamento. Com as amostras do material dos diferentes ambientes (tratamentos) foram feitas análises químicas qualitativas prévias no Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal, pertencente ao Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias e na Central de Análises do Departamento de Química, ambos localizados na Universidade Federal de Santa Catarina.

Análises prévias das amostras dos tecidos foliares e extratos aquosos por espectroscopia de infravermelho (FTIR) não evidenciaram a ocorrência de perfis composicionais químicos distintos (Maraschin *et al.* dados não publicados), sugerindo a não ocorrência de alterações significativas no perfil qualitativo de constituintes químicos de interesse por efeito dos tratamentos. Em função destes resultados preliminares, as amostras foram submetidas à análise do conteúdo de fenóis totais e antocianinas utilizando-se uma outra técnica espectroscópica (espectrofotometria de UV- visível), conforme sugestões de Harbone (1991). Esta metodologia consiste na caracterização qualitativa/quantitativa rápida das células de plantas, de acordo com o seguinte protocolo: 1-Preparação de um extrato aquoso com folhas de erva-mate coletadas nos

ambientes de cada tratamento de luminosidade fazendo, logo após, a filtragem da solução; 2- Nova dissolução dos extratos em um reagente D<sub>2</sub>O (Óxido de Deutério) que é uma substância padrão para a metodologia utilizada (NMR); 3- Medição do espectro predominante de cada uma das amostras obtidas em cada tratamento de luminosidade.

Para a extração dos compostos fenólicos, 15 ml de água destilada-deionizada foram adicionados a 150 mg de fitomassa seca por tratamento, incubando-se o material sob agitação (110 rpm/15min) a temperatura ambiente. Ao término deste período, as amostras foram transferidas para banho-maria (80°C por 1 hora). O extrato aquoso (*ca.* 10 ml) foi separado do resíduo por filtração a vácuo e concentrado em ambiente de estufa (60°C durante 12 horas) . As amostras foram resuspensas em volume mínimo (5 ml) e transferidas para tubos de ensaio. Alíquotas de 3 ml foram coletadas para cada tratamento, sendo a concentração de fenóis totais determinada via espectrofotometria UV-visível ( $\lambda = 550 \text{ nm}$  e  $720 \text{ nm}$ , Shimadzu UV-Vis 1203), com a utilização do reativo de Folin-Ciocalteu (Swain & Hillis, 1959). Para efeitos de cálculo da concentração de fenóis totais, utilizou-se uma curva padrão de ácido gálico (10 mg/ml).

Os compostos antociânicos foram extraídos de forma similar ao descrito acima, sendo sua detecção e dosagem realizada por espectrofotometria UV-visível ( $\lambda = 460 \text{ nm}$  e  $525 \text{ nm}$ , Shimadzu UV 205), utilizando-se o coeficiente de extinção molar ( $\epsilon$ ) de  $30100 \text{ M}\cdot\text{cm}$  (Callebaut et al., 1990).

Para efeitos de análise estatística, foram utilizadas três repetições por amostra, em um sistema de leitura sequencial, sendo a concentração final do composto de interesse o valor médio obtido para cada amostra.

Dessa maneira, com esta metodologia foram determinadas as quantidades presentes de antocianinas e fenóis totais em dois estádios fenológicos da cultura (**frutificação e maturação**). A escolha destes compostos como substâncias analisadas ocorreu devido ao fato que os mesmos são responsáveis pelo sabor adstringente da erva-mate e também porque a qualidade da erva-mate beneficiada é positivamente correlacionada com a concentração de flavonóides e alcalóides (Torques & Androczevecz, 1997).

Para a correlação dos dados de microclima com área foliar e composição química da erva-mate foram utilizadas análises de regressão estimadas através do software Jump. Os parâmetros correlacionados foram: -**% luz**- percentual de luz recebido pelas plantas de erva-mate (%); **tmáx**- temperatura máxima absoluta do ar no período (°C), área foliar e concentração de

antocianinas e fenóis totais. Em alguns casos, o tratamento a pleno sol foi retirado da análise tendo em vista que os parâmetros avaliados apresentaram valores muito discrepantes em decorrência das peculiaridades do microclima onde as plantas representantes de cada tratamento se encontravam. Isto gerava um erro grande no modelo, baixando sensivelmente a significância da relação, além de que a curva que descrevia o modelo não apresentava significância biológica. Portanto análises estudadas apresentaram diferentes graus de liberdade, assim explicitados:  $n=5$ , onde o tratamento a pleno sol não foi considerado e  $n=6$ , onde o tratamento está incluído. Todos os modelos analisados foram colocados em anexo.

## 4. Resultados e discussão

### 4.1. Caracterização do microclima local

Para avaliar o microclima dos diferentes tratamentos, primeiramente, adotou-se valores médios de temperatura e umidade do ar. Cada tratamento caracterizado pelo valor máximo de radiação solar recebido pelas plantas de erva-mate estava, portanto, submetido a diferentes condições de temperatura e umidade do ar, as quais foram caracterizadas pelos seus valores médios medidos no período de 27/07/01 a 10/08/01. Ao comparar estes valores médios de temperatura e umidade relativa do ar dos diferentes tratamentos de luz com o tratamento a pleno sol não observou-se diferença (aproximadamente 0,2°C). Isto ocorreu porque esses valores médios de temperatura e umidade relativa do ar foram o produto de médias obtidas ao longo de um dia, estimando-se a partir dessas médias diárias os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar do período analisado. Estes valores mostraram, portanto, comparações entre dias de diferentes demandas atmosféricas, onde o valor médio não deixa que apareça as variações mais significativas que ocorreram no ambiente.

A partir daí, foi feita a avaliação das alterações de temperatura e umidade relativa do ar produzidas no ambiente através dos valores de amplitude de variação da temperatura e umidade relativa do ar (a diferença entre os valores máximos e mínimos de temperatura e/ou umidade relativa do ar) e pelos valores absolutos (ou seja, os extremos) de temperatura e umidade do ar, conforme mostram as tabelas 09 e 10.

**TABELA 09.** MÉDIAS DIÁRIAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR E AMPLITUDE TÉRMICA NOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ, RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), NO PERÍODO DE 27/07 A 10/08/01, NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.

VARIÁVEL	NÍVEIS DE LUZ RECEBIDOS					
	22%	39%	62%	78%	91%	PLENO SOL
Amplitude das temp.máximas (°C )	10,0	10,4	12,2	12,0	11,1	11,7
Amplitude das temp. mínimas (°C)	12,0	12,6	12,9	12,9	12,6	3,9
Amplitude de Umidade (%)	20,1	14,5	16,3	18,6	20,4	14,0
Temperatura máxima absoluta (°C)	26,3	23,2	22,7	25,7	23,2	26,0
Temperatura mínima absoluta (°C)	-1,3	-1,2	-1,3	-1,1	-1,2	-1,6
Temperatura média (°C)	14,2	14,0	14,0	14,1	14,0	14,2
Umidade relativa média (%)	95,9	96,2	95,7	94,8	95,7	95,9

**TABELA 10.** MÉDIAS DIÁRIAS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR E AMPLITUDE TÉRMICA NOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ, RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), NO PERÍODO DE 26 A 30/12/02, NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.

VARIÁVEL	NÍVEIS DE LUZ RECEBIDOS					
	22%	39%	62%	78%	91%	PLENO SOL
Amplitude das temp.máximas (°C)	9,7	10,2	19,0	10,5	10,2	11,7
Amplitude das temp. mínimas (°C)	5,5	5,5	5,9	5,7	5,7	5,8
Amplitude de Umidade (%)	14,5	14,7	15,5	13,9	14,7	13,9
Temperatura máxima absoluta (°C)	28,4	28,7	37,5	29,0	28,7	32,8
Temperatura mínima absoluta (°C)	21,8	21,8	22,0	22,0	21,8	22,3
Temperatura média (°C)	21,3	21,3	21,5	21,2	21,3	22,7
Umidade relativa média (%)	91,9	96,2	90,6	91,1	90,8	70,2

Assim verificou-se que a amplitude de variação das temperaturas máximas no inverno e das mínimas dos tratamentos de luz em relação ao ambiente a pleno sol atingiu valores máximos de 1,7 e 1,9°C, respectivamente. Ao analisar as diferenças dos extremos de temperatura máxima e mínima entre os tratamentos de luz e o tratamento a pleno sol verificou-se os valores de 3,3 e 0,5°C, respectivamente (Tabela 09).

Com relação à umidade relativa do ar a diferença máxima obtida entre os tratamentos de luz e ambiente a pleno sol foi de 1%. Isto mostra que os valores absolutos de temperatura e umidade relativa do ar expressaram de forma mais adequada a diferença de luz existente no ambiente das plantas de erva-mate.

Os dados coletados mostraram ainda que a amplitude de variação da umidade relativa do ar em condições de sol não é tão acentuada como nas condições de sombreamento (14% e 20%, respectivamente).

Para o verão, as diferenças de temperatura do ar e amplitude térmica mostraram valores conforme a tabela 10.

Com o parâmetro amplitude de variação de temperatura e umidade do ar verificou-se, portanto, diferenças microclimáticas mais evidentes entre os tratamentos do que quando se utilizou os valores médios de temperatura e umidade do ar. Este comportamento evidenciou a importância dos valores limites de temperatura do ar para a erva-mate, especialmente a temperatura máxima do ar. Essa importância evidente da temperatura máxima é proveniente do fato de que Carvalho (1994) cita que a erva-mate pode ser produzida em regiões em que a temperatura mínima do ar pode chegar até - 12°C, o que não aconteceu e nem atingiu valores próximos na região em estudo. Este comportamento é esperado tendo em vista que a erva-mate é

uma planta C<sub>3</sub>, a qual apresenta enzimas adaptadas a temperaturas do ar próximas a 0°C, temperatura essa muito comum em regiões de ocorrência natural da cultura onde as estações do ano são bem definidas como na região do presente estudo, Planalto do RS.

Além disso percebeu-se que nas áreas homogêneas (monocultivo) ocorreu um maior aquecimento durante o dia devido a menor proteção da cobertura contra a perda de energia de onda longa. Esses resultados possibilitam dizer que possivelmente na área de Sistemas Agroflorestais a incidência de geadas foi bem menor do que na área de monocultivo.

A importância dos valores extremos de temperatura do ar também é enfatizada por Marchese et al. (2001) mostrando a influência importante destes valores de temperatura na composição química das plantas. Nos seus estudos verificando a influência da temperatura do ar no rendimento de artemisinina em plantas de *Artemisia annua L.* observou que temperaturas maiores induziram um aumento no teor da substância. Estes resultados são discordantes de Magalhães (1996) que sugeriu que altas temperaturas reduzem o teor de artemisinina em *A. annua*. Tais divergências levam a supor que o comportamento desta espécie não é padrão em relação à influência da temperatura do ar ou que o seu comportamento é influenciado por outros fatores não estudados no presente estudo.

#### **4.2. Efeito dos elementos climáticos sobre o crescimento e desenvolvimento da erva-mate**

A Figura 02 mostra a influência da radiação solar no comportamento da área foliar. A área foliar da cultura tem um valor máximo no tratamento de 62% de luz, sofrendo decréscimos tanto em níveis mais altos de luz (78% e 91%) como em níveis mais baixos de luz (22% e 39%). Porém os valores de área foliar obtidos nos tratamentos 22%, 39%, 78% e 91% de luz são ainda maiores do que no tratamento a pleno sol. Estes resultados são concordantes com Moraes et al. (2000) e Ferreira et al. (1994), os quais verificaram que níveis de luz entre 20-60% mostraram um maior crescimento e desenvolvimento de mudas de erva-mate. Rachwal et al. (1998), também ao estudar o crescimento e desenvolvimento da erva-mate, mostraram que houve decréscimo de área foliar da erva-mate quando a quantidade de luz sobre a cultura chegou a atingir valores máximos de 78 a 100% de luz, o que considerou-se um efeito relacionado com aumento de luminosidade. Estas relações entre aumentos e decréscimos de área foliar e radiação solar não são lineares, conforme comenta Larcher (1995) quando se refere à relação entre

disponibilidade de energia e CO<sub>2</sub> e produção de fotoassimilados. Além disso, ocorre uma mudança espectral da luz no ambiente sombreado, tendo em vista a extinção da luz causada pela araucária sobre as plantas de erva-mate originando maior propagação de luz difusa no ambiente. Segundo Angelocci (1998), os diferentes espectros de luz determinam o tipo de comportamento morfo genético das plantas. Nas folhas de sombra pode haver mais clorofila por cloroplasto, originando a cor verde mais intensa delas do que as do sol. Tais modificações podem levar a graus de eficiência de absorção de certos comprimentos de onda de energia radiante entre os dois tipos de folhas.

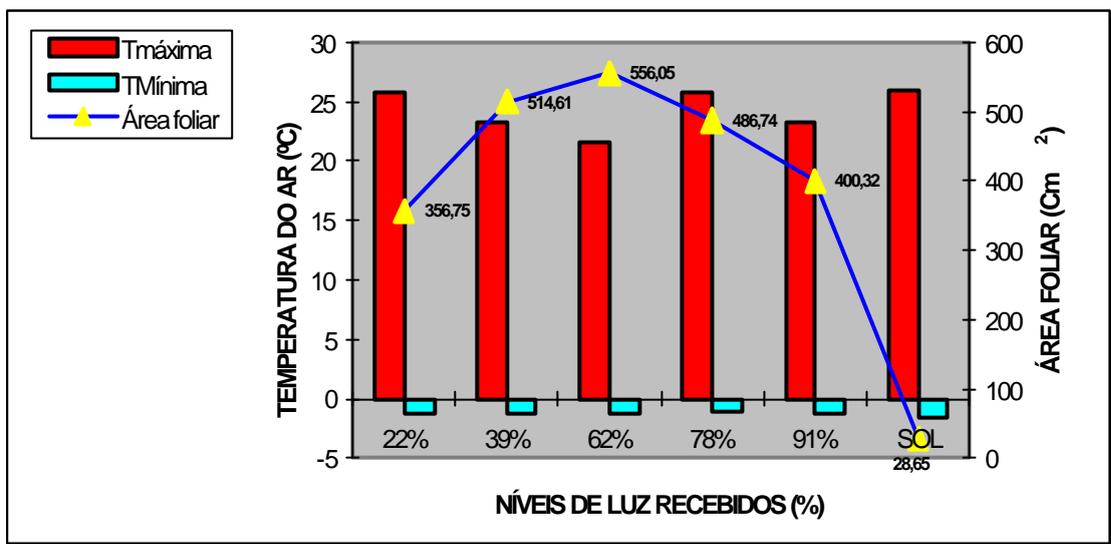


FIGURA 02. RELAÇÃO ENTRE ÁREA FOLIAR E TEMPERATURA DO AR NOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), NO PERÍODO DE 27/07 A 10/08/01, NO MUNICÍPIO DE GENTIL -RS.

A que lembrar se que Ferreira et al. (1994) mencionaram que as plantas de erva-mate apresentam limitação de crescimento também sob determinados níveis de água no solo, os quais podem ser alterados pelas diferentes níveis de luz a que estão submetidas as plantas de erva-mate. Porém, maiores discussões a respeito não podem ser feitas neste estudo em face das características do solo da região.

A análise de regressão, utilizando o percentual de luz recebido pelas plantas como variável independente mostrou as seguintes relações com as variáveis dependentes (área foliar), respectivamente para o período de inverno e verão:

$$AF=47,34+17,65(\%luz)-0,15(\%luz^2) \quad (1) \quad \underline{\text{inverno}}$$

$$r^2=0,98 \quad n=5$$

$$\text{Erro} = 33,26 (b_0) \quad 1,35 (b_1) \quad 0,011 (b_2)$$

$$\text{Prob (t)} = 0,29 (b_0) \quad 0,006 (b_1) \quad 0,006 (b_2) \quad \text{onde:}$$

AF=área foliar

% luz: percentual de luz recebido pelas plantas de erva-mate

$$AF = -141,97+27,06(\%luz)-0,24(\%luz^2) \quad (2) \quad \underline{\text{verão}}$$

$$r^2 = 0,88 \quad n=5$$

$$\text{Erro} = 196,66 (b_0) \quad 7,37 (b_1) \quad 0,06 (b_2)$$

$$\text{Prob (t)} = 0,52 (b_0) \quad 0,03 (b_1) \quad 0,06 (b_2) \quad \text{onde:}$$

AF=área foliar

% luz: percentual de luz recebido pelas plantas de erva-mate

Em função dos resultados e dos modelos analisados, verificou-se que a radiação solar influenciou sensivelmente a variação de área foliar da cultura, explicando em 98% e 88% essa variação, no inverno e verão, respectivamente. Possíveis diferenças obtidas entre área foliar medida e estimada são decorrentes do erro do modelo acima apresentado.

Com relação à fitomassa úmida, verificou-se na Tabela 11 que ocorreram variações entre os tratamentos, essencialmente em função dos níveis de luz, sendo que o tratamento 91% foi aquele que apresentou maior produção de fitomassa, valor este inferior à produção de fitomassa obtida a pleno sol.

**TABELA 11.** VARIAÇÃO DA FITOMASSA ÚMIDA (Kg) DE ACORDO COM OS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) , EM 15 DE AGOSTO DE 2001 NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.

TRATAMENTO/ ÁRVORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
TRATAMENTO 1(22%)	2,8					2,8			2,8	3,1	3,1							2,7		3,0	3,1
TRATAMENTO 2(39%)								3,8		3,6				3,4	3,6	3,3	3,7				
TRATAMENTO 3(62%)		3,6											3,8								
TRATAMENTO 4(78%)			3,9																		3,1
TRATAMENTO 5(91%)				4,4	4,5			4,3													
PLENO SOL:		6,8 KG																			

As plantas adaptadas à sombra (no presente caso, isto corresponde aos tratamentos 62% e 78% de luz) desenvolvem, nos cloroplastos, extensas superfícies de mesófilo e altas

concentrações de clorofila e pigmentos acessórios, bem como reduzida produção de matéria seca, eficiente síntese de proteína e baixa respiração e renovação de água.

Larcher (1986) explica ainda que as adaptações modulativas e as adaptações modificativas permitem com que as plantas se adaptem às condições médias de radiação solar durante o seu período de crescimento. Estas características as tornam capazes de crescer muito embora não da mesma forma que as plantas que se encontram na condição de pleno sol (tratamentos 91% de luz e a pleno sol), as quais no presente estudo mostraram os maiores valores de produção de fitomassa, mesmo sem terem apresentados os valores máximos de área foliar como no tratamento de 62% de luz. Nestes processos, é preciso observar ainda a morfologia específica da planta, a estrutura celular e subcelular e a atividade bioquímica e o estágio de desenvolvimento da planta, características estas que determinam as propriedades da troca de CO<sub>2</sub> nas formas de luz menos intensa, ou seja, mínimas. Além disso, o número de folhas produzido pelas plantas sombreadas deve ter sido menor do que aquela produzido pelas plantas a pleno sol, o que também pode explicar o decréscimo de fitomassa dessas plantas.

Pintro (1986) encontrou correlações positivas entre número de folhas e disponibilidade de água no solo. Como a presença da Araucária pode propiciar diferentes níveis de luz no ambiente de produção da erva-mate e os diferentes níveis de luz podem produzir alterações na disponibilidade de água no solo para a planta, acredita-se que a interação dos fatores luz e água no solo podem ter contribuído para esta alteração no número de folhas das plantas, e conseqüentemente, na sua fitomassa.

Kaspary (1985) estudando os efeitos diferentes graus de sombreamento sobre o desenvolvimento de planta jovens de erva-mate (1 ano de idade) verificou a existência de um maior número de folhas em plantas com maior nível de luz o que reforça os estudos de Pintro (1986) bem como os resultados obtidos.

Os valores foram similares àqueles apresentados por Rachwal et al. (1998) ao analisar a produção fitomassa úmida de erva-mate em erval plantado em São Mateus do Sul- PR, com 3 anos e 4 meses de idade, sob remanescente de floresta nativa. A produção das plantas de erva-mate foi seis vezes maior no sítio com 77% de luminosidade do que nos demais tratamentos de luz, sendo a menor produção obtida no sítio com 19%. Ressalta-se que ocorreu correlação positiva entre a luminosidade e a produtividade de massa verde e correlação negativa entre a

produtividade e a altura das plantas. As medidas de luminosidade no referido trabalho foram feitas com luxímetro, posicionando-se próximo ao tronco, na altura de 1m do solo.

Conforme Carpanezi (1995), a erva-mate em estado natural é umbrófila, de crescimento lento ou moderado, típica de florestas maduras, onde pode atingir densidade de centenas de plantas por hectare. Quando cultivada em locais abertos, fica sujeita a condições adversas que predispõe fisiologicamente ao aparecimento de pragas e doenças, constatando que a disseminação da broca-da-erva-mate (*Hedypathes betulinus*) é um dos indicadores do desequilíbrio entre o ambiente natural e de cultivo.

Isso vem confirmar a teoria de Inoue (1976) de que as espécies umbrófilas, embora possam suportar um grau de sombra elevado, geralmente alcançam maiores valores de fitomassa quando expostas à luz total, quando ocorre, uma relativa adaptação.

Também Lima (1985), em seus estudos, comparando o desenvolvimento de erva-mate sob cobertura de Pinus (2º desbaste); sob Ipê e sob Bracatinga, na Floresta Nacional de Três Barras-SC, constatou que o crescimento sob cobertura de Pinus é, sem dúvida, superior aos demais (Ipê e Bracatinga). O baixo crescimento da erva-mate sob Bracatinga foi atribuído ao fato de que a copa dessa árvore é baixa e ramificada e, portanto a luz difusa atinge, predominantemente, o sub-bosque, ao contrário do que ocorre sob o Pinus e o Ipê. Entretanto, devido a umbrofilia da erva-mate, outros fatores também podem estar interferindo no seu desempenho. Entre esses fatores podem estar presentes as dominâncias apicais bem definidas e a pouca ramificação da erva-mate que está sob o *Pinus*.

Alguns casos estudados por Carpanezi (1988) relataram que o cultivo da erva-mate sob *Pinus sp* desbastado tem apresentado bons resultados, considerando ideal a introdução da erva-mate a partir do terceiro desbaste. Entende-se, também, que é possível o desenvolvimento da erva-mate em povoamentos adultos, bem como em áreas com araucárias manejadas. Observa-se que no Brasil, a erva-mate também vem sendo introduzida, de maneira crescente, em plantios a pleno sol, na maioria das vezes associada a cultivos agrícolas intercalares.

Esses resultados coincidem com os obtidos por Pezzopane & Ortolani. (2001) que comentaram a importância de se conhecer a atenuação de luz para o crescimento e desenvolvimento das plantas que no seu estudo foi o café. O sombreamento produzido por coqueiros anões propiciou um melhor crescimento e desenvolvimento da cultura do café, visto que o mesmo necessita de sombreamento para ter um melhor qualidade e melhor produção.

### 4.3. Efeito dos elementos climáticos sobre a concentração de fenóis totais e de antocianinas.

Nas Tabelas 12 e 13 pode ser observada a alteração da composição química da erva-mate verificadas nas diferentes estações do ano.

**TABELA 12.** VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE FENÓIS E ANTOCIANINAS, TEMPERATURA DO AR E ÁREA FOLIAR, NOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ, RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), NO PERÍODO DE MATURAÇÃO (JULHO), NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.

variáveis/ tratamentos	(CF) $\lambda_{720}$ ( $\mu\text{mol}, 0,1\text{ml}^{-1}$ de solução)	(CF) $\lambda_{550}$ ( $\mu\text{mol}, 0,1\text{ml}^{-1}$ de solução)	ANTOCIANINAS ( $\mu\text{mol}, 0,1\text{ml}^{-1}$ de solução)	T.MÁX. (°C)	T.MÍN (°C)	A . FOLIAR ( $\text{Cm}^2$ )
22%	12,69	29,48	203,0	26,3	-1,3	356,75
39%	7,84	25,75	175,5	23,2	-1,2	514,61
62%	6,72	25,37	306,7	22,7	-1,3	556,05
78%	9,7	34,33	194,0	25,7	-1,1	486,74
91%	8,28	26,49	200,6	23,2	-1,2	400,32
SOL	8,96	25,37	227,7	26,0	-1,6	28,65

**TABELA 13.** VARIAÇÃO NA CONCENTRAÇÃO DE FENÓIS E ANTOCIANINAS, TEMPERATURA DO AR E ÁREA FOLIAR, NOS DIFERENTES NÍVEIS DE LUZ RECEBIDOS PELAS PLANTAS DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), NO PERÍODO DE FRUTIFICAÇÃO (DEZEMBRO), NO MUNICÍPIO DE GENTIL-RS.

variáveis/ tratamentos	(CF) $\lambda_{720}$ ( $\mu\text{mol}, 0,1\text{ml}^{-1}$ de solução)	(CF) $\lambda_{550}$ ( $\mu\text{mol}, 0,1\text{ml}^{-1}$ de solução)	ANTOCIANINAS ( $\mu\text{mol}, 0,1\text{ml}^{-1}$ de solução)	T.MÁX. (°C)	T.MIN (°C)	A . FOLIAR ( $\text{Cm}^2$ )
22%	14,93	48,13	161,2	28,4	16,3	392,25
39%	15,67	50,37	166,1	28,7	16,3	552,63
62%	8,21	34,33	161,0	30,5	16,1	595,23
78%	10,50	65,30	180,8	29,0	16,3	524,65
91%	8,96	38,81	182,7	28,7	16,1	441,65
SOL	14,93	48,13	161,2	28,4	16,3	58,96

Ao analisar a composição química da erva-mate, no período de verão, verificou-se um aumento na concentração de fenóis totais e antocianinas em praticamente todos os diferentes níveis de luz comparativamente as plantas que se encontravam na condição a pleno sol, o que não aconteceu de maneira tão uniforme no período de inverno. Estes resultados mostraram que o acréscimo do percentual de luz ou a sua diminuição podem ser extremamente benéficos a estas plantas dependendo do estágio fenológico, uma vez que esta resposta à radiação solar ocorreu nos estádios de frutificação e de maturação (Tabelas 12 e 13). Estes dados confirmam os

pressupostos de Larcher (1986) de que as adaptações modulativas e modificativas dependem do estágio de desenvolvimento da planta dentre outros fatores.

Verificou-se ainda que, no inverno, as maiores concentrações de fenóis ( $\mathbf{I}_{550}$ ) foram encontrados com temperaturas do ar limitantes de 25,7°C (máximas) enquanto que, no verão, estas concentrações máximas foram encontradas em temperaturas máximas do ar de 29°C e valores mínimos de 16,3°C, em níveis de 78% de luz recebidos pelas plantas nas duas estações.

No período de frutificação, que coincide com o verão, a concentração de fenóis ( $\mathbf{I}_{550}$ ) aumentou quando as plantas de erva-mate receberam níveis de luz de 39% e 78%, ou seja, pouca e muita luz mas não luz plena. No período de maturação, também coincidente com o período de inverno, o nível de luz ideal recebido por uma planta de erva-mate para a produção de fenóis ( $\mathbf{I}_{550}$ ) ficou entre 22% e 78%, mostrando, mais uma vez, que, independente do período fenológico, pouca luz ou muita luz (78%) mas não luz plena, aumenta as concentrações de fenóis ( $\mathbf{I}_{550}$ ) na planta.

As concentrações máximas de fenóis ( $\mathbf{I}_{720}$ ), no inverno, ocorreram onde as temperaturas máximas do ar foram de 26,3°C, em níveis de luz de 22%, enquanto que no verão, estas concentrações corresponderam a valores máximos e mínimos de temperatura do ar de, respectivamente, 28,7°C e 16,3°C em níveis de luz de 39%. Também para estes tipos de fenóis, nos dois períodos fenológicos estudados, verificou-se que quando o nível de luz recebido pela planta de erva-mate foi baixo, ou seja, a planta recebia 39% de luz ou quando este nível era alto (91%), mas não havia luz plena (100%) ocorria um aumento na produção destes fenóis.

No inverno, época coincidente com o período de maturação, as antocianinas ocorreram em maior concentração onde as temperaturas máximas extremas foram de 22,7°C e mínimas de -1,3°C, respectivamente, em níveis de luz de 62%, muito embora, na condição a pleno sol, com temperatura máximas e mínimas de 26,0°C e -1,6°C, as concentrações de antocianinas tenham alcançado valores bastante altos (227,7  $\mu\text{g} \cdot 0,1\text{ml}^{-1}$  de extrato). No verão, estas concentrações máximas de antocianinas corresponderam a valores de temperaturas máxima e mínima do ar de 28,7°C e 16,1°C, no nível de luz de 91%. Estas concentrações encontradas no tratamento 78% de luz foram muito semelhantes àquelas encontradas a pleno sol (180,8 contra 161,2  $\mu\text{g} \cdot 0,1\text{ml}^{-1}$  de extrato), conforme é mostrado na Tabela 13.

Percebe-se, portanto, que no inverno, as concentrações de antocianinas foram maiores do que aquelas obtidas no verão o que sugere, mais uma vez que as temperaturas máximas do ar

podem ser os elementos limitantes ao crescimento e desenvolvimento das plantas de erva-mate juntamente com a radiação solar.

Para as antocianinas, níveis de luz de 62% (no estágio de maturação) e de 39% e 78% (no período de frutificação) produziram acréscimos nos seus conteúdos na folha de erva-mate, conforme mostram as Tabelas 12 e 13.

Lembrando que, os períodos de **frutificação** e **maturação** são coincidentes com as estações de **verão** e **inverno**, respectivamente, estes resultados mostraram que, cada estação pode influenciar de forma bastante diferenciada na composição química da erva-mate e, que, há uma tendência da temperatura máxima do ar atuar com maior ênfase na produção de fenóis no inverno do que no verão.

Além disso, as maiores concentrações de fenóis ocorreram no verão e as maiores concentrações de antocianinas ocorreram no inverno. Estes dados confirmam os resultados de Veselá et al. (1999) e Glowniak et al. (1999), os quais estudaram variações sazonais do conteúdo de taxanos em amostras no córtex de *Taxus baccata* L., observando que a determinação do conteúdo de taxanos depende, significativamente, da época do ano acrescentando que além da época do ano, os tipos de tecidos das plantas também podem contribuir com a alteração no teor destes compostos. Conforme Larcher (1995) pode-se inferir ainda que esta alteração de composição química seja fruto de adaptações modificativas das plantas.

A análise de regressão, no inverno, utilizando o percentual de luz recebido pelas plantas de erva-mate e  $t_{máx}$  do ar como variáveis independentes, mostrou as seguintes relações com as variáveis dependentes concentração de fenóis ( $I_{720}$ ) e ( $I_{550}$ ) expressas na equação 3.

$$(CF_{I_{720}}) = -14,21 + 1,02t_{máx} \quad (3) \quad \text{inverno}$$

$$r^2 = 0,85 \quad n=6$$

$$\text{Erro} = 6,94 (b_0) \quad 0,28 (b_1)$$

$$\text{Prob} (t) = 0,13 (b_0) \quad 0,03 (b_1) \text{ onde:}$$

**CF**=concentração de fenóis;

**$t_{máx}$** : temperatura máxima do ar no período.

Essa equação mostra que existe uma relação linear entre aumento de concentração de fenóis ( $I_{720}$ ) e temperatura máxima do ar, sendo que para cada 1,0 °C de aumento de temperatura máxima do ar ocorre um aumento de 1,0  $\mu\text{g}$  de solução de fenóis. A equação 4, a qual descreve a relação entre fenóis ( $I_{550}$ ) e temperatura máxima do ar, mostra também uma relação linear entre

aumento de concentração de fenóis ( $\lambda_{550}$ ) e temperatura máxima do ar, sendo que para cada 1,8 °C de aumento de temperatura máxima do ar ocorre um aumento de 1,0 mg de solução de fenóis.

$$CF (\lambda_{550}) = -16,74 + 1,86t_{\text{máx}} \quad (4) \quad \underline{\text{inverno}}$$

$$r^2=0,67 \quad n=5$$

$$\text{Erro} = 18,20 (b_0) \quad 0,075 (b_1)$$

$$\text{Prob (t)} = 0,42 (b_0) \quad 0,08 (b_1) \text{ onde:}$$

**CF**=concentração de fenóis;

**t<sub>máx</sub>**: temperatura máxima do ar no período.

Esses resultados mostram a importância da adoção do Sistema Agroflorestal para o cultivo da erva-mate visto que, dentro do Sistema, no período de inverno, as temperaturas máximas absolutas do ar foram menores do que no tratamento a pleno sol em todos os tratamentos com exceção do nível de 22% de luz, ou seja, em todos os tratamentos de luz que mostraram uma maior área foliar e produção de fitomassa.

Além disso a amplitude de umidade relativa do ar dentro do Sistema Agroflorestal é também maior, o que pode significar uma maior demanda atmosférica, conseqüentemente, uma maior eficiência de utilização de uso da água, pois, no Sistema o vento é calmo, segundo a escala de Beaufort.

No período de inverno e de verão, ocorreram variações na concentração de antocianinas (CA), em função dos níveis de luz recebidos, mas as regressões de antocianinas com níveis de luz recebidos e temperatura máxima do ar, em ambas as épocas, apresentaram coeficiente de determinação muito baixo conforme mostra o anexo 01.

No verão, ocorreram variações na concentração de CF ( $\lambda_{720}$ ), CF ( $\lambda_{550}$ ) e concentração de antocianinas (CA) em função dos níveis de luz recebidos pelas plantas de erva-mate mas as regressões de fenóis com níveis de luz recebidos e temperatura máxima do ar, apresentaram coeficiente de determinação muito baixos conforme mostra o anexo 02.

Mazza & Miniati (1993) estudando maçãs observou um aumento na síntese de antocianinas quase que linear com o aumento da intensidade luminosa e que a luz mais eficaz para a formação desse pigmento situa-se na faixa de 430 - 480 a 650 nm o que depende do cultivar e da época do ano, alcançando maiores índices no inverno. Também com relação a temperatura do ar, o mesmo autor afirmou que baixas temperaturas foram promotoras de síntese

de antocianinas em maçãs e que o efeito da temperatura difere entre frutos de uma mesma árvore.

Markakis (1982) também estudou antocianinas em alimentos coloridos e constatou que os pigmentos antociânicos são prontamente destruídos por altas temperaturas. Estudando morangos observou que durante armazenamento em compotas a 38°C a meia-vida dos pigmentos foi de 10 dias; a 20°C foi de 54 dias e a 0°C foi de 11 meses. Isso comprova a maior estabilidade das antocianinas a baixas temperaturas. Isso ocorreu no trabalho em estudo, tendo em vista que as maiores concentrações de antocianinas foram encontradas no inverno, ou seja, com temperaturas mínimas abaixo de 0°C

Estes resultados sugerem que a alteração de composição química encontrada neste estudo, aqui caracterizada pela concentração de fenóis e antocianinas, deve ser um dos responsáveis pela mudança de sabor da erva-mate quando cultivada em condições de sombreamento como apontam os produtores e consumidores. Também permitem dizer que o cultivo consorciado de espécies florestais produz um produto de melhor qualidade e diminui e distribui os riscos de produção e, quando forem eliminados alguns tratos culturais, como é o caso de capinas, a produtividade da mão-de-obra pode ser maximizada.

No momento atual é muito difícil determinar qual sistema silvicultural composto pela erva-mate é mais rentável, pois faltam dados técnicos e econômicos sobre o manejo das plantações a longo prazo (sistemas agrossilviculturais, tipos e épocas de podas, podas, espaçamentos, níveis de luz exigidos pelas diferentes espécies, exigências microclimáticas, dentre outras) tanto no que se refere a consórcios com espécies nativas como no que se refere a consórcios com espécies exóticas.

Rodigheri (1997) coloca que o consórcio de erva-mate com culturas anuais é uma alternativa econômica viável à diversificação das atividades agrícolas, reduzindo os riscos de produção, melhorando a qualidade do produto e, ainda aumentando a renda dos produtores rurais.

Apesar dos benefícios da adoção do Sistema Agroflorestal apontados verificou-se que o manejo da erva-mate nas condições de consórcios é ainda muito pouco conhecido. É preciso trabalhar no sentido de buscar informações que nos levem a níveis de luz que propiciem um desenvolvimento adequado para a cultura tanto sob o ponto de vista de produção como de qualidade de produto produzido.

## 5. Conclusões

Os resultados obtidos permitiram apontar as seguintes conclusões do presente estudo:

A diferença do microclima dos Sistemas Agroflorestais e dos Monocultivos pode ser bem evidenciada pelos valores de temperaturas máximas e mínimas absolutas e pela amplitude de variação desses parâmetros.

A radiação foi o parâmetro micrometeorológico que mais afetou a área foliar muito embora essa relação não tenha sido diretamente proporcional, ou seja, ocorre um aumento de área foliar até determinados limites de acréscimos de radiação solar recebidos pelas plantas de erva-mate;

A produção de fitomassa úmida mostrou um incremento proporcional ao nível de luz recebido pelas plantas de erva-mate, aumentando a produção conforme o aumento do nível de luz recebido pelas plantas de erva-mate;

A temperatura máxima do ar apresentou uma relação importante com a concentração de fenóis ( $I_{720}$ ), no período do inverno, o que se ressalta a importância da adoção do Sistema Agroflorestal para o cultivo da erva-mate, considerando que dentro do Sistema Agroflorestal ocorre um decréscimo de temperaturas máximas absolutas do ar.

A época do ano influenciou a concentração de fenóis ( $I_{720}$ ) e ( $I_{550}$ ) e antocianinas, sendo que as concentrações de fenóis foram maiores no verão do que no inverno, e, as concentrações de antocianinas foram maiores no inverno do que no verão.

A maior concentração de fenóis totais e de antocianinas nas plantas submetidas a diferentes níveis de luz pode ser um dos responsáveis pelo sabor diferenciado da erva-mate produzida a pleno sol o que permite inferir que ambientes sombreados podem produzir uma erva-mate com sabor mais aceitável (suave) pelo público consumidor;

O microclima influencia no crescimento e composição química da erva-mate, independente do período fenológico da planta.

Como existem diferenças na composição química da espécie nas estações de inverno e verão e estas diferenças são correlacionadas, positivamente, com o “sabor” conclui-se que a melhor época para colheita é o inverno.

## 6. Sugestões

A partir deste estudo percebeu-se lacunas com relação a alguns pontos importantes no que se refere à compreensão do comportamento da erva-mate especialmente em condições de sombreamento diverso. Em face disso, sugere-se:

Comparar e analisar o manejo dos ervais nativos e cultivados, visando explicar a diferença de produto obtido nas diferentes situações microclimáticas e de solo analisando para isto outros componentes químicos dentre os quais a cafeína, que permitirá afirmar, com maior segurança, a que se deve a alteração de sabor da erva-mate.

Avaliar se as diferentes variedades e espécies tem o mesmo comportamento em termos de crescimento, composição química e produção nos diferentes microclimas.

Entendendo a diferença de produtos obtidos nas diferentes condições microclimáticas procurar viabilizar aproveitamentos diferenciados para fins específicos para estes produtos

Estudar a interação água-luz para avaliar se as alterações de composição química, crescimento e produção são as mesmas aqui encontradas e que possíveis mudanças podem ocorrer quando se relaciona o clima e o solo, pois essa relação é passível de uma análise mais detalhada.

Buscar uma colheita em etapas. Colher uma parte do erval no outono-inverno a pleno sol e outra no verão sob cobertura, pois assim têm-se produtos diferenciados sob o aspecto de composição química e com possibilidades de preços e finalidades diferentes.

## 7. Anexos

**Anexo 01:** Relação entre a concentração de antocianinas (CA) e percentual de luz recebido pelas plantas de erva-mate (%luz) e temperatura máxima do ar no período de inverno e verão incluído na análise o tratamento a pleno sol.

$$\begin{aligned} \text{CA} &= 424,43 - 9,01t_{\text{máx}} + 0,22\% \text{luz} && \text{INVERNO} \\ r^2 &= 0,12 \quad n=6 \\ \text{Erro} &= 380,83(b_0) \quad 15,31(b_1) \quad 0,83(b_2) \\ \text{Prob}(t) &= 0,34(b_0) \quad 0,59(b_1) \quad 0,80(b_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CA} &= 214,58 - 1,91t_{\text{máx}} + 0,14\% \text{luz} && \text{VERÃO} \\ r^2 &= 0,21 \quad n=6 \\ \text{Erro} &= 191,82(b_0) \quad 6,61(b_1) \quad 0,17(b_2) \\ \text{Prob}(t) &= 0,34(b_0) \quad 0,79(b_1) \quad 0,45(b_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CA} &= 524,04 - 13,29t_{\text{máx}} - 0,069\% \text{luz} \\ r^2 &= 0,12 \quad n=5 \\ \text{Erro} &= 555,39(b_0) \quad 21,63(b_1) \quad 0,17(b_2) \\ \text{Prob}(t) &= 0,43(b_0) \quad 0,60(b_1) \quad 0,96(b_2) \end{aligned}$$

**Anexo 02:** Relações entre  $CF(I_{550})$ ,  $CF(I_{720})$ ,  $t_{\text{máx}}$  e % de luz, no período de **inverno** quando incluído ou excluído da análise o tratamento a pleno sol.

$$\begin{aligned} CF(I_{550}) &= -0,43 + 1,17t_{\text{máx}} - 0,008\% \text{luz} \\ r^2 &= 0,30 \quad n=6 \\ \text{Erro} &= 25,80(b_0) \quad 1,04(b_1) \quad 0,056(b_2) \\ \text{Prob}(t) &= 0,98(b_0) \quad 0,34(b_1) \quad 0,88(b_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CF(I_{550}) &= -29,82 + 2,24t_{\text{máx}} + 0,06\% \text{luz} \\ r^2 &= 0,87 \quad n=5 \\ \text{Erro} &= 15,61(b_0) \quad 0,60(b_1) \quad 0,03(b_2) \\ \text{Prob}(t) &= 0,19(b_0) \quad 0,06(b_1) \quad 0,21(b_2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CF(I_{720}) &= -18,93 + 1,19t_{\text{máx}} + 0,16\% \text{luz} \\ r^2 &= 0,89 \quad n=5 \\ \text{Erro} &= 8,74(b_0) \quad 0,34(b_1) \quad 0,02(b_2) \\ \text{Prob}(t) &= 0,16(b_0) \quad 0,06(b_1) \quad 0,21(b_2) \end{aligned}$$

**Anexo 03:** Relações entre  $CF(I_{550})$ ,  $CF(I_{720})$  e percentual de luz recebido pelas plantas de erva-mate e temperatura máxima do ar, no período de **verão**, excluindo ou incluindo o tratamento a pleno sol da análise.

$$\text{CF}(\mathbf{I}_{550}) = -221,19 - 5,98t_{\text{máx}} - 0,007\% \text{luz}$$

$$r^2 = 0,19 \quad n = 6$$

$$\text{Erro} = 203,35 (b_0) \quad 7,01 (b_1) \quad 0,18 (b_2)$$

$$\text{Prob}(t) = 0,35 (b_0) \quad 0,45 (b_1) \quad 0,97 (b_2)$$

$$\text{CF}(\mathbf{I}_{550}) = 245,65 - 6,88t_{\text{máx}} - 0,031\% \text{luz}$$

$$r^2 = 0,21 \quad n = 5$$

$$\text{Erro} = 266,81 (b_0) \quad 9,30 (b_1) \quad 0,27 (b_2)$$

$$\text{Prob}(t) = 0,45 (b_0) \quad 0,53 (b_1) \quad 0,91 (b_2)$$

$$\text{CF}(\mathbf{I}_{720}) = 101,10 - 2,97t_{\text{máx}} - 0,044\% \text{luz}$$

$$r^2 = 0,65 \quad n = 6$$

$$\text{Erro} = 41,58 (b_0) \quad 1,43 (b_1) \quad 0,03 (b_2)$$

$$\text{Prob}(t) = 0,09 (b_0) \quad 0,13 (b_1) \quad 0,32 (b_2)$$

$$\text{CF}(\mathbf{I}_{720}) = 74,50 - 1,98t_{\text{máx}} - 0,086\% \text{luz}$$

$$r^2 = 0,90 \quad n = 5$$

$$\text{Erro} = 27,07 (b_0) \quad 0,94 (b_1) \quad 0,27 (b_2)$$

$$\text{Prob}(t) = 0,45 (b_0) \quad 0,17 (b_1) \quad 0,09 (b_2)$$

## 8. Referências bibliográficas

- ANDRADE, F. M. **Diagnóstico da Cadeia Produtiva da Erva-mate.** (Ilex paraguariensis St. Hil.). Consultoria, São Mateus do Sul, PR, 1999, 92 p.
- ANGELOCCI, L.R. **Processos de Transferência no sistema Planta Atmosfera** Departamento de Física e Meteorologia-ESALQ/USP. Mimeografado. 1998. 104 p.
- BELTRÃO, L; TARASCONI, L. C; HOEFLICH, V. A; MATUELA, J. **Prospecção de demandas da cadeia produtiva da erva-mate. Relatório preliminar.** Porto Alegre: FEPAGRO – Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. Abril de 1998. 37 p.
- BERKAI, D; BRAGA, C. A. **500 Anos de História da erva-mate,** Porto Alegre, Atlas 2000. 97 pág.
- CALLEBAUT, A . , HENDRICKX, G. VOETS, A .M. AND MOTTE, J. C. Anthicyanins in cell cultures of *Ajuga reptans*. **Phytochemistry**, v. 29, n. 7, 1990. p. 2153-2158.
- CARPANEZZI A. A . **Cultura da erva-mate no Brasil: conflitos e lacunas.** In: Erva-mate: biologia e cultura no Cone Sul. Editora da Universidade/ UFRGS, 1995. P 43-46.
- CARPANEZZI, A. A. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado de Santa Catarina.** Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas de Florestas, 1988. 113p. (Documentos, 21).
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Florestais Brasileiras: Recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** Colombo- PR EMBRAPA/CNPF, 1994. 640p.
- DA CROCE, D. M. **Cadeia Produtiva da erva-mate em Santa Catarina.** Chapecó: EPAGRI/CPMP, 1996. 35 p. Boletim de Pesquisa.
- EDWIN, G; REITZ, R. **Aquífoliáceas.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1967. Boletim. 47 p.
- EMATER-RS. ASSOCIAÇÃO RIOGRANDENSE DE EMPREENDIMENTOS DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Diagnóstico do setor ervateiro da região do planalto médio do RS.** 1999. 28 p. Não publicado.
- FARIA, C. R. S. M; PICCOLO, H.; BRAVO, C.; CALDAS, L. S. Measurement of leaf area with a hand- scanner linked to a microcomputer. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília , v. 4, n. 1, 1992. p. 17-20.
- FERRAZ, H. M. R. **Situação da Atividade ervateira no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Série Realidade Rural. EMATER, V.19. 1995. 50 p.
- FERREIRA, FILHO, J.C. **Cultura e preparo da erva-mate.** 2. ed. Rio de Janeiro, 1957. Editora Signor .64 p.
- FERREIRA, A. G.; KASPARY, R.; FERREIRA, H. B.; ROSA, L. M. Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Brasil Florestal**, Porto Alegre n. 53, 1983. p. 29-33.

FERREIRA, A.G.; ALMEIDA, J.S.; CUNHA, G.G. Fisiocologia de *Ilex paraguariensis* St. Hil. com ênfase na embriologia experimental. In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1., 1994, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FAPERGS, 1994. p. 161.

GLIESSMANN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: EDURGS/ UFRGS, 2000. 653 p.

GLOWNIAK, K.; MROCZEK, T.; ZOBEL, M. A. Seasonal changes in the concentrations of four taxoids in *Taxus baccata* L. during the autumn-spring period. **Phytomedicine**, Montreal, v. 6, n. 2, 1999. p. 135-140

GOLFARI, L.; CASER, R. L & MOURA, V.P.G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil**. Belo Horizonte, Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p. (Série Técnica PRODEPEF, 11).

HARBONE, J. B. **Phytochemical methods: a guide to modern techniques of plant analysis**. 2 ed., London, Chapman and Hall. 1991. 288p.

HENRICHES, R., MALAVOLTA, E. Composição Mineral do Produto Comercial da Erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), **Ciência Rural**, Curitiba. v. 31, n. 5, 2001. p. 781-785.

INOUE, M.T. T. A Autoecologia do gênero *Cedrela*: Efeitos na fisiologia do crescimento no estágio juvenil em função da intensidade lumínica. **Revista Floresta**. Curitiba, v. 8, n. 2, 1976. p. 58-61.

IBGE. CD ROM **Censo Agropecuário**. 1995-1996. Número 22, Rio Grande do Sul.

KASPARY, R. **Efeitos de diferentes graus de sombreamento sobre o desenvolvimento de plantas jovens de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)**. Porto Alegre, 1985. 54 f. Dissertação (Mestrado em Botânica)- Curso de Pós-Graduação em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KLEIN, R. M. **Árvores nativas da Ilha de Santa Catarina**. Insula, Florianópolis. n. 3, 1969, p. 3-93.

KOZARIK, J.M.; KURT,V.; PANTAENIUS, G; MEYER.. **Sistema Agroflorestal tradicional missioneiro: Arboles + Yerba mate: Misiones**, Argentina (1980). Paper. Não paginado.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. EPU, São Paulo, 4 Ed, 1986, 319 p.

LARCHER, W. **Physiological Plant Ecology**. Springer, Berlin, 3ª Ed, 1995, 506 p.

LIMA, J.N.. **Erva-mate sob cobertura**: In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10.; “Silvicultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil. )”, 1985, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-CNPF, 1985. p. 96-99. (Documentos, 15).

LINHARES, T. **História Econômica do Mate**. Coleção Documentos Brasileiros. Livraria José Olympio Editora. Rio de Janeiro, 1969. 522 p.

MAGALHÃES, P. M. **Seleção, melhoramento e nutrição da *Artemisia annua* L., para cultivo em região intertropical.** Campinas, 1996. 117p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas)-Instituto de Biologia, Universidade de Campinas.

MARCHESE, J. A .; REHDER, V. L. G. **Influência da temperatura na produção de artemisinina em *Artemisia annua* L.** Revista Brasileira de Plantas Medicinai., Botucatu, v.4, n.1, 2001. p.89-93.

MARKAKIS, P. **Anthocyanins as food colors.** Department of Food Science and Nutrition Human; Michigan State University, Michigan, 1982. 265 p.

MAZZA, G. & MINIATI, E. **Anthocyanins in fruits, vegetables and grains.** Florida, 1993. 362 p.

MAZUCHOWSKI, J.Z; RUCKER, N. G. de A. **Erva-Mate** – Prospecção Tecnológica da Cadeia Produtiva. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná/ Departamento de Economia Rural, 1996. 130 p.

MAZUCHOWSKI, J.Z; RUCKER, N. G. de A. **Erva-Mate- Diagnóstico e alternativas para a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.).** Curitiba. SEAB-PR. DER, 1993. 141 p.

MORAES, S. P. N; GONÇALVES. J. L. M; TAKAKI. M; CENCI. S; GONÇALVES. J. C. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, 2000.p. 35-45.

NADAL, R. **Economicidade da Erva-mate.** In: I CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE; II REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE 1., 1997, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1997. p.01.

OLIVEIRA, Y.M.M. de ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10.: “Silvicultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil. )”, 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-CNPFF, 1985. p. 17-36. (Documentos, 15).

PEZZOPANE, P. B. G; ORTOLANI A . A. **Radiação solar global em cultivo consorciado Café- Coqueiro anão verde.** In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Fortaleza Vol. II, 2001. pág. 795-796.

PINTRO, J. C. **Efeitos dos diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo sobre o desenvolvimento e trocas de CO<sub>2</sub> de plantas jovens de erva-mate** Porto Alegre, 1986. 68 p. Dissertação (Mestrado em Botânica)- Curso de Pós-Graduação em Botânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

QUADROS, R. M. B; REISSMANN, C.B.; RADOMSKI, I.M. Comparação dos teores de macro e micronutrientes em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), em ervais nativos sob condições de sombreamento e a céu aberto. In: REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE,1, 1992, Porto Alegre. **Resumos.** Porto Alegre: FAPERGS, 1992. p. 30.

RACHWAL, M.F.G; CURCIO, G. R; DEDECEK, R; NIETSCHKE, K; FILHO, F.E.S. E VOGEL, R.C. Influência da luminosidade sobre a produtividade da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) aos quatro anos e quatro meses de idade sobre Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico em São Mateus do Sul, PR: In: I CONGRESSO SUL-

AMERICANO DA ERVA-MATE; II REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1, 1998: Curitiba. **Resumos**. Curitiba, 1998. p.445.

RACHWAL, M.F.G; CURCIO, G.R; DEDECECK, R.A; NIETSCHE, K. RADOMSKI,M.I. Influência da luminosidade sobre os teores de macronutrientes e tanino em folhas de Erva-mate(*Ilex paraguariensis St. Hil.*) In: II CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE; III REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2, 2000, Encantado. **Resumos**. Encantado, 2000. p. 225.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F; CURTIS, H. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1976,. 724p.

RODIGHERI, H.R.. Rentabilidade comparativa de cultivos de Erva- mate (*Ilex paraguariensis St. Hil.*) com culturas anuais no sul do Brasil. In: I CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE; II REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 1, 1997, Curitiba. **Resumos**. Curitiba, 1997. p.403.

SCHREINER, H.G.; BAGGIO, A.J. Sistemas agroflorestais com erva-mate; Resultados experimentais. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, “Silvicultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis St. Hil.*)”, 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA/CNPF, 1985. p. 75-108. (Documentos, 15 ).

SWAIN, T. HILLIS WE. The phenolic.....of phenolic constituns. **J. Sci. Food. Agric.**, v. 10, , 1959.p. 63-68,.

TORQUES, S; ANDROCZEVECZ, S. R. **Projeto de pesquisa:** Estudo preliminar para caracterização da erva-mate. Araucária, 1997. 32 p.

VALDUGA, E. **Caracterização química e anatômica da folha de (*Ilex paraguariensis St Hil.*) e de algumas espécies utilizadas na adulteração do mate**. Curitiba, 1995. Não paginado

VESELÁ, D.; SAMAN, D.; VALTEROVÁ, I. E VANEK, T. **Seasonal Variations in the Content of Taxanes in the bark of *Taxus baccata L***, *Phytochemical Analysis*. 10, Praga, 1999. p. 319-321.

ZANON, A.. **Produção de sementes de erva-mate**. Curitiba: EMBRAPA/CNPF, 1988. 7p. (Circular técnica, 16).