

# FONTES DE NITROGÊNIO E TÉCNICAS DE PROPAGAÇÃO DE MUDAS ATUAM NA PRODUTIVIDADE DE ERVA-MATE

Delmar Santin<sup>1</sup>, Ivar Wendling<sup>2</sup>, Eliziane Luiza Benedetti<sup>3</sup> e Raíssa Eiko Nagaoka<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Eng. Florestal, Pós-doutorando em Ciências do Solo da UDESC, Lages, SC – BR, desantinflorestal@yahoo.com.br; <sup>2</sup>Eng. Florestal, PhD, Pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR – BR; <sup>3</sup>Eng. Agrônoma, Dr<sup>a</sup>. Professora do IFSC, Canoinhas, SC – BR; <sup>4</sup>Graduanda de Eng. Florestal da UNICENTRO, Irati, PR - BR

**Resumo:** Avaliou-se a influência de fontes de nitrogênio e técnicas de propagação na produtividade de erva-mate. Em plantio realizado em 2005 em São Mateus do Sul-PR (SMS), no espaçamento 1,2 x 3,0 m com mudas propagadas: por semente (procedência SMS) e por miniestaquia (procedências Bituruna, Cruz Machado e SMS). Em 2010, após a segunda colheita aplicou-se 130 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de nitrato de amônio, sulfato de amônio e ureia. Na colheita de 2012, com intervalo de 18 meses, quantificou-se a produtividade de erva-mate comercial, galho fino e galho grosso. A produtividade de todos os componentes avaliados foi influenciada pela interação entre fontes de N e procedências. Conclui-se que a preferência da erva-mate pela fonte de nitrogênio é dependente do local de origem da cultura; a miniestaquia é uma técnica eficiente na propagação de erva-mate, recomendada para melhorar a produtividade da cultura.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*, miniestaquia, procedência, nutrição

## SOURCES OF NITROGEN AND PROPAGATION TECHNIQUES OF ACTING ON THE SPREAD OF ACT PRODUCTIVITY OF YERBA MATE

**Abstract:** We evaluated the influence of nitrogen sources and propagation techniques on yerba mate productivity. On a plantation established in 2005 in São Mateus do Sul, Paraná (SMS), spaced 1.2 x 3.0 m with plants propagated by seed (SMS provenance) and minicuttings (provenances of Bituruna, Cruz Machado and SMS). In 2010, after the second harvest we applied 130 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen in the form of ammonium nitrate, ammonium sulfate and urea. On 2012 harvest, with an interval of 18 months, we quantified productivity of commercial yerba mate, thick and thin branches. The productivity of all the evaluated components was influenced by the interaction between N sources and origins. We concluded that the preference of mate by nitrogen source is dependent on the culture origin; minicuttings is an efficient technique to propagate mate, being recommended to improve productivity.

Key words: *Ilex paraguariensis*, minicuttings, provenances, nutrition

### Introdução

A produção brasileira de erva-mate está alicerçada em ervais nativos, ou plantados com mudas propagadas por semente, além de não haver programas de nutrição para a cultura. Os raros casos em que ocorria a escolha da melhor matriz para coleta de sementes, não ocorria o controle da polinização, necessária para *Ilex paraguariensis* St. Hil., já que é uma espécie dióica (Ferreira et al., 1983). O resultado é a atual baixa produtividade dos ervais e a alta heterogeneidade da matéria prima.

A cultura da erva-mate, que tem como produto da colheita um composto de folhas, galhos finos, inflorescências e sementes, resulta em grande extração de nutrientes do local (Reissmann et al., 1985). O nitrogênio (N), apesar de ser o nutriente exportado em maior quantidade com a colheita da erva-mate (Santin, 2013), até o momento, não há conhecimento de qual fonte de adubação nitrogenada é mais adequada para a cultura. A fonte de N mais utilizada é a ureia, onde é constituída de N amídico. Outras fontes de N estão ganhando espaço no mercado, como o sulfato de amônio ((NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), no entanto, no momento não há informação se a erva-mate possui preferência ou faz distinção a diferentes fontes de N.

Em solos com pH muito ácido (abaixo de 4,0), como os de florestas permanentes ou cultivados com pastagens naturais, predomina o N na forma de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (Adhya et al., 1996; Bijlsma et al., 2000). Já em solos com pH acima de 4,0 predomina o N em forma de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Armstrong, 1982).

Isso pode refletir na preferência de formas de N em função do habitat ecológico de cada espécie (Moore e Keraitis, 1971). Normalmente, plantas adaptadas a solos ácidos utilizam N preferencialmente em forma amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) (Rosa et al., 2011), como verificado para mudas de erva-mate (Gaiad et al., 2006; Rosa et al., 2011) é provável que a erva-mate em fase de produção também prefira o N na forma de  $\text{NH}_4^+$  em relação ao  $\text{NO}_3^-$ , mas até o momento não há estudos para ervais em produção.

Apesar de a erva-mate ser caracterizada como espécie que cresce em solos com baixa fertilidade e muito ácidos (Carvalho, 2003), na sobreposição do mapa de ocorrência natural da erva-mate (Oliveira e Rotta, 1985) com o mapa de solos de alguns Estados, como o do Rio Grande do Sul (Streck et al., 2002) e de Santa Catarina (EMBRAPA, 1998) é possível verificar que, a espécie, está presente em solos com grande contrastes em nível de fertilidade de solo. Nesse sentido, a ocorrência natural da espécie em solos, desde Latossolos com caráter Alumínico e Distrófico até Neossolos com caráter Eutrófico, sinaliza para possível preferência diferenciada para fontes de N, devido a condição natural de solos com propriedades químicas contrastantes.

Quanto a propagação vegetativa de mudas, no setor florestal já é bastante utilizada, principalmente no gênero *Eucalyptus* onde a técnica de miniestaquia prevalece (Xavier e Silva, 2010). A formação de plantios por mudas propagadas via assexuada permitiu a clonagem em escala comercial de material genético superior (Xavier et al., 2009), fator esse, que juntamente com nutrição dos plantios contribuiu para alavancar a eucaliptocultura brasileira nas últimas décadas. Ações que devem servir de exemplo para melhoria da produtividade na cultura da erva-mate.

O uso de mudas propagadas vegetativamente com material geneticamente superior, no estabelecimento de novos ervais, pode ser uma das principais alternativas a fim de minimizar a grande desuniformidade de ervais e, conseqüentemente, da matéria prima. Porém, mesmo que desde de 1930, a propagação vegetativa da erva-mate tenha sido motivo de estudos (Prat Kricun, 1995), a adoção de protocolos de estaquia em escala comercial na produção de mudas ainda é muito limitada, principalmente referente ao rejuvenescimento de material adulto e a nutrição das estacas, o que dificulta o enraizamento das mesmas (Wendling, 2004).

Da mesma forma que, para comprovar e validar a silvicultura clonal de qualquer espécie florestal, a avaliação da qualidade e produtividade a campo comparativa de mudas propagadas sexuada e assexuadamente é de fundamental importância (Wendling, 2004). Diante disto, o trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade em plantios de erva-mate estabelecidos com mudas propagadas por miniestaquia e por semente e adubados com diferentes fontes de nitrogênio.

## Material e Métodos

O experimento foi instalado em agosto de 2005 no município de São Mateus do Sul - PR, localizado no segundo Planalto Paranaense (longitude  $50^{\circ}26'09''\text{O}$  e latitude de  $25^{\circ}44'43''\text{S}$ ) a 820 m de altitude. Na região o clima é temperado (Cfb) com precipitação pluvial média anual entre 1600 a 1800 mm (IAPAR, 1994) e, os solos, predominam Latossolo Amarelo, Podzólico Vermelho-Escuro e Cambissolos (Castella e Britez, 2004), sendo no local um solo ácido (Tabela 1).

Tabela 1. Teor de argila e propriedades químicas do solo de 0 a 20 cm de profundidade no local do experimento, São Mateus do Sul-PR

CO	Argila	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	CTC <sub>pH7,0</sub>	V	m
---	g kg <sup>-1</sup> ---	H <sub>2</sub> O	--- mg dm <sup>-3</sup> ---	---	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	-----	-----	-----	----- % -----	---
26,1	440	4,5	1,2	119,0	1,98	0,98	5,56	34,50	37,76	8,6	63,0

Extratores: Mehlich-1 ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ): P e K e KCl ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ): Ca, Mg e Al.

O plantio do erval foi realizado em agosto de 2005 no espaçamento de 3 x 1,2 m. A primeira colheita foi efetuada em agosto de 2008, a aproximadamente 60 cm de altura do nível do solo. Em agosto de 2010, após a segunda colheita, iniciou-se a adubação com fontes de N. As colheitas de 2012 e 2013 foram efetuadas com intervalos de 18 meses. No presente trabalho serão apresentados os dados da colheita de agosto de 2013.

Os tratamentos foram arrançados no fatorial 3 x 4 em esquema de parcela subdividida, com três fontes de N e quatro procedências de erva-mate, sendo na parcela a fonte de N e na subparcela as procedências. Os tratamentos foram dispostos no delineamento blocos casualizados com três repetições. A unidade experimental foi composta por nove plantas úteis, com duas linhas como bordadura entre parcelas.

Os tratamentos de fontes de N consistiram da aplicação de 130 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo: ureia (UR), nitrato de amônio (NA) e sulfato de amônio (SA). As características químicas de cada fonte eram: UR= 45 % de N na forma amídica; NA= 34 % de N, sendo 50 % na forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e 50 % de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; e SA= 22 % de N na forma de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e 24 % de enxofre (S).

Os tratamentos relacionados às procedências de erva-mate consistiram de uma testemunha, com mudas propagadas por sementes, sendo procedência São Mateus do Sul (SMS/se) e de mudas propagadas vegetativamente por miniestaquia em nível de progênies, sendo, procedência Bituruna (BI/mi), Cruz Machado (CM/mi) e São Mateus do Sul (SMS/mi).

As sementes utilizadas na produção das mudas da SMS/se foram coletadas das mesmas matrizes que se propagaram as mudas da SMS/mi. Para a produção de mudas por miniestacas as sementes foram coletadas em fevereiro de 2003 e para as mudas da SMS/se, em fevereiro de 2004, ambas de matrizes adultas nativas de cada procedência. As sementes, depois de lavadas e estratificadas em areia por cinco meses, foram semeadas em sementeira. As plântulas, ao atingirem aproximadamente 2 cm de altura foram transplantadas para tubetes plásticos de 75 cm<sup>3</sup>, onde permaneceram até atingirem em média 9 cm de altura quando foram plantadas a campo ou em canaletão para posterior coleta de propágulos. Para a produção das mudas via miniestaquia foi adotada a metodologia descrita em Wendling et al. (2007). De forma resumida, mudas produzidas via semente (conforme procedimento descrito acima) de diferentes procedências (Bituruna, Cruz Machado e São Mateus do Sul) foram estabelecidas em sistema semi-hidropônico. Uma semana após, os seus ápices foram podados a uma altura de 5 a 8 cm, sendo convertidas em minicepas para emissão das brotações a serem usadas como miniestacas.

As miniestacas coletadas no minijardim clonal foram enraizadas em tubetes plásticos de 75 cm<sup>3</sup>, mantidas em casa de vegetação com temperatura de 20-30 °C e umidade relativa do ar acima de 80 %. O substrato foi constituído de partes iguais de vermiculita, casca de arroz carbonizada e substrato comercial a base de casca de pinus. Após as mudas passarem pelos processos de enraizamento, aclimatação e rustificação, ao atingirem altura média de 9 cm foram plantadas a campo.

Desde o plantio até a segunda colheita o cultivo não recebeu adubação e calagem. Em janeiro de 2012, logo após a segunda colheita, aplicaram-se superficialmente sem incorporar 1 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (CaO e MgO, respectivamente, de 33,2 e 22,4 %), 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (super fosfato triplo) e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (cloreto de potássio). A dose total das fontes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de K<sub>2</sub>O foram parceladas em três vezes iguais, aplicadas na projeção da copa da planta, sempre nos meses de setembro e janeiro.

A colheita foi realizada retirando-se aproximadamente 95 % da massa verde, da qual foi separada a erva-mate comercial (ECOM= folha+galho fino) do galho grosso (GG) e determinada a quantidade de massa verde de ambos. O corte para a colheita foi efetuado entre 10 a 15 cm acima da posição da última poda. Da ECOM, retirou-se uma amostra de aproximadamente 500 g onde separou-se as folhas (FO) dos galhos finos (GF). Considerou-se como GF os galhos com diâmetro menor de 7 mm, aproximadamente, e acima deste diâmetro como GG.

Quantificou-se a produtividade de massa verde dos componentes, FO, GF, GG e ECOM. Os dados foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

## Resultados e Discussão

A produtividade dos componentes folha (FO), galho fino (GF), galho grosso (GG) e erva-mate comercial (ECOM) foi significativamente influenciada pela interação entre fontes de N e procedências (Figura 1). Em relação à produtividade dos componentes, dentro de cada procedência, somente a procedência SMS/se para FO, GF e GG não foi influenciada pelas fontes de N (Figura 1A, B e C).

Na produtividade de FO, dentro de cada procedência, enquanto que na BI/mi a fonte SA (13,1 t ha<sup>-1</sup>) foi superior às demais, na SMS/mi foi a que apresentou menor produtividade (12,0 t ha<sup>-1</sup>). Para a procedência CM/mi, a fonte NA, com 11,6 t ha<sup>-1</sup> de FO foi inferior às demais fontes (Figura 1A). As fontes de N não influenciaram a produtividade de FO para a SMS/mi e SMS/se (Figura 1A).

Para GF as fontes SA e NA, respectivamente, nas procedências BI/mi e SMS/mi proporcionou a maior produtividade. Na procedência CM/mi, com 8,0 t ha<sup>-1</sup> de GF, o SA foi inferior ao NA e UR (Figura 1B).

O GG, na procedência BI/mi, a UR ocasionou a menor produtividade. Nas procedências CM/mi e SMS/mi, respectivamente, a UR e o NA foram superiores as demais fontes de N (Figura 1C).

Para a ECOM, enquanto na procedência BI/mi o SA proporcionou a maior produtividade (23,0 t ha<sup>-1</sup>), na SMS/mi, ocasionou a menor produtividade (21,4 t ha<sup>-1</sup>). Nas procedências CM/mi e SMS/se, respectivamente, com 22,7 e 18,4 t ha<sup>-1</sup> de ECOM, a UR ocasionou maior produtividade (Figura 1D).

Quanto ao efeito de cada fonte de N na produtividade dos componentes entre procedências, fica evidente que cada procedência tem preferência diferenciada. Para a procedência SMS/mi a preferência é pelo NA, visto a maior produtividade para a maioria dos componentes, contudo para a FO essa procedência responde bem a UR. Já a BI/mi tem preferência pelo SA. Na procedência CM/mi, a preferência da fonte varia conforme o componente, sendo que para a maioria deles a UR proporcionou maior produtividade. A procedência SMS/se apresentou tendência semelhante à preferência da SMS/mi.

A resposta diferenciada das procedências às fontes de N sugere que cada procedência está adaptada ao ambiente local. Em São Mateus do Sul predominam os Latossolos Distróficos e Cambissolos Alumínicos, em Cruz Machado predomina o Nitossolo Vermelho Distrófico e, em Bituruna predomina o Neossolo Litólico Distrófico (Bhering, 2007). Normalmente plantas adaptadas a solos ácidos utilizam N preferencialmente em forma amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (Rosa et al., 2011), como verificado para mudas de erva-mate (Gaiad et al., 2006; Rosa et al., 2011). Contudo para o cultivo de estudo, a preferência da fonte de N variou conforme o local de coleta das sementes utilizadas na propagação das mudas utilizadas no plantio.

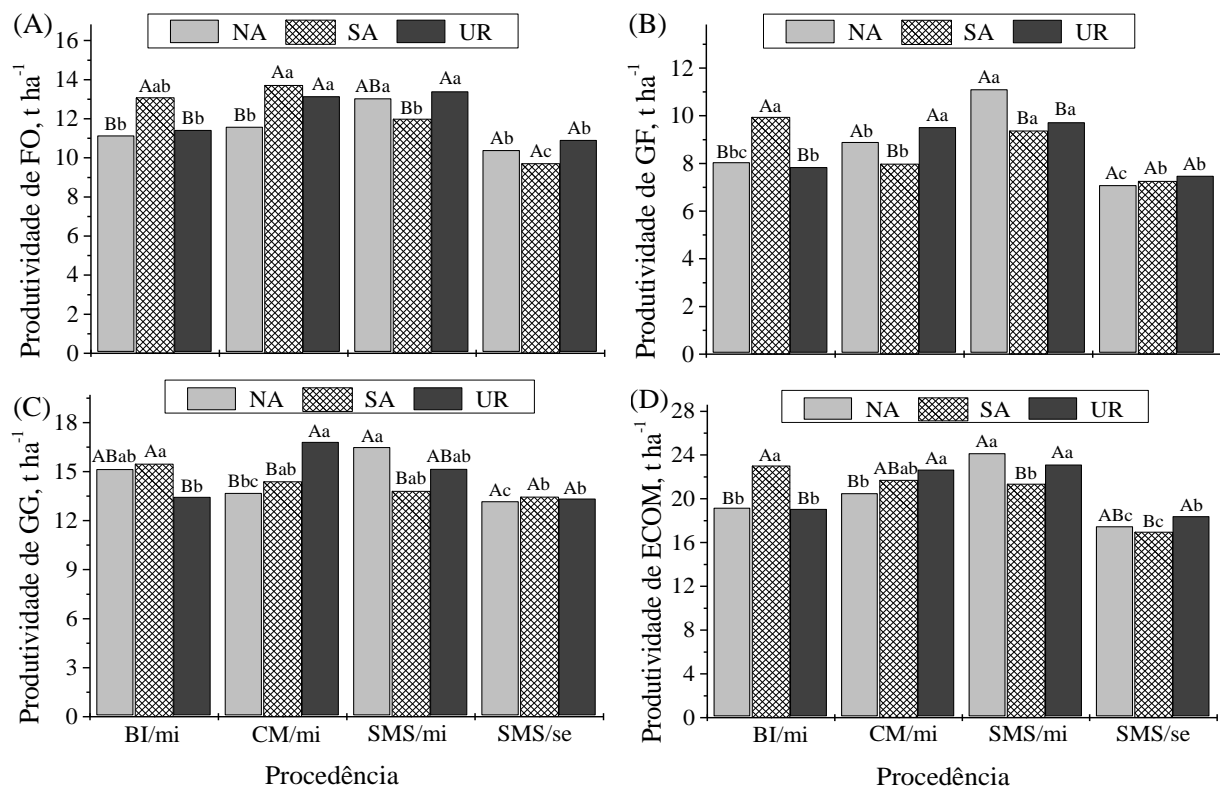


Figura 1. Produtividade de folha (FO) (A), galho fino (GF) (B), galho grosso (GG) (C) e erva-mate comercial (ECOM) (D) em cultivo estabelecido com mudas propagadas vegetativamente por ministaquia (mi) e por semente (se) com procedência de Bituruna (BI), Cruz Machado (CM) e São Mateus do Sul (SMS) e submetido à adubação de nitrato de amônio (NA), sulfato de amônio (SA) e ureia (UR). Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula não diferem entre fontes de N na mesma procedência e, mesma letra minúscula não difere entre procedências na mesma fonte de N, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

As características de solos predominantes de cada local sugere que em São Mateus do Sul os solos sejam mais ácidos que os de Cruz Machado e Bituruna. Isso, supostamente indicaria que as procedências SMS tenderiam preferir fontes de N com NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Mas a maior produtividade de ECOM na SMS/mi (24,2 t ha<sup>-1</sup>) ocorreu quando a fonte NA era composta por 50 % de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e 50 % de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Para a procedência BI/mi, com produtividade de ECOM no SA em média 3,9 t ha<sup>-1</sup> superior ao NA e a UR,

indica uma alta afinidade com a  $\text{NH}_4^+$ , mas também não pode ser descartada a influência do S presente no SA (Figura 1D). Não é raro que dentro do mesmo gênero ocorra distinção quanto à resposta a formas de N, como é o caso eucalipto (Moore e Keraitis, 1971; Grespan et al., 1998). Neste trabalho, a resposta diferenciada às fontes de N entre procedências, indica que para a otimização do uso da adubação nitrogenada pela planta é necessário avaliar regionalmente, qual a fonte de N preferencial da cultura.

A superioridade da produtividade de ECOM das procedências propagadas por miniestaquia (mi), quando comparada a de semente (se), somente não ocorreu para a fonte UR na BI/mi (Figura 1D). Essa lógica fica clara ao observar a produtividade média de ECOM das três fontes de N da SMS/mi ter sido  $5,3 \text{ t ha}^{-1}$  superior a de SMS/se, sendo ambas as procedências do mesmo local. Alguns fatores, como seleção das melhores mudas para compor o plantio no canaletão onde se coletaram as miniestacas para produção das mudas via assexuada, além do método de propagação, podem ter contribuído para a maior produtividade do cultivo quando as mudas foram produzidas por miniestaquia. A propagação vegetativa pode alterar aspectos morfológicos radiculares das mudas (Wendling, 2004), que em muitas espécies, pode estimular um sistema radicular mais fasciculado (Oliveira et al., 2001) com maior volume de raízes finas, as quais, são importantes na absorção de nutrientes e água (Gonçalves e Mello, 2005). Hipótese que explicaria, em parte, a maior produtividade de ECOM para o cultivo estabelecido com mudas propagadas por miniestaquia.

### Conclusões

A preferência da erva-mate pela fonte de nitrogênio é dependente do local de origem da cultura. A melhor resposta à adubação nitrogenada pela cultura na produtividade de erva-mate comercial ocorre quando a fonte de nitrogênio, para procedência de Bituruna for o sulfato de amônio, para procedência de Cruz Machado for a ureia e para a procedência de São Mateus do Sul for o nitrato de amônio e a ureia.

A miniestaquia é uma técnica eficiente de propagação de mudas de erva-mate e é recomendada para melhorar a produtividade da cultura.

### Agradecimentos

Ao Sr. Olando Buaski pela disponibilidade e manutenção adequada da área para a realização desse trabalho e a Empresa Baldo S.A. pelo suporte logístico para a realização do trabalho.

### Referências Bibliográficas

- Adhya, T.K.; Patnaik, P.; RAO, V.R.; Sethunathan, N. 1996. Nitrification of ammonium in different components of a flooded rice soil system. *Biology and Fertility of Soils*. Berlin, 23:321-326.
- Armstrong, W. 1982. Waterlogged soils. In: Etherington, J.R. (Ed). *Environment and Plant Ecology*. 2 ed. London, 290-300.
- Bijlsma, R.J.; Lambers, H.; Kooijman, S.A.L.M. 2000. Dynamic whole-plant model of integrated metabolism of nitrogen and carbon. 1. Comparative ecological implications of ammonium-nitrate interactions. *Plant and Soil*, 220(1-2):49-69.
- Bhering, B.S. 2007. Mapa de solos do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. (Documentos, ISSN 1517-2627). Pagina web: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/conhecimentos.html>> acesso em 04-09-07.
- Carvalho, P.E.R. 2003. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo: Embrapa Florestas, 1: 1039.
- Castella, P.R.; Brites, R.M. 2004. A floresta com araucária no Paraná: projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 233p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. 1998. Levantamento dos solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS. CD-ROM (Boletim de Pesquisa, n. 6)
- Ferreira, A.G.; Kaspar, R.; Ferreira, H.B.; Rosa, L.M. 1983. Proporção de sexo e polinização em *Ilex paraguariensis* St. Hil. In: *Brasil Florestal*, 53:29-33.
- Gaiad, S.; Rakocevic, M.; Reissmann, C.B. 2006. N sources affect growth, nutrient content, and net photosynthesis in maté (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(5):689-697.

- Gonçalves, J.L. M.; Mello, S.L.M. 2005. O sistema radicular das árvores. In: Gonçalves, J.L.M.; Benedetti, V. Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF. 219-267.
- Grespan, S.L.; Dias, L.E.; Novais, R.F. 1998. Crescimento e parâmetros cinéticos de absorção de amônio e nitrato por mudas de *Eucalyptus* spp submetidas a diferentes relações amônio/nitrato na presença e ausência de fósforo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 22:667-674.
- Moore, C.W.E.; Keraitis, K. 1971. Effect of nitrogen source on growth of eucalyptus in sand culture. Australian Journal of Botany, 19:125-141.
- Prat Kricun, S.D. 1995. Propagación vegetativa de plantas adultas de Yerba mate. In: Winge, H.; Ferreira, A.G.; Marrita, J.E.A. e Tarasconi, L. C. (org). Erva-mate: biologia e cultura no Cone Sul, Porto Alegre: UFRGS, 137-150.
- Oliveira, M.C. de; Ribeiro, J.F.; Rios, M.N. da Silva; Rezende, M.E. 2001. Enraizamento de estacas para a produção de mudas de espécies nativas de matas de galeria. Brasília: Embrapa Cerrados. 4p. (Recomendação Técnica, 41).
- Oliveira, Y.M.M.; Rotta, E. 1985. Área de distribuição natural de erva-mate. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: SILVICULTURA DA ERVA-MATE, 10., 1983, Curitiba. Anais... Curitiba: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. 17-36. (Documentos, 15).
- Reissmann, C.B.; Koehler, C.W.; Rocha, H.O.; Hildebrand, E.E. 1985. Avaliação da exportação de macronutrientes pela exportação da erva-mate. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS. Silvicultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil). Curitiba, 1985, Anais. Curitiba: Embrapa/CNPF, 128-139.
- Rosa, L.S.; Grossi, F.; Wendling, I. Brondani, G.E. 2011. Adubação nitrogenada na fertirrigação de minicepas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. In: CONGRESO SUDAMERICANO DE LA YERBA MATE, 5. Posadas, 2011, Acta... Posadas: INYM/ INTA/INaM, 77-82.
- Santin, D. Produtividade e disponibilidade de nutrientes influenciadas pela calagem, adubação NPK e intervalos de colheita em erva-mate. 2013, 104p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Streck, E.V.; Kämpf, N.; Dalmolin, R.S.D.; Klamt, E.; Nascimento, P.C.; Schneider, P. 2002. Solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER/RS, UFRGS, 126p.
- Wendling, I. 2004. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras. Colombo: Embrapa CNPF, 46p. (Documentos, 91).
- Wendling, I. Dutra, L.F.; Grossi, F. 2007. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42 (2):289-292.
- Xavier, A. e Silva, R.L. 2010. Evoluación de la silvicultura clonal de *Eucalyptus* en Brasil. Agronomia Costarricense, 34(1): 93-98.
- Xavier, A.; Wendling, I.; Silva, R.L. 2009. Silvicultura Clonal: princípios e técnicas. 1. ed. Viçosa - MG: UFV, 1:272.