

XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

“Uso de normas DRIS (log-transformadas) para a cultura do cupuaçu⁽¹⁾”

J.R.M. DIAS⁽²⁾, L. B. TAVELLA⁽²⁾, P. G. S. WADT⁽¹⁾, C. de O. LEMOS⁽⁴⁾, D. V. PÉREZ⁽¹⁾, L. M. da SILVA⁽¹⁾, E. A. DELARME LINDA⁽²⁾, I. A. A. M. de MIRANDA⁽⁵⁾, J. da S. SOLINO⁽²⁾, A.A. MIOTTI⁽³⁾, & H. M. LEITE⁽³⁾

RESUMO – A transformação logarítmica das relações bivariadas no cálculo das normas e dos índices do Sistema de Diagnóstico e Recomendação de Nutrientes (DRIS) tem sido sugerida como uma forma de melhorar a acurácia do sistema, principalmente por diminuir a inconsistência na distribuição de frequência entre as formas de expressão direta e inversa de uma mesma relação. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de relações log-transformadas entre diferentes populações de referência. Os resultados mostraram que as relações log-transformadas contribuíram para uma maior consistência dos resultados entre as formas direta e inversa entre diferentes normas DRIS.

Palavras-Chave: (Diagnóstico nutricional; Padrões de referência; *Theobroma grandiflorum*).

Introdução

O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) tem sido considerado como vantajoso na interpretação do estado nutricional das plantas, em relação ao método convencional (nível crítico ou faixas de suficiência), pelo fato de que relações bivariadas minimizam os efeitos da concentração e ou diluição da matéria seca, ou seja, as taxas relativas de acúmulo de nutrientes são avaliadas unicamente em função dos demais nutrientes [1].

O desempenho superior do DRIS frente aos métodos convencionais (MC) tem sido questionado para alguns nutrientes, o que tem levado aos autores a uma grande variação de procedimentos de cálculos e de fórmulas DRIS visando corrigir esta baixa acurácia, dando origem a diversas fórmulas como a de Elwali & Gascho [2], Ratfhon & Burger [3], Parent & Dafir [4] ou Wadt et al [5], entre outros.

Uma alternativa que pode ser associada a qualquer uma destas fórmulas de cálculo, é a transformação logarítmica das relações bivariadas, proposta por Beverly [6]. Todavia, este autor, baseado na constatação de que o desvio padrão da relação bivariada decresce com o aumento da produtividade das plantas, fez a suposição de que seria mais adequado para o diagnóstico nutricional a utilização de valores de desvio padrão menores, o que levou à indicação do uso generalizado do desvio padrão do teor nutricional do

elemento em análise em cada fórmula DRIS, já que a variação média do logaritmo do desvio padrão de todas as relações bivariadas seriam, virtualmente, maior que o logaritmo do desvio padrão do teor de um dado elemento [6].

Baseado nesta hipótese, foi proposta uma simplificação da fórmula DRIS usando relações bivariadas log-transformadas [6]. Entretanto, a utilização da variabilidade apurada de cada relação bivariada permite uma medição mais precisa da contribuição da respectiva relação no índice nutricional do nutriente, ou seja, dada duas relações quaisquer (X/Y_1 e X/Y_2), se uma delas possuir uma variabilidade maior em lavouras de alta produtividade, significa que pouco contribui para a determinação do equilíbrio nutricional [1, 7], o que é ignorado pela proposição de Beverly [6] ao usar o desvio padrão do teor do nutriente na fórmula.

O uso de relações bivariadas log-transformadas foi proposto devido aos desvios observados na distribuição normal de relações bivariadas, quando se compara suas formas diretas e inversas [6]. Isto implica que, usando-se as relações log-transformadas. Este desvio faz com que algumas relações bivariadas difiram entre duas populações distintas adotadas como referência em uma das formas de expressão da fórmula DRIS (direta, por exemplo), sem contudo apresentar diferenças entre quando expressa em outra forma (inversa, por exemplo).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar se o uso de relações bivariadas log-transformadas permite maior coerência na expressão das normas DRIS entre suas formas diretas e inversas, quando comparando diferentes grupos de normas DRIS.

Material e Métodos

Para a geração das normas DRIS foram monitorados 153 pomares comerciais de cupuaçu, sendo 42 cultivados em monocultivo e 111 em sistemas agroflorestais (SAF's), com idade variando de 5 a 18 anos, no período de julho a setembro de 2008, localizados na área de influência do distrito de Nova Califórnia, extremo-oeste do município de Porto Velho, Rondônia, em um quadrículo contido entre os paralelos 9° 24'45''S e 9°54'54''S e os meridianos 65°27'28''W e 65°51'52''W.

¹ Engenheiro Agrônomo. D. Sci.. Embrapa Solos e Embrapa Acre. E-mail: daniel@cnps.embrapa.br; paulo@cpafac.embrapa.br; luciociopafac.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo. Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre. E-mails: jairorafaelmdias@hotmail.com; leo_tavella@hotmail.com; jussiesolino@hotmail.com; elaineadell@hotmail.com

³ Engenheiro Agrônomo. Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Federal do Ceará. E-mails: alan_miotti@hotmail.com; enghmf@hotmail.com.

⁴ Sistemas de Informação. Bolsista CNPq. Embrapa Acre. E-mail: cleigiane@cpafac.embrapa.br

⁵ Engenheiro Agrônomo. Prefeitura Municipal de Nova Brasilândia D' Oeste. E-mail: izaacmenezes@hotmail.com

Nos pomares foram retiradas amostras foliares, cujas plantas foram previamente identificadas como tendo potencial de baixa (PBP), média (PMP) e alta (PAP) produtividade. Para a amostragem, estabeleceu-se como padrão de referência a 3ª folha de lançamento recém amadurecido, tomadas a partir do ápice do ramo da altura média na posição norte e sul. Coletou-se um total de trinta folhas por pomar.

As análises químicas das amostras foliares foram determinadas através de digestão nitro-perclórica e sulfúrica. Após digestão nitro-perclórica as folhas de cupuaçu foram analisadas quanto à concentração total de Ca, Mg, Mn, Fe, Zn e Cu por espectrometria de plasma (ICP-OES), Na e K por fotometria de chama e P por espectrofotometria molecular. O nitrogênio total foi obtido após digestão sulfúrica e destilação por Kjeldahl. Todos os métodos seguiram os protocolos apresentados por Carmo et al. [8].

Os pomares foram previamente classificados como de baixa (PBP), média (PMP) e alta (PAP) produtividade, levando em consideração os aspectos: fitossanitários, status do manejo cultural e do solo. Com relação aos aspectos fitossanitários levou-se em consideração o nível de infestação dos pomares para vassoura-de-bruxa (*Crinipellis perniciososa*) e a broca-do-fruto (*Conotrachelus humeropictus*), problemas que mais afetam a produtividade na região. Com relação ao status do manejo cultural e do solo foram levados em consideração o nível de práticas de manejo adotado nas áreas. Adotou-se para a avaliação das práticas culturais: presença ou ausência de poda, frutos estragados da área de cultivo e limpeza da área. Para as práticas de manejo do solo, levou-se em consideração, presença ou ausência de adubação orgânica, cobertura do solo e cultivo em nível. Para as características avaliadas (status fitossanitário, manejo cultural e do solo) foram atribuídos conceitos: 1 (ruim), 2 (regular) e 3 (bom).

A partir da análise visual, sub-agrupou-se a população nas três classes (PAP, PMP, PBP), cuja distribuição se deu pela soma dos referidos conceitos, onde: $3 \leq \text{PBP} < 6$, $6 \leq \text{PMP} \leq 7$ e $8 \leq \text{PAP} \leq 9$.

Uma vez definidas as classes de produtividade, foi utilizada a população de alta produtividade (PAP) para a obtenção das normas DRIS. A partir da definição desses padrões (normas), realizou-se a transformação logarítmica dos índices nutricionais, na qual foram obtidos através da média dos índices log-transformados por meio do software DRIS (www.drisc.com.br) para cinco diferentes subpopulações: Geral, constituído por todos os pomares de alta produtividade (PAP); CCS, norma específica para PAP cultivados em sistemas agroflorestais (SAF's); CCM, norma específica para PAP cultivados em sistema de monocultura; CUP>11, PAP com idade maior que 11 anos e CUP≤11, específicas para PAP com idade igual ou inferior a 11 anos.

Para avaliar o efeito dos padrões nutricionais das normas gerais (Geral) sobre os padrões nutricionais das normas específicas (CCM, CCS, CUP>11anos e

CUP≤11anos), submeteu-se os dados ao teste F de variâncias e ao teste t (Student), a 2,5 % e 5% de probabilidade, respectivamente.

Resultados

Os pomares foram classificados em PAP (48 pomares), PMP (74 pomares) e PBP (34 pomares). Esta classificação foi considerada mais adequada para refletir a qualidade nutricional dos pomares que a produtividade das plantas, cujas informações disponíveis não foram consideradas confiáveis.

Os teores nutricionais médios “log-transformados” da PAP presentes nas folhas de cupuaçu (Tabela 1) encontram-se abaixo para P, Ca, Mg, Zn, Mn e Cu, equilibrado para K e Fe e acima para N, a partir da definição dos critérios de interpretação sugeridos por Ayres [9] para a cultura do cupuaçu submetidos a SAF's com idade de 18 anos na Amazônia sul ocidental.

Figueiredo [10] avaliando a eficiência de recomendação de adubação de produção proposta pela EMBRAPA Amazônia Ocidental para macronutrientes em cupuaçu cultivado em SAFs, com idade de 6 anos, observou após a adubação, teores nutricionais superiores aos encontrados nesse trabalho, com exceção do K que esteve dentro do limite da faixa encontrada.

Observa-se ainda na Tabela 1 que para os macronutrientes, a maior amplitude quanto à concentração, para os diferentes grupos de padrões nutricionais ocorreram para o K, com variação de $0,13 \text{ (g kg}^{-1}\text{)}$. Para os micronutrientes as maiores variação ocorreu para o Cu, variando $0,11 \text{ (mg kg}^{-1}\text{)}$, o que demonstra, conforme já observado por Beverly [6], que a transformação logarítmica concorre para eliminar diferenças significativas entre as médias dos teores dos nutrientes de diferentes populações de plantas.

Na Tabela 2 encontra-se a razão das médias nutricionais “log-transformadas” dos teores foliares, subdivididos em padrões nutricionais geral e padrões nutricionais específicos

Comparando os índices nutricionais obtidos pelo padrão nutricional geral com os padrões nutricionais específicos (Tabela 3), observa-se que todas as relações bivariadas “log-transformadas” pertencem à mesma população, sendo estaticamente iguais quando o padrão nutricional geral foi comparado com os padrões nutricionais CCS e CUP>11 anos. Por outro lado, 28,4 % das razões nutricionais “log-transformadas” entre os padrões nutricionais geral e CUP≤11anos foram diferentes entre si, sendo que o padrão nutricional CCM, apresentou resultado intermediário, com 19,7 % dos índices nutricionais diferentes daqueles determinados pelo padrão nutricional geral.

Discussão

Apesar de alguns de teores nutrientes da PAP nas folhas de cupuaçu (Tabela 1) estarem fora da faixa encontrada por outros autores [9,10] os mesmo foram

utilizados para o estabelecimento das normas DRIS, isso se justifica pelo fato de que o tecido vegetal amostrado em diferentes épocas do ano estão sujeitos a sofrer influências pelos fatores de diluição e concentração, onde os processos fisiológicos que levam a afetar a taxa de acúmulo de matéria seca responde por fração importante da variação desses teores [11], o que pode ser mitigado pelo uso de relações bivariadas no Sistema DRIS [1].

Atualmente, uma das maiores discussões com finalidade de atestar eficiência do método DRIS se consiste em utilizar padrões nutricionais gerais ou padrões nutricionais específicos (locais, regionais e etc.), havendo entre os autores uma certa tendência em utilizar padrões nutricionais específicos [12,13,14,15]. Entretanto, ao avaliar o comportamento dos índices nutricionais na comparação de padrões nutricionais universais e específicos (Tabela 3), percebe-se que ambas são muito parecidas, onde apenas 12,04% das relações nutricionais bivariadas apresentaram-se pertencer a populações distintas, concordando com Walworth & Sumner [16].

A maior distinção entre os padrões de referência para o comportamento das relações bivariadas foram encontrados quando o padrão nutricional geral foi comparada com os padrões nutricionais específicos (CCM e $CUP \leq 11$), em relações bivariadas que envolvem os nutrientes N e P.

Importante destacar, entretanto, que o uso de relações bivariadas log-transformadas contribuiu para o mesmo comportamento entre as formas direta e inversa. Por exemplo, as únicas exceções na comparação das relações na forma inversa e direta para as populações Gera x CCS foi para N/K, Zn/Cu e Mn/Ca (e suas respectivas formas inversas) (Tabela 3). Este resultado abre a possibilidade de se utilizar relações log-transformadas em combinação com outras fórmulas de cálculo dos índices DRIS visando melhor o desempenho preditivo do método.

Conclusões

O uso de relações log-transformadas contribuiu para a obtenção de resultados semelhantes entre as duas formas de expressão de uma relação bivariada, na comparação entre normas de populações de referência distintas.

Agradecimentos

Ao CNPq e a FUNTAC, pelos recursos financeiros ao projeto e aos produtores e técnicos do Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado (RECA), de Vila Califórnia, Porto Velho, RO pelo apoio logístico e colaboração nos trabalhos de campo.

Referências

- [1] WADT, P.G.S.; NOVAIS, R.F. de. 1999. O monitoramento nutricional frente aos métodos diagnósticos no planejamento das adubações. In: WADT, P.G.S.; MALAVOLTA, E. (Org.). *Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas*. Piracicaba: Potafos. 125p.
- [2] ELWALI, A. M. O.; GASCHO, G. J. 1984 Soil testing, foliar analysis, and DRIS as aguide for sugarcane fertilization. *Agronomy Journal*, 76:466-70.
- [3] RATHFON, R.A., BURGER, J.A. 1991. Diagnosis and Recommendation Integrated System Modifications for Fraser Fir Christmas Trees. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1026-1031.
- [4] PARENT, L.E., DAFIR, M. 1992. A theoretical concept of compositional nutrient diagnosis. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117:239-242.
- [5] WADT, P. G. S. ; SILVA, D. J. ; MAIA, C. E. ; TOMÉ JÚNIOR, J. B. ; PINTO, P. A. da C.; MACHADO, P. L. O. de A. 2007. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42:57-64.
- [6] BEVERLY, R.B. 1987. Comparison of DRIS and alternative nutrient diagnostic methods for soybean. *Journal of Plant Nutrition*. 10:901-920.
- [7] MAIA, C. 1999. Análise crítica da fórmula original de Beaufils no cálculo dos índices DRIS: a constante de sensibilidade. In: WADT, P.G.S.; MALAVOLTA, E. (Org.). *Monitoramento nutricional para a recomendação de adubação de culturas*. Piracicaba: Potafos, 105p.
- [8] CARMO, C.A.F. de S. do; ARAÚJO, W. S. de; BERNARDI, A. C. de C.; SALDANHA, M.F.C. 2000. *Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados pela Embrapa Solos*. Rio de Janeiro, Embrapa Solos. 41p.
- [9] AYRES, M. I. da C. 2006. *Efeitos da calagem e da adubação potássica na produção de cupuaçu (Theobroma grandifloru) em sistemas agroflorestais do projeto Reca em Nova Califórnia – Rondônia*. Dissertação de Mestrado, FCA, UFAM, Manaus.
- [10] FIGUEIREDO, N.N. 1999. Avaliação nutricional do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) em um sistema agroflorestal com diferentes níveis de adubação. Dissertação de Mestrado, FCA, UFAM, Manaus.
- [11] JARREL, W.M.; BEVERLY, R.B. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy*, 34:197-224.
- [12] NACHTIGALL, G.R. 2004. *Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) para avaliação do estado nutricional da macieira no sul do Brasil*. Tese de Doutorado, ESALQ, USP, Piracicaba.
- [13] LEANDRO, W. M. 1998. *Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) para a cultura da soja (Glycine maxl) na região de Rio Verde – GO*. Tese de Doutorado, UFV, Viçosa.
- [14] ROCHA, A.C da; LEANDRO, W.M.; ROCHA, A.O.; SANTANA, J. das G.; ANDRADE, J.W. de S. 2007. Normas DRIS para cultura do milho semeado em espaçamento reduzido na região de Hidrolândia, GO, Brasil. *Bioscience Journal*, 23:50-60.
- [15] SANTANA, J.das G.; LEANDRO, W.M.; NAVES, R.V.; CUNHA, P.P da. 2008. Normas DRIS para interpretação de análises de folha e solo, em laranja pês, na região central de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38:109-117.
- [16] WALWORTH, J.L.; SUMNER, M.E. 1987 The diagnosis and recommendation integrate system (DRIS). *Advances in Soil Sciences*, 12:149-188.

Tabela 1. Concentração média “log-transformada” dos nutrientes nas folhas da sub-população de alto potencial produtivo em função das normas DRIS estabelecidas para o cupuaçu cultivado na Amazônia Ocidental

| Nutrientes | Geral | CCS | CCM | CUP | |
|------------|-------|-------|-------|---------------------|----------|
| | | | | >11 anos | ≤11 anos |
| | | | | g kg ⁻¹ | |
| N | 2,68 | 2,69 | 2,66 | 2,7 | 2,65 |
| P | -0,34 | -0,34 | -0,33 | -0,31 | -0,36 |
| K | 1,44 | 1,40 | 1,51 | 1,38 | 1,50 |
| Ca | 1,40 | 1,39 | 1,41 | 1,36 | 1,44 |
| Mg | 0,64 | 0,62 | 0,67 | 0,60 | 0,68 |
| | | | | mg kg ⁻¹ | |
| Zn | 2,44 | 2,44 | 2,43 | 2,47 | 2,40 |
| Fe | 4,08 | 4,14 | 4,05 | 4,05 | 4,12 |
| Mn | 5,61 | 5,61 | 5,63 | 5,66 | 5,57 |
| Cu | 1,43 | 1,44 | 1,41 | 1,48 | 1,37 |
| Nº amostra | 48 | 34 | 14 | 26 | 22 |

CCS – Cupuaçu cultivado em sistemas agroflorestais

CCM – Cupuaçu cultivado em monocultivo

CUP≤11 anos – Cupuaçu com idade até 11 anos

CUP>11 anos – Cupuaçu com idade superior a 11 anos

Geral – Todas as plantas monitoradas consideradas de alta produtividade

Tabela 2. Médias das relações bivariadas log-transformados para a cultura do cupuaçu entre diferentes populações de referência.

| Relação | Geral | CCS | CCM | CUP>11 | CUP≤11 | Relação | Geral | CCS | CCM | CUP>11 | CUP≤11 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| N/P | 3,016 | 3,035 | 2,991 | 3,019 | 3,013 | Mg/Zn | -1,805 | -1,817 | -1,756 | -1,874 | -1,722 |
| N/K | 1,244 | 1,290 | 1,144 | 1,326 | 1,146 | Mg/Fe | -3,443 | -3,521 | -3,378 | -3,450 | -3,434 |
| N/Ca | 1,283 | 1,297 | 1,245 | 1,343 | 1,212 | Mg/Mn | -4,978 | -4,992 | -4,960 | -5,056 | -4,887 |
| N/Mg | 2,042 | 2,070 | 1,987 | 2,105 | 1,967 | Mg/Cu | -0,791 | -0,816 | -0,740 | -0,876 | -0,690 |
| N/Zn | 0,237 | 0,253 | 0,231 | 0,230 | 0,245 | Zn/N | -0,237 | -0,253 | -0,231 | -0,230 | -0,245 |
| N/Fe | -1,401 | -1,451 | -1,391 | -1,346 | -1,467 | Zn/P | 2,779 | 2,782 | 2,760 | 2,788 | 2,768 |
| N/Mn | -2,937 | -2,922 | -2,973 | -2,951 | -2,920 | Zn/K | 1,007 | 1,037 | 0,913 | 1,096 | 0,901 |
| N/Cu | 1,250 | 1,254 | 1,247 | 1,228 | 1,276 | Zn/Ca | 1,046 | 1,044 | 1,014 | 1,113 | 0,967 |
| P/N | -3,016 | -3,035 | -2,991 | -3,019 | -3,013 | Zn/Mg | 1,805 | 1,817 | 1,756 | 1,874 | 1,722 |
| P/K | -1,772 | -1,745 | -1,846 | -1,692 | -1,867 | Zn/Fe | -1,638 | -1,704 | -1,622 | -1,576 | -1,712 |
| P/Ca | -1,733 | -1,738 | -1,746 | -1,675 | -1,801 | Zn/Mn | -3,174 | -3,175 | -3,204 | -3,182 | -3,165 |
| P/Mg | -0,975 | -0,965 | -1,004 | -0,914 | -1,046 | Zn/Cu | 1,013 | 1,001 | 1,016 | 0,998 | 1,032 |
| P/Zn | -2,779 | -2,782 | -2,760 | -2,788 | -2,768 | Fe/N | 1,401 | 1,451 | 1,391 | 1,346 | 1,467 |
| P/Fe | -4,417 | -4,486 | -4,382 | -4,364 | -4,480 | Fe/P | 4,417 | 4,486 | 4,382 | 4,364 | 4,480 |
| P/Mn | -5,953 | -5,957 | -5,964 | -5,970 | -5,933 | Fe/K | 2,645 | 2,741 | 2,535 | 2,672 | 2,613 |
| P/Cu | -1,766 | -1,781 | -1,744 | -1,790 | -1,737 | Fe/Ca | 2,684 | 2,748 | 2,636 | 2,689 | 2,679 |
| K/N | -1,244 | -1,290 | -1,144 | -1,326 | -1,146 | Fe/Mg | 3,443 | 3,521 | 3,378 | 3,450 | 3,434 |
| K/P | 1,772 | 1,745 | 1,846 | 1,692 | 1,867 | Fe/Zn | 1,638 | 1,704 | 1,622 | 1,576 | 1,712 |
| K/Ca | 0,071 | 0,007 | 0,201 | 0,017 | 0,134 | Fe/Mn | -1,536 | -1,471 | -1,582 | -1,606 | -1,453 |
| K/Mg | 0,798 | 0,780 | 0,842 | 0,778 | 0,821 | Fe/Cu | 2,652 | 2,706 | 2,637 | 2,574 | 2,744 |
| K/Zn | -1,007 | -1,037 | -0,913 | -1,096 | -0,901 | Mn/N | 2,937 | 2,922 | 2,973 | 2,951 | 2,920 |
| K/Fe | -2,645 | -2,741 | -2,535 | -2,672 | -2,613 | Mn/P | 5,953 | 5,957 | 5,964 | 5,970 | 5,933 |
| K/Mn | -4,181 | -4,212 | -4,118 | -4,278 | -4,066 | Mn/K | 4,181 | 4,212 | 4,118 | 4,278 | 4,066 |
| K/Cu | 0,007 | -0,036 | 0,102 | -0,098 | 0,131 | Mn/Ca | 4,220 | 4,219 | 4,218 | 4,294 | 4,132 |
| Ca/N | -1,283 | -1,297 | -1,245 | -1,343 | -1,212 | Mn/Mg | 4,978 | 4,992 | 4,960 | 5,056 | 4,887 |
| Ca/P | 1,733 | 1,738 | 1,746 | 1,675 | 1,801 | Mn/Zn | 3,174 | 3,175 | 3,204 | 3,182 | 3,165 |
| Ca/K | -0,008 | -0,007 | 0,000 | -0,017 | 0,002 | Mn/Fe | 1,536 | 1,471 | 1,582 | 1,606 | 1,453 |
| Ca/Mg | 0,758 | 0,773 | 0,742 | 0,761 | 0,755 | Mn/Cu | 4,187 | 4,176 | 4,220 | 4,179 | 4,196 |
| Ca/Zn | -1,046 | -1,044 | -1,014 | -1,113 | -0,967 | Cu/N | -1,250 | -1,254 | -1,247 | -1,228 | -1,276 |
| Ca/Fe | -2,684 | -2,748 | -2,636 | -2,689 | -2,679 | Cu/P | 1,766 | 1,781 | 1,744 | 1,790 | 1,737 |
| Ca/Mn | -4,220 | -4,219 | -4,218 | -4,294 | -4,132 | Cu/K | -0,007 | 0,036 | -0,102 | 0,098 | -0,131 |
| Ca/Cu | -0,033 | -0,042 | 0,001 | -0,115 | 0,065 | Cu/Ca | 0,033 | 0,042 | -0,001 | 0,115 | -0,065 |
| Mg/N | -2,042 | -2,070 | -1,987 | -2,105 | -1,967 | Cu/Mg | 0,791 | 0,816 | 0,740 | 0,876 | 0,690 |
| Mg/P | 0,975 | 0,965 | 1,004 | 0,914 | 1,046 | Cu/Zn | -1,013 | -1,001 | -1,016 | -0,998 | -1,032 |
| Mg/K | -0,798 | -0,780 | -0,842 | -0,778 | -0,821 | Cu/Fe | -2,652 | -2,706 | -2,637 | -2,574 | -2,744 |
| Mg/Ca | -0,758 | -0,773 | -0,742 | -0,761 | -0,755 | Cu/Mn | -4,187 | -4,176 | -4,220 | -4,179 | -4,196 |

Geral – Todas as plantas monitoradas consideradas de alta produtividade

CCS – Cupuaçu cultivado em sistemas agroflorestais

CCM – Cupuaçu cultivado em monocultivo

CUP>11 anos – Cupuaçu com idade superior a 11 anos

CUP≤11 anos – Cupuaçu com idade até 11 anos

Tabela 3. Gradiente das relações bivariadas e univariadas, log-transformadas, entre diferentes populações de referência.

| Relação | Geral X CCS | Geral X CCM | Geral X CUP>11 | Geral X CUP≤11 | Relação | Geral X CCS | Geral X CCM | Geral X CUP>11 | Geral X CUP≤11 |
|---------|----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| N | (0,63) ns | 0,93 ns | (1,43) ns | 1,63 ns | Mg/Zn | 0,13 ns | 9,42 _{0,025} | 0,65 ns | 3,84 _{0,025} |
| N/P | (0,63) ns | 0,62 ns | (0,08) ns | 0,08 ns | Mg/Fe | 0,42 ns | (0,28) ns | 0,04 ns | (0,04) ns |
| N/K | (0,47) ns | 2,76 _{0,025} | (0,74) ns | 3,70 _{0,025} | Mg/Mn | 0,13 ns | (0,15) ns | 0,68 ns | (0,88) ns |
| N/Ca | (0,16) ns | 3,51 _{0,025} | (0,64) ns | 3,15 _{0,025} | Mg/Cu | 0,26 ns | 2,68 _{0,025} | 0,82 ns | 2,23 _{0,025} |
| N/Mg | (0,34) ns | 8,16 _{0,025} | (0,68) ns | 5,38 _{0,025} | Zn/N | 0,37 ns | (0,10) ns | (0,14) ns | 0,15 ns |
| N/Zn | (0,37) ns | 0,10 ns | 0,14 ns | (0,15) ns | Zn/P | (0,08) ns | 0,40 ns | (0,24) ns | 0,25 ns |
| N/Fe | 0,31 ns | (0,05) ns | (0,34) ns | 0,36 ns | Zn/K | (0,27) ns | 0,70 ns | (0,70) ns | 3,11 _{0,025} |
| N/Mn | (0,24) ns | 0,42 ns | 0,20 ns | (0,23) ns | Zn/Ca | 0,02 ns | 0,27 ns | (0,59) ns | 2,32 _{0,025} |
| N/Cu | (0,08) ns | 0,06 ns | 0,43 ns | (0,47) ns | Zn/Mg | (0,13) ns | 2,91 _{0,025} | (0,65) ns | 3,84 _{0,025} |
| P/N | 0,63 ns | (0,62) ns | 0,08 ns | (0,08) ns | Zn | 0,12 ns | 0,23 ns | (0,68) ns | 0,73 ns |
| P | 0,28 ns | (0,13) ns | (0,73) ns | 0,80 ns | Zn/Fe | 0,37 ns | (0,07) ns | (0,34) ns | 0,34 ns |
| P/K | (0,27) ns | 0,63 ns | (0,71) ns | 3,12 _{0,025} | Zn/Mn | 0,02 ns | 0,37 ns | 0,12 ns | (0,13) ns |
| P/Ca | (0,27) ns | 2,93 _{0,025} | (0,59) ns | 0,78 ns | Zn/Cu | 0,20 ns | (0,02) ns | 0,25 ns | (0,23) ns |
| P/Mg | 0,06 ns | 6,23 _{0,025} | (0,67) ns | 3,95 _{0,025} | Fe/N | (0,31) ns | 0,05 ns | 0,34 ns | (0,36) ns |
| P/Zn | 0,08 ns | (0,40) ns | 0,24 ns | (0,25) ns | Fe/P | (0,40) ns | 0,16 ns | 0,30 ns | (0,31) ns |
| P/Fe | 0,40 ns | (0,16) ns | (0,30) ns | 0,31 ns | Fe/K | (0,53) ns | 0,47 ns | (0,14) ns | 0,16 ns |
| P/Mn | 0,06 ns | 0,12 ns | 0,23 ns | (0,25) ns | Fe/Ca | (0,37) ns | 0,22 ns | (0,02) ns | 0,03 ns |
| P/Cu | 0,25 ns | (0,27) ns | 0,39 ns | (0,40) ns | Fe/Mg | (0,42) ns | 0,28 ns | (0,04) ns | 0,04 ns |
| K/N | 0,47 ns | (0,86) ns | 0,74 ns | 3,70 _{0,025} | Fe/Zn | (0,37) ns | 0,07 ns | 0,34 ns | (0,34) ns |
| K/P | 0,27 ns | (0,63) ns | 0,71 ns | 3,12 _{0,025} | Fe | (0,39) ns | 0,15 ns | 0,19 ns | (0,19) ns |
| K | 0,38 ns | 2,80 _{0,025} | 0,53 ns | 3,85 _{0,025} | Fe/Mn | (0,35) ns | 0,19 ns | 0,36 ns | (0,38) ns |
| K/Ca | 0,84 ns | (1,11) ns | 0,64 ns | (0,63) ns | Fe/Cu | (0,34) ns | 0,07 ns | 0,48 ns | (0,49) ns |
| K/Mg | 0,31 ns | (0,55) ns | 0,31 ns | (0,34) ns | Mn/N | 0,24 ns | (0,42) ns | (0,20) ns | 0,23 ns |
| K/Zn | 0,27 ns | (0,70) ns | 0,70 ns | 3,11 _{0,025} | Mn/P | (0,06) ns | (0,12) ns | (0,23) ns | 0,25 ns |
| K/Fe | 0,53 ns | (0,47) ns | 0,14 ns | (0,16) ns | Mn/K | (0,25) ns | 0,41 ns | (0,70) ns | 0,90 ns |
| K/Mn | 0,25 ns | (0,41) ns | 0,70 ns | (0,90) ns | Mn/Ca | 0,01 ns | 0,01 ns | (0,60) ns | 2,69 _{0,025} |
| K/Cu | 0,39 ns | (0,73) ns | 0,88 ns | 3,15 _{0,025} | Mn/Mg | (0,13) ns | 0,15 ns | (0,68) ns | 0,88 ns |
| Ca/N | 0,16 ns | 3,51 _{0,025} | 0,64 ns | (0,88) ns | Mn/Zn | (0,02) ns | (0,37) ns | (0,12) ns | 0,13 ns |
| Ca/P | (0,06) ns | 2,93 _{0,025} | 0,59 ns | (0,78) ns | Mn/Fe | 0,35 ns | (0,19) ns | (0,36) ns | 0,38 ns |
| Ca/K | (0,01) ns | (0,06) ns | 0,10 ns | (0,10) ns | Mn | 0,07 ns | (0,19) ns | (0,55) ns | 0,63 ns |
| Ca | 0,04 ns | 4,21 _{0,025} | 0,39 ns | 3,25 _{0,025} | Mn/Cu | 0,16 ns | (0,33) ns | 0,10 ns | (0,11) ns |
| Ca/Mg | (0,33) ns | 0,30 ns | (0,06) ns | 0,07 ns | Cu/N | 0,08 ns | (0,06) ns | (0,43) ns | 0,47 ns |
| Ca/Zn | (0,02) ns | (0,27) ns | 0,59 ns | 2,32 _{0,025} | Cu/P | (0,25) ns | 0,27 ns | (0,39) ns | 0,40 ns |
| Ca/Fe | 0,37 ns | (0,22) ns | 0,02 ns | (0,03) ns | Cu/K | (0,39) ns | 0,73 ns | (0,88) ns | 1,12 ns |
| Ca/Mn | (0,01) ns | 2,88 _{0,025} | 0,60 ns | 2,69 _{0,025} | Cu/Ca | (0,10) ns | 0,29 ns | (0,75) ns | 0,97 ns |
| Ca/Cu | 0,10 ns | (0,29) ns | 0,75 ns | (0,97) ns | Cu/Mg | (0,26) ns | 0,46 ns | (0,82) ns | 2,23 _{0,025} |
| Mg/N | 0,34 ns | 8,16 _{0,025} | 0,68 ns | 5,38 _{0,025} | Cu/Zn | (0,20) ns | 2,68 _{0,025} | (0,25) ns | 0,23 ns |
| Mg/P | 0,12 ns | 6,23 _{0,025} | 0,67 ns | 3,95 _{0,025} | Cu/Fe | 0,34 ns | (0,07) ns | (0,48) ns | 0,49 ns |
| Mg/K | (0,31) ns | 0,55 ns | (0,31) ns | 0,34 ns | Cu/Mn | (0,16) ns | 0,33 ns | (0,10) ns | 0,11 ns |
| Mg/Ca | 0,33 ns | (0,30) ns | 0,06 ns | (0,07) ns | Cu | (0,12) ns | 0,23 ns | (0,85) ns | 0,89 ns |
| Mg | 0,23 ns | 9,42 _{0,025} | 0,43 ns | 5,83 _{0,025} | | | | | |

Médias seguidas pela mesma letra não difere entre si e seguidas pelo mesmo número apresentam significância, pelos teste t (Student) a 5 % de probabilidade e teste F a 2,5% de probabilidade, respectivamente.

Geral – Todas as plantas monitoradas consideradas de alta produtividade

CCS – Cupuaçu cultivado em sistemas agroflorestais

CCM – Cupuaçu cultivado em monocultivo

CUP≤1 – Cupuaçu com idade até 11 anos

CUP>11 – Cupuaçu com idade superior a 11 anos

(X) – Número em módulo