



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Atributos Químicos e Microbiológicos do Solo Avaliados por meio de Correlações Canônicas

Elaine Reis Pinheiro Lourente⁽¹⁾, Fábio Martins Mercante⁽²⁾, Marlene Estevão Marchetti⁽¹⁾; Luiz Carlos Ferreira de Souza⁽¹⁾; Cristiano Márcio Alves de Souza⁽¹⁾; Manoel Carlos Gonçalves⁽¹⁾; **Ricardo Fachinelli⁽³⁾**

⁽¹⁾Professor Adjunto; FCA/Universidade Federal da Grande Dourados, Rod. Dourados-Ithaum, Km 12, CEP: 79.804-970, Caixa Postal – 533, Dourados – MS, elainelourente@ufgd.edu.br; marlenemarchetti@ufgd.edu.br; luisouza@ufgd.edu.br; csouza@ufgd.edu.br; manoelgoncalves@ufgd.edu.br; ⁽²⁾Pesquisador, Embrapa Agropecuária Oeste, BR 163, km 253,6 - Caixa Postal 661, CEP 79804-970 - Dourados, MS.; mercante@cpao.embrapa.br; ⁽³⁾Aluno de graduação, bolsista PET, FCA/Universidade Federal da Grande Dourados, ricardofachinelli@hotmail.com

RESUMO– A correlação canônica mede a existência e a intensidade da associação entre dois grupos de variáveis e representa uma tentativa de concentrar uma relação de alta dimensão entre dois grupos de variáveis em poucos pares de variáveis canônicas. Objetivou-se, neste trabalho, estimar a máxima correlação entre as combinações lineares das variáveis microbiológicas e químicas do solo. Para o estudo da correlação canônica entre atributos químicos e microbiológicos foram considerados os dados obtidos nos sistemas de cultivo, ou seja, plantio direto e convencional, no verão, de forma verificar o impacto do sistema de rotação de culturas e ausência de revolvimento sobre os atributos do solo estudados. Para a discussão dos dados foi considerada a correlação entre variáveis originais e variáveis canônicas (cargas canônicas), o que confere maior consistência aos resultados. Os atributos biológicos estudados foram: C-BMS, C-CO₂, qCO₂ e qMIC e os atributos químicos: pH, CTC, Ca, Mg, K, Al, MO, Corg, Porg, Norg, relação C/N e C/P em três diferentes combinações. O teor de matéria orgânica do solo, mais do que a sua qualidade, favorece o desenvolvimento da biomassa microbiana do solo. Neste estudo, os atributos químicos, tiveram, relativamente, menor importância nos atributos microbiológicos. O qMIC foi um dos mais importantes indicadores de qualidade do solo.

Palavras-chave: análise multivariada; qualidade do solo; indicadores microbiológicos

INTRODUÇÃO– Os modelos estatísticos clássicos são geralmente menos sensíveis em sistemas biológicos, em razão das particularidades de cada manejo, e não consideram o efeito conjunto de inúmeros fatores e características que promovem respostas ao manejo. A análise multivariada tem sido utilizada com eficácia em estudos microbiológicos quando se pretende identificar os atributos que servem para separar áreas de estudo, por inexistência de similaridade (Maluche-Baretta et al., 2006).

As informações obtidas por meio de atributos microbiológicos serão tão mais precisas quanto melhor o método utilizado para o tratamento estatístico dos dados. Métodos de análise multivariada, como por exemplo, análise de correlação canônica, são importantes por discriminar precocemente as alterações de atributos do solo (Maluche-Baretta et al., 2006).

A correlação canônica mede a existência e a intensidade da associação entre dois grupos de variáveis. O aspecto de maximização da técnica representa uma tentativa de concentrar uma relação de alta dimensão entre dois grupos de variáveis em poucos pares de variáveis canônicas. A análise é baseada na determinação de variáveis canônicas ortogonais em cada conjunto de variáveis, por isso que as variáveis em cada conjunto devem ser linearmente independentes (Trugilho et al., 2003).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar a máxima correlação entre as combinações lineares das variáveis microbiológicas e químicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS– O trabalho foi realizado no ano agrícola de 2005/06, na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, no Município de Dourados- MS, localizado a 22° 14' de latitude sul e 54° 49' de longitude Oeste e altitude de 452 metros, em um Latossolo Vermelho Distroférrico argiloso, cultivado em sistema plantio direto (PD) durante 8 anos e em sistema de rotação de culturas (Tabela 1); e plantio convencional (PC) em uma área preparada com uma escarificação, uma gradagem com grade intermediária, seguida por uma gradagem niveladora. O clima da região é caracterizado como Cwa (Köppen), subtropical, com chuvas de verão e verões quentes.

Os dados usados na análise canônica foram obtidos de um delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, em que os tratamentos foram dispostos em parcelas, com dimensões de 12 x 36m, sendo estudadas as rotações de culturas no plantio direto, onde as culturas de outono/inverno representaram cinco

tratamentos (T): T1= 80% de Aveia preta (*Avena strigosa* Sheib) + 20% de Crotalária (*Crotalaria juncea* L.); T2=50% de Aveia preta (*Avena strigosa* Sheib) + 40% de Ervilhaca peluda (*Vicia villosa*, Roth) e 10% de Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* (Stokes) Metzg.); T3= 100% de Girassol (*Helianthus annuus* L.); T4= 100% de Ervilhaca peluda (*Vicia villosa*, Roth); T5= 100% de Crotalária (*Crotalaria juncea* L.). Como cultura de verão, no plantio direto, foi utilizado o milho (*Zea mays* L). No plantio convencional foi estudada a sucessão milho/soja, sendo cultivado com milho no inverno e soja no verão (T6).

As amostragens de solo foram efetuadas em cada subparcela, na camada de 0 a 10 cm de profundidade, sendo que cada amostra foi composta de cinco sub-amostras. A análise do carbono da biomassa microbiana (C-BMS) do solo foi realizada pelo método da fumigação-extração; o C orgânico foi determinado pelo método de Mebius; a respiração basal (C-CO₂) foi obtida pelo método da respirometria (evolução de CO₂); quociente microbiano - qMIC foi expresso em porcentagem, e calculada pela seguinte fórmula: (C-BMS/Corg) x 100 e o Quociente metabólico (qCO₂) obtido pela divisão da respiração basal pelo carbono microbiano (μ CO₂/μg C-BMS).

Para o estudo da correlação canônica entre atributos químicos e microbiológicos foram considerados os dados obtidos nos sistemas de cultivo, ou seja, plantio direto e convencional, no verão (amostragem em janeiro/2006), de forma a verificar o impacto do sistema de rotação de culturas e ausência de revolvimento sobre os atributos do solo estudados. Para a discussão dos dados foi considerada a correlação entre variáveis originais e variáveis canônicas (cargas canônicas), o que confere maior consistência aos resultados (Khattree, 2000). Foram estudados os seguintes grupos de variáveis: atributos microbiológicos: C-BMS, C-CO₂, qCO₂ e qMIC e atributos químicos: pH, CTC, Ca, Mg, K, Al e MO; atributos microbiológicos e atributos químicos: pH, CTC, Ca, Mg, K, Al, MO, Corg, Porg, Norg, C/N e C/P; e componentes orgânicos do solo: C-BMS, C-CO₂, qCO₂ e qMIC e atributos químicos: pH, CTC, Ca, Mg, K e Al. O aplicativo computacional utilizado foi o SAEG 9.1 (Ribeiro Jr., 2001).

RESULTADOS - Dos quatro pares canônicos extraídos entre atributos microbiológicos e químicos do solo, limitados pelo menor número de atributos microbiológicos, apenas os dois primeiros pares foram significativos ($p \leq 0,000$ e $p \leq 0,050$, respectivamente), com uma correlação canônica $r_c = 0,99$ e $0,93$, respectivamente, portanto os grupos considerados não são independentes (Tabela 1).

Dentre os atributos químicos considerados, o teor de matéria orgânica foi o que mais influenciou o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), com carga canônica de 0,79283. Os demais atributos químicos tiveram pouca importância, com as cargas variando de 0,007 a 0,17 (Quadro 1).

Dentre os atributos microbiológicos a relação entre carbono microbiano e carbono orgânico, denominada de quociente microbiano (qMIC), foi o que mais influenciou

os atributos químicos do solo (-0,69). O sinal negativo da carga canônica indica que quanto maiores os valores de qMIC menor será a fertilidade do solo (Quadro 1).

Quando realizou-se o estudo da correlação canônica entre os atributos microbiológicos e químicos do solo, com a matéria orgânica sendo estudada quanto aos teores de Norg, Porg, relação C/N e C/P (Quadro 2). A relação C/N e C/P, no entanto, se destacam em relação pH, CTC, Ca, Mg, K e Al, quanto à influência sobre o C-BMS. Entretanto, o teor de C orgânico foi mais importante para os atributos microbiológicos do que a qualidade da matéria orgânica representada pela relação C/N, C/P, Norg e Porg.

DISCUSSÃO- A significância de pelo menos um par canônico, leva a conclusão de que os grupos considerados não são independentes, podendo utilizar seus coeficientes para discussões mais específicas. Estudos, em condições de Cerrado nativo, têm demonstrado um importante incremento na biomassa microbiana em função do aporte contínuo de matéria orgânica e a diversidade desta matéria orgânica, além da íntima relação entre adição de matéria orgânica no solo e estímulo dos organismos heterotróficos do solo (D'Andréa et al., 2002) e (Moreira e Siqueira, 2002).

Valores maiores de qMIC, implica em dizer que está ocorrendo um importante aumento do C-BMS em detrimento do C orgânico. A menor fertilidade do solo pode ser um reflexo direto de um aporte insuficiente de C no solo, devido a menor reciclagem de nutrientes, menor CTC e menor estruturação do solo. A matéria orgânica é o principal componente da fertilidade dos solos no Cerrado (Floss, 2000).

A maior influência da matéria orgânica sobre os atributos químicos do solo, pode estar associada ao fato de que nas condições de Cerrado há uma alta taxa de decomposição da matéria orgânica do solo, o que faz com que a quantidade de resíduos e seus efeitos sobre temperatura, umidade e suprimento de carbono sejam mais importantes, em termos relativos, do que a qualidade.

Os sinais negativos observados entre as cargas canônicas C/N, C/P e entre a carga canônica C-BMS, indica que ambos seguem a mesma direção, ou seja, quanto maior a relação C/N e C/P, maior será a biomassa microbiana do solo (Quadro 2). É possível que este fato esteja associado à alta taxa de decomposição da matéria orgânica do solo, nas condições de Cerrado, o que faz com que a quantidade de resíduos e seus efeitos sobre temperatura, umidade e suprimento de carbono sejam mais importantes, em termos relativos, do que a qualidade.

O importante efeito da matéria orgânica se dá em função de que a manutenção de restos culturais na superfície do solo, num sistema de rotação de culturas, é importante por proporcionar melhorias na estrutura do solo, refletindo de maneira eficaz no incremento da infiltração de água, redução da temperatura superficial do solo, aumento da estabilidade dos agregados e da disponibilidade de nutrientes e água, e estímulo às atividades microbiológicas, com consequente redução nas

perdas por erosão do solo e água, aumento gradativo da produtividade das culturas e a redução dos custos de produção (Floss, 2000).

A influência dos atributos químicos sobre o C-BMS não foi tão importante, quanto a matéria orgânica, em função dos teores de nutrientes e pH nos ambientes do solo estudados estão em níveis adequados a altos (pH [4,84; 5,5]; P [17,3; 31,9]; Ca [3,8; 7,4]; Mg [1,7; 2,5]; K [0,68; 0,8]; SB [6,28; 10,68]; CTC [6,38; 10,72]; MO [30,7; 63,7]).

A respeito da influência dos atributos químicos alguns autores, observaram em seus estudos que o teor de Al e pH foram os atributos que mais influenciaram o C-BMS quando comparado com C orgânico, em condições em que os teores de matéria orgânica no solo eram consideravelmente maiores (69 e 77 g kg⁻¹) do que os observados neste estudo (28 a 36 g kg⁻¹) (Maluche-Baretta et al., 2006).

CONCLUSÕES- O teor de matéria orgânica do solo, mais do que a sua qualidade, favorece o desenvolvimento da biomassa microbiana do solo.

Neste estudo, os atributos químicos, possuem, relativamente, menor importância nos atributos microbiológicos

O *qMIC* é um dos mais importantes indicadores de qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

MALUCHE-BARETTA, C. R. D.; AMARANTE, C. V. T.; KLAUBERG FILHO, O. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41: 1531-1539, 2006

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A. Correlação canônica das características químicas e físicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. *Cerne*, 9:066-080, 2003

KHATTREE, R.; NAIK, D. N. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000. 558p.

RIBEIRO JR., J. I. *Análises Estatísticas no SAEG*. 1 ed. Viçosa: Editora UFV, 2001. 301p.

D'ANDRÉA, A. F., SILVA, M. L. N., CURI, N., SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistema de manejo na região do Cerrado no Sul do estado de Goiás. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 26: 913-923, 2002

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do solo*. 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626p.

FLOSS, E.L.- Benefícios da biomassa da aveia. *Revista Plantio Direto*. 57: 25-29, 2000.

Tabela 1 Correlações canônicas e pares canônicos entre as características do grupo I e II

Autovalor	Correlação	Significância
0,9908	0,9954	0,000
0,8673	0,9313	0,050
0,3079	0,5549	0,918
Grupo 1– Atributos Microbiológicos		
	1º Par Canônico	2º Par Canônico
C-BMS	0,40925	-0,00486
C-CO ₂	0,26999	-0,09805
<i>qCO₂</i>	0,05152	-0,12111
<i>qMIC</i>	-0,6918	-0,00576
Grupo 2– Atributos Químicos		
pH	0,14948	0,03705
P	0,00703	0,01406
Ca	0,17436	0,02836
Mg	0,13470	0,05216
Sb	0,16687	0,05255
CTC	0,15914	0,05418
MO	0,79283	0,01093
Correlação	0,995**	0,931*

**significativo pelo teste t (p<0,01), *significativo pelo teste t (p<0,05). Valores limites dos atributos microbiológicos e químicos estudados (p≤ 0,05): C-BMS [368,6;816,4]; C-CO₂ [9,2;31,2]; *qCO₂* [10,5; 13,9]; *qMIC* [1,93; 2,45]; pH [4,84; 5,5]; P [17,3; 31,9]; Ca [3,8; 7,4]; Mg [1,7; 2,5]; SB [6,28; 10,68]; CTC [6,38; 10,72]; MO [30,7; 63,7].

