

Atributos biológicos do solo como indicadores de qualidade do solo

Natalia P. Zatorre¹

Resumo

A qualidade do solo é definida como a capacidade deste em funcionar dentro do ecossistema visando sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais, sendo avaliada pelo uso de indicadores físicos, químicos e biológicos. O critério para o uso de um parâmetro como indicador do solo é a sua capacidade de interferir nos processos ecológicos, integrar as propriedades físicas, químicas e biológicas, além de ser facilmente utilizável por especialistas, técnicos e agricultores. Neste sentido, os microrganismos se enquadram nesses critérios, podendo ser utilizados como sensíveis indicadores da qualidade do solo. Os principais indicadores microbiológicos são a biomassa microbiana, a respiração, o quociente respiratório, e a atividade enzimática do solo, por suas características tais como a abundância e atividade bioquímica e metabólica, além de proporcionar respostas mais rápidas a mudanças no ambiente, apresentam um alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo.

Palavras-Chave: Microbiologia do solo, Biomassa microbiana. Atividade microbiana.

Abstract

BIOLOGICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL AS INDICATORS OF SOIL QUALITY. Soil quality is the capacity of the soil to function as a living system, within ecosystem and land use boundaries, to sustain biological productivity, promote the quality of air and water environments, and maintain plant and animal health, being evaluated by physical, chemical and biological indicators. The criteria for using a parameter as a soil quality indicator include its capacity to correlate with ecosystem processes, integrate physical, chemical and biological properties of the soil, to be relatively easy to use by specialists, technicians and farmers, and to be sensitive to management and climate variations. Microorganisms fit these criteria, and can be used as sensitive indicators of soil quality, due the characteristics as abundance, biochemical and metabolic activity, associated with rapid responses to changes in the environment, and therefore have a high potential of use in evaluation of soil quality.

Key-words: Soil microbiology. Microbial biomass. Microbial activity

Introdução

O entendimento dos processos biológicos do solo facilita a racionalização do manejo agrícola e a conservação do solo. As práticas agrícolas interferem de alguma forma no ecossistema, e a longevidade deste sistema depende do nível de agressão que tais práticas promovem. Pesquisadores, há muito tempo, buscam um parâmetro que espelhe a robustez da vida do solo e que reflita o grau de perturbação ocasionado pelo manejo agrícola. Pretendem também que tal parâmetro tenha significado agrônomico, mas especificamente fornecendo diagnóstico que indique possibilidades de produtividades de culturas econômicas (De-Polli & Guerra, 1996, 1999).

Nos últimos anos, a preocupação com a qualidade do solo tem crescido, na medida em que seu uso e mobilização intensiva podem redundar na diminuição de sua capacidade

em manter uma produção biológica sustentável (Carvalho et al., 2004). A utilização intensiva de equipamentos agrícolas em todas as operações de cultivo do solo (semeadura, tratos culturais e colheita) tem promovido aumento da compactação, principalmente na zona de exploração do sistema radicular (Assis & Lanças, 2005).

O conhecimento de indicadores eficazes para o diagnóstico da qualidade dos sistemas agrícolas e florestais cria condições favoráveis para a escolha de práticas de manejo do solo adequadas aos princípios de conservação e utilização racional, garantindo produção de alimentos de boa qualidade por um período de tempo superior aos sistemas onde são comuns práticas não conservacionistas do solo ou ambiente. Um bom indicador deve ser capaz de refletir o funcionamento do ecossistema, identificar as

¹ Mestranda em Agronomia e Ciência do Solos- UFRRJ- Dep. do solo -Seropédica- RJ, zatorre@ufrj.br

formas de perturbações, ser economicamente viável, ter facilidade de monitoramento, apresentar especificidade individual aos padrões de espaço e tempo e, finalmente, mostrar distribuição universal (Holloway & Stork, 1991).

Indicadores biológicos representam diferentes aspectos da qualidade do solo nos diferentes ecossistemas (Elliott, 1997) e podem ser utilizados para monitorar três funções ou parâmetros básicos: estrutura ou desenvolvimento do solo, estoque de nutrientes e atividade biológica (Gregorich et al., 1994).

Dentro deste contexto, os organismos têm papel importante na identificação da qualidade do solo, por atuarem nos processos de transformação da matéria orgânica, ciclagem de nutrientes e interações de troca com a maioria das espécies de plantas, especialmente as de importância agrícola. Rogers & Tate III (2001) consideram a microbiota do solo como um dos indicadores biológicos mais úteis e de extrema sensibilidade para indicar um ambiente ou agroecossistema que está perturbado ou estressado pela ação antrópica. Entretanto, verificaram que impactos antrópicos ou práticas diferenciadas de manejo, que reflitam diferentes condições de perturbação para a produção de plantas, têm efeito direto na composição da microbiota do solo, que passa a ser um indicador sensível de perdas ou redução na qualidade de um ambiente.

Métodos utilizados na avaliação dos atributos biológicos do solo

Atualmente têm-se utilizado cada vez mais métodos eficientes para avaliação da diversidade microbiana no solo, que são dotados de complexidade, além de serem influenciados pelas condições climáticas e pela heterogeneidade dos solos. Os métodos mais recentes de avaliação se baseiam em ácidos graxos e ácidos nucléicos, de modo que não dependem do cultivo de microrganismos (Kozdroj & Van Elsas, 2001). Podemos citar como exemplo uma das técnicas de eletroforese com gel desnaturante, conhecida como DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis), uma das mais utilizadas.

Vários estudos têm reportado as enzimas como indicadoras da atividade microbiana do solo comparadas com diferentes classes de solo, clima e manejo (Dick et al., 1997). A atividade da desidrogenase tem sido utilizada desde 1956 para avaliar a atividade microbiana (Lenhard, 1956). A amonificação da arginina também tem sido reportada como um indicador geral da atividade microbiana. Turco et al. (1999) têm estudado fortemente a β -galactosidase como um indicador chave da atividade microbiana no solo. Vários estudos têm revelado que aumentos nos níveis de matéria orgânica no solo podem promover aumentos na atividade da enzima β -glucosidase (Martens et al., 1992),

assim como da celobiohidrolase e endocelulase (Debosz et al., 1999; Rasmussen et al., 2002).

A atividade celulolítica pode ser considerada como um dos parâmetros confiáveis para descrever a qualidade de um solo, de modo que a decomposição da celulose no solo tem efeito no fluxo de matéria e energia, formação do húmus e transformação da matéria orgânica em mineral (Remon & Alvera, 1987). Entretanto, a atividade celulolítica pode ser usada como um indicador enzimático para avaliar as modificações da matéria orgânica no solo (Rasmussen et al., 2002). A atividade dos organismos celulolíticos é aumentada em sistemas de rotação de culturas com leguminosas como a soja, por exemplo, que, através do fornecimento do nitrogênio, acelera a decomposição de resíduos vegetais no solo (Nascimento et al., 1995).

Dentre os organismos da fauna do solo, existem aqueles que influenciam direta ou indiretamente a disponibilidade de recursos para outros organismos, através da modificação do ambiente físico e químico. Jones et al. (1994) definiram estes organismos como "engenheiros do ecossistema". Minhocas, formigas e cupins, principais componentes da macrofauna, são considerados engenheiros do ecossistema, dada a influência que têm no ambiente (Lavelle et al., 1997). Para Mäder et al. (1996), o manejo orgânico proporciona maior biomassa, abundância e número de espécies quando comparado ao sistema convencional de produção agrícola.

Dentre os grupos de microrganismos do solo, tem sido dada especial atenção nos últimos anos, as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs), que representam um subgrupo diverso de bactérias que colonizam as raízes vegetais. Em adição ao aumento da produção das culturas, estirpes diferentes de RPCPs podem exercer vários efeitos nas plantas, incluindo controle biológico de fitopatógenos oriundos do solo, promoção de nodulação de leguminosas por rizóbios fixadores de nitrogênio e melhoramento nas taxas de emergências de plântulas. O gênero *Pseudomonas*, por se estabelecer melhor na rizosfera do que outros gêneros, o que lhes confere certa vantagem (Rouatt & Katznelson, 1961), têm sido um dos mais estudados. Fora do Brasil, muitos trabalhos vêm sendo conduzidos e relatam benefícios das RPCPs em diversas culturas como arroz (Sakthiel et al., 1986), olerícolas (Elad et al., 1987), amendoim (Turner & Backman, 1989), cevada (Iswandi et al., 1987), etc. No Brasil, porém, ainda há poucos trabalhos na área, mas já se observou promoção de crescimento em café, feijão, soja e milho (Freitas, 1994).

A matéria orgânica do solo é toda fração orgânica localizada abaixo da superfície do solo, e consiste de matéria morta (98% do total de C orgânico do solo) e viva (raramente ultrapassa 4% do total de C orgânico do solo), que provenha de plantas, de microrganismos, da meso e macro fauna, e de resíduos de animais e microrganismos

do solo. Ela representa a principal fonte (1600×10^{15} g C) do total da reserva terrestre de carbono (em torno de 2200×10^{15} g C). Nela excede drasticamente a quantidade de carbono estocada pela vegetação viva (em torno de 600×10^{15} g C) (Zech et al., 1997). A entrada anual de carbono no solo é em torno de 110×10^{15} g C/ano, ou em torno de 15% do CO_2 atmosférico. Entretanto, uma quantidade equivalente de C retorna para a atmosfera.

Além da utilização apenas da matéria orgânica como indicadora da qualidade de um solo, Doran & Parkin (1994) propõem a inclusão de outros indicadores potenciais como cobertura do solo e densidade de raízes, densidade do solo, capacidade de campo, temperatura, carbono total, nitrogênio total, condutividade elétrica, pH, CTC, nitrogênio e fósforo extraíveis, biomassa microbiana, respiração do solo, mineralização potencial de nitrogênio e fauna do solo.

A utilização da matéria orgânica como indicador da qualidade do solo é justificada por duas vertentes. Uma delas é que o teor de matéria orgânica no solo tem alta sensibilidade às diferentes práticas de manejo, evidenciada pela perda de mais de 50% pelo processo de decomposição promovido pelos organismos do solo e pela erosão (Andreux, 1996; Piccolo, 1996). A outra vertente é evidenciada pela forte relação entre a matéria orgânica e a maior parte dos atributos ambientais e do solo (Doran, 1997). Dentre estes atributos, podemos citar a CTC, que é aumentada pela qualidade e quantidade de matéria orgânica no solo, conforme foi demonstrado por Bayer & Mielniczuk (1997), em que a utilização de plantio direto e de sistemas de culturas com alta deposição de resíduos sob o solo promoveram aumentos na CTC de um Podzólico Vermelho-escuro. A estabilidade de agregados é a principal característica física do solo afetada pela matéria orgânica, de modo que as demais características do solo, indiretamente, também são influenciadas como, por exemplo, a porosidade, a infiltração e retenção de água no solo, a densidade dentre outras (Bayer & Mielniczuk, 1999). As características biológicas do solo sofrem influência direta da matéria orgânica, pois esta atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos heterotróficos e, através da mineralização do N e S orgânico, atua como fonte de energia aos microrganismos autotróficos, de modo que a relação entre a matéria orgânica e os microrganismos pode ser avaliado a partir da biomassa e atividade microbiana, atributos representativos da integração dos efeitos da matéria orgânica sobre as condições biológicas do solo (Bayer & Mielniczuk, 1999). Em sistemas de culturas sob plantio direto que caracteristicamente apresentam maior retorno de resíduos vegetais, os incrementos no conteúdo de matéria orgânica resultam em maiores valores de biomassa e atividade microbiana, estimada pela evolução de CO_2 (Cattelan & Vidor, 1990).

Conclusão

Em geral, os sistemas agrícolas e naturais devem ser caracterizados como dinâmicos, onde todos os fatores agrônômicos e ecológicos necessitam ser aplicados em conjunto, para a manutenção e exploração racional dos recursos neles existentes.

Os estudos sobre bioindicadores mostram que os microrganismos do solo, por suas características, tais como a abundância e atividade bioquímica e metabólica, além de proporcionarem respostas mais rápidas a mudanças no ambiente, apresentam um alto potencial de uso na avaliação da qualidade do solo.

Referências

- ANDREUX, F. 1996. Humus in world soils. In: PICCOLO, A. (Ed.) Humic Substances in terrestrial ecosystems. Amsterdam: Elsevier, p. 45-100.
- ASSIS, R.L. & LANÇAS, K.P. 2005. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho Distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa 29: 515-522,
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. 1999. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A; CAMARGO, F.A.O. (ed.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, p. 9-26.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. 1997. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 21: 105-112.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J. & ARMANDO, M.S. 2004. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39(11): 1153-1155.
- CATTELAN, A. & VIDOR, C. 1990. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função das variações ambientais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 14: 125-132.
- DEBOSZ, K.; RASMUSSEN, P.H. & PEDERSEN, A. 1999. Temporal variations of microbial biomass and cellulolytic enzyme activity in arable soils: effects of organic matter input. *Applied Soil Ecology* 13: 209-218.
- DE-POLLI, H & GUERRA, J.G.M. 1999. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O. (eds.). Fundamentos da matéria

- orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese. p. 389-411.
- DE-POLLI, H. & GUERRA, J.G M. 1996. Biomassa microbiana: perspectiva para o uso e manejo do solo. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L.E.F & FONTES, M.P.F. (eds.) O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado. Viçosa: SBCS. p. 551-564.
- DICK, R.P.; BREAKWELL, D.P. & TURCO, R.F. 1997. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J. et al. (eds.). Handbook of methods for assessing soil quality. Madison: WI, ASA Special publication, Chapter 15.
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. (eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison: ASA/SSSA. p. 3-21.
- ELAD, Y.; CHET, I. & BAKER, R. 1987. Increased growth response of plants induced by rhizobacteria antagonistic to soil borne pathogenic fungi. Plant and Soil 98: 325-330.
- ELLIOTT, E.T. 1997. Rationale for developing bioindicators of soil health. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B.M. & GUPTA, V.V.S.R. (eds.). Biological indicators of soil health. New York: CAB International, p. 49-78.
- FREITAS, S.S. 1994. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs). In: HUNGRIA, M. & ARAÚJO, R.S. (eds.) Manual de Métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Brasília: Embrapa. p. 369-376.
- GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C. M. & ELLERT, B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Canadian Journal Soil Science 74: 367-385.
- HOLLOWAY, J.D. & STORK, N.D. 1991. The dimensions of biodiversity: the use of invertebrates as indicator of human impact. In: HAWKSWORTH, D. L. (ed.). The biodiversity of microorganisms and invertebrates: Its role in sustainable agriculture. Wallingford: CAB International. p. 37-63.
- ISWANDI, A.; BOSSIER, P.; VANDENABIELE, J. & VERSTRAETE, W. 1987. Effect of seed inoculation with the rhizopseudomonad strain 7NSK2 on the root microbiota of maize (*Zea mays*) and barley (*Hordeum vulgare*). Biology and Fertility of Soils 3: 153-158.
- JONES, C.G.; LAWTON, J.H. & SHACHAK, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. Oikos 69: 373-386.
- KOZDROJ, J. & VAN ELSAS, J.D. 2001. Structural diversity of microorganisms in chemically perturbed soil assessed by molecular and cytochemical approaches. Journal of Microbiology Methods, 43(3): 197-212.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W. & DHILLION, S. 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. European Journal of Soil Biology 33(4): 159-193.
- LENHARD, G. 1956. Die dehydrogenase - activita: des Bodens als mass für mikroorganismen: tigkeits im Bodens. Zeitschrift für Pflanzenernaehrung und Bodenkunde 73: 1-11.
- MÄDER, P.; PFIFFNER, L.; FLIESSBACH, A.; VON-LÜTZOW, M. & MUNCH, J.C. 1996. Soil Ecology-Impact of organic and conventional agriculture on soil biota and its significance for soil fertility. In: OSTERGAARD, T.V. (ed.) Fundamental of Organic Agriculture, Proceedings 1. Copenhagen: 11Th IFOAM International Scientific Conference, p. 24-40.
- MARTENS, D. A.; JOHANSON, J. B. & FRANKENBERGER, W.T. 1992. Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organic residues. Soil Science 153: 53-61.
- NASCIMENTO, J.S. do; CASTILHOS, D.D.; VAHL, L.C. & PAULETTO, E.A. 1995. Decomposição da celulose num planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo 17: 481-484.
- PICCOLO, A. 1996. Humus and soil conservation. In: PICCOLO, A. (ed.) Humic substances in terrestrial ecosystems. Amsterdam: Elsevier. p. 225-264.
- RASMUSSEN, P.H.; KNUDSEN, I.M.B.; ELMHOLT, S. & JENSEN, D.F. 2002. Relationship between soil cellulolytic activity and suppression of seedling blight of barley in arable soils. Applied Soil Ecology 19: 91-96.
- REMÓN, J.L. & ALVERA, B. 1987. Decomposition of organic matter in high mountain: cellulose experiments in central Pyrenees. Resvista de Ecologia de Montaña. Pirineos 130: 75-83.
- ROUATT, J.W. & KATZNELSON, H. 1961. A study of the bacteria on the root surface and in the rhizosphere of crop plants. Journal Applied of Bacteria 24: 164-171.
- ROGERS, B. F. & TATE III. 2001. Temporal analysis of the soil microbial community along a toposequence in

Pineland soils. *Soil Biology and Biochemistry* 33(10): 1389-1401.

SAKTHIEL, N.; SIVAMANI, E.; UNNAMALAI, N. & GNANAMANICKAM, S.S. 1986. Plant growth-promoting rhizobacteria in enhancing plant growth and suppressing plant pathogens. *Current Science* 55: 22-25.

TURCO, R.F. & BLUME, E. 1999. Indicator of soil quality. In: Siqueira, J. O. et. al. (eds.) *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS. p. 529-550.

TURNER, J.T. & BACKMAN, P.A. 1989. Factors relating to peanut yield increases following *Bacillus subtilis* seed treatment. *Plant Disease* 73: 115-121.

ZECH, Z.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A. & SCHROTH, G. 1997. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma* 79: 69-116.