

INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO

Monteiro, R.T.¹

RESUMO

A qualidade do solo tem sido associada com sua produtividade e capacidade de sustentar a diversidade biológica, qualidade ambiental bem como a saúde das plantas e animais. A qualidade do solo depende de uma variedade de fatores físicos, químicos e biológicos. Os indicadores físicos utilizados são relacionados com a compactação, umidade, capacidade de retenção de íons, os químicos com análises de pH, resíduos de pesticidas, metais e outros poluentes, os biológicos número e diversidade de organismos, principalmente os invertebrados como a minhoca, colembolas e microrganismos. Os microrganismos por responderem mais rapidamente a mudanças do que as outras propriedades do solo, tanto sua presença como seus processos são amplamente utilizados como prontos e sensíveis indicadores das mudanças produzidas pelas práticas de manejos e condições ambientais.

PALAVRAS CHAVE: solo, microrganismos, produtividade, processos biogeoquímicos.

SUMMARY

SOIL QUALITY INDICATORS

The quality of soil has been associated with its productivity, capacity of sustain biological diversity, environmental quality as well plant and animal health. Soil quality depends on a large number of chemical, physical, biological and biochemistry properties. The soil physical quality indicators such as soil texture, structure, humidity, nutrient saturation or depletion, the chemicals such as pH, contaminants as pesticide, heavy metals and biological such as number and diversity of soil organisms mainly invertebrates and microorganisms are usually referred as soil quality indicators. The microbial processes respond to disturbance over a shorter time scales than other soil properties and has been used as an early and sensitive indicator of changes produced by management practices or environmental conditions.

KEY WORDS: soil, microorganisms, productivity, biogeochemical process.

Estima-se que a população humana será de 8,5 bilhões no ano 2020, devendo a produção de alimentos aumentar, em terras já exploradas, com projetos viáveis de sustentabilidade e qualidade do meio ambiente e dos alimentos. A agricultura consome cerca de 85% dos recursos hídricos existentes, sendo necessária a otimização do uso da água. O preparo do solo, uso do fogo, adubação química e orgânica, controle de doenças e pragas, tipos de cultura, processos de colheitas, armazenamento, etc, devem ser adequados para conservação do meio ambiente e sua sustentabilidade, mantendo a complexa rede de inter-relações existente entre os seres vivos e o ambiente.

A qualidade dos solos é medida pela sua capacidade de realizar funções de: sustentação da biodiversidade presente; regulação dos fluxos de água e solutos; degradação, imobilização e destoxificação de compostos orgânicos e

inorgânicos e ciclagem de nutrientes e de outros elementos.

Diferente da água e atmosfera o solo não possui ainda padrões de qualidade estabelecidos. Sua avaliação é conduzida por indicadores físicos, químicos e biológicos. As análises químicas de solo podem ser centradas no pH, na quantidade de metais, pesticidas, hidrocarbonetos, dioxinas e outros poluentes, ou análises físicas como compactação, umidade, capacidade de troca de íons, quantidade e tipos de material particulado como argila, silte e areia, etc. Dentre os biológicos, os microbiológicos têm grande importância e são baseados na diversidade e número da população microscópica, tais como: bactérias e fungos principalmente, sendo as algas e protozoários às vezes também avaliados. A respiração, biomassa, atividades de várias enzimas, capacidade de transformar

¹Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Caixa Postal 96, CEP 13400-970 Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: monteiro@cena.usp.br

substratos são parâmetros bastante considerados na avaliação da qualidade dos solos. Os processos de mineralização do carbono, nitrificação, desnitrificação fazem parte do ciclo da matéria orgânica ocorrendo continuamente e liberando CO₂ e água.

Avaliar o impacto de aplicações de pesticidas, lodo de esgoto, novos sistemas de manejo e cultivo, ou outras atividades de uso do solo, comparando diversos tratamentos, requer a análise de diversas variáveis que caracterizam diferentes tipos de solos segundo critérios físico-químicos e biológicos. A análise multivariada destes resultados tem levado a uma visão holística mais apropriada do que a visão univariada. Através de análise multivariada dos resultados de variáveis químicas, físicas e biológicas Stenberg *et al.* (1998) identificou três fatores importantes na qualidade de solos cultivados da Suécia, foram: matéria orgânica, pH e atividade microbiana. Uma revisão sobre a importância das técnicas estatísticas de tratamentos de dados pode ser encontrada em Poppi e Sena (2000).

A quantidade de matéria orgânica do solo (MO) é considerada um dos fatores chaves da qualidade, particularmente em solos agrícolas, onde a MO controla a erosão, atividade dos organismos presentes, exerce papel importante na complexação, transporte, disponibilidade de nutrientes, tendo grande impacto na estrutura física dos minerais do solo. A superfície do solo é compreendida, como sendo importante na ciclagem de nutrientes como N, P and S, como reservatório de carbono e como um sítio de trocas gasosas com a atmosfera. Entretanto, a quantidade de MO não indica a qualidade do solo em pequeno período de tempo. A ciclagem da MO, quando grosseiramente dividida em três componentes pode levar de 2-5 anos, 5-25 anos e 25 -2500 anos, a fração macroscópica particulada constituída de restos de plantas e animais nos primeiros estágios de degradação, a fração quimicamente definida e solúvel constituída por aminoácidos, proteínas, carboidratos, etc e o húmus, fração de coloração escura, complexa, aromática e polimérica, respectivamente (Stevenson, 1982).

Os microrganismos degradadores da MO portanto, são mais ativos quando há entrada de MO fresca no ecossistema. Geralmente os microrganismos têm sua atividade limitada por falta de substrato e sobrevivem na forma de estruturas de resistência, podendo permanecer assim por longos períodos de tempo. Quase sempre em contagem por plaqueamento em meios específicos o número de bactérias é superior aos de fungos, cerca de dez a cem vezes, já em termos de biomassa os fungos apresentam maiores valores, devido ao tamanho de suas hifas que atingem tamanhos consideráveis. Métodos baseados em

diluição e plaqueamento subestimam as populações presentes, em meios de cultura a formação de colônia se dá a partir da germinação de esporos, ou células bacterianas e nem todas as espécies produzem esporos que germinam ou têm crescimento muito lento em meio de cultura, ou ainda a grande diversidade metabólica encontrada no ambiente dificulta a sua replicação em meio de cultura no laboratório.

Diversos parâmetros têm sido considerados como indicadores de qualidade do solo, para a escolha do método deve se ter em mente os objetivos, tipo e condições do material a ser analisado, etc. Pankhurst *et al.* (1995) em dois experimentos de campo no sul da Austrália estudou mudanças na qualidade do solo em diferentes práticas agrícolas avaliando número de bactérias, actinomicetos, fungos, pseudomonas, celulolíticos, fungos-micorrízicos, patógenos de raízes, protozoários-bacteriófagos, mesofauna (colembolas e ácaros), minhocas, biomassa microbiana, mineralização de C e N, respiração *in situ*, decomposição de celulose e atividades de enzimas peptidases, fosfatases e sulfatases. Os melhores indicadores foram biomassa, mineralização do C, fungos micorrízicos, protozoários, respiração e enzimas peptidases.

Das propriedades biológicas mais citadas como bons indicadores da qualidade do solo têm sido C-biomassa microbiana e respiração basal (Doran & Parkin, 1994; Sparling, 1997), esses parâmetros são também recomendados em programas de monitoramento internacional. C-biomassa é correlacionada com conteúdo de MO dos solos (Pankhurst *et al.*, 1995). Desprendimento de CO₂ é um indicador dos processos catabólicos aeróbios dentro do ciclo do carbono e pode ser expresso de várias formas. O coeficiente metabólico reflete a eficiência da atividade ou a "saúde" da microflora (Anderson e Domsch, 1978).

Novos métodos podem prover de informações valiosas quanto ao estágio fisiológico da comunidade microbiana podem ser baseados em degradação de substratos comumente encontrados no solo mostrando o perfil fisiológico da comunidade microbiana (PFCMs) como o método "Ecoplate Biolog" outros podem prover uma estimativa maior da diversidade da comunidade microbiana através da análise baseadas em genes e biomarcadores (Inubushi & Acquaye, 2004).

Produtos tóxicos, como por exemplo os pesticidas podem aumentar a atividade ou a biomassa microbiana devido a adaptação de certas populações para catabolizarem a molécula ou os produtos de sua formulação. O uso de um ou mais pesticida, no campo, por repetidas vezes, pode levar a diminuição da biomassa (Hart & Brookess, 1996) ou aumentar a atividade (Araújo *et al.*, 2003).

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, J.P.E. & DOMSCH, K.D. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 10:215-221.
- ARAÚJO, A.S.F.; MONTEIRO, R.T.R. & ABARKELI, R.B. 2003. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. *Chemosphere* 52:799-804.
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. Proc. Symposium, Minneapolis, MN, 1992, Published by SSSA/ASA; Special Publication, 35, Doran J.W. *et al.* (Eds.) p. 3-21.
- HART, M.R. & BROOKES, P.C. 1996. Soil microbial biomass and mineralization of soil organic matter after 19 years of cumulative field application of pesticides. *Soil Biology and Biochemistry* 28:1641-49.
- INUBUSHI, K. & ACQUAYE, S. 2004. Role of microbial biomass in biogeochemical processes in paddy soil environments. *Soil Science and Plant Nutrition* 50:793-805.
- JOHNSON, D.; CAMPBELL, C.D.; LEE, J.A.; CALLAGHAN, T.V. and GWYNN-JONES, J. 2002. Arctic microorganisms respond more to elevated UV-B radiation than CO₂. *Nature* 416:82-83.
- PANKHURST, C.E.; HAWKE, B.G.; MCDONALD, H.J.; KIRKBY, C.A.; BUCKERFIELD, J.C.; MICHELSEN, P.; O'BRIEN, K.A.; GUPTA, V.V.S.R. & DOUBE, B.M. 1995. Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35:1015-1028.
- POPPI, R.J. & SENA, M.M. de. 2000. Métodos quimiométricos na análise integrada de dados. *In: Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo: manual técnico*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, Doc.21.
- POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C. & CHRISTENSEN, B.T. 1994. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in the total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biology and Biochemistry* 19:159-164.
- SPARLING, G.P. 1997. Soil microbial biomass activity and nutrient cycling as indicators of soil health. *In: Pankhurst B.M., Doube, B.M. and Gupta, V.V.S.R. (Eds.) Biological indicators of soil health*, CAB International, Wallingford, p. 97-119.
- STENBERG, B.; PELL, M. & TORSTENSSON, L. 1998. Integrated evaluation of variation in biological, chemical and physical soil properties. *Ambio* 27:9-15.
- STEVENSON, F.J. (Ed.). 1982. *Humus Chemistry: genesis, composition, reaction*. New York, John Wiley.