

**Variação da Qualidade do Solo em
Áreas Submetidas a Sistemas de
Manejo de Base Ecológica**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento228

Variação da Qualidade do Solo em Áreas Submetidas a Sistemas de Manejo de Base Ecológica

Ronaldo Pereira Ribes
Rafael Rekus Buss
Ana Cláudia Rodrigues de Lima
Helvio Debli Casalinho
Ênio Nilo Schiavon
José Ernani Schwengber

Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2015

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado

Endereço: BR 392, Km 78

Caixa postal 403, CEP 96010-971 - Pelotas/RS

Fone: (53) 3275-8100

www.embrapa.br/clima-temperado

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Comitê de Publicações da Unidade Responsável

Presidente: *Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-presidente: *Enio Egon Sosinski Junior*

Secretária: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros: *Ana Luiza Barragana Viegas, Fernando Jackson, Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto: *Eduardo Freitas de Souza*

Normalização bibliográfica: *Marilaine Schaun Pelufê*

Editoração eletrônica: *Jaqueline Jardim (estagiária)*

Foto de capa: *Ronaldo Pereira Ribes*

1ª edição

1ª impressão (2015): 30 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

E53 Variação da qualidade do solo em áreas submetidas a sistemas de manejo de base ecológica / Ronaldo Pereira Ribes... [et al.]. - Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015.
29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518 ; 228)

1. Solo. 2. Cultivo anual. 3. Cultivo perene.

I. Ribes, Ronaldo Pereira. II. Série.

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	16
Conclusões	23
Referências	25

Variação da Qualidade do Solo em Áreas Submetidas a Sistemas de Manejo de Base Ecológica

Ronaldo Pereira Ribes¹

Rafael Rekus Buss²

Ana Cláudia Rodrigues de Lima³

Helvio Debli Casalinho⁴

Ênio Nilo Schiavon⁵

José Ernani Schwengber⁶

Resumo

A atividade agrícola, em seus diferentes modelos convencionais, implica, de modo geral, a degradação do ecossistema natural e as modificações nas condições originais do recurso solo. A qualidade do solo, como Indicador de Sustentabilidade de Agroecossistemas, avaliada de forma integral, é um processo complexo e exige uma análise integrada de diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, as quais são influenciadas pelo manejo do sistema solo-água-plantas utilizado pelos agricultores, por condições de relevo e variações climáticas, principalmente. Para a construção de agroecossistemas mais sustentáveis, é fundamental que se avalie a qualidade do solo nessa perspectiva, a partir dos desempenhos de

¹ Graduando em Agronomia na Faem/UFPeL, bolsista do CNPq.

² Graduando em Agronomia na Faem/UFPeL, bolsista do CNPq.

³ Engenheira agrícola, Ph.D. em Qualidade do Solo, professora do Departamento de Solos/Faem/UFPeL.

⁴ Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Agronomia, professor do Departamento de Solos/Faem/UFPeL.

⁵ Agricultor, membro da Associação Regional de Produtores Agroecologistas da Região Sul de Pelotas (Arpa-SuL).

⁶ Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fruticultura de Clima Temperado, pesquisador da Embrapa Clima Temperado.

um conjunto de indicadores capazes de responder ao manejo adotado pelo agricultor. Quando esses indicadores são definidos reunindo o saber acadêmico com o saber localmente desenvolvido, o processo de avaliação se torna mais próximo da realidade da dinâmica de funcionamento dos agroecossistemas. Com essa perspectiva, o presente trabalho avaliou, temporalmente, um conjunto de indicadores da qualidade do solo em um agroecossistema familiar e de base ecológica, sob cultivos anuais e permanentes.

Os resultados obtidos sugerem, de forma geral, alterações das condições naturais do solo, ao compará-lo com área de vegetação nativa e uma tendência de manutenção de sua qualidade, ao longo do tempo, com melhores resultados na área sob cultivo permanente, quando comparada com a área sob cultivo anual.

Termos para indexação: Cultivo Permanente, Cultivo Anual, Indicadores, Sustentabilidade.

Soil Quality Variation in Areas under Agroecological Management Systems

Abstract

Agricultural activity in its different conventional models implies, in general, the degradation of the natural ecosystem and changes in the original soil condition. The soil quality evaluation, as Agroecosystems Sustainability Indicator, is a complex process and requires an integrated analysis of different physical, chemical and biological soil properties, which are influenced by the soil-water-plant management system used by farmers. In order to achieve an agroecosystem more sustainable, it is essential to assess soil quality in this perspective. The performance of a set of soil quality indicators has to be able to respond to the management adopted by the farmer. When these indicators are defined, including the academic knowledge and local knowledge, the evaluation process becomes closer to the agroecosystem dynamics reality. According to this perspective, the present study evaluated a set of soil quality indicators in an agroecological family farm under annual and permanent crops. In general, the results suggest changes in natural soil conditions when it is compared with the native area results, as well as a soil quality maintenance trend over time. The best results were found in the area under permanent crop when compared with annual crop.

Index Terms: Permanent Crop, Annual Crop, Indicators, Sustainability.

Introdução

Um solo de boa qualidade é base para a construção de agroecossistemas mais sustentáveis (DORAN; ZEISS, 2000), servindo como importante indicador para estabelecer planos de manejo do sistema solo-água-planta (HUSSAIN et al., 1999). Segundo Doran e Parkin (1994), uma definição concreta e consensual sobre qualidade do solo é difícil, por ser esse indicador complexo e decorrente de um processo de avaliação integrado de diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas do solo que são influenciadas, também, por fatores externos, como práticas de manejo e uso da terra, interações do meio ambiente, prioridades socioeconômicas e políticas públicas. Agrega-se a isso o fato da composição do solo variar enormemente, dependendo de suas diversas classes e por serem esses dinâmicos no tempo e no espaço (SOJKA; UPCHURCH, 1999).

A atividade da agricultura, em seus modelos convencionais, quase sempre implica o empobrecimento do ecossistema natural, com perda da biodiversidade, entre outros fatores, sendo responsável por um desequilíbrio quando ali existente. A modificação de um ecossistema natural pelo homem, visando à produção de bens necessários à sua sobrevivência, forma um agroecossistema, o qual pode ser considerado uma parcela de terra utilizada com um determinado sistema de produção, constituído por um conjunto ordenado de atividades, manejados de tal forma que propiciem respostas de acordo com os objetivos dos agricultores (CONWAY, 1993; FEIDEN, 2005).

O manejo ecológico do sistema solo-água-planta tem sido considerado uma condição fundamental para a construção de agroecossistemas mais sustentáveis. Isso se torna operativo quando esse é planejado com o objetivo de manter a qualidade e a quantidade dos recursos naturais e sua vitalidade ao longo do tempo, sendo garantido por meio de boas práticas agrícolas que possibilitem reproduzir os processos ecológicos que ocorrem em ecossistemas naturais (GLIESSMAN, 2000).

Observa-se que, quando diferentes propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são analisadas em conjunto, correlacionadas entre si e com diferentes processos que ocorrem no sistema solo-água-planta, a visualização e a ordem de influência dessas variáveis são bem mais claras (MELLONI et al., 2008). Demonstra-se, assim, a importância da utilização de diferentes propriedades (indicadores) na avaliação da qualidade do solo, de modo que no seu conjunto atenda melhor à compreensão do papel que esse recurso exerce na construção de agroecossistemas mais sustentáveis.

O presente trabalho apresenta os resultados de avaliações executadas em 2002, 2005, 2007 e 2013 em áreas sob cultivos anuais e permanentes de um agroecossistema familiar, de base ecológica, que teve como objetivos:

a) Avaliar, temporalmente, alguns indicadores da qualidade do solo sob cultivos anuais e permanentes e

b) Confrontar os valores obtidos na área de vegetação nativa adjacente às áreas manejadas após 12 anos de cultivo.

Materiais e Métodos

A propriedade agrícola onde foi realizado o trabalho está localizada no município de Pelotas, RS – Colônia São Manoel, com 9,8 hectares de área e distante 60 km da malha urbana do município, com acesso pela BR 392 (Pelotas-Canguçu). A família é composta pelo casal Schiavon e três filhos, sendo que apenas o mais jovem reside na propriedade. Comercializa seus produtos em feiras livres, por meio da ARPA-SUL (Associação Regional de Produtores Agroecologistas da Região Sul) e a mão de obra é constituída, fundamentalmente, pelo casal. Pela classificação de Köppen, o clima da região onde está localizada a propriedade é considerado Subtropical (Cfa), com médias térmicas entre 17°C e 19°C, e com pluviosidade média de 1500 mm/

ano, com chuvas bem distribuídas (ONU, 2001). O relevo varia de suave a forte ondulado, com a presença de solos que compreende a associação de Argissolo com Neossolo (EMBRAPA, 2013). A área cultivada da propriedade é dividida entre cultivos anuais como milho, feijão, mandioca, batata doce, oleráceas diversas (Figura 1) e cultivos permanentes, notadamente videira, pessegueiro e citros (Figura 2).

Foto: Hélvio Debli Casalinho



Figura 1. Área com cultivo anual de milho.

O trabalho foi desenvolvido com base em informações diretas obtidas no ano de 2013 e em resultados de anos anteriores da pesquisa. Ressalta-se que, no primeiro ano de sua execução (2002), todas as áreas avaliadas estavam com cerca de cinco anos sob manejo ecológico.

A sequência metodológica desenvolvida no trabalho foi fundamentada



Figura 2. Área com cultivo permanente de videira.

no Método Integrado de Avaliação da Qualidade do Solo (MIAQS), descrita em Casalinho et al. (2007), composto das seguintes etapas:

- a) Seleção de um conjunto mínimo de indicadores, considerando tanto o saber científico quanto o saber popular, cuja percepção sobre qualidade do solo foi identificada utilizando questionários e entrevistas elaborados segundo Gil (1991); Haguette, (1999);
- b) Avaliação dos indicadores;
- c) Identificação dos níveis de desempenho (valores quantitativos) de cada indicador que represente seu nível de limitação à produção agrícola, fundamentado em resultados de pesquisa, em revisão bibliográfica e na experiência de pesquisadores;

d) Identificação, entre os resultados obtidos nas áreas estudadas da propriedade, dos valores que expressam os melhores desempenhos dos indicadores;

e) Construção de descritores quantitativos contínuos para cada indicador, definidos como o conjunto de cinco níveis de impacto que descrevem seus desempenhos e cujos valores extremos correspondem, respectivamente, ao de menor atratividade e o de maior atratividade, atribuindo-lhes pesos zero e dez, respectivamente;

f) Definição dos três níveis de impacto intermediários dos descritores, dividindo-se a diferença entre os valores de melhor e pior atratividade por quatro;

g) Atribuição, por juízo de valor, de índices ponderados a cada um dos três níveis de impactos intermediários dos descritores, considerando o grau de importância de cada indicador e o quanto poderia melhorar seu desempenho, ao passar de um nível de impacto para outro, levando-se em conta os dados referenciais existentes sobre seu desempenho;

h) Determinação, por interpolação matemática, dos índices ponderados correspondentes ao desempenho de cada indicador, a partir dos valores obtidos em suas análises;

i) Integração quantitativa dos valores ponderados por meio de Índices Agregados de Qualidade do Solo;

j) Análise, interpretação e apresentação dos resultados.

Os indicadores selecionados por meio da percepção dos agricultores (saber popular) foram: compactação; matéria orgânica; número de minhocas; profundidade do solo; cor do solo; erosão; plantas indicadoras; porosidade do solo; aparência da planta e organismos

do solo. A esses foram agregados outros, obtidos por meio de revisão bibliográfica pertinente à temática tratada, tais como: disponibilidade de nutrientes, carbono orgânico, estrutura, compactação, pH, condutividade elétrica (DORAN; PARKIN, 1994); textura, profundidade do solo, densidade do solo, taxa de infiltração, matéria orgânica, temperatura do solo, carbono microbiano (DORAN et al., 1996); estrutura, erosão hídrica, salinidade, matéria orgânica (LAL, 1999) . Como resultado dessa integração de saberes, foram utilizados nos dois primeiros anos da pesquisa os indicadores: carbono microbiano, carbono orgânico, densidade do solo, diâmetro médio ponderado, espessura do horizonte A, fósforo disponível, macroagregados, população de minhocas, porosidade total, relação micro/macroporosidade, resistência mecânica do solo à penetração e saturação de bases.

Nas avaliações subsequentes, apenas carbono orgânico (gC 100g), população de minhocas (ind.10000 cm⁻³), densidade do solo (Mg m⁻³), espessura do horizonte A (cm), saturação de bases (%) e fósforo disponível (mg dm⁻³) foram analisados, constituindo-se, assim, no conjunto dos indicadores objetos de análise do presente estudo.

Neste trabalho algumas das etapas do MIAQS foram suprimidas, pois não havia necessidade de repetir parte da metodologia utilizada nos dois primeiros anos da pesquisa. Assim, adotou-se a seguinte sequência:

1 - Aplicação de entrevistas semiestruturadas junto à família agricultora para identificar e caracterizar o manejo do sistema solo-água-planta utilizado;

2 - Coleta das amostras de solo, adotando-se o seguinte procedimento: 3 amostras compostas por área, constituídas cada uma delas de 10 subamostras, para análises químicas; 3 amostras indeformadas e 3 deformadas, por área, para análises físicas;

3 amostras deformadas por área para análises biológicas. A profundidade das coletas, em ambas as amostragens, foi de 0-20 cm;

3 – Análise dos indicadores: Carbono Orgânico, determinado pelo método descrito por Vance et al. (1987); População de Minhocas, avaliada tendo como referência métodos propostos por Meinicke (1983), Blair et al. (1996) e USDA (1999); Densidade do Solo determinada pelo método do anel volumétrico, segundo procedimentos descritos no Manual de Métodos de Análise do Solo (EMBRAPA, 2011); Espessura do Horizonte A estimada por meio de medições feitas em três pontos representativos de cada área; Fósforo Disponível e Saturação de Bases seguindo metodologias usuais descritas pela Comissão de Fertilidade do solo (TEDESCO et al., 1995) e seguindo procedimentos utilizados usualmente pelos laboratórios do Departamento de Solos da FAEM/UFPEL;

4 - Ponderação dos valores médios dos desempenhos encontrados para cada indicador, considerando uma escala compreendida entre 0 (valores mais restritivos) e 10 (melhores desempenhos encontrados nas áreas manejadas) e consequente cálculo do IQS, o qual representa a média do conjunto de valores atribuídos a cada indicador;

5 - Construção de um gráfico radial para gerar uma visualização conjunta do desempenho dos indicadores seguindo metodologia proposta por BrinkTen et al. (1991);

6 - Comparação dos desempenhos dos indicadores avaliados tanto nas áreas manejadas quanto na de vegetação nativa (VN), adjacente a essas, a fim de verificar o comportamento do solo em diferentes condições de manejo ao longo do tempo.

Resultados e Discussão

O manejo do sistema solo-água-plantas das áreas é diversificado, incluindo o uso de tração mecânica, animal e/ou manual no preparo do solo e plantio; cultivo mínimo e escarificação; calagem, utilização de esterco de aves e de bovinos, húmus de minhoca e composto de resíduos vegetais, como fertilizantes; uso de cobertura morta com palha e plantas espontâneas; introdução de oligoquetas exóticas e uso de sementes próprias e/ou adquiridas de agricultores agroecológicos. Esse conjunto de práticas agrícolas é basicamente o mesmo adotado pelo agricultor, no ano de 2002, identificado e caracterizado já naquele primeiro ano de execução dessa pesquisa. Pequenas variações ocorridas no sistema de manejo, ao longo desses anos, é uma atitude normal entre os agricultores, notadamente no que diz respeito às práticas de adubação, pois dependem da disponibilidade de material orgânico e das próprias culturas que são trabalhadas ao longo de cada ano agrícola.

Os valores de referência com relação à menor atratividade dos indicadores (VmA), com as respectivas fontes bibliográficas, e os de maior atratividade (VMA), obtidos entre os melhores valores encontrados nas áreas manejadas, são apresentados na Tabela 1.

Os valores médios ponderados dos desempenhos dos indicadores e os Índices Agregados de Qualidade do Solo (IQS) correspondentes às áreas sob cultivo anual permanente estão apresentados, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3.

Os resultados dos desempenhos dos indicadores expressos na forma de um índice agregado de qualidade do solo possibilitam uma avaliação integral e integrada da situação geral do solo, a partir dos indicadores utilizados. Esses resultados mostram que há uma tendência, ao longo dos anos, de manutenção de valores acima da média e que são considerados satisfatórios em ambas as áreas, em

que pese haver diferenças de desempenho entre os indicadores físicos, químicos e biológicos utilizados. Isso, provavelmente, se deve ao longo período com sistemas de manejo de base ecológica em que as áreas da propriedade estão submetidas.

Tabela 1. Valores de menor e de maior atratividade para os indicadores da qualidade do solo.

Indicador	Unidade	VmA	Referências para VmA	VMA
Densidade do Solo	Mg m ⁻³	1,6	Kiehl (1979), Lal (1999), USDA/NRCS (1999), Carvalho Júnior et al. (1998)	1,22
População de Minhocas	un/10000 cm ³	0	Meinicke (1983), USDA/NRCS (1999)	6,0
Saturação Bases	%	20	Nachigall; Vahl (1989)	52,0
Fósforo Disponível	mg/dm ³	3,0	ROLAS (2004)	50,0
Espessura Horizonte A	cm	20	Lepsch (1983), Cunha; Silveira (1996)	49
Carbono Orgânico	gC/100g	0,5	ROLAS (2004)	2,64

VmA: Valores menos atrativos ; VMA: Valores mais atrativos

Tabela 2. Média dos valores ponderados dos indicadores para as áreas sob cultivo anual e respectivos Índices de Qualidade do Solo (IQS)

Indicadores	2002	2005	2007	2013
Carbono Orgânico (gC 100g)	10,0	7,2	4,7	6,0
Pop. Minhocas (ind. 10000 cm ⁻³)	5,6	5,0	5,6	3,7
Densidade de Solo (Mg m ⁻³)	5,9	7,6	9,4	5,5
Espessura Horizonte A (cm)	6,0	6,8	6,8	8,0
Saturação Bases (%)	7,1	8,4	10,0	9,7
Fósforo Disponível (mg dm ⁻³)	9,4	10,0	6,5	10,0
IQS	7,3	7,5	7,2	7,2

Tabela 3. Médias dos valores ponderados dos indicadores para as áreas sob cultivo permanente e respectivos Índices de Qualidade do Solo (IQS)

Indicadores	2002	2005	2007	2013
Carbono Orgânico (gC 100g)	5,6	6,2	5,1	6,3
Pop. Minhocas (ind. 10000 cm ⁻³)	7,5	6,3	8,8	10,0
Densidade de Solo (Mg m ⁻³)	7,0	10,0	9,7	4,8
Espessura Horizonte A (cm)	8,4	8,4	10,0	8,9
Saturação Bases (%)	8,5	8,3	9,1	9,4
Fósforo Disponível (mg dm ⁻³)	9,6	9,4	10,0	10,0
IQS	7,8	8,1	8,8	8,2

Essa tendência à manutenção da qualidade do solo, expressa pelos valores dos IQS, permite inferir que são as ações integradas e continuadas de boas práticas agrícolas que compõem o sistema de manejo utilizado pelo agricultor. Essas, provavelmente, contribuem de forma marcante pela condição de manutenção da qualidade do solo, principalmente aquelas referentes ao uso intensivo de diferentes tipos de adubos orgânicos e de biofertilizantes, em associação com rotação de culturas, adubação verde, cultivos de cobertura e a eliminação completa do uso de agrotóxicos, contribuindo, assim, para a melhoria da sustentabilidade do agroecossistema (CASALINHO et al., 2007).

Para uma melhor visualização e entendimento da família agricultora com relação aos resultados encontrados, foram também construídos os diagramas apresentados nas Figuras 3 e 4. Esses diagramas apresentam, individual e integradamente, o desempenho dos indicadores utilizados, a partir da ponderação de seus valores, como forma de mostrar o contexto geral das áreas, objetivo principal do presente trabalho. Os valores de 0 a 10, dispostos ao longo de cada eixo, referem-se, respectivamente, ao pior e ao melhor desempenho de cada indicador. Essa forma de apresentação sugere que quanto mais próximo do valor 10, melhor é a condição do indicador. Por outro lado, desempenhos piores tendem a se aproximar do nível zero. Assim, quanto mais próxima a figura formada pelo conjunto dos

desempenhos dos indicadores estiver do anel externo do hexaedro, melhor é o desempenho da qualidade do solo como um todo. Isso representaria um Índice de Qualidade do Solo (IQS) mais adequado, o que está apresentado pelo diagrama da figura 5, evidenciando os valores obtidos para as áreas sob cultivos anual e permanente, nos quatro anos em que a avaliação foi procedida.

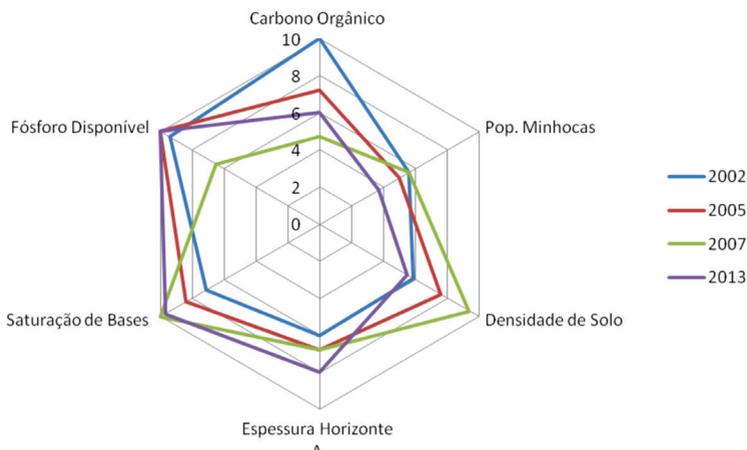


Figura 3. Valores ponderados dos indicadores para as áreas sob cultivo anual no período de desenvolvimento do trabalho.

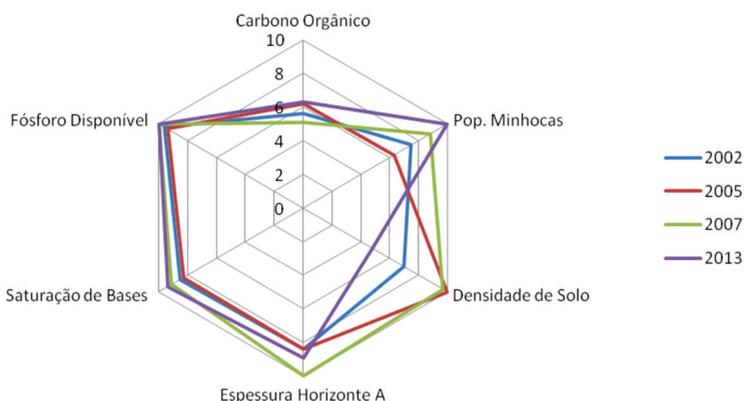


Figura 4. Valores ponderados dos indicadores para as áreas sob cultivo permanente no período de desenvolvimento do trabalho.

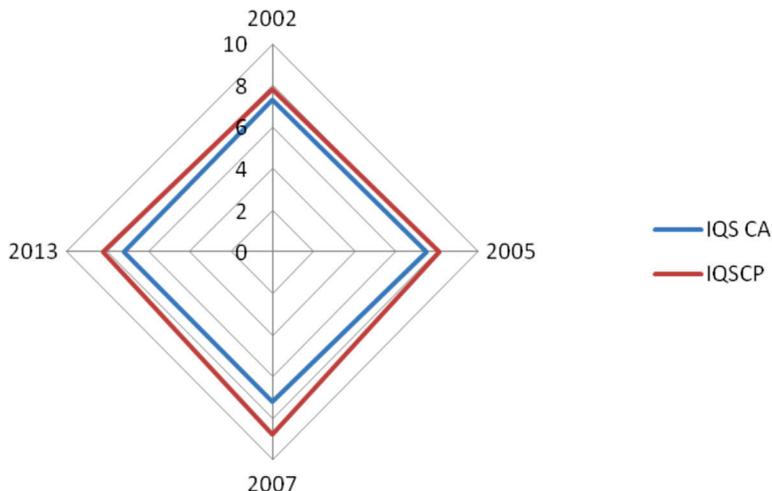


Figura 5. Valores dos Índices de Qualidade do Solo (IQS) nas áreas sob cultivo anual (CA) e sob cultivo permanente (CP) no período de desenvolvimento do trabalho

As médias dos desempenhos dos indicadores na área de vegetação nativa (mata) e nas áreas manejadas (cultura anual e permanente) estão dispostas na Tabela 4 e evidenciam, pelos seus resultados, a ação antrópica nessas áreas cultivadas.

Tabela 4. Valores médios dos desempenhos dos indicadores na área sob vegetação nativa em áreas de cultivo anual e permanente, nas quatro avaliações anuais no período avaliado.

Indicadores	Vegetação Nativa	Cultura Anual	Cultura Permanente
Carbono Orgânico (gC 100g)	2,64	1,71	1,52
Pop. Minhocas (ind. 10000 cm ⁻³)	2,0	4,0	6,50
Densidade de Solo (Mg m ⁻³)	1,22	1,30	1,27
Espessura Horizonte A (cm)	49,0	34,12	35,0
Saturação Bases (%)	52,0	64,17	65,73
Fósforo Disponível (mg dm ⁻³)	4,68	41,59	47,31

Observa-se, tanto na área de cultura anual quanto na de cultura permanente, que os desempenhos dos indicadores foram diretamente influenciados pelo manejo do sistema solo-água-plantas, ao longo do tempo. Verifica-se que essa influência foi tanto positiva quanto negativa e está intimamente relacionada às práticas de manejo que o agricultor adotou ao longo do tempo, desde os primórdios de sua atividade agrícola com manejo convencional, quanto como agricultor agroecológico, a partir do que inicia um novo processo de utilização de suas terras.

Isso pode ser constatado nos três grupos de indicadores, físicos, químicos e biológicos. A comparação de resultados de acumulação de carbono orgânico em solos sob diferentes usos e manejos deve ser feita considerando, além do tempo de adoção de determinado tipo de preparo do solo e rotação de culturas, a textura do solo e fatores climáticos locais (PAUSTIAN et al., 1995), assim como a quantidade, característica e forma de adição de resíduos no solo (WANDER et al., 1998).

As minhocas são consideradas por muitos autores elementos importantes nos sistemas de avaliação da qualidade dos solos agrícolas (SUTHAR, 2009; VELAZQUEZ et al., 2007). Foi verificado um aumento no número de minhocas na área de cultivo permanente, comparando com área de cultivo anual, possivelmente pelo não revolvimento intensivo do solo e pelo fato de a vegetação espontânea ser mantida, evitando a radiação solar direta na superfície do solo, sendo este um dos fatores que influencia a presença e a diversidade desses organismos. As práticas de preparo do solo adotadas nos agroecossistemas tendem a reduzir as populações de minhocas e sua atividade biológica (CLAPPERTON et al., 1997), seja pelas lesões aos corpos das mesmas durante o preparo do solo ou pela destruição das galerias e redução das fontes de alimento (CURRY et al., 2002). No entanto, em relação à área de vegetação nativa, verificou-se a presença de um número menor de indivíduos desse organismo, possivelmente decorrente da introdução às áreas cultivadas de uma

população de espécies exóticas, desde o início de suas atividades com manejo ecológico (a qual está se mantendo, graças ao aporte de material orgânico que ocorre nessas áreas).

Em relação à densidade do solo, verificou-se que as duas áreas sob cultivo apresentam valores muito próximos e um pouco mais elevados em relação àqueles da área de vegetação nativa. Considerando estudos de Camargo e Alleoni (1997), os valores obtidos no presente trabalho encontram-se abaixo daqueles relatados como limitantes ou com potencial de causar dificuldades ao crescimento e desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, ao pleno desenvolvimento das culturas, movimento de água e condução de ar no solo.

Ao observar a espessura do horizonte A, nota-se que os dados obtidos nas áreas dos dois cultivos estão muito próximos, mas inferiores aos encontrados na área de mata, possivelmente pelo fato dessas, localizadas em situação de relevo movimentado, de suave a forte ondulado, terem sido trabalhadas intensivamente com manejo convencional por décadas que antecederam a inserção do agricultor na atividade da agricultura de base ecológica. Os maiores impactos sobre o solo, decorrentes de operações de manejo adotadas em plantios convencionais, são, em sua maioria, atribuídas a operações de preparo do solo (GONÇALVES, 2002). Segundo Brito et al. (2005), em áreas de relevo movimentado, de suave a forte ondulado, esses problemas se intensificam, uma vez que o manejo é dificultado. Por outro lado, o acúmulo de material orgânico, em diferentes estágios de decomposição, na área de vegetação nativa, ao longo dos anos, pode contribuir para espessar o horizonte superficial (SWIFT et al., 1979).

Quanto aos valores relacionados à química do solo, verifica-se que a saturação por bases e o teor de fósforo apresentaram, tanto nas áreas de cultivo anual quanto na de cultivo permanente, valores similares, mas bastante superiores aos da área de vegetação nativa.

Isso, possivelmente, decorre do manejo desenvolvido pelo agricultor ao longo dos anos, que contempla um grande e diversificado aporte de resíduos orgânicos, proporcionando uma condição favorável para a ciclagem de nutrientes. Esses valores são considerados adequados, conforme (NACHIGALL; VAHL, 1989), ao avaliarem a saturação por bases em solos regionais, e conforme (ROLAS, 2004), com relação aos teores de fósforo. Segundo Souza e Alves (2003), as condições químicas do solo são diretamente afetadas pelo uso e manejo, incluindo-se nesse contexto todo aporte de material orgânico que o agricultor faz em sua área, incluindo esterco de aves, de bovinos, húmus de minhoca, compostos orgânicos, adubação verde, além de utilizar diferentes fertilizantes minerais naturais e calcário.

Conclusão

De maneira geral, o conjunto das práticas de manejo que compõem o sistema utilizado pelo agricultor tem, ao longo dos anos, contribuído para a manutenção da qualidade do solo;

Os resultados obtidos, ao longo do tempo, mostram que há boa similaridade entre os Índices de Qualidade do Solo, tanto nas áreas de cultivo permanente quanto nas sob cultivos anuais;

Os resultados encontrados na área de vegetação nativa evidenciam as modificações no desempenho dos indicadores da qualidade do solo, decorrentes dos diferentes manejos do sistema solo-água-planta utilizado pelo agricultor ao longo do tempo;

O aporte de adubos orgânicos, realizado durante anos nas áreas cultivadas, contribuiu para um melhor desempenho dos indicadores químicos do solo.

A partir das conclusões obtidas com o presente estudo, que confere

certa fragilidade no desempenho dos indicadores biológicos e físicos, é possível sugerir o uso de práticas de cobertura do solo, de aporte de material orgânico e a diminuição ou eliminação das práticas convencionais de preparo do solo, como forma de contribuir para o aumento da população de minhocas e diminuição da densidade do solo.

Referências

BLAIR, J. M.; BOHLEN, P. J.; FRECKMAN, D. W. Soil invertebrates as indicators of soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. (SSSA. Special Publication, 49). p. 273- 291.

BRINKTEN, B. J. E.; HOSPER, S. H.; COLIJN. A quantitative method for description & assessment of ecosystems: the AMOEBA-approach. **Marine pollution bulletin**, v. 23, p. 265-270, 1991.

BRITO, F. B. Erosão hídrica de Latossolo Vermelho muito argiloso relevo ondulado em área de pós-plantio de eucalipto no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do Estado de Minas Gerais. **Scientia forestalis**, v. 67, p. 27-36, 2005.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132 p.

CARVALHO JÚNIOR, I. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo vermelho- escuro textura média, na região do cerrado. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 505-514, 1998.

CASALINHO, H. D.; MARTINS, S. R.; SILVA, J. B.; LOPES, A. S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de Agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 2. p. 195-203, 2007.

CLAPPERTON, M. J.; MILLER, J. J.; LARNEY, F. J.; LINDWALL, C. W. Earthworm populations as affected by long-term tillage practices in Southern Alberta, Canada. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, n. 3-4, p. 631- 633, 1997.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO. **Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA/CNTP, 1995. 224 p.

CONWAY, G. R. **Análise participativa para o desenvolvimento agrícola sustentável**. Rio de Janeiro: ASPTA, 1993. 32 p.

CUNHA, N. G. da; SILVEIRA, R. J. C. da. **Estudo dos solos do município de Pelotas**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT / UFPEL, 1996. 54 p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 12).

CURRY, J. P.; BYRNE, D.; SCHMIDT, O. Intensive cultivation can drastically reduce earthworm populations in arable land. **European Journal of Soil Biology**, v. 38, n. 2, p. 127-130, 2002.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. Defining soil quality for a sustainable environment. **American Society of Agronomy**, Madison, v. 35, p. 03-21, 1994.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A Soil health and sustainability. In: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in Agronomy**, v. 56, p. 1-54, 1996.

DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, p. 03-11, 2000.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

FEIDEN, A. Agroecologia: introdução e conceitos. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 61-69.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 654 p.

GONÇALVES, J. L. M. Conservação do solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 47-130.

HAGUETTE, T. M. **Metodologias qualitativas na sociologia**. Petrópolis: Vozes, 1999. 224 p.

HUSSAIN, I.; OLSON, K. R.; WANDER, M. M.; KARLEN, D. L. Adaptation of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. **Soil & Tillage Research**, v. 50, p. 237-249, 1999.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1979. 264 p.

LAL, RATTAN. **Métodos para avaliação do uso sustentável dos recursos solo e água nos trópicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 1999. 97 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 3).

LEPSCH, I. F. **Manual para levantamento do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4a aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1985. 175 p.

MEINICKE, A. **As minhocas**. Ponta Grossa: Cooperativa Agropecuária Campos Gerais Ltda, COOPENSUL/EMBRAPA, 1983. 124 p.

MELLONI, R.; MELLONI, E. G. P.; ALVARENGA, M. I. N.; VIEIRA, F. B. M. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Itajubá, v. 32, p. 2461-2470, 2008.

NACHTIGALL, G. R.; VAHL, L. C. Parâmetros relacionados à acidez em solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2. p. 139-143, 1989.

ONU (ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS). **Painel intergovernamental de mudanças climáticas: efeito estufa é muito pior do que se imaginava**. 2001. Disponível em: <<http://www.wwiuma.org.br>>. Acesso em: 05 maio 2002.

PAUSTIAN, K.; COLLINS, H. P.; PAUL, E. A. Management controls on soil carbon. In: PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T.; COLE, C. V. (Ed.). **Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p. 15-49.

ROLAS (Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal). **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

SOJKA, R. E.; UPCHURCH, D. R. Reservas em relação ao conceito de qualidade do solo. **Soil Science Society of America**, v. 63, p. 1039-1054, 1999.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico de Cerrado sob diferentes usos e manejos.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 27, p. 133-139, 2003.

SUTHAR, S. Earthworm communities a bioindicator of arable land management practices: a case study in semiarid region of India.

Ecological indicators, v. 9, n. 4, p. 588-594, 2009.

SWIFT, M. J.; HEAL, D. W.; ANDERSON, J. M. **Studies in Ecology- Decomposition in Terrestrial and Aquatic Ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, UFRGS, 1995. 174 p.

USDA (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE). **Soil quality test kit guide**. Washington: NRCS/ Soil Quality Institute, 1999. 88 p.

VANCE, A.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 19, n. 6, p. 7033- 707, 1987.

VELAZQUEZ, E.; LAVELLE, P.; ANDRADE, M. GISQ: multifunctional indicator of soil quality. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 12, n. 39, p. 3066-3080, 2007.

WANDER, M. M.; BIDART, M. G.; AREF, S. Tillage impacts on depth distribution of total and particulate organic matter in three Illinois soils. **Soil Science Society American Journal**, v. 62, p. 1704-1711, 1998.

Embrapa

Clima Temperado

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

CGPE 12605