ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Proposta da metodologia RAQS para avaliação visual da qualidade do solo¹

Kelly Rejane de Souza², Rogério Melloni³, Gustavo Magno dos Reis Ferreira⁴, Suemis Maria Parenti de Souza⁵ e Juliana Trevisan Rezende⁶

²Bióloga, mestre em Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto de Recursos Naturais (IRN), Universidade Federal de Itajubá (Unifei), Avenida BPS, 1303. CEP 37.500-903. Itajubá, MG. E-mail: kelfloresta@hotmail.com. ³Engenheiro agrônomo, Prof. Dr. IRN, Unifei. E-mail: rogerio.melloni@gmail.com. ⁴Biólogo, doutorando em Microbiologia Agrícola. Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia (DBI). Av. Doutor Sylvio Menicucci, 1001 - Kennedy, MG, 37200-000. E-mail: gustavo_mrf@yahoo.com.br. ⁵Nutricionista, mestranda em Microbiologia Agrícola. Universidade Federal de Lavras, DBI. E-mail: su_nutripa@yahoo.com.br. ⁶Graduanda em Engenharia Ambiental. IRN, Unifei. E-mail: jurezende8@hotmail.com

Artigo recebido em 03/11/2016 e aceito em 24/11/2016

RESUMO

O monitoramento da qualidade do solo por meio de indicadores visuais é recomendado por diversos autores e pode ser utilizado em estudos relacionados à sustentabilidade de ambientes. No entanto, há diferentes metodologias que podem ser empregadas para esse monitoramento e uma análise comparativa das mesmas não tem sido relatada, dificultando sua padronização e emprego. O objetivo desse trabalho foi propor uma nova metodologia de avaliação visual da qualidade do solo. Dessa forma, foram aplicadas, neste estudo, cinco metodologias de avaliação visual em pastagens sob diferentes condições, que possibilitaram a elaboração e aplicação da nova metodologia denominada RAQS (Referência para Avaliação da Qualidade do Solo). Todas as metodologias possibilitaram a avaliação da qualidade do solo de forma fácil, rápida e sem custos, apesar da variação da sensibilidade. A metodologia RAQS mostrou-se útil, facilmente replicável e de grande sensibilidade na avaliação da qualidade do solo, englobando maior número de indicadores de solo, plantas e fauna, em relação às demais metodologias.

Palavras-Chave: Ambientes, Indicadores, Manejo do solo, Pastagem.

Proposal of RAQS methodology for evaluation of soil quality

ABSTRACT

The soil quality monitoring through visual indicators is recommended by several authors and can be used in studies related to sustainability of environments. However, there are different methods that can be employed for this monitoring and a comparative analysis has not been reported, making it difficult to standardize and employment. The aim of this work was propose a new method of visual evaluation of soil quality. Thereby, in this study were applied five visual evaluation methods in pasture under different conditions, which contributed to the elaboration and application of the new method called RAQS (Reference for evaluation of soil quality). All the methods allowed the evaluation of the soil quality easily,

¹ Artigo extraído de dissertação de Mestrado da primeira autora.

quickly and free of charge, despite the variation of sensibility. The RAQS method proves useful, easily replicable and great sensitivity in the evaluation of soil quality, encompassing more indicators of soil, plants and fauna, in relation to the others.

Keywords: Environments, Indicators, Soil management, Pasture.

Introdução

O solo é resultado de diversas ações, tanto físicas, químicas e biológicas, podendo destacar cinco fatores principais que influenciam a sua formação: tempo, clima, topografia, organismos e material de origem (Egli et al., 2014), os quais podem exercer efeito em sua qualidade. No entanto, devido à grande dificuldade em compreender e realizar as avaliações da qualidade do solo em diversos ambientes, indicadores de qualidade foram desenvolvidos para serem utilizados no monitoramento de diversos ambientes (López-Ridaura et al., 2001). Para determinar a qualidade do solo a ser estudado, é necessário ter objetivos claros, selecionando os melhores modelos e indicadores para avaliar os possíveis impactos a serem avaliados (Legaz, et al., 2016).

Nesse sentido, os indicadores de qualidade do solo, podem ser divididos em atributos físicos (Crittenden et al., 2015), químicos (Cherubim et al., 2015), biológicos (Garbisu et al., 2011) e visuais (Melloni et al., 2008; Niero et al., 2010; Guimarães et al., 2013), sendo os últimos destacados em função de sua simplicidade e praticidade na avaliação, podendo discriminar diferentes regiões impactadas (Melloni et al., 2008). Apesar dessa divisão ser bem estabelecida, os atributos estão interligados e, para que sejam eficientes na identificação da qualidade do solo, é necessário determinar valores e/ou padrões críticos (Gomes et al., 2006; Melloni et al., 2008).

Ball et al. (2016) demonstraram que métodos de avaliação visual do solo podem ser utilizados para detectar processos de compactação do solo, podendo ser aplicadas nas decisões de gestão para melhoria do solo, além de conhecimentos e ideias para a inovação na agricultura. Com as avaliações visuais da estrutura do solo, pode-se entender aspectos biológicos, como apresentado por Franco et al. (2016), onde foi demonstrado que a deterioração da estrutura do solo correlaciona-se com a abundância e riqueza de macroinvertebrados no solo, com decréscimo nas áreas impactadas.

As avaliações da qualidade do solo têm sido conduzidas sob diferentes condições, incluindo

agricultura orgânica e convencional, em sistemas de rotação de culturas, em áreas pós-mineradas, em áreas que recebem aplicação de resíduos orgânicos e queima, com efeito do tráfego de máquinas no plantio direto, entre outras (Melloni, 2001; MVSA, 2005; Carlesi, 2008; Yao et al., 2013). Isso demonstra que a necessidade de compreender e avaliar a qualidade do solo está ficando cada vez mais importante, principalmente pelo crescente interesse público em determinar os efeitos das práticas de gestão dos recursos para a sustentabilidade do solo.

Assim, devido às crescentes pressões de uso da terra, existe um aumento na demanda por metodologias de avaliação da qualidade do solo. Entre as metodologias utilizadas neste estudo estão aquelas apresentadas por Melloni (2001), Casalinho et al. (2007), Nicholls et al. (2004), *Manual Visual Soil Assessment* (MVSA, 2005) e Carlesi (2008).

Em metodologia proposta por Melloni (2001), em áreas de mineração de bauxita, a avaliação visual foi realizada por meio de uma planilha, por meio da qual os avaliadores atribuíram notas de 0 (pior) a 5 (melhor ou referência) para diversas características dos solos avaliados. Essa metodologia tem sido também empregada em outras diferentes condições (Silveira et al., 2004; Mendes et al., 2006; Melloni et al., 2008). Já a metodologia de Casalinho et al. (2007) foi desenvolvida junto a agricultores do Rio Grande do Sul, avaliando o desempenho de cada indicador utilizando três níveis de limitação: alto, médio e baixo, que retratam as condições do solo. Exemplo de aplicações dessa metodologia pode ser obtido em Audeh et al. (2011).

Uma metodologia para avaliar rapidamente a qualidade do solo e a saúde de sistemas de cultura de uvas para produção de vinhos, nos Estados Unidos, foi proposta por Nicholls et al. (2004). Nessa metodologia, cada indicador recebeu notas 1, 5 ou 10, sendo que cada nota possuía uma descrição das características correspondentes. Aplicações dessa metodologia podem ser obtidos em Ministério do Desenvolvimento Agrário-MDA (2007) e Pinto et al. (2013).

Outro método como o *Manual Visual Soil Assessment* (MVSA) (MVSA, 2005) foi

desenvolvido no Reino Unido com o objetivo de implementar uma gestão sustentável do solo em toda a Europa. Esse manual traz uma metodologia baseada em indicadores-chave em relação a uma área não cultivada (floresta) por meio de uma caderneta de campo elaborada a partir de técnicas de avaliação visual dos principais indicadores da condição do solo e desempenho da planta. Para cada indicador foi atribuída uma pontuação visual de 0 (ruim), 1 (moderada) ou 2 (bom) com base na condição do solo observada. Um exemplo de aplicação dessa metodologia está no trabalho de Niero et al. (2010).

E, por último, no sul do Uruguai, Carlesi (2008) selecionou olericultores em sistemas de manejo orgânico e convencional e, assim, identificaram indicadores visuais de qualidade do solo. Com a seleção dos indicadores, este autor elaborou uma planilha para que os agricultores pontuassem as situações com 1 (pobre), 3 (médio) ou 5 (bom) para cada indicador. Exemplo de aplicação dessa metodologia pode ser obtido em Comin et al. (2011).

Atualmente, uma análise comparativa da eficiência das metodologias sob diferentes condições de cobertura do solo foi feita por Souza (2015). Assim, por meio desse trabalho e, de posse dos indicadores mais sensíveis da qualidade do solo dessas diferentes metodologias, uma nova forma de avaliação visual está sendo proposta, de modo a padronizar uma metodologia com potencial de utilização em diferentes ambientes e usos.

Tabela 1. Descrição dos ambientes submetidos à avaliação visual da qualidade do solo.

Ambiente	Características*	Coordenadas (23 K - UTM)	Declividade (%) e Relevo	Tipo de Solo
1	Pasto em estágio intermediário de sucessão, situado entre pasto, floresta e zona urbana	455966 7522424	8 - 20% Ondulado	Argissolo Vermelho Distrófico
2	Pasto considerado bom, próximo a um pasto em sucessão, floresta e área urbana	455895 7522608	8 - 20% Ondulado	Argissolo Vermelho Distrófico
3	Pasto queimado, situado entre pasto e rodovia na zona rural	455995 7520956	8 - 20% Ondulado	Argissolo Vermelho Distrófico
4	Pasto bom, em zona rural	457810 7519879	20 - 45% Forte Ondulado	Argissolo Vermelho Distrófico
5	Pasto bom, próximo à estrada de zona rural	457018 7521541	20 - 45% Forte Ondulado	Argissolo Vermelho Distrófico
6	Pasto em estágio intermediário de sucessão, situado entre pasto, floresta e estrada na zona rural	454904 7520902	20 - 45% Forte Ondulado	Argissolo Vermelho Distrófico

* “Pasto bom” é aquele capaz de fornecer quantidades adequadas de forragem para criação de bovinos e equinos (EMBRAPA, 2005).

Dessa forma, o objetivo geral deste trabalho foi propor e analisar uma nova metodologia de avaliação visual da qualidade do solo sob diferentes coberturas vegetais, baseada em diferentes metodologias já existentes.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido no município de Itajubá, sul do estado de Minas Gerais. Pela classificação climática de Koppen-Geiger, predomina o clima Cwa. Os tipos de solo mais recorrentes são: Cambissolos Háplicos (26%), Gleissolos (7%), Latossolos (6%) e Argissolos (56%) e está inserida no bioma Mata Atlântica com vegetação primária definida como Floresta Estacional Semidecidual.

Para este estudo, as pastagens (49,78%) foram selecionadas para aplicação das diferentes metodologias devido à representatividade na área de estudo. Nesse contexto, foram selecionados 6 ambientes de pastagem, sobre o mesmo tipo de solo.

Esses ambientes foram divididos em dois grandes grupos, em função da declividade e relevo, com o objetivo de testar a sensibilidade das diferentes metodologias. Cada ambiente foi subdividido em quatro subáreas (repetições) para aplicação das metodologias de avaliação da qualidade dos solos, realizadas entre abril e junho de 2014. A identificação e descrição dos ambientes estão apresentados na tabela 1.

As cinco metodologias de avaliação foram aplicadas por quatro avaliadores, em cada subárea dos ambientes, atribuindo-se notas de forma independente, conforme as proposições e planilhas de Melloni (2001), Casalinho et al. (2007), Nicholls et al. (2004), Manual VSA (2005) e Carlesi (2008).

Posteriormente à aplicação de todas as metodologias, um novo modelo de avaliação do solo foi criado e proposto por Souza (2015), denominado de RAQS – Referência da Avaliação da Qualidade do Solo, baseado em uma combinação das cinco metodologias de avaliação visual de dados do solo que abrangem a seleção dos indicadores, a definição de limites, as pontuações que podem ser atribuídas e aplicabilidade em campo.

Para verificar o potencial de utilização da metodologia proposta, foram realizados testes para determinar o índice de qualidade do solo (IQS) nos seis ambientes (Tabela 1) anteriormente avaliados pelas outras metodologias.

As notas de cada indicador, de cada subárea, foram processadas de acordo com cada metodologia para gerar o índice de qualidade do solo (IQS) de cada ambiente avaliado, utilizando a equação:

$$IQS = \frac{(\sum N \times P) \times 100}{n}$$

N: nota atribuída a cada atributo nas subáreas

P: peso de cada atributo, em virtude de sua importância

n: número de avaliadores por subárea

Para possibilitar a comparação entre os seis ambientes e as cinco metodologias, calculou-se o IQS, em porcentagem (%), dos ambientes avaliados,

considerando o valor máximo de IQS para cada metodologia como sendo 100.

De posse dos valores de IQS (%) para as diferentes metodologias e ambientes, foi possível realizar um agrupamento em *cluster* por meio de dendrograma de dissimilaridade, gerando uma matriz das distâncias euclidianas, utilizando o método *complete linkage*, por meio do *software* Statistica 7.0.

Resultados e discussão

Para o desenvolvimento da nova metodologia RAQS, observaram-se quais foram os indicadores mais sensíveis nas cinco metodologias e que melhor representavam a situação de cada ambiente avaliado.

Os indicadores utilizados na metodologia RAQS foram propostos de acordo com aqueles avaliados nas demais metodologias (Tabelas 2 e 3). Dessa forma, os indicadores mais representativos selecionados para a nova metodologia RAQS foram divididos em indicadores de solo, de vegetação e de fauna, por retratarem, direta ou indiretamente, a qualidade do solo.

Assim, as pontuações recomendadas para classificação de cada indicador na metodologia RAQS foram: 0 (pobre), 1 (moderado), 2 (bom) e 3 (ótimo), sendo que todos os indicadores propostos foram caracterizados por meio de breve descrição, não sendo permitido utilizar notas com valores intermediários.

Com as diferentes metodologias utilizadas no presente estudo, incluindo a RAQS, foi calculado o IQS para os diferentes ambientes, cujos resultados, em % do valor máximo de cada metodologia, encontram-se na tabela 4.

Tabela 2. Planilha proposta para a metodologia RAQS para avaliação da qualidade visual do ambiente por meio de indicadores relacionados ao solo.

DESCRIÇÃO DO SOLO						
N	Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO
1	Cor e odor do solo	Cor do solo da camada superficial parecida com a cor do material de origem, amarelo ou acinzentado e ausência de material orgânico e de odor	Cor do solo da camada superficial pouco mais escura que a cor do material de origem, geralmente marrom claro e odor muito fraco	Cor do solo da camada superficial bem mais escura que a cor do material de origem, geralmente marrom escuro e odor fraco pela presença de material orgânico	Cor do solo da camada superficial bem diferente e escurecida e forte odor de matéria fresca pela presença abundante de material orgânico decomposto	1
2	Susceptibilidade à erosão	Muitos sulcos ou valetas que não podem ser desmanchados, ausência de vegetação/resíduos, costumam ocorrer em áreas muito inclinadas	Sulcos ou valetas que podem ser desfeitos com preparo do solo, alguma vegetação e resíduos na superfície	Inexistência de sulcos ou valetas, mas solo exposto com pouca vegetação e resíduos na superfície do solo	Inexistência de sulcos ou valetas, boa presença de vegetação e resíduos na superfície do solo	3
3	Pedregosidade	Solo muito pedregoso (>50 %)	Pedregosidade intermediária (21 – 50 %)	Pouco pedregoso (1 – 20 %)	Nenhuma pedregosidade (0%)	2
4	Estrutura e consistência do solo	Solo "empoeirado" como areia, onde não há estrutura e/ou consistência. Incapacidade de formar agregados	Poucos agregados, agregados muito grandes difíceis de serem quebrados	Quantidade média de agregados, com alguma resistência à quebra	Muitos agregados que quebram com pouca pressão	3
5	Compactação	Solo endurecido, ausência de matéria orgânica. Ao tentar penetrar um arame, este encurva-se facilmente	Solo com alguma dificuldade para manejar, pobre em matéria orgânica, arame ainda encurva-se	Solo macio com fina camada compactada, mas com pouca matéria orgânica. Alguma restrição à penetração do arame	Solo "fofo", sem compactação, rico em matéria orgânica. Arame penetra facilmente	3
6	Porosidade	Infiltração muito lenta da água com alto carregamento superficial de partículas	Pouca retenção de água ou infiltração ainda lenta	Boa retenção ou infiltração de água	Excelente retenção ou infiltração de água sem carregamento de partículas	3
7	Profundidade da camada superficial	Ausência da camada superficial e subsolo exposto	Solos rasos, com menos de 0,20 m de espessura na camada superficial	Solos com camada superficial entre 0,20 e 0,40 m	Solos com camada arável maior que 0,40 m	2
8	Quantidade, decomposição e incorporação da serapilheira no solo	Ausência de serapilheira	Pouca serapilheira com decomposição muito lenta e sem incorporação ao solo	Presença razoável de serapilheira em estágio intermediário de decomposição e incorporação na parte superficial do solo	Muita serapilheira muito bem decomposta, resíduos em vários estágios de decomposição e excelente incorporação no solo	2
9	Reação de oxigenase	Não há reação de oxigenase no solo. Ao se colocar água oxigenada numa amostra de solo úmido não há formação de efervescência ou bolhas	Já é possível observar a reação de oxigenase. Pouca formação de bolhas ou efervescência quando se coloca água oxigenada numa amostra de solo úmido	Reação de oxigenase facilmente observável. Formação intermediária de bolhas ou efervescência quando se coloca água oxigenada numa amostra de solo úmido	Alta reação de oxigenase no solo. Muita efervescência ou formação de bolhas ao se colocar a água oxigenada numa amostra de solo úmido	2
10	Fauna do solo (minhocas, formigas, gafanhotos, aranhas, cupins etc.)	Ausência de qualquer indício da fauna do solo (canais, dejetos, resíduos orgânicos, etc.)	Já se encontram indícios da fauna do solo (canais, dejetos, resíduos orgânicos, etc.), sem a efetiva presença dos mesmos	Há pouca fauna do solo e indícios de sua presença	Há abundância de fauna do solo e fortes indícios de sua presença	1

Tabela 3. Planilha da metodologia RAQS para avaliação da qualidade visual do ambiente por meio de indicadores relacionados à vegetação e à fauna.

DESCRIÇÃO DA VEGETAÇÃO						
N	Indicadores	0 (pobre)	1 (moderado)	2 (bom)	3 (ótimo)	PESO
11	Índice da cobertura	Nenhuma cobertura (0 %)	Solo pouco coberto (<60 %)	Cobertura intermediária (61 – 80 %)	Solo totalmente coberto por plantas saudáveis (>80 %)	3
12	Índice de diversidade	Nenhuma espécie	Predominância de uma única espécie	Variedade intermediária de espécies	Grande variedade de espécies, sem predomínio	2
13	Porte e estratificação	Nenhum estrato	Somente estrato herbáceo	Estratos herbáceo e arbustivo	Estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo	1
14	Vigor da Vegetação	Ausência de plantas ou pouquíssimas plantas com falhas, mínimo desenvolvimento, com coloração esbranquiçada, doentes ou muito atacadas por insetos	Pequena população de plantas, poucas falhas, plantas com pequeno desenvolvimento, com coloração amarelada, pouco doentes e atacadas por insetos	População de plantas ainda abaixo do normal, com crescimento ainda lento, cores mais naturais, com pouco viço, algumas doentes ou atacadas por insetos	População de plantas adequada, plantas saudáveis, desenvolvimento normal, vigorosas, com muito viço, resistentes ao ataque de doenças e insetos	1
15	Sucessão na vegetação	Ausência de sucessão	Baixa ocorrência de espécies não introduzidas pelo homem	Ocorrência intermediária de espécies não introduzidas pelo homem	Ocorrência intensa de espécies não introduzidas pelo homem	1
16	Infestação de plantas daninhas	Ausência de plantas daninhas	Pouca quantidade e variedade de plantas daninhas	Quantidade e variedade intermediárias de plantas daninhas	Grande quantidade e variedade de plantas daninhas	1
DESCRIÇÃO DA FAUNA						
17	Fauna (anfíbios, répteis, aves e mamíferos)	Ausência de qualquer indício da fauna do solo (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.)	Já se encontram indícios da fauna do solo (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.) , sem a efetiva presença dos mesmos	Há pouca fauna no ambiente e poucos indícios de sua presença (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.)	Há abundância de fauna no ambiente e fortes indícios de sua presença (pegadas, penas, pêlos, ruídos, dejetos, etc.)	1

Tabela 4. Resultados do Índice de Qualidade do Solo (IQS) por ambiente e por metodologia.

IQS (%)						
Ambientes*	Metodologia					
	Melloni (2001)	Casalinho et al. (2007)	Nicholls et al. (2004)	MVSA (2005)	Carlesi (2008)	RAQS (2015)
1	56,00	64,80	68,33	77,14	89,00	69,01
2	64,77	88,00	83,33	90,71	91,00	68,49
3	23,91	55,20	70,33	64,29	55,00	66,67
4	66,34	56,00	49,17	78,57	81,25	68,75
5	50,16	40,00	61,67	61,16	37,50	72,57
6	49,46	38,40	55,33	50,36	44,00	58,59

*1) Pasto em estágio intermediário de sucessão; 2) Pasto considerado bom; 3) Pasto queimado; 4) Pasto bom; 5) Pasto bom; 6) Pasto em estágio intermediário de sucessão.

Por meio dos valores de IQS para os ambientes, dentro de cada metodologia, foi realizado uma análise de agrupamento em *cluster*

para evidenciar a similaridade/semelhança entre as metodologias, cujo resultado está apresentado na Figura 1. A 50% de dissimilaridade, verifica-se que

houve a formação de dois grandes grupos (Figura 1) para as metodologias de avaliação da qualidade do solo, formados por um grupo composto pelas metodologias de Casalinho et al. (2007), MVSA (2005), Carlesi (2008), Nicholls et al. (2004) e RAQS (2015), e outro grupo formado apenas pela metodologia de Melloni (2001).

As metodologias mais similares foram as de Nicholls et al. (2004) e RAQS (2015) com 27% de dissimilaridade (ou 73% de semelhança) e as metodologias de Carlesi (2008) e MVSA (2005) que apresentaram 29% de dissimilaridade (ou 71% de semelhança). A metodologia proposta por Melloni (2001) apresentou o menor IQS para o ambiente 3 (Tabela 1) e, provavelmente, esse fato o agrupou com distinção das outras metodologias, com cerca de 55% de dissimilaridade (ou 45% de semelhança) do grupo das demais metodologias.

Para se entender as diferenças de similaridade entre as metodologias para os mesmos ambientes (Tabela 4), avaliaram-se como as notas foram obtidas, de acordo com a proporção ou pesos dos indicadores relacionados ao solo, vegetação e fauna de cada uma. Na figura 2 pode-se verificar a variação da proporção ou pesos dos indicadores relacionados ao solo, vegetação e fauna para cada metodologia. Dessa forma, é possível avaliar como

esses fatores podem ter influenciado os resultados de IQS observados na tabela 4.

Os menores valores de IQS, em todas as metodologias, incluindo a RAQS, foram encontrados nos ambientes 3 e 6 (Tabela 4), os quais apresentavam características visuais desfavoráveis (Tabela 1), como queimadas (ambiente 3) e próximo à rodovia (ambiente 6).

Pela tabela 4 verifica-se que o menor IQS foi obtido na metodologia proposta por Melloni (2001) para o ambiente 3. Como os indicadores de vegetação, para essa metodologia, representam aproximadamente 42% de todos os indicadores avaliados (Figura 2), a maior porcentagem em relação às demais, isso pode justificar a sensibilidade dessa metodologia em identificar alterações em ambientes que foram queimados e tiveram a sua cobertura vegetal eliminada (Tabela 1). Dessa forma, avaliações onde o foco são os impactos causados, essencialmente, na cobertura do solo, exigem que as metodologias a serem escolhidas enfatizem indicadores relacionados a plantas, como a de Melloni (2001), Nicholls et al. (2004), MVSA (2005) e RAQS (2015), conforme apresentado na figura 2.

Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade entre as metodologias, construído pelos índices de qualidade visual obtidos em seis ambientes de pastagem.

A figura 3 apresenta a média das notas dos avaliadores para cada indicador visual da qualidade

do solo somente para o ambiente 3, pelas diferentes metodologias de avaliação visual da qualidade do solo.

Figura 2. Proporção, em porcentagem relativa ao número de indicadores de solo, vegetação e fauna, por metodologia de avaliação visual da qualidade do solo.

Para as variáveis relacionadas à vegetação, a metodologia RAQS (2015) apresentou indicadores que podem contribuir para elevar o valor de IQS, como a presença de plantas daninhas e sucessão da vegetação. Já os indicadores porte e vigor da vegetação apresentaram notas baixas nesse ambiente queimado, assim como evidenciado na metodologia proposta por Melloni (2001). Assim, solo com redução da cobertura vegetal, como o do ambiente supracitado, fica mais propenso à erosão, potencializado pela presença de pedras no local (Molina et al., 2007). Entretanto, o solo analisado no ambiente 3 apresentou baixa presença de pedregosidade, como pode ser observado na figura 3, o que não poderia ser indicado para essa avaliação.

Entre as metodologias analisadas, a RAQS (2015) e Melloni (2001) foram as únicas que apresentaram indicadores de fauna, com 5,9 e 8,4% do total de seus indicadores, respectivamente. A fauna é um importante indicador biológico, pois sua presença e abundância indicam estruturas funcionais do solo, devido à complexidade de suas comunidades. Além disso, a fauna do solo está estreitamente correlacionada com a disponibilidade de recursos no ecossistema (Wu et al., 2002).

Segundo o Manual VSA (2005), a utilização de indicadores de solo e de planta permite fazer a

ligação de causa e efeito entre as práticas de gestão e as características do solo.

Independentemente das metodologias aplicadas, os indicadores visuais da qualidade do solo podem ser considerados confiáveis, não apresentando importância somente para observar as propriedades do solo, mas também para o desenvolvimento agrícola, devido suas características de representar a sua dinâmica estrutural, contribuindo para a conservação e sustentabilidade de solo (Moncada et al., 2014).

Ao aplicar diversas metodologias simultaneamente em diferentes ambientes foi possível visualizar quais metodologias eram mais ou menos sensíveis à variação do manejo do solo. Dessa forma, pode-se afirmar, principalmente pela análise da figura 3, que há maior facilidade de definir e aplicar o manejo adequado para melhoria dos atributos visuais atualmente comprometidos ou redutores de sua qualidade.

Assim, como as metodologias aplicadas são baseadas em indicadores com forte relação entre si, é possível que o pesquisador monitore a qualidade do solo de um determinado ambiente ao longo do tempo, ou possa fazer comparações entre ambientes, o que seria de fundamental importância para a avaliação e definição do manejo mais sustentável a ser adotado em cada situação.

a)

b)

c)

d)

e)

f)

Figura 3. Gráfico dos Índices de Qualidade do Solo do ambiente 3, pelas diferentes metodologias: a) RAQS (2015), b) Melloni (2001), c) Carlesi (2008), d) Casalinho et al. (2007), e) Nicholls et al. (2003), f) Manual VSA (2005).

Conclusão

1. Todas as metodologias possibilitaram a avaliação da qualidade do solo de forma fácil, rápida e sem custos, nos diferentes ambientes estudados.

2. A metodologia RAQS mostrou-se útil, facilmente replicável e de grande sensibilidade na avaliação da qualidade do solo de diferentes ambientes, englobando maior número de indicadores de solo, plantas e fauna, em relação às demais metodologias comparadas.

Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo apoio.

Referências

- Audeh, S.J.S., Lima, A.C.R., Cardoso, I.M., Casalinho, H.D., Jucksch, I.J., 2011. Qualidade do solo: uma visão etnopedológica em propriedades agrícolas familiares produtoras de fumo orgânico. *Revista Brasileira de Agroecologia* 6, 34-48.
- Ball, B.C., Guimarães, R.M.L., Cloy, J.M., Hargreaves, P.R., Shepherd, T.G., McKenzie, B.M., 2016. Visual soil evaluation: A summary of some applications and potential developments for agriculture. *Soil and Tillage Research* [online]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.07.006>. Acesso: 31 out. 2016.
- Carlesi S.E., 2008. Construção participativa de indicadores de qualidade do solo para avaliação da sustentabilidade de unidades olerícolas no Sul do Uruguai. Dissertação (mestrado). Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Casalinho, H.D., Martins, S.R., Silva, J.B., Lopes, A.S., 2007. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de agrociência* 13, 195-203.
- Cherubin, M.R., Franco, A.L.C., Cerri, C.E.P., Oliveira, D.M.S., Davies, C.A., Cerri, C.C., 2015. Sugarcane expansion in Brazilian tropical soils – effects of land use change on soil chemical attributes. *Agriculture, ecosystems and environment* 211, 173-184.
- Comin, J.J., Lovato, P.E., Feistauer, D., Uriarte, J.F., Muller, J.V., Kurtz, C., 2011. Uso de um método rápido e participativo para avaliar a qualidade do solo em sistemas de plantio direto e convencional. *Cadernos de Agroecologia* 6, 1-5.
- Crittenden, S.F., Poot, N., Heinen, M., Balen, D.J.M.V., Pulleman, M.M., 2015. Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. *Soil and Tillage* 154, 136-144.
- Egli, M., Dahms, D., Norton, K., 2014. Soil formation rates on silicate parent material in apline environments: Different approaches-different results? *Geoderma* 213, 320-333.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Amazônia Oriental, 2005. Gado Leiteiro na Zona da Bragantina. Belém, PA.
- Franco, A.L.C., Cherubin, M.R., Cerri, C.E.P., Guimarães, R.M.L., Cerri, C.C., 2016. Relating the visual soil structure status and the abundance of soil engineering invertebrates across land use change. *Soil and Tillage Research* [online]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2016.08.016>. Acesso em: 25 out. 2016.
- Garbisu, C., Alkorta, I., Epelde, L., 2011. Assessment of soil quality using microbial properties and attributes of ecological relevance. *Applied Soil Ecology* 49, 1-4.
- Gomes, A.S., Silva, C.A.S., Parfitt, J.M.B., Pauleto, E. A., Pinto, L.F.S., 2006. Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul. Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS. Disponível: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/33606/1/documento-169.pdf>. Acesso: 31 out. 2016.
- Guimarães, R.M.L., Ball, B.C., Tormena, C.A., Garola, N.F.B., Silva, A.P., 2013. Relating visual evaluation of soil structure to other physical properties in soil of contrasting texture and management. *Soil and Tillage Research* 127, 92-99.
- Legaz, B.V., Souza, D.M.D., Teixeira, R.F.M., Anton, A., Putman, B., Sala, S., 2016. Soil quality, properties, and functions in life cycle assessment: an evaluation of models. *Journal of cleaner production* 1, 1-14.
- López-Ridaura S, Masera O, Astier M., 2001. Evaluando la sostenibilidad de los sistemas

- agrícolas integrados: el marco MESMIS. LEISA Revista Agroecológica 16:25-27.
- Manual of Visual Soil Assessment – MVSA., 2005. Vasterstad: Soil Management Initiative-SMI; Disponível: http://www.potato.org.uk/sites/default/files/publication_upload/Visual%20Soil%20Assessment.pdf. Acesso: 31 out. 2016.
- Melloni R., 2001. Densidade e diversidade de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em solos de mineração de bauxita. Tese (Doutorado). Lavras-MG, Universidade Federal de Lavras.
- Melloni, R., Melloni, E.G.P., Alvarenga, M.I.N., Vieira, F.B.M., 2008. Avaliação da qualidade de solos sob diferentes coberturas florestais e de pastagem no sul de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo 32, 61-70.
- Mendes, F.G., Melloni, E.G.P., Melloni, R., 2006. Aplicação de atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. Cerne 12, 211-220.
- Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, 2007. Controle biológico de pragas através do manejo de agroecossistemas. Brasília, DF.
- Molina, A., Govers, G., Vanacker, V., Poesen, J., Zeelmaekers, E., Cisneros, F., 2007. Runoff generation in a degraded Andean ecosystem: Interaction of vegetation cover and land use. Catena 71, 357-370.
- Moncada, M.P., Penning, L.H., Timm, L.C., Gabriels, D., Cornelis, W.M., 2014. Visual examinations and soil physical and hydraulic properties for assessing soil structural quality of soils with contrasting textures and land uses. Soil And Tillage research 140, 20-28.
- Nicholls, C.I., Altieri, M.A., Dezanet, A., Lana, M., Feistauer, D., Ourique, M.A., 2004. Rapid farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. Biodynamics 250, 33-40.
- Niero, L.A.C., Dechen, S.C.F., Coelho, R.M., De Maria, I.C., 2010. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um Latossolo Vermelho distroférico com usos e manejos distintos. Revista Brasileira de Ciência do Solo 34, 1271-1282.
- Pinto, G.G., Mendonça, E.S., Passos, R.R., Andrade, F.V., Machado, R.V., 2013. Avaliação da qualidade do solo e de cafeeiros em propriedade familiar do Território do Caparaó-ES. Revista Brasileira de Agroecologia 8, 236-46.
- Silveira R.B., Melloni, R., Melloni, E.G.P., 2006. Atributos microbiológicos e bioquímicos como indicadores da recuperação de áreas degradadas, no sul de Minas Gerais. Revista acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais 2, 21-29.
- Souza, K.R., 2015. Avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores visuais, em ambientes da sub-bacia do ribeirão José Pereira, Itajubá (MG). Dissertação (Mestrado). Itajubá, Universidade Federal de Itajubá.
- Wu, J., Fu, C., Chen, D., Chen, J., 2002. Soil faunal response to land use: effect of estuarine tideland reclamation on nematode communities. Applied Soil Ecology 21, 131-147.
- Yao R., Yang J., Gao P., Zhang J., Jin W., 2013. Determining minimum data set for soil quality assessment of typical salt-affected farmland in the coastal reclamation area. Soil Tillage Research 128, 137-48.