

CAPÍTULO 8

ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS COMO INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO



<https://doi.org/10.22533/at.ed.961112518038>

Data de aceite: 06/06/2025

Gabriel Cunha Resende

Acadêmico do curso de agronomia do Centro Universitário de Mineiros (UNIFIMES).

<https://lattes.cnpq.br/9970381572144242>

Diego Oliveira Ribeiro

Docente do curso de agronomia do Centro Universitário de Mineiros (UNIFIMES).
<https://orcid.org/0000-0003-2336-3042>

Gildomar Alves dos Santos

Docente do curso de agronomia do Centro Universitário de Mineiros (UNIFIMES).
<https://orcid.org/0000-0002-9076-4367>

Zaqueu Henrique de Souza

Docente do curso de agronomia do Centro Universitário de Mineiros (UNIFIMES).
<https://orcid.org/0000-0002-7733-4768>

Jonathan Goularte Silva

Docente do curso de agronomia do Centro Universitário de Mineiros (UNIFIMES).
<https://orcid.org/0000-0002-2445-0634>

João Vitor Rezende Cunha Luciano

Acadêmico do curso de agronomia do Centro Universitário de Mineiros (UNIFIMES).

<http://lattes.cnpq.br/5108950655749655>

Andrisley Joaquim da Silva

Acadêmico do curso de agronomia do Centro Universitário de Mineiros (UNIFIMES).

<https://orcid.org/0000-0003-0084-0264>

Rogério Machado Pereira

Docente do curso de agronomia do Centro Universitário de Mineiros (UNIFIMES).
<https://orcid.org/0000-0001-8815-2604>

RESUMO: A qualidade do solo é uma ferramenta que em muitas ocasiões pode ser utilizada para indicar a sua condição. Sendo assim, determinados atributos servem como indicadores de sua qualidade. Os atributos físicos e químicos que são instrumentos utilizados em diferentes estudos para apontar se o solo está avançando em direção à sustentabilidade ou à degradação. Entre os atributos químicos indicadores de qualidade do solo pode-se citar: Teores e estoques de carbono e nitrogênio; Frações da matéria orgânica do solo; pH; condutividade elétrica; P; K; Ca; Mg; CTC; H; H+A e entre outros. Entre os atributos físicos do solo podem ser citados destacar: Textura; Profundidade de raízes; Densidade do Solo; Infiltração de água no

solo; capacidade de armazenamento de água no solo e retenção de água no solo; conteúdo de água no solo; Temperatura do solo; agregação do solo e outros. A partir dos dados obtidos com esses indicadores de qualidade, é possível implementar manejos agrícolas capazes de reduzir a degradação do solo e melhorar sua qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: matéria orgânica; índice de manejo de solo; saturação por bases.

PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES AS INDICATORS OF SOIL QUALITY

ABSTRACT: Soil quality is a tool that, in many cases, can be used to indicate its condition. Therefore, certain attributes have been identified as indicators of its quality. Physical and chemical attributes are used in various studies to determine whether the soil is moving toward sustainability or degradation. Among the chemical attributes that indicate soil quality are: levels and stocks of carbon and nitrogen; fractions of soil organic matter; pH; electrical conductivity; phosphorus (P); potassium (K); calcium (Ca); magnesium (Mg); cation exchange capacity (CEC); hydrogen (H); and H+Al, among others. Among the physical attributes of the soil, the following can be mentioned: texture; root depth; soil density; water infiltration in the soil; soil water storage capacity and water retention; soil water content; soil temperature; soil aggregation, and others. Based on the data obtained from these quality indicators, it is possible to implement agricultural practices capable of reducing soil degradation and improving its quality.

KEYWORDS: organic matter; soil management index; base saturation.

INTRODUÇÃO

O solo está em constante formação por meio do intemperismo das rochas, causado por processos físicos e bioquímicos, o que o torna um recurso que se renova ao longo do tempo. Contudo, essa renovação ocorre de forma extremamente lenta, o que faz com que, na perspectiva da escala humana, o solo seja considerado um recurso não renovável. Há milênios, ele vem sendo explorado por atividades humanas voltadas à produção de alimentos, o que pode levar ao esgotamento dos recursos naturais, como o próprio solo (Lepsch, 2011).

A qualidade do solo está relacionada à sua capacidade de estabelecer funções que beneficiem a humanidade, conforme sua composição natural e sob a influência significativa das intervenções antrópicas. Para avaliar ou estimar essa qualidade, frequentemente são utilizados alguns atributos, que são indicadores, os quais devem ser sensíveis e responsivos aos estímulos provocados pelas práticas de manejo (Araújo et al., 2012). Em outras palavras, esses indicadores devem refletir o grau de impacto causado pelos diferentes sistemas de uso e manejo do solo, permitindo a análise crítica dessas práticas com o objetivo de monitorar suas consequências para a sustentabilidade ou degradação da qualidade do solo — de forma semelhante ao que ocorre com a avaliação da qualidade da água e do ar (Vezzani; Mielińczuk, 2009; Araújo et al., 2012).

Os atributos indicadores da qualidade do solo, podem ser de ordem física, química e biológica (D'Andrea et al., 2002; Vezzani; Mielniczuk, 2009; Cardoso et al., 2009; Cardoso et al., 2011; Araújo et al., 2012). Entre os atributos químicos indicadores de qualidade do solo pode-se citar: Teores e estoques de carbono e nitrogênio; Frações da matéria orgânica do solo; pH; condutividade elétrica; P; K; Ca; Mg; K; CTC; H; H+A e entre outros (Vezzani; Mielniczuk, 2009; Cardoso et al., 2011; Pinto et al., 2012). Entre os atributos físicos do solo pode destacar: Textura; Profundidade de raízes; Densidade do Solo; Infiltração de água no solo; capacidade de armazenamento de água no solo e retenção de água no solo; conteúdo de água no solo; Temperatura do solo; agregação do solo e outros (Cardoso et al., 2011; Bonetti et al., 2017; Silva, 2018).

Com a necessidade de avaliar a qualidade do solo, diversos trabalhos foram e são realizados na linha de indicadores de sua qualidade. Nesse sentido, o objetivo dessa revisão de literatura é apresentar e inferir alguns indicadores mais comuns de qualidade do solo de ordem química, bem como física.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento deste capítulo sobre a qualidade do solo foi focado nos atributos físicos e químicos de químicos, baseando-se em uma revisão abrangente de boletins técnicos, artigos científicos e livros que apontaram os principais estudos realizados sobre a qualidade do solo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ATRIBUTOS FÍSICOS INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

Os atributos físicos do solo podem constituir em importantes indicadores de qualidade do solo pois apresentam relação direta nos processos hidrológicos, como a taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão. Possuem também função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (Gomes; Filizola, 2006). Alterações nesses atributos podem até comprometer a recarga do lençol freático, além de poder elevar as forças dos processos erosivos (Sales et al., 2010).

Entre os principais indicadores físicos de qualidade de solo sob o ponto de vista agrícola, estão a textura, estrutura, densidade do solo, porosidade, macro e microporosidade, resistência à penetração, profundidade do solo, retenção de água condutividade hidráulica, estabilidade de agregados e temperatura e umidade do solo (Gomes; Filizola, 2006; Sales et al., 2011; Torres et al., 2011; Araújo et al., 2012; Bonetti et al., 2017).

A textura do solo é uma propriedade extremamente estável, porém influencia vários outros atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Araújo et al., 2012). Essa propriedade apresenta relação direta com o transporte e armazenamento de água, densidade, teor de nutrientes e MOS, além de influir também os processos erosivos. A textura tem sido correlacionada com diversos outros atributos do solo (Vicente; Araújo, 2013).

A densidade do solo é determinada pela massa de solo seco sobre o volume ocupado pelo solo. É um atributo bastante avaliado em diversos estudos sobre a qualidade do solo, pois interfere em outras variáveis como aeração, resistência a penetração, porosidade e provoca alterações no conteúdo de água no solo. A densidade pode ser influenciada por diversos fatores como tráfego de máquinas, carga animal, umidade do solo, sistemas de uso e manejo do solo além de outros fatores (Sales et al., 2010; Bonelli et al., 2011; Bonetti et al., 2015).

A conversão de áreas de Cerrado e mata quando convertida para a pastagem podem alterar os atributos físicos do solo como elevação da densidade do solo e resistência à penetração, além de redução na porosidade total, macroporosidade e condutividade hidráulica, que podem estar ligados ao pisoteio animal e em consequência da redução dos teores de MOS (Cardoso et al., 2011). Por outro lado, em sistema de integração Lavoura pecuária com diferentes intensidades de pastejo, não influenciou a densidade do solo a macro e microporosidade. Entretanto, as maiores intensidades de pastejo (Resíduo de 25 e 35 cm do solo) em relação à área com ausência de pastejo reduziu a porosidade total em 10% e aumentou a resistência do solo a penetração (Bonetti et al., 2015). Nesse estudo realizado por Bonetti et al. (2015), apesar de ter ocorrido redução da porosidade e aumento da resistência a penetração os valores obtidos não foram considerados prejudiciais ao desenvolvimento das culturas avaliadas.

Outro fator que altera alguns atributos físicos do solo é a conversão de sistemas naturais para atividade agrícolas. Salles et al. (2010), avaliando a conversão de área de cerrado para diferentes atividades agrícolas em Neossolo Quartzarênico (Pastagem, plantio direto de soja e milho e integração lavoura pecuária), verificaram redução na macroporosidade e consequentemente na condutividade hidráulica do solo, em até mais de 3 vezes, podendo comprometer a recarga do lençol freático. Também avaliando diferentes sistemas de uso e manejo do solo Carvalho et al. (2015), verificaram que os atributos físicos mais sensíveis são o VTP e a macroporosidade, quando área de Cerrado Nativo é convertido para integração Lavoura pecuária floresta e pastagem extensiva reduziu a macroporosidade em 48,1 e 36,1% e o VTP em 21,2 e 14,6% o VTP, respectivamente. Outro atributo que sofreu alteração foi a resistência a penetração (RP), quanto mais intenso foi o sistema maior a RP que ocorreu em área sob de pastejo extensivo (0,59 Mpa).

Também em áreas em que ocorre a exploração do solo e retirada de grandes profundidades de solo, o uso dos atributos físicos, podem constituir em indicadores de sua qualidade conforme relatado por Alves et al. (2007). Esses autores verificaram que a associação de práticas mecânicas juntamente com plantas (Gonçalo Alves) para recuperação de áreas degradadas podem reduzir a densidade do solo de 1,77 para 1,58 Mg m⁻³ e também elevar a taxa de infiltração de água em mais de 3 vezes (13,68 mm h⁻¹) quando comparados a testemunha (3,84 mm h⁻¹) sem medidas de recuperação.

Outro fator que pode contribuir para alterações nos atributos do solo é o tráfego de maquinário agrícola conforme verificado por Valadão et al. (2015). Esses autores verificaram elevação da densidade, resistência a penetração e redução da PT e macroporosidade com passadas de trator de 6 Mg. A elevação da densidade e RP influenciaram o crescimento e distribuição do sistema radicular da cultura da Soja, onde verificaram que com 8 passadas de trator ocorreu redução da área do sistema radicular em 41, 49, 50 e 89% respectivamente, nas camadas de 5 a 10, 10 a 15, 15 a 20 e 20 a 30 cm quando comparado ao tratamento sem passagem de trator. Além disso, nesse mesmo estudo, foi constatado que no tratamento com o maior número de passadas (8 passadas de trator) também proporcionou, concentração de 75% do sistema radicular na camada de 0 a 5 cm, sendo que no sistema com ausência de tráfego foi de 45% nessa mesma camada. Devido à importância do sistema radicular, os atributos físicos podem refletir na redução produtividade das culturas com menor absorção de água e nutrientes quando ocorre manejo inadequado do solo.

Outro atributo indicador de qualidade do solo é agregação, os atributos de agregação podem ser influenciados pelo manejo adotado ao solo conforme verificado por D'Andrea et al. (2002a). Esses autores verificaram redução de aproximadamente 12% na proporção de agregados maiores do que 2mm e também do diâmetro médio geométrico de agregados (DMG) quando áreas de Cerrado são convertidos à sistemas de manejos com revolvimento. Nesse mesmo estudo os autores verificaram que sistemas de manejo com ausência de revolvimento podem apresentar proporções semelhantes, agregados maiores do que 2 mm e também DMG. Também trabalhando com a qualidade do solo em áreas com diferentes intensidades de pastejo em integração lavoura pecuária, Bonetti et al. (2015) verificaram que em áreas sem pastejo obteve maior diâmetro médio ponderado de agregados sendo menor em áreas sob pastejo na camada de 0 a 5 cm. Nesse mesmo estudo também verificou-se que nas áreas de pastejo mais intenso (25 cm de resíduo) ocorreu elevação da resistência do solo à penetração, atingindo valores superior a 2 MPa no pastejo mais intenso onde os resíduos vegetais foram mantidos a 25 cm do solo.

Outro atributo utilizado para avaliar a qualidade do solo é a temperatura e umidade volumétrica. Em áreas de integração lavoura-peguaria pastejos manejados com altura residual de pasto mantidos a altura de 10 e 20 cm da superfície, elevam a temperatura diurna e reduzem a temperatura durante o período noturno, aumentando a amplitude térmica do solo influenciando também a umidade do solo (Bonetti et al., 2017).

Nas figuras abaixo, estão algumas práticas e ferramentas utilizadas para avaliar a qualidade do solo.



Figura 1. Coleta de amostra de solo indeformada para avaliação de densidade, macroporosidade, microporosidade e volume total de poros (VTP).



Figura 2. Agitador Tipo Yoder para avaliação da estabilidade de agregados em água.



Figura 3. Penetrômetro de impacto (Fonte: <https://www.soilcontrol.com.br/produto/92596/penetrometro-de-impacto.aspx>)

Diversos atributos físicos do solo têm sido utilizados como indicadores de qualidade do solo, alguns trabalhos utilizam área nativa de referência outros trabalhos utilizam plantas com indicadoras de valores de algumas variáveis. Assim sendo, diversos estudos baseados nos atributos físicos têm sido relatados, na Tabela 1 estão descritos alguns trabalhos realizados por diversos autores e algumas variáveis físicas analisadas com o objetivo de avaliar a qualidade do solo e/ou o rendimento e/ou o desenvolvimento de algumas espécies vegetais.

Variável(s) analisada(s)	Cultura(s)/Solo	Valores Críticos	Autor/Fonte
Densidade, crescimento radicular	Culturas: Milho, mucuna, crotalária, pousio, guandu Argissolo com 15% Argila	Baseado no crescimento Radicular Densidade: Baixa ($<1,75 \text{ Mg m}^{-3}$); Media ($1,75 \text{ a } 1,85 \text{ Mg m}^{-3}$); Alta ($> 1,85 \text{ Mg m}^{-3}$)	Reinert et al. (2008)
Densidade	-----	Solos Argilosos ($>55\%$ de argila) $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$; Textura média (20 a 55 % de argila) $1,55 \text{ Mg m}^{-3}$; $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$; Arenosos ($<20\%$ de argila) $1,65 \text{ Mg m}^{-3}$;	Reichert et al. (2003)
Densidade	Soja Latossolo Bruno com 57% de Argila	Densidade crítica para crescimento do sistema radicular: $0,9 \text{ Mg m}^{-3}$ Densidade crítica para crescimento da parte áerea: $1,04 \text{ Mg m}^{-3}$	Silva et al. (2014)
Densidade, crescimento radicular	Soja , milho Latossolo apresentando 51% de argila	Densidade crítica de $1,3 \text{ a } 1,35 \text{ Mg m}^{-3}$, com trafego de 8 passadas de trator de 6 Mg, afetando o crescimento e distribuição do sistema radicular	Valadão et al., 2015
Agregados	Latossolo Vermelho	Agregados $>2\text{mm}$: área referência de 97,5%	D'Andrea et al. (2002)
Agregados, Porosidade, Resistência a Penetração	Integração Agricultura Pecuária sob Latossolo com 42% de Argila	DMP na área sem pastejo de 2,18 mm. Porosidade total $0,62 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e resistência do solo a penetração variando entre 1,31 a 1,25 MPa	Bonetti et al. (2015).
Densidade, Porosidade, macro, microporosidade e condutividade hidráulica	Cerrado, PD com Soja e Milho, Pastagem	Área Nativa de Cerrado: Densidade $1,39 \text{ a } 1,43 \text{ Mg m}^{-3}$; Macroporosidade $0,3 \text{ a } 0,32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; Microporosidade $0,13 \text{ a } 0,14 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$; Cond hidráulica 200 mm h^{-1}	Sales et al. (2010)
Umidade e Temperatura do solo	Integração Lavoura Pecuária	Umidade na área sem pastejo: $0,28 \text{ a } 0,48 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$	Bonetti et al. (2017)

Tabela 1. Algumas varáveis físicas utilizadas como atributo indicadores de qualidade do solo para algumas culturas segundo diversos estudos realizados na literatura.

3.2 ATRIBUTOS QUÍMICOS INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

Alguns atributos químicos podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo e pode-se destacar: pH, teor e estoque de carbono e nitrogênio, fracionamento da matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes (P, K, Ca, Mg, K e outros), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), presença de metais pesados e outros (Cardoso et al., 2009; Vezzani: Mielniczuk, 2009; Silva, 2018).

Em diferentes sistemas de manejo em Neossolo Quartzârenico, Carvalho et al. (2015), verificaram que os sistemas que mais favorecem a redução da acidez e do Alumínio além da elevação da fertilidade do solo são sistemas mais diversificados como a Integração Lavoura Pecuária e Integração Lavoura Pecuária Floresta. Por outro lado, nesse mesmo

estudo, os maiores teores de MOS foram encontrados em área de Cerrado e área de pastagem extensiva.

Também avaliando a qualidade química e física de um Neossolo Quartzârenico em área do Pantanal Sul-Mato-grossense, Cardoso et al. (2011), constataram que a substituição de florestas arbóreas nativas por pastagem, pode reduzir a qualidade química do solo e comprometer produção das pastagens além de reduzir em até 49% o teor de MOS. Nesse sentido, Vicente e Araújo (2013), avaliando indicadores microbiológicos e da fertilidade em Argissolos, verificaram que o componente da fertilidade que apresentou menor coeficiente de variação foi o pH, sendo o elemento P, Ca e Mg que mais apresentaram variabilidade em 108 amostras de solo. Também nesse mesmo estudo, o teor de argila se correlacionou com o carbono orgânico e com a CTC, indicando possivelmente maior qualidade em solos com maior teor de argila sob pastagem.

Outro atributo de extrema importância que tem sido utilizado nos estudos sobre a qualidade do solo é o teor e/ou estoque de matéria orgânica e suas frações (Vezzani; Mielniczuk, 2009; Souza et al., 2017). A MOS tem sido bastante estudada pois influência as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Pinto et al., 2012; Vicente; Araújo, 2013;).

Os estoques da MOS tem sido utilizados em distintos trabalhos sobre a influência de sistemas de manejo do solo (Conte et al., 2011; Souza et al., 2016), adubações e entre outros (Pinto et al., 2012). Entretanto, podem não ser sensíveis à variações que ocorrem em curto período de tempo, sendo frequente a utilização das frações mais lábeis da MOS afim de discriminar melhor o manejo adotado ao solo (Conte et al., 2011; Silva et al., 2016; Souza et al., 2016). Os compartimentos da MOS são divididos em: MOS lável, MOS protegida estruturalmente e por colóides. A MOS lável, é composta de resíduos de plantas e da fauna edáfica em diversos estados de decomposição e com grande diversidade de substratos, sendo mais prontamente decomponíveis. Assim a MOS lável é um compartimento transitório da MOS, entre os resíduos de plantas recém depositados sobre o solo e o CO mais humificado e estabilizados no compartimento da MO protegida (Souza et al., 2009).

Os métodos de fracionamento da MOS são utilizados para melhor indicar a qualidade do manejo empregado ao solo (Pinto et al., 2012; Silva et al., 2016; Souza et al., 2016;). Dentre as metodologias utilizadas o fracionamento físico granulométrico merece destaque. Devido a maior simplicidade operacional e vantagem de ser menos agressivo a estrutura da matéria orgânica do que os métodos químicos, o fracionamento granulométrico tem sido utilizado em diversos trabalhos (Pinto et al., 2012; Silva et al., 2016; Souza et al., 2016). Esse método apresenta como princípio a separação da MOS por peneiramento. Após a separação dos compartimentos da MOS os mesmos são divididos em: carbono orgânico na matéria orgânica particulada (C-MOP), carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico associado aos minerais (COAM) que é dado pela diferença entre COT e COP.

O C-MOP é a fração da MOS separada por dispersão e peneiramento do solo associada a fração areia ($COP > 53 \mu\text{m}$). Esta porção é caracterizada como carbono orgânico particulado (COP), sendo partículas derivadas de resíduos de plantas e hifas com estrutura celulares reconhecíveis, cuja permanência do solo está condicionada a proteção física desempenhada por agregados. Esta fração corresponde de 20 a 50% do C total do solo em regiões frias e/ou semi-áridas (Cambardella & Elliott, 1992), com menor proporção em regiões tropicais variando entre 5 e 20% (SILVA et al., 2016; SOUZA et al., 2016), devido à condições mais favoráveis a atividade microbiana. O COAM é a fração da MOS associada as frações silte e argila do solo ($COAM < 53 \mu\text{m}$), sendo a porção da MOS que interage com a superfície de partículas minerais, formando os complexos organominerais com os óxidos de Fe e Al, estando protegida por mecanismos de proteção coloidal.

Outro atributo indicador utilizado para avaliar a qualidade da MOS é índice de manejo de carbono (IMC) como utilizado por alguns autores (Conte et al., 2011; Silva et al., 2016; Souza et al., 2016). Para obtenção desse índice, leva-se em consideração o estoque de carbono e a labilidade desse carbono, e utiliza um sistema de manejo considerado como referência, para o qual o IMC é definido como 100. O sistema definido como referência pode ser uma área de vegetação natural, solo em estado de degradação sob manejo inadequado, ou qualquer outro sistema que seja considerado como o padrão para o estudo (Silva et al., 2016; Souza et al., 2016). O IMC permite verificar, pela alteração da labilidade do carbono, se o sistema está tendendo à sustentabilidade ou à degradação (Conte et al., 2011).

A conversão de áreas de Cerrado Nativo, para atividade agrícola pode reduzir os estoques de carbono no solo e também os estoques de carbono na matéria orgânica particulada (Silva et al., 2016). No entanto, em sistemas mais diversificados como a integração lavoura pecuária a recuperação os estoques de C-MOP, mostra-se mais promissora na recuperação do que em sistemas de menor diversidade de vegetal como a cultura do Café e Plantio Direto (Silva et al., 2016). Nesse mesmo estudo a maior labilidade foi observada na área de Cerrado (100%) devido à maior diversidade de espécies, seguida pela área de Integração Lavoura e Pecuária (79%), sendo a menor labilidade da matéria orgânica nas áreas de Plantio Direto (48%) e Café (58%).

Já em áreas de sistema de plantio direto em áreas de covais no cerrado, com vários anos de adoção os estoques de carbono podem ser reduzidos (Souza et al., 2016). No entanto, os estoques de C-MOP podem ser recuperados após 11 anos com plantio direto, sendo semelhantes a área nativa. Esses autores verificaram que apesar da redução dos estoques de carbono total, são reduzidos com a atividade agrícola com o plantio de culturas anuais, porém os estoques de C-MOP, são semelhantes a área nativa e a labilidade da MOS é aumentada em relação a área nativa elevando a qualidade da matéria orgânica com o aumento do tempo de adoção do sistema plantio direto em 12, 28 e 39% com 7, 11 e 16 anos de adoção do plantio direto.

Em áreas de pastagens o C-MOP também se mostrou um indicador de qualidade do solo sensível como relatado por Souza et al. (2009) e Conte et al (2011). Souza et al. (2009) avaliando intensidades de pastejo em áreas de integração lavoura e pecuária, verificaram que na maior intensidade (10 cm de resíduo) os estoques dessa fração apresentaram redução de 5,0 Mg ha⁻¹, em relação à ausência de pastejo. Também, Conte et al. (2011) em argissolo sob pastagem natural, verificaram redução dos estoques de C-MOP superior a 4,0 Mg ha⁻¹, na maior intensidade de pastejo em relação à ausência de pastejo.

Pode-se notar que o IMC é uma ferramenta eficaz em indicar a qualidade da matéria orgânica, refletindo sensibilidade em diferentes sistemas de uso e manejo do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao aumento da demanda por fibras e alimentos, os recursos naturais como o solo tem sido explorado intensivamente. Com isso houve a conversão de áreas naturais para atividades agrícolas ocasionando em algumas situações a degradação dos recursos naturais não renováveis como o solo, podendo haver a perda da capacidade produtiva.

Para minimizar a perda da capacidade produtiva do solo alguns atributos podem ser utilizados como indicativo de sua qualidade, antes mesmo de perder a sua capacidade de suporte de plantas e animais. Esses atributos podem ser de ordem química, física e biológica. Entretanto, o uso isolado de um ou poucos atributos podem levar a indicativos errôneos, necessitando, assim, de uma avaliação mais complexa e ampla para tomar decisões mais assertivas sobre os manejos a serem adotados sobre o uso do solo.

Diversos atributos já foram identificados e alguns até classificados com a finalidade de avaliar a qualidade do solo. Embora exista um volume significativo de informações disponíveis sobre o tema, ainda há uma conexão limitada entre a comunidade científica e os produtores rurais. Diante disso, é necessário estreitar essa relação, com o objetivo comum de promover uma produção de alimentos mais sustentável, visando à preservação ou à melhoria da qualidade do solo. Assim, programas de extensão que integrem pesquisadores e agricultores podem ser uma estratégia eficaz para aplicar o conhecimento já gerado em decisões mais assertivas, contribuindo para a produção de alimentos de melhor qualidade e para a continuidade das atividades nas propriedades rurais.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n. 01, p.617-625, 2007.
- ARAÚJO, Edson Alves de; KER, João Carlos; NEVES, Júlio César Lima; LANI, João Luiz. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, Guarapuava, v. 05, n. 01, p.1984-7548, 2012.
- ARAÚJO, Edson Alves de; KER, João Carlos; NEVES, Júlio César Lima; LANI, João Luiz. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, Guarapuava, v. 05, n. 01, p.1984-7548, 2012.
- BONELLI, E. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; CAMPOS, J. J.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; POLIZEL, A. P. Compactação do solo: Efeitos nas características produtivas e morfológicas dos capins Piatã e Mombaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 03, p.264-269, 2011.
- BONETTI, J. A.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, G. N. Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 45, n. 1, p. 104-112, 2015.
- BONETTI, Joao de Andrade; ANGHINONI, Ibanor; ZULPO, Lucas. TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO SOJA-BOVINOS DE CORTE COM DIFERENTES MANEJOS DA ALTURA DO PASTO. *Revista Scientia Agraria*, Curitiba, v. 18, n. 2, p.11-21, 2017.
- CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, v.56, p.777-783, 1992.
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D.A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato- Grossense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 02, p. 613-622, 2011.
- CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; MOREIRA, F. M. S.; CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagens cultivada e nativa no Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 06, p. 631-637, 2009.
- CARVALHO, R. P.; DANIEL, O.; VIDE, A. C.; SOUZA, F. R. Atributos físicos e químicos de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Caatinga*, Mossoro, v. 28, n. 1, p.148-159, 2015.
- CONTE O.; WESP, C.L.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.F.; LEVIEN, R.; NABINGER, C. Densidade, agregação e frações de carbono de um argissolo sob pastagem natural submetida a níveis de ofertas de forragem por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.579-587, 2011.
- D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 1, n. 26, p.913-926, 2002.
- D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos cerrados no sul do estado de goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, n. 01, p.1047-1054, 2002a.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. 1.ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2006. 8p.

PINTO, F. A.; SANTOS, F. L.; TERRA, F. D.; RIBEIRO, D. O.; SOUSA, R. R. J.; SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos de solo sob pastejo rotacionado em função da aplicação de cama de Peru. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 42, p. 254-262, 2012.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Ci. Amb., 27:29-48, 2003.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.1805-1816, 2008.

SALES, L. E.O.; CARNEIRO, M. A. C.; SEVERIANO, E. C.; OLIVEIRA, G. C.; FERREIRA, M. M. Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 34, n. 03, p.667-674, 2010.

SILVA, G. N.; BONETTI; J. A.; SOUZA, E. D.; PAULINO, H. B.; CARNEIRO, M. A. C. MANAGEMENT SYSTEMS AND SOIL USE ON FRACTIONS AND STOCKS OF ORGANIC CARBON AND NITROGEN TOTAL IN CERRADO LATOSOL. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 32, n. 06, p.1482-1492, 2016.

SILVA, Marx L.n.. INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM AGROECOSSISTEMAS. Disponível em: <[http://www.dcs.ufba.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof Marx/Aula 7b/Nota de aula 7_Qualidade do solo.pdf](http://www.dcs.ufba.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof%20Marx/Aula%207b/Nota%20de%20aula%207_Qualidade%20do%20solo.pdf)>. Acesso em: 04 jan. 2018.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavourapecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33: 1829-1836, 2009.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; RIBEIRO, D. O.; BAYER, C.; ROTTA, L. R. Matéria orgânica e agregação do solo após conversão de “campos de murundus” em sistema plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 51, n. 09, p.1194-1202, 2016.

TORRES, Jose Luiz Rodrigues; FABIAN, Adelar Jose; PEREIRA, Marcos Gervasio. Alterações dos atributos físicos de um latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. Ciênc. Agrotec., Lavras, v. 35, n. 03, p.437-445, 2011.

VALADÃO, F. C. A.; WEBER, O. L. S.; VALADÃO JÚNIOR, D. D. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 39, n. 01, p.243-255, 2015.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 04, p. 743-755, 2009.

VICENTE, G. C. M. P.; ARAUJO, F. F. Uso de indicadores microbiológicos e de fertilidade do solo em áreas de pastagens. Semina, Londrina, v. 34, n. 1, p.137-146, 2013.