



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
MATO GROSSO**

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO

FABIANO DA SILVA AGUIAR

**INDICADORES QUANTITATIVOS E AVALIAÇÃO VISUAL DA QUALIDADE
DE SOLOS DEGRADADOS E EM RECUPERAÇÃO**

**Cuiabá
2016**

TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

FABIANO DA SILVA AGUIAR

INDICADORES QUANTITATIVOS E AVALIAÇÃO VISUAL DA QUALIDADE DE SOLOS DEGRADADOS E EM RECUPERAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Campus Cuiabá - Bela Vista para obtenção de título de graduado.

Orientador: Profa. Dra. Elaine de Arruda Oliveira Coringa

**Cuiabá-MT
2016**

FICHA CATALOGRÁFICA

A282i

Aguiar, Fabiano da Silva.

Indicadores quantitativos e avaliação visual da qualidade dos solos degradados e em recuperação. / Fabiano da Silva Aguiar. _ Cuiabá, 2016. 39 f.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Elaine de Arruda Oliveira Coringa

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)_ . Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Campus Cuiabá – Bela Vista. Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental.

1. Fertilidade – TCC. 2. Estrutura – TCC. 3. Degradação – TCC. I. Coringa, Elaine de Arruda Oliveira. II. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA CDU 504.05
CDD 363.7

FABIANO DA SILVA AGUIAR

**INDICADORES QUANTITATIVOS E AVALIAÇÃO VISUAL
DA QUALIDADE DE SOLOS DEGRADADOS E EM
RECUPERAÇÃO**

BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Dr.ª Elaine de Arruda Oliveira Coringa
ORIENTADORA



Prof. Dr. Josias do Espírito Santo Coringa
EXAMINADOR



Prof. Dr. Marcos Feitosa Pantoja
EXAMINADOR

DEDICATÓRIA

*Ao senhor DEUS, por fazer de mim
uma pessoa capaz, aos meus
familiares que sempre me ajudaram,
me entusiasmando através de
palavras e ações, aos meus amigos
e à professora Dra. Elaine Oliveira
Coringa que me deu a maior força
para a realização deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e à intercessão da minha devoção, no qual eu tenho fé.

Aos meus familiares que são a inspiração para meus estudos e à duas pessoas que também me incentivaram a voltar a estudar, mas infelizmente não estão mais aqui (Joana Paes e Eunice Paes), mais sei que estão felizes por mim.

À professora Elaine Coringa e a todos os professores do IFMT que contribuíram para o meu conhecimento desde o início do curso, e que se dedicaram a passar os seus saberes a mim.

Aos meus caros colegas de curso, que colaboraram para o nosso desempenho até aqui.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo analisar a qualidade do solo de uma área em recuperação comparativamente ao solo de uma área degradada por meio de indicadores ambientais quantitativos e visuais. Foram consideradas duas áreas: uma área impactada por atividades antrópicas (ÁREA DEGRADADA) e uma área revegetada (ÁREA RECUPERADA), pertencentes à área do IFMT campus Cuiabá Bela Vista. Foram analisados os indicadores quantitativos físicos, químicos e biológicos, segundo metodologia da Embrapa. A avaliação visual dos solos foi realizada nas duas áreas, utilizando indicadores morfológicos pré-definidos com escores e pesos pré-determinados. Observou-se correlação significativa entre os indicadores visuais e quantitativos dos solos, e os índices visuais obtidos permitiram classificar o solo da área I como de qualidade POBRE (índice 07), e o solo da área II como BOM (índice 26). O método de avaliação visual dos solos pode ser utilizado porque mostrou-se de fácil execução e prático, com resultados sensíveis à qualidade do solo. Sua eficiência deve ser testada com maior número de amostras e áreas de solos diferentes.

Palavras-chaves: fertilidade, estrutura, degradação, índice visual.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the quality of the soil in an area in recovery from the soil of an area degraded by means of quantitative and visual environmental indicators. Two areas were considered: an area impacted by human activities (DEGRADED AREA) and revegetated area (RECOVERED AREA), belonging to the area of the campus IFMT Cuiaba Bela Vista. Physical, chemical and biological quantitative indicators were analyzed, according to Embrapa methodology. The visual soil assessment (VSA) was carried out in both areas, using predefined morphological indicators with predetermined scores and weights. There was a significant correlation between visual and quantitative indicators of the soil, and visual indices obtained allowed to classify the soil of the area I like quality POOR (index 07), and the soil of the area II as BOM (index 26). The method of soil visual assessment (VSA) can be used because it has been shown for easy carrying and practical, with results sensitive to soil quality. Its efficiency should be tested with the highest number of different soil samples and areas.

Keywords: fertility, structure, degradation, visual index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área degradada.....	20
Figura 2: Área recuperada.....	20
Figura 3: Triângulo textural.....	24
Figura 4: Avaliação visual da estrutura do solo.....	25
Figura 5: Avaliação visual da porosidade do solo.....	26
Figura 6: Avaliação visual da cor do solo.....	27
Figura7: Avaliação visual da camada compactada do solo.....	27
Figura 8: Torrões e estrutura do solo da área I – degradada.....	32
Figura 9: Agregados e estrutura do solo da área II – recuperada.....	32
Figura 10: Camada compactada no perfil da área I e II respectivamente.....	33
Figura 11: Cor do solo das áreas I e II, respectivamente.....	33
Figura 12: Cobertura do solo das áreas I e II respectivamente.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

C	Carbono
COT	Carbono orgânico total
CO ₂	Dióxido de carbono
CTC	Capacidade de troca catiônica
Ds	Densidade do solo
pH	Potencial hidrogênio
Pt	Porosidade total
MOS	Matéria orgânica do solo
RBS	Respiração Basal do Solo
Ug	Umidade Gravimétrica
VSA	Avaliação visual do solo
V%	Saturação por bases
Al	Alumínio trocável
Ca + Mg	Teor da bases trocáveis
H + Al	Acidez potencial
m%	Saturação por alumínio
QS	Qualidade do solo
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Indicadores visuais de qualidade do solo e ponderações.....	23
Tabela 2: Classificação do índice de qualidade do solo.....	23
Tabela 3: Classificação da textura do solo.....	24
Tabela 4: Resultados médios dos indicadores físicos, químicos e biológicos.....	29
Tabela 5: Escores e pontuação final dos indicadores visuais de qualidade dos solos da área degradada (I) e recuperada (II).....	31
Tabela 6: Coeficientes de correlação linear de Pearson entre o índice visual dos solos e os indicadores físicos, químicos e biológico (nível de significância de 5%).....	35

SUMÁRIO

1.	Introdução	13
1.1.	Objetivo geral.....	15
1.2.	Objetivos específicos.....	15
1.3.	Hipótese.....	15
2.	Revisão de literatura	16
2.1.	Qualidade do solo.....	16
2.2.	Áreas degradadas	16
2.3.	Indicadores visuais para avaliação da qualidade do solo.....	17
2.4.	Indicadores quantitativos de qualidade do solo.....	18
3.	Material e métodos	20
3.1	Descrição da área de estudo.....	20
3.2	Amostragem e coleta das amostras.....	20
3.3.	Análise dos indicadores físicos, químicos e biológicos do solo.....	21
3.4.	Avaliação visual da qualidade do solo.....	22
3.5.	Tratamento estatístico dos dados.....	28
4.	Resultados e discussão	29
4.1.	Qualidade física, química e biológica dos solos	29
4.2.	Avaliação visual dos solos	31
5.	Conclusões	36
6.	Referências	37

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do solo é definida como a capacidade do solo de exercer suas funções na natureza, tais como: meio para o crescimento das plantas; regulação e compartimentalização do fluxo de água no ambiente; estocagem e promoção da ciclagem de elementos; tampão ambiental, na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente (DORAN, 1997).

Para que o solo tenha qualidade, faz-se necessário a integração das suas propriedades biológicas, físicas e químicas que o habilitam a exercer suas funções adequadamente (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009). Devido à importância do solo para a qualidade ambiental e a sustentabilidade dos agroecossistemas torna-se importante avaliar a qualidade do solo por meio dos indicadores.

Dentre os indicadores chave utilizados para avaliar a qualidade física do solo tem-se os indicadores de compactação, de agregação do solo, que por sua vez são quantificados pelos parâmetros: densidade do solo, resistência à penetração de raízes, estabilidade e tamanho de agregados, porosidade total.

Os indicadores de qualidade química estão relacionados à reserva natural de nutrientes que o solo possui, e sua acidez, quantificados pelos parâmetros teor de bases e alumínio trocáveis, capacidade de troca catiônica e acidez potencial e ativa do solo.

Já os indicadores biológicos representam uma classe de indicadores mais sensíveis ao uso e manejo do solo, compostos principalmente pela matéria orgânica e seus componentes e pela atividade da biomassa microbiana do solo. Esses indicadores são quantificados pelo teor de carbono orgânico e seu estoque no solo e pela respiração basal.

Por isso, para a avaliação da qualidade do solo com relação ao seu estado de conservação e/ou degradação são utilizados esses indicadores com base em metodologias laboratoriais que, embora sejam bastante precisos e apresentem, por muitas vezes, valores de referência, são de difícil execução e interpretação.

Por isso, o uso de avaliações visuais para a qualidade do solo fornece, de maneira rápida, segura e barata, as informações necessárias sobre a qualidade atual do solo, e a avaliação visual caracteriza-se pela simplicidade e praticidade dos métodos utilizados.

A avaliação visual do solo (AVS) é baseada em atributos morfológicos visíveis ou passíveis de serem distinguidos sem a necessidade de análises laboratoriais (HOUSKOVA, 2005). Shepherd (2000) definiu propriedades visuais indicadoras de qualidade do solo e métodos de avaliação e exposição dos resultados, de modo a fornecer informações de maneira rápida, segura e barata. O autor sugere o cálculo do índice visual de qualidade do solo que consiste na atribuição dos valores 0 (ruim), 1 (moderada) ou 2 (boa), com base na condição do solo observada em campo ao se comparar com fotografias e descrições do método.

No Brasil ainda são escassas as informações a respeito do uso de indicadores visuais (parâmetros qualitativos) para avaliar a qualidade do solo e a eficácia dos seus resultados. É necessário portando, avaliar esses atributos visuais que são potencialmente indicadores da qualidade do solo e que podem proporcionar um fácil entendimento e uma rápida resposta. Esses indicadores aplicados no cenário desta pesquisa pretendem verificar a extensão da degradação da área do campus e delimitar a área que está sendo usada para que não aprofunde possíveis degradações.

Com isso, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade do solo de uma área em recuperação comparativamente ao solo de uma área degradada por meio de indicadores ambientais quantitativos e visuais.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade do solo de uma área em recuperação comparativamente ao solo de uma área degradada por meio de indicadores ambientais quantitativos e visuais.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar um conjunto de parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade do solo que indiquem o estado atual do ambiente físico;
- Realizar a avaliação qualitativa do solo por meio de indicadores visuais.
- Determinar o índice de qualidade dos solos em estudo.

1.3 HIPÓTESE

A hipótese deste estudo é de que é possível obter um diagnóstico da qualidade do solo utilizando o método visual de avaliação e os indicadores biológicos, e de que existe relação inversa entre a intensidade de uso do solo e sua qualidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Qualidade do solo:

A qualidade do solo (QS), segundo Doran e Parkin (1994), pode ser conceituada como:

“A capacidade desse recurso em exercer várias funções dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema visando sustentar a produtividade biológica, manter ou melhorar a qualidade ambiental e contribuir para a saúde das plantas, dos animais e humana.”

Outras definições para a qualidade do solo encontradas na literatura são:

- Capacidade de um tipo específico de solo funcionar como ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água e do ar e suportar o crescimento humano” (KARLEN et al., 1997);
- Capacidade do solo de sustentar a diversidade biológica, regular o fluxo de água e solutos, degradar, imobilizar e detoxificar compostos orgânicos e inorgânicos e atuar na ciclagem de nutrientes e outros elementos” (SEYBOLD et al., 1998).

2.2 Áreas degradadas

Existem vários conceitos de área degradada na literatura especializada. Genericamente, a degradação é qualquer alteração do meio natural. Assim, uma área degradada pode ser aquela em que houve diminuição da sua produtividade devido a manejos agrícolas inadequados, teve a cobertura vegetal removida, recebeu excesso de fertilizantes e agrotóxicos, sofreu poluição ou erosão (CORREIA et al, 2002).

A Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO) define degradação de terras como a deterioração ou perda total da capacidade dos solos para uso presente e futuro (ARAUJO et al., 2005).

Segundo Tavares (2008) são cinco os principais fatores de degradação dos solos:

- 1) Desmatamento ou remoção da vegetação natural para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e urbanização;
- 2) Superpastejo da vegetação;
- 3) Atividades agrícolas, incluindo ampla variedade de práticas agrícolas, como o uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, uso de água de irrigação de baixa qualidade, uso inapropriado de máquinas agrícolas e ausência de práticas conservacionistas de solo;
- 4) Exploração intensiva da vegetação para fins domésticos, como combustíveis, cercas, expondo o solo à ação dos agentes erosivos; e
- 5) Atividades industriais ou bioindustriais que causam poluição do solo.

Quando o ambiente não se recupera sozinho ao longo do tempo, diz-se que ele está degradado; se o ambiente mantém sua capacidade de regeneração ou depuração (resiliência), diz-se que ele está perturbado. A degradação intensa, com perda de resiliência, resulta notadamente em áreas degradadas.

Os ecossistemas terrestres dependem do solo. As práticas agrícolas interferem de alguma forma no ecossistema, e a longevidade deste sistema depende do nível de agressão que tais práticas promovem.

Assim, distinguir áreas perturbadas de áreas degradadas são aspectos importantes para se avaliar a qualidade de um ecossistema como o solo. Por isso, o emprego de indicadores quantitativos e qualitativos são complementares nessa tarefa, fornecendo informações acerca do grau de degradação e de resiliência do solo.

2.3 Indicadores visuais para avaliação da qualidade do solo:

Nos últimos anos, diversos pesquisadores das mais variadas nacionalidades desenvolveram métodos baseados nas avaliações visuais da qualidade da estrutura do solo como na Nova Zelândia (SHEPHERD, 2000), Austrália (MCKENZIE, 2013), Escócia (BALL e DOUGLAS, 2003), França (ROGER-ESTRADE et al., 2004), e o seu uso tem sido incentivado pelas atividades do Grupo de Trabalho “*Visual soil examination and evaluation*” da ISTRO (*International Soil Tillage Research Organization*). Este grupo de trabalho

promoveu uma reunião em 2005, no norte da França, onde foram discutidos dez métodos de avaliação da estrutura do solo.

Avaliações qualitativas da estrutura do solo obtidas diretamente no campo, como o VESS (Avaliação visual da estrutura do solo ou *Visual Evaluation of Soil Structure*) (BALL et al., 2007) e/ou o VSA (Avaliação visual do solo ou *Visual Soil Assessment*) (SHEPHERD, 2009) são rápidas, seguras, objetivas e de baixo custo, podendo ser utilizadas por agricultores e ou qualquer profissional da área específica.

Essas avaliações visuais são métodos simples para se examinar a condição do solo e a forma com que é afetado pelas práticas de manejo, sendo também utilizadas para identificar as limitações de um solo. As avaliações podem ser realizadas em diferentes épocas do ano, dependendo do objetivo da análise, pois a umidade deve ser levada em consideração por afetar a interpretação do método (BALL et al., 2007).

O método de análise visual do solo (VSA) proposto por Shepperd (2000) atribui um índice visual de qualidade do solo que consiste na atribuição dos valores 0 (ruim), 1 (moderada) ou 2 (boa), com base na condição do solo observada em campo ao se comparar com fotografias e descrições do manual. Os indicadores de qualidade do solo recebem um valor e a soma total dos valores de cada atributo fornece o índice visual da amostra que está sendo avaliada (NIERO et al., 2010).

2.4 Indicadores quantitativos de qualidade do solo:

O uso de indicadores quantitativos permite avaliar a qualidade do solo e também monitorar as práticas de manejo. Segundo Singer e Ewing (2000), os atributos mais utilizados como indicadores de qualidade física do solo deveriam ser aqueles que consideram a profundidade efetiva de enraizamento, porosidade total, distribuição e tamanho dos poros, distribuição do tamanho das partículas, densidade do solo, resistência do solo à penetração das raízes, intervalo hídrico ótimo, índice de compressão e estabilidade dos agregados. Quando os solos estão com a qualidade física comprometida, degradados ou em processo de degradação, podem ocorrer impactos na qualidade dos recursos hídricos decorrentes da ação erosiva das enxurradas e poluição dos reservatórios que

recebem sedimentos carregados pelas enxurradas (ARAÚJO et al., 2007). Além disso, a degradação física do solo pode afetar a produtividade das espécies vegetais.

Indicadores biológicos representam diferentes aspectos da qualidade do solo nos diferentes ecossistemas (ELLIOTT, 1997) e podem ser utilizados para monitorar três funções ou parâmetros básicos: estrutura ou desenvolvimento do solo, estoque de nutrientes e atividade biológica (GREGORICH et al., 1994). A biomassa microbiana (BM) é considerada a parte viva da matéria orgânica do solo, e inclui bactérias, actinomicetos, fungos, protozoários, algas e microfauna. Mesmo representando uma pequena porção da matéria orgânica, a BM pode ser considerada uma fonte potencial de N, P, S e outros nutrientes para as plantas (DE-POLLI e GUERRA, 1999). O estudo da BM é fundamental para a compreensão dos processos em que atua, assim como para o monitoramento de alterações nestes processos, principalmente aquelas causadas por ações antrópicas.

Dentre todos os indicadores de qualidade do solo, a matéria orgânica do solo (MOS) é a mais usada, pois é um indicador sensível às modificações impostas pelo manejo do solo, é fonte primária de nutrientes às plantas e correlaciona-se com a maioria das propriedades do solo, influenciando na infiltração, retenção de água, susceptibilidade à erosão e fertilidade (MIELNICKZUK, 2008).

A avaliação das alterações ocorridas nas propriedades dos solos em função do seu uso e manejo, é de grande importância prática uma vez que o entendimento das modificações ocorridas nas propriedades químicas, físicas e biológicas, decorrentes do seu cultivo, uso ou degradação, pode fornecer elementos para produção em bases sustentáveis (CARNEIRO et al, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área de estudo:

O estudo foi conduzido no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso - IFMT, Campus Cuiabá Bela Vista (15°34'45,02"S e 56°03'45,78"O).

A área de estudo encontra-se dentro do perímetro urbano, e consiste em uma área que anteriormente era degradada e foi revegetada com espécies do bioma Cerrado, sendo as famílias mais comuns: *Anacardiaceae*, *Rubiaceae* e *Fabaceae*.

Para fins de comparação da qualidade do solo foram consideradas duas áreas: uma área impactada por atividades antrópicas no próprio campus (ÁREA DEGRADADA) e uma área revegetada (ÁREA RECUPERADA), a fim de estabelecer os indicadores visuais e quantitativos (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudos

3.2 Amostragem e coleta das amostras:

Foram coletadas cinco amostras simples para formar uma amostra composta por área de estudo pelo método dos pontos cardeais, para posteriormente serem analisados os indicadores físicos, químicos e biológicos dos solos em laboratório. Todas as determinações analíticas foram realizadas

com três repetições, e as análises laboratoriais foram realizadas no período de fevereiro a março de 2016.

Posteriormente, para avaliação dos indicadores visuais dos solos em cada área avaliada no campus foram abertas mini trincheiras para observação *in loco* e comparações com os critérios de qualidade visual do solo. A avaliação visual da qualidade do solo foi realizada no mês de julho de 2016.

3.3 Análise dos indicadores físicos, químicos e biológicos do solo:

As amostras coletadas foram colocadas em sacos plásticos, identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Solos do Campus Bela Vista para as análises.

No laboratório, as amostras deformadas foram secas naturalmente, peneiradas em peneiras de malhas < 2 mm, maceradas em almofariz e armazenadas para as análises de avaliação da fertilidade do solo conforme metodologias da Embrapa (EMBRAPA, 2011). O carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação úmida a quente com solução de dicromato de potássio e posterior titulação com sulfato ferroso amoniacal, sendo a matéria orgânica obtida pela multiplicação do COT por 1,724; o pH foi analisado em solução de KCl 1 mol L⁻¹, na proporção 1:2,5 em potenciômetro; os teores dos cátions trocáveis Ca²⁺ + Mg²⁺ e Al³⁺ foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹ e EDTA 0,1 mol L⁻¹, respectivamente. Também foram calculados a Soma das bases (SB), CTC total; acidez potencial (H+Al); porcentagem de saturação por bases (V%) e porcentagem de saturação por alumínio (m%).

As amostras coletadas para análise dos indicadores biológicos foram armazenadas em outro saco plástico, identificadas e devidamente acondicionadas sob refrigeração até a análise. Antes das análises, as amostras foram peneiradas em malha 2 mm. Foi determinada a Respiração Basal do Solo pelo método de Jenkinson e Powlson (1976) adaptada por Silva (2007) pelo método da captura do CO₂ em solução alcalina (NaOH 1 mol L⁻¹), sob incubação por 7 dias em recipiente hermeticamente fechado. A quantificação do C-CO₂ liberado foi realizada por meio da titulação do NaOH remanescente com HCl 0,5

mol L⁻¹. O teor de matéria orgânica do solo foi calculado utilizando o valor do carbono orgânico total multiplicado pelo fator 1,724.

Nas amostras indeformadas, coletadas em anel volumétrico de 100 cm³ de volume, foram determinados os indicadores físicos dos solos: densidade do solo (Ds), umidade gravimétrica (Ug), porosidade total (Pt) e análise granulométrica pelo método da pipeta. Todas as determinações foram baseadas em Embrapa (2011).

3.4 Avaliação visual da qualidade do solo

Para cada indicador de qualidade visual do solo avaliado no campo foi atribuída uma valoração e ponderação (peso) em função da sua importância na qualidade do solo segundo Shepherd (2000).

Os indicadores visuais foram pontuados de 0 a 2, sendo o menor considerado como solo pobre e o maior como bom, de acordo com a comparação visual com os padrões fotográficos sugeridos no manual de campo de Shepherd (2000).

Para calcular o índice de qualidade visual do solo, cada indicador avaliado no campo recebeu uma valoração e procedeu-se à ponderação (peso) em função da sua importância na qualidade do solo (Tabela 1).

A soma dos valores obtidos com a ponderação para cada indicador representa o índice indicador da qualidade do solo e classifica o solo em pobre (para soma menor que 10), moderado (soma entre 10 e 25) e bom (para valores maiores que 25) (Tabela 2).

Tabela 1 – Indicadores visuais de qualidade do solo e ponderações (adaptado de SHEPHERD (2000)).

Atributos do Solo	Escore visual 0 – Pobre 1 – Moderado 2 – Bom	Peso	Classificação Visual (Escore x peso)
1. Textura		x 3	
2. Estrutura do Solo		x 3	
3. Porosidade do Solo		x 2	
4. Cor do Solo		x 2	
5. Cobertura do Solo		x 3	
6. Camada Compactada		x 1	
7. Erosão do solo		x 1	
Soma da classificação visual			

Tabela 2 – Classificação do Índice de Qualidade do Solo, segundo SHEPHERD (2000).

Indicador de Qualidade Visual do Solo	Classificação Visual
Pobre	< 10
Moderado	10-25
Bom	> 25

3.4.1 Avaliação da textura do solo (indicador visual 1):

A textura do solo está relacionada com as proporções das frações granulométricas do solo: areia, silte. No campo, ela é avaliada com base na sensação tátil percebida quando uma porção de solo úmido é manuseado entre os dedos: a areia provoca sensação de aspereza, o silte de sedosidade e a argila de pegajosidade. A textura é confirmada em laboratório pela análise granulométrica e a classe textural é determinada pelo triangulo textural (Figura 3).

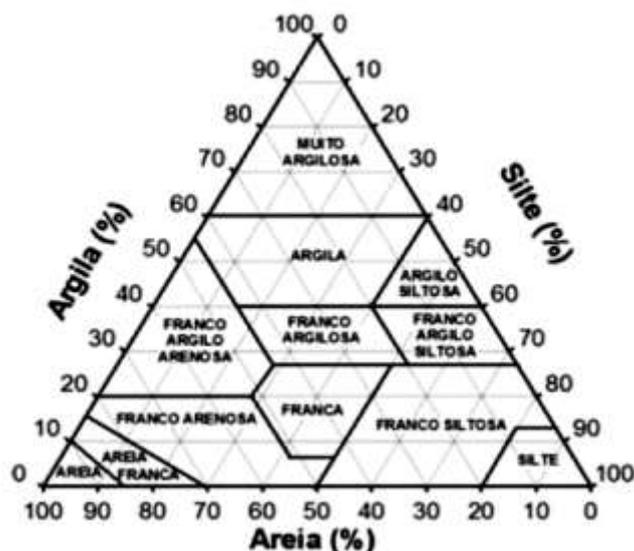


Figura 3. Triângulo textural (Embrapa, 2011)

A importância da determinação da classe textural de um solo reside no fato de que esse parâmetro influencia importantes propriedades como capacidade de troca de cátions (CTC), retenção de água, disponibilidade e movimento da água no solo, todas diretamente relacionadas com o comportamento e uso agrícola dos solos. Além disso, têm influência na suscetibilidade à compactação e à erosão (RIBEIRO et al., 2012).

A textura foi pontuada de acordo a classe textural do solo (Tabela 3):

Tabela 3 – Classificação da textura do solo, segundo SHEPHERD (2000).

Escore visual	Classe textural
2,0 = bom	Franco siltosa
1,5 = moderadamente bom	Franco argilosa
1,0 = moderado	Franco argilo-siltosa/ franco arenosa
0,5 = moderadamente pobre	Argilo-siltosa / argila
0,0 = pobre	Areia franca / areia

3.4.2 Avaliação da estrutura do solo (indicador visual 2):

Utilizou-se um cubo de solo (torrão) e deixou-se cair a amostra duas vezes de uma altura de 1 (um) metro em uma bandeja plástica: se na primeira queda o torrão grande não se quebrar, ele poderá passar pelo mesmo processo mais uma vez.

Os agregados foram separados, onde as frações mais grosseiras foram colocadas em uma extremidade e as mais finas em outra. A pontuação da estrutura variou de 0 (Solo dominado por torrões grossos, firmes e com poucos agregados finos), 1 (Solo com volumes proporcionais de ambos agregados grossos e finos) e 2 (Solo com boa presença dos agregados finos e com quantidades não consideráveis de torrões) (Figura 4).



Figura 4. Avaliação visual da estrutura do solo (Fonte: Sheppherd (2009))

3.4.3 Avaliação da Porosidade do Solo (indicador visual 3):

Para avaliar a porosidade visualmente foram utilizados torrões grandes e observados a quantidade de poros, a distribuição de macro e microporos, a presença de raízes e a rugosidade dos torrões. Foram dadas as pontuações: 0 (Solo sem macroporos aparentes, com visível ocorrência de compactação, superfície lisa com poucas rachaduras ou furos e pode ter ângulos acentuados), 1 (Solos com macroporos em quantidade pouco significativa, tanto entre como dentro dos agregados, mostrando pequena compactação) e 2 (Solos com muitos macroporos entre e dentro dos agregados associados a uma boa estrutura do solo) (Figura 5).



Figura 5. Avaliação visual da porosidade do solo (Fonte: Sheppherd (2009))

3.4.4 Avaliação da Cor do solo (indicador visual 4):

Para avaliar a cor utilizou-se o mesmo torrão da avaliação da porosidade. Os pontos atribuídos foram de 0 (A cor do solo é mais clara em comparação ao solo testemunha), 1 (A cor do solo é mais clara em relação a solo testemunha, porém não muito acentuada) e 2 (Solo escuro semelhante ao solo testemunha) (Figura 6). Foi usada também a Carta Munsell de Cores para determinação dos parâmetros da cor (matiz, valor e croma) comparando-se um torrão do solo das duas áreas com as folhas da carta de cores.



Figura 6. Avaliação visual da cor do solo (Fonte: Sheppherd (2009))

Aos valores correspondentes a cores mais escuras (menor valor) foram atribuídas as maiores notas, considerando maior quantidade de matéria orgânica e, portanto, maior qualidade do solo.

3.4.5 Avaliação da Cobertura do Solo (indicador visual 5):

Foi feita uma análise visual da presença de serapilheira na superfície do solo, gramíneas e vegetais de pequeno e médio porte. Foram atribuídos pontos de 0 (para superfície do solo com falta de cobertura), 1 (para superfície do solo parcialmente coberta) e 2 (para a superfície do solo que se apresentou totalmente coberta).

3.4.6 Avaliação da presença de Camada Compactada (indicador visual 6):

Foram abertas mini trincheiras em cada área e foram estabelecidas as comparações, com pontuação 0 (severa compactação, não é visível a presença de macroporos), 1 (camada compactada moderadamente desenvolvida, com fissuras e alguns microporos) e 2 (solo friável, com manifestação de porosidade) (Figura 7).



Figura 7. Avaliação visual da camada compactada do solo (Fonte: Sheppherd (2009))

3.4.7 Avaliação da presença de erosão (indicador visual 7):

A erosão diminui o potencial produtivo do solo devido à perda de nutrientes e da matéria orgânica e reduz a profundidade efetiva das raízes e a capacidade de retenção de água do solo. É a forma mais grave de degradação do solo. A erosão pode ser avaliada por meio de aspectos superficiais, onde observa-se a presença de erosão eólica e hídrica, com pontuação 2 (Não há erosão hídrica na superfície do solo e a erosão eólica, não é um problema); 1 (A erosão hídrica e eólica são problemas, onde é possível observar uma moderada erosão na superfície); 0 (Tanto a erosão hídrica como a eólica são grandes problemas, ocorrendo grandes voçorocas na área).

3.5 Tratamento estatístico dos dados:

Os resultados dos indicadores físicos, químicos e biológicos das amostras de solo foram submetidos à estatística descritiva e correlacionados com os índices visuais obtidos para cada área.

Foi utilizada a matriz de correlação para medir a associação entre as variáveis quantitativas e qualitativas dos solos. Foram calculados o coeficiente de correlação de Pearson e o p-valor, para concluir entre as hipóteses para o nível de significância de 5%. A análise estatística foi conduzida no programa Action (Estatcamp) associado à planilha Excel (Microsoft).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade física, química e biológica dos solos:

Os resultados médios das análises físicas, químicas e biológicas dos solos da área I (impactada) e II (recuperada) estão apresentados na Tabela 3.

A classe textural dos solos foi classificada como franco-argilo-arenosa (área I) e franco siltosa (área II), de acordo com o triângulo textural.

Tabela 3 – Resultados médios dos indicadores físicos, químicos e biológicos dos solos.

Indicadores Quantitativos	Físicos						Químicos					Biológicos		
	Ds	Ug	Pt	Areia	Silte	Argila	V	CTC	Ca+Mg	Al ³⁺	H+Al	pH	RBS	MOS
	g/cm ³	%	%	%	%	%	%		cmol/dm ³		mg/kg		%	
Solo Área I	1,35	6,8	49,6	42,6	23,0	34,4	54,3	3,61	1,96	0,88	1,65	5,1	0,07	2,52
Solo Área II	1,01	36,8	52,3	33,1	60,9	6,0	78,8	4,72	3,72	0,10	1,00	6,3	1,54	5,09

Ds: densidade do solo; Ug: umidade gravimétrica; Pt: porosidade total; H+Al: acidez potencial; RBS: respiração basal do solo; MOS: matéria orgânica do solo

Ainda com relação à textura, vários atributos utilizados para avaliação da qualidade do solo podem ser alterados em função da classe textural, com destaque para o grau de densidade do solo, umidade, porosidade (CARVALHO Jr. et al., 1998; SILVA et al., 2000).

Ao se avaliar o valor médio da densidade (Ds) dos solos das áreas estudadas, verifica-se que na Área I a Ds encontra-se maior (1,35 g cm⁻³). O valor médio da Ds menor na Área II em relação à Área I pode ter sido influenciado pelos efeitos de uma deposição mais intensa de resíduos vegetais, colaborando com os incrementos de matéria orgânica e consequente redução da Ds, na superfície do solo. Segundo Reichert et al. (2009), valores de densidade do solo superiores a 1,74 g cm⁻³ são considerados críticos. Tanto os solos da Área I quanto da Área II, apresentaram valores médios de Ds abaixo desses valores, não demonstrando, portanto, condições restritivas para o desenvolvimento radicular de culturas agrícolas.

O maior valor de umidade (Ug) foi verificado na área II (36,8%), que teve uma porcentagem significativa de água em relação com a área I (6,8%), cuja Ug ficou abaixo da considerada adequada para as culturas que, segundo

Albuquerque et al. (2005), está em 10,0%. Os maiores valores de umidade da área II devem-se provavelmente aos teores de matéria orgânica fornecidos pelos resíduos culturais (CARVALHO et al., 1999) e pela menor evaporação da água devido à cobertura mais eficiente do solo (COSTA et al., 2003).

O valor de porosidade (Pt) da área II (52,3%) está acima do limite inferior estabelecido para o solo agrícola ideal, como relatado por Kiehl (1979) e Azevedo e Dalmolin (2006), que é de 50,0%. A porosidade total foi maior na área testemunha (52,3%) enquanto o menor valor foi verificado na área degradada (49,6%).

A qualidade química dos solos pode ser avaliada pela acidez ativa (pH), potencial (H+Al) e trocável (Al⁺³). O solo mais ácido foi da área I, com menor valor de pH (5,1), maior acidez potencial (1,65 cmol dm⁻³) e teor de alumínio trocável (0,88 cmol dm⁻³).

Com os resultados dos teores das bases trocáveis (Ca+Mg) e de acidez potencial, foi calculada a CTC dos solos. A capacidade de troca catiônica (CTC) foi maior no solo da área II (4,72 cmol dm⁻³), pois corresponde à totalidade das cargas elétricas negativas do solo disponíveis para troca.

O solo com maior fertilidade natural foi o solo da área II, dada pelo valor da saturação por bases (V%) igual a 78,8%, classificando o solo como eutrófico (50 a 70%). Esse parâmetro é utilizado como indicador de fertilidade do solo, e expressa qual o percentual da CTC que está ocupada só por cátions básicos (Ca⁺², Mg⁺², K⁺).

Quanto aos indicadores biológicos, o solo da área II apresentou maiores valores de respiração basal (RBS) e matéria orgânica (MOS), refletindo a maior atividade microbiana do solo em função da maior deposição de resíduos vegetais na área em recuperação.

A matéria orgânica é considerada fonte de nutrientes às plantas, influencia a infiltração, retenção de água, estruturação e susceptibilidade do solo à erosão, e atua também sobre outros atributos, tais como: capacidade de troca de cátions, ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos do solo e estimulação da biota do solo (ARAÚJO e MONTEIRO, 2007). Já a respiração do solo reflete a atividade biológica ou a atividade metabólica de microrganismos do solo representa a oxidação da matéria orgânica por microrganismos aeróbios do solo, sendo a soma total de todas as funções metabólicas na qual o CO₂ é produzido.

Isso acontece quando o solo tem uma cobertura considerável de resíduos vegetais, e os microrganismos fazem o trabalho de decomposição dessa serapilheira, transformando em matéria orgânica humificada.

4.2 Avaliação visual dos solos:

As pontuações obtidas nos solos de acordo com a metodologia de Shepherd (2000) estão descritas na tabela 4.

Tabela 4 – Escores e pontuação final dos Indicadores visuais de qualidade dos solos da área degradada (I) e recuperada (II).

Atributos do Solo	Escore obtido		Peso	Escore x Peso	
	Área I	Área II		Área I	Área II
Textura	1	2	x 3	3	6
Estrutura do Solo	0	1	x 3	0	3
Porosidade do Solo	0	2	x 2	0	4
Cor do Solo	0	2	x 2	0	4
Cobertura do Solo	1	2	x 3	3	6
Camada Compactada	0	1	x 1	0	1
Erosão do solo	1	2	x 1	1	2
Índice visual				07	26
Classificação visual				POBRE	BOM

O maior escore atribuído visualmente à estrutura do solo foi o da área II, com valor igual a 26, o que o classifica como solo de boa qualidade. Isto pode ser atribuído ao maior teor de matéria orgânica e agregados no solo (DE MARIA et al., 2007), tornando-se um solo firme, com boa estabilidade da estrutura do solo. Na observação do grau dos agregados, a área recuperada obteve proporção significativa de agregados finos e grossos na sua estrutura, proporcionando assim maior classificação visual do que da área degradada, que não obtiveram agregados e muitos torrões de grau forte, indicando assim um solo mal estruturado (Figuras 8 e 9).



Figura 8. Torrões e estrutura do solo da área I - degradada (fonte: o autor)

Figura 9. Agregado e estrutura do solo da área II – recuperada (fonte: o autor)

O valor para porosidade (0-2), avaliada visualmente, indica que a nota decresce com a diminuição da macroporosidade, o que é justificável pelo fato de que os macroporos apresentam maior destaque visual na observação da amostra da área II, melhor classificada, obteve nota máxima (2), e a área I mostrou-se inferior com relação a este atributo, com classificação pobre e nota mínima (0). A baixa pontuação para este atributo na área degradada está associada ao aumento da densidade provocado pelo tráfego de máquinas pesadas na superfície para o preparo do terreno, que diminui a macroporosidade do solo. O baixo valor esteve associado também à presença de camada compactada no solo da área II (Figura 10), o que pode ser limitante para o desenvolvimento das vegetações, indicando qualidade inferior do solo.



Figura 10. Camada compactada no perfil da área I e II, respectivamente.
(Fonte: o autor)

O solo da área recuperada foi utilizado como referência e obteve melhor classificação para cor, que é mais escura em comparação à cor do solo da área I, devido ao maior teor de matéria orgânica e umidade. Pela carta Munsell, a notação da cor dos solos (matiz valor/croma) foi 7,5 YR 7/6 para a área I e 7,5 YR 5/4 para a área II. Nota-se que o parâmetro “valor” da cor na área II (igual a 5) é menor que o da área I (igual a 7), o que indica que a cor do solo é mais escura (Figura 10).



Figura 11. Cobertura do solo das áreas I e II respectivamente. (Fonte: o autor)

A avaliação visual da cobertura do solo mostrou que a área recuperada obteve um valor maior que a área degradada, devido à presença de serapilheira na superfície do solo e vegetais superiores, sendo que a área I não contém vegetação superior e pouca vegetação rasteira, sem acúmulo de serapilheira. (Figura 11).



Figura 11. Cobertura do solo das áreas I e II, respectivamente. (Fonte: o autor)

Apesar da erosão não ser significativa nas duas áreas avaliadas, a área I apresenta tendência a sofrer erosão hídrica e eólica devido à pouca cobertura vegetal do solo e à estrutura degradada, com poucos agregados e muitos torrões e partículas finas soltas na superfície do solo (Figura 11).

Os valores do índice visual e a classificação visual segundo Shepherd (2000) foram determinantes para avaliar a qualidade dos solos. Como os maiores valores representaram melhor qualidade, esse índice visual permitiu classificar o solo da área II como o de melhor qualidade (valor maior que 25) e o da área I como de qualidade inferior (menor que 10).

O índice visual de qualidade apresentou correlação positiva e significativa com os indicadores físicos (porosidade, umidade e teor de silte), químicos (soma de bases, CTC, saturação por bases e pH) e biológicos (respiração basal do solo e teor de matéria orgânica). Entretanto, os indicadores Al^{+3} , densidade do solo e teor de areia mostraram correlação negativa. (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre o índice visual dos solos e os indicadores físicos, químicos e biológicos (nível de significância de 5%).

Indicador quantitativo	Coeficiente de correlação de Pearson (r)
Porosidade	0,66
Densidade	-0,90

Umidade	0,87
Teor de silte	0,87
Teor de areia	-0,88
Soma de bases	0,94
CTC	0,90
Saturação por bases (V%)	0,83
Ph	0,95
Respiração basal do solo (RBS)	0,99
Teor de matéria orgânica	0,52
Al ³⁺	-0,98

Isso significa que os indicadores quantitativos que contribuíram para o maior valor do índice visual foram aqueles que mostraram correlação positiva, e estão relacionados basicamente com a fertilidade natural dos solos (indicadores químicos), estrutura (indicadores físicos) e atividade biológica (indicadores biológicos).

Os indicadores que variaram inversamente com o índice visual de qualidade do solo estão relacionados à acidez, presença de camada compactada e textura arenosa dos solos.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos dos indicadores quantitativos e visuais permitem concluir que:

- Solo da Área I – degradada: solo mais ácido, de menor fertilidade natural, com pouca vegetação de cobertura, estrutura fraca, cor pálida, maior densidade e menor umidade, maior teor de areia e pouca matéria orgânica. Índice visual igual a 07 (solo pobre).
- Solo da Área II – recuperada: solo com maior teor de bases e fertilidade natural, pouco ácido, estrutura moderada, cor mais escura, menor densidade e maior umidade, maior teor de silte, matéria orgânica e atividade biológica. Índice visual igual a 26 (solo bom).

O método de avaliação visual dos solos pode ser utilizado porque mostrou-se de fácil execução e prático, com resultados sensíveis à qualidade do solo. Sua eficiência deve ser testada com maior número de amostras e áreas de solos diferentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; FONTOURA, S.M.V.; BAYER, C. ; PASSOS, J.F.M. Avaliação de sistemas de preparo e calagem em um Latossolo Bruno Alumínico. **Revista Brasileira de ciência do solo**. v. 29, p.963-975, 2005.

ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

ARAUJO, G.H.S.; ALMEIDA, J.R.; GUERRA, A.J.T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil Ltda, 2005, 320p.

AZEVEDO, A.C.; DALMOLIN, R.S.D. **Solos e ambiente: Uma introdução**. 2.ed. Santa Maria, Pallotti, 2006. 100p.

BALL, B. C., BATEY, T. ; MUNKHOLM, L. J. Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerkamp test. **Soil Use and Management**, v.23, p 329-337, 2007.

BALL, B. C., DOUGLAS, J. T. A simple procedure for assessing soil structural, rooting and surface conditions. **Soil Use and Management**, v.19, p. 50–56, 2003.

CARNEIRO, M. A. C; SOUZA E. D. DE; REIS, E. F. DOS; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.147-157, 2009.

CARVALHO JR., I. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M. Modificações causadas pelo uso e a formação de camada compactada e, ou adensamento em Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 505-514, 1998.

CARVALHO, E.J.M.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M. Comportamento físico-hídrico de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico fase terraço sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p.257-265, 1999.

CORREIA, J.R; REATTO, A.; SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: Cerrado, correção do solo e adubação. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Planaltina. p.29-61, 2002.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p.527-535, 2003.

DE MARIA, I.C.; KOCSSI, M.A.; DECHEN, S.C.F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. **Bragantia**, v. 66, p.291-298, 2007.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (eds.). **Fundamentos da matéria**

orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese. p. 389-411, 1999.

DORAN, J.W. ; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1994. p.3-21.

DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. **Anais.** Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.).

ELLIOTT, E.T. Rationale for developing bioindicators of soil health. In: PANKHURST, C; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R. (eds.). **Biological indicators of soil health.** New York: CAB International, p. 49-78, 1997.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solos.** 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2011. 212p.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B.H.. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal Soil Science**, v. 74, p.367-385, 1994.

HOUSKOVA, B. **Avaliação visual do solo Europeu: Guia de campo.** Disponível em: <http://eusoiils.jrc.it/events/SummerSchool_2005/cd_rom/SS2005_Files/Other/VSA_ESS05-2.pdf> Acesso em: 13 jun. 2016.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil-I. Fumigation with chloroform. **Soil Biology & Biochemistry.** v.8, p.167-177. 1976.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society American Journal**, v. 61, p. 4-10, 1997.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo-planta.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.

MCKENZIE, D.C. Visual soil examination techniques as part of a soil appraisal framework for farm evaluation in Australia. **Soil & Tillage Research**, v.127, p.26–33, 2013.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Org.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais.** 2ª ed. Porto Alegre, 2008, p. 1-5.

NIERO. L. A.C; DECHEN. S. C. F; COELHO. M. R; e MARIA. I. C; 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**, v.34, p.1271- 1282, 2010.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree of compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, v.102, p.242-254, 2009.

RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de. III – Caracterização morfológica do solo. In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. **Pedologia: fundamentos**. Viçosa, MG: SBCS, 2012.

ROGER-ESTRADE, J., RICHARD, G., CANEIL, J., BOIZARD, H., COQUET, Y., DEFOSSEZ, P., MANICHON, H., Caracterização morfológica da estrutura do solo em campos cultivados: a partir de um método diagnóstico para a modelagem de mudanças estruturais ao longo do tempo. **Soil & Tillage Research**, v.79, p. 33-49, 2004.

SEYBOLD, C. A.; HERRICK, J. E.; BREDJA, J. J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Science**, v.164, p. 224-233, 1998.

SHEPHERD, T.G. **Visual Soil Assessment: Field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country**. Horizons e Landcare Research: Palmerston North, 2000, 84 p.

SILVA, E. E. AZEVEDO, P. H. S. DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Comunicado Técnico 99. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007b. 4p.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2485-2492, 2000.

SINGER, M.J.; EWING, S. Soil quality. In: Summer, M.E. (Eds.). Handbook of soil science. New York: CRC Press, 2000. Section G, p.271-298.

TAVARES, S. R. L. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.4, 2009.