

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL**

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE SOLO PARA AVALIAÇÃO DO
EQUILÍBRIO EM SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS DE
PRODUÇÃO**

SILVANA BARBOSA DO NASCIMENTO

PETROLINA, PE

2018

SILVANA BARBOSA DO NASCIMENTO

**USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE SOLO PARA AVALIAÇÃO DO
EQUILÍBRIO EM SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS DE
PRODUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, como parte dos pré-
requisitos para a obtenção de título de
Engenheiro Agrônomo.

**PETROLINA, PE
2018**

SILVANA BARBOSA DO NASCIMENTO

**USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE SOLO PARA AVALIAÇÃO DO
EQUILÍBRIO EM SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS DE
PRODUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, como parte dos pré-
requisitos para a obtenção de título de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: ____ de _____ de ____.

Prof.(a). D.Sc. Fabio Nascimento de Jesus
Professor (Membro da banca examinadora)

Prof.(a). D.Sc. Fabio Freire de Oliveira
Professor (Membro da banca examinadora)

Prof.(a). D.Sc. Cícero Antônio de Sousa Araújo
(Orientador)

USO DE ÍNDICES DE QUALIDADE DE SOLO PARA AVALIAÇÃO DO EQUILÍBRIO EM SISTEMAS ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS DE PRODUÇÃO

RESUMO:

O equilíbrio dos sistemas orgânicos e convencionais monitorado por indicadores e índices de qualidade de solo de fácil manipulação pelos agricultores. Com o objetivo de desenvolver um método para avaliar o equilíbrio de sistemas orgânicos e convencionais de produção, definiu-se, em reuniões com agricultores, estudantes, extensionistas e pesquisadores, que trabalham com agricultura orgânica no Vale do São Francisco, indicadores de qualidades de solo com estreita correlação com o equilíbrio de sistemas agroecológicos de produção e de fácil aplicação e interpretação pelo agricultor. Foram priorizados como indicadores da qualidade de solo: 1- matéria orgânica; 2 – compactação; 3- salinidade; 4- fauna do solo; 5 - diversidade de plantas espontâneas; 6- cobertura do solo; 7- erosão; 8- água no solo; 9- decomposição de resíduos orgânicos; e 10- diagnose visual de deficiência de nutrientes. Na avaliação dos indicadores atribui-se notas de 0 (situação indesejável) a 10 (situação mais desejável ou adequada). As notas foram apresentadas em gráficos tipo radar. Estimou-se para o sistema orgânico, pela média aritmética dos indicadores, um índice de qualidade de solo de 8,0 e para o sistema convencional um índice de 5,4. O método usado mostrou-se adequado para monitorar o equilíbrio do sistema orgânico e convencional uma vez que os índices de qualidade de solo indicou o grau de desequilíbrio dos sistemas e o gráfico radar mostrou os indicadores que estão mais distantes do seu ótimo.

Palavras chave: agricultura orgânica, conservação do solo, manejo de solo.

*Ao Deus digno de toda
honra e toda glória
ofereço.*

Aos meus pais, Rafael Oliveira do Nascimento e Ivanete Barbosa dos Santos Nascimento, a meu orientador professor Cicero Antônio de Sousa Araújo, pela dedicação e constante presença em minha vida.

Dedico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Agroecologia	10
2.2 Indicadores de qualidade do solo	10
2.1.1.2 Coberturas do Solo	12
2.1.2 Indicadores químicos da qualidade do solo	13
2.1.3 Indicadores biológicos da qualidade do solo	15
2.1.3.2 Diversidades de Plantas Espontâneas	16
2.3 Índice de qualidade do solo	18
3 OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo Geral	19
3.2 Objetivos específicos	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1.1- Matéria Orgânica	20
4.1.2 – Compactação	22
4.1.3- Salinidade:	23
4.1.4- Fauna do Solo	24
4.1.5- Diversidades de Plantas Espontâneas	25
4.1.6- Coberturas do Solo	26
4.1.7- Erosão	27
4.1.8- Água no Solo	28
4.1.9 – Decomposição de Resíduos Orgânicos	29
4.1.10- Diagnose Visual de Deficiência de Nutrientes	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Matéria Orgânica	31
5.2 Compactação	32

5.3 Salinidade.....	32
5.4 Fauna do Solo	33
5.5 Diversidade de plantas Espontâneas	33
5.6 Cobertura do Solo	33
5.7 Erosão.....	34
5.8 Agua no Solo	34
5.9 Decomposição de Resíduos Orgânicos.....	35
5.10 Diagnose Visual de Deficiência de Nutrientes.....	35
6 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca pelo setor produtivo de tecnologias para a implantação de sistemas de produção agrícola com enfoques ecológicos, rentáveis e socialmente justos. O enfoque agroecológico do empreendimento agrícola se orienta para o uso responsável dos recursos naturais (solo, água, fauna, flora, energia e minerais)(Neves. 2007).

Apesar das especificidades, no Brasil e na maior parte do mundo, o termo agricultura orgânica tem sido identificado pelos consumidores como sinônimo das denominações das diferentes correntes de produção não industriais, em face desta ter se tornado a corrente mais difundida (Neves et al. 2002).

Na agricultura orgânica, o solo é visto como um organismo vivo que deve ser protegido e alimentado, por isso o manejo orgânico privilegia práticas que garantem um fornecimento constante de matéria orgânica fundamental para a construção da fertilidade do solo em seu sentido mais amplo, ou seja, maneja-se o solo para estimular as atividades biológicas para que cresçam plantas bem nutridas que forneçam alimentos balanceados e saudáveis. Procura priorizar o uso de recursos naturais renováveis, localmente disponíveis, diminuir a dependência do produtor por insumos externos e poupar recursos naturais não renováveis(Neves et al. 2002).

A expansão da agricultura orgânica no Submédio São Francisco é insignificante, contrária ao crescimento mundial da produção de produtos orgânicos que varia em torno de 30 % ao ano. Isto se deve às rígidas exigências dos órgãos certificadores em relação a fidelidades aos princípios agroecológicos contidos nos instrumentos normativos, o que exige do produtor elevado nível de conhecimento de tecnologias a serem aplicadas no sistema de cultivo orgânico, tais como: práticas conservacionistas de preparo do solo, rotações de culturas e consórcios, no uso da adubação verde e de controle biológico de pragas, bem como no emprego eficiente dos recursos naturais. (Assis, 2005).

Qualidade do solo é um conceito amplo que se refere ao equilíbrio entre os condicionantes químicos, físicos e biológicos do solo. Para a sua avaliação, tem sido postulada a necessidade de identificação de variáveis indicativas do seu estado de conservação e/ou degradação. A diversidade microbiana, em virtude dos microrganismos estarem na base da cadeia trófica e intrinsecamente associados aos diversos processos ecológicos do solo, tem figurado como um importante indicador da qualidade do solo. Essa diversidade costuma ser apresentada em forma de índices; isso porque existem dificuldades de sua avaliação e compreensão dentro do ecossistema (Zilli et. al, 2003).

Um dos desafios que tanto agricultores como extencionistas têm enfrentando é saber quando um agroecossistema é saudável, ou ainda melhor, saber quão saudável o sistema se apresenta após ter sido iniciado uma conversão em direção ao manejo agroecológico. Vários pesquisadores que trabalham com agricultura sustentável têm designado indicadores de sustentabilidade para inferir as condições de um agroecossistema em particular, porém infelizmente, poucos dos métodos proposto são de fácil manipulação pelos os agricultores (Gomez et al 1996, Maser et al 1999).

A literatura sobre índices de qualidade de solo, gerada no Vale do São Francisco, é praticamente inexistente. Dai a necessidade de empenhar esforços na geração deste tipo de informação que possibilitara a avaliação do equilíbrio de sistemas orgânicos e convencionais de produção.

Este trabalho teve como objetivo de definir um método de avaliação do equilíbrio de sistemas orgânicos e convencionais de produção com base em indicadores e índices de qualidade de solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agroecologia

A agroecologia é uma ciência que surgiu na década de 1970 como forma de estabelecer uma base teórica para diferentes movimentos de agricultura alternativa que então ganhavam força com os sinais de esgotamento da agricultura moderna, no entanto, apesar de ser um termo que surgiu junto às diferentes correntes da agricultura alternativa, não deve ser entendida como uma prática agrícola. É uma ciência que busca o entendimento do funcionamento de agroecossistemas complexos, bem como das diferentes interações presentes nestes, tendo como princípio a conservação e a ampliação da biodiversidade dos sistemas agrícolas como base para produzir auto regulação e consequentemente sustentabilidade (Assis 2005).

Na busca de agroecossistemas sustentáveis, a agroecologia adota como princípios básicos a menor dependência possível de insumos externos e a conservação dos recursos naturais. Para isto, os sistemas agroecológicos procuram maximizar a reciclagem de energia e nutrientes, como forma de minimizar a perda destes recursos durante os processos produtivos (GLIESSMAN, 2000).

2.2 Indicadores de qualidade do solo

Em sistemas produtivos a avaliação da qualidade do solo por meio do monitoramento de seus indicadores físicos, químicos e biológicos do solo é fundamental para a sustentabilidade produtiva dos ambientes, pois fornece subsídios para a escolha de práticas de manejo que permitam a conservação dos ecossistemas. Para o monitoramento da qualidade dos solos se faz necessário avaliar a sua capacidade e estado atual comparando-os com o solo em estado natural, pois representa condições ecológicas de equilíbrio ambiental, ou com parâmetros ideais, que estejam ligados a conservação e valores ótimos da produção e que devem ser sensíveis ao manejo numa escala de tempo que permita a verificação (DORAN e PARKIN, 1994).

2.1.1 Indicadores físicos da qualidade do solo

A qualidade dos atributos físicos afeta diretamente o espaço poroso do solo, sendo a estrutura do solo um dos indicadores mais importantes para o desenvolvimento das plantas e a atividade de organismos (AGUIAR, 2008). Os atributos físicos alteráveis são os mais utilizados como indicadores por estarem sujeitos às maiores alterações, em função dos sistemas de manejo (STEFANOSKI et al., 2013).

Para Mota et al (2013) atributos como densidade do solo, estabilidade de agregados, resistência à penetração e condutividade hidráulica podem ser alterados pelo uso e manejo do solo, sendo bastante utilizados como indicadores da qualidade física do solo, pois são sensíveis às variações do manejo ao qual o solo está submetido.

Sendo as propriedades físicas do solo interdependentes a modificação de uma delas normalmente leva à modificação de todas as demais. Indicadores físicos da qualidade do solo têm sido investigados nas diferentes condições de uso e manejo e são fundamentais para entender os processos de degradação (RAMOS et al., 2014).

2.1.1.1 Compactação

Um dos principais problemas para que o solo exerça suas funções é a sua compactação, principalmente em sistema com intensa atividade agrícola (TROLDBORG et al., 2013). De modo geral, as causas da compactação do solo devem-se, principalmente, ao aumento da massa dos maquinários, dos equipamentos ou dos animais, ao tráfego intensivo de máquinas e às operações ou conteúdo de água inadequado (quando não está no estado de friabilidade do solo).

A compactação do solo, além de aumentar a resistência à penetração das raízes (BENGOUGH et al., 2011), limita a profundidade e o volume de solo explorado em busca de água e nutrientes (VALENTINE et al., 2012), reduz a porosidade total, a macroporosidade, a aeração e a capacidade de infiltração de água.

O método do penetrômetro é utilizado para medir a resistência do solo. O princípio é baseado na resistência do solo à penetração de uma haste, após o recebimento de um impacto provocado pelo deslocamento vertical de um bloco de ferro colocado na parte superior da haste, por uma distância conhecida, normalmente em torno de 40 cm. Para a execução deste trabalho são necessários dois operadores, um para efetuar as leituras e outro para o manejo do equipamento. Quando o aparelho atinge zonas compactadas, o número de impactos necessários para a penetração da haste é maior, indicando as zonas de compactação. Após a tabulação de dados, constrói-se um gráfico, relacionando o número de impactos.dm⁻¹ com a profundidade analisada (Stolf, 1987).

2.1.1.2 Coberturas do Solo

A principal causa de degradação do solo nas condições brasileiras, esta associada principalmente ao manejo incorreto e ausência de práticas conservacionistas, é a erosão hídrica (Ferreira et al., 2011). A exposição da superfície do solo pela redução da cobertura vegetal é o fator desencadeante do processo erosivo. As perdas de solo decorrentes podem ocasionar prejuízos ao ambiente e ao setor agrícola, pois resultam no depauperamento dos solos, poluição e assoreamento dos cursos d'água (Bertoni e Lombardi Neto, 1999).

Apesar de constituir um fator passivo de proteção do solo, a vegetação possui grande participação na redução da erosão hídrica. A cobertura vegetal auxilia na redução da erosão hídrica interceptando as gotas de chuva que impactariam diretamente a superfície do solo. Como consequência há uma diminuição na energia cinética da chuva causada pelo impacto da gota de chuva, na desestruturação, no selamento superficial do solo e na velocidade da enxurrada, aumentando a infiltração de água no solo (Cardoso et al., 2012).

Pires et al. (2005) descreveram a utilização de um padrão constituído para medir a cobertura de solo, onde se utilizada uma moldura vazada com área de 0,25m², com a diagonal traçada por uma linha de nylon, com 13 pontos espaçados de 5 cm. Em cada um dos 13 pontos é verificada a ocorrência de um componente de cobertura (solo, serapilheira e cobertura verde), calculando-se assim o percentual de cobertura vegetal.

2.1.1.3 Erosão

A erosão consiste no processo de desprendimento e transporte das partículas do solo, constituindo-se na principal causa da degradação dos solos agrícolas. Existem duas formas de erosão: a erosão geológica, a qual é oriunda de fenômenos naturais, atuando como agente benéfico para a formação do próprio solo; e a erosão acelerada, a qual é provocada pelo homem, devido à destruição do equilíbrio das condições naturais, sendo comumente caracterizada como erosão.

De acordo com a FAO (2016) 33% dos solos do mundo já estão degradados e que a demanda por alimento por parte da população aumentará em 60% até 2050. A cobertura do solo por plantas e seus resíduos é o fator mais importante na redução da erosão dos solos agrícolas por permitirem a dissipação da energia das gotas de água da chuva (SILVA, 2003).

Existem basicamente dois tipos de erosão: a natural e acelerada: a primeira é capaz de moldar as formações rochosas e modificar a estrutura do solo. A erosão acelerada envolve a ação do homem que é caracterizada pela destruição dos solos, muitas vezes de maneira definitiva. Essas erosões subdividem em erosão laminar que é causada pelas chuvas e pela ação dos ventos, retirando a camada superficial de sedimentos. Já a erosão dos sulcos erosivos, causada pela força das águas e responsável por definir novos caminhos em rios, riachos e lagoas. A erosão por voçoroca é a mais profunda de todas definida quando a rachadura já atinge o lençol freático da terra (FAVARETTO e DIECKOW, 2007).

2.1.2 Indicadores químicos da qualidade do solo

As alterações nos indicadores químicos são resultados do desenvolvimento dos sistemas e ocorre em função do tempo e da condução de cada sistema de uso e manejo do solo. A exploração agrícola com o passar do tempo conduz ao aumento da heterogeneidade do solo por meio de modificações, como desmatamento, preparo da terra, alternância de culturas, uso de fertilizantes e incorporação de resíduos orgânicos fazendo com que uma mesma área com cultivo ou não em

distintos sistemas de manejos apresente variação nos atributos químicos do solo (MILINDRO et al., 2016).

Dentre os indicadores químicos do solo destacam-se o pH, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions, teor de fósforo, potássio e magnésio, saturação de alumínio e por bases entre outros (SHOENHOLTZ; VANMIEGROET; BURGER, 2000). Elementos que juntos podem ser úteis como indicadores da qualidade do solo e podem indicar as necessidades nutricionais das plantas, contaminação ou poluição.

A matéria orgânica é considerada como eficiente indicador para determinar a qualidade do solo modificada por sistemas de manejo (CONCEIÇÃO et al., 2005). Está diretamente relacionada aos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Além da influência do manejo das culturas e o preparo do solo, esse atributo é influenciado também pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, atuando na melhoria dos processos biológicos de decomposição e mineralização.

2.1.2.1 Matéria Orgânica

A matéria orgânica é um dos indicadores mais frequentemente usados na avaliação da qualidade e da sustentabilidade do solo. Tal atributo tem forte impacto sobre outras propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Os diversos sistemas de uso da terra podem levar a diferentes acúmulos das frações da matéria orgânica no solo, de estabilidades variadas (MAIA et al. 2015).

A presença de matéria orgânica é fundamental para a manutenção da micro e da mesobiota do solo, pois a ação dos decompositores sobre essa matéria vai devolver ao solo os nutrientes necessários para que os seres vivos que habitam o solo possam adquirir energia para sobreviver e também para manter o equilíbrio e a conservação do solo (AGUIAR, 2011).

2.1.2.2 Salinidade

O processo de salinização dos solos é típico de regiões áridas e semiáridas, geralmente resultantes da associação da formação geológica predominante na paisagem, má distribuição das chuvas, drenagem deficiente e exploração agrícola inadequada. A exploração dos recursos naturais com o uso de técnicas inadequadas

tem favorecido o aumento do grau de degradação dos solos que, por afetarem a produção agrícola e o meio ambiente, causam uma série de problemas de ordem social e política. Uma área pode permanecer salinizada durante anos, com nível baixo ou moderado de salinidade, sem que o problema seja detectado. Um aumento adicional no teor de sal pode causar abandono do solo agrícola em poucos anos, pois altos valores de sais no solo causam alterações nas características químicas e físicas dos solos (PEDROTTI et al., 2015).

Diferentes estratégias são adotadas para recuperação de áreas que apresentam elevada concentração de sais, tais como: uso de plantas extratoras, uso de corretivos como o gesso agrícola, uso de técnicas para melhorar a drenagem do solo, etc. Em geral, os resultados mais satisfatórios ou mais eficientes são alcançados, quando são aplicadas técnicas combinadas de recuperação de tais áreas afetadas pela presença dos sais solos (PEDROTTI et al., 2015).

A predominância de cátions monovalentes, especialmente o sódio, promove um aumento na espessura da dupla camada iônica difusa, aumentando consideravelmente a expansão das partículas de argila (FASSBENDER & BORNEMISZA, 1987), acarretando em dispersão das mesmas, formando camadas impermeáveis, dificultando o movimento de ar e de água no solo. DIAS & BLANCO (2010) afirmam que se houver exagero na expansão da argila, ocorrerá a fragmentação das partículas e, conseqüentemente, modificações na estrutura do solo

2.1.3 Indicadores biológicos da qualidade do solo

A fauna do solo é um termo utilizado quando se deseja referenciar a comunidade de invertebrados que vive permanentemente ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo (AQUINO, 2005). A fauna do solo é dividida em micro, meso e macrofauna de acordo com seu tamanho corporal. A atividade biológica da fauna do solo e serrapilheira está concentrada na camada superior a 20 cm do solo, abaixo dessa profundidade há uma diminuição na riqueza taxonômica, na densidade e biomassa desses organismos (RUIZ; LAVELLE; JIMENEZ, 2008).

A combinação dos efeitos químicos, físicos e biológicos dos animais do solo nas propriedades e em seus processos de preferência alimentar, como resíduos de raízes, deterioração de raízes e brotos, também pode influenciar significativamente o

crescimento das plantas, ambos positivamente ou negativamente (BROWN et al., 2006). A função dos invertebrados no solo depende principalmente de seus hábitos alimentares, de sua mobilidade e da posição que ocupam no espaço. A divisão dos grupos funcionais da meso e macrofauna do solo podem ser feitas em saprófagos, micrófagos, predadores, insetos sociais e fitófagos.

2.1.3.1 Fauna do Solo

A macrofauna do solo é constituída pelos invertebrados com mais de 10 mm de comprimento e/ou 2 mm de diâmetro, que vivem no solo durante toda a vida ou em algum estágio do seu ciclo biológico. Os organismos da macrofauna edáfica são componentes importantes da biota do solo, atuando como engenheiros do ecossistema, fragmentadores de serrapilheira, transformadores de serrapilheira ou predadores. Esses organismos são afetados pelo manejo do solo, incluindo as práticas agrícolas. A densidade, a diversidade e a presença de grupos específicos são critérios utilizados na avaliação da qualidade do solo. Apesar da importância desses organismos para o equilíbrio do ecossistema, poucos estudos foram realizados para avaliação dos efeitos das perturbações naturais e antrópicas sobre esses organismos. (SOUSA et al., 2015).

O método mais utilizado para quantificar a macro fauna do solo e o do TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility), descrito por Anderson e Ingram (1993), consiste em quatro etapas: a retirada de blocos de solo 25 x 25 com 20 cm de profundidade; a extração manual e conservação dos animais; a identificação taxonômica; e a contagem dos indivíduos.

2.1.3.2 Diversidades de Plantas Espontâneas.

Uma planta espontânea é considerada uma planta indicadora quando nasce espontaneamente em uma determinada região, solo ou clima, por ser mais adaptada a esta determinada condição torna-se um indicativo de características desse ambiente. A utilização das espécies espontâneas como recurso para indicação da qualidade do solo pode contribuir de maneira significativa na tomada de decisão do manejo adequado em áreas agrícolas, não dispensando a análise química de solo da propriedade (FERREIRA, 2015).

2.1.3.3 Decomposição de Resíduos Orgânicos

A biomassa microbiana do solo é responsável pela decomposição de resíduos orgânicos depositados pela vegetação no solo de tal modo que controlam as funções-chaves no solo. A atividade microbiológica é utilizada como indicativo de qualidade do solo. Os microrganismos ainda possuem outras funcionalidades, como na síntese de hormônios de crescimento associados às plantas e recuperação avançada de petróleo (PEDROSA et al., 2015).

A maior atividade biológica é concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 0 a 30 cm. Nestas camadas, o componente biológico representa uma fração de menos que 0,5 % do volume total do solo e menos que 10 % da matéria orgânica, tal componente biológico consiste, em grande parte, de microrganismos que realizam diversas funções essenciais para o funcionamento do solo, tais como: decomposição da matéria orgânica; liberação de nutrientes em formas disponíveis às plantas; e degradação de substâncias tóxicas. Além de formar associações simbióticas com as raízes das plantas, atuando no controle biológico de patógenos, influenciar na solubilização de minerais e contribuir para a estruturação e agregação do solo (KENNEDY & DORAN, 2002).

2.1.3.4 Diagnóstico Visual de Deficiência de Nutrientes

O solo (ou substrato, ou solução nutritiva) é o meio do qual as plantas, através da absorção radicular, obtêm os elementos minerais essenciais. Quando o meio não tem e, ou, não fornece as quantidades adequadas dos nutrientes, o que tem sido avaliado pela análise química do solo, as plantas não terão as suas exigências nutricionais atendidas. Haverá, portanto, redução do crescimento e produção das culturas devido a deficiência nutricional. (FAQUIM, 2002).

A diagnose visual é uma importante ferramenta para avaliar os sintomas de deficiência ou toxidez de um elemento pela aparência da planta, sobretudo, pela coloração de suas folhas. A identificação dos sintomas de deficiência e excesso requer grande prática do técnico, já que os sintomas podem ser confundidos com doenças, ataque de pragas ou influência do clima (ROSSETTO, 2015).

2.3 Índice de qualidade do solo

Tendo em vista que a avaliação quantitativa e qualitativa da qualidade de um solo envolve um processo complexo com diversas propriedades e variáveis, a elaboração de índices de Qualidade do Solo (IQS), englobando os aspectos físicos, químicos e biológicos se torna uma forma de agregar e simplificar um conjunto de informações de diversas naturezas (VELASQUEZ; LAVELLE; ANDRADE, 2007).

Com a necessidade de diagnóstico rápido e confiável da Qualidade do Solo Ditzler e Tugel (2002), desenvolveram no Instituto de Qualidade do Solo, vinculado ao Serviço de Pesquisa Agrícola do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, um *kit* de qualidade do solo (KQS) (USDA-ARS, 1998). O KQS possibilita avaliar, entre outros, os seguintes indicadores: infiltração de água, respiração do solo, estabilidade de agregados em água, pH, densidade do solo, teor de $\text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^-$, condutividade elétrica e presença de minhocas (USDA-ARS, 1998). Esse KQS foi testado em mais de 50 locais dos Estados Unidos e em diversos outros países (Sarrantonio et al., 1996; Ditzler & Tugel, 2002), apresentando elevada correlação com os métodos tradicionais da ciência do solo (Liebig et al., 1996).

Para avaliação da infiltração de água pelo *kit* de qualidade do solo (KQS), utiliza-se cilindros de 15 cm de diâmetro e 12,5 cm de altura, introduzidos no solo a uma profundidade de 7,5 cm. Na parte interna do cilindro coloca-se um filme de polietileno sobre o solo, para controlar o início da infiltração. Após adicionar 444 mL de água, o filme de polietileno é retirado e anotado o tempo transcorrido para a infiltração do volume de água. Já a densidade do solo, é feita coletando estrutura preservada, com um cilindro de 7,5 cm de diâmetro e 12,5 cm de altura, introduzido no solo até aproximadamente 7,5 cm de profundidade. A densidade foi obtida dividindo-se o valor de massa do solo seco pelo volume ocupado no cilindro. O método-padrão utilizado para comparação foi o do anel volumétrico, descrito em Embrapa (1997).

Segundo Amado (2007) O *kit* de qualidade de solo foi uma ferramenta de fácil manuseio, rápida e sensível às modificações induzidas pelos sistemas de manejo. Os métodos utilizados para determinação da qualidade do solo apresentaram correlação significativa com os tradicionalmente usados na ciência do solo

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar o equilíbrio de sistemas orgânicos e convencionais de produção, com base nos índices de qualidade de solo.

3.2 Objetivos específicos

Estabelecer 10 indicadores de qualidade do solo;

Avaliar a adequação dos indicadores e índices de qualidade solo para o monitoramento da sustentabilidade de sistemas produtivos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se no Campus Petrolina Zona Rural, com a colaboração da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PLANTEC) e Embrapa Semi-Árido encontros com agricultores, extensionistas e pesquisadores que atuam com agricultura orgânica no Vale do São Francisco. Nestes encontros foram definiram 10 indicadores de qualidade de solo. Cada indicador foi analisado separadamente, e atribuído um valor, compreendido de 01 a 10, sendo 01 para o valor menos desejado, 05 um valor moderado ou limiar e 10 um valor preferido. Foram priorizados os métodos simples que pudessem ser utilizados pelos agricultores na propriedade.

Os índices de qualidade de solo foram aplicados em duas áreas de produção de uva de vinho do Campus Petrolina Zona Rural. Sendo uma de cultivo convencional e a outra de cultivo orgânico com três anos de conversão, a qual vinha recebendo a cinco ciclos de produção, fitomassa de leguminosas.

4.1 – Determinação dos Indicadores de Qualidade de Solo

Para a determinação dos indicadores de qualidade de solo: matéria orgânica, fauna do solo e compactação o solo estava em capacidade de campo para facilitar a coleta das amostras que foram coletas de forma aleatória, com dez repetições.

4.1.1- Matéria Orgânica

Para determinação da matéria orgânica do solo, usou-se um cilindro de inox (2,7 x 4,7 cm), coletando um volume de solo conhecido com o auxílio de um anel de inox de 2.7 cm de altura. As amostras de solo foram retiradas dos anéis e secadas ao ar (figura 1)

Após secas, as amostras de solo foram destorroadas com o auxílio de um rolo de madeira e colocadas em uma garrafa de vidro transparente de 275 ml, adicionando 100 ml de água, agitando até a completa suspensão do material (em torno de dois minutos), deixando decantar por 3 dias (figura 2). Sendo avaliada a quantidade de matéria orgânica suspensa, a turbidez da solução e atribuindo nota.



Figura 1. Determinação da matéria orgânica do solo, com base nos índices de qualidade de solo. IF- Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.



Figura 2. Determinação da matéria orgânica do solo, com base nos índices de qualidade de solo. IF- Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.

Determinação do Resultado	NOTA
Ausência de material flutuante	0
50% do espelho da água preenchido com material flutuante e solução de baixa turbidez.	5
Preenchimento total do espelho d'água com uma camada grossa de material flutuante e solução com turbidez elevada.	10

4.1.2 – Compactação

Para determinação da compactação do solo foi deixado cair um cilindro de ferro maciço de 1 kg, com um estilete de 20 cm, a uma altura de um metro, com cano guia de um metro de comprimento e diâmetro interno igual ao diâmetro externo do cilindro de ferro. As amostras foram coletas de forma aleatória, com dez repetições.



Figura 3. Determinação da compactação do solo, com base nos índices de qualidade de solo. IF-Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.

Determinação do Resultado	NOTA
2 cm de penetração ou ausência de penetração	0
10 cm de penetração;	5
Acima de 10 cm;	10

4.1.3- Salinidade:

Para determinação da salinidade do solo foi tomado 50 mL da suspensão da análise da matéria deixando secar ao ar até perda completa da água. Sendo avaliada a quantidade de sais precipitados ou de argila aderida na parede do copo.

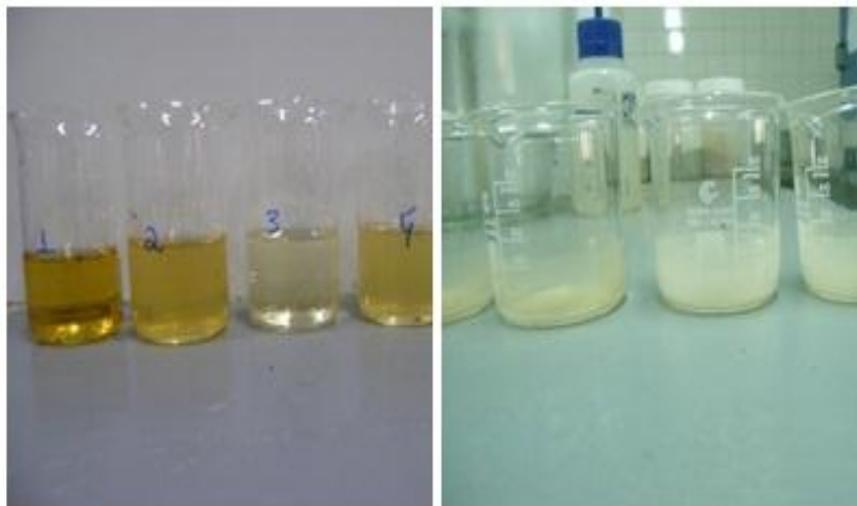


Figura 4. Determinação da salinidade do solo, com base nos índices de qualidade de solo. IF-Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.

Determinação do Resultado	NOTA
Sais cristalizados e argilas cobrindo a superfície de contato da solução com o copo, porém de forma opaca (camada espessa);	0
Sais cristalizados e argilas cobrindo a superfície de contato da solução com o copo, porém ainda transparente (camada fina);	5
Pequena presença ou ausência de sais cristalizados e de argilas.	10

4.1.4- Fauna do Solo

Marcou-se uma a área de coleta usando a matriz de metal 20 X 20, onde foi retirado solo até 20 cm de profundidade, apos retirado, o solo foi destorroado e contado o numero de indivíduos encontrados na amostra. As amostras foram coletas de forma aleatória, com dez repetições.



Figura 5. Determinação da fauna do solo, com base nos índices de qualidade de solo. IF- Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.

Determinação do Resultado	NOTA
Ausência de indivíduos na amostra de solo;	0
2 a 5 indivíduos na amostra de solo;	5
Acima de 5 indivíduos na amostra de solo.	10

4.1.5- Diversidades de Plantas Espontâneas.

A diversidade de plantas espontâneas foi avaliada através da contagem de plantas em uma área de 1m² com o auxílio de uma moldura de arame grosso de 1 X 1 m com dez repetições.



Figura 6. Determinação da diversidade de plantas espontâneas do solo, com base nos índices de qualidade de solo. IF- Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.

Determinação do Resultado	NOTA
Predominância de uma espécie;	0
Predominância de três espécies;	5
Ausência de predominância de espécies	10

4.1.6- Coberturas do Solo

Para avaliação da cobertura do solo, determinou-se a percentagem de cobertura no solo através de uma moldura de arame grosso de 1m X 1 m, sendo feita dez repetições. .



Figura 7. Determinação da cobertura do solo, com base nos índices de qualidade de solo. IF-Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.

Determinação do Resultado	NOTA
Menos de 20% de cobertura do solo;	0
50% de cobertura do solo;	5
100% de cobertura do solo;	10

4.1.7- Erosão

Para avaliar a erosão do solo foi observada a existência de erosão na área.



Figura 8. Determinação da erosão do solo, com base nos índices de qualidade de solo. IF- Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.

Determinação do Resultado	NOTA
Erosão severa acima de 7 cm	0
Erosão leve e superficial ate 7 cm	5
Ausência de erosão	10

4.1.8- Água no Solo

A presença de água no solo foi observada nos horários mais frios do dia (entre 5 da manhã e 6 da tarde), observando a ausência de fatores que causam murchamento (ex. encharcamento do solo, brocas e doenças), avaliando a ocorrência de murchamento nas plantas e atribuindo nota.



Figura 9. Quantificação da água no solo, com base nos índices de qualidade de solo. IF- Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.

Determinação do Resultado	NOTA
Murchamento severo;	0
Murchamento leve;	5
Ausência de murchamento.	10

4.1.9 – Decomposição de Resíduos Orgânicos

Colocou-se uma folha de leguminosa de fácil decomposição em uma sacola de nylon, enterrando a uma profundidade de 5 cm, foi tomando o cuidado para que não houvesse aberturas na sacola de nylon, pois outros insetos poderiam entrar e se alimentar da folha, mascarando o resultado. Após decompor por 8 dias, a sacola foi desenterrada e avaliada a percentagem de decomposição com base na superfície da folha.



Figura 10. Determinação da decomposição de resíduos orgânicos no solo, com base nos índices de qualidade de solo. IF- Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.

Determinação do Resultado	NOTA
Ausência de decomposição;	0
10 % de decomposição	5
Acima de 25% de decomposição.	10

4.1.10- Diagnose Visual de Deficiência de Nutrientes

Diagnosticou-se visualmente a deficiência de nutrientes através dos sintomas de perda da coloração verde normal ou encarquilhamento das folhas que não fossem provocadas por pragas, doenças e efeito fitotóxico de herbicidas, analisando 10 plantas, ao acaso, por hectare.



Figura 11. Diagnose Visual de Deficiência de Nutrientes, com base nos índices de qualidade de solo. IF- Sertão PE Campus Petrolina Zona Rural, 2018.

Determinação do Resultado	NOTA
Mais de 2 plantas;	0
Ate 2 plantas;	5
Ausência de plantas com sintomas de deficiência	10

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores atribuídos aos 10 indicadores de solo: 1- Matéria Orgânica; 2- Compactação; 3- Salinidade; 4- Fauna do solo; 5- Diversidade de plantas espontâneas; 6- Cobertura do solo; 7- Erosão; 8- Água no solo; 9- Macro Fauna; e 10- Diagnose visual de deficiência de nutrientes, para os sistemas orgânicos e convencionais de produção, estão apresentados na (Tabela 1).

Tabela 1: Notas atribuídas aos indicadores de qualidade de solo na uva de vinho cultivada sobre sistemas orgânico e convencional de produção.

Indicador	Sistema de Produção	
	Convencional	Orgânico
1- Matéria Orgânica	3	10
2 – Compactação	6	10
3- Salinidade	10	10
4- Fauna do solo	3	10
5 - Diversidade de plantas espontâneas	3	10
6- Cobertura do solo	0	5
7- Erosão	5	10
8- Água no solo	10	10
9- Decomposição de Resíduos Orgânicos	2	5
10- Diagnose visual de deficiência de nutrientes	0	0

5.1 Matéria Orgânica

O indicador de qualidade do solo, matéria orgânica, obteve maior valor no sistema orgânico, quando comparado ao sistema convencional, com notas 10 e 3,0 respectivamente (Tabela 1). Isso se deve ao aumento da biomassa constituída por fragmentos de plantas e de animais e por microrganismos e resíduos vegetais em decomposição, proporcionados pelo plantio de leguminosas durante os cinco ciclos de produção.

Xavier et al. (2006), estudando o efeito de sistemas agrícolas, orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba (CE) em relação a biomassa microbiana e matéria orgânica leve do solo, concluíram que o manejo de áreas sob cultivo orgânico contribuiu para a manutenção e recuperação dos conteúdos de C e N dessas frações da MOS, constituindo estratégias de manejos importantes a serem consideradas para a conservação e/ou, aumento da matéria orgânica e, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade do solo e para a implementação do sequestro de C na região em que foi conduzido o estudo.

Segundo Teixeira et al. (2006), o uso de adubações verdes com leguminosas favoreceu o aumento no conteúdo de MOS e, conseqüente melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, pois as plantas dessa família favoreceram a simbiose com bactérias fixadoras do nitrogênio.

5.2 Compactação

No sistema de produção orgânica, não houve a presença de compactação do solo, atribuindo uma nota média de 10 (Tabela 1). O que se deve ao efeito das leguminosas plantadas durante o período de cinco ciclos de produção, promovendo incremento de matéria orgânica e cobertura do solo, permitindo maior agregação e coesão entre as partículas, tornando o solo mais poroso com aumento de retenção de água e beneficiando a infiltração. Já no sistema convencional o grau de compactação foi elevado, com nota média atribuída 6,0, devido à falta de componentes orgânicos no solo, (Tabela 1).

Assouline et al (1999), estudando compactação do solo observaram que a matéria orgânica e cobertura do solo foram um dos fatores responsáveis pela manutenção das condições físicas do solo e também influenciou na resposta dos solos à compactação.

5.3 Salinidade

Nos sistemas orgânico e convencional, não se registrou a presença de salinidade do solo, sendo atribuída nota média de 10, para os dois sistemas (Tabela 1). Isso decorreu, provavelmente, devido à irrigação com água de boa qualidade (água do Rio São Francisco).

Silva et al (2013), classifica a água do Rio São Francisco como C1S1 (baixo risco de salinização e baixa concentração de sódio), podendo ser usada na maioria dos solos com baixo perigo de salinização e sodificação.

5.4 Fauna do Solo

A maior quantificação de animais da macrofauna do solo foi encontrada no sistema de produção orgânico, sendo atribuído nota média de 10 e menor quantificação no sistema convencional com nota média de 3,0 (Tabela 1). Isso ocorreu devido à existência de matéria orgânica e das coberturas viva e em decomposição do solo, sendo um misto de alimento e habitat para os animais.

Um aumento na disponibilidade de energia, associada à existência de novos habitats favoráveis à colonização, contribui para elevar a densidade e diversidade de todos os grupos da fauna de solo (Takeda, 1995).

5.5 Diversidade de plantas Espontâneas

A maior predominância de espécies de plantas espontâneas foi encontrada no sistema de produção convencional, sendo atribuída nota média 3,0. Já o sistema de produção orgânico não houve predominância de espécies recebendo nota média de 10 (Tabela 1). Predominância de espécies de plantas espontâneas em certa quantidade demonstra que pode estar acontecendo algum problema no solo, como compactação ou deficiência de algum nutriente.

Ferreira (2015) estudando as plantas espontâneas como indicadoras de qualidade de solo, observou que a planta espontânea *Ipomeia triloba* foi detectada como provável espécie indicadora de baixo teor de matéria orgânica no solo da área de culturas anuais e que as espécies *Bindens pilosa* e *Ageratum conyzoides* são espécies indicadoras de solos de média fertilidade.

5.6 Cobertura do Solo

No sistema orgânico o solo estava parcialmente coberto pelo plantio de leguminosas e materiais em decomposição, sendo atribuída nota média 5,0. Já no sistema convencional não havia a presença de cobertura, sendo atribuída nota média 0,0 (Tabela 1).

A cobertura do solo aumentou a capacidade de infiltração de água, evitando escoamento superficial e promovendo aumento do reservatório de água no solo; proteção contra a erosão, evitando a desagregação do solo e o selamento superficial; diminuição da amplitude térmica no solo, favorecendo macro e microrganismos; promoção da reciclagem de nutrientes no perfil do solo, devido ao crescimento em profundidade das raízes,

. 5.7 Erosão

Observou-se que houve presença de erosão no sistema de produção convencional, sendo atribuída nota média 5,0. Já no sistema orgânico não foi registrado a ocorrência de erosão, sendo atribuída nota média 10 (Tabela 1). No sistema convencional isso ocorreu devido à falta de cobertura do solo. A cobertura do solo por plantas e seus resíduos é o fator mais importante na redução da erosão dos solos agrícolas por permitirem a dissipação da energia das gotas de água da chuva (ou da rega).

De acordo com Silva (2003), o aumento da cobertura do solo leva a uma proteção maior contra a desagregação de partículas, reduzindo o processo erosivo e contribuindo para aumentar a infiltração de água no solo.

5.8 Agua no Solo

Nos sistemas orgânico e convencional, não se registrou a presença de murchamento nas plantas por falta de água no solo, sendo atribuída nota dez para ambos os sistemas (Tabela 1). Isso ocorreu devido à área ser irrigada, estando sempre o solo em capacidade de campo.

Zucune e Arenhart (2015), observaram o comportamento de dois tipos de murcha por falta de água no solo. A murcha incipiente, caracterizada pela deficiência de água nos tecidos, não sendo visível a olho nu e a murcha transitória, visível a olho nu, ocorrendo nas horas mais quentes do dia, quando a planta transpira mais água do que absorve.

5.9 Decomposição de Resíduos Orgânicos

A maior taxa de decomposição na folha de leguminosa foi encontrada no sistema de produção orgânico, sendo atribuída nota média 5,0 e menor taxa de decomposição no sistema convencional, sendo atribuída nota média 2,0 (Tabela 1). Isso ocorreu devido ao incremento de matéria orgânica que exerceu papel essencial na estimulação da biota do solo, devido ao fornecimento de nutrientes e energia para atividade desses organismos.

5.10 Diagnose Visual de Deficiência de Nutrientes

Nos sistemas orgânico e convencional, registrou-se a presença de deficiência nutricional, sendo atribuída nota zero para ambos os sistemas (Tabela 1). Isso decorreu, provavelmente, devido à falta de adubos químicos e orgânicos na área.

O conhecimento dos atributos químicos do solo permite a melhor compreensão da dinâmica de liberação dos nutrientes para as plantas e podem fornecer subsídios a respeito da utilização do solo, considerando-se a necessidade constante de acompanhamento e avaliação do sistema de manejo adotado (PEREIRA, 2010).

5.11 Avaliação do equilíbrio dos sistemas através do gráfico tipo radar

Os valores dos índices de qualidade do solo foram colocados em gráficos, tipo radar. Isto permitiu a análise dos fatores que estão abaixo do valor desejado (distante do ótimo) e a retro orientação das práticas de manejo mais adequadas para melhorar o equilíbrio do sistema.

Verifica-se na (Figura 12) que os indicadores: 1- Matéria Orgânica; 2 – Compactação; 3- Salinidade; 4- Fauna do solo; 5 - Diversidade de plantas espontâneas; 7- Erosão e 8 - Água no solo, na área em conversão para orgânico estão em níveis tidos como adequados ou em equilíbrio. Ao contrário os indicadores: 6- Cobertura do solo; 9- Macro Fauna; e 10- Diagnose visual de deficiência de nutrientes, estão inadequados ou em desequilíbrio, revelando que deve-se incluir no manejo da área, práticas culturais que contribuam para a melhoria destes indicadores.

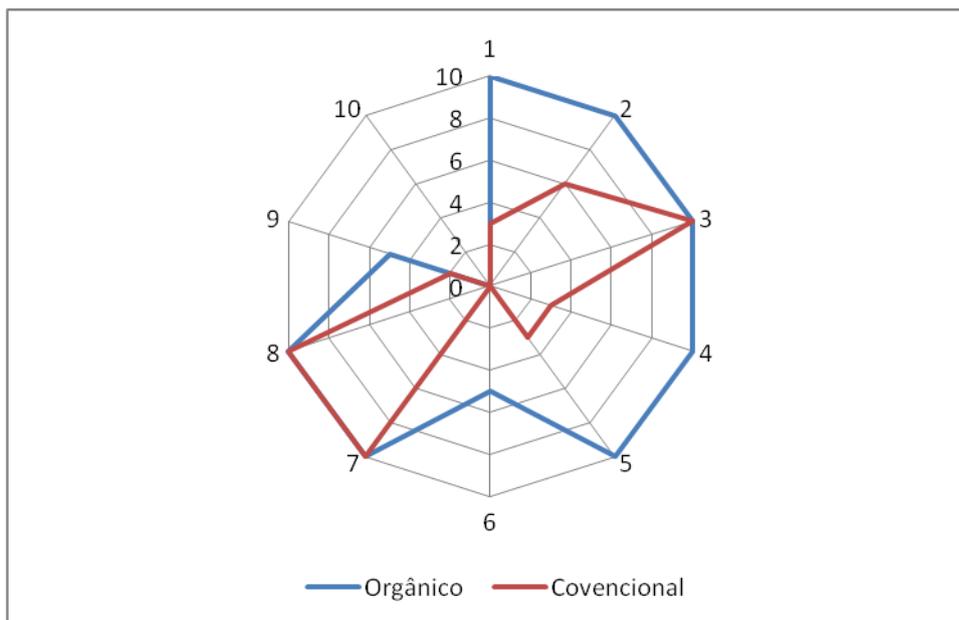


Figura 12 – valores de indicadores de qualidade de solo: 1- Matéria Orgânica; 2 – Compactação; 3- Salinidade; 4- Fauna do solo; 5 - Diversidade de plantas espontâneas; 6- Cobertura do solo; 7- Erosão; 8- Água no solo; 9- Macro Fauna; 10- Diagnose visual de deficiência de nutrientes, nos sistemas orgânico e convencional de produção de uva de vinho no Vale do São Francisco.

6 CONCLUSÃO

O método permite avaliar o grau de desequilíbrio dos indicadores por meio da análise do gráfico tipo radar;

Os índices de qualidade de solo estimados a partir dos indicadores aqui definidos são adequados para uma análise global do equilíbrio do sistema.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E. P. C.; **A importância da matéria orgânica do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.35, p.1-10, 2011.
- AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008 91p. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- ALVARENGA, C. C. et al. **Índice de qualidade do solo associado à recarga de água subterrânea (IQS RA) na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, MG**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1608-1619, out./nov. 2012.
- AMADO, T. J. C.; CONCEIÇÃO, P. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F. **Qualidade do solo avaliada pelo "Soil Quality Kit Test" em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul** - Revista. Brasileira. Ciência. Solo vol. 31 N.1 Viçosa Jan./Feb. 2007
- AQUINO, A. M. de. **Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema**. In: AQUINO A. M. de; ASSIS, L. R. (ed.). Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológico, 2005. p. 47-75.
- ASSIS, R. L. **Agricultura orgânica e agroecologia: questões conceituais e processo de conversão**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 35 p.(Embrapa Agrobiologia. Documentos).
- ASSOULINE, S .; TAVARES FILHO, J .; TESSIER, D. **Effecof compactação na modelagem de resultados experimentais de propriedades físicas e hidráulicas do solo**. Soil Science Society America Journal, Madison, v.61, p.390-398, 1997
- BENGOUGH, A. G .; MCKENZIE, B. M .; HALLETT, P. D .; VALENTINE, T. A. **Elongação da raiz, estresse hídrico e impedância mecânica: Uma revisão das tensões limitantes e características benéficas da ponta da raiz**. Journal of Experimental Botany, Oxford, v. 62, n. 1, p. 59–68, 2011.
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p
- BROWN, G. G. et al. **Biodiversidade e função de animais do solo em sistemas agroflorestais brasileiros**. Em: GAMA-RODRIGUES, A. C. et al. (Ed.) Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos dos Goytacazes: Editora da UENF, 2006. p. 217-242.
- CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, SP: ESALQ,1997. 132p.
- CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. **Plantas de Cobertura no Controle das Perdas de Solo, Água e Nutrientes por Erosão Hídrica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 16, p. 632-638, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000600007>
- CONCEICAO, P. C. et al . **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, Oct. 2005.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.777-788, 2005.

CONSTANTINIDES, M .; FOWNES, J.H. **Mineralização de nitrogênio de folhas e serapilheira de plantas tropicais: relações com concentrações de nitrogênio, lignina e polifenol solúvel**. Soil Biology & Biochemistry, Elmsford, v. 26, n.1, p 49-55.1994.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. 2010. **Efeitos dos sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; DITZLER, C.A. & TUGEL, A.J. **Ferramentas de campo de qualidade do solo: Experiência do Instituto de Qualidade do Solo USDA-NRCS**. Agron. J. 94: 33-38, 2002.

DORAN, J.W .; PARKIN, T.B. **Definir e avaliar a qualidade do solo**. Em: DORAN, J.W .; COLEMAN, D.C .;BEZDICEK, D.F .; STEWART, B.A. (Eds.). **Definir a qualidade do solo para um ambiente sustentável**. Madison, Wisconsin: Soil Science Society American, 1994. p. 3-21. (Publicação especial, 35).

DUENHAS, L. H. **Cultivo orgânico de melão: aplicação de esterco e de biofertilizantes e substâncias húmicas via fertilizantes**. 2004. – 73f. Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

Durigan G. **Métodos para análise de vegetação arbórea**. In: Cullen Junior L, Rudran R, Valladares-Pádua C, organizadores. **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: UFPR; Fundação Boticário de Proteção à Natureza; 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA–EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária de Solos**. Sistema brasileiro de classificação de solos. Riode Janeiro, 1999. 412p.

FAO. (2008). **Sítio Agricultura de Conservação. Agricultura**. Roma. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/ca/es/>. Acesso: Junho 2016.

FAQUIN, V.; **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.:

FARIA, C. M. B de; SILVA, D. J.; COSTA, N. D.; PINTO, J. M. **Avaliação da eficiência de fosfatos naturais para cultivo de melão orgânico no Submédio São Francisco**. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 23, n. 2, ago. 2005. Suplemento. 1 CD-ROM. Edição dos resumos expandidos do 45. Congresso Brasileiro de Olericultura; 15. Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais; 2. Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, Anais....Fortaleza, ago. 2005. 1 CD-ROM.

FASSBENDER, H. W; BORNEMISZA, E. 1987. **Química dos produtos com ênfase em América Latina**. 2 ed., San José: IICA, 420p .

FAVARETTO, N. e DIECKOW, J. **Conservação dos recursos naturais solo e água**. In: Lima et al. (Eds.). **O solo no meio ambiente**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias ,2007. p.111-126.

FERREIRA, J.A. **Diagnóstico de qualidade de solo por meio da ocorrência da vegetação espontânea como indicador biológico**. Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao IF SERTÃO-PE Campus Petrolina Zona Rural. p.04-09, 2015.

FERREIRA, V. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SILVA, M. A.; AVANZI, J. C. **Influência antrópica e atributos de solo: inter-relações em ambientes de voçorocas na mesorregião Campos das Vertentes, MG.** Geografia, Rio Claro, v. 36, p. 209-219, 2011.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia - **processos ecológicos em agricultura sustentável.** Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 653 p.

GOMES, Maria Leonor; MARCELINO, Maria Margarida; ESPADA, Maria da Graça. SIDS - **Sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável.** Amadora: Direcção Geral do Ambiente, 2000.

KENNEDY, A. ; DORAN, J. **Agricultura sustentável: papel dos microorganismos.** Dentro: BITTON, G. (Org.) Enciclopédia da Microbiologia Ambiental. Nova Iorque: John Wiley & Sons, p. 3116-3126. 2002

LACERDA, C. F. (eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados.** Fortaleza, INCTSal, p.129-141.

LIMA, Herlander Mata. **Introdução à Modelação Ambiental: Erosão Hídrica.** Funchal (Portugal), 2010.

MAIA, C. M. B.; PARRON, L. M.; **Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Florestas Brasília, DF, v.5, n.1, p.02, 2015.

MASERA, O. R. ; ASTIER, M. ; LÓPEZ, S. **Sustentabilidade e manejo de recursos naturais: El Marco de avaliação MESMIS México: Mundiprensa, GIRA, UNAM, 1999.**

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. S. **Determinação do índice de qualidade sub-superficial em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Brasília, v. 31, n. 10, p. 1599-1608, out. 2007.

MERLIM, A. de O. et al. **Macrofauna do solo em plantas de cobertura de figos cultivadas sob manejo orgânico.** Scientia Agricola, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 57-61, jan. 2005.

MILINDRO, I. F. et al. **Atributos químicos como indicadores de qualidade do solo sob manejo agroecológico.** Cadernos de Agroecologia, Belém, v. 10, n. 3, p. 1-5, out. 2016.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo.** 2.ed. Lavras: Ufla, 2006. 729p.

MOTA, J. C. A.; FREIRE, A. G.; ASSIS JUNIOR, R. N. de. **Qualidade física de um cambissolo sob sistemas de manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 1196-1206, out. 2013.

NEVES, M. C. P.; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D. **Por que não utilizar uréia como fonte de n na agricultura orgânica.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.19, n.2, p.313-331, maio/ago. 2002

NEVES, M. C. PRATA; **Agricultura orgânica e produção integrada: diferenças e semelhanças.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 20 p. (Documentos / Embrapa Agrobiologia, ISSN 1517-8498 ; 237).nível técnico. Roma: FAO, 2008. 100 p

PEDROSA, E. M.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. A.; **matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

PEDROTTI, M. V. C.; ALVES, L. P.; PASCHOA, R. P.; AMARAL, A. A.; **Importância ecológica dos microrganismos do solo enciclopédia biosfera**. Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015.

RAMOS, M. R. et al. **Perda de solo, água e nutrientes sob condições convencionais e produção de hortaliças orgânicas administradas em pequenas propriedades versus sistema florestal**. *Jornal da Agricultura e Desenvolvimento Rural nos Trópicos e Subtropic*s, Kassel, v. 115, n. 1, p. 131–40, 2014.

ROLDÁN, A. ; CARAVACA, F. ; HERNANDEZ, M.T. ; GARCIA, C; SÁNCHEZ-BRITO, C; VELÁSQUEZ, M. ; TISCARENO, M. **Plantio Direto, adições de resíduos culturais e cultivo de leguminosas sobre as características de qualidade do solo sob o milho na bacia do rio Patzcuaro (México)**. *Pesquisa do solo e lavoura*, v.72, p.65-73, 2003 ..

ROSSETTO, R. H.; SANTIAGO, A. D. R.; OLI.; **Diagnose visual**. Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Brasília DF, v.11 n 03; p. 11. 2015

SARRANTONIO, M. ; DORAN, J.W. ; LIEBIG, M.A. & HALVORSON, J.J. **Avaliação da qualidade do solo na fazenda e saúde**. Em: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. *Métodos para avaliar a qualidade do solo*. Madison, Ciência do Solo Sociedade da América, 1996. p.83-105 (Publicação Especial, 49).

SCHAEFER, C.E.R.; SILVA, D.D.; PAIVA, K.W.N.; PRUSKI,F.F.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; ALBUQUERQUE,M.A. **Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.5, p.669-678, 2002.

SILVA, A. F.; FERNANDES, S.; SANTANA, L. M. de; MOTA, E. F.; FRANÇA, C. R. R. S. **Produção de matéria seca de meloeiro adubado com compostos orgânicos provenientes de diferentes resíduos**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 23, n. 2, ago. 2005. Suplemento. 1 CD-ROM. Edição dos resumos expandidos do 45. Congresso Brasileiro de Olericultura; 15. Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas ornamentais; 2. Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, Anais...Fortaleza, ago. 2005b. 1 CD-ROM

SILVA, A. M. et al. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003.

Silva, C. R.; Silva, A. P.; Menezes, F. J. S.; Mendes, A. M. S. and Silva, P. T. S. **avaliação da qualidade da água para fins de irrigação na região do entorno do Lago de Sobradinho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 27., 2013, Goiânia. Saneamento, ambiente e sociedade: entre a gestão, a política e a tecnologia. Rio de Janeiro: ABES, 2013. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/967943>. Acesso em: Dez 2013.

SILVA, R. B.; DIAS JUNIOR, M.S.; SILVA, F. A. M.; FOLE, S. M. **O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um latossolo dos cerrados**. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, p.973- 983, 2003.

SILVA, R. F. da et al. **Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 41, n. 5, p. 697-704, out./dez. 2006.

SOUSA, M. H.; VIEIRA, B. C. R.; OLIVEIRA, A. P.; AMARAL, A. A.; **Macrofauna do solo**. **Enciclopédia Biosfera Centro Científico Conhecer** - Goiânia, v.11 n.22; p. 115. 2015

STEFANOSKI, D. C. et al. **Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, dez. 2013.

TAKEDA, H. Modelos para a organização de comunidades de collembolan. Em: EDWARDS, C.A.; ABE, T.; STRIGANOVA, B.R., eds. **Estrutura e Função das Comunidades de Solos**. Quioto: Universidade de Kyoto, 1995. p.5-20.

TEIXEIRA, F.C.P.; REINERT, F.; RUMJANEK, N.G.; BODDEY, R.M. **Quantificação da contribuição biológica da fixação de nitrogênio a Cratylia mollis utilizando a técnica da abundância natural de ^{15}N na região semi-árida da Caatinga**. Soil Biology & Biochemistry, v.38, p.1989-1993, 2006.

TROLDORF, M.; AALDERS, eu. TOWERS, W.; HALLETT, P. D.; MCKENZIE, B. M.; BENGOUGH, A. G.; LILLY, A.; BOLA, B. C.; HOUGH, R. L. **Aplicação de Redes de Crenças Bayesianas para quantificar e mapear áreas em risco para as ameaças do solo: Usando a compactação do solo como exemplo**. Pesquisas de Solo e Plantio Direto, Amsterdã, v. 132, n. 6, p. 56-68, 2013USDA-ARS. Guia do kit de teste de qualidade do solo. Washington, qualidade do solo Instituto, 1998. 82 p. 49v. 30, n. 4, p. 725-731, out./dez. 2008.

VALENTINE, T. A.; HALLETT, P. D.; BINNIE, K.; YOUNG, M. W.; SQUIRE, G. R.; HAWES, C.; BENGOUGH, A. G. **A resistência do solo e o volume de macroporos limitam as taxas de alongamento das raízes em muitos solos agrícolas do Reino Unido**. Anais de Botânica, Oxford, v. 110, n. 7, p. 259-270, 2012.

VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. ANDRADE, M. GISQ, **um multifuncional indicador de qualidade do solo**. Soil Biology and Biochemistry, Leicestershire, v. 39, n. 12, p. 3066-3080, dezembro de 2007.

XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S. **Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, p.247-258, 2006.

ZILLI, J.E., RUMJANEK, N.G., XAVIER, G.R., COUTINHO, H.L.C. e NEVES, M.C.P. **Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, set./dez. 2003.