



## Evaluation of soil quality through visual indicators in the Marcelo Déda Settlement Project

### Avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores visuais no Projeto de Assentamento Marcelo Déda

SILVA, Thiago Lima da<sup>(1)</sup>; REGAZZO, Jamile Raquel<sup>(2)</sup>; BAESSO, Murilo Mesquita<sup>(3)</sup>; MARINO, Regina Helena<sup>(4)</sup>; Reis, Igor Adriano de Oliveira<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> 0000-0002-6954-0414; Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo (SP), Brasil. thiagolim@usp.br

<sup>(2)</sup> 0000-0002-0329-1208; Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo (SP), Brasil. jamile.regazzo@usp.br

<sup>(3)</sup> 0000-0003-4778-6015; Universidade de São Paulo. Pirassununga, São Paulo (SP), Brasil. baesso@usp.br

<sup>(4)</sup> 0000-0002-7295-3746; Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, Sergipe (SE), Brasil. rehmarino@hotmail.com

<sup>(5)</sup> 0000-0002-4941-9932; Instituto Federal de Sergipe. São Cristóvão, Sergipe (SE), Brasil. reisigoradriano@gmail.com

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

#### ABSTRACT

The growing concern about accelerated soil deterioration has led to the need to develop tools that promote agricultural production, based on ambitious concepts. Although the definitions of sustainability and soil quality encompass political, social, economic and environmental issues, many scientific studies address soil quality, but only a few seek to quantify visual indicators of sustainable development, especially in agrarian reform settlements. However, these studies that present simple and easily measured alternatives are indispensable for decision-making and monitoring of agricultural systems. Therefore, the objective of this work was to evaluate soil quality through visual indicators in the Marcelo Déda Settlement Project, located in the municipality of Malhador, Sergipe. For this, 4 significant agricultural crops (Acerola, Macaxeira, Yellow passion fruit and pasture) and an area of native forest of the settlement reserve were chosen. The visual indicators selected are linked to the physical-hydraulic, chemical and biological parameters of the soil, being assigned values (1, 5 and 10) according to the visual degree of impact of the management in these indicators, which were classified in a participatory way with the farmers and researchers. The results allowed to classify the soil of the native forest as desirable in comparison to the land uses in the agricultural production systems studied in the Marcelo Déda Settlement Project, and the areas with the use of aceroleira presented more impacted visual indicators, thus indicating the need for essential changes in the management of the crop.

#### RESUMO

A crescente preocupação com a deterioração acelerada do solo tem levado à necessidade de desenvolver ferramentas que promovam a produção agrícola, com base em conceitos ambiciosos. Embora as definições de sustentabilidade e qualidade do solo englobem questões políticas, sociais, econômicas e ambientais, muitos estudos científicos abordam a qualidade do solo, mas apenas alguns buscam quantificar indicadores visuais de desenvolvimento sustentável, principalmente em assentamentos de reforma agrária. No entanto, esses estudos que apresentam alternativas simples e de fácil mensuração são indispensáveis para a tomada de decisões e o monitoramento dos sistemas agrícolas. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo por meio de indicadores visuais no Projeto de Assentamento Marcelo Déda, localizado no município de Malhador, Sergipe. Para isso, foram escolhidas 4 culturas agrícolas significativas (Acerola, Macaxeira, Maracujá-amarelo e pastagem) e uma área de mata nativa da reserva do assentamento. Os indicadores visuais selecionados estão ligados aos parâmetros físicos-hídricos, químicos e biológicos do solo, sendo atribuídos valores (1, 5 e 10) de acordo com o grau visual de impacto do manejo nestes indicadores, que foram classificados de forma participativa com os agricultores e pesquisadores. Os resultados permitiram classificar o solo da mata nativa como desejável em comparação aos usos do solo nos sistemas de produção agrícolas estudados no Projeto de Assentamento Marcelo Déda, sendo que as áreas com uso de aceroleira apresentaram indicadores visuais mais impactados, indicando, assim, a necessidade de mudanças imprescindíveis no manejo da cultura.

#### INFORMAÇÕES DO ARTIGO

##### Histórico do Artigo:

Submetido: 26/01/2023

Aprovado: 15/08/2023

Publicação: 21/10/2023



##### Keywords:

Sustainability,  
Environmental monitoring,  
Soil management.

##### Palavras-Chave:

Sustentabilidade,  
Monitoramento ambiental,  
Manejo de solos.

## Introdução

O conceito sobre qualidade do solo pode ter adequações de acordo com as especificidades dos estudos em questão. Porém, a definição é amplamente difundida como a “capacidade de um determinado solo estabelecer seu funcionamento dentro dos limites natural ou manejado do ecossistema, sustentando assim sistemas de produção animal e vegetal, mantendo ou melhorando a qualidade dos recursos naturais como da água e do ar, além de apoiar a saúde humana e habitação” (USDA, 2022).

Esses agroecossistemas integram agroecologia, solo e paisagens, e a inserção dos sistemas agrícolas e seus manejos podem influenciar diretamente nos indicadores de sustentabilidade, principalmente, quando estes são desenvolvidos para o monitoramento da qualidade do solo (Simane *et al.*, 2013). As atividades intensificadas nos subsistemas do solo alteram seus componentes, provocando uma mudança no funcionamento básico e, assim, diminuem a capacidade da disponibilidade dos recursos naturais essenciais para a qualidade de atividades agrícolas.

Sendo assim, existe a necessidade de monitoramento e a compreensão da variabilidade espacial e temporal das propriedades do solo, entendendo que essa heterogeneidade é essencial para decidir sobre quais práticas de manejo contribuem para a melhoria das reservas de nutrientes, qualidade de indicadores e ganho de produtividade das culturas implantadas, mesmo em diferentes sistemas de cultivos (Kisaka *et al.*, 2023).

O conhecimento de indicadores visuais de qualidade do solo se apresenta como uma alternativa de fundamental importância para o estabelecimento de boas práticas agrícolas, principalmente, em atividades de manejo de culturas nos solos, pois além de simples mensuração, os impactos dos manejos aplicados durante as práticas agrícolas nos atributos dos solos devem ser percebidos para uma atuação imediata. Corrêa *et al.* (2009) confirmam essa informação, quando em seu trabalho informam que o monitoramento das alterações nos indicadores estabelecidos do solo fornecerá dados importantes sobre a qualidade do solo e sua capacidade de produção.

Apesar do grande número de trabalhos científicos que enfocam em qualidade do solo, poucos apresentaram sugestões de quantificação dos níveis de qualidades visuais, sem contar que na maioria deles a mensuração tem sido realizada com equipamentos tecnológicos, metodologias modernas e sistemas de gestão de pesquisa que, muitas vezes, tem seus resultados apresentados com dificuldades no dimensionamento e na contextualização do diagnóstico, prejudicando a adequação destes para as condições reais da propriedade rural (Chang *et al.*, 2016).

Embora muitas metodologias de avaliação de qualidade do solo sejam apresentadas para estudos dentro de agroecossistemas, metodologias que usam os indicadores visuais surgem como uma alternativa viável ao produtor para diagnóstico rápido, confiável e de

simples mensuração. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do solo através de indicadores visuais no Projeto de Assentamento Marcelo Déda, localizado no município de Malhador, Sergipe.

## **Desenvolvimento**

O trabalho foi desenvolvido no Projeto de Assentamento Marcelo Déda que se localiza no município de Malhador, estado de Sergipe. O assentamento em questão é composto por 201 famílias e está localizado a 44 km da capital Aracaju, com o acesso realizado pela BR-101, seguindo em direção à Maruim. A região apresenta características de clima do tipo megatérmico úmido, com precipitação pluviométrica média anual de 1.411,0 mm, temperatura média no ano de 23,0°C, com as coordenadas geográficas 10°39'33", latitude sul e 37°18'12" de longitude oeste, e de março a agosto é o período mais chuvoso. O relevo está representado pelas superfícies pediplanada, fluvial, tabular erosiva e feições dissecadas tabulares e em crista. Os solos predominantes são Argissolos vermelho-amarelos e Neossolos quartzarênicos, que sustentam uma vegetação de Campos Limpos, Campos Sujos, Capoeira e Caatinga (Solos, 2013).

## **Caracterização do manejo nas culturas**

As culturas utilizadas para o trabalho foram acerola (*Malpighia emarginata*), macaxeira (*Manihot esculenta*), maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*) e pastagem (*Brachiaria decumbens*) e foi comparada a mata nativa de reserva do assentamento. As culturas escolhidas para o estudo foram as mais representativas quanto à produção e à importância dentro do assentamento. A cultura da mandioca e o do maracujá se destacam por serem plantas tropicais e produzirem em períodos de estiagem, por suas características tropicais apresentam bons desenvolvimentos nestas áreas, principalmente em períodos de chuvas escassas. Os espaçamentos usados, no caso da mandioca, são de 1 metro entre linhas e 0,60 metros entre plantas, já o maracujá, em espaçamento de 4 metros entre linhas e 2 metros entre plantas. São plantios manuais com sistemas semi-convencionais e tratos culturais braçais. Nestas áreas, os restos culturais das capinas e roçagens são aproveitados como cobertura morta, mas para o preparo secundário do solo utilizam-se trator e implementos para revolver o solo.

Já a acerola é manejada de forma convencional, a qual é trabalhada sem consórcio e solo sem proteção física (cobertura morta), em que o controle de plantas cultivadas é feito através de tratos culturais realizados com aplicação de herbicidas. O espaçamento é de 4 metros entre fileiras e plantas e a adubação é realizada com uso de insumos orgânicos e

sintéticos convencionais. Já a pastagem é usada de forma intensiva para a criação de bovinos, caprinos e ovinos, com adubações orgânica e convencional e sem controle de pragas e plantas espontâneas, não se faz de rotação de animais no pasto. Já a mata nativa fica na área de reserva do assentamento, é uma mata secundária com representação de mata atlântica e Caatinga arbustiva e arbórea.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 4 repetições em um fatorial de 5x4, ou seja, foram cinco (5) usos do solo (maracujá, macaxeira, acerola, pastagem e mata nativa), com quatro (4) blocos que foram os lotes amostrados. No caso da mata foram amostradas em 4 partes diferentes para manter o grau de liberdade estatístico dentro dos parâmetros aceitáveis para a análise de variância. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5%, utilizando-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000).

### ***Indicadores de Qualidade do Solo***

A avaliação da qualidade do solo foi analisada por meio de avaliação participativa, baseado em Comin *et al.* (2016), em que foi possível descrever a campo, em conjunto com os agricultores, técnicos, estudantes e pesquisadores, indicadores de solo ligados ao perfil cultural e parâmetros físicos-hídricos, químicos e biológicos do solo.

Nos manejos escolhidos, os indicadores receberam notas em uma escala que pode variar entre 1, 5 e 10, na qual a nota 1 foi concedida para a pior situação, a nota 5 foi a condição minimamente aceitável e a 10, foi a condição aceitável ou ideal. Na tabela 1, podemos observar os indicadores e as características consideradas para as pontuações das notas, seguindo metodologia adotada em Vezzani *et al.* (2019).

***Tabela 1.***

*Indicadores de qualidade do solo com respectivos valores e características de avaliação no solo sob diferentes usos no P. A. Marcelo Déda, no município de Malhador, SE.*

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>	<b>Característica</b>
	1	Coloração mais clara, odor desagradável, teor muito baixo de matéria orgânica.
Cor, odor e teor de matéria orgânica (Matéria orgânica).	5	Coloração mais escura, sem odor marcante, pouca matéria orgânica.
	10	Coloração escura, odor de terra de mata, muita matéria orgânica.
Profundidade do solo	1	Volume de solo explorado não ultrapassa 10 cm.

explorada pelas raízes (Enraizamento).	5	Volume de solo explorado entre 10 e 20 cm.
	10	Volume de solo explorado superior a 40 cm.
	1	Solo poeirento, sem presença de agregados visíveis.
Estrutura do solo (Estrutura).	5	Solo com poucos agregados visíveis, que se rompem com leve pressão.
	10	Solo com muitos agregados, que mantém a forma após leve pressão.
	1	Camada muito compactada, apresentando elevada resistência à penetração da ponta da faca e com pouca ou nenhuma infiltração de água.
Compactação e infiltração (compactação).	5	Camada compactada, apresentando média resistência à penetração da ponta da faca e com infiltração lenta de água.
	10	Sem presença de camada compactada, a ponta da faca penetra facilmente no solo e com infiltração rápida de água.
	1	Erosão severa, presença de sulcos e canais de erosão.
Erosão (Erosão).	5	Erosão pouco visível (laminar), o escoamento não cria sulcos.
	10	Sem sinais visíveis de erosão.
	1	Solo seca rápido.
Retenção de umidade (Umidade).	5	Baixa capacidade de retenção de umidade durante estiagem prolongada.
	10	Alta capacidade de retenção de umidade, mesmo durante estiagem prolongada.
	1	Sem sinais da presença de minhocas e/ou artrópodes.
Atividade biológica (Macrofauna).	5	Presença de minhocas e/ou artrópodes.
	10	Abundância de minhocas e/ou artrópodes.
	1	Pouca ou nenhuma palhada, sem sinais de decomposição.
Estado dos restos vegetais e cobertura do solo (Palhada).	5	Fina camada de palhada, cobertura do solo inferior a 50%.
	10	Espessa camada de palhada, restos vegetais em diferentes estágios de decomposição, cobertura do solo superior a 90%.

Fonte: Vezzani *et al.*, 2019.

## Resultados e discussão

Na tabela 2, estão apresentados os resultados da análise de variância. Observa-se que para o indicador matéria orgânica, o uso do solo da mata apresentou melhores resultados, porém, não diferiu estatisticamente do uso da macaxeira e do maracujá. Valores altos de matéria orgânica em matas nativas são esperados, já que os sistemas estão preservados e ocorrendo os processos de decomposição da serrapilheira e da ciclagem de nutrientes.

**Tabela 2.**

*Valores médios de Matéria orgânica, Enraizamento, Estrutura, Compactação, Erosão, Umidade, Macrofauna e Palhada no solo sob diferentes usos no P. A. Marcelo Déda, no município de Malhador, SE.*

Indicadores	Tipos de uso do solo					
	Macaxeir a	Maracuj á	Acerol a	Pastage m	Mat a	Cv (%)
Matéria orgânica	7,5a	7,5a	5,0b	4,0b	10a	29,90
Enraizamento	4,0a	6,25a	5,0a	5,0a	5,0a	28,35
Estrutura	8,75a	6,25b	4,0b	8,75a	10a	28,25
Compactação	5,0b	5,0b	4,0b	5,0b	10a	15,42
Erosão	8,75a	5,0b	3,0b	5,5b	10a	43,07
Umidade	6,5a	7,5a	5,0a	7,5a	10a	36,59
Macrofauna	5,0b	4,0b	1,0c	4,0b	10a	26,35
Palhada	5,0b	4,25b	1,0c	4,0b	10a	43,49

Médias acompanhadas da mesma letra na horizontal não diferem significativamente a 5% pelo teste de Scott-Knott.  
Fonte: Autoria própria (2023).

Segundo Tesfay *et al.* (2020), a decomposição e a liberação dos nutrientes da serrapilheira podem contribuir na melhoria de parâmetros químicos do solo, como o estoque de carbono e a fertilidade do solo, melhorando o desenvolvimento das plantas nestes ambientes, o que provoca a diminuição dos impactos em áreas degradadas.

Já no sistema de produção da acerola, a baixa quantidade de matéria orgânica pode indicar que o manejo empregado não favorece a conservação e o aporte desse componente no solo. De acordo com um estudo sobre atributos químicos de solos sob diferentes usos, realizado por Corrêa *et al.* (2009), as áreas de fruticultura e pastagem apresentaram menor teor de carbono orgânico total quando comparadas com áreas de culturas de ciclo curto, áreas descartadas e áreas com vegetação nativa, segundo os autores a baixa taxa de deposição de

material orgânico nas áreas de fruticultura e de pastagem podem ter influenciado este resultado, o que também pode ser o caso, neste estudo, além disso a mobilização do solo pela entrada intensiva de animais nas áreas de pastagem e tratos culturais exigidos para as áreas de aceroleiras tornam o ambiente mais oxidativo, resultando em um menor acúmulo de carbono orgânico total, confirmando os valores baixos dos indicadores visuais para o item matéria orgânica nas pastagem e aceroleira.

Ao analisar os valores do indicador palhada, verificam-se médias significativamente diferentes de todos os usos em comparação ao da mata. Este dado pode ter influência do manejo nos tratos culturais, com a retirada de materiais orgânicos durante as capinas manuais, o que não contribui para o acúmulo residual nos sistemas de produção, deixando o solo sem proteção e propício ao aparecimento de erosão, levando-o às degradações física, química e biológica, impactando em outros indicadores, como umidade, macrofauna e matéria orgânica.

As faltas da palhada e de matéria orgânica têm influência direta nas notas dos indicadores de macrofauna. Os organismos da macrofauna edáfica são elementos essenciais da biota do solo, pois atuam como fragmentadores e transformadores de serapilheira (Swift *et al.*, 2010), melhorando as características físico-químicas e estruturais nestes agroecossistemas (Velásquez *et al.*, 2010). Os impactos do manejo das culturas agrícolas sobre a matéria orgânica afetam os organismos no solo, isso é decorrente da mobilização nos cultivos intensivos e o uso de insumos (Rovedder *et al.*, 2009; Fragoso *et al.*, 1999).

Devido às condições de deposição natural de material orgânico da mata nativa e os tratos culturais realizados nas áreas agrícolas, como capinas e retiradas dos resíduos, esperava-se que os valores de presença de microrganismos na mata fossem superiores aos cultivos, o que se confirmou nas análises visuais levantadas. Dentro de áreas agrícolas de produção como as encontradas nesse estudo, indicadores que ligam a presença da macrofauna edáfica ao manejo adequado das lavouras é imprescindível para a busca de sistemas sustentáveis, pois a fauna edáfica contribui na avaliação de um sistema natural, através das respostas sensíveis às ações antrópicas de degradação e as interações biológicas no sistema solo/planta (Hoffmann *et al.* 2009).

Já para o indicador de profundidade de enraizamento, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Possivelmente as áreas estudadas se encontram implementadas em solos mais novos, pouco profundos ou com impedimentos físicos típicos dos neossolos quartzarênicos de ocorrência na região, o que pode ter ocasionado valores baixos atribuídos neste indicador. Solos rasos, adensados ou com camadas coesas e afloramentos de rochas, aliados à baixa precipitação na área estudada, podem influenciar no aprofundamento do sistema radicular, até mesmo em áreas de vegetação nativa, pois a resistência à penetração das raízes no solo pode apresentar valores maiores que 2,5 Mpa (Leão *et al.*, 2004).

Valores atribuídos aos indicadores de umidade do solo não diferiram entre si. O preparo do solo nas áreas de produção agrícola pode ter influenciado nos resultados, pois a mobilização do solo em profundidade adequada possibilita o aumento da capacidade de água disponível. Segundo Pacheco (2011), a falta de manejo adequado ao longo do preparo do solo, pode causar o aumento da resistência do solo, afetando a retenção da umidade, o que pode gerar demanda do uso de escarificadores e subsoladores nos lotes, para que as culturas necessitem de um desenvolvimento maior do sistema radicular, o que possivelmente não ocorreu nas áreas desse estudo.

No indicador estrutura do solo, a mata apresentou nota máxima, diferindo estatisticamente das áreas de aceroleira e maracujazeiro. O manejo empregado nestes usos da pastagem e da macaxeira pode ter contribuído para a formação de agregados no solo, já que após a mobilização de plantio é comum aguardar o período de desenvolvimento da cultura sem entrada de animais (pastagem), sendo que as áreas com macaxeira após o plantio exigem menos tratos culturais quando comparadas aos cultivos de acerola e maracujá. Estas intervenções antrópicas constantes, além de interferirem na estrutura podem diminuir a velocidade de infiltração básica (VIB) no solo, conforme observado por meio do indicador de compactação (infiltração do solo).

A falta de estrutura do solo contribui para o aumento da densidade aparente e a resistência à penetração, levando, conseqüentemente, à compactação nestas áreas. A avaliação da qualidade do solo, geralmente, leva em consideração diversos atributos físicos, como a densidade e a resistência do solo à penetração (GOMES e FILIZOLA, 2006). Esses atributos são usados para analisar a resposta do solo às práticas de manejo empregadas, uma vez que estão diretamente relacionados à sua estrutura. Assim, uma análise da resistência do solo para a penetração, como o proposto neste trabalho, pode fornecer informações importantes sobre a qualidade geral do solo.

Solos afetados com a compactação apresentam dificuldade de entrada de água em seu perfil pelo processo de infiltração, aumentando, assim, o escoamento superficial e, conseqüentemente, deixando as áreas suscetíveis à erosão, como pode-se observar pelos valores atribuídos aos indicadores em áreas de acerola, pastagem e maracujá. O manejo nessas culturas no assentamento tem como característica a movimentação de animais e pessoas para tratos culturais com frequência, o que não ocorre na lavoura de macaxeira e na mata nativa.

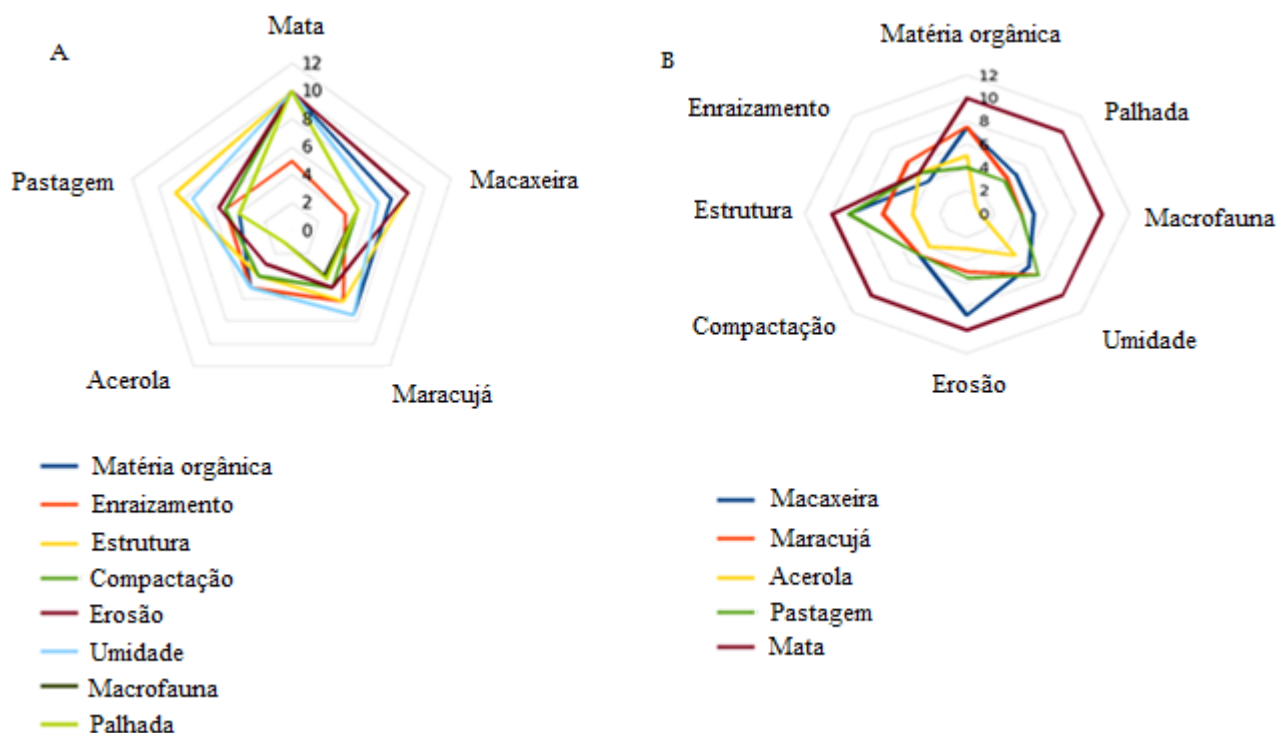
Para melhor compreensão dos dados, abaixo (Figura 1) apresenta-se um gráfico do tipo teia, em que os valores das médias aritméticas são usados para a comparação do desempenho entre os usos e indicadores do solo. Esse tipo de representação facilita a visualização da qualidade do solo e quais fatores contribuem para o desempenho, ou até mesmo onde o produtor precisa intervir, assim sendo, valores próximos às linhas do lado externo do gráfico



representam melhores condições de manejo ou a proximidade ao sistema mais adequado de produção (VEZZANI *et al.*, 2019).

**Figura 1.**

*Representação gráfica tipo teia dos valores atribuídos aos indicadores visuais dentro dos usos do solo (A), e os valores atribuídos dos usos do solo dentro de cada indicador visual (B), no Projeto de Assentamento Marcelo Déda, no município de Malhador, em Sergipe.*



Fonte: Autoria própria (2023).

Observa-se na figura 1A que a mata obteve nota máxima na maioria dos indicadores visuais no P. A. Marcelo Déda, isso mostra que a área da mata se encontra preservada e em equilíbrio, sendo que apenas a profundidade do sistema radicular recebeu notas parecidas com as dos manejos empregados no assentamento, provavelmente pelas características pedológicas influentes dos solos daquela região. A área do assentamento encontra-se estabelecida em solos novos, o que provoca o não aprofundamento do sistema radicular, devido a impedimentos físicos.

Já na figura 1B observa-se a influência do uso do solo nos indicadores. Verifica-se que a mata se apresenta como referência ou com manejo adequado de conservação, em relação aos outros usos dos solos, devido à sua linha gráfica se encontrar mais próxima da exterminada da teia e bem equilibrada em relação aos valores máximos dos indicadores, seguida do uso da macaxeira. Já o cultivo da acerola apresenta resultados de qualidade do solo preocupantes,

pois recebeu a maioria das notas indesejadas e minimamente aceitáveis, seguidas pelas pastagens e maracujá, indicando a necessidade de mudanças breves em seus manejos e orientados pelos indicadores levantados.

## Conclusões

Os indicadores visuais mostraram-se como uma ferramenta eficaz, na qualificação de manejo nos usos do solo do projeto de Assentamento Marcelo Déda.

O manejo empregado no uso do solo da acerola não preserva variáveis dos recursos naturais para a produção e o desenvolvimento sustentável.

Através dos indicadores visuais do solo foi possível classificar a mata nativa com situação desejável, comparada aos manejos empregados nos usos do solo no Projeto de Assentamento Marcelo Déda.

## REFERÊNCIAS

- Chang, J.; Zhang, H.; Wang, Y.; & Zhu, Y. (2016). Avaliar o impacto da variabilidade climática e das atividades humanas na variação da vazão. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20 (4), 1547-1560.
- Comin, J. J.; Fayad, J. A.; Kurtz, C.; Mafra, A. L.; & Curmi, P. (2016). *Guia prático de avaliação participativa da qualidade do solo em sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH)*. Open Brasil Gráfica e Editora, Florianópolis. (Comunicado Técnico).
- Corrêa, R. M.; Freire, M. B. G. D. S.; Ferreira, R. L. C.; Freire, F. J.; Pessoa, L. G. M.; Miranda, M. A.; & Melo, D. V. M. D. (2009). Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33, 305-314.
- Usda – United States Department of Agriculture. 2022.
- Ferreira, D. F. (2000). *Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância)*. Reunião anual da região brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 255-258.
- Fragoso, C.; Kanyonyo, J.; Moreno, A.; Senapati, B. K.; Blanchart, E.; & Rodriguez, C. (1999). *Um levantamento de minhocas tropicais: taxonomia, biogeografia e plasticidade ambiental*. Manejo de minhocas em agroecossistemas tropicais, 1-26.
- Gomes, M. A. F.; Filizola, H. F. (2006). *Indicadores Físicos e Químicos de Qualidade de Solo Interesse Agrícola*. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, 8 p.

- Hoffmann, R. B.; Nascimento, M. D. S. V.; Diniz, A. A., Araújo, L. H. A.; & Souto, J. S. (2009). *Diversidade da mesofauna edáfica como bioindicadora para o manejo do solo em Areia*, Paraíba, Brasil. *Revista Caatinga*, 22(3).
- Kisaka, M. O.; Shisanya, C.; Cournac, L.; Manlay, J. R.; Gitari, H.; & Muriuki, J. (2023). *A integração do plantio direto com sistemas agroflorestais aumenta os indicadores de qualidade do solo nos agroecossistemas de terra seca do Quênia*. *Soil and Tillage Research*, 227, 105586.
- Leão, T. P.; Silva, A. P. D.; Macedo, M. C. M.; Imhoff, S.; & Euclides, V. P. B. (2004). Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28, 415-422. Soil macrofauna in cover crops of figs grown under organic management.
- Pacheco, E. P.; & Cantalice, J. R. B. (2011). Compressibilidade, resistência a penetração e intervalo hídrico ótimo de um Argissolo Amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros de Alagoas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 403-415.
- Rovedder, A. P. M.; Eltz, F. L. F.; Drescher, M. S.; Schenato, R. B.; & Antonioli, Z. I. (2009). *Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa*. *Ciência Rural*, 39, 1051-1058.
- Simane, B.; Zaitchik, B. F.; & Ozdogan, M. (2013). *Análise de agroecossistema das bacias hidrográficas da Montanha Choke*, Etiópia. *Sustentabilidade*, 5 (2), 592-616.
- Solos, E. (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 3.
- Swift, M. J.; Bignell, D.; Moreira, F. D. S.; & Huising, J. (2010). O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. *Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade*. Lavras: Editora da UFPA, 1, 23-41.
- Tesfay, F.; Kibret, K.; Gebrekirstos, A.; Hadgu, K.M. (2020). Litterfall production and associated carbon and nitrogen flux along exclosure chronosequence at Kewet district, central lowland of Ethiopia. *Environmental Systems Research*.  
<https://doi.org/10.1186/s40068-020-00172-7>
- Velázquez, J.; Tejera, R.; Hernando, A.; & Núñez, M. V. (2010). Diagnóstico ambiental: Integrar a conservação da biodiversidade na gestão dos espaços florestais Natura 2000. *Journal for Nature Conservation*, 18 (4), 309-317.
- Vezzani, F. M.; Ferreira, G. W.; Souza, M.; Comin, J. J. (2019). Conceitos, métodos de avaliação participativa e o SPDH como promotor de qualidade do solo. *In: Sistema de plantio direto de hortaliças*. São Paulo: Expressão popular, 1, 105-123.