

**Análise visual da qualidade estrutural de solos com diferentes sistemas de uso e manejo no
Marajó, Município de Breves, Estado do Pará, Brasil**

**Visual analysis of soil structure quality with different systems of use and management in
Marajó, Municipality of Breves, Pará State, Brazil**

**Analisis visual de la calidad estructural de los suelos con diferentes sistemas de uso y
gestión en Marajó, Ciudad de Breves, Estado del Pará, Brasil**

Recebido: 10/06/2020 | Revisado: 29/06/2020 | Aceito: 01/07/2020 | Publicado: 18/07/2020

Ludmila de Freitas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9976-3387>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Brasil

E-mail: ludmila.freitas@ifro.edu.br

Ivanildo Amorim de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2299-3229>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Brasil

E-mail: ivanildo.oliveira@ifro.edu.br

Soleane Cardoso de Souza

<https://orcid.org/0000-0001-9826-9259>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Brasil

E-mail: cardososol9@gmail.com

Iolanda Maria Soares Reis

<https://orcid.org/0000-0001-6619-0730>

Instituto de Biodiversidade e Florestas, Brasil

E-mail: iolandareis@outlook.com

Milton César Costa Campos

<https://orcid.org/0000-0002-8183-7069>

Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Brasil

E-mail: mcesarsolos@gmail.com

Resumo

O conceito qualidade do solo é recente e tem sido mais utilizado para avaliar a sustentabilidade de diferentes práticas de manejo no solo. A avaliação visual é uma ferramenta eficiente, prática e simples para a determinação da qualidade de solos. O objetivo

do trabalho é identificar, por meio do método visual de campo a qualidade estrutural de solos com diferentes sistemas de uso e manejo do solo na região de Breves, PA. Os usos do solo comparados foram: área com cultivo de açaí, área com cultivo de mandioca consorciada com milho, área de capoeira, e área contígua com fragmento florestal, como referência de qualidade estrutural do solo. As avaliações foram realizadas com o auxílio da carta de avaliação visual da estrutura do solo. A classificação foi o resultado final em função de cinco escores visuais para qualidade estrutural (Qe), sendo: Qe = 1 (melhor qualidade estrutural) e Qe = 5 (pior qualidade estrutural). Valores elevados para Qe são indicativos de deterioração da qualidade estrutural do solo. Foi observado diferenças visuais na qualidade dos solos, possibilitando identificar diferentes formas de estruturação em função do manejo. A área sob vegetação nativa representa maior qualidade do solo pelo indicador visual avaliado, quando comparada aos demais ambientes, seguida pela área cultivada com açaizal, capoeira e mandioca consorciada com milho. Pelos resultados obtidos foi possível observar que o índice de qualidade visual é um método eficaz em diferenciar a qualidade do solo submetido a diferentes usos e que as atividades agropecuárias diminuem a qualidade visual do solo.

Palavras-chave: Qualidade do solo; Mata nativa; Áreas cultivadas.

Abstract

The concept of soil quality is recent and has been used to evaluate the sustainability of different soil management practices. Visual assessment is an efficient, practical and simple tool for determining soil quality. The objective of the present work was to identify, through the visual field method, the structural quality of soils with different soil use and management systems in the Breves, PA region. The soil uses compared and used in this work were: an area with açaí cultivation, an area with maize cultivation, soil area under fallow vegetation, and a contiguous area with forest fragment (native forest), as a quality reference soil structure. The evaluations were carried out with the aid of the visual assessment chart of the soil structure. The classification was based on the final result according to five visual scores for structural quality (Qe), being: Qe = 1 (better structural quality) and Qe = 5 (worse structural quality). High values for Qe are indicative of deterioration of soil structural quality. It is important to note that scores between 1 and 3 are indicative of acceptable management conditions and physical soil quality. It was possible to observe the visual differences of quality of soils, making possible to identify the different forms of structuring in function of the management. The area under native vegetation expresses higher soil quality by the evaluated visual indicator, when compared to the other environments, followed by the acreage, under fallow

vegetation and cassava cultivated with corn. From the results obtained it was possible to observe that the visual quality index is a simple and effective practical method to differentiate the quality of the soil submitted to different uses and that the agricultural activities diminish the visual quality of the soil.

Keywords: Soil quality; Native forest; Cultivated areas.

Resumen

El concepto de calidad del suelo es reciente y se ha utilizado más para evaluar la sostenibilidad de las diferentes prácticas de manejo del suelo. La evaluación visual es una herramienta eficiente, práctica y simple para determinar la calidad del suelo. El objetivo del trabajo es identificar, mediante el método del campo visual, la calidad estructural de los suelos con diferentes sistemas de uso y manejo de la tierra en la región de Breves, PA. Los usos del suelo comparados fueron: área con cultivo de açaí, área con cultivo de yuca intercalada con maíz, área de capoeira y área contigua con fragmento de bosque, como referencia para la calidad estructural del suelo. Las evaluaciones se llevaron a cabo con la ayuda de la carta de evaluación visual de la estructura del suelo. La clasificación fue el resultado final basado en cinco puntuaciones visuales para la calidad estructural (Q_e), siendo: $Q_e = 1$ (mejor calidad estructural) y $Q_e = 5$ (peor calidad estructural). Los valores altos de Q_e son indicativos del deterioro de la calidad estructural del suelos. Se observaron las diferencias visuales en la calidad del suelo, lo que permitió identificar las diferentes formas de estructuración dependiendo del manejo. El área bajo vegetación nativa representa una mayor calidad del suelo debido al indicador visual evaluado, en comparación con los otros ambientes, seguido del área cultivada con açaizal, capoira y yuca intercaladas con maíz. A partir de los resultados obtenidos, fue posible observar que el índice de calidad visual es un método eficaz para diferenciar la calidad del suelo sometido a diferentes usos y que las actividades agrícolas reducen la calidad visual del suelo.

Palabras clave: Calidad del suelo; Bosque nativo; Zonas cultivadas.

1. Introdução

A importância dos solos pode ser percebida em diversos ramos da sociedade e meio ambiente. Para a FAO (2015), o solo sustenta diversas formas de vida, dá suporte a atividades econômicas, e desempenha funções como controle de fluxo e purificação da água, ciclagem e armazenamento de nutrientes, regulação do clima, entre outros. Destaca-se que com o passar

dos anos os solos vêm crescentemente sofrendo degradações que comprometem sua estrutura. Dentre as principais formas de degradação estão a compactação, erosão, desmatamento, queimadas, contaminação por elementos químicos e compostos orgânicos, acidificação e salinização sendo necessário manter a qualidade do solo, bem como sua máxima produtividade em terras agrícolas, deve-se adotar boas práticas de manejo e conservação, como o controle de queimadas, adubação verde, reflorestamento, cultivo em contorno, e outros (Bertoni & Lombardi, 2005)

O conceito qualidade do solo é relativamente recente e tem sido mais utilizado para avaliar a sustentabilidade de diferentes práticas de manejo no solo. Segundo Karlen & Scott, (1994), a definição mais aceita de qualidade do solo (QS) é uma avaliação sistêmica desse recurso, que permite compreender a capacidade do solo desenvolver múltiplas funções no ambiente, mantendo a sustentabilidade do ecossistema. O processo de avaliação da qualidade do solo necessariamente envolve a seleção de indicadores, os quais são atributos e ou propriedades pedogenéticas naturais que podem ser utilizados para avaliar o comportamento de um solo específico. No Brasil, pesquisadores da Ciência do Solo vêm buscando os indicadores mais adequados para avaliar QS em condições brasileiras e, surgem propostas de indicadores físicos (Fidalski & Tormena, 2007), químicos, biológicos (Ribeiro et al., 2007) e a integração destes (Araújo, Goedert & Lacerda., 2007; Freitas, Casagrande, Oliveira & Aquino, 2012).

A maioria dos pensamentos sobre à QS está centrada na identificação de um índice capaz de servir como indicador, assim como existem indicadores para qualidade do ar e da água. Cientistas do solo, agricultores e instituições governamentais tem interesse em obter um indicador de qualidade do solo para avaliar terras, em relação a degradação, estimar necessidades de pesquisa e de financiamentos e julgar práticas de manejo, a fim de monitorar mudanças nas propriedades e nos processos do solo, na sustentabilidade e na qualidade ambiental, que ocorram no tempo, em resposta ao uso da terra e as práticas de manejo (Karlen Andrews & Doran, 2001).

Até o presente, não existe um método prático e confiável para estimar a qualidade do solo (Karlen et al., 1997). Porém, mudanças na qualidade do solo têm sido avaliadas por intermédio da mensuração de indicadores apropriados e pela sua comparação com valores desejáveis (limite crítico ou “threshold level”) em diferentes intervalos de tempo, para um fim específico em ecossistemas agrícolas, florestais, pecuários e naturais (Araújo et al., 2012). Para Chaer e Tótola (2007), para avaliar a qualidade do solo, os indicadores devem ser identificados e analisados quanto à sua sensibilidade a mudanças causadas pelo manejo. Uma

vez que tenham sido definidos, esses indicadores podem ser monitorados de forma a avaliar o impacto do manejo adotado sobre a qualidade do solo.

Dentre as metodologias de avaliação da qualidade do solo, há atualmente a aplicação de metodologias de análises visuais para avaliar a qualidade do solo e esta vem crescendo, uma vez que a mesma fornece praticidade, rapidez, é segura e possui custo baixo para gerar informações necessárias para o planejamento agrícola, além de ser uma ferramenta simples e prática de aplicação (Ball, Batey & Munkholm, 2007). A avaliação visual do solo é baseada na avaliação de atributos como: estrutura, porosidade, textura, cor, número e cor de mosqueados, número de minhocas, evidências de compactação, presença de torrões, quantidade e tempo de infiltração da água na superfície e suscetibilidade aparente de erosão eólica e hídrica (Karlen; Ditzler & Andrews, 2003).

A estrutura do solo é considerada um dos fatores físicos mais importantes porque determina os processos de retenção e transferência que ocorrem no sistema solo (Ball et al., 2007). De acordo com Barros (2013), a estrutura do solo desempenha papel fundamental nas funções ambientais como sequestro de carbono, controle da erosão e manutenção da qualidade da água. A degradação do solo implica na degradação da estrutura física do sistema e consequente diminuição da produtividade do agroecossistema (Giarola, Silva, Tormena, Muylaert & Guimarães, 2010).

Os métodos laboratoriais, ainda que constituam importantes ferramentas para o manejo e sejam bastante exatos e precisos, são muitas vezes de difícil utilização devido ao custo e tempo. A rápida avaliação da qualidade do solo é uma importante estratégia no planejamento agrícola, possibilitando a identificação e o aprimoramento de sistemas de manejo com características de alta produtividade e de preservação ambiental (Amado, Conceição, Bayer, & Eltz 2007). A necessidade de diagnóstico rápido e confiável da QS conduziu ao desenvolvimento de estudos baseados na avaliação visual de atributos que indiquem sua qualidade. Para Giarola, Silva, Tormena, Muylaert & Guimarães (2013), avaliar visualmente da estrutura do solo se torna uma ferramenta útil para analisar sua qualidade física, pois permite examiná-lo detalhadamente e identificar camadas modificadas pelos sistemas de gestão adotados. Nesse sentido, mecanismos para avaliar a qualidade estrutural dos solos, que sejam efetivas e de baixo custo necessitam ser aperfeiçoadas. De acordo com Giarola, Tormena, Silva & Ball (2009), a metodologia denominado Avaliação Visual da Estrutura do Solo (AVES) determinada por Ball et al., (2007) pode suprir essa necessidade, em regiões temperadas bem como em regiões tropicais.

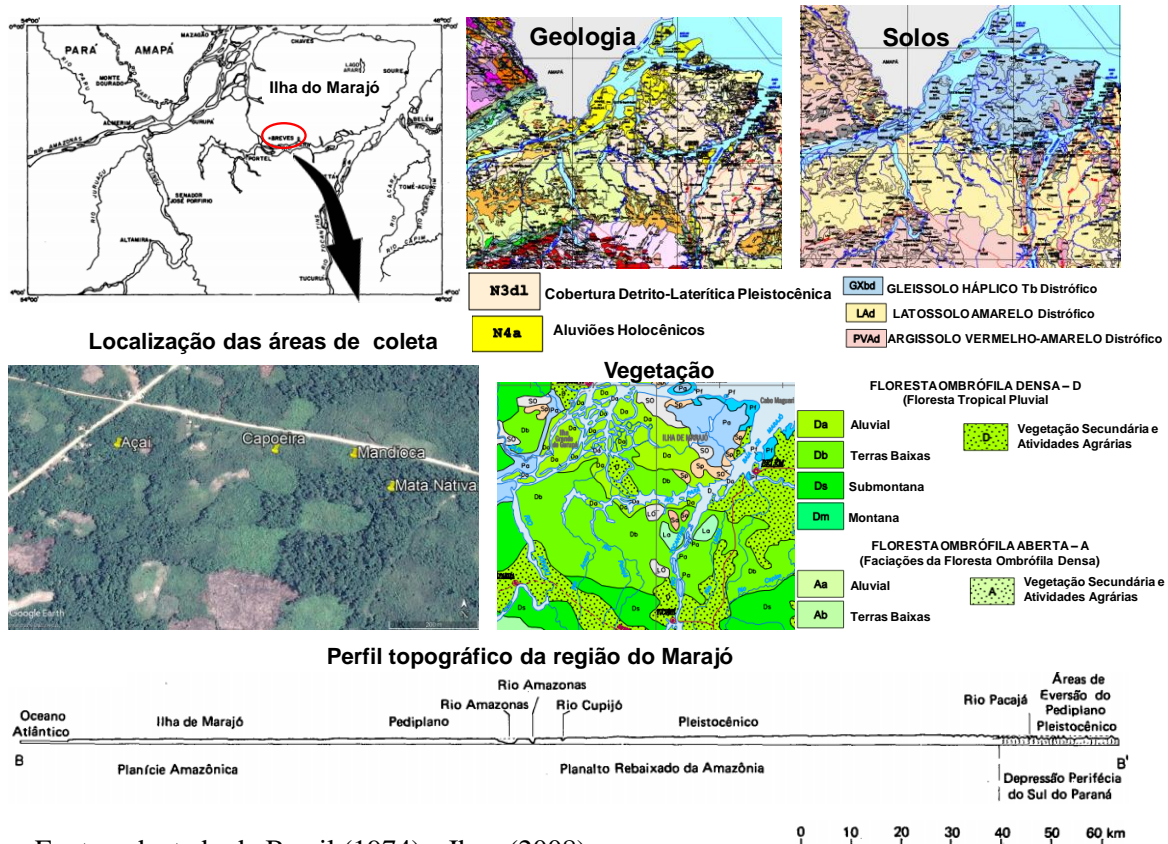
Dessa forma, para determinação da qualidade do solo em comunidades rurais, torna-se fundamental a aplicação de métodos simples, práticos e de fácil manipulação, permitindo que as características analisadas sejam determinadas de maneira objetiva, indicando a situação original da área e buscando resultados satisfatórios para resolução desses problemas (Arruda, Batista, Vale, Costa & Silva, 2012). Assim, utilizar indicadores visuais para a estimativa da qualidade do solo pode ser a melhor alternativa em comunidades rurais com baixo ou acesso insuficiente à assistência técnica, sendo importante ferramenta para a agricultura familiar na região Marajoara. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi utilizar a metodologia de análise visual da estrutura de solos com diferentes usos e manejo na região de Breves, PA.

2. Material e Métodos

2.1 Localização da área de estudo

O estudo foi realizado em propriedades rurais localizadas na região sudoeste na Ilha de Marajó, sob as coordenadas geográficas aproximadas de latitude 01°40'56" sul e longitude 50°28'49" oeste com apoio do Instituto Federal do Pará (IFPA), localizado no Município de Breves, PA (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização e perfil esquemático mostrando as áreas a vegetação, relevo e as classes de solos na região do Marajó, Pará.



Fonte: adaptado de Brasil (1974) e Ibge (2008).

Conforme demonstrado na Figura 1, a geologia da região apresenta rochas cristalinas pré-cambrianas do Complexo Guianense (Singh, 1972), do Complexo Xingu e Faixa Orogênica Araguaia Tocantins (Silva et al., 1974), rochas paleozóicas da sinéclise do Amazonas e coberturas sedimentares mesozóicas e cenozóicas. A cobertura vegetal é a floresta densa dos climas quentes úmidos e superúmidos. É caracterizada sobretudo por suas grandes árvores, por vezes com mais de 50 metros de altura, que sobressaem no estrato arbóreo uniforme, entre 25 e 35 metros de altura (Brasil, 1974). A região apresenta relevos residuais tabulares topograficamente elevados, englobados como Planalto Rebaixado pela descontinuidade espacial. Essas terras mais altas constituem os divisores topográficos de água entre os rios da região. Na ilha de Marajó, o Pediplano Pleistocênico abrange o centro-sul limitando a leste com a planície colmatada e a oeste com os baixos terraços e áreas em colmatagem (Brasil, 1974).

O clima da região pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso), segundo Köppen e tipo climático Aw e Amw' (chuvas do tipo monção com maiores quedas pluviométricas processadas no outono) apresentando um período seco de pequena duração. A pluviosidade

está limitada pelas isoietas anuais de 2.000 e 3.250 mm, com período chuvoso iniciando em outubro prolongando-se até junho, as temperaturas médias anuais variam entre 24°C e 26°C e com umidade relativa do ar variando entre 85 e 90% (Brasil, 1974). Na região das Ilhas dominam os solos hidromórficos (Gleissolos) e fora desta área predominam os Latossolos e Argissolos (Brasil, 1974).

O presente trabalho caracteriza-se por ser um experimento de campo de natureza quali-quantitativa de acordo Pereira, Shitsuka, Parreira e Shitsuka, (2018). Os tratamentos foram constituídos por quatro usos e manejos de solo: (1) cultura do milho consorciada com mandioca; (2) cultura do açaí; (3) uma área com capoeira e (4) floresta nativa, como referência de qualidade estrutural do solo, conforme Figura 2.

Em cada área (Figura 2) foram coletadas aleatoriamente cinco amostras para as análises visuais em campo, conforme sugere-se um número mínimo de pontos por gleba homogênea, definido conforme o tamanho da mesma, sendo áreas de até 10 ha de 3 a 5 amostras coletadas (Ralisch, 2017). A área com a cultura de mandioca consorciada com o milho (Figura 2A) está localizada sob as coordenadas 1° 33' 41,05" S e 50° 24' 21,25" W tendo 2 ha de extensão. No momento da coleta das amostras de solo a cultura da mandioca encontrava-se no quarto mês de plantio, sendo que a cultura do milho havia sido recém colhida. Ressalta-se que esta área era uma área de capoeira em pousio com aproximadamente 4 anos, onde esta foi derrubada, queimada e implantada a cultura da mandioca e milho.

Figura 2. Mapa das áreas com mandioca consorciada com milho, açaí, capoeira e floresta nativa no município de Breves, PA.



(A) cultura do milho consorciada com mandioca; (B) cultura do açaí; (C) uma área com capoeira e, (D) floresta nativa. Fonte: Soleane Cardoso de Sousa (2019).

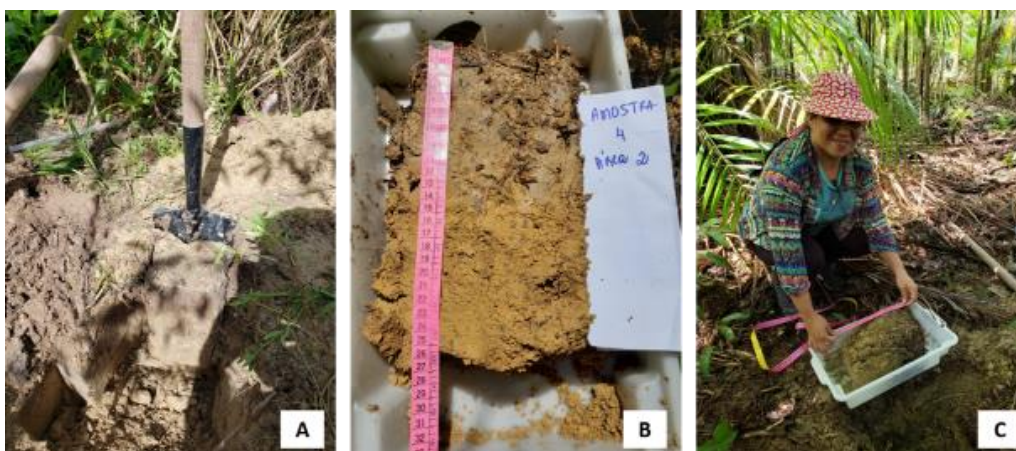
A área com a cultura do açaí (Figura 2B) está situada nas coordenadas geográficas 1° 33' 39,53" S e 50° 24' 40,69" W, e foi implantada aproximadamente há 20 anos, com pouco atividade de manejo, com extensão de 5 ha, sendo floresta nativa antes de sua implantação. A área de capoeira (Figura 2C) com localização geográfica 1° 33' 40,37" S e 50° 24' 27,07" W encontra-se em pousio há aproximadamente 4 anos, com extensão de 4 ha. A área com floresta nativa (Figura 2D) possui localização geográfica 1° 33' 44,28" S e 50° 24' 17,73" W, caracterizada como Floresta Tropical Densa, formada por árvores de 20 a 50 m de altura, sem intervenção humana nem histórico de cultivo agrícola, com 10 ha de extensão.

2.2 Amostragens, coleta de solo e materiais utilizados

Na amostragem dos solos, foi utilizada uma pá reta com a qual foi ser retirada as amostras indeformadas (0,30 m largura x 0,40 m de comprimento e 0,25 de profundidade), para as análises visuais da estrutura destes solos (Figura 3).

Conforme demonstrado na Figura 3, primeiramente foi coletado um bloco de solo e cortado na medida de 30 cm e inserido na bandeja para que o mesmo pudesse ser medido e analisado segundo os critérios para a qualidade visual do solo descrito por Ball et al., (2007). Para isso, utilizou-se folha de cor clara, bandeja plástica (25 cm de largura x 50 cm de comprimento x 15 cm de altura), faca pequena (para auxílio na manipulação das amostras), régua de 30 cm (para medição da espessura das camadas), fita métrica colorida (para medição do comprimento das camadas), câmera digital e carta de avaliação visual da estrutura do solo (Ball et al.,2007) traduzida pela Universidade Estadual de Maringá-Brasil.

Figura 3. Materiais utilizados para a análise visual dos solos.



A) do bloco de solo extraído da trincheira; B) Bloco de solo na bandeja com a fita métrica e a marcação da amostra e área; C) Medição do comprimento das camadas de solo. Fonte: Ludmila de Freitas (2019).

2.3 Forma de análise dos resultados

As avaliações foram realizadas com o auxílio da carta de avaliação visual da estrutura do solo (Ball et al., 2007). As atribuições de escores e o cálculo do escore final foram realizados conforme a carta de classificação de Ball et al., (2007), sendo:

$$Q_e = [(NC1*EC1) /ETC] + [(NC2*EC2) /ECT].$$

Onde: Q_e: Qualidade estrutural;

NC: nota da camada;

EC: espessura da camada; numerais: 1, 2... Quantidade de camadas encontradas;

ETC: espessura total das camadas.

A classificação foi determinada por cinco escores visuais para qualidade estrutural (Q_e), sendo: Q_e = 1 (melhor qualidade estrutural) e Q_e =5 (pior qualidade estrutural). Valores elevados para Q_e indica a deterioração da qualidade estrutural do solo. É importante ressaltar que pontuações entre 1 e 3 são indicativas de condições aceitáveis de manejo e qualidade física do solo (Ball et al., 2007). Para melhor compreensão da análise visual, os Q_e, Qualidade estrutural, foram demonstrados pelas imagens coletadas nas amostras e comparadas com a carta de classificação de Ball et al., (2007). De posse dos dados, estes foram organizados e tratados com recurso do software Microsoft Excel 2016. A análise estatística foi realizada por meio do pacote estatístico do software Minitab® (Minitab, 2000) por meio da análise de variância para posterior comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3. Resultados e Discussão

A avaliação estrutural do solo estabeleceu-se na aparência, na resistência e nas propriedades das unidades estruturais do solo, denominadas de blocos, sendo determinada por cinco índices de qualidade estrutural (Q_e) para a classificação da qualidade: de Q_e =1 (melhor qualidade estrutural) a Q_e=5 (pior qualidade estrutural). A Figura 4 exemplifica o cálculo da qualidade estrutural conforme a chave de classificação de Ball et al. (2007).

Figura 4. Exemplo da aplicação da análise visual qualitativa estrutural.



Camada 1:
Espessura (EC_1)= 12 cm

Camada 2:
Espessura (EC_2)= 13 cm

Qe final

$$Q_e = [(NC_1 * EC_1) / ETC] + [(NC_2 * EC_2) / ECT]$$

$$Q_e = [(1 * 12) / 25] + [(3 * 13) / 25]$$

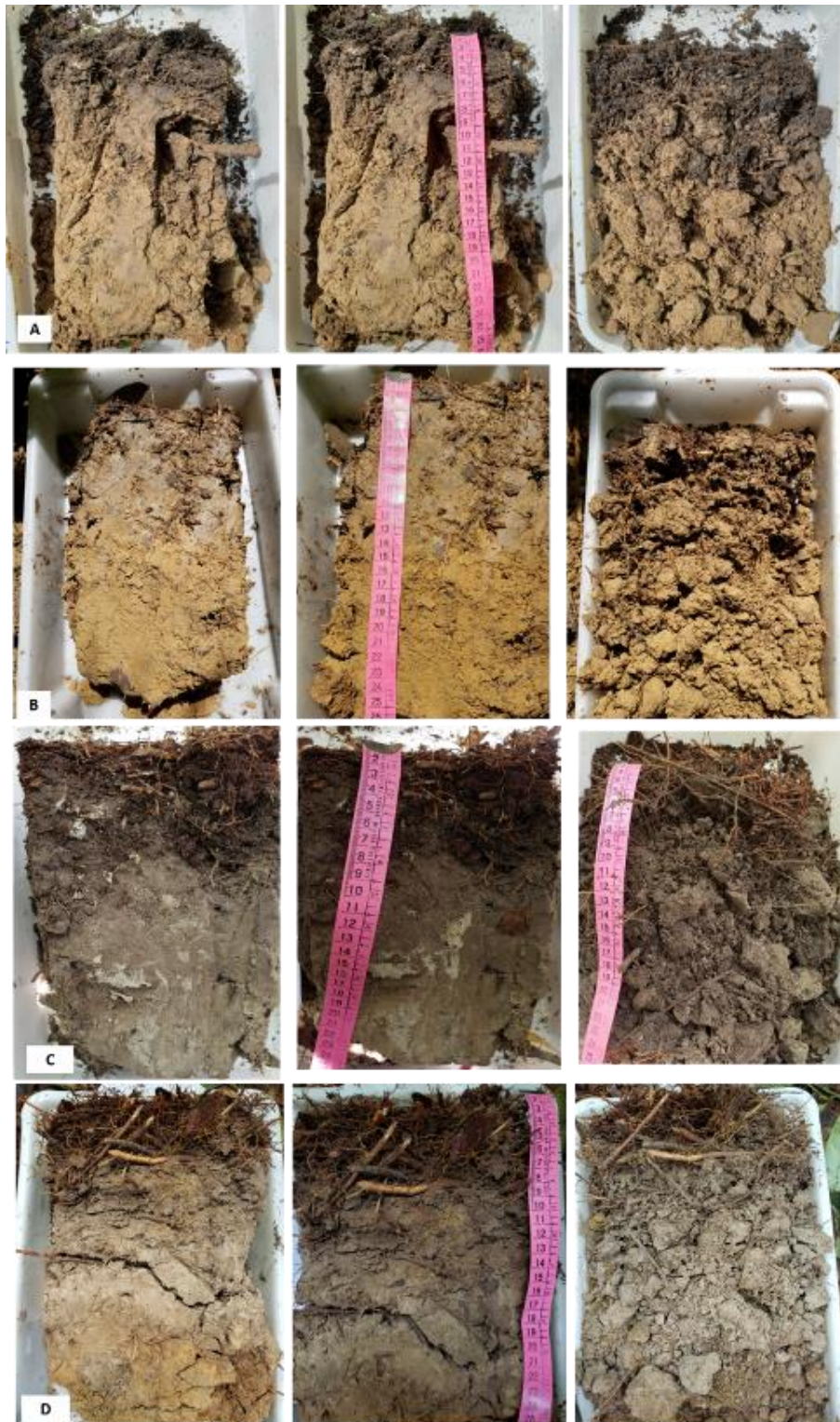
$$Q_e = 2,04$$

Fonte: Ludmila de Freitas (2019).

Nota-se na Figura 4, que é possível avaliar visualmente a estrutura morfológica do solo. Na camada 1, a estrutura encontra-se preservada aparentemente apresentado sistema radicular, enquanto na camada 2, observa-se estrutura com agregados maiores o que pode ser um indicativo de adensamento das partículas do solo, ou mesmo compactação do solo.

As fotografias com os aspectos estruturais do solo obtidos nos diferentes tratamentos são apresentadas na Figura 5. Em todos os pontos amostrados foram identificadas duas camadas de solo com diferenças estruturais, principalmente quando estavam presentes plantas com sistema radicular ativo.

Figura 5. Blocos de solo extraídos para a avaliação visual qualitativa da estrutura do solo.



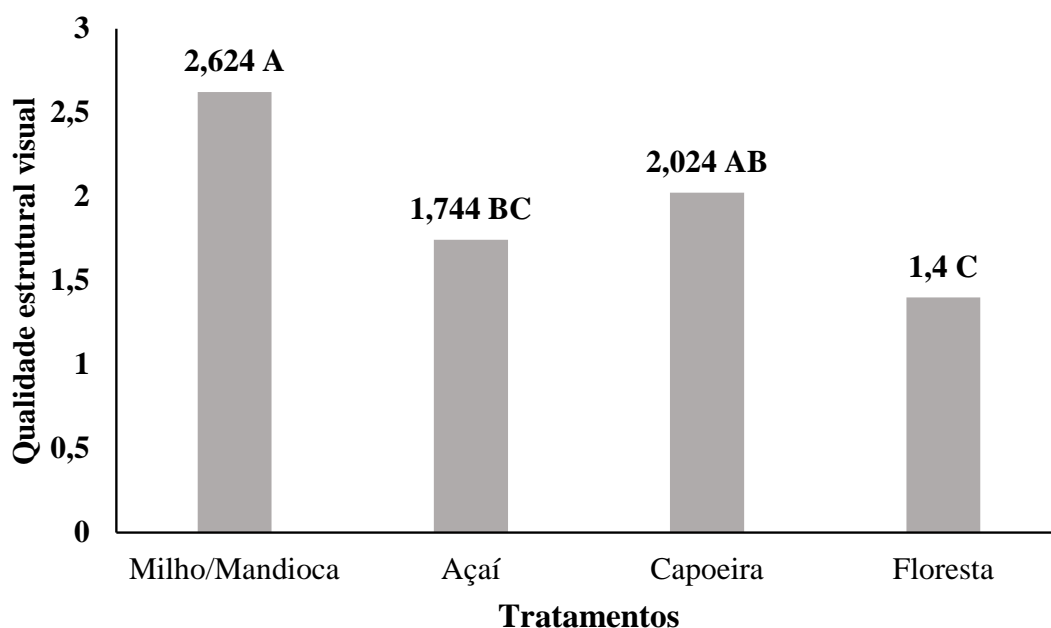
(a) área de a mandioca consorciada com milho, (b) área de açai e (c) área de capoeira e d) área de floresta nativa. Fonte: Ivanildo Amorim de Oliveira (2019).

Nota-se na Figura 5 que a área de floresta nativa (D) apresenta a estrutura mais preservada e sistema radicular proeminente que nas demais áreas, sendo indicativo de que, a

alteração na composição florística em sistemas de usos agrícolas influenciam na qualidade estrutural dos solos.

Foi possível observar diferenças significativas nas médias de Qe entre os usos e manejos estudados. Na Figura 6, nota-se que os índices de Qe da área de floresta nativa diferiu estatisticamente em relação a mandioca consorciada com milho e da área de capoeira, o que proporcionou a obtenção de melhor qualidade estrutural do solo, porém se assemelha com o cultivo de açaí.

Figura 6. Valores médios da avaliação visual qualitativa estrutural pelo método de Ball et al. (2007).



Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com Primavesi (1982), o pousio, abaixo de capoeira, recupera a bioestrutura do solo e com isto, a possibilidade de um enraizamento maior e, em parte, aumenta o complexo de troca por substâncias orgânicas humificadas, em relação direta com o reabastecimento da solução do solo com nutrientes. Os valores de Qe que não se diferiram estatisticamente entre a floresta e o açaizal (Figura 6) demonstra não revolver o solo acarreta em benefícios a sua estruturação. Ressalta-se que a área de açaí não diferiu estatisticamente com a área de capoeira e os valores de Qe na mandioca consorciada com milho não diferiu estatisticamente da capoeira.

Os valores de Qe obtidos no ambiente natural corroboram aos de Eurich Weirich Neto, Rocha, Zíngara & Eurich, (2014), onde estes encontraram valor médio de Qe de 1,68. Já Giarola et al. (2009), obtiveram em seus estudos, valor médio de 1,70, e Giarola, Silva,

Tormena, Ball & Rosa (2010) valor médio de 1,80. Notou-se nesse estudo a baixa variabilidade e estruturação uniforme nos pontos de amostragem no ambiente natural sob , fato também observado por Eurich et al. (2014), Giarola et al. (2009) e Giarola et al., (2010). Ressalta-se que Qe entre 1 e 2 são classificados como boa estruturação, conforme observado o Qe da floresta e na área com açaí nesta faixa de classificação, porém, os sistemas com Qe entre 1 e 3 indicam condições aceitáveis de manejo e qualidade física do solo, o que se refletiu em todos os tratamentos avaliados, conforme apresentado na proposta de Ball et al.(2007). Na floresta nativa, foi possível observar aparente deposição de serrapilheira sob a superfície do solo, possivelmente, funcionando como substrato para a matéria orgânica, que, contribui para a estruturação superficial do solo, pois segundo Hickmann & Costa (2012), o carbono é um elemento considerado o principal agente que contribui na qualidade estrutural do solo.

A área com açaí possuiu um Qe baixo devido o seu sistema radicular exuberante que permite melhor estrutura do solo. Em seu estudo, Martins e Augusto (2012) avaliando o sistema radicular de açaizeiro, que quando comparada a outras culturas, como a da pupunheira e do cacauzeiro, o açaizeiro pode produzir o dobro de raízes da pupunheira e 10 vezes mais que o cacauzeiro contribuindo para uma menor lixiviação da matéria orgânica depositada no solo. A qualidade das raízes do açaizeiro também influencia em sua decomposição, pois é um material composto por componentes complexos, que diminuem sua velocidade de decomposição pelos microrganismos (Gallota & Boaventura, 2005). Além disso, segundo Martins e Augusto (2012), o sistema radicular do açaí concorre para a diminuição da densidade do solo que, em associação aos maiores teores de areia grossa e menores teores de argila, favorece a ocorrência de poros grandes e, conseqüentemente, de mais elevada condutividade hidráulica do solo quando saturado e possui dessa forma, condições de influir positivamente na estrutura do solo, melhorando a estrutura do solo. Segundo Mendez (2000), a cultura do açaí contribui com a formação de poros grandes e facilita a aeração, especialmente no período chuvoso, em que há excesso de água.

A área com capoeira em pousio mostrou-se eficiente e contribuiu para uma boa estruturação do solo, em razão da cobertura vegetal e sistema radicular se mostrarem eficientes. Noda, Noda, Martins, Martins & Silva (2013), conceituaram capoeira ou área de pousio como terras que permanecem em repouso durante um determinado período e voltam a ser utilizadas para o cultivo de espécies anuais. A prática do pousio é utilizada pelos pequenos agricultores, sendo um manejo conservacionista, que se baseia no corte e na queima da vegetação após um longo ou curto período de plantio quando este já reduziu a sua

produtividade. A reestruturação do sistema ocorre devido à matéria orgânica que vai sendo depositada no solo no período de descanso. Para Coutinho, Aboim & Benites (2004), o pousio consiste em deixar o solo intocável durante um período de tempo que varia entre 4 a 16 anos, permitindo a regeneração da vegetação a partir das sementes existentes no solo ou trazidos pelo vento e por animais. Ainda afirma que para este sistema possuir uma resposta positiva é necessário a manutenção de áreas florestadas nas propriedades, afim de que o tempo do pousio seja menor em vista do crescimento da vegetação secundária, permitindo a ciclagem de nutrientes, promovendo a recuperação do solo (Andrade et. al., 2003)

Já para a mandioca consorciada com milho notou-se que esta possui o maior Q_e , porém abaixo de 3, que conforme Ball et al. (2007), Q_e entre 1 e 3 indicam condições aceitáveis de manejo e qualidade física dos solos. O cultivo de mandioca é realizado quase exclusivamente por pequenos agricultores de baixa renda, sendo uma das poucas culturas básicas que pode ser produzida eficientemente em pequena escala, altamente tolerante a solos ácidos, e possui capacidade de produzir rendimentos razoáveis em solos pobres (Fao, 2013). Em solos com tais características, o cultivo e o revolvimento excessivo os predispõem elevadas taxas de compactação e perda de matéria orgânica, resultando na degradação física, química e biológica dos mesmos (Cardoso, Potter & Dedecek, 1992) e, conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento do sistema radicular e desenvolvimento das plantas.

Em seu estudo, Niero, Dechen, Coelho & Maria (2010), geraram resultados sobre a avaliação da qualidade do solo relacionando o uso intensivo do solo com a diminuição de sua qualidade e que os sistemas com pouca mobilização apresentaram boa qualidade física, devido seu estado de atributos físicos do solo, como agregação, densidade e porosidade. Os mesmos autores, reforçam que as avaliações foram reproduzida de forma eficiente pelo índice visual de qualidade e com correspondência com os dados analíticos gerados pelo trabalho. Porém, os autores ressaltam que é necessário outros estudos no sentido de serem avaliados com diferentes solos, tipos de uso e manejo que permitam regularizar cientificamente os diferentes métodos de qualidade estrutural do solo por meio de análises visuais.

Contudo, é importante ressaltar que os índices visuais para determinar a qualidade dos solos possuem alto potencial para a realização de monitoramento de solo, porém é necessário aprimorar essas técnicas, destacando a necessidade de maiores estudos na área.

4. Conclusões

As práticas inadequadas de manejo do solo e da água na área de cultivo agrícola reduziram a qualidade do solo e atenuaram as perdas da estrutura do solo.

A área sob vegetação nativa exprime maior qualidade do solo pelo indicador visual avaliado, quando comparada aos demais ambientes, seguida pela área cultivada com açaizal, capoeira e mandioca consorciada com milho.

O uso de indicadores visuais demonstra alto potencial na determinação da qualidade do solo em comunidades rurais com baixo acesso à assistência técnica, sendo importante ferramenta para a agricultura familiar na região Marajoara.

O uso da metodologia para avaliação visual da estrutura do solo indicou a viabilidade desta na avaliação e no monitoramento da estrutura do solo e na distinção de sistemas de manejo com diferentes qualidades estruturais.

Os resultados obtidos nesse estudo sugerem que outros trabalhos devem ser realizados sobre a qualidade do solo em especial da região do Marajó, uma vez que, não foram encontrados trabalhos que utilizavam índices visuais para determinar a qualidade dos solos. Assim, esses índices podem se tornar de fácil utilidade uma vez que sejam aplicáveis e de baixo custo podendo detectar mudanças na qualidade estrutural do solo, demonstrando o seu potencial para realização de avaliações de monitoramento do solo, reduzindo as chances de desenvolver limitações físicas que influenciem negativamente o crescimento das plantas

Referências

Amado, T. J. C., Conceição, P. C. Bayer, C., & Eltz, F. L. F. (2007). Qualidade do solo avaliada pelo Soil quality kit test em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*,(31)109-121.<https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000100012>.

Andrade, A. G., Mendes, C. A., Mahler, C. F., Lumbrreras, J. F., Santo, F. A., Portocarrero, H., & Carvalho, G. F. *Aspectos da perda de solos: a agricultura migratória e a convencional*. In Campello, E.F.C. Seminário sobre agricultura migratória na região serrana do Rio de Janeiro. Seropédica: EMBRAPA - Agrobiologia, 2004, 36-48.

Araújo, E. A., Ker, J. C., Neves, J. C. L., & Lani, J. L. (2012). Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, 5 (1),187-206. doi: 10.5777/PAeT.V5.N1.12

Araújo, R., Goedert, W. J., & Lacerda, M. P. C. (2007). Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31 (5), 1099-1108. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500025>

Arruda, L. E., Batista, R. O., Vale, H. S. M., Costa, L. R., & Silva, K. B. V. (2012). Uso de metodologia participativa na obtenção de indicadores da qualidade do solo em Mossoró-RN. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 7 (5), 25-35. Recuperado de <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1373>.

Ball, B. C., Batey, T., & Munkholm, L. J. (2007). Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerlkamp test. *Soil Use and Management* (23), 329-337.

Brasil. (1974). Ministério das Minas e Energia. *Projeto Radambrasil, folha SB. 22, Belém*. Rio de Janeiro, 561 p

Barros, J. D. S. (2013). Contribuições da matéria orgânica do solo para mitigar as emissões agrícolas de gases de efeito estufa. *Questões contemporâneas*. 12, (2). 341-351. <https://doi.org/10.12957/polemica.2013.6436>

Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (2005). *Conservação do solo*. São Paulo, 5ª ed. Ícone, 355p.

Cardoso, A., Potter, R., & Dedeczek, R. A. (1992). Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no noroeste do estado do Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 27 (2), 349-353. Recuperado de <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3656/947>.

Chaer, G. M., & Tótola, M. R. (2007). Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 3 (6),1381-1396. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600016>

Coutinho, H. L. C., Aboim, M. C. R., & Benites, V. M. (2004). Dinâmica da diversidade microbiana e da qualidade do solo em um sistema de agricultura migratória na Região Serrana Fluminense. 49-61 p. In: Campello, E.F.C. *Seminário sobre agricultura migratória na região serrana do Rio de Janeiro*. Seropédica: EMBRAPA - Agrobiologia, 86.

Eurich, J. S., Weirich Neto, P. H., Rocha, C. R., & Zíngara R. S., Eurich, Z. R. S (2014). Avaliação visual da qualidade da estrutura do solo em sistemas de uso das terras. *Revista Ceres*. 61 (6), 1006–1011. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034737X2014000600017&script=sci_abstract&tlng=pt.

FAO (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations. *World Reference Base for Soil Resources (WRB): update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. Rome: FAO. 106, 203p. Recuperado de <http://www.fao.org/3/g-ax374o.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2020.

FAO (2013). Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Produzir mais com menos: Mandioca Um Guia Para a Intensificação Sustentável da Produção*. São Paulo: FAO, 23p. Recuperado de <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/pt/index.html>.

Fidalski, J., & Tormena, C. A. (2007). Homogeneidade da qualidade física do solo nas entrelinhas de um pomar de laranjeira com sistemas de manejo da vegetação permanente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31 (6), 637-645. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000400004>.

Freitas, L., Casagrande, J. C., Oliveira, I. A., & Aquino, R. E (2012). Análises multivariadas de atributos físicos em Latossolo Vermelho submetidos a diferentes ambientes. *Enciclopédia Biosfera*, 8 (15), 126-139. Recuperado de <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/analises%20multivariadas.pdf>.

Gallota, A. L. Q. A., & Boaventura, M. A. D. (2015). Constituintes Químicos da Raíz e do talo da folha de açai (*Euterpe precatoria* Mart., Arecaceae). *Química Nova*, 28, (4), 610–613. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000400011>

Giarola, N. F. B., Tormena, C. A., Silva, A. P., & Ball, B. (2009). Método de avaliação visual da qualidade da estrutura aplicado a Latossolo Vermelho Distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Ciência Rural*, 39 (8), 2531-2534. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000800041>.

Giarola, N. F. B., Silva, A.P., Tormena. C. A., Ball, B., & Rosa, J.A. (2010). Visual soil structure quality assessment on Oxisols under no-tillage system. *Scientia Agrícola*, 67 (4),479-482. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000400016>

Giarola, N. F. B., Silva, A. P., Tormena, C. A., Muylaert, R., Guimarães, L., & Ball .B .(2013). On the Visual Evaluation of Soil Structure: The Brazilian experience in Oxisols under no tillage. *Soil & Tillage Research*, 127, 60-64. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.03.004>

Hickmann, C., & Costa, L. M. (2012). Estoque de carbono no solo e agregados em Argissolo sob diferentes manejos de longa duração. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*,16, (10), 1055-1061. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012001000004>

Ibge(2008). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapas temáticos*. Recuperado de 2019 de <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/>.

Karlen, D. L., Andrews, S. S., & Doran, J. W. (2001) Soil quality: current concepts and applications. *Advances in Agronomy*, 74, 1-40, 2001.

Karlen, D. L., Ditzler, C. A., & Andrews, S. S. (2003). Soil quality: why and how? *Geoderma*, 114, 145-156.

Karlen, D. L., & Scott, D. E. A (1994). Framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. *Soil Science Society of America Journal*. Spec. Pub., 35, 53-72.

Karlen, D. L, Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., & Schuman, G. E. (1997). Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society America Journal*, 61(1), 4-10

Martins, P. F. S., & Augusto, S. G. (2012). Propriedades físicas do solo e sistema radicular do cacauzeiro, da pupunheira e do açaizeiro na Amazônia oriental. *Revista Ceres*, 59 (5),723-730. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000500020>

Mendez, J. G. R. (2000). *Variabilidade das propriedades morfológicas e físico-hídricas de um solo da Estação de Recursos Genéticos do cacau "José Haroldo", em Marituba-Pará.* (Dissertação de Mestrado) Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém.

Minitab Release 14.1 (2000). *Statistical Software*. US/Canadá.

Niero, L. A. C. Dechen, S. C. F., Coelho, R. M., & Maria, I. (2010). Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um latossolo vermelho distroférrico com usos e manejos) distintos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34, (4), 1271-1282. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400025>.

Noda, H., Noda, S. N., Martins, L. H. P., Martins, A. L. U. & Silva, A. I. C. (2013). Etnoecologia de paisagens agrícolas nas várzeas na região do Alto Solimões. In. Noda, H., Noda, S.N., Laques, A., Léna, P. (Orgs.). *Dinâmicas socioambientais na agricultura familiar na Amazônia*. Manaus/AM: WEGA, p.105-122.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica. [e-book]*. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1

Primavesi, A. (1982). *O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais*. 4. ed. São Paulo: Livraria Nobel.

Ralisch, R., Debiasi, H., Franchini, J. C., Tomazi, M, Hernani, L. C., Melo, A. S., Anderson Santi, A., Martins, A. L. S., & Bona, F. D. (2017). *Diagnóstico Rápido da Estrutura do Solo – DRES*. Londrina: Embrapa soja. 64p. Recuperado de <https://www.embrapa.br/dres>.

Ribeiro, K. A., Oliveira, T. S. de, Mendonça, E. de S., Xavier, F. A. da S., Maia, Stoécio, M. F., & Sousa, H. H. de F. (2007). Qualidade do solo na cultura do cajueiro anão precoce cultivado sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31, (2), 341-351. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000200016>

Silva, G. G., Lima, M. I. C., Andrade, A. R. F., Issler, R. S., Guimarães, G., Leal, J. W. L., Araújo, J. F. V., Basei, M. A. S., Dall'agnol, R., Tedceira, J. B. G., & Montalvão, R. M. G. (1974). Geologia. In Projeto RADAM. *Folha SB.22 Araguaia e parte da Folha SC.22. Tocantins*. Rio de Janeiro, MME/DNPM. 3-143. (Levantamento de Recursos Naturais 4).

Singh. S. (1972). *The tectonic evolution of that portion of the Guiana Shield represented in Guyana an evaluation of the present status of investigations and correlation across the Guyana Shield*. Georgetown, Minnesota Geological Survey. Department, 10p.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Ludmila de Freitas - 30%

Ivanildo Amorim de Oliveira - 30%

Soleane Cardoso de Souza - 20%

Iolanda Maria Soares Reis – 10%

Milton Cesar Costa Campos - 10%