

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro



ANÁLISE INTEGRADA DE TOPOSSEQUÊNCIA APLICADA PARA O
CONHECIMENTO DO SOLO E ADEQUAÇÃO AO USO
(PDS SANTA HELENA, SÃO CARLOS-SP).

FERNANDA ESTEVES CARDOZO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

FERNANDA ESTEVES CARDOZO

ANÁLISE INTEGRADA DE TOPOSSEQUÊNCIA APLICADA PARA O
CONHECIMENTO DO SOLO E ADEQUAÇÃO AO USO
(PDS SANTA HELENA, SÃO CARLOS-SP).

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Vania Silvia Rosolen

Rio Claro – SP
2018

C268a Cardozo, Fernanda Esteves
Análise Integrada de topossequência aplicada para o conhecimento do solo e adequação ao uso (PDS Santa Helena, São Carlos-SP). / Fernanda Esteves Cardozo. -- Rio Claro, 2018
150 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientadora: Vania Rosolen

1. assentamentos rurais. 2. avaliação rural participativa. 3. processos pedológicos. 4. agricultura. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

FERNANDA ESTEVES CARDOZO

ANÁLISE INTEGRADA DE TOPOSSEQUÊNCIA APLICADA PARA O
CONHECIMENTO DO SOLO E ADEQUAÇÃO AO USO
(PDS SANTA HELENA, SÃO CARLOS-SP).

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof^a Dr^a Vania Silvia Rosolen IGCE/ UNESP- Rio Claro

Prof^a Dr^a Maria Bernardete Sarti da Silva Carvalho IB/Depto Educação UNESP

Prof. Dr. Oldair Vinhas da Costa CCAAB/UFRB Cruz das Almas/BA

Resultado: Aprovada

Rio Claro/ SP, 11 de setembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à vida, à Deus, ao Universo e ao constante aprendizado, à evolução do saber e por perceber que, quanto mais se sabe, mais evidente é a não sapiência das coisas. Afinal, a simplicidade mora na complexidade dos fatos conhecidos.

Agradeço ao apoio incondicional daqueles à quem amo e que me amam, em especial minha família e meus ancestrais, por possibilitarem minha presença na jornada do conhecimento. Aos meus pais, Sonia e Antonio e meus irmãos, Lucas, Camila e Johnny.

Aos amigos do coração, que tanto ouviram e me sustentaram nas oscilações do caminho da pesquisa. Sou grata principalmente à Livia e Ju, aos amigos da Rep. Luanda: Pezinha, Rê e Bruno, aos dos Grupos Oro Ari, Semente Viva, Gira-Sol e Eng Ambiental, por todo o aprendizado humano e pela possibilidade de conhecer pessoas admiráveis e queridas por toda a vida.

Agradeço de coração o apoio da professora Vania na concretização deste trabalho, por toda a orientação, aprendizado e força. Obrigada por ser meu exemplo de mulher na academia, com toda a força, compromisso, seriedade e sensibilidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Sou imensamente grata às agricultoras do Assentamento PDS Santa Helena, em especial Dona Teresinha e Dona Lindamira, e suas famílias, que contribuíram e nos ensinaram tanto nesse caminho, com receptividade, abertura e força, dignas de mulheres batalhadoras do campo.

Agradeço aos colegas Alana, Larissa, Giovanna, Victoria e Vinícius por auxiliarem na obtenção dos dados e no tratamento, que permitiram a compreensão dos processos estudados.

Agradecemos pela oportunidade de realização de pesquisas que fortalecem o vínculo entre Universidade e comunidade, proporcionando o retorno devido e aplicação dos conhecimentos aprendidos.

Por último, um agradecimento especial à oportunidade de ter contato com os conceitos da Agroecologia e com os saberes tradicionais da Agricultura Familiar. Acredito que somente a união dos conhecimentos e o fortalecimento da participação da sociedade civil são capazes de deter os “males” que afetam à nós e ao meio em que vivemos.

“Gosto de ser gente porque, inacabado, sei que sou um ser condicionado mas, consciente do inacabamento, sei que posso ir mais além dele.”

(Paulo Freire)

RESUMO

O uso e conservação dos solos está relacionado intimamente ao conhecimento das propriedades e características das coberturas pedológicas. A perda de solo fértil é uma das principais causas de insegurança alimentar, pobreza e instabilidade social e política nos países em desenvolvimento. O objetivo desta pesquisa foi a avaliação integrada entre as características e funcionamento da cobertura pedológica e a Avaliação Rural Participativa (PRA), no assentamento PDS Santa Helena (São Carlos, SP), visando a identificação de problemas e um possível direcionamento na gestão da terra na escala de topossequência. O estudo de campo seguiu a proposta de Análise Estrutural da Cobertura Pedológica com a definição das propriedades macromorfológicas *in situ*. Análises micromorfológicas foram realizadas para melhor detalhamento dos processos pedológicos. Análises físicas (teor de umidade e granulometria) e químicas (complexo sortivo) foram feitas adicionalmente para avaliação de fertilidade. Por meio de entrevistas semiestruturadas, caminhadas transversais e reuniões, realizou-se a Avaliação Rural Participativa (PRA), que constituiu a parte etnopedológica da avaliação integrada da topossequência. O resultado foi a elaboração de uma legenda integrativa entre os sistemas de estudo local e científico. O uso da abordagem participativa neste trabalho revelou a capacidade analítica, conhecimento prévio e sensibilização aos manejos ecológicos por parte dos agricultores. O estabelecimento de uma comunicação eficiente entre esses sistemas é fundamental para a gestão adequada da terra e direcionada à utilização racional e sustentável dos recursos naturais.

Palavras-chaves: assentamentos rurais, avaliação rural participativa, processos pedológicos, agricultura, segurança alimentar.

ABSTRACT

The use and conservation of soils is closely related to the knowledge of the properties and characteristics of the soil coverages. Loss of fertile soil is a major cause of food insecurity, poverty and social and political instability in developing countries. The objective of this research was the integrated evaluation between the characteristics and functioning of the pedological cover and the Participatory Rural Appraisal (PRA), in the PDS settlement of Santa Helena (São Carlos, SP), aiming to identify problems and a possible direction in land management on the toposequence scale. The field study followed the proposal of Structural Analysis of Pedological Coverage with the definition of macromorphological properties *in situ*. Micromorphological analyzes were performed to better detail the pedological processes. Physical analyzes (moisture content and granulometry) and chemical (sortative complex) were additionally done for fertility evaluation. Through semi-structured interviews, transect walks and meetings; the Participatory Rural Appraisal (PRA) was carried out, which constituted the ethnopedological part of the integrated toposequence analysis. The result was the elaboration of an integrative legend between the systems of local and scientific study. The use of the participatory approach in this work revealed the analytical capacity, prior knowledge and awareness of the farmers' ecological management. The establishment of efficient communication between these systems is fundamental to the proper management of land and to rational and sustainable use of the natural resources.

Keywords: rural settlements, participatory rural appraisal, pedological processes, agriculture, food security.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aspectos que influenciam na qualidade do solo, dentro dos domínios do meio físico, biótico e socioeconômico.....	5
Figura 2: Fluxo de aumento dos processos de degradação em função do aumento da produtividade.....	9
Figura 3: Mapa mundial de processos de degradação dos solos induzidos por ação antrópica.....	11
Figura 4: Crescimento econômico e prevalência da desnutrição.....	17
Figura 5: Cenários para a sustentabilidade na produção de alimentos. (a) atual e (b) ideal.....	18
Figura 6: Mapa de Uso e Ocupação do Solo no Assentamento PDS Santa Helena.....	24
Figura 7: Mapa de Localização da área do Assentamento PDS Santa Helena e topossequência do estudo via satélite. Fonte: Google Earth.....	27
Figura 8: Mapa de Águas subterrâneas na região do PDS Santa Helena.....	28
Figura 9- Fluxograma ilustrativo do método de Avaliação Integrada da Topossequência (ITA) e a divisão entre Avaliação Rural Participativa (PRA) e a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica.....	31
Figura 10- Representação esquemática da comparação entre os sistemas de conhecimento local e científico.....	32
Figura 11: Perfil topográfico da topossequência escolhida para a realização da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica em lotes do PDS Santa Helena.....	36
Figura 12: Abertura de T1 para coleta de amostras e explicação com os agricultores.....	38
Figura 13: Cálculo da declividade da topossequência com utilização de clinômetro.....	38
Figura 14 – Localização das trincheiras para abertura de perfis, descrição e coleta de amostras da topossequência selecionada no PDS Santa Helena.	49
Figura 15- Segmento médio da encosta que está sob gramínea com densidade insuficiente para recobrir completamente o solo. Ponto entre T2 e T3.....	50
Figura 16: Abertura de Trincheira no ponto de referência (T1)	51
Figura 17: A- Abertura da Trincheira T2.....	51
B- Foco no volume assimétrico de areia lavada observado no perfil.....	51
Figura 18: A- Abertura da trincheira T3.	52
B- Observação de vida no solo na camada de subsuperfície em T5.....	52

Figura 19: Solo descoberto e ocorrência de núcleos com erosão hídrica próximos às trincheiras 2 e 3 da vertente do estudo.....	54
Figura 20: Análise de Componentes Principais (PCA).....	68
Figura 21: Dendrograma de Similaridade entre as trincheiras da topossequência no PDS Santa Helena.....	70
Figura 22: Gráfico MO x Profundidade do solo nas trincheiras da topossequência. Inversão visível em T5.....	71
Figura 23: Regressões Lineares: (A) H+Al x CTC; (B) pH x H+Al; (C) Mg x CTC; (D) Al x pH; (E) m x SB; (F) MO x CTC; (G) P x TC.....	72
Figura 24: Cavidades Biológicas em T1 (0-30cm) esq. e (30-60cm) dir.....	77
Figura 25: Processos de desferruginização em T2 esq. e em T4 dir.....	77
Figura 26: Gradiente textural em T5 (0-30cm) esq. e (30-60cm) dir.....	77
Figura 27: Análise de componentes principais entre diversos perfis de solos arenos-quartzosos.....	80
Figura 28: Dendrograma de Similaridade da Análise comparativa entre as pesquisas observadas (A/B/C/D) e as trincheiras da vertente de estudo no PDS Santa Helena.....	80
Figura 29: Gráfico pH em CaCl ₂ x MO com dados do estudo e do Trabalho C.....	81
Figura 30: Momento das entrevistas, durante elaboração das cestas orgânicas para distribuição.....	86
Figura 31: Esquema ilustrativo da Avaliação Integrada da Topossequência com legenda integrativa de saberes locais e científicos.....	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Proporção da População Rural ampliada na População Total (%) entre 1970 e 2000 (DELGADO, 2014/IBGE).....	14
Quadro 2- Coordenadas, elevação e uso do solo dos pontos de coleta da topossequência escolhida para Análise Estrutural da Cobertura Pedológica no PDS Santa Helena.....	37
Quadro 3: Classificação cátions Ca e Mg (SOBRAL et al.,2015).....	64
Quadro 4: Classes de saturação por bases (v%) (RAIJ, 2011).....	65
Quadro 5: Descrição micromorfológica dos perfis – Trincheiras 1/2/3.....	74
Quadro 6: Descrição micromorfológica dos perfis- Trincheiras 4/5.....	75
Quadro 7: Levantamento de pesquisas em perfis de solos areno-quartzosos.....	78
Quadro 8: Localização, uso do solo e data de coleta das amostras dos perfis do banco de dados.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Determinações da Análise Granulométrica da topossequência do estudo. Obtidos no Laboratório de Solos da ESALQ/USP-Piracicaba/SP.....	56
Tabela 2: Dados de teor de umidade da topossequência do solos estudados no PDS Santa Helena obtidos no Laboratório de Geotecnia da UNESP/RC.....	58
Tabela 3: Complexo sortivo das amostras de solo relativas à topossequência do estudo, coletadas no Assentamento Santa Helena, São Carlos.....	60
Tabela 4: Capacidade de Troca Catiônica efetiva das amostras.....	64
Tabela 5: Tabela de correlação estatística da Análise multivariada dos atributos, gerado pelo software JMP.....	69

LISTA DE SIGLAS

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO- Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA- Instituto Nacional pela Colonização e Reforma Agrária

ITA- Análise integrada da Topossequência

MST- Movimento dos Trabalhadores Rurais sem Terra

PDS- Projeto de Desenvolvimento Sustentável

PRA- Avaliação Rural Participativa

SAG- Sistema Aquífero Guarani

UDR- União Democrática dos Ruralistas

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS	4
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
	3.1 O solo, suas funções e processos de degradação.....	5
	3.2 Sistema Fundiário Brasileiro e Segurança Alimentar.....	13
	3.3 Etnopedologia.....	21
4.	MATERIAL E MÉTODOS	23
	4.1 Caracterização da área.....	23
	4.1.1. Assentamento PDS Santa Helena.....	23
	4.1.2. Caracterização meios físico e biológico.....	26
	4.2 Avaliação Integrada da Topossequência (ITA).....	30
	4.2.1. Avaliação Rural Participativa (PRA).....	31
	4.3 Conhecendo o PDS Santa Helena.....	33
	4.3.1. Visita para conversa.....	33
	4.3.2. Visita para coleta e estudo da cobertura pedológica.....	33
	4.4 Atividade de Campo.....	35
	4.4.1. Perfil Topográfico.....	35
	4.4.2. Abertura de trincheiras, descrição e coleta de amostras.....	35
	4.4 Atividades de Laboratório.....	38
	4.5.1. Teor de umidade.....	38
	4.5.2. Granulometria.....	39

4.5.3. Avaliação de fertilidade (Complexo Sortivo).....	40
4.5.4 Impregnação de amostras para a confecção de lâminas e descrição micromorfológica.....	42
4.5 Tratamento estatístico dos dados físicos e químicos.....	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1 Histórico do Uso e Ocupação das Terras e susceptibilidade à degradação... 45	
5.2 A cobertura pedológica: as propriedades do solo e os desafios do uso e conservação.....	47
5.3 Parâmetros Físicos e Químicos do Solo.....	54
5.3.1. Atributos físicos.....	55
5.3.2. Atributos químicos.....	57
5.4 Tratamento estatístico dos dados.....	65
5.5 Características micromorfológicas.....	70
5.6 Análise comparativa com perfis de solos Areno-Quartzosos.....	75
5.7 Análise Estrutural da Cobertura Pedológica.....	79
5.8 Avaliação Rural Participativa (PRA) e Avaliação Integrada de Toposequência.....	82
6. CONCLUSÕES.....	91
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXO A: Dados gerais dos perfis do solo.....	109
ANEXO B: Roteiro para a entrevista semi-estruturada.....	110
ANEXO C: Cartilha de Solos: Características, problemas e boas práticas.....	111

1. INTRODUÇÃO

Conhecer as propriedades e características dos solos é crucial para o melhor uso e conservação. Por ser considerado um recurso finito e de extrema importância para sustentação da humanidade, pesquisas sobre os solos e a recuperação de áreas degradadas devem ser, de forma que, as causas e consequências da degradação sejam compreendidas e soluções econômicas, sociais e ambientalmente viáveis sejam encontradas (LAL, 1990). A perda de solo fértil é uma das principais causas de insegurança alimentar, pobreza e instabilidade social e política nos países em desenvolvimento.

O solo é multifuncional, caracterizando-se como um meio estruturado e funcional, aplicado para objetivos agrícolas, urbanos, hidrológicos, ambientais, entre outros (RUELLAN & DOSSO, 1993).

A compreensão das coberturas pedológicas como meio estruturado e funcional que possui uma história de gênese e evolução é particularmente relevante para aqueles que utilizam diretamente o solo, como os agricultores. Embora esta atividade seja extremamente complexa em relação aos usos tecnológicos aplicados nas diferentes etapas envolvidas (preparo do solo, plantio, adubação, irrigação, controle de pragas e colheita), as realidades sociais, de acesso à tecnologia, informação e capital fazem imensa diferença nas práticas de uso e manejo sustentáveis (BROSSARD E LÓPES-HERNÁNDEZ, 2005).

No Brasil, por exemplo, a criação de áreas de assentamentos rurais PDS (Projeto de Desenvolvimento Sustentável) pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) exige que os agricultores utilizem como manejo agrícola práticas sustentáveis, que garantam a ocupação do solo em conciliação com a conservação do recurso, bem como de todo o ecossistema envolvido.

A demanda por conhecimento dos processos pedológicos partiu dos próprios agricultores do Assentamento PDS Santa Helena, que já observavam a fragilidade natural dos solos da região e buscavam aporte técnico para a realização do manejo apropriado. A questão ambiental de grande relevância, que faz com que o assentamento pertença à modalidade PDS, é sua localização sobre área de recarga do aquífero Guarani. Fato que reforça o cuidado com os recursos naturais e a não utilização de insumos sintéticos ou demais produtos de forma inadequada, podendo provocar a contaminação dos solos e águas superficiais e subterrâneas.

Considerando as limitações técnicas e financeiras destes agricultores, associadas a necessidade de manejo adequada às questões socioambientais presentes, o aprofundamento do conhecimento da morfologia e funcionamento dos solos pode ser visto como a base para a melhoria da produtividade e conservação do recurso.

Dentre as várias propostas viáveis para se atingir este objetivo, a integração entre as metodologias de Análise Estrutural da Cobertura Pedológica (BOULET et al., 1982) associada com a Avaliação Rural Participativa (PRA) (CHAMBERS, 1994) são particularmente interessantes por demandar poucos recursos e se caracterizarem como propostas de educação em solos, integrando a precisão do conhecimento científico com a relevância do conhecimento local. Hoje, há um consenso sobre a necessidade de integração destes conhecimentos para romper com a inércia das ações de desenvolvimento rural (BARRIOS & TREJO, 2003).

O objetivo desta pesquisa foi, portanto, a avaliação integrada entre as características e funcionamento de uma cobertura pedológica e a Avaliação Rural Participativa (PRA), no assentamento PDS Santa Helena (São Carlos, SP), visando a identificação de problemas e um possível direcionamento na gestão da terra, na escala de topossequência.

No campo, o estudo da cobertura pedológica na vertente foi feita de acordo com a metodologia de Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, proposta por Boulet (1982). Foram descritas as propriedades macromorfológicas (cor, textura, estrutura, vazios, abundância de raízes e feições pedológicas), seguindo a proposta de Ruellan e Dosso (1993). Análises micromorfológicas foram realizadas de acordo com Castro (1989) e Stoops et al. (2010) e permitiram detalhar as informações sobre a dinâmica da cobertura pedológica, por meio do estudo das relações entre os materiais grosseiros (esqueleto) e finos (plasma mineral e matéria orgânica). Adicionalmente, foram feitas análises físicas (granulometria e teor de umidade) e químicas (pH em H₂O e CaCl₂, concentração de MO, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, H⁺, Al, Alumínio e Saturação de bases; CTC, V ou índice de saturação por bases em % e m ou índice de saturação por alumínio trocável em %) para avaliar sua fertilidade.

Estas etapas permitiram conhecer os processos formadores e a dinâmica atual da cobertura pedológica, que foram considerados os dados fundamentais norteadores para o uso.

Após a obtenção dos dados e interpretação, iniciou-se a etapa de Avaliação Integrada da Topossequência (ITA) (GOBIN et al., 1998). Esta atividade permitiu avaliar o conhecimento dos agricultores em relação ao solo, principalmente suas características e fragilidades para o

uso, visando a comparação com o conhecimento científico e a valorização do saber local. Para isso, a metodologia de Avaliação Rural Participativa (PRA), proposta por Chambers (1994), foi utilizada.

Finalmente, foi feito um último trabalho de integração entre os dados obtidos na Análise Estrutural (conhecimento científico) com aqueles obtidos pelos agricultores (conhecimento local). O produto foi a geração de uma legenda integradora entre os dois sistemas de estudo dos solos.

Os resultados obtidos mostraram que, partindo de uma abordagem integrativa e participativa, foi possível compreender melhor o ambiente e o modo como estão relacionados os elementos ecossistêmicos, sociais, históricos e econômicos que o compõe. Os resultados deste trabalho mostraram-se eficientes quando o objetivo é estabelecer um diálogo consistente e viável entre profissionais técnicos (agrimensores, agrônomos e outros), agricultores e extensionistas, por meio da comparação de abordagens, da percepção de contrastes e na criação de novas formas de descrever, classificar e mapear solos (BARRERA-BASSOLS et al., 2003).

A importância de uma comunicação eficiente entre o conhecimento científico e os saberes tradicionais repousa na intenção de alinhar ideias e práticas direcionadas à conservação dos solos, garantia de Segurança e Soberania Alimentar e utilização racional e sustentável de recursos naturais.

2. OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar as características e o funcionamento do solo, por meio de uma análise integrada na escala da topossequência, visando o uso racional e consciente do recurso nos lotes analisados do Assentamento PDS Santa Helena.

Os objetivos específicos foram:

- 1- Avaliar a dinâmica da cobertura pedológica, identificando os segmentos da vertente com maior susceptibilidade à degradação;
- 2- Avaliar o conhecimento dos agricultores em relação ao solo;
- 3- Elaborar uma legenda com a integração dos dados locais e científicos como uma ferramenta de gestão da terra em direção à utilização consciente dos recursos naturais do PDS Santa Helena.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O solo, suas funções e processos de degradação

Segundo a FAO (2015), o solo pode ser definido como:

“Um corpo natural composto por camadas (ou horizontes de solo) constituídas de minerais intemperizados, material orgânico, água e ar. Solo é o produto da influência combinada entre o clima, topografia e organismos (fauna, flora e seres humanos) sobre o material de origem (rocha mãe e minerais), ao longo do tempo. Como resultado, o solo difere do material de origem na textura, estrutura, consistência, cor e demais características físicas, químicas e biológicas.”

Segundo Gliessman (2005), numa perspectiva agrícola, a composição “ideal” do solo seria de 45% de minerais do material de origem, 5 % de matéria orgânica e 50% de poros, preenchidos por água e ar.

A definição de solos deve abranger todos os fatores conhecidos de influência em seus processos genéticos. Primavesi (2016), por exemplo, foca a importância da presença de matéria orgânica no solo e das atividades biológicas envolvidas como fundamental para o cumprimento de suas funcionalidades, principalmente, no que diz respeito à solos tropicais, que devem grande parte de sua capacidade produtiva à esses processos.

Para manter a capacidade produtiva, os solos precisam manter sua qualidade. Vezanni & Mielniczuk (2009) fizeram uma revisão histórica acerca do termo Qualidade do Solo (QS). Segundo eles, o debate intensificou-se no início dos anos 1990, em que foi criada a consciência de que a importância da qualidade ambiental estava intimamente relacionada à qualidade do solo. No decorrer dessa década, a comunidade científica passou a abordar o tema com mais frequência em suas publicações. Lal & Pierce (1991) foram os precursores ao construir argumentos relacionando o manejo do solo e a sustentabilidade na agricultura com qualidade de solo.

Num contexto de aparecimento de um grande número de áreas degradadas física e quimicamente, por ação, principalmente, de agroquímicos, Larson & Pierce (1991) passaram a buscar sistemas de manejo que fossem capazes de restaurar o equilíbrio dinâmico do solo e do

sistema solo-planta. De modo que a ênfase dos sistemas agrícolas não deve estar associada ao aumento de produtividade imediata, mas sim, em aumentar a eficiência de uso do recurso, para que o sistema seja capaz de se sustentar ao longo de um período maior (VEZANNI & MIELNICZUK, 2009).

A definição de Larson e Pierce (1991) para qualidade do solo abrange a composição de suas propriedades físicas, químicas e biológicas de forma que haja crescimento para as plantas; distribuição regulada de água no ambiente e que o solo funcione como uma espécie de “tampão ambiental”, no sentido de atenuar processos de degradação naturais ou resultantes de ação antrópica.

Para Doran e Parkin (1994), a qualidade do solo é atribuída à sua capacidade de exercer diversas atribuições de maneira sustentável, no que tange funções básicas, segundo eles, como produtividade, saúde e meio ambiente. A figura 1 ilustra esquematicamente os aspectos que podem influenciar a qualidade dos solos.

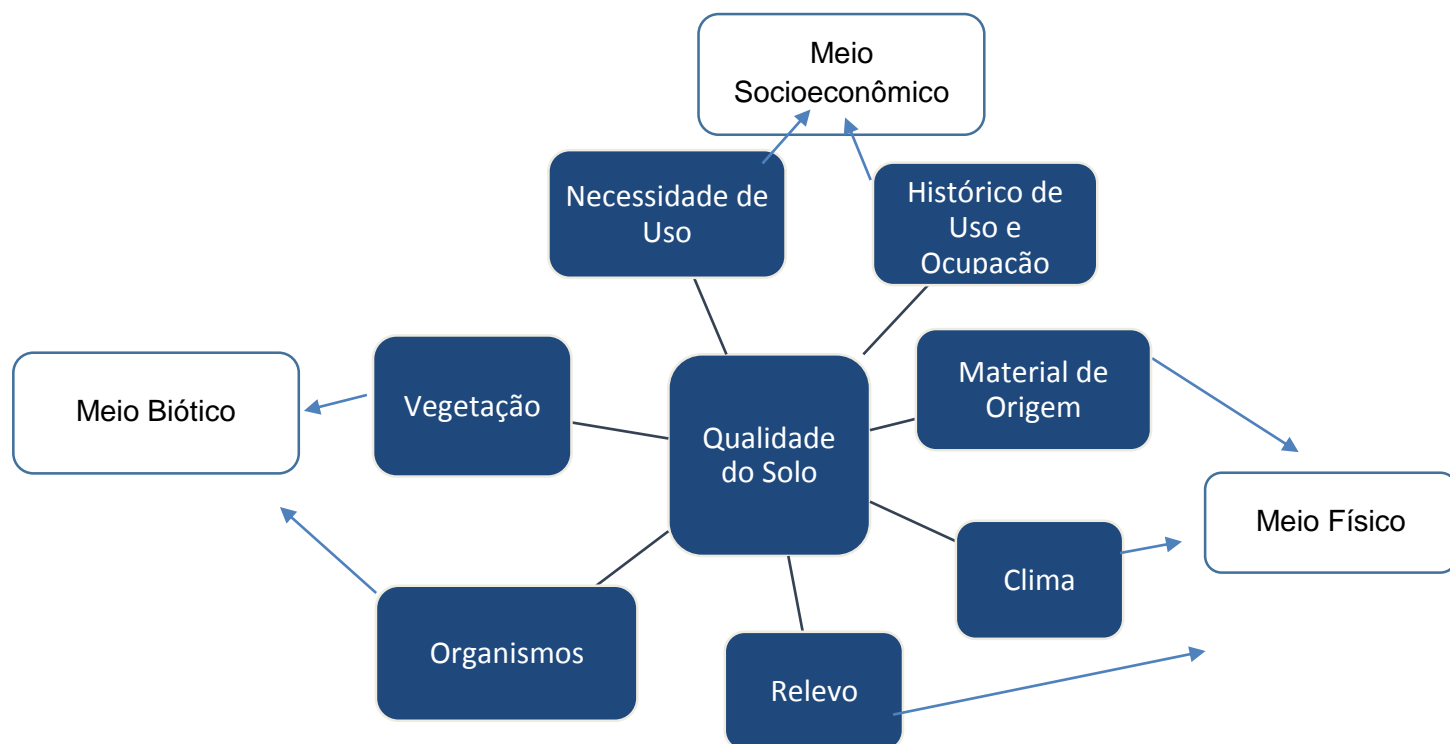


Figura 1- Aspectos que influenciam na qualidade do solo, dentro dos domínios dos meios físico, biótico e socioeconômico. Fonte: Adaptado de SANTANA, 2002.

A funcionalidade do solo tem relação direta com sua qualidade. Não é um conceito simples mas que, em termos acessíveis, indicam a capacidade do solo em exercer suas funções, refletindo sua dinâmica viva e natural (KARLEN et al., 1995).

Os atributos do solo, incluindo a morfologia, podem estar relacionados ao avaliar a qualidade do solo. Medidas como amostragem e análise ou exame visual do solo são amplamente utilizadas para avaliar seu potencial de uso. No entanto, a escolha de parâmetros relevantes e a interpretação das medidas é complexa pela especificidade de cada local, por efeitos advindos do uso anterior da terra e fornecimento de serviços ecossistêmicos (BÜNEMANN et al., 2018).

As características morfológicas e propriedades inerentes são indicadores de qualidade que podem ser avaliados separadamente ou de forma integrada, neste caso, refletindo as interações sistêmicas dentro de um meio dinâmico (KARLEN et al., 2003).

Indicadores de solo devem seguir critérios que facilitem a compreensão e auxiliem na elaboração de diagnósticos sobre sua qualidade. Devem integrar propriedades físicas, químicas, biológicas, bem como sensibilidade ao manejo e modificações climáticas. Além disso, devem ser fáceis de mensurar ou avaliar à campo e interdisciplinares, para que, tanto indicadores quanto sua quantificação sejam compreendidas por produtores, especialistas e gestores públicos (DORAN e PARKIN, 1996; DORAN e ZEISS, 2000).

A escolha de indicadores de qualidade de solo deve estar, portanto, relacionada ao objetivo da avaliação, seja para preservar funções ecossistêmicas, aumento de produtividade agrícola, conservação de recursos ou recuperação de processos de degradação dos solos.

Segundo Schwilch et al. (2016), existem parâmetros de qualidade de solo inerentes (estáticos), que se referem às propriedades intrínsecas do material estudado e gerenciáveis (dinâmicos), que podem ser modificados, dado o contexto local. A distinção entre esses parâmetros muitas vezes não é clara e reflete a complexidade de cada meio.

Desse modo, a seleção de um conjunto mínimo de indicadores, derivado de um conjunto maior, pode constituir um passo importante nas avaliações da qualidade, devido às limitações financeiras e de tempo. A transparência metodológica, nesse caso, é fundamental, de modo a permitir ampla aplicação dos indicadores selecionados (BÜNEMANN et al., 2018).

Alguns parâmetros morfológicos descritos como a cor, textura, estrutura, consistência, porosidade e feições pedológicas podem ser usados e são fundamentais para a manutenção de um sistema de solo saudável e na elaboração de estratégias de manejo adequadas

(GLIESSMAN, 2005). Tais parâmetros representam indicadores morfológicos físicos de constatação relativamente simples e não onerosa aos agricultores e especialistas, ou seja, adequam-se aos critérios propostos por Doran e Parkin (1996).

A coloração pode revelar variações na presença de matéria orgânica, sílica e compostos férricos. Sua identificação baseia-se em um processo comparativo entre horizontes de solo, utilizando tabelas específicas como a Carta Munsell (MUNSELL, 1994).

O solo possui constituintes de diversos tamanhos e em quantidades distintas, o conhecimento da distribuição das partículas minerais menores que 2 mm representa a textura ou granulometria (CORÁ et al., 2009). É considerada uma variável intrínseca do solo, uma vez que possui relação direta com o material de origem e é pouco afetado por variações externas. Além disso, a textura é utilizada no estabelecimento de práticas conservacionistas e de correção do solo, visando a utilização de boas práticas de manejo dos solos (CORREIA; REATTO & SPERA, 2004).

A forma como o solo está estruturado revela características fundamentais para a compreensão de sua funcionalidade. Existem mecanismos responsáveis pela formação de estruturas (agregados) como a presença de grande quantidade de matéria orgânica, argila, ferro, calcário e sílica que provocam a floculação dos constituintes e sua acumulação nos horizontes, bem como a quebra ou fissuração desses domínios, por alterações no teor de umidade e presença de argilas expansíveis (RUELLAN e DOSSO, 1993).

A porosidade pode ser definida como “o volume ocupado por constituintes não sólidos do solo”, ou seja, espaços ocupados por água e ar ao longo do perfil. É por meio da porosidade que se dão os processos de transferência de sólidos, líquidos, gases e atividades biológicas, de modo geral. Por isso, é considerado, também, indicador importante de qualidade de solos. Pode-se definir, pelo diâmetro dos poros, a macroporosidade e microporosidade, em que, respectivamente, há uma rápida circulação de água no solo (por precipitação ou irrigação) e circulação mais lenta (capacidade de retenção de água no solo), o que interfere diretamente na dinâmica dos processos pedológicos (RUELLAN e DOSSO, 1993).

A química do solo também revela sua qualidade, por meio de características como pH, capacidade de troca de cátions e concentração de nutrientes variados. São indicadores de grande importância, uma vez que influenciam diretamente a relação solo-planta, a estabilidade de

agregados e as condições ótimas de presença de microorganismos. A determinação do pH, por exemplo, indica o nível de solubilidade de nutrientes no solo, afetando a absorção dos mesmos pela planta. Solos ideais para cultivo devem apresentar pH entre 5,5 a 6,8 (GOMES e FILIZOLA, 2006).

Do ponto de vista biológico, a presença de organismos no solo também constitui importante indicador de qualidade, uma vez que respondam sensivelmente à perturbações do ambiente e sejam facilmente observáveis à campo. O horizonte superficial, geralmente com maiores teores de material orgânico, desempenha funções ecossistêmicas fundamentais, pois nele encontram-se macro e microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e, conseqüente, ciclagem dos nutrientes do solo. A atividade biológica e os produtos resultantes trazem resiliência ao sistema, protegendo o solo contra alterações no ambiente, como estiagem ou precipitação intensa, por exemplo (KHATOUNIAN, 2001; GLIESSMAN, 2005).

São muitas as características que fazem da presença de microorganismos no solo um parâmetro de qualidade de grande valor. A formação de associações simbióticas com as raízes das plantas (que possibilitam a disponibilidade de nutrientes) e a atuação no controle biológico de patógenos (por influenciarem na solubilização de minerais e contribuírem na estruturação e agregação do solo) são exemplos disso. A ocorrência de atividade biológica pode dar respostas rápidas à mudanças na qualidade do solo, característica que não é observada de modo rápido em grande parte dos indicadores químicos ou físicos. De modo geral, alterações na população e na atividade biológica podem anteceder mudanças nas propriedades químicas e físicas, refletindo evidências na melhoria ou em processos de degradação do solo (SIQUEIRA et al., 1994; PANKHURST et al., 1997; WOLTERS & SCHAEFER, 1994; ARAUJO & MONTEIRO, 2007).

Em caso de desequilíbrios nos indicadores descritos, utilizando abordagem sistêmica de avaliação, pode notar-se a perda de qualidade do solo e, conseqüentemente, menor produtividade agrícola ou detectar maior fragilidade do sistema, podendo elevar a susceptibilidade à processos de degradação.

A degradação pode ser interpretada como a consequência da perda de qualidade dos solos que pode ser agravada pelo uso e gestão inadequados. Segundo Carvalho et al. (2006), a ocupação e uso dos solos pelo homem, quando efetuados de maneira desordenada, ocasiona sérias consequências, dentre as quais, a perda de camadas férteis, o assoreamento dos cursos

d'água e reservatórios e a conseqüente redução do volume de água disponível para abastecimento humano rural e urbano. A produção de energia elétrica também é afetada, tendo em vista que, mais de 95 % da energia produzida no país provém de hidrelétricas (ANEEL, 2002).

De acordo com Kobiyama et al. (2001), as principais causas da degradação dos solos tem sido o desmatamento, o manejo inadequado da agricultura, o superpastejo, a exploração da vegetação para combustível e as atividades industriais de modo geral.

Processos de degradação dos solos derivam de transformações nas propriedades físicas, químicas e biológicas, provocando a perda do material em processos erosivos. A erosão pode ser definida pela perda de propriedades que promovem agregação do solo, por precipitação (erosão química), ventos ou gelo (erosão física), com conseqüente arraste de partículas. Perturbações provocadas pelo ser humano são o fator mais relevante na aceleração desses processos e acentuam interações ecossistêmicas que levam à elevado grau de degradação do solo (LAL, 1990).

Os efeitos da degradação dos solos, principalmente relacionados à erosão e assoreamento dos corpos d'água, embora temporariamente mascarados por tecnologias modernas (como dragagem de corpos d'água), ficam evidentes no alto custo de manutenção e construção de canais navegáveis, postos, reservatórios e barragens. A erosão está presente em todas as regiões do globo, seja por causas naturais ou a partir do momento em que o solo seja usado além de sua capacidade, por exemplo, por sistemas agropecuários de manejo ecologicamente incompatível com as condições de resiliência natural dos sistemas (LAL, 1993). A Figura 2 ilustra a relação entre processos de degradação dos solos e sistemas agropecuários com manejo inadequado às condições de recuperação do recurso.

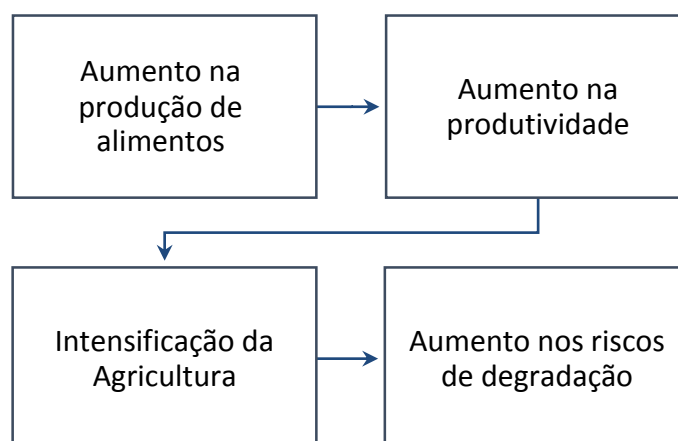


Figura 2- Fluxo de aumento dos processos de degradação em função do aumento da produtividade.
Fonte: Adaptado de LAL, 1990.

Erosão acelerada demonstra índices elevados nas regiões tropicais nas quais foram implantados sistemas de monocultivo, baseados em modelos de larga escala, não planejado de forma adequada e sem os cuidados de avaliação dos fatores biofísicos e socioeconômicos dos locais (LAL, 1990).

Dessa forma, condições climáticas de altas temperaturas e precipitação, elevado adensamento populacional, uso dos recursos naturais acima da capacidade de resiliência e o desequilíbrio na equação de solo-alimento e população, fazem com que os ecossistemas tropicais sejam extremamente vulneráveis à processos de degradação dos solos. Para além da questão climática e ecológica, a erosão dos solos representa um grave problema em qualquer região do mundo, em que haja manejo inadequado do solo e exploração para ganhos imediatos ou pela fragilidade natural do ambiente (LAL, 1993).

Em um panorama mundial da degradação nos solos, no continente europeu, segundo Castilho et al. (2004), há áreas com alta susceptibilidade à processos de erosão que, em casos mais graves, evoluíram para a desertificação em regiões próximas ao mar Mediterrâneo, devido à uma combinação de fatores climáticos, características dos solos, uso e ocupação com manejo inadequado à conservação do recurso e exploração indevida de recursos hídricos. Kavvadias (2014) diz que as taxas atuais e erosão dos solos no mediterrâneo revelam a irreversibilidade dos processos de degradação nessa região.

Segundo a FAO (2015), no documento *Soil Resources*, os primeiros esforços na compreensão dos processos de degradação pelo mundo ocorreram pelo estudo denominado GLASOD, de 1991 (*Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation*). Reunindo conhecimento técnico de mais de 250 profissionais e somando fatores climáticos, físicos, químicos, biológicos, socioculturais e dados de sensoriamento remoto foi elaborado um mapa da degradação dos solos no mundo. Entretanto, a credibilidade dos dados é questionada pela inexistência de informações via satélite de grande parte das regiões do planeta. Atualmente, trabalha-se no aprimoramento ao longo dos anos desses trabalhos, em direção à conclusões mais precisas sobre os processos globais de degradação dos solos (FAO, 2015). A Figura 4 ilustra o mapa mundial de degradação dos solos em 2015.

Políticas públicas mundiais relativas à proteção dos solos contra processos de degradação acelerados por ação antrópica são escassas. Todavia, pode-se destacar a Diretiva do Parlamento Europeu de 2006, que estabelece um quadro de proteção aos solos, realizado com base em plebiscitos, levando em consideração a opinião dos cidadãos quanto à coerência das propostas apresentadas.

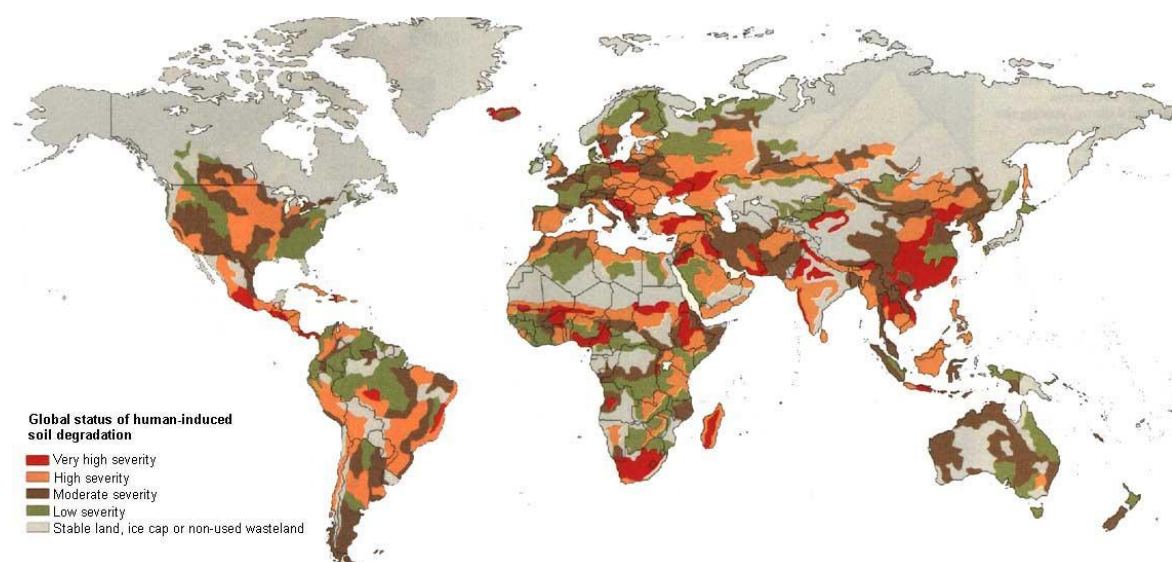


Figura 3- Mapa mundial de processos de degradação dos solos induzidos por ação antrópica.
Fonte: FAO, 2015.

A Austrália possui outro documento intitulado *Managing Australia's Soils - a policy discussion paper*, de 2008, relacionando e reavaliando políticas públicas nacionais ligadas à conservação dos recursos hídricos e da terra. Este trabalho também demonstra preocupações sobre o bem-estar dos produtores locais e comunidades rurais.

No Brasil, a elaboração do Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO), em 2013, reflete de modo indireto a criação de propostas de recuperação e conservação do recurso, por meio da transição agroecológica, ou seja, utilizando meios menos impactantes de uso do solo para a produção de alimentos. Entretanto, sabe-se que a maior parte das terras brasileiras encontra-se sob outros usos, principalmente pecuária e produção de biocombustíveis, e não existem instrumentos legais de proteção aos solos nesses casos.

De modo geral, é possível inferir que ainda seja baixa a frequência dos debates acerca da conservação dos solos por meio de políticas públicas sólidas, consideradas de fundamental

importância do recurso à manutenção da vida e as pressões econômicas e sociais ligadas à produtividade dos solos no mundo.

A realidade da produção de alimentos no sistema de agricultura familiar deve ser observada, bem como o contexto histórico e social do Sistema Fundiário brasileiro.

3.2 Sistema Fundiário Brasileiro e Segurança Alimentar

Num cenário histórico da colonização brasileira, o campo desde o princípio do processo exploratório foi segmentado em grandes porções de terra, denominadas capitânicas hereditárias. Essas propriedades deram origem ao modo de produção conhecido posteriormente como *plantation*, caracterizado, principalmente, pela monocultura em latifúndios, com mão-de-obra escravizada de origem negra ou indígena. As principais culturas relacionadas à esse sistema foram o café, o algodão, cana-de-açúcar e fumo, todos direcionados à exportação (PINTO, 2016).

Mesmo em um contexto de monocultura, os cultivos de subsistência permaneciam nos latifúndios, ainda que com produção subordinada aos proprietários das terras (MARTINS, 1986).

Em 1929, com a grande crise econômica mundial, o Brasil redireciona esforços econômicos em direção à industrialização. Apesar da perda de força da oligarquia rural, resultante da crise econômica, o poder político permaneceu e impediu a realização da Reforma Agrária, contrariando medidas tomadas por outros países latino-americanos, a fim de promover a reorganização fundiária (MIRALHA, 2006).

Durante o período pós-guerra retoma-se o debate em torno da questão agrária brasileira, tendo por justificativa a necessidade incipiente de uma Reforma Agrária ampla no território nacional. Em 1950, inicia-se a formação de movimentos sociais que contestam a organização fundiária do país, fato que culmina na criação do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), para o início de ações ligadas ao cadastro de imóveis rurais e gestão de terras da União. O posicionamento do governo, nesse período, defendia a modernização técnica da agropecuária brasileira e, conseqüentemente, a manutenção da centralização das terras (INCRA, 2011; DELGADO, 2014).

Com o Golpe Militar em 1964, o movimento pela Reforma Agrária perde força e a

modernização técnica instala-se como agenda política. A retomada no debate pela distribuição mais justa das terras ocorreu somente após o fim do Regime militar, no processo de redemocratização, em 1984. A partir daí, os movimentos sociais destacam-se como a maior força motriz das discussões pela Reforma Agrária (DELGADO, 2014).

Segundo Oliveira (2007), em 1985, instaurada a Nova República, articulações políticas foram realizadas com vistas à elaboração do I Plano Nacional de Reforma Agrária (Decreto nº 91.666/85), segundo as normas estabelecidas no Estatuto da Terra de 1964. Apesar da ilusão de progresso em relação à implantação da Reforma Agrária no país, esse plano demonstrou retrocessos, tais como evitar a desapropriação de latifúndios, sempre que possível, e assegurar a presença de arrendatários, quando dentro das disposições legais. Essas cláusulas trazem distorções óbvias aos princípios trazidos pelo Estatuto da Terra.

Uma série de metas estavam previstas para o I PNRA, entretanto, após um ano de trabalho, apenas 5% das metas de realocação de famílias e de área desapropriada havia sido cumprida e, depois de dois anos de vigência do plano, apenas 10% das metas haviam sido atingidas, comprovando o fracasso da ação. O não cumprimento das metas deve-se na época à falta de vontade política e defesa de interesses de donos de latifúndios, organizados pela União Democrática Ruralista (UDR) (OLIVEIRA, 2007).

Durante o final do século XX e começo do século XXI, ocupando cerca de 18% do total das terras produtivas do país (70,5 milhões de ha), a agricultura camponesa familiar tenta encontrar seu espaço. Apesar de dificuldades de acesso ao crédito, à tecnologia e insumos, a agricultura familiar é responsável por grande parte da produção de mandioca, batata inglesa, feijão, caju, pimenta-do-reino, fumo, tomate, agave, banana, cacau, café, coco, guaraná, uva, algodão em caroço arbóreo e a maioria dos produtos hortigranjeiros, além do rebanho suíno e leite. Junto a estes, outros dados de produção confirmam que, desse modo, 18% da área agrícola geram quase metade da produção agropecuária nacional (OLIVEIRA, 2007).

No Quadro 1 estão apresentados dados que mostram a evolução da porcentagem da população rural brasileira entre os anos 1970 a 2000. É possível notar a diminuição progressiva da porcentagem de habitantes do meio rural, mostrando o reflexo claro do êxodo, resultado da mecanização da agricultura e de condições de trabalho e aquisição de terras inapropriadas (DELGADO, 2014).

Quadro 1- Proporção da População Rural ampliada na População Total (%) entre 1970 e 2000.

PROPORÇÃO POPULAÇÃO RURAL AMPLIADA	1970	1980	1991	2000
Pop. Total dos pequenos municípios (até 20 mil hab.)	28,0	23,88	19,52	19,76
Pop. Rural Tradicional dos demais municípios (mais de 20 mil hab.)	31,7	24,67	9,65	15,06
TOTAL	59,7	48,55	39,17	34,82

Fonte: Adaptado de DELGADO, 2014/IBGE.

A má distribuição de terras e a massa de agricultores sem posse configuram-se, portanto, nos principais aspectos da questão agrária. Segundo Martins (1986), os problemas criaram um caráter notório a partir do momento em que as alternativas de reinclusão dos trabalhadores da terra tornavam-se escassas, expondo desigualdades sociais crescentes.

De acordo com a Lei 4.505/64, que versa sobre o Estatuto da Terra, o conceito de Reforma Agrária pode ser definido como:

“Um conjunto de medidas que visam promover a melhor distribuição da terra, mediante modificações no regime de sua posse e uso, a fim de atender ao princípio de justiça social, aumento de produtividade e ao cumprimento da função socioambiental da propriedade.”

Hoje, a luta pela terra possui duas frentes principais, a primeira e histórica pela distribuição menos desigual de terras e a segunda pela permanência na mesma, exercendo o importante papel de produtores de alimentos essenciais à manutenção da população. Nesse contexto, o MST (Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra), movimento sócio territorial organizado no final do século XX, surge e representa a história mais recente do país em direção à marcha dos agricultores familiares na luta pela reforma agrária e direitos (OLIVEIRA, 2007).

Atualmente, observam-se as consequências da opção pela modernização técnica, sem Reforma Agrária, estruturada pelos atores do agronegócio, no sentido de assegurar a manutenção da economia de exportação brasileira. Essa medida reflete um arranjo da economia política com o poder econômico dos grandes proprietários rurais. Nesse contexto, os agricultores familiares ocupam um local secundário, não-assimilável pelo sistema econômico do

agronegócio ou pela economia urbana de massa (DELGADO, 2014).

De acordo com o relatório elaborado pela FAO (2015) (*Food and Agriculture Organization/ONU*), 80% dos alimentos foram produzidos por agricultores familiares que possuíam cerca de 12% das terras produtivas do planeta. Essas famílias detêm baixos rendimentos, devido à baixa produtividade relativa, em função da elevada utilização de insumos agrícolas.

Nacional e mundialmente, a garantia ao acesso, distribuição e qualidade dos alimentos permanece ligada à agricultura familiar e aos estímulos relacionados ao fortalecimento dessa cadeia. Portanto, o debate sobre os termos Segurança e Soberania alimentar se faz presente e fundamental. O conceito de Segurança Alimentar (*Food Security*) preconiza o acesso e a disponibilidade de alimentos seguros e nutritivos em quantidade suficiente para suprir as necessidades básicas diárias de toda a população mundial. Algumas definições incluem também o acesso à insumos não alimentícios, porém igualmente fundamentais, como saneamento básico e cuidados com a saúde (FAO, 2009).

A Segurança Alimentar possui múltiplas dimensões, expressas por três principais componentes: a disponibilidade nutricional, o acesso à nutrição e a utilização dos alimentos. Dentro desses três eixos, é possível desenvolver estratégias relacionadas à macro e microeconomia, isto é, respectivamente, ligadas ao comércio exterior e taxas de câmbio e à adoção de novas tecnologias que aumentem a produtividade e, conseqüentemente, a disponibilidade de alimentos de forma segura (BORATINSKA et al., 2016).

Segurança Alimentar é um termo recente e atual, por isso, os modelos de avaliação desse conceito estão em fase de estudos e desenvolvimento. Tratam-se de questões por vezes subjetivas e de difícil mensuração. Abdulai (2000) propõe um método que adota variáveis como: características dos alimentos avaliadas pelo indivíduo (gosto, textura, aceitação social, entre outros); o estado de saúde do indivíduo; consumo de bens e serviços; além de outros critérios de avaliação.

As reflexões básicas desses modelos preveem a relação existente entre as capacidades físicas e cognitivas de cada indivíduo e os benefícios decorrentes de uma alimentação saudável, segura e nutritiva. Os métodos também devem levar em conta questões como o aumento na produtividade e incentivo à obtenção de crédito por parte dos agricultores, que são diretamente

proporcionais ao aumento nos níveis de segurança alimentar, principalmente em países em desenvolvimento (FAO, 2015; BORATINSKA et al., 2016).

Segundo dados da FAO (2015), cerca de 800 milhões de pessoas, aproximadamente 11% da população mundial, encontram-se em estado de subnutrição crônica. A porcentagem de terras ocupadas por agricultura soma cerca de 12% da cobertura livre de gelo (1,53 bilhões de hectares), enquanto pastagens cobrem 26% (3,38 bilhões de hectares). Isto é, a agropecuária ocupa cerca de 38% da superfície terrestre produtiva, representando a maior atividade de uso do solo do planeta.

Mundialmente, a produção de alimentos advinda de pequenos produtores é expressiva. Na África, de acordo com Benneh (1996), existem 33 milhões de pequenas propriedades, com área de 2 ha ou menos, que representam 80% das propriedades rurais do continente. Apesar da importação de grãos pelo continente, grande parte do suprimento de alimentos dá-se por conta desses agricultores, destacando a presença de mulheres em grande parte, e sem ou com pouca utilização de insumos agrícolas sintéticos ou sementes melhoradas geneticamente.

Na Ásia, cerca de 200 milhões de pequenos agricultores cultivam arroz em propriedades de até 2 ha, o que representa a maior parte da produção de arroz do continente. Mais especificamente na Índia, 78% das propriedades tem área menor que 2 hectares e constituem 41% da produção de grãos do país (GREENLAND, 1997 apud ALTIERI, 2012).

Outro pilar fundamental na garantia de Segurança alimentar, principalmente em países em desenvolvimento, é a estabilidade econômica e política, que afeta diretamente políticas públicas de incentivo à produção, acesso, distribuição e utilização adequada dos alimentos (FAO, 2015).

O estudo de Boratinska (2015) revela a relação existente entre a recessão econômica e os índices de subnutrição no mundo. Fatores como taxa fiscal e câmbio, que afetam a economia global, e a adoção de novas tecnologias e infraestrutura na produção, influenciam no aumento ou queda dos preços dos alimentos e, conseqüentemente, no número de famílias com acesso restrito aos mesmos. Afirma ainda que a disponibilidade nutricional representa um problema crônico nos países em desenvolvimento, que possuem, de modo geral, população urbana com graves contrastes sociais e população rural dependente de boas condições de trabalho para produzir alimentos com qualidade e em quantidade suficiente à demanda de

mercado.

A Figura 4 (FAO, 2015) retrata a diminuição do nível de subnutrição, com o aumento da renda per capita nos países. Nota-se que, mesmo com o passar dos anos (de 1992 a 2010), a situação permanece semelhante ou com pouca variação relativa. Isto é, países com menor renda per capita, possuem os maiores índices de subnutrição.

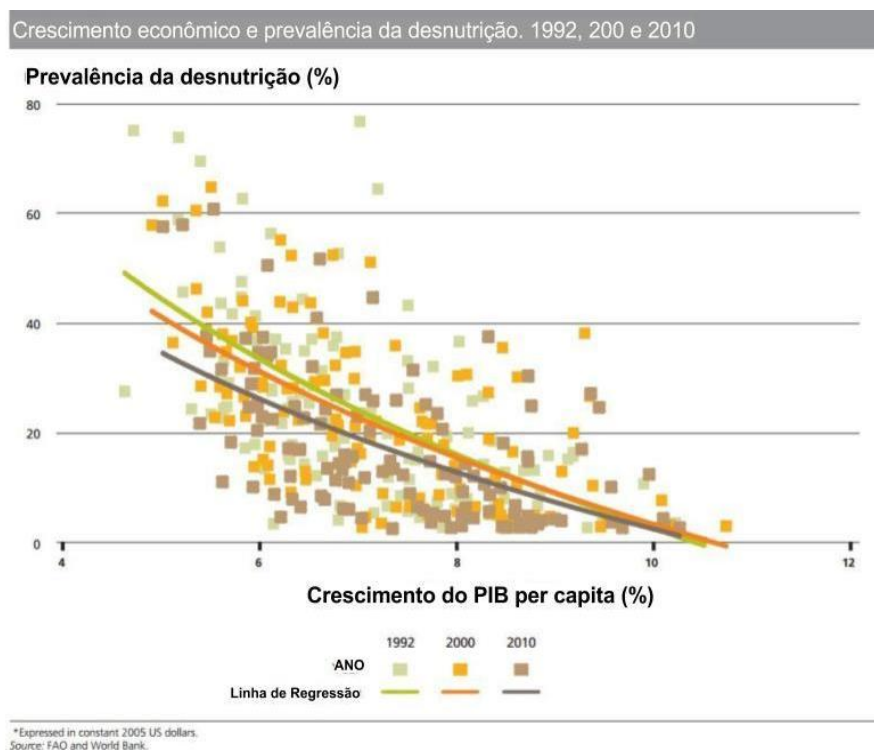


Figura 4: Crescimento econômico e prevalência da desnutrição. Fonte: FAO (2015).

Além das discussões econômicas e políticas acerca da produção de alimentos com garantia de segurança alimentar, Shiva (2016) alerta sobre o problema do monopólio na venda dos insumos agrícolas e dos impactos dos mesmos aos agricultores e ao meio ambiente. Segundo ela, a utilização de fertilizantes químicos sintéticos de forma inadequada e não planejada promove efeitos negativos, como o desequilíbrio ecossistêmico em sua extração e utilização, acidificação ou salinização de solos agricultáveis, liberação de gases que agravam o efeito estufa e a contaminação humana e ambiental por metais pesados, presentes nas formulações desses produtos.

Segundo Foley et al. (2011), a utilização inadequada de insumos (fertilizantes e pesticidas), aliada ao sistema agrícola de monoculturas, desencadeia um desequilíbrio que causa a dependência de utilização cada vez maior desses produtos, fragilizando o solo e podendo

torná-lo improdutivo, em um curto período de tempo. Eles consideram que o sistema de monocultivo seja de alta vulnerabilidade, principalmente em ambientes tropicais, em decorrência da baixa biodiversidade.

A figura 5 mostra a diferença entre a atualidade (a) e o cenário futuro ideal em 2050 (b) para as metas de segurança alimentar (quadrantes superiores) e os impactos ambientais do sistema de produção (quadrantes inferiores).

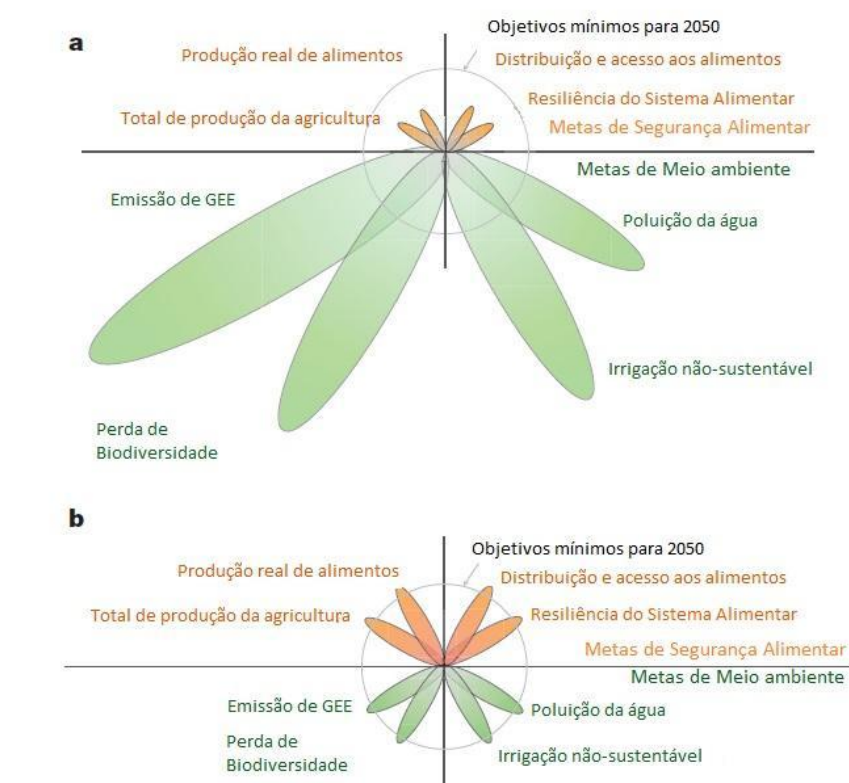


Figura 5 – Cenários para a sustentabilidade na produção de alimentos. (a) atual e (b) ideal.

Fonte: FOLEY, et al. (2011)

Na parte superior, à esquerda estão representadas a produção real e total de alimentos, à direita, respectivamente, a distribuição e acesso aos alimentos e a resiliência dos sistemas de cultivo. Nos quadrantes inferiores, à esquerda, apresentam-se a emissão total de gases do efeito estufa e a perda de biodiversidade; à direita, a poluição dos corpos hídricos e a insustentabilidade dos sistemas de irrigação. Essa figura mostra de forma clara, os grandes desafios que podemos enfrentar, a fim de que a população mundial seja alimentada de forma segura e nutritiva e que os sistemas produtivos ainda tenham como princípio a conservação dos recursos naturais.

Diante desse cenário, é possível vislumbrar alternativas, relacionadas às dimensões ambientais, políticas, econômicas e, inclusive, de gênero, como evidencia Shiva (2016):

“As mulheres são a espinha dorsal da economia rural, especialmente no mundo em desenvolvimento. No entanto, elas recebem apenas uma fração da terra, crédito, insumos (como sementes melhoradas e fertilizantes), formação agrícola e informação em comparação com os homens. Capacitar e investir nas mulheres rurais tem demonstrado aumentar significativamente a produtividade, reduzir a fome e a desnutrição e melhorar os meios de subsistência rurais. E não só para as mulheres, mas para todos.”

Nos assentamentos rurais, está presente a discussão acerca da Segurança Alimentar com o acréscimo do conceito de autonomia e independência dos agricultores, resultando no que se denomina Soberania Alimentar. Grandes empresas ligadas ao setor do agronegócio (produção de agroquímicos, sementes geneticamente modificadas, agroindústrias do setor alimentício, entre outras) desenvolvem uma relação de dependência sobre os agricultores. Esse processo provoca modificações na estrutura de mercado, com forte tendência para a centralização da produção. Além disso, o enfraquecimento das ações governamentais sobre a regulação das relações entre empresas e produtores contribui para o agravamento da falta de autonomia e controle indireto da produção de alimentos por empresas multinacionais (CHONCHOL, 2002; ALTIERI, 2012; SHIVA, 2016).

A garantia da Segurança e Soberania Alimentar enfrenta dificuldades iminentes, indicadas pelo alto nível de desemprego nos setores rurais da sociedade e pela ociosidade de terras. A combinação desses fatores promove um quadro de desproteção social e insegurança alimentar. A menos que exista uma ação Estado-Sociedade, em que se adeque a falta de uso produtivo das terras ao desenvolvimento e assistência técnica à população rural e se crie condições para o atendimento às necessidades básicas alimentares da população, esse quadro permanecerá como desafio à evolução da sociedade, gestão dos recursos naturais e soberania alimentar (DELGADO, 2014).

Dessa forma, é fundamental a criação de mecanismos de proteção à autonomia de produtividade dos agricultores, rumo à garantia da soberania alimentar frente às pressões das empresas multinacionais, detentoras de sementes e insumos agrícolas. A criação de uma agricultura de base ecológica, que se baseie em conhecimentos tradicionais, aliados à tecnologia faz-se necessária para assegurar a descentralização da produção e fortalecimento das famílias

dos assentamentos e pequenos produtores (ALTIERI, 2012).

A melhoria da produtividade dos recursos agrícolas de forma sustentável desempenha um papel fundamental no aumento da disponibilidade alimentar com segurança. Políticas públicas que reconhecem a complexidade dos desafios enfrentados pelos agricultores familiares, por meio da criação de uma cadeia de valores, são necessárias para assegurar a segurança alimentar. Além disso, a gestão pública deve incentivar a adoção de práticas sustentáveis de agricultores e técnicas (manejo adequado do solo, conservação, melhorias na gestão de recursos hídricos, diversidade de sistemas agrícolas, agroflorestas) (FAO, 2015).

Políticas públicas de financiamento são fundamentais no processo de garantia de segurança alimentar, assim, a criação de linhas de crédito específicas aos agricultores, pesquisas e cursos de capacitação e criação de estratégias viáveis para escoamento da produção são medidas capazes de impulsionar a utilização consciente dos recursos da terra e garantir a produção de alimentos acessíveis, seguros e nutritivos para toda a população, de forma socialmente justa e economicamente viável (FAO, 2015).

A Cartilha Parlamentar do Ministério do Meio Ambiente lançada no início do ano de 2017 possui propostas em dois Programas para a utilização consciente do solo. Nesta cartilha, é possível observar como os recursos financeiros podem ser utilizados, sua origem e destino (BRASIL, 2017).

Embora a visão geral de estratégias para atingir a garantia da Segurança Alimentar seja clara, os detalhes e a forma como essa abordagem pode ser efetiva ainda são subjetivos. Dessa forma, a economia, os agricultores, os técnicos e gestores públicos exercem um papel fundamental no preenchimento dessas lacunas, visando a valorização dos saberes de cada ator do processo para a gestão adequada da terra e, conseqüente, garantia de soberania alimentar (BORATINSKA et al., 2015).

3.3 Etnopedologia

De acordo com a FAO (2009), o conhecimento sobre o solo tem um papel crucial para a avaliação das terras em relação ao uso corrente. A falta ou desvalorização dessa compreensão pode favorecer a ocorrência de impactos ambientais negativos ou até causar restrições políticas

e econômicas. É nesse contexto que investigações científicas com foco nos saberes tradicionais são implementadas, para demonstrar sua legitimidade e, conseqüentemente, obter melhor entendimento dos elementos que afetam as práticas de manejo da terra (KRASILNIKOV e TABOR, 2003; MATUK et al., 2017).

Barrera-Bassols et al. (2006) consideram a Etnopedologia como uma ciência híbrida, localizada na interface entre ciências naturais e sociais. Assim, utilizam como fundamento de compreensão o modelo K-C-P, que caracteriza as três principais dimensões que estruturariam as teorias sociais do uso e ocupação do solo: simbólica (*Kosmos*), cognitiva (*Corpus*) e de gestão (*Praxis*). Esse modelo propõe a compreensão das estratégias desenvolvidas pelas populações locais na prevenção de riscos e subsistência, por meio do entendimento do meio. As técnicas desenvolvidas visam manter e melhorar a complexidade geográfica e ecológica do ambiente, além de atender às necessidades de capital e terra, com fatores econômicos e em função de fatores climáticos variáveis ao longo dos anos.

Almekinders et al.(2009) afirmam que abordagens baseadas no diálogo entre ciência e conhecimento local representam importante ferramenta de trabalho, pois promovem relações horizontais entre as partes, favorecendo a obtenção de um ponto de vista sistêmico, que leva à melhores decisões no planejamento do uso da terra.

O saber local e a construção coletiva de conhecimento, na perspectiva do diálogo participativo está muito bem colocada pelo educador Paulo Freire, reafirmando a importância em buscar a conciliação de visões e o desenvolvimento de uma postura crítica aos agricultores, de modo que a reflexão seja provocada e dela derivem abordagens de transformação da realidade (FREIRE, 1980).

Estudos realizados por Barrera-Bassols e Zinck (2003), Vale Júnior et al. (2007), Araújo et al. (2013) e Matuk et al. (2017) fazem a associação entre conhecimento pedológico local e clássico, destacando relações de correspondência importantes e considerações a respeito da distância entre conhecimento teórico e prático, buscando uma linguagem que some elementos de ambas as visões.

Integrar sistemas de classificação locais e científicos é de fundamental importância para compreender melhor os critérios envolvidos nos processos de tomada de decisão sobre o uso da terra por parte das comunidades. Desse modo, a criação de metodologias participativas e

interdisciplinares é pertinente no auxílio à garantia de segurança alimentar e gestão sustentável dos recursos naturais (MATUK et al., 2017).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área

4.1.1 Assentamento PDS Santa Helena

O estudo foi realizado no Assentamento Santa Helena, no município de São Carlos/SP, que contempla lotes com 14 famílias assentadas pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária).

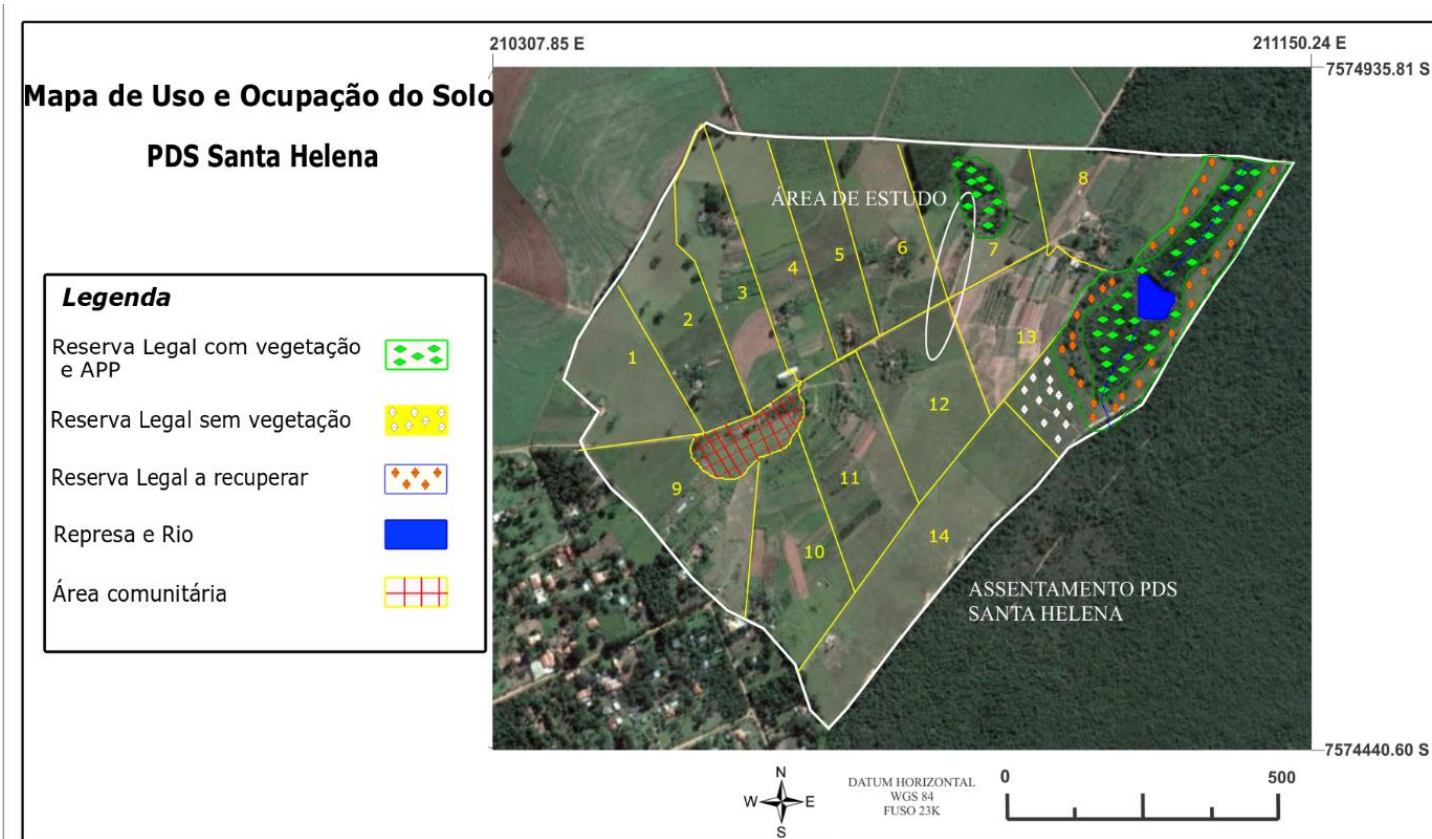
O Assentamento enquadra-se na Portaria nº 477/99, do INCRA, na modalidade de assentamentos rurais denominada PDS (Projeto de Desenvolvimento Sustentável). Tal modalidade preconiza a conciliação de assentamentos humanos de populações não tradicionais em áreas de interesse ambiental, com o desenvolvimento sustentável dessas regiões, de modo que o manejo agrícola siga modelos de base ecológica, sem a utilização de fertilizantes químicos sintéticos solúveis e pesticidas (INCRA, 1999).

De acordo com essa Portaria, a concessão do uso da terra para exploração condominial deve obedecer à aptidão agrícola da área, combinada à vocação das famílias dos agricultores e ao interesse ecológico de recomposição vegetal, atendendo à legislação ambiental (CANUTO et al., 2013). Busca-se aliar, dessa forma, a produção limpa de alimentos e a qualidade de vida dos agricultores com a recuperação e conservação dos ecossistemas e a consequente permanência das pessoas no campo (LOPES, 2015).

Apesar de objetivar o desenvolvimento sustentável, a área pertencente ao assentamento Santa Helena, no município de São Carlos, tem um histórico de degradação ambiental, com a total retirada de cobertura vegetal original para a implantação de áreas de monocultura de cana-de-açúcar, com a utilização de fertilizantes sintéticos e defensivos agrícolas. O histórico de ocupação da área está abordado de forma aprofundada no capítulo 5.1.

A área total do PDS Santa Helena compreende 102,5 hectares, dentre os quais estão inclusos 4,28 hectares de Área de Preservação Permanente (APP), 6,54 hectares de Reserva Legal vegetada, 5,1 ha de RL a recuperar, 1,9 ha de RL sem vegetação, 1,5 ha de áreas comunitárias (galpão e horta coletiva), estradas e lotes de aproximadamente 5,4 hectares cada (LOPES, 2015). O Assentamento PDS Santa Helena localiza-se a 17 km do município de São Carlos.

Figura 6- Mapa de Uso e Ocupação do Solo no Assentamento PDS Santa Helena.



Fonte: Adaptado de GONÇALVES (2015); LOPES (2015) e COSTA (2016).

No que diz respeito às áreas adjacentes, o Assentamento é circundado por áreas de monocultura de cana-de-açúcar nas direções norte e noroeste; área de vegetação preservada à leste e condomínio rural nas direções sul e sudoeste. Nas proximidades do PDS Santa Helena também está localizada a Represa do 29, utilizada para lazer e geração de energia elétrica (TRUFFI, 2016).

Segundo Gonçalves (2015), a localização do PDS Santa Helena é favorável do ponto de vista econômico, pela proximidade relativa com áreas urbanas, que facilita o escoamento da produção.

Anteriormente, a região onde hoje se localiza o Assentamento PDS Santa Helena denominava-se Fazenda Santa Helena. Em 1990, a Fazenda foi arrendada e seu primeiro arrendatário utilizou as áreas para a exploração de pecuária bovina e avicultura até meados dos anos 2000 (GONÇALVES, 2015).

A partir do ano de 2003, em outro processo de arrendamento, iniciou-se o monocultivo de cana-de-açúcar na região. As atividades desenvolvidas durante o período do arrendamento

da Fazenda Santa Helena eram ilegais, uma vez que a família não detinha a escritura e documentos que comprovassem a aquisição da terra. Durante esse período, o plantio de cana de açúcar realizado estava sob gerenciamento da Usina Ipiranga, pertencente ao grupo Copersucar, do município de Descalvado/SP (GONÇALVES, 2015; TRUFFI, 2016; SARAVELLE et al., 2016).

De acordo com documentos da Justiça Federal de São Carlos (2004), existem relatos de danos à vegetação natural das áreas referentes à Fazenda Santa Helena, com a retirada de árvores de grande porte e plantas arbóreas, suprimidas pelo plantio de cana no local. Fato que teria impedido a continuidade do processo de regeneração natural florestal que ali se desenvolvia previamente.

Considerando os impactos ambientais da cultura canavieira no local, e devido ao reconhecimento do local como área de recarga do SAG (Sistema Aquífero Guarani), o DEPRN (Departamento Estadual de Proteção aos Recursos Naturais) sugeriu à promotoria pública que as áreas da Fazenda Santa Helena fossem destinadas à criação de uma Unidade de Conservação (UC) de Proteção Integral. A Advocacia-geral da União, então, tomou partido, contestando o pedido da promotoria. Dentro desse contexto, entra a Superintendência Regional do INCRA/SP, reivindicando a posse da Fazenda Santa Helena para sua reabilitação em assentamento rural, tipo PDS. O mesmo ocorreu com a Fazenda vizinha, de nome Batalha. De modo a defender a ação, os representantes do INCRA/SP valeram-se da possibilidade de conciliação entre proteção ambiental da região e utilização dos recursos de forma sustentável (GONÇALVES, 2015).

Toda propriedade rural deve refletir a harmonização dos aspectos sociais, humanos, ambientais e produtivos, de modo que possa cumprir sua função social, estabelecida dos termos do artigo 186 da Constituição da República (BRASIL, 1988), sendo assim descritos:

- I – aproveitamento racional e adequado;
- II – utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente;
- III – observância das disposições que regulam as relações de trabalho;
- IV – exploração que favorece o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores.

A aprovação da criação do Assentamento PDS Santa Helena deu-se pelo Conselho

Municipal de Meio Ambiente (COMDEMA) do município de São Carlos, em 2007. Foi exigida ao INCRA a identificação e demarcação das Áreas de Proteção Permanente (APP's), bem como a destinação de 20% das áreas para Reserva Legal (RL), de acordo com a legislação ambiental vigente. Além disso, os conselheiros fizeram recomendações acerca: do posicionamento da área de RL, de forma contígua ou próxima às áreas de APP (nas margens do córrego que nasce na região); à adoção de princípios e práticas agroecológicas; que fossem realizadas parcerias entre as universidades e centros de pesquisa para a garantia da sustentabilidade econômica, social e ambiental do assentamento; à limitação do número máximo de famílias em 15, devido ao tamanho das propriedades; e que fossem criadas bases para o associativismo e cooperativismo entre as famílias para atividades coletivas nas áreas comuns e na realização de serviços comunitários, para a redução da vulnerabilidade social das famílias assentadas (GONÇALVES, 2015).

Na próxima seção, estão apresentadas as características do meio físico da região do Assentamento PDS Santa Helena, com aspectos sobre hidrologia, clima, vegetação, geologia e geomorfologia.

4.1.2- Caracterização meios físico e biológico

A localização da área do Assentamento PDS Santa Helena e delimitação aproximada da área do estudo dos solos estão na Figura 7.

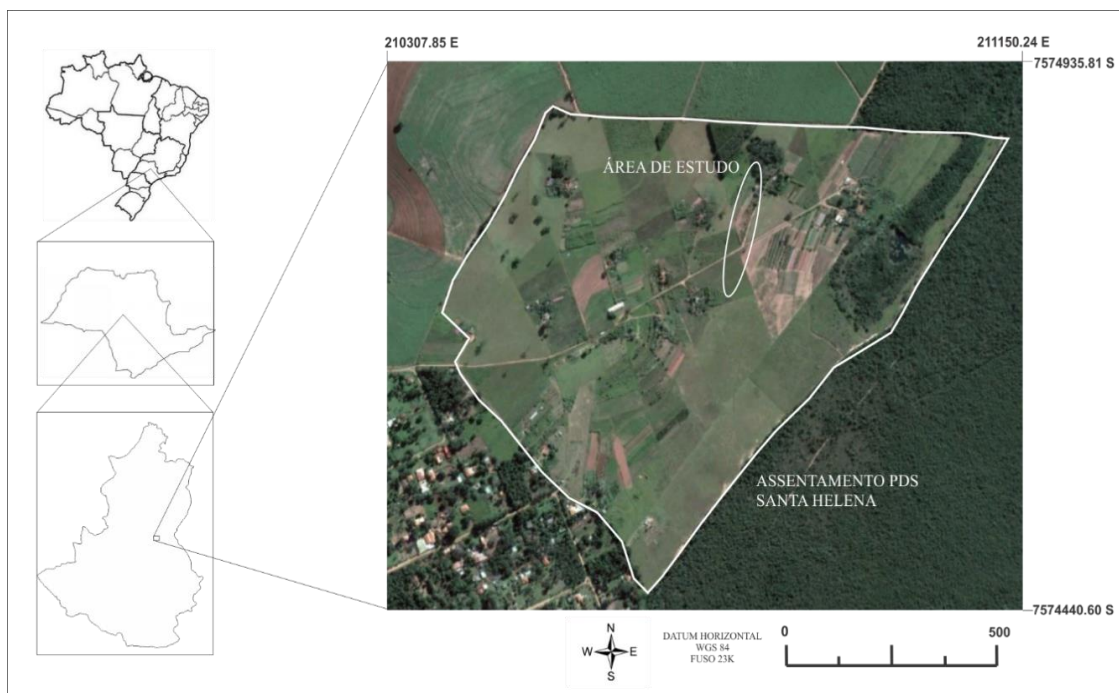
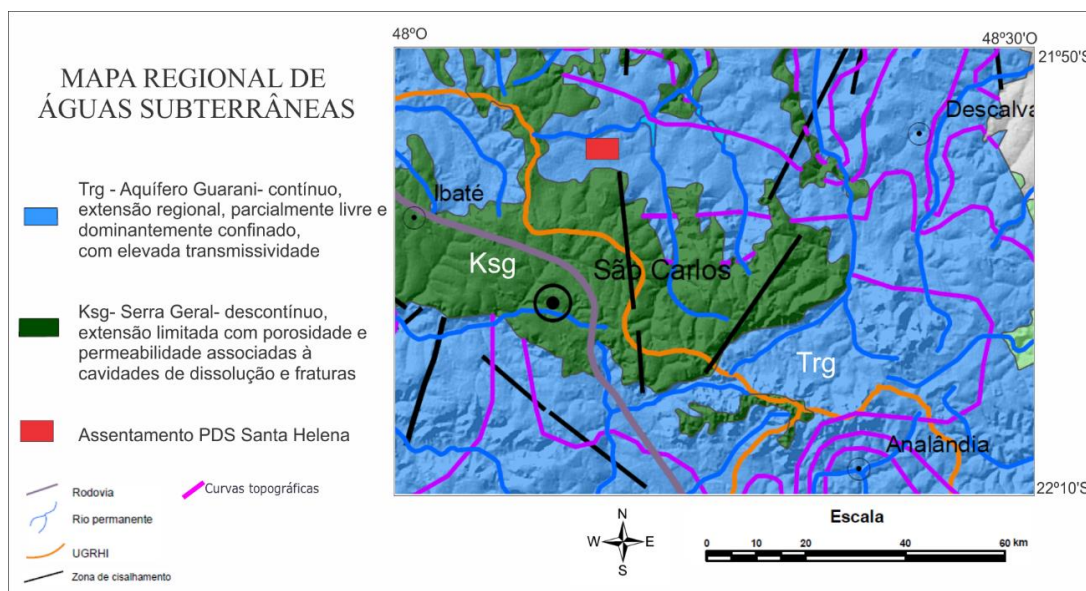


Figura 7: Mapa de Localização da área do Assentamento PDS Santa Helena e topossequência do estudo via satélite. Fonte: Google Earth.

Hidrologia

São Carlos está localizada sobre o divisor de águas que limita as bacias hidrográficas do Rio Mogi-Guaçu e Tietê, e a maioria dos cursos d'água que drenam São Carlos e a totalidade dos que drenam a área urbanizada têm suas nascentes localizadas no município (CEREDA JUNIOR, 2007).

Na Figura 8, é possível observar a localização do PDS Santa Helena em uma área em que o Sistema Aquífero Guarani (SAG) é parcialmente livre, e compreende parte da área de recarga do mesmo. Localmente, as áreas pertencentes ao assentamento estão inseridas na microbacia do Córrego do Quilombo (GONÇALVES, 2015).



F

Figura 8: Mapa de Águas Subterrâneas na região do PDS Santa Helena.
Fonte: Adaptado de DAEE/IG/CPRM, 2005.

A recuperação e conservação dos solos e, principalmente, das Áreas de Preservação Permanente (APP's) e Reserva Legal (RL) são de fundamental importância, uma vez que possam contribuir para o processo de recarga do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Esse fato ressalta a importância da localização do Assentamento, uma vez que contaminações em áreas de recarga de um aquífero representam um grave problema ambiental.

Segundo OEA (2009), o Sistema Aquífero Guarani (SAG) possui 1.087.879 km² de área e é considerado um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo. Do total de sua área, 71% está localizada em território brasileiro e distribuída por oito estados das regiões sul,

sudeste e centro-oeste. Mais especificamente no estado de São Paulo, sua área total é de 143.000 km², incluindo áreas aflorantes e confinadas do sistema. Da área total do aquífero, 839.000 km² estão localizados no Brasil; 225.00 km² na Argentina; 71.700 km² no Paraguai e 58.500 km² no Uruguai (ARAÚJO; FRANÇA; POTTER, 1999).

As formações geológicas que constituem o Sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo são Botucatu no topo e Pirambóia na porção basal do aquífero (OEA, 2009).

De acordo com Albuquerque Filho (2011), as áreas de afloramento do aquífero representam maior fragilidade e suscetibilidade a contaminação por diversas vias, dada a característica do material geológico sedimentar e de origem arenítica. Em condições de confinamento do aquífero, tal vulnerabilidade é reduzida pela presença de cobertura basáltica.

Os solos das áreas de recarga são naturalmente frágeis, com predominância de Neossolos Quartzarênicos em associação com Latossolos Vermelhos/Amarelos, segundo o SIBCS (2018). Por serem formados a partir da alteração e pedogênese dos arenitos da Formação Botucatu, possuem textura muito arenosa (< 9 % de argila) (ROSSI, 2017; GOMES, 2008). Tais condições, aliadas ao modo de ocupação dos solos para fins de produção agropecuária e a utilização de práticas de preparo do solo inadequadas, podem indicar o desenvolvimento de processos de degradação dos solos nessas áreas.

A gestão do SAG deve ser otimizada a fim de conservar o uso sustentável de suas reservas. A acelerada ocupação urbana e rural, falta de planejamento, o manejo inadequado das áreas de recarga causa crescente e descontrolada exploração das águas subterrâneas ou problemas decorrentes de contaminações ou da não-reposição das águas (ASSINE, et al., 2004).

Clima

O Clima da região, segundo a sistemática de Köppen, pode ser caracterizado como uma área de transição entre Cwa i, clima tropical com verão úmido e inverno seco e Awa i, clima quente de inverno seco. A estação chuvosa ocorre de outubro a março, com estiagem de abril a setembro (umidade e temperatura elevadas no verão e inverno ameno e seco).

O valor médio de precipitação anual na região está em torno de 1500 mm e a média anual de umidade relativa, em 66% (GONÇALVES, 1986 e CEREDA JÚNIOR, 2007). A taxa de evapotranspiração anual é estimada em 900mm (BARRETO, 2006).

O climograma do município, com base em dados das estações meteorológicas da região de São Carlos, indica a temperatura média anual de 19,7 °C, com amplitude térmica de 5,9 °C ao longo do ano. A variação de precipitação entre o mês mais seco (julho) e o mais chuvoso (janeiro) é de 227 mm, sendo que a média de precipitação em julho é de 27 mm e em janeiro, 254 mm.

Vegetação

A vegetação original predominante na área é de Cerrado, podendo ser caracterizada como uma formação não florestal herbáceo-lenhosa, herbáceo arbustiva, com árvores perenifólias, sendo distribuídas em nítidos estratos rasteiro, arbustivo e arbóreo (de 3 a 5 metros de altura). Ressalta-se que grande parte da vegetação original já foi modificada por ação antrópica, pela substituição por áreas de cultivo, reflorestamentos e loteamentos (GONÇALVES, 1986).

A vegetação natural da região pode ser classificada pelo Sistema Fisionômico-Ecológico como Savana Florestada ou Cerradão, característica de áreas com clima tropical estacional e solos profundos, areníticos e lixiviados. Podem possuir traços de Savana Arborizada (Campo Cerrado), dependendo da densidade da vegetação, com fisionomias ora mais abertas, ora com arbustos ou formações florestais mais adensadas (IBGE, 1992).

Geologia e Geomorfologia

No contexto geológico-geomorfológico, os lotes encontram-se sobre a Formação Botucatu, constituída por arenitos de origem eólica, sobre o qual se formam solos extremamente arenosos, frágeis e de baixa fertilidade, com relevo de colinas suaves e baixa declividade (FERES, 2002).

A Formação Botucatu constitui-se de arenitos de granulação fina a média, avermelhados, com grãos bem selecionados e de alta esfericidade em decorrência de dunas eólicas com estratificações cruzadas de grande porte (IPT, 1981). É considerada de idade jurássica, com topo no limite Jurássico/Cretáceo (entre 120 e 130 milhões de anos) (ASSINE et al., 2004). Segundo Almeida (1953), a Formação Botucatu é parte da seção mesozoica da Bacia do Paraná, sotoposta às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral. Nas regiões sul e sudeste do país, os arenitos do deserto Botucatu estão expostos nas escarpas da borda do Planalto Ocidental, que é sustentado por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, de 130 milhões de anos (ASSINE et al., 2004).

Quanto à Geomorfologia, São Carlos está localizada na região do Planalto de São Carlos e possui relevo plano (1 a 3%) e suave-ondulado (declives de 3 a 5%.) (OLIVEIRA e PRADO, 1984).

4.2 Avaliação Integrada da Topossequência (ITA)

A Avaliação Integrada da Topossequência, proposta por Gobin et al. (1998), é uma abordagem metodológica que combina técnicas de análise das características biofísicas do solo com a utilização de estratégias participativas, nas quais a população local auxilia e colabora ativamente na elaboração de diagnósticos e medidas de ação.

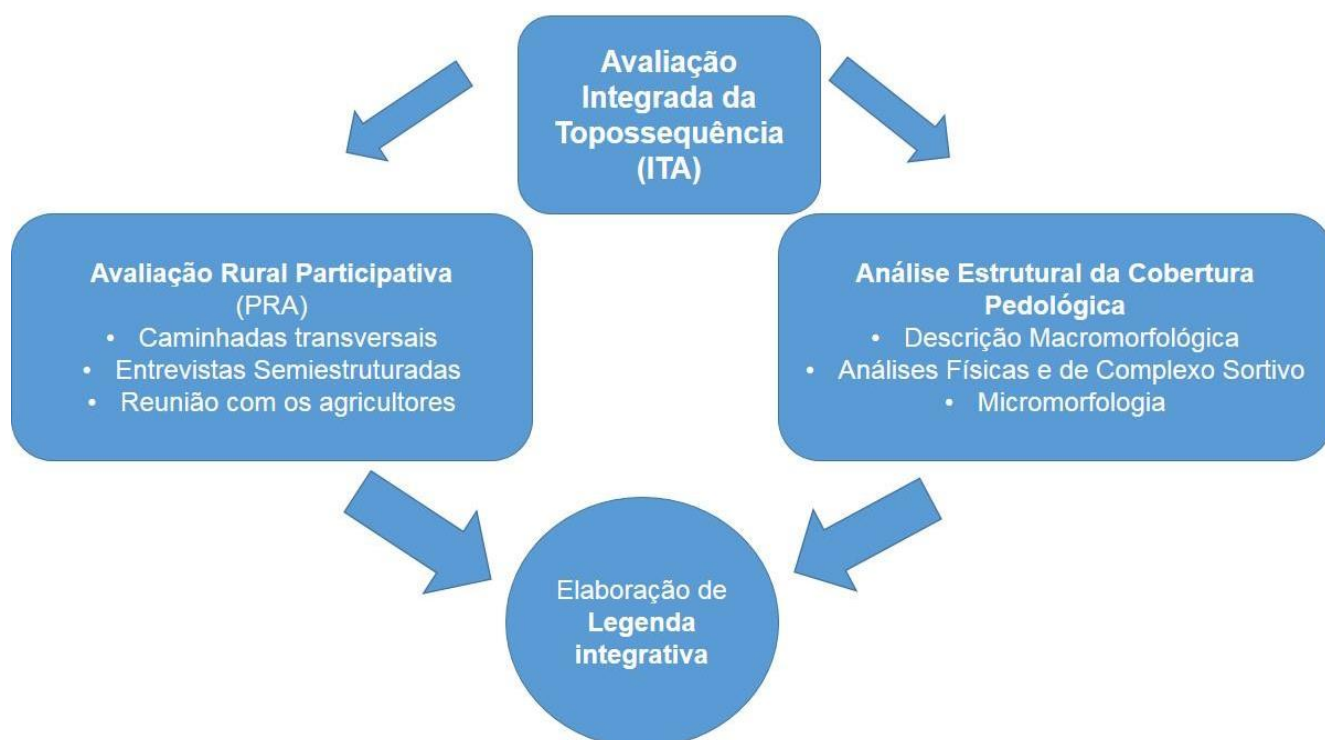
Dessa forma, é possível identificar prioridades, limites e oportunidades, visando a gestão adequada da terra e conservação dos recursos. O método busca relacionar uso e ocupação da terra com fisiografia, utilizando o conhecimento local e científico para ligar as características do solo com as formas de cultivo adequadas (GOBIN et al., 1998).

A Figura 9 ilustra as vias metodológicas, de cunho social-econômico (avaliação participativa) e técnico-científico (Análise estrutural da Cobertura Pedológica), visando a elaboração de uma legenda que contemple a visão integrada de todos os processos na área de estudos. De maneira geral, agricultores estão mais familiarizados com abordagens empíricas (conhecimento local) do que com aquelas consideradas prescritivas ou classificatórias

(conhecimento técnico-científico) (COOK et al., 1998).

Figura 9- Fluxograma ilustrativo do método de Avaliação Integrada da Topossequência (ITA) e a divisão entre Avaliação Rural Participativa (PRA) e a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica.

A abordagem metodológica participativa e com protagonismo da comunidade vai além da identificação e classificação dos indicadores locais de qualidade dos solos. Ela se baseia na hipótese de que o manejo sustentável dos solos deve resultar da capacidade das comunidades



locais em compreender cada vez melhor os agroecossistemas naturais (BARRIOS E TREJO, 2003).

A figura 10 reflete a ideia que norteia o método. O conhecimento científico é reconhecido por ser preciso e exato, porém sua relevância não é maior do que o conhecimento local que, sendo empírico, considera os aspectos práticos, sócio-econômicos e culturais, por vezes imprecisos e generalistas, porém, muito relevantes (COOK et al., 1998).

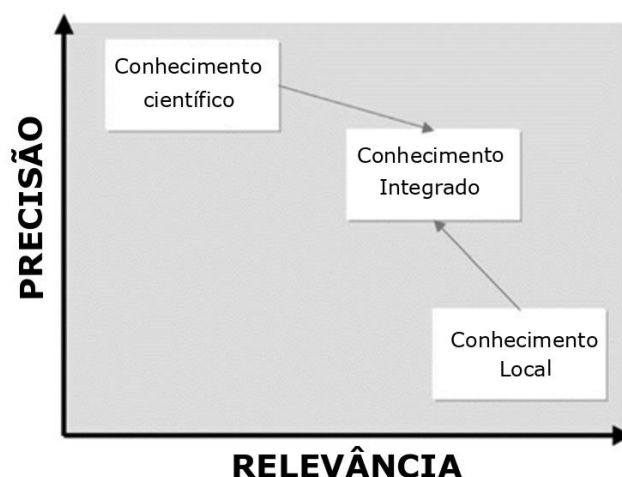


Figura 10- Representação esquemática da comparação entre os sistemas de conhecimento local e científico. Fonte: Barrios e Trejo, 2003 apud Cook et al., 1998.

4.2.1 Avaliação rural participativa (PRA)

A Avaliação Rural Participativa (PRA- *Participatory Rural Appraisal*), proposta por Chambers (1994) tem a intenção de permitir que a população local conduza suas próprias análises para planejar ações. Desse modo, busca-se utilizar a capacidade analítica da comunidade, em prol do desenvolvimento coletivo de ações para o bem comum. A PRA pode ser definida como um conjunto de métodos que permitam às pessoas do meio rural o compartilhamento, a melhoria, e a realização de análises, usando seus conhecimentos e condições de vida para planejar e agir localmente (CHAMBERS, 1994).

A utilização da PRA nesse trabalho deu-se por meio das seguintes ações: transecto (caminhada sistemática e observação com a população local); mapeamento informal (mapa esquemático do sítio); entrevistas semi-estruturadas (etnopedologia- conhecimento em solos) e reunião com os agricultores para conversa e apresentação de resultados.

Para a realização das entrevistas semiestruturadas, os agricultores foram convidados a relatar suas observações sobre as condições de vida de cada família, histórico com a questão agrária e questões referentes à caracterização dos solos do PDS. O questionário completo pode ser consultado no Anexo B, na seção final do trabalho.

Os diálogos referentes às entrevistas semiestruturadas foram registrados pelo aparelho celular (*Iphone 5S*) e anotações em texto. As entrevistas ocorreram no dia 15 de setembro de 2016, ao longo do processo de montagem das cestas orgânicas, com oito agricultores. Esses

agricultores fazem parte do coletivo que elabora e escoia a venda de cestas alimentos orgânicos do PDS Santa Helena.

Visitas de campo foram realizadas para o diagnóstico e mapeamento participativo da paisagem, foram abordadas noções históricas sobre uso da terra e história de vida dos agricultores, que atuaram como protagonistas, contribuindo com seus conhecimentos e experiências de acordo com Matuk (2017). Os sistemas de conhecimento dos agricultores criam um terreno comum para discussão de estratégias locais de gestão de terras e a tomada de decisões e ainda facilitam o diálogo entre agricultores, extensionistas, cientistas e o poder público conforme pressupõe Gobin et al.(1998).

Na reunião com os agricultores, buscou-se a comunicação o mais horizontal e acessível possível, seguindo a postura indicada por Chambers (1994), que diz ser fundamental a criação de um vínculo de confiança e abertura com os grupos locais, possibilitando, assim, a troca de conhecimento. A abordagem escolhida permite a integração das informações naturais e culturais sobre os solos, que deve ser realizada por diversos atores com percepções diferentes, sistemas de conhecimento e recursos para a gestão do uso e ocupação das terras (BARRERA-BASSOLS, 2003).

Após realizada esta etapa, foi elaborado um esquema ilustrativo da topossequência, com as respectivas correspondências entre os saberes técnicos analisados e o conhecimento empírico da comunidade local, ilustrando a integração entre a precisão científica com a relevância mostradas por Cook et al. (1998).

Foi preparada uma Cartilha de Solos (Figuras 32 e 33), com informações simples e importantes sobre as características dos solos, funções, impactos ambientais e sugestões de boas práticas de manejo. O conteúdo da cartilha foi baseado em apostilas consultadas como a de Ana Primavesi (PRIMAVESI, 2009) e do Instituto Giramundo (STAMATO, 2005). Também houve direcionamento do conteúdo, com base nos resultados da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica da topossequência escolhida. A cartilha completa pode ser encontrada no Anexo C, na seção final do trabalho.

4.3 Conhecendo o PDS Santa Helena

4.3.1 Visita para conversa

No dia 15 de setembro de 2016, foi realizada a primeira visita ao PDS Santa Helena, para reconhecer a área, conversar com as famílias residentes nos lotes, a fim de ter ciência das demandas relacionadas a susceptibilidade dos solos do assentamento à processos de degradação e realizar as entrevistas semiestruturadas.

Esta etapa inicial de trabalho resultou em um primeiro contato com os agricultores e na observação primária dos problemas de degradação dos solos do assentamento, para que fosse elaborada a proposta de pesquisa, com foco nos problemas relatados pelas famílias.

4.3.2 Visita para coleta e estudo da cobertura pedológica

O método de Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, proposto por Boulet et al.(1982), propõe uma abordagem morfológica em topossequência, levando em consideração as características do solo. Esse método permite a reconstituição da distribuição espacial das organizações pedológicas ao longo das encostas e pelas relações existentes entre os perfis de solo (QUEIROZ NETO, 2002).

Existem premissas fundamentais de embasamento para a utilização da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, isto é, considerar que o solo é um meio estruturado e organizado, compondo uma cobertura contínua ao longo das encostas. As características dessa organização estão presentes em todas as escalas, desde a paisagem até o microscópio e o cruzamento das informações referentes às características e propriedades do solo, de sua utilização e história fundamentam o estudo consistente do solo da região analisada (QUEIROZ NETO, 2002).

Essa metodologia apresenta grande eficiência no diagnóstico de áreas com problemas de degradação dos solos, uma vez que auxilia a compreender a dinâmica das águas ao longo das vertentes e sua interação com as organizações pedológicas decorrentes do arranjo das partículas do solo e da geometria de seus horizontes (SILVA et al., 1999).

Os estudos de campo envolvem o mapeamento da cobertura pedológica e interpretação das suas estruturas e, a partir delas, é possível interpretar o funcionamento da cobertura de solo (BOULET et al., 1982). É um método eficaz e de baixo custo que permite avaliar as propriedades do solo no campo, e é adequado para ser utilizado em projetos de pesquisa e extensão em educação em solo (etnopedologia).

As diferenciações laterais e verticais do solo na topossequência foram definidas através da delimitação de compartimentos da vertente. Cada compartimento foi diferenciado dos outros levando em consideração a cobertura vegetal, a posição na encosta e as propriedades macro e micromorfológicas do solo.

Neste trabalho, os solos não serão definidos por meio de um critério taxonômico, uma vez que não foram coletadas as informações necessárias que possibilitem a classificação adequada. A classificação taxonômica difere fundamentalmente da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, pois esta abordagem utiliza como princípio o estudo do solo, que leva em consideração a organização espacial das camadas, geometria e propriedades físicas e químicas dos solos. Esse método auxilia também na compreensão do comportamento do sistema solo-planta na prática, visto que traz lucidez às variações presentes na cobertura (BOULET, 1982).

Os estudos da cobertura pedológica iniciam-se por visitas de campo. Foram escolhidos pontos representativos na encosta para a abertura de trincheiras, descrição morfológica e coleta de amostras de solo. Estes procedimentos permitiram a representação gráfica bidimensional da cobertura de solo.

Na segunda visita, realizada no dia 16 de outubro de 2016, foram localizados cinco pontos representativos para a abertura de trincheiras ao longo da encosta, a descrição dos perfis e a coleta de amostras deformadas e indeformadas para análises de laboratório e confecção de seções delgadas.

4.4 Atividade de Campo

4.4.1 Perfil Topográfico

Foi escolhida uma vertente que apresentasse os problemas de degradação dos solos relatados pelos moradores, bem como uma área de remanescente de mata, para que houvesse possibilidade de comparação entre as amostras coletadas. O perfil topográfico foi realizado com o auxílio de um clinômetro e uma régua graduada. Essa atividade foi realizada para obter o modelo do relevo, o cálculo do desnível topográfico e permitir a escolha dos pontos para a abertura das trincheiras, para a descrição e coleta de amostras e posterior realização de análises de laboratório e estudo da cobertura pedológica.

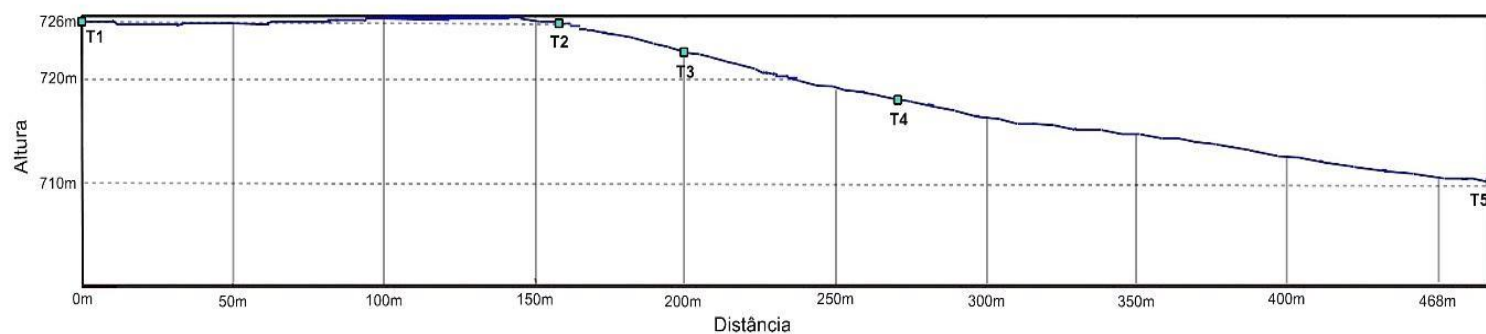


Figura 11: Perfil topográfico da topossequência escolhida para a realização da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica em lotes do PDS Santa Helena.

4.4.2 Abertura de trincheiras, descrição e coleta de amostras

A vertente onde foram coletadas as amostras de solo possui 470 m. Na direção escolhida, foram abertas 5 trincheiras posicionadas em todos os segmentos da vertente, marcadas as coordenadas geográficas de cada ponto de coleta, suas elevações e respectivo uso do solo. Os pontos de coleta foram georreferenciados com GPS pelo datum WGS 84 (Quadro 2).

Quadro 2- Coordenadas, elevação e uso do solo dos pontos de coleta da topossequência escolhida para Análise Estrutural da Cobertura Pedológica no PDS Santa Helena.

Pontos de coleta	Coordenadas UTM		Altitude (metros)	Uso e/ou Ocupação do solo
T1	23k 02 11 324	75 75 600	727	Área de remanescente de mata (RL vegetada)
T2	23k 02 11 207	75 75 490	726	Área de pastagem tecnicamente não manejada
T3	23k 02 11 214	75 75 449	722	Área de pastagem tecnicamente não manejada
T4	23k 02 11 238	75 75 372	721	Área de cultivo recente (milho e horticultura)
T5	23k 02 11 293	75 75 198	709	Área de pastagem tecnicamente não manejada

O ponto 1 (T1) representa a área de controle ou referência. Está localizado no alto da vertente e representa o perfil de solo sob um fragmento de vegetação de Cerrado (Cerradão) preservado e com serrapilheira na superfície. Visualmente, é o perfil que não apresenta processos de degradação evidentes. É importante ressaltar que a escolha do Ponto 1 como controle ou referência deu-se por conta de seu uso não exploratório, preservando o mais próximo possível, as características pedológicas do ecossistema original. Assim, sua análise não está condicionada aos parâmetros de qualidade física e química de solo, mas ao seu equilíbrio biogeoquímico com o ecossistema local.

Os pontos 2 (T2), localizado a 160 m de T1, e T3, a 40 m de T2 em direção à jusante, representam área atual de pastagem não manejada habitualmente pelos agricultores e apresentam baixa cobertura vegetal e exposição da superfície do solo.

O ponto (T4), a 70 m de T3, localizado na porção média da vertente, é uma região de cultivo recente de milho e horticultura, ou seja, que está sob manejo dos agricultores locais. Foi observada à campo a presença aparente de maior quantidade de serrapilheira, devido à atividade de uso do solo.

O ponto 5 (T5) está localizado a 180 m, à jusante de T4. A atividade atual de uso do solo observada foi a pastagem, embora tenha havido cultivos recentes, de acordo com os agricultores locais.

A descrição morfológica dos solos foi feita utilizando os parâmetros de cor (Código de Munsell), textura, estrutura, coesão, transição de horizontes, presença de raízes, porosidade, consistência, plasticidade e observações de feições pedológicas ou outra característica natural ou antrópica presente. A descrição morfológica permite identificar as principais variações

verticais em perfis de solo, pois fornece subsídios para a compreensão dos processos que ocorrem ao longo do perfil, além de estimar comportamentos relacionados à gênese, funcionamento, fertilidade e conservação e, conseqüentemente, características de produtividade associadas a ele (SILVA et al., 1999).

A descrição morfológica segue a metodologia proposta por Ruellan e Dosso (1993), que busca a caracterização com base em elementos simples (cor, textura, estrutura, presença de vazios e material vegetal) e de fácil compreensão aos agricultores. É importante ressaltar que durante toda a coleta de amostras e descrição dos perfis, os agricultores acompanharam os processos, buscando aprender as técnicas usadas e adicioná-las ao seus saberes tradicionais.

As trincheiras têm 60 cm de profundidade e as amostras foram coletadas entre as profundidades de 0-30cm e 30-60cm. Na superfície (0-30cm), é onde se espera encontrar as maiores concentrações de matéria orgânica e abaixo, entre 30-60cm, caracteriza o horizonte mineral subsuperficial. As profundidades de coleta escolhidas refletem os objetivos da pesquisa, uma vez que os maiores estoques de carbono orgânico estejam presentes nesses horizontes e que processos de degradação ocorram, principalmente, nas camadas superficiais do solo, por estarem mais expostas à condições intempéricas e alteradas pelo uso antrópico. Além disso, as atividades agrícolas possuem forte influência nessas profundidades.



Figura 12 (esq.): Abertura de T1 para coleta de amostras e explicação com os agricultores.
Figura 13 (dir.): Cálculo da declividade da topossequência com utilização de clinômetro.

Foram coletadas amostras deformadas para posterior realização de análises físicas e químicas e amostras indeformadas, para impregnação e observação em lâminas delgadas. As amostras deformadas foram coletadas e armazenadas em sacos plásticos, devidamente vedados

e identificados. Foram coletadas 3 amostras de cada profundidade, em cada ponto de coleta, totalizando 30 amostras deformadas de solo, 15 de 0-30cm e 15 de 30-60 cm.

Amostras indeformadas e orientadas foram coletadas para a confecção de seções delgadas. Estas foram coletadas em locais representativos, que apresentavam feições pedológicas características de observação, totalizando 7 amostras.

4.5 Atividades de Laboratório

4.5.1 Teor de umidade

A análise de teor de umidade das amostras coletadas em campo foi realizada no Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente do Departamento de Geologia Aplicada da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho- UNESP.

O teor de umidade foi obtido por meio da diferença de peso entre uma amostra de solo antes e após secagem em estufa a 110° C pelo período de doze horas. Os procedimentos laboratoriais seguiram as orientações da ABNT/ NBR 6457/86.

Em um recipiente de peso conhecido (W_c), foram armazenadas porções de amostra representativa (W). Na balança, foi pesada a massa da porção de amostra mais o recipiente ($W+W_c$). O conjunto permaneceu em estufa por doze horas, à 110 °C e foi pesado novamente ($W+ W_s$).

O teor de umidade (w) foi calculado então, a partir da fórmula:

$$W = [(W_c + w) - (W_c + W_s)] \div [(W_c + W_s) - W_c] = \frac{W - W_s}{W_s} = \frac{W_w}{W_s} \times 100 (\%) , \text{ em que:}$$

w = Teor de umidade em % W_c = Massa do recipiente (g)

W_w = Massa de água (g) W_s = Massa da amostra seca (g)

4.5.2. Granulometria

A análise textural das amostras coletadas em campo foi realizada no Laboratório de Física dos Solos, no Departamento de Ciência do Solo da ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo). A análise textural seguiu o método de peneiramento e densímetro, como proposto no Manual de Métodos de Análise de solo (TEIXEIRA et al, 2017).

A análise granulométrica pelo método do densímetro (ou Buyoucos) baseia-se na sedimentação das partículas que compõem o solo (DANE e HOPMANS, 2002). Após a adição de um dispersante químico, um tempo único para a determinação da densidade da suspensão é fixado e permite afirmar a concentração total de argila. As frações grosseiras (areias fina e grossa) são separadas por peneiramento e pesadas. O silte é obtido pela diferença (EMBRAPA, 1997).

Dessa forma, realizou-se, primeiramente, o peneiramento seco, retirando os materiais grosseiros. Em uma alíquota de 10 gramas de solo (TFSA), adicionou-se 50 ml de hidróxido de sódio (NaOH), como solução dispersante. A mistura foi homogeneizada em mesa agitadora orbital durante 12 horas à uma rotação de 42 rpm.

A suspensão foi peneirada em abertura de malhas de 0,210 mm e 0,053 mm para separar as frações de areia grossa e areia fina, respectivamente. Essas frações foram pesadas, posteriormente. O material restante foi colocado em uma proveta, com água destilada até 1.000 ml, para determinação das frações argila e silte pelo método do densímetro.

As classes estabelecidas para as frações granulométricas foram: duas frações de areia: grossa (G) = 2 a 0,25 mm; fina (F) = 0,25 a 0,05 mm; areia total (AT) = 2 a 0,05 mm; silte = 0,05 a 0,002 mm; argila total < 0,002 mm, conforme a USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos), que adota triângulo textural equilátero e escala americana (*Soil Survey*). As unidades da concentração de cada fração é g/kg.

As classes de textura obtidas estão entre: arenosa (ar), com argila até 149 g/kg; média arenosa (md-ar), com argila de 150 a 249 g/kg; média argilosa (md-arg), com argila de 250 a 349 g/kg; argilosa (arg), com argila de 350 a 599 g/kg e muito argilosa (mt-arg), com argila de 600 g/kg ou superior, conforme USDA.

4.5.3 Avaliação de fertilidade (Complexo Sortivo)

As análises de avaliação da fertilidade foram realizadas no Laboratório de Solos, do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- Universidade de São Paulo) em Piracicaba, São Paulo, e abrangem os seguintes atributos: pH em água e em cloreto de cálcio; concentração de Matéria Orgânica (mg dm^{-3}); Fósforo (mg dm^{-3}); Potássio (mg dm^{-3}); Cálcio/ Magnésio/ H^+ Al (cmolc dm^{-3}); Alumínio e Cálculos em Saturação de bases (mg dm^{-3}); Capacidade de Troca Catiônica (CTC); V ou índice de saturação por bases em % e m ou índice de saturação por alumínio trocável em %.

Os procedimentos utilizados na extração de cada informação química estão descritos, de acordo com o Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes (SILVA et al., 2009).

- **pH (H₂O); pH CaCl₂ 0,01 mol. L⁻¹**

Representa a medição da concentração efetiva de íons H^+ na solução do solo, eletronicamente, por meio de eletrodo combinado, imerso em suspensão. A proporção entre solo e água deve ser de 1:2,5.

- **Fósforo (P), Potássio (K) → Extração com Solução Mehlich1**

A solução extratora de Mehlich1, também chamada de solução duplo-ácida ou de Carolina do Norte, é constituída por uma mistura de ácido clorídrico (HCl) na concentração de 0,05 mol/L e ácido sulfúrico (H₂SO₄) na concentração de 0,0125 mol/L. O emprego dessa solução como extratora de fósforo, potássio, sódio e micronutrientes do solo baseia-se na solubilização desses elementos pelo efeito de pH, entre 2 e 3, sendo o papel do Cl^- o de restringir o processo de readsorção dos fosfatos recém-extraídos. A relação solo/extrato sugerida foi de 1/10.

- **Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al) → Extração com Solução KCl**

O Cálcio (Ca) e o Magnésio (Mg) trocáveis foram extraídos por Cloreto de Potássio (KCl) na concentração de 1 mol/L, em conjunto com o Alumínio trocável, titulando-se numa fração do extrato o alumínio com Hidróxido de Sódio (NaOH), na presença de azul de bromotimol como indicador. Em outra fração do extrato, foram titulados o cálcio e o magnésio por complexometria com EDTA, usando-se como indicador o negro de eriocromo-T. Numa

terceira alíquota, foi feita a determinação de cálcio por complexometria com EDTA e ácido calconcarbônico como indicador. Os valores foram calculados em cmolc/dm^3 .

- **H + Al (acidez potencial) → Extração com Solução de Acetato de Cálcio pH7**

Extração da acidez potencial de solos foi feita com solução de acetato de cálcio e titulação alcalimétrica do extrato. A extração do $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ pelo acetato de cálcio é baseada na propriedade tampão do sal, devido à presença de ânions acetato. Com o pH ajustado em 7,0 ele extrai grande parte da acidez potencial do solo, até este valor de pH.

- **Matéria Orgânica → Dicromato/ colorimétrico**

A determinação do teor de matéria orgânica do solo foi realizada de acordo com o Manual de análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais (RAIJ et al., 2001) pelo método colorimétrico com a adição Dicromato de potássio.

O carbono da matéria orgânica da amostra é oxidado a dióxido de carbono (CO_2) em meio fortemente ácido e o cromo (Cr) da solução extratora é reduzido da valência +6 (Cr^{+6}) à valência +3 (Cr^{3+}). Em seqüência, a titulação do excesso de dicromato de potássio pelo sulfato ferroso amoniacal é realizada.

- **Cálculos em Saturação de bases**

O valor S, que é a soma de bases trocáveis, foi calculado em cmolc/dm^3 de TFSA, de acordo com a seguinte expressão:

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{NH}_4^+$$

- **Capacidade de Troca Catiônica (CTC)**

A Capacidade de Troca de cátions (CTC), que corresponde à soma das bases trocáveis mais a acidez potencial, é calculado em cmolc/dm^3 de TFSA (terra fina seca ao ar), de acordo com a seguinte expressão:

$$CTC = S + H^+ + Al^{3+}$$

- **Cálculo de V em %.**

O valor V, ou índice de saturação por bases, foi calculado em porcentagem, de acordo com a seguinte expressão:

$$V = (100 \times S) / CTC$$

- **Cálculo de m**

O valor m, ou índice de saturação por alumínio trocável ou % de Al^{3+} , foi calculado em porcentagem, de acordo com a seguinte expressão:

$$m = (100 \times Al^{3+}) / (S + Al^{3+})$$

4.5.4 Impregnação de amostras para a confecção de lâminas e descrição micromorfológica

A análise microscópica permite a observação de dois constituintes de materiais pedológicos: o plasma e o esqueleto. O plasma é definido como a classe de materiais com dimensão inferior à 2 micra de diâmetro e representa a fração argila granulométrica. Já o esqueleto, abrange materiais de extensão entre 2 e 2.000 micra, correspondendo geralmente às frações silte e areia (BULLOCK et al., 1985). Por meio da identificação dos componentes presentes na fração sólida do solo, do modo de organização desses constituintes e dos poros presentes é possível compreender os processos dinâmicos do solo, bem como sua evolução (CASTRO, 1989).

Com relação à composição, o plasma é constituído por argila mineralógica, óxidos e hidróxidos, matéria orgânica, sais solúveis, poeiras e cinzas e é visto com grande importância, principalmente por suas funções químicas e de agente cimentante. O esqueleto constitui-se basicamente por minerais primários residuais dos processos pedogenéticos, sendo considerados como fração inerte do solo (CASTRO, 1989).

Para a confecção das lâminas, as amostras indeformadas de solo foram impregnadas com resina araldite no LAFS (Laboratório para Análise de Formações Superficiais / DEPLAN-Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento/UNESP) à vácuo.

As seções delgadas de 3 x 5 cm foram confeccionadas no Laboratório de Laminação do Departamento de Petrologia e Metalogenia (DPM /UNESP).

A observação foi feita em microscópio petrográfico com luz refletida e transmitida. Usou-se um microscópio óptico Zeiss Axioskop 4.0 (Laboratório de Microscopia II Departamento de Petrologia e Metalogenia/UNESP). As lâminas foram descritas de acordo com

a proposta de Castro (1989) e Stoops et al. (2010). Foram obtidas micrografias com a utilização do programa KS400 de análise de imagens ZEISS, acoplado ao microscópio no Laboratório de Fotomicroscopia (DPM/ UNESP).

A análise microscópica de materiais pedológicos ou micromorfologia de solos é caracterizada pela observação dos componentes sólidos desses materiais e suas classificações relacionadas à sua natureza e aos seus arranjos espaciais. A observação é feita com o auxílio de equipamentos ópticos, como o microscópio ótico polarizante, tipo petrográfico. A análise de micromorfologia é de fundamental importância na interpretação da dinâmica do solo, dos processos de alteração pedogenética, assim como da evolução dos mesmos, permitindo estabelecer prognósticos em condições ambientais espontâneas, de controle ou ainda, visando a recuperação de um solo degradado (CASTRO, 1989).

Sendo assim, os objetivos centrais da realização da análise microscópica nesse trabalho relacionam-se ao diagnóstico da cobertura pedológica, em função de seu uso nos lotes analisados do Assentamento Santa Helena.

A seleção de camadas pedológicas para a coleta de amostras indeformadas deu-se pela observação visual de feições diferenciadas, como presença de quartzo lavado, aumento ou redução das quantidades aparentes de argila e matéria orgânica no solo, entre outras. Dessa forma, todas as trincheiras possuem pelo menos uma seção delgada, permitindo assim a compreensão de processos pedológicos ao longo da vertente do estudo.

4.6 Tratamento estatístico dos dados físicos e químicos

Uma série de dados referentes à diversos atributos compõe o diagnóstico dos processos pedológicos da vertente deste estudo. Devido à essa diversidade e levando em consideração a melhor visualização dos resultados, optou-se por realizar uma Análise de Componentes Principais (PCA). Ela se constitui em uma importante ferramenta usada para a visualização de relações lineares, convertendo variáveis não lineares em componentes lineares relacionados (MUTEMA et al., 2015).

Gotelli (2011) diz que a PCA é uma maneira simplificada de ordenar dados multivariados, nos quais criam-se variáveis-chave, compostas por composições de todas, caracterizando o máximo possível a multiplicidade. Dessa forma, recorrendo a essas novas

variáveis, é possível realizar regressões múltiplas, a fim de destacar a significância de suas correlações.

A PCA foi realizada com o auxílio do software *JMP Statistical Discovery-From SAS*. Tal procedimento, permite a comparação entre as variáveis químicas obtidas nos pontos de coleta e entre os perfis usados por pastagem e agricultura com o perfil recoberto por vegetação remanescente.

No gráfico da PCA (Figura 19), as denominações T1.1 e T1.2, por exemplo, referem-se às coletas realizadas em diferentes profundidades. Sendo assim, os horizontes superficiais (0-30cm) das trincheiras estão descritos como T1.1, T2.1, T3.1, T4.1e T5.1 e os horizontes de subsuperfície (30-60cm) descritos como T1.2, T2.2, T3.2, T4.2, T5.2.

Foi realizada também uma análise comparativa com um levantamento de dados de pesquisas com solos de características semelhantes aos deste trabalho, em diversas localidades do país. A descrição do levantamento realizado e demais informações podem ser observadas no capítulo 5.7.

O levantamento deu-se de modo a considerar pesquisas que tivessem análises químicas de solos com textura arenosa. O objetivo da análise comparativa foi estabelecer relações de qualidade de solo, em função do uso e ocupação e o manejo realizado. O tratamento estatístico dos dados obtidos no levantamento das pesquisas foi realizado com o auxílio do programa R.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Histórico do Uso e Ocupação das Terras e susceptibilidade à degradação

As categorias de uso e ocupação da terra do PDS Santa Helena são: uso agrícola, áreas construídas e fragmentos de vegetação natural. As áreas construídas compõem casas e celeiros e os fragmentos de vegetação correspondem às áreas de Reserva Legal vegetada e não vegetada e de Preservação Permanente do PDS, como já dito no capítulo 4.1.1.

De acordo com observações dos agricultores, a região hoje destinada ao Assentamento Santa Helena era, anteriormente, utilizada para o monocultivo de cana-de-açúcar, com utilização de agroquímicos. Entretanto, como já dito no capítulo 4, a modalidade PDS (Projeto de Desenvolvimento Sustentável) do Assentamento, prevista pelo INCRA, não permite a utilização desses insumos, exigindo o manejo vinculado à princípios e práticas de base ecológica na produção agropecuária.

Retomando o contexto histórico do surgimento do PDS Santa Helena, a área era denominada Fazenda Santa Helena. O espaço foi arrendado para o plantio de cana de açúcar sob gerenciamento da Usina Ipiranga, que pertence ao grupo Copersucar, do município de Descalvado/SP e, de acordo com pesquisas realizadas na área, uma parte do terreno era destinada à exploração de avicultura de corte (SARAVELLE et al., 2016).

De acordo com Spera et al. (1999), a utilização de fertilizantes sintéticos em solos suscetíveis à processos de degradação, quando feita inadequadamente, faz com que a terra se desgaste com poucos anos de uso, necessitando assim, de manejo planejado para permanecerem produtivas. Quando a textura predominante do solo é arenosa, como no caso deste estudo, a drenagem excessiva favorece processos de lixiviação dos nutrientes, especialmente nitrogênio e potássio (SOUSA, 2009).

Segundo o sistema de classificação de capacidade do uso das terras de Lepsch et al. (1991), os solos areno-quartzosos do PDS Santa Helena são enquadrados na classe IV, ou seja, terras com limitações severas, quando utilizadas para culturas anuais. Cultivos perenes nesses solos requerem manejo adequado com cuidados especiais em relação aos nutrientes facilmente lixiviáveis (N, P e S, principalmente) e também ao controle da erosão hídrica e eólica e à economia de água, por suas características de baixa retenção (EMBRAPA, 1999).

Caso não haja cuidados adequados com relação à manutenção dos solos desde o início da exploração, é comum o depauperamento (esgotamento) da produção, com consequências irreversíveis e inadequadas aos agricultores (EMBRAPA, 1999).

A realização das atividades agrícolas (cultivo de cana-de-açúcar, pecuária e avicultura de corte), anteriormente ao estabelecimento das famílias pelo INCRA, pode ter gerado interferências na produtividade atual das terras e conservação dos recursos nela instalados. Desse modo, questiona-se a coerência das exigências sugeridas pelo INCRA e pelo CONDEMA de São Carlos, levando em consideração as condições e características físicas, químicas e biológicas nas quais as famílias receberam as terras.

É discutível, portanto, a atribuição da modalidade do assentamento sem considerar características da região, bem como sua aptidão agrícola. A avaliação da aptidão agrícola tem como base a realização de levantamentos de aspectos físicos, químicos e biológicos, bem como a interpretação das análises para classificar adequadamente e criar zoneamentos que favoreçam o uso consciente dos recursos (RAMALHO FILHO e PEREIRA, 1999).

Em um cenário de alta vulnerabilidade a processos de degradação, e, simultaneamente, de importância ambiental e social, é fundamental o estabelecimento de medidas, desde a criação do Assentamento, visando orientar as famílias quanto à forma de utilização dos recursos. Essa instrução técnica se faz necessária para que haja o cumprimento das premissas de existência da modalidade PDS de assentamentos rurais, de acordo com a Portaria 477/99 do INCRA e com as exigências do CONDEMA de São Carlos, como já vistas.

Vale ressaltar ainda o não cumprimento das exigências referentes às áreas que devem ser preservadas ou recuperadas. Segundo a Lei 12.651/2012 (Código Florestal), no Art. 12, em imóveis rurais no bioma Cerrado, localizados fora da Amazônia Legal, a área indicada para a Reserva Legal é de 20% do total do terreno, respeitando-se as normas relativas à Áreas de Preservação Permanente (BRASIL, 2012).

De acordo com as informações obtidas, aproximadamente 17% das áreas são destinadas à Reserva Legal, sendo que 7 hectares (40% da RL) ainda precisam ser recuperados para restabelecer o equilíbrio ecossistêmico original da região (Figura 6). Durante a realização das entrevistas semiestruturadas, os agricultores revelaram que a Área de Preservação Permanente em torno do rio e da represa foi recuperada após o assentamento das famílias, com o auxílio

financeiro e técnico da prefeitura de São Carlos.

Segundo o depoimento de uma das agricultoras, não existe fiscalização ou apoio por parte dos órgãos públicos para a recuperação completa das áreas de RL. Para que isso seja possível, de acordo com ela, é necessário o engajamento por parte de universidades, institutos de pesquisa, órgãos públicos ou iniciativas privadas, que tragam recursos financeiros e de monitoramento das ações realizadas.

5.2 A cobertura pedológica: as propriedades do solo e os desafios do uso e conservação

Segundo Raij (2011), o conhecimento a respeito da classificação, dos atributos físicos e químicos do solo, bem como sua composição mineralógica e microbiológica são necessários para o manejo adequado e, uso sustentável do recurso do solo, com vistas à sua recuperação e conservação.

Foram observados em campo, solos com elevada presença de areia quartzosa e baixa de partículas finas de argila e matéria orgânica. Essa propriedade textural é condizente com a natureza do material parental arenítico.

Utilizando como base o mapeamento pedológico do Estado de São Paulo (ROSSI, 2017), os dados georreferenciados da área de estudo são coincidentes com solos NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico álico e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO/VERMELHO Distrófico típico.

As principais características atribuídas a esses solos são a textura arenosa, alta permeabilidade e baixa capacidade de troca catiônica (EMBRAPA, 1999). Sua composição mineral primária e residual é constituída basicamente por quartzo, ou seja, não possui a presença de minerais alteráveis, fato que pode prejudicar a obtenção de nutrientes pelas plantas (OLIVEIRA e PRADO, 1984). Em geral, não possuem contato lítico, material endurecido sob o solo, em até 50 cm de profundidade, e são considerados órticos, por não apresentarem lençol freático elevado na maior parte do ano (EMBRAPA, 2006).

Com o auxílio do software *Google Earth*, das coordenadas geográficas obtidas em campo, e das medidas feitas com clinômetro e régua graduada, foram localizados os pontos de abertura das trincheiras (Figura 14).



Figura 14 – Localização das trincheiras para abertura de perfis, descrição e coleta de amostras da topossequência selecionada no PDS Santa Helena. Fonte: Google Earth

O relevo é plano e suave ondulado e a encosta longa e retilínea. Esse modelo de encosta é suscetível ao desenvolvimento de erosão hídrica superficial laminar, particularmente quando o solo está exposto, como é o caso da área de estudo. A erosão laminar resulta da combinação entre a ação desagregadora do impacto das gotas de chuva e a força de arraste do escoamento superficial (SANTOS, NORI e OLIVEIRA, 2010). O resultado é o transporte de materiais finos e sua deposição na porção baixa da vertente e formação, no solo, de camada superficial empobrecida em argila e matéria orgânica (GOMES e FILIZOLA, 2006).

A cobertura vegetal mostrou-se insuficiente para diminuir o impacto da chuva e a velocidade do fluxo hídrico na encosta. Exceto na montante, onde o solo está recoberto por vegetação arbórea densa, os outros segmentos da encosta estão sobre gramínea (*Paspalum notatum*, conhecida também como grama batatais ou de pasto), cuja densidade é escassa para recobrir completamente o solo, como observado no campo (Figura 15). Associado com fatores climáticos como exposição a forte insolação e volume e impacto de chuvas, contribuem para

acelerar o processo de degradação em um ambiente frágil como o dos solos arenosos da vertente em estudo.



Figura 15- Segmento médio da encosta que está sob gramínea com densidade insuficiente para recobrir completamente o solo. Ponto entre T2 e T3. Foto: Fernanda Cardozo.

As características intrínsecas do solo constituem-se, portanto, em outro fator de suscetibilidade. As trincheiras estudadas mostraram solos homogêneos ao longo da encosta por sua textura arenosa em toda a vertente. Contudo, foram individualizadas morfologias de solo conservado e outras que sugerem degradação.

Na análise de campo, o ponto T1 (Figura 16), segmento superior da vertente, apresentou coloração bruno avermelhado escuro (5YR 3/4) na camada de 0-30 cm e vermelho (2,5YR 4/6) de 30-60cm. A textura areno-argilosa (pouca argila), estrutura em blocos subangulares com subestrutura grumosa, presença de raízes (diâmetro inferior a 2mm) até a profundidade de 0-60cm, porém mais frequentes na camada 0-30cm. Grãos de quartzo soltos são visíveis na camada de 30-60 cm (volumes de areia lavada).



Figura 16: Abertura de Trincheira no ponto de referência (T1).
Fotos: Fernanda Cardozo.

A T2 (Figura 17) localizada no segmento médio superior da vertente, apresenta coloração vermelho escuro (2,5YR 3/6), com manchas vermelho amareladas (5 YR 4/6) na camada de 0-30cm e bruno avermelhado escuro (5YR 3/4) na camada de 30-60cm, textura areno-argilosa, estrutura maciça que se rompe em grãos simples, compactação aparente com volumes assimétricos de areia lavada. Na camada de 0-30 cm nota-se a ausência de raízes e presença de cobertura vegetal esparsa de pastagem.



Figura 17- (A) Abertura da Trincheira T2 (B) Foco no volume assimétrico de areia lavada observado no perfil. Fotos: Fernanda Cardozo

O ponto T3, segmento médio da vertente, apresentou coloração vermelho amarelado (5YR 4/6) na camada de 0-30cm e bruno avermelhado escuro (5YR 3/4), de 30-60cm, textura arenosa, maciço que se rompe em grãos simples, compactação aparente, presença de raízes com diâmetro inferior à 2mm apenas na camada de 0-30cm, presença de grãos de areia solta lavada na superfície e subsuperfície do solo, cobertura vegetal de pastagem com gramínea. (Figura 18 A)

Em T4, no segmento médio inferior da vertente, apresentou coloração vermelho amarelado (5YR 4/6) na camada de 0-30cm e bruno avermelhado escuro (5YR 3/4) na camada de 30-60cm, maciço que se rompe em grãos simples, textura areno-argilosa, presença de raízes finas com diâmetro inferior à 5mm na camada superior e diâmetro inferior à 2 mm na camada de 30-60 cm, poros de até 1mm de diâmetro, cobertura vegetal com cultivo recente de culturas anuais (milho e horticultura).

Em T5, no segmento inferior da vertente, próximo ao vale, apresentou coloração vermelho amarelado (5YR 4/6) na camada de 0-30cm e vermelho escuro (2,5 YR 3/6) na camada de 30-60 cm, maciço com subestrutura laminar de 0-30cm e maciço com subestrutura em blocos de 30-60 cm, textura arenosa em 0-30cm e textura areno-argilosa em 30-60cm, presença evidente de grãos de quartzo de 0-30 cm; presença de raízes finas com diâmetro inferior à 5mm em todo o perfil; notou-se aumento de umidade de acordo com a profundidade; porosidade observada em subsuperfície, com poros de até 1 mm de diâmetro. A Figura 18 B indica a ocorrência de atividade biológica observada na camada de subsuperfície em T5.



Figura. 18: (A) Abertura da trincheira T3. (B) Observação de vida no solo na camada de subsuperfície em T5. Foto: Fernanda Cardozo

Obviamente, devido a textura arenosa, os solos não apresentam plasticidade e a porosidade entre grãos (macroporosidade) é bastante desenvolvida.

A presença de maior cobertura vegetal, mata e cultivo, teve relação direta com a presença de raízes no solo. Em relação a cor, a presença de matéria orgânica decomposta ou em fase de decomposição é responsável pela alteração da coloração (KERN & KÄMPF, 1989), e a presença de raízes nesses perfis representa aporte de material para decomposição.

Como era esperado, no perfil T1 (referência), sob a vegetação remanescente e em processo de sucessão natural, o sistema radicular aprofunda-se até mais de 60 cm no perfil e os solos possuem pedalidade melhor desenvolvida (estrutura em blocos com subestrutura grumosa).

A presença de mata em T1 reduz a incidência da radiação solar nos solos e aumenta o sombreamento do terreno fornecido por diferentes estratificações da vegetação local (baixo e médio porte) e pela cobertura de solo (serrapilheira). A matéria orgânica (MO) é então incorporada ao solo, pela decomposição por microorganismos, favorecendo a formação de agregados. A MO representa um importante componente para a boa estrutura do solo, pois eleva a capacidade de retenção de água, fornece alimento aos microrganismos presentes, nutrientes para as plantas e representa importante proteção superficial ao solo (ARAUJO & MONTEIRO, 2007; GLIESSMAN, 2005 e SPERA et al., 1999).

Comparando com os outros perfis, obteve-se feições que indicam perda das propriedades originais (neste caso, o solo da trincheira T1), que remetem a possíveis processos de degradação ou que podem ter influência na topografia da vertente. Feições de degradação foram identificadas nas trincheiras T2 e T3, localizadas em áreas de pastagem extensiva, com vegetação esparsa de gramínea e solo exposto em vários locais (Figura 15). Destaca-se a presença de grãos de quartzo soltos e lavados na superfície e estruturas internas compostas por volumes arenosos com grãos soltos, macroporosos e sem argila. Associado ao transporte mecânico de argila, todas as características sugerem que as partículas finas argilosas estão sendo transportadas dos horizontes, fato que pode aumentar a suscetibilidade à erosão.

A carência de nutrientes no solo e o manejo animal inadequado configuram-se entre as

principais causas da degradação de pastagens no cerrado (VILELA et al., 2002). A sazonalidade climática em ambientes de cerrado inibe a atividade biológica interna do solo. Os períodos secos longos, com elevada insolação, dificultam a atividade decompositora dos organismos e, conseqüentemente, a incorporação da matéria orgânica no solo (BERNARDI et al., 2003). Este pode ser um dos fatores determinantes na quantidade de materiais finos que diferencia o perfil T1 dos demais. A perda de matéria orgânica em pastagens em solos arenosos, principalmente em situações de exploração não intensiva, pode ser frequente, dependendo das condições de topografia e precipitações intensas ao longo do ano (BODDEY et al., 1996).

Estudos prévios como o de Barcellos (1996) e Brossard (2005), indicaram que, de modo geral, a adoção de sistemas de pastagem em áreas de cerrado, quando não bem manejadas, podem ocasionar a redução da fertilidade dos solos e redução da qualidade de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, a depender dos processos pedogenéticos e do material de origem do solo. Apesar de ser uma atividade de grandes vantagens ao agricultor em termos econômicos, é necessário considerar externalidades negativas relacionadas aos impactos ambientais dela decorrentes.



Figura 19: Solo descoberto e ocorrência de núcleos com erosão hídrica próximos às trincheiras 2 e 3 da vertente do estudo. Fotos: Larissa Nunes/ Fernanda Cardozo.

O ponto T4 é uma área de cultivo recente de milho e horticultura por plantio direto. O sistema de plantio direto prevê pouca interferência no horizonte superior do solo e a manutenção da serrapilheira (RAIJ, 2011). Assim, a matéria orgânica é decomposta e auxilia tanto na formação de estrutura no solo, quanto no aporte de nutrientes para as plantas. Esse sistema evita

processos de perda de matéria orgânica por lixiviação e pelo impacto das gotas de chuva sob o solo não coberto.

Em T5, localizado a 180 m à jusante de T4, há mudanças nítidas na estrutura, textura e coloração do solo entre as duas camadas analisadas (0-30cm e 30-60cm). Por estar localizado no limite entre a encosta e o vale, houve o aumento da fração areia, associado com uma certa organização paralela dos materiais em camadas finas, típicos de deposição. No horizonte de subsuperfície foi possível observar atividade biológica (Figura 18 B) e um solo com estrutura de blocos subangulares e maior quantidade de argila.

De modo geral, as trincheiras estudadas apresentaram solos sem estrutura e a transição entre os horizontes dos perfis é gradual. Todos os perfis apresentaram textura entre arenosa e areno-argilosa, com um leve gradiente textural e maior presença de argila em subsuperfície. Portanto, são solos com estrutura não desenvolvida que, combinada ao elevado teor de areia, resulta em materiais extremamente frágeis ao uso e conservação. O baixo desenvolvimento estrutural ou mesmo a ausência de agregados em solos arenosos está relacionado com a escassez de agentes cimentantes. A ausência de vegetação preservada e o manejo não adequado da pastagem inibem a ação da micro e macrofauna do solo, que contribui efetivamente no desenvolvimento da pedalidade e formação de estruturas estáveis, principalmente em ambientes naturalmente frágeis, como regiões de Cerrado (ARAUJO & MONTEIRO, 2007; BERNARDI et al., 2003; WOHL et al., 2012).

Dedecek (1986) e Oliveira et al. (2015) consideram a cobertura vegetal fator fundamental de redução de perdas de solo no cerrado por erosão, mesmo que seja feita por pastagens perenes, tecnicamente manejadas, é possível uma redução de mais de 50% da perda de solo, levando em consideração características intrínsecas de cada ambiente. Essa informação é muito relevante para a compreensão da dinâmica do solo na vertente do estudo.

5.3 Parâmetros Físicos e Químicos do solo

Segundo Raij (2011), cada tipo de solo difere entre si devido à uma série de propriedades e características decorrentes de variações ligadas à granulometria, permeabilidade do solo, riqueza em nutrientes, composição mineralógica, porosidade e profundidade do solo. Desse modo, cada atributo analisado interfere nos processos e na dinâmica do solo, dependendo de suas funções ecológicas ou do uso que se pretende atribuir a ele.

Atributos como pH, CTC, concentração de macro e micronutrientes são considerados indicadores químicos de qualidade do solo, que podem afetar as relações solo-planta, retenção de água, disponibilidade de nutrientes e fertilidade.

5.3.1 Atributos físicos

Confirmando as observações de campo, a análise granulométrica mostrou as características de um solo que variou de textura muito arenosa a médio-arenosa nas camadas analisadas.

Tabela 1: Análise Granulométrica dos solos topossequência do PDS Santa Helena.

PERFIL	PROFUNDIDADE (cm)	DETERMINAÇÕES			
		AT (g Kg ⁻¹)	Silte (g Kg ⁻¹)	Argila (g Kg ⁻¹)	Classe de textura
T1	00 a 30	798	25	176	md-ar
	30 a 60	767	20	213	md-ar
T2	00 a 30	801	25	173	md-ar
	30 a 60	812	34	154	md-ar
T3	00 a 30	794	29	176	md-ar
	30 a 60	779	20	201	md-ar
T4	00 a 30	855	23	123	ar
	30 a 60	827	22	151	md-ar
T5	00 a 30	906	19	75	ar
	30 a 60	859	16	124	ar

Legenda: T = trincheira; AT= areia total; md-ar = médio arenoso; ar = arenoso.

Apesar da relativa homogeneidade descrita em campo, os dados granulométricos indicam que T1 apresenta menor teor de areia total e maior porcentagem relativa de argila, principalmente em subsuperfície (camada de 30-60cm).

Excetuando-se a trincheira T2, todas as camadas apresentaram um leve aumento de finos nas camadas subsuperficiais (30 a 60 cm). Esses resultados, associados à descrição morfológica de campo, confirmam a tendência natural de eluviação da argila.

A granulometria é um atributo de fundamental relevância na caracterização do solo e identificação dos processos que nele ocorrem (RAIJ, 2011). Por ser um atributo físico do solo, reflete diretamente no suporte de crescimento radicular, armazenamento de água, atividade biológica e trocas catiônicas (ARAÚJO et al., 2012).

Existe uma estreita relação entre a textura do solo e sua capacidade de resiliência, principalmente relacionando-a com a capacidade de troca catiônica, permeabilidade, retenção de água e erodibilidade (MEURER, 2007). Assim, a granulometria representa um atributo chave na escolha de práticas de manejo que contribuam para o aumento da capacidade de suporte do solo.

A textura pode influenciar ainda na produtividade de diversas formas. Um solo muito arenoso, apresenta, em geral, baixo teor de matéria orgânica e, como consequência, baixa capacidade de retenção de nutrientes e de água, o que pode ser a causa de limitação da produtividade em períodos de seca, em culturas não-irrigadas (RAIJ, 2011). Como os solos do PDS Santa Helena possuem textura naturalmente arenosa, é de se esperar que os índices de matéria orgânica, CTC e outros atributos apresentem valores inferiores, quando relacionados aos parâmetros de qualidade de solos direcionados à alta produtividade.

Na Tabela 2, são apresentados os resultados do teor de umidade para cada amostra coletada.

Tabela 2: Dados de teor de umidade da toposequência do solos estudados no PDS Santa Helena obtidos no Laboratório de Geotecnia da UNESP/RC.

PERFIL	PROFUNDIDADE	T.U (%)
T1	00 a 30	1,16
	30 a 60	0,88
T2	00 a 30	0,95
	30 a 60	1,13
T3	00 a 30	1,80
	30 a 60	1,83
T4	00 a 30	0,93
	30 a 60	1,81
T5	00 a 30	0,19
	30 a 60	5,10

O teor de umidade indica a capacidade de retenção e a permeabilidade de água no solo. Pode assumir o valor de 0%, para solos secos, até valores superiores a 100%, em solos orgânicos

(ALMEIDA, 2005). Nota-se que o Teor de Umidade (TU) das amostras analisadas apresenta valores muito baixos, característicos de solos arenosos. O método utilizado representa a umidade do solo no momento de coleta, realizada no final do período de estiagem (mês de setembro).

Esses valores eram esperados, por se tratar de solos fortemente arenosos, e contribuem com a interpretação de suscetibilidade e desafios para o uso e manejo. A água é rapidamente drenada dos perfis, o que destaca a importância de criação de agregados no solo, em direção ao aumento na capacidade de retenção de água, para que, então, a atividade biológica possa ser restabelecida. A atividade biológica fecha, portanto, o ciclo, contribuindo para a estruturação e agregação do solo, por meio da mediação de processos físicos e químicos (POWLSON, BROKES & CHIRSTENSEN, 1997; ARAUJO & MONTEIRO, 2007).

5.3.2 Atributos químicos (Complexo Sortivo- Análise de Avaliação da Fertilidade)

Os atributos químicos do solo possuem estreita relação com a reatividade, principalmente levando em consideração sua acidez ou basicidade e interações químicas e ecossistêmicas decorrentes dessas condições (MEURER, 2007). A interpretação dos dados químicos permitiu compreender as limitações do solo e analisar parâmetros de qualidade, fortalecendo o entendimento sobre a dinâmica do solo e processos pedológicos decorrentes dessas interações.

Na Tabela 3 estão apresentados resultados das análises químicas dos solos do PDS Santa Helena.

Tabela 3: Complexo sortivo das amostras de solo relativas à topossequência do estudo, coletadas no Assentamento PDS Santa Helena, São Carlos – SP.

PERFIL	PROFUNDIDADE (cm)	DETERMINAÇÕES												
		pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	P Mehlich 1 (mg.dm ⁻³)	K (mg.dm ⁻³)	Ca KCl 1mol.L ⁻¹ (cmolc/dm ³)	Mg KCl 1mol.L ⁻¹ (cmol/.dm ³)	Al KCl 1mol.L ⁻¹ (cmolc.dm ⁻¹)	H+Al Acetato de Cálcio (cmolc.dm ⁻³)	M.O. Colorimétrica (g.dm ⁻³)	SB (cmolc.dm ⁻³)	CTC (cmolc.dm ⁻³)	V (%)	m (%)
T1	00 a 30	4,8	4,2	1,7	16	0	0	0,5	2,9	6,7	0	2,9	-*	100
	30 a 60	4,8	4,3	0,9	7	0	0	0,4	3,6	3,5	0	3,6	-*	100
T2	00 a 30	5,6	5	1,5	22	0,8	0,6	0,1	2,4	8	1,5	3,9	38,5	6,25
	30 a 60	5,9	5,1	0,8	6	0,5	0,3	0,1	2	1,3	0,8	2,8	28,6	11,1
T3	00 a 30	6,2	5,2	1	32	0,5	0,8	0,1	2,3	4,2	1,4	3,7	37,8	6,67
	30 a 60	6,3	5	1	15,6	0,2	0,3	0,1	2,6	2,6	0,9	3,5	25,7	10
T4	00 a 30	6,2	5,4	3,5	17	0,9	0,9	0,1	2,1	10,3	1,8	3,9	46,2	5,26
	30 a 60	6,1	5,3	0,9	7	0,7	0,6	0	3	2,9	1,3	4,3	30,2	0
T5	00 a 30	6,2	5	7,9	12	0,3	0,2	0,1	1,5	0,3	0,5	2	25	16,6
	30 a 60	5,8	4,8	1,6	6	0,6	0,4	0,1	2,5	3,5	1	3,5	28,6	9,09

-* valores abaixo de detecção do método.

De acordo com o resultado das análises, os valores de pH em H₂O estão entre 4,8 e 6,3. Segundo Raij (2011), solos arenosos em superfície, com aumento de argila em profundidade podem representar condições favoráveis à disponibilidade de água, porém, caso ele seja ácido em profundidade, existem prejuízos no crescimento das raízes e na absorção de nutrientes pelas plantas, o que contrapõe os benefícios à produtividade no local.

Fatores como o material de origem, condições climáticas de temperatura e precipitação anual e processos de formação do solo podem determinar o pH. Em ambientes tropicais, tais fatores favorecem o intemperismo e geram solos de caráter ácido, em sua maioria. O potencial de hidrogênio representa uma variável química de fundamental importância para a reatividade do solo e possui relação direta com a disponibilidade de nutrientes às plantas, bem como na solubilidade de elementos tóxicos, como o alumínio, na atividade biológica do solo e nas reações de sorção, desorção e precipitação de elementos (MEURER, 2007).

Em termos de fertilidade do solo, do ponto de vista agrônomo, solos de pH inferior à 5,5 possuem problemas que devem ser corrigidos com a aplicação de insumos (FREITAS, 2013). Solos de caráter ácido podem provocar danos ao crescimento das plantas em função da elevada concentração de elementos potencialmente tóxicos, como o alumínio e manganês, uma vez que a solubilidade do alumínio aumenta consideravelmente nessas condições, podendo ocupar grande parte dos complexos de troca (FOY, 1974).

Os dados de pH obtidos em T1 indicam elevada acidez, segundo a classificação de Raij (2011). Os perfis T3 e T4 possuem valores de pH mais elevado (entre 5,0 e 6,3). Curiosamente, os maiores valores de pH foram determinados nas trincheiras em que o uso do solo é de pastagem ou de cultivo recente. Esses resultados sugerem que possa ter havido algum processo de correção do pH no solo, como calagem.

A calagem representa o processo de aplicação de um elemento corretivo de acidez no solo, em geral, calcário. Ela influencia diretamente em vários aspectos como a soma de bases (SB) e a CTC, elevando dessa forma a disponibilidade de nutrientes. Além disso, também eleva o pH a um nível no qual a presença de alumínio seja indisponível às plantas, evitando assim, processos de intoxicação das culturas presentes (EMBRAPA, 2010).

Ou seja, do ponto de vista agrônomo, seria interessante que houvesse correção do solo, para que a disponibilidade de macronutrientes (N, K, Ca, Mg e S) seja abundante no crescimento

das plantas. Por outro lado, alguns autores como Primavesi (2016), Prado (2000) e Soprano (2002), defendem a ideia de que a correção por calagem pode provocar a diminuição da microbiota adaptada às condições naturais do solo e acaba por torná-lo adensado, pela desagregação das partículas, principalmente em ambientes onde não haja a recomposição da matéria orgânica de superfície do solo. Considerando as condições frágeis dos solos do PDS, limitações financeiras e o prazo para o restabelecimento de condições químicas produtivas da terra aos agricultores (extenso, no caso de utilização somente de insumos orgânicos e naturais), o processo de calagem pode ser indicado.

Com relação ao teor de matéria orgânica (MO), segundo Raij (2011), solos arenosos geralmente possuem até 15 g/dm³ de MO. Todas as amostras analisadas apresentaram valores inferiores, o que já induz à uma interpretação de baixa MO relativa em todos os pontos. De forma geral, nos solos do Cerrado, altamente intemperizados, a MO representa um atributo importante para fornecer pontos de carga negativa em quantidade superior aos disponibilizados naturalmente pelos minerais de argila destes solos, que possuem baixa atividade (CAVALCANTE et al., 2007).

Os maiores valores obtidos desse atributo em superfície (0-30 cm) são de 10,3 g/dm³ em T4; 8 g/dm³ em T2; e 6,7 g/dm³ em T1. Em T4, foi realizado recentemente o cultivo de milho e horticultura por meio de plantio direto, no qual há a manutenção dos restos vegetais na cobertura de solo. No caso de T2, a decomposição das raízes do pasto ocorre de forma relativamente rápida e tais fatores explicam os valores obtidos nesse ponto em pequena profundidade. Em T1, já era esperado um valor superior de MO, uma vez que a vegetação preservada do ponto é responsável pelo retorno da matéria orgânica de superfície.

Destaque para o valor de MO na superfície de T5 (0,3 g/dm³). Esse valor é muito baixo e reflete a textura arenosa dessa camada. Como está localizado na baixa vertente, esse conjunto de características pode indicar a formação de colúvio, com materiais provenientes da montante da vertente.

Quando se observa os valores de MO em subsuperfície, nota-se a diminuição dos teores, comparados às camadas superficiais (0-30cm). Isso se deve à falta de estruturação do solo em subsuperfície, nas trincheiras da média e baixa vertente. No solo do ponto de controle (T1), o gradiente de MO entre as camadas é menor, pois a atividade biológica presente favorece a

distribuição da matéria orgânica ao longo do perfil, enquanto que nos demais pontos, a MO de subsuperfície é aportada em menor quantidade, provavelmente por translocação.

A quantidade de matéria orgânica no solo é resultado de anos de acúmulo e reflete condições de equilíbrio entre adições e perdas. O efeito positivo da matéria orgânica no solo na produtividade das culturas deve-se a um conjunto de efeitos favoráveis, destacando-se a agregação de partículas (FREITAS, 2013).

A capacidade de troca de cátions (CTC) representa um atributo de fundamental importância na avaliação da qualidade química do solo, uma vez que se relaciona com a reserva de nutrientes que possam, potencialmente, ser absorvidos pelas plantas. Além disso, as reações de adsorção¹ que ocorrem na superfície coloidal, protegem os elementos da lixiviação ao longo do perfil de solo. É interessante notar que, em solos de clima tropical, a maior parte das cargas da superfície provém da fração orgânica (SILVA & MENDONÇA, 2007; PRIMAVERSI, 2016).

Os valores baixos de CTC apresentados em todas as camadas ($< 4,3 \text{ cmolc/dm}^3$) indicam a infertilidade natural do solo, pela pouca quantidade de bases trocáveis e de argila (caulinita-baixa atividade) disponíveis e pH ácido. O valor bruto da CTC indica a soma das cargas negativas nas partículas do solo, incluindo a fração argila e matéria orgânica incorporada. Por isso, sua importância relaciona-se não só com a quantidade relativa de cátions presentes, mas também com a retenção de água no solo e conseqüente estruturação e consistência (SOUZA et al., 2009). Sendo assim, os principais cátions observados são Ca, Mg, K e Al e, dadas as considerações de cada elemento, seus valores refletem a fertilidade e disponibilidade de nutrientes para as plantas, sendo um critério que modifica de acordo com o tipo e uso do solo (RAIJ, 2011).

Partículas de argila e matéria orgânica, organizadas em agregados ou separadas, formam estruturas lamelares (micelas) e possuem a superfície carregada negativamente, retendo cargas positivas; essas ligações químicas representam a capacidade de troca catiônica do solo (CTC). Quando a CTC é baixa, a quantidade de ligações químicas está insuficiente, apontando em grande parte dos casos, para um aporte negativo de matéria orgânica e afetando a taxa de deposição de argila no solo (GLEISSMAN, 2005; RAIJ, 2011).

Caso a maior parte da CTC do solo seja ocupada por cátions essenciais, como Ca, Mg e K, agronomicamente, então, esse solo é considerado de boa qualidade nutritiva às plantas

(EMBRAPA, 2010). Já, caso a CTC esteja mais relacionada à quantidade de cátions tóxicos como H e Al, indica um solo pobre. Baixos valores de CTC podem ser modificados com a adubação e calagem, cuidadosamente planejada e de forma parcelada, de modo que se evite a perda de nutrientes por lixiviação ou o desencadeamento de outros processos químicos prejudiciais ao solo, como a salinização.

O aumento da CTC e de macronutrientes do solo pode ser obtido quando o solo é recoberto com matéria orgânica e esta pode ser proveniente do plantio direto, por exemplo (BAYER & BERTOL 1999; DE MARIA et al., 1999).

No Quadro 3, estão apresentadas as concentrações de cálcio e magnésio, bem como as classes consideradas do ponto de vista de avaliação da fertilidade, segundo Sobral et al. (2015).

Quadro 3: Classificação de concentração de cátions Ca e Mg.

Classe	Ca²⁺ (cmolc/dm³)	Mg²⁺ (cmolc/dm³)
Baixo	<1,6	<0,4
Médio	4-7	0,4-1,0
Alto	>4,0	>1,5

Fonte: Adaptado de Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo. (SOBRAL et al., 2015).

Com relação às concentrações obtidas de cálcio e magnésio, tomando como base a classificação da Embrapa (SOBRAL et al., 2015), todos os solos apresentam solos com baixos teores de cálcio e valores entre médio e baixo de magnésio. Somente T4 apresenta valores médios de magnésio, suspeita-se, nesse caso, que tal alteração esteja relacionada à ações de correção do pH dos solos em estudo.

A saturação por bases (V%) indica a porcentagem relativa da CTC que está saturada pelos considerados cátions essenciais (Ca, Mg e K), disponíveis ao crescimento das plantas. Valores inferiores à 50% de V indicam solos distróficos, ou seja, de baixa fertilidade natural (SANTOS et al., 2013). Solos com características distróficas podem ser muito pobres em concentrações de cátions essenciais e apresentarem teor de alumínio trocável elevado e saturação em alumínio (m%) superior à 50%. Nesse caso, esses solos são considerados álicos. Essa situação tem ocorrência frequente em grandes áreas tropicais, como nos solos arenosos e

lixiviados do Planalto Central brasileiro. A maior parte das culturas apresenta boa produtividade quando o valor V% está entre 50 e 80% e valor de pH entre 6,0 e 6,5 (EMBRAPA, 2010).

Quadro 4: Classes de saturação por bases (V%).

Classes	Saturação por Bases (V%)
Muito baixa	0 a 25
Baixa	26 a 50
Média	51 a 70
Alta	71 a 90
Muito alta	> 90

Fonte: Adaptado de RAIJ,

Na pesquisa, em T1 estão abaixo

2011.

os valores obtidos de V do limite do método para

ambas as camadas analisadas, o que indica a ausência quase completa de cátions essenciais no ponto de controle. Vale ressaltar que as análises foram refeitas após obtenção dos resultados, para confirmar a veracidade dos mesmos.

Em solos tropicais, o principal elemento com efeito fitotóxico para as plantas é o alumínio na forma de cátion trivalente hidratado (Al^{3+}) ou parcialmente hidratado [$Al(OH)^{2+}$]. A ação desse elemento provoca alterações morfológicas no sistema radicular das plantas, inibindo o potencial de crescimento das mesmas e, conseqüentemente, sua capacidade de absorver água e nutrientes (FOY, 1974).

A resiliência à ação fitotóxica do alumínio nas plantas varia entre as espécies ou até dentro da mesma espécie, de acordo com diversos genótipos. Entretanto, existe um mecanismo natural de tolerância na complexação do alumínio pela matéria orgânica de superfície (MOS) (FOY, 1974). Essa informação é de fundamental importância, uma vez que o aporte adequado de MOS sobre o solo soluciona de certa forma a infertilidade natural, característica de solos arenosos.

O alumínio associado ao Hidrogênio (Al + H) mostra-se regular em todas as amostras. O teor do alumínio trocável permanece superior em T1, quando comparado às outras trincheiras, podendo explicar a alta acidez no ponto controle. O fato de ambos valores de Al e Al + H serem

altos em T1, podem explicar a Saturação por alumínio (m) ser de 100% e menor nos outros pontos.

Portanto, após observação dos dados obtidos de V e m, pode-se concluir que, originalmente, o solo estudado possui caráter álico, apesar da modificação dos teores ao longo da vertente, que ocorre, possivelmente, pela posição topográfica da trincheira, forma de uso associada e processos pedológicos associados.

Outro macronutriente de importância relacionada ao aporte de MO no solo é o fósforo (P). Na maior parte dos solos brasileiros, esse é um elemento pouco disponível naturalmente, uma vez que solos tropicais sejam em sua maioria, ácidos. Isso ocorre devido à afinidade desse nutriente pela fração mineral do solo, no caso da maioria dos solos tropicais, pelos óxidos de ferro. Essa relação química provoca a formação de complexos de esfera interna de baixa labilidade. Com isso, a disponibilidade de fósforo para a nutrição das plantas deve-se dar, de modo geral, por meio da decomposição da matéria orgânica nas camadas superficiais do solo (VALE JUNIOR et al., 2011; RAIJ, 2011).

Os valores de fósforo e potássio observados nas trincheiras T2, T3, T4 e T5 são relativamente mais altos que em T1. Isso reflete o passado de utilização de fertilizantes sintéticos nessas áreas da vertente, principalmente do fósforo, pela dificuldade de mobilidade desse nutriente no sistema do solo (SOUZA, 2009).

Apesar de não ter havido reaplicação de fertilizantes sintéticos, observa-se influência da aplicação anterior desses compostos nas trincheiras ocupadas por pastagem ou cultivos recentes (T2/T3/T4/T5). Embora a aplicação de fertilizantes sintéticos aumente a fertilidade de solos arenosos, a perda de nutrientes por lixiviação e drenagem excessiva é rápida, necessitando do manejo planejado e contínuo para o alcance de bons resultados a longo prazo (SPERA et al., 1999; SOUSA, 2009).

Em T1, a vegetação original promove proteção, interceptando o impacto da precipitação, e fornece matéria orgânica necessária à ciclagem de nutrientes e equilíbrio químico natural do solo. As raízes profundas presentes no remanescente natural de vegetação e características do cerrado auxiliam na estruturação do solo e em minimizar a deficiência hídrica em épocas de estiagem, por meio do aumento na retenção das partículas de água (FERRI, 1977; SOUSA, 2009).

Considerando a condição química naturalmente empobrecida desses solos, quando agrossistemas não recebem aporte externo de nutrientes, seja por meio de fertilização química ou deposição constante de matéria orgânica, a possibilidade de ocorrência de processos de degradação é maior, dada à fragilidade do ambiente. Esses efeitos foram medidos por Alvarenga e Davide (1999), que obtiveram respostas evidentes em determinados parâmetros químicos, como em concentrações de carbono, cálcio, potássio, manganês, boro, na saturação por bases, alumínio trocável e saturação por alumínio, numa comparação entre latossolos de ecossistemas naturais e sob cultivos.

É, portanto, evidente a cautela necessária no manejo desses solos, para que o equilíbrio químico seja restabelecido, garantindo e melhorando suas propriedades físicas e biológicas e consequentemente, prevenindo a ocorrência de processos de degradação.

5.4 Tratamento estatístico dos dados

O gráfico de PCA indica, de modo geral, quais atributos exercem maior influência nos pontos de coleta. A direção das setas representa relações positivas, caso haja convergência entre elas; e relações negativas, caso haja divergência. O tamanho das setas expressa a importância da variável, de forma que, quanto maior a seta, maior a influência do atributo. (GOTELLI, 2011).

O modelo de análise multivariada utilizado nessa pesquisa busca a simplificação em duas dimensões, denominadas componentes. Dois componentes, por meio de um conjunto de regressões, obtêm valores tidos como significativos ou não (GOTELLI, 2011 apud MENDES, 2017). Neste caso, os dados apresentados (Figura 20) conferem expressão significativa, de acordo com o princípio da parcimônia (GOTELLI, 2011), uma vez que a soma dos componentes 1 (53,3%) e 2 (20,1%) resultam em um total de 73,4% de confiabilidade.

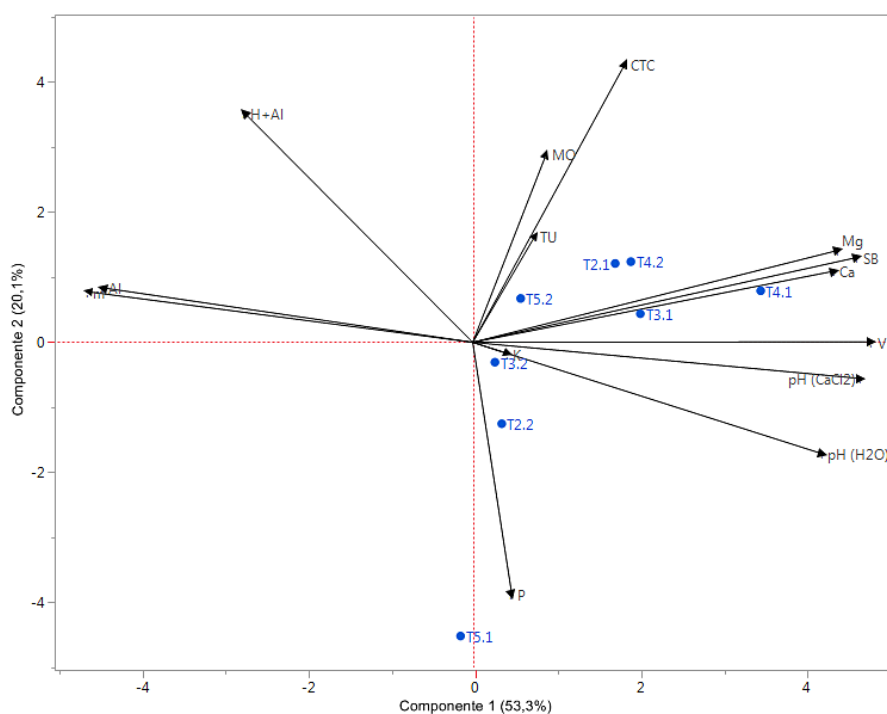


Figura 20: Análise de Componentes Principais (PCA)

A trincheira T1 não aparece plotada no gráfico por apresentar composição química que difere sensivelmente das outras trincheiras (Figura 20).

Os pontos T2.1, T4.2 e T5.2, demonstraram relação positiva com MO, CTC, TU, Mg, SB e Ca; T3.1 e T4.1 são influenciados por Mg, SB, Ca, V e pH (CaCl₂); T3.2 está relacionado à K, pH (H₂O) e pH (CaCl₂); T2.2 por pH (H₂O) e P; e por último, T5.1 relaciona-se, significativamente, com P.

A análise de componentes principais (PCA) indica que as relações entre os atributos analisados ocorrem concomitantemente, ou seja, nenhuma espécie química está desvinculada das demais. Desse modo, caso haja isolamento ou retirada de qualquer atributo no mesmo espaço amostral, a organização geral será afetada, levando a resultados diversos. Quando, então, ocorre um processo de lixiviação, em que alguns dos elementos são retirados, as reações químicas são reajustadas e os pontos analisados (T) estarão presentes em outros locais do espaço amostral (RAIJ 2011; GOTELLI, 2011). Segundo Torsvik & Ovreas (2002), as reações químicas seguem os reajustes até um ponto de equilíbrio químico.

Na tabela de correlação estatística (Tabela 5), estão ilustradas as relações positivas ou negativas entre os atributos, de modo que as cores azuis apresentam correlação positiva; vermelhas correlação negativa e cinzas, relação com baixa significância. As variáveis foram

discutidas nessa seção, comparando-se todos os pontos, e não, por meio de pontos isolados, tomando o foco nos atributos que expressaram maior influência na análise.

Tabela 5: Tabela de correlação estatística da Análise multivariada dos atributos

VARIÁVEIS	pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	SB	CTC	V	m	T.U
pH (H₂O)	1	0,9	0,2	0,3	0,5	0,6	0,9	0,6	-0,1	0,7	0,06	0,8	-0,9	0,09
pH (CaCl₂)	0,9	1	0,1	0,1	0,8	0,8	0,9	-0,5	0,04	0,8	0,2	0,9	-0,9	0,01
P	0,2	0,1	1	-0,1	0,008	0,06	0,1	-0,6	-0,1	0,07	-0,6	0,1	-0,1	0,3
K	0,3	0,1	-0,1	1	-0,2	0,02	0,1	0,02	-0,1	0,06	0,07	0,06	-0,1	0,02
Ca	0,5	0,8	0,008	-0,2	1	0,8	0,7	-0,4	0,4	0,9	0,4	0,9	-0,7	0,1
Mg	0,6	0,8	-0,06	0,02	0,8	1	0,6	-0,3	0,4	0,9	0,5	0,9	-0,7	0,1
Al	-0,9	-0,9	-0,1	-0,1	-0,7	-0,6	1	0,5	0,1	-0,7	-0,2	-0,8	0,9	-0,2
H+Al	-0,6	-0,5	-0,6	0,02	-0,4	-0,3	0,5	1	0,1	-0,3	0,5	-0,6	0,6	0,1
M.O	-0,1	0,04	-0,1	-0,1	0,4	0,4	0,1	0,1	1	0,4	0,5	0,2	0,07	0,08
SB	0,7	0,8	-0,07	0,06	0,9	0,9	0,7	-0,3	0,4	1	0,5	0,9	-0,8	0,1
CTC	0,06	0,2	-0,6	0,07	0,4	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	1	0,3	-0,2	0,2
V	0,8	0,9	0,1	0,06	0,9	0,9	0,8	-0,6	0,2	0,9	0,3	1	-0,9	0,1
m	-0,9	-0,9	-0,1	-0,1	-0,8	-0,7	0,9	0,6	0,07	-0,8	-0,2	-0,9	1	-0,2

Com o intuito de confirmar a não similaridade de T1 com as demais trincheiras, gerou-se o Dendrograma de Similaridade (Figura 21). Nele, é possível notar quanto um ponto pode ser similar ao outro, em termos estatísticos. Observa-se uma divisão em dois grandes grupos, em que T1 permanece isolado, confirmando a elevada divergência entre as demais trincheiras.

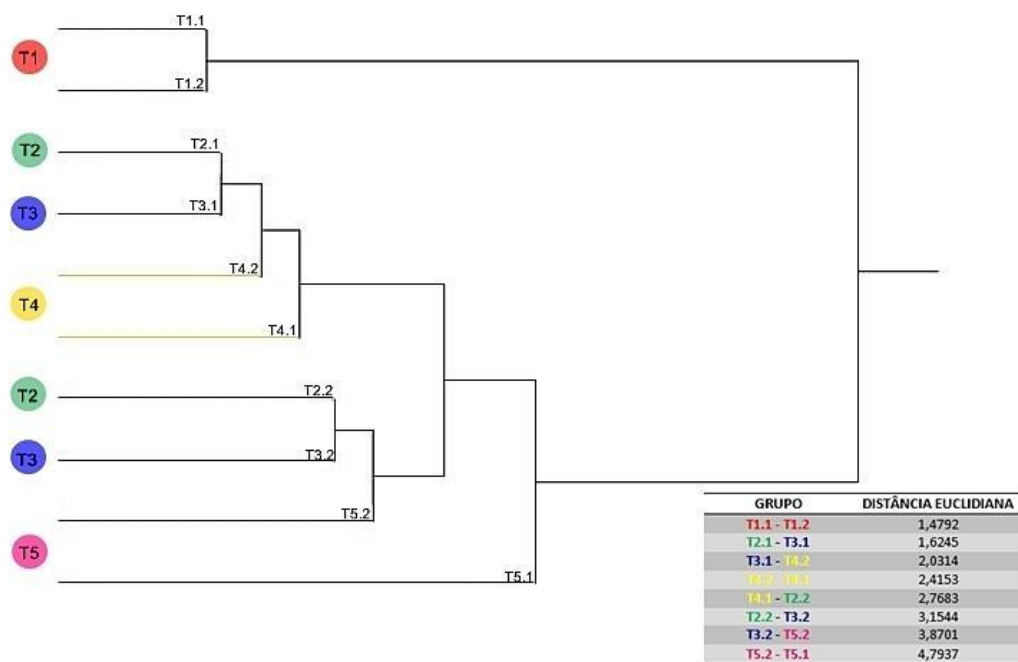


Figura 21:

Dendrograma de Similaridade entre as trincheiras da topossequência no PDS Santa Helena.

De modo geral, excetuando-se T1, observa-se relações mais próximas entre as trincheiras de profundidade semelhante, revelando que as camadas da cobertura pedológica apresentam características físicas e químicas semelhantes.

De acordo com a Tabela 5, as relações entre CTC e os cátions Ca^{2+} e K^+ são insignificantes, do ponto de vista estatístico. A relação entre a CTC e a MO mostra-se positiva e de significância relativamente maior que a presença dos cátions essenciais isolados. Essa relação pode representar mais um indício de que a melhoria da qualidade dos solos esteja ligada, nesse caso, mais fortemente ao aporte de matéria orgânica que à presença de cátions essenciais em si.

Os valores de saturação por alumínio (m) e de pH possuem relação negativa alta, o que confirma o fato de que, quanto maior a saturação por alumínio, menor o pH do solo. Isso ocorre principalmente em T1, no solo em condições naturais, altamente intemperizado, com grandes quantidades de óxidos de ferro e alumínio.

Por outro lado, existe uma relação diretamente proporcional e forte entre as variáveis pH e V (saturação por bases) e pH e SB (soma de bases), o que corrobora com a ideia de que o pH possa elevar-se com a adição de bases, por processo de calagem ou com a utilização de

fertilizantes químicos sintéticos. O Teor de Umidade mostrou correlação baixa na junção de todas as variáveis; algo já esperado, devido à textura arenosa e, portanto, altamente permeável dos solos do PDS Santa Helena.

O gráfico da Figura 22 representa a relação entre quantidade de matéria orgânica no perfil, em cada trincheira, ao longo da vertente. É possível notar a inversão existente nem T5, localizado na baixa vertente. Na maior parte das trincheiras (T1, T2, T3 e T4), a quantidade de matéria orgânica decresce, de acordo com o aumento na profundidade do perfil. Em T5, o inverso ocorre, comprovando a hipótese de deposição de sedimentos arenosos da média e alta vertente em decorrência de processos pedológicos associados.

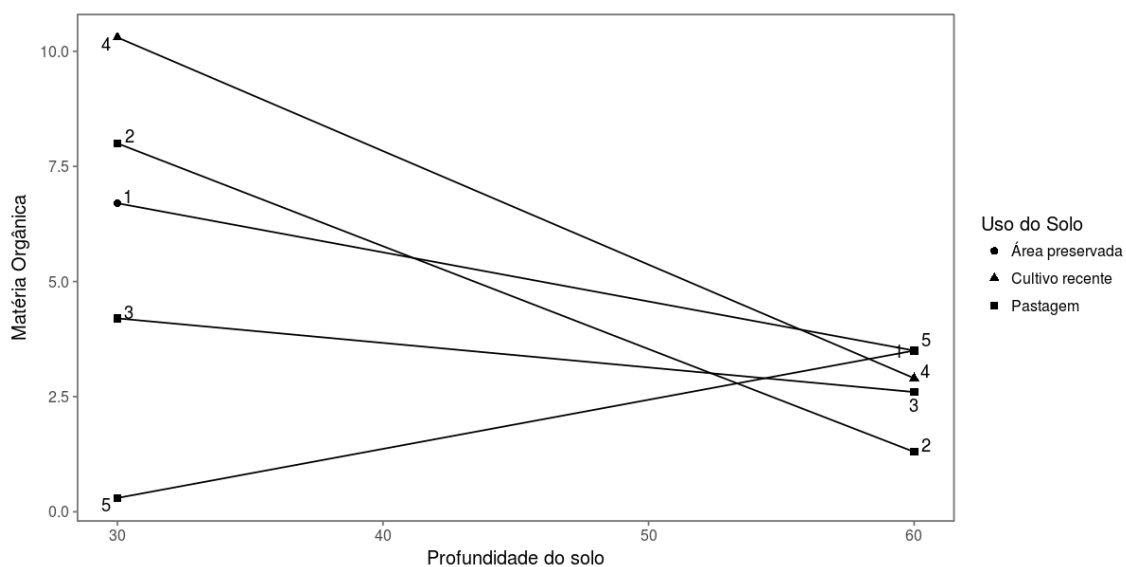


Figura 22: Gráfico MO x Profundidade do solo nas trincheiras da topossequência, Inversão visível em T5.

A análise estatística mostra-se comprobatória quando há a observação das Regressões Lineares, na Figura 23, que ilustram um bom percentual de captura de dados (r^2) e seus usos, de modo que, $P > F$, menor que 0,5, satisfaz estatisticamente essas correlações. É necessário considerar as distribuições distintas dos pontos nas regressões, de modo a fortalecer a interpretação das informações.

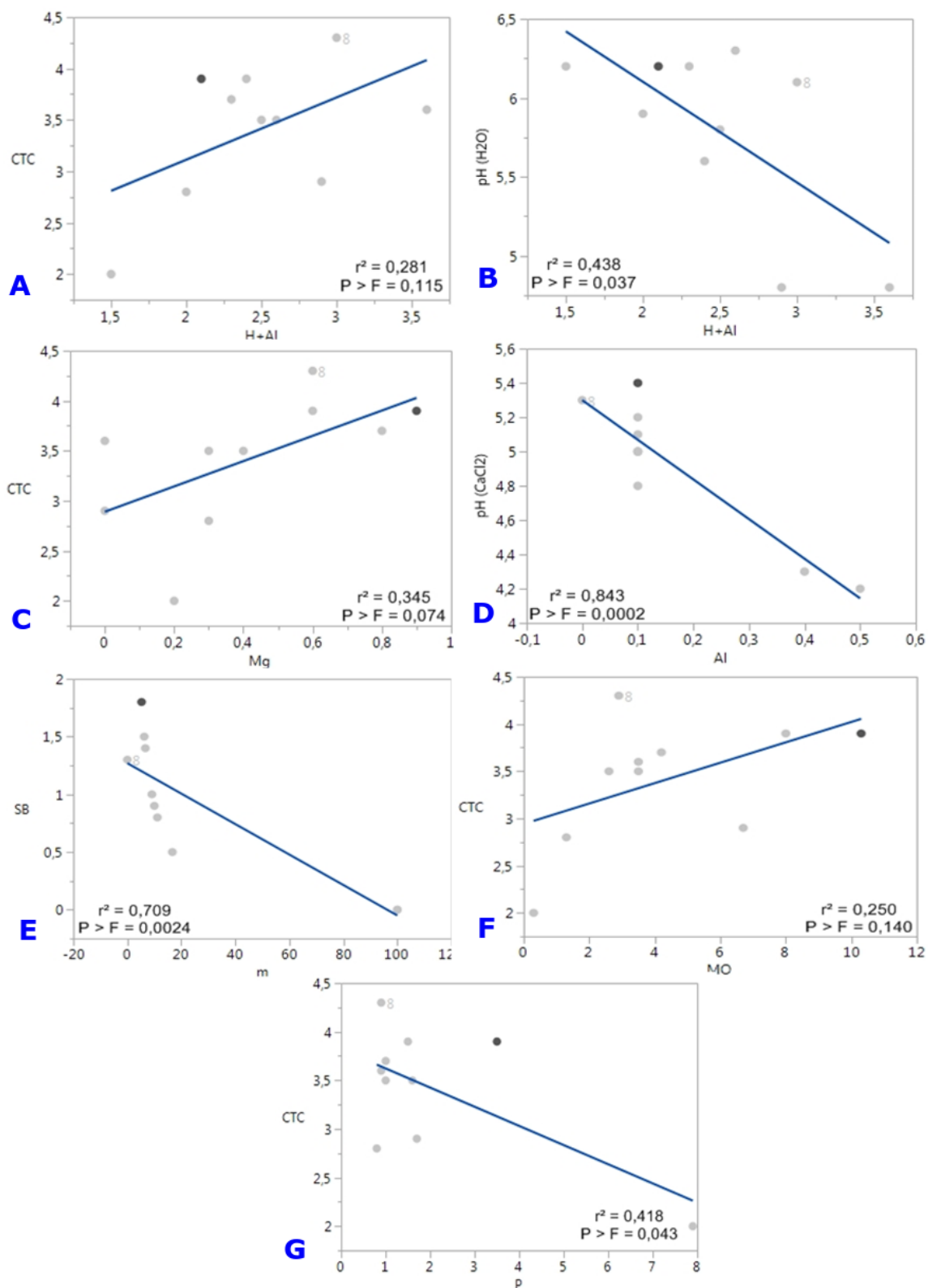


Figura 23: Regressões Lineares: (A) H+Al x CTC; (B) pH x H+Al; (C) Mg x CTC; (D) Al x pH; (E) m x SB; (F) MO x CTC; (G) P x CTC.

5.5 Características micromorfológicas

De modo geral, as lâminas apresentaram feições micromorfológicas semelhantes em relação a composição da fase grosseira (esqueleto) e da fase fina (micromassa ou plasma), distribuição relativa (trama), graus de desenvolvimento dos agregados e composição total dos componentes. Entretanto, pôde-se perceber diferenças nítidas em relação à porcentagem de plasma (argila + matéria orgânica), de grãos de quartzo e observação de atividade biológica.

Em todas as lâminas a maior quantidade de plasma foi identificada nas camadas subsuperficiais (30-60cm). Este padrão, associado a outras evidências, auxiliou na elaboração do diagnóstico sobre a fragilidade e degradação do solo.

Com relação à composição da micromassa (plasma), a cor bruno-escura está associada com o enriquecimento de matéria orgânica. Esta composição é característica em T1 e T4, nos demais, observou-se a coloração avermelhada, relacionada com a presença de óxidos de ferro (hematita e goethita) nas argilas, característica de solos tropicais lateríticos.

Em todas as lâminas estudadas, o esqueleto é composto por grãos de quartzo arredondados e subarredondados, com orientação aleatória. A presença de argila (plasma) é subordinada. Quando a quantidade de plasma é maior, a distribuição relativa (trama) é gefúrica, caracterizada pela presença de pontes argilosas ligando grãos de quartzo do esqueleto (T1 e T4, principalmente). Quando há diminuição de argila, a trama é quitônica, com uma lente de material fino ao redor dos grãos (T5, 0-30cm). A porosidade é de empilhamento e estão ausentes feições pedológicas ou cutans (argilas orientadas). A inexistência de cutans e a ocorrência de areia solta na superfície parecem indicar que a argila eluviada dos segmentos intermediários da vertente é perdida pela drenagem superficial.

Nos Quadros 5 e 6 são apresentadas a descrição micromorfológica dos solos, seguindo as propostas de Stoops et al.(2010) e Castro (1989).

Quadro 5: Descrição micromorfológica dos perfis – Trincheiras 1/2/3

Atributos	T1		T2		T3	
	0 - 30 cm	30-60 cm	0 - 30 cm	0-20 cm		
Geral	Heterogênea: 2 zonas: Zona A (70%) e Zona B (30%)	Homogênea	Heterogênea: 3 zonas: Zona A (20%), Zona B (40%) e Zona C (40%)	Heterogêneo: 2 zonas: Zona A (90%) Zona B (10%)		
Microestrutura	Agregados acomodados, com distribuição não homogênea (em A denso e B menos denso), grau de orientação não resolvível e de natureza contínua. Pedalidade desenvolvida	Agregados em blocos com distribuição homogênea, grau de orientação não resolvível e de natureza contínua. Pedalidade moderadamente desenvolvida.	Agregados amorfos com distribuição heterogênea, parcialmente acomodados, grau de orientação em superfície de grão e parede de poro, natureza manchada (A) e contínua B e C (dom.). Pedalidade desenvolvida (A) e fracamente desenvolvida (B e C)	Agregados parcialmente acomodados com orientação de base não resolvível e natureza contínua. Pedalidade moderadamente desenvolvida (A), fracamente desenvolvida (B)		
Micromassa	A) Bruno-escuro, argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado B) Bruno-escuro com bordas amareladas, argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado	Bruno-escuro com bordas amareladas, argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado	A) Vermelho-escuro argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado; B e C) Vermelho-claro argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado	A) Bruno-escuro, argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado; B) Vermelho-escuro argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado		
Material Grosso	Grãos de quartzo moderadamente selecionados. Zona A: bem arredondado de tamanho >0,5mm Zona B subanguloso e tamanho inferior a 0,5 mm. Característica morfoscópica: grãos fragmentados	Grãos de quartzo predominantemente pequenos (<0,5mm) e angulosos (fragmentados) (60%); Grãos bem arredondados maiores (>0,5mm) (40%). Distribuição de base aleatória e não referida. Característica morfoscópica: grãos fragmentados	Grãos de quartzo moderadamente selecionado. A: bem arredondado de tamanho superior à 0,5mm; B: arredondados de tamanho médio (0,3- 0,5 mm); C: anguloso e de tamanho inferior a 0,3mm. Característica morfoscópica: grãos fragmentados	Grãos de quartzo moderadamente selecionado. Zona A: bem arredondado de tamanho superior à 0,5 mm; Zona B: anguloso e de tamanho inferior à 0,5 mm. Característica morfoscópica: grãos fragmentados		
Poros	Intergranulares complexos/ de empilhamento A e B (dominância)	Intergranulares complexos/ de empilhamento (dominância). Presença de cavidades orto.	Intergranulares complexos/ empilhamento A, B e (dominância). Ausência cavidades orto.	Intergranulares complexos/ de empilhamento A, B (dominância)		
Trama	(A e B) Gefúrica	Gefúrica	(A, B e C) Gefúrica	Gefúrica		

Quadro 6: Descrição micromorfológica dos perfis- Trincheiras 4/5

Atributos	T4		T5	
	40-60 cm		0 - 30 cm	
			30-60 cm	
Geral	Heterogênea com 2 zonas: Zona A (70%) e Zona B (30%)		Homogênea	Heterogênea com 3 Zonas: A (50%), B (40%) e C (10%)
Microestrutura	Agregados parcialmente (A) e não acomodados (B), com distribuição não homogênea, Pedalidade moderadamente (A) e fracamente (B) desenvolvida		Menos de 2% da lâmina. Agregados não acomodados. Perfeitamente selecionados/variabilidade baixa. Pedalidade não desenvolvida.	Agregados amorfos (A e B) e blocos (C). Pedalidade moderadamente desenvolvida.
Micromassa	(A e B) Bruno- avermelhada, argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado, com bordas amareladas de menor densidade.		Coloração avermelhada com bordas menos densas amareladas, argila mineralógica e óxidos de ferro indiferenciado.	(A e B) Bruno- avermelhada, argila mineralógica e óxidos de ferro, indiferenciado; (C) Vermelho-amarelada, (menor densidade) argila mineralógica e óxidos de ferro indiferenciado.
Material Grosso	Grãos de quartzo moderadamente selecionados. Zona A: bem arredondado em tamanho superior a 0,5 mm; Zona B: subangulosos e inferiores a 0,5 mm. Distribuição de base aleatória forte; Característica morfoscópica: grãos da zona A com fissuras.		Grãos de quartzo moderadamente selecionados. Variabilidade média. Característica morfoscópica: grãos fragmentados.	Grãos de quartzo moderadamente selecionados. Característica morfoscópica: grãos fragmentados
Poros	Intergranulares complexos/ de empilhamento A e B (dominância)		Intergranulares complexos/ de empilhamento	Intergranulares complexos/ de empilhamento A, B e C (dominância)
Trama	(A e B) Gefúrica		Quitônica	(A, B e C) Gefúrica

Nas lâminas de T1, em ambas as camadas de análise, foi possível observar a presença de poros tubulares (cavidades biológicas – Figura 24), o que evidencia a ocorrência de atividade biológica. Lima et al. (2007) afirmam que em áreas de cultivo sem a utilização de fertilizantes químicos, 80% de toda a macrofauna pode ser encontrada na camada superficial do solo (0-10cm), devido à melhores condições de aeração e disponibilidade de matéria orgânica.

Os agregados mostraram-se bem acomodados e a pedalidade moderada a bem desenvolvida em T1. Além disso, quantidade significativa de matéria orgânica foi reconhecida, inclusive com a observação de materiais ainda em processo de decomposição, em decorrência da grande quantidade de serrapilheira no local.

Em T2 e T4 foi possível notar a ocorrência de processos de desferruginação (Figura 25), ou seja, sinais de perda dos óxidos de ferro que compõe o plasma. A heterogeneidade da lâmina em T2, mais especificamente, entre a parte superior e inferior da orientação, refere-se a presença de grãos soltos de quartzo, correspondendo à aquela vista no campo.

A camada 0-30 cm do perfil T5 distingue-se por apresentar maior quantidade relativa de esqueleto quartzoso, como também evidencia a análise granulométrica. No horizonte de 30-60cm há um aumento na concentração de argila. Esse contraste pode ser observado na Figura 26.

Tanto o gradiente textural presente em T5, quanto a diferença na concentração de argila observada entre os horizontes das demais trincheiras apontam a ocorrência de processos de degradação, apresentados na forma de aumento de grãos de quartzo na superfície com trama gefúrica, possivelmente em decorrência da perda mecânica de argila em direção ao vale e o “arraste” de partículas de quartzo, em direção à jusante da vertente.

Essas mudanças nas propriedades físicas, ocasionadas por um manejo tecnicamente inadequado, afetam a condição da superfície do solo, causando aumento dos processos de erosão, com a conseqüente perda de espessura do horizonte de superfície do solo (MENDEZ et al., 2012).

As Figuras 24, 25 e 26 ilustram as observações das lâminas nos pontos em destaque.

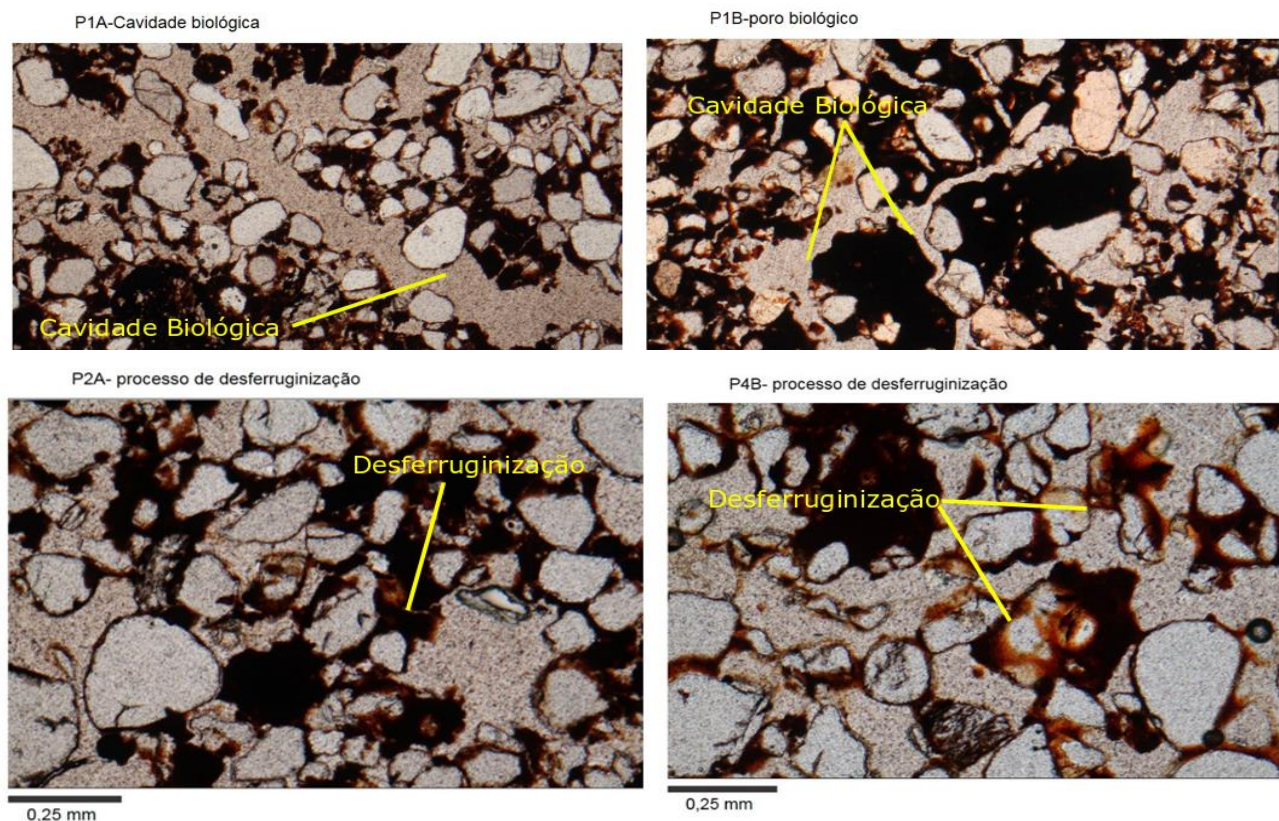


Figura 24: Cavidades Biológicas em T1 (0-30cm) esq. e (30-60cm) dir.

Figura 25: Processos de desferruginação em T2(0-30cm) esq. e em T4 (30-60cm) dir.

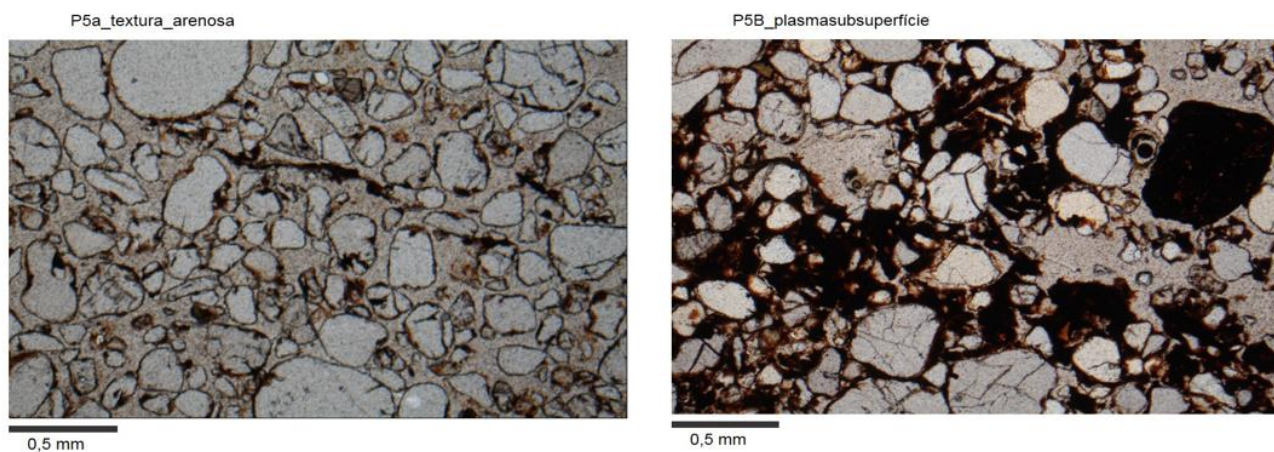


Figura 26: Gradiente textural em T5 (0-30cm) camada de superfície (esq.) e (30-60cm) subsuperfície (dir.)

5.6 Análise comparativa com pesquisas em perfis de solos Areno-Quartzosos

A fim de comparar os resultados físicos, químicos e morfológicos obtidos neste estudo, foi realizado o levantamento de algumas pesquisas em solos com propriedades semelhantes às dos identificados no PDS Santa Helena. Pretendeu-se com esse levantamento, estabelecer uma análise comparativa das características químicas desse tipo de solo, sob diversos usos e em diferentes localidades onde ele se apresenta no país.

Foram encontradas pesquisas com diversos enfoques, porém, tendo em comum a realização de análises químicas de perfis de solos areno-quartzosos. O Quadro 7 apresenta os autores de cada pesquisa, sua data de execução, os atributos considerados e a legenda de identificação dos perfis para posterior tratamento estatístico.

Quadro 7- Levantamento de pesquisas em Solos Areno-Quartzosos

Título	Autores	Data	Atributos	Legenda
Solos areno-quartzosos no cerrado: características, problemas e limitações ao uso.	(Embrapa Cerrados)	1999	pH H ₂ O, Ca ²⁺ +Mg ²⁺ , K, SB, Al ³⁺ , H ⁺ e CTC (7 perfis)	Trab A
Atributos químicos de neossolos quartzarênicos órticos.	SOUSA, D. P; SANTOS, A. M.; WEBER, L. S. (UFMT)	2010	SB, CTC efetiva; CTC total, m% e V%	Trab B
Atributos de um neossolo quartzarênico da pré-Amazônia sob de agroecossistemas de produção Familiar.	FREITAS, I. C. de	2013	MO, pH em CaCl ₂ , bases trocáveis, P, V%, m% e CTC. Dados de período seco de mata, sistema agroflorestal e pasto	Trab C
Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil.	DONAGEMMA, G K. (Embrapa Solos)	2016	pH em H ₂ O, Al ³⁺ , Ca ²⁺ + Mg ²⁺ , K ⁺ , P, C org e CTC	Trab D

Já o Quadro 8 indica, mais especificamente, qual a localização de cada perfil, bem como o uso do solo no local e a data de coleta dos dados. Algumas pesquisas tinham mais de um perfil analisado, então, cada perfil foi considerado separadamente para a realização das comparações estatísticas.

Como os dados químicos podem ser alterados, dependendo do uso sob o qual o solo está destinado e fatores locacionais, foi necessário estabelecer comparações, levando-se em consideração o uso atual de cada perfil.

Quadro 8- Localização, uso do solo e data de coleta das amostras dos perfis do banco de dados

Perfil	Localização	Uso do Solo	Data da coleta
TA1	Bacia do Rio Jardim/DF	Sem uso agropecuário	Dez/1995
TA2	Campina Verde/MG	Pastagem natural	Set/1979
TA3	Porto Nacional/TO	Sem uso agropecuário	1975
TA4	Poxoréu/ MT	Sem uso agropecuário	Mar/1978
TA5	Posse/GO	Pastagem natural	Mar/1974
TA6	Coxim/MG	Pastagem natural	Mar/1980
TA7	Santana/BA	Pastagem natural	Mar/1970
TB	Nova Marilândia/MT	Pastagem cultivada	2010
TC1	Esperantina/TO	Mata	Jul/2010
TC2	Esperantina/TO	Sistema agroflorestal	Jul/2010
TC3	Esperantina/TO	Pastagem	Jul/2010
TD1	Chapada gaúcha/ MG	Região produtora de grãos	2016
TD2	Guaraí/TO	Região produtora de fibra	2016
TD3	Campo Verde/MT	Região produtora de eucalipto	2016

A comparação por meta análise ocorreu de forma a considerar o uso relativo do solo e seus respectivos atributos. Sendo assim, o ponto de controle (T1) foi comparado estatisticamente com os demais perfis de uso não exploratório (mata: TD1/ sem uso agropecuário: TA1, TA3, TA4) e, como teste, com o perfil relativo à pesquisa TD, em um experimento com Sistemas Agroflorestais (TD2). A proposta de comparação com o perfil de um sistema agroflorestal relaciona-se com a proposta de manejo e recuperação do local de estudo, por ser resultado de um tipo de manejo ecológico, como será abordado adiante.

As Figuras 27 e 28 representam, respectivamente, a PCA (análise de componentes principais) e o Dendrograma de Similaridade entre os perfis das pesquisas levantadas (A, B, C e D) e os perfis abertos neste trabalho (EST). Por meio deles, é possível observar uma distinção clara entre os perfis de determinados trabalhos, isso ocorre, pois, apesar de tratar-se de solos

com características químicas semelhantes, existem diferenças nos procedimentos de coleta, armazenamento de amostras, ensaios químicos e fatores locais diversos, como clima (temperatura e regime hídrico), vegetação, topografia e uso do solo.

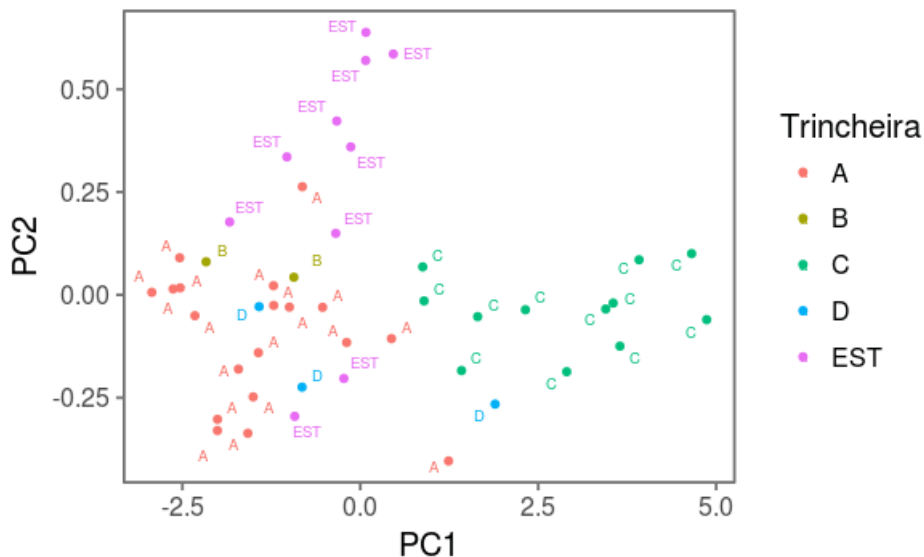


Figura 27: Análise de componentes principais entre diversos perfis de solos areno-quartzosos.

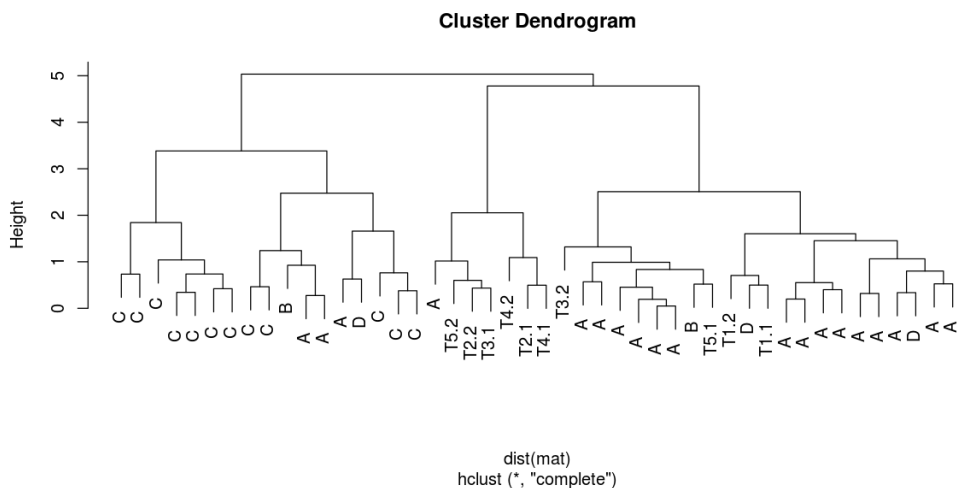


Figura 28: Dendrograma de Similaridade da Análise comparativa entre as pesquisas observadas (A/B/C/D) e as trincheiras da vertente de estudo no PDS Santa Helena.

Os gráficos de pH CaCl₂ X MO (Figuras 29 e 30) evidenciam a ocorrência de processos de correção do solo na área do PDS Santa Helena. Na Figura 29, a trincheira 4 mostra-se plotada bem acima dos demais pontos, o que sugere a aplicação de corretivos, mais especificamente, nesse segmento da vertente.

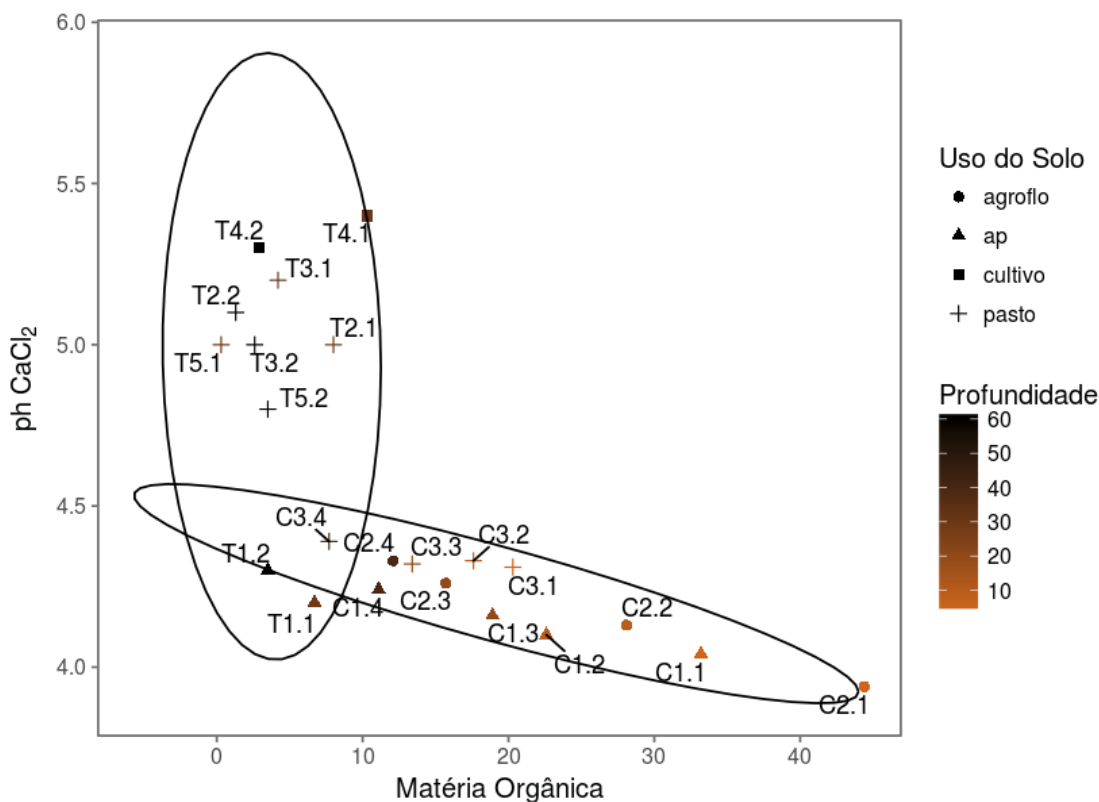


Figura 29- Gráfico pH em CaCl₂ x MO com dados do estudo e do Trabalho C.

Quando se comparam os perfis deste estudo (T1/T2/T3/T4/T5) com o Trabalho C, (Quadro 7) nota-se pH menos ácido na área de estudo, porém com baixa quantidade relativa de matéria orgânica. Essa visualização também pode indicar a realização de processos químicos de correção do pH do solo em T2, T3, T4 e T5. Os valores de T1 estão aproximados em termos de pH com os perfis do Trabalho C.

Nos perfis do Trabalho C, o ponto que demonstra maior quantidade relativa de matéria orgânica é onde se instala o Sistema Agroflorestal. Apesar do baixo pH, característico desse tipo de solo, a presença de matéria orgânica criou condições para produtividade alta nas áreas de SAF e estrutura de solo menos susceptível à processos de degradação (FREITAS, 2013).

O trabalho C foi realizado em ambiente Amazônico e, portanto, com regime de precipitação e temperatura distintos de um ambiente de Cerrado, como é tratado neste trabalho. Portanto, para uma análise comparativa com resultados conclusivos, é necessário considerar fatores locais como topografia, clima, biomas, material de origem dos solos, métodos de coleta, diferenças de uso e histórico que possam ter provocado modificações nos dados obtidos. Apesar desse fato, a análise comparativa mostrou-se importante em revelar cenários possíveis e ilustrar de que forma o agrupamento de dados pode sugerir a existência de parâmetros que auxiliem no diagnóstico dos processos pedológicos na vertente do estudo.

5.7 Análise Estrutural da Cobertura Pedológica

Na topossequência, foram reconhecidos três compartimentos solo-paisagem. O compartimento 1 representa o segmento superior da vertente, com solo arenoso, cor marrom avermelhado escuro (5YR 3/4), maior quantidade relativa de matéria orgânica e argila e se desenvolve sob um fragmento de mata. O compartimento 2 representa o segmento da média vertente, em área de pastagem tecnicamente não manejada e milho, com solo arenoso, cor vermelho escuro (2,5YR 3/6), com areia quartzosa lavada em subsuperfície. No compartimento 3, terço inferior da vertente e início do vale, sob pastagem, o solo é arenoso, cor vermelho amarelado (5YR 4/6), com grande quantidade de areia nas camadas superficiais e, apenas no vale, presença de estratos delgados, indicativos de sedimentação.

As propriedades do solo variam de acordo com a posição na encosta, uso e cobertura. As diferenças entre os segmentos são melhor caracterizadas pelas propriedades texturais do que químicas.

O solo do segmento 1 (T1) desenvolve-se no topo suave convexo da vertente que propicia rápida infiltração de água, intensificando a alteração e a pedogênese. A presença de vegetação arbórea e da serrapilheira contribuem com a formação e incorporação da matéria orgânica do solo e atividade biológica. Os processos minerais e orgânicos ajudam a explicar o maior teor relativo de fração argila nas camadas superficial e subsuperficial do perfil, neste segmento. Observações microscópicas mostraram que apenas nesse perfil a fração fina (plasma) envolve homogeneamente os grãos de quartzo (esqueleto), fato observado na Figura 24.

No segmento médio da encosta (T2, T3 e T4), o aumento do declive, o uso e o manejo inadequados da terra e, sobretudo, o não recobrimento e a exposição da camada superficial do

solo, tem como consequência o desencadeamento da erosão superficial, que resulta na formação de uma camada milimétrica superficial, composta por areia quartzosa lavada e solta. Na camada subsuperficial, as areias lavadas não formam uma camada contínua, mas são distribuídas como volumes de aproximadamente 2 cm de diâmetro (Figura 17 B). A formação de volumes e camadas de areia lavada como resultado de erosão hídrica potencializada pelo uso do solo foi corroborada com o estudo micromorfológico que não indicou cutans de iluviação nas camadas inferiores daquelas com areia lavada ou nos segmentos mais baixos da encosta.

O aumento do teor de areia ocorre nas camadas superficial e subsuperficial. Nas situações de solo incompletamente coberto pela pastagem ou qualquer outro cultivo, tal aumento poderia não se configurar como um elemento de fragilidade, caso ocorresse a colonização dessas áreas por outras espécies vegetais, formando “ilhas de fertilidade” (SCHLESINGER et al., 1990). Solos descobertos em ambientes de sazonalidade marcante (períodos chuvosos e secos pronunciados com elevada temperatura e insolação) são susceptíveis à degradação, erosão e sedimentação (WOHL et al., 2012). Em áreas com Cerrado *sensu stricto* preservado apenas 1% da água é convertida em escoamento superficial (perda de solo na ordem de $0,1 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), enquanto em áreas cultivadas, o escoamento superficial é de ~20% (perda de solo de $\sim 10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) (OLIVEIRA et al., 2015).

No segmento do terço inferior da vertente e início do vale (T5), o aumento da fração areia não está associado com a eluviação de partículas finas, mas com a formação de depósito coluvionar, pela sedimentação dos grãos transportados dos segmentos de montante, indicando a eficiência da erosão hídrica na encosta.

Quimicamente, em todos os segmentos da vertente, os solos são dessaturados e com baixa CTC. Portanto, a presença do remanescente florestal não contribui com a melhoria destes parâmetros. Essa situação é esperada em solos fortemente arenosos com presença de argila de atividade baixa, como os estudados. A distribuição do teor de matéria orgânica é heterogênea sem relação direta com a topografia, porém, parece ser influenciada pelo manejo com plantio direto (T4).

Os baixos indicadores de fertilidade química são controlados pelo solo arenoso profundamente alterado e lixiviado, caracterizado pela presença abundante de grãos quartzo e pela baixa capacidade de retenção de água. Em relação aos solos argilosos em ambientes tropicais, os solos arenosos também liberam mais rapidamente CO_2 , em função da atividade

biológica, limitando o aporte de serapilheira (SOTTA et al., 2006). Essas propriedades, associadas com a ocorrência de fatores limitantes como o baixo pH, saturação e toxicidade por Al e deficiências de Ca, Mg e P limitam o crescimento vegetal (neste caso, pastagem, milho e horticultura) (RAO et al., 1996), intensificando a erosão. Por outro lado, os valores de P, Ca, Mg e aumento do pH é superior no segmento intermediário da encosta, indicando os efeitos do tratamento prévio do solo (fertilização e calagem).

Na seção 5.8 será apresentada a figura síntese da Avaliação Integrada da Topossequência, unificando as considerações acerca da Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, com a aplicação da Avaliação Rural Participativa.

5.8 Avaliação Rural Participativa (PRA) e Avaliação Integrada da Topossequência (ITA)

Simultaneamente à descrição e coleta de amostras no campo, ocorreram caminhadas transversais ao longo da vertente com os moradores dos lotes analisados no PDS Santa Helena e entrevistas semiestruturadas.

As entrevistas trouxeram informações acerca da origem dos agricultores e suas famílias, que, apesar de não pertencerem à região de São Carlos, desenvolviam atividades agrícolas previamente ao processo de assentamento no PDS Santa Helena.

Com relação às características pedológicas, os moradores destacam a ocorrência de dois tipos de solos distintos no PDS Santa Helena, incluindo os demais lotes, fora da topossequência do estudo. O tipo “argiloso mais fértil” e outro “arenoso desestruturado”, sendo predominante a presença do solo arenoso nos lotes. Todos os entrevistados consideraram, de modo geral, o solo naturalmente pobre em fertilidade e degradado pela utilização inadequada de insumos químicos, no período do cultivo canavieiro no local. Houveram relatos a respeito do surgimento de feições de degradação, caracterizadas como “buracões” em alguns lotes, com o colapso da estrutura do solo e abertura de valas profundas (Figura 15) (NUNES, 2017).

Algumas classes foram estabelecidas, de acordo com as observações dos agricultores do PDS Santa Helena:

- Terra boa – gorda, gordurosa, segura umidade, que borra a mão, que produz, soltinha, escura, faz bolinha, gelada e mole;

- Terra ruim – sapequenta, esfarinhenta, seca, solta da mão, tem muito carrapicho, areienta, que faz buraco e “Nenhuma terra é ruim, mas cada uma tem suas necessidades”.

Segundo Barrera-Bassols e Zinck (2003), os elementos morfológicos mais frequentes nas distinções de classes de solo por pequenos agricultores, em diversas localidades do mundo, são: cor (100%), textura (98%), consistência (56%), umidade no solo (55%), matéria orgânica, topografia, uso da terra e drenagem (entre 34% e 48%). Além de fertilidade, produtividade, estrutura, profundidade do solo e temperatura (de 2 a 26%).



Figura 30: Momento das entrevistas, durante elaboração das cestas orgânicas para distribuição
Fonte: (NUNES, 2016).

Na topossequência, assim como em outras áreas da fazenda, os agricultores reconheceram os solos e sua qualidade pela textura e posição topográfica. Outros indicadores como a cor e atividade biológica não foram imediatamente citados. A posição topográfica é usada para mencionar os solos “*de cima*”, que são mais férteis e apresentam melhor crescimento vegetal, e os solos “*de baixo*”, que foram reconhecidos como pobres e deficientes para uso. Essa percepção de mudança de solo em relação a topografia e a presença do rio foi relatada também em estudos integrados na África (DIALLA, 1993; GOBIN et al., 1998).

Os agricultores associaram a terra boa com aquela que conserva mais umidade, é mais escura e pegajosa e possui estruturas grumosas produzidas por minhocas. A terra ruim, da encosta e do vale é reconhecida por apresentar muita areia quartzosa solta, portanto, não conserva umidade e são susceptíveis ao desenvolvimento de sulcos erosivos. Indicadores vegetativos de qualidade também foram apontados. A colonização de plantas daninhas que competem com os cultivos foi reconhecida como indicador de terra pouco fértil.

O que se destaca em relação à transmissão do conhecimento empírico é a dificuldade em expressar as propriedades dos solos que refletem fertilidade. A ausência de educação formal e da educação em solos contribuem para essa realidade. A compreensão dos agricultores sobre a fertilidade do solo e como ela é representada subjetiva (falado) ou objetivamente (medido) é uma das principais barreiras para compreender a gestão das práticas de manejo feitas por agricultores (BERAZNEVA et al., 2018). Pesquisas, usando a etnopedologia como método, destacam que o subjetivismo da análise dos agricultores pode estar relacionado ao caráter intrínseco das práticas locais, o que não implica na impossibilidade de chegar a consensos e reconhecer o valor de diversas linguagens (KRASILNIKOV e TABOR, 2003). Embora por vezes conflitantes, as abordagens participativas que envolvem a construção de consenso a partir de visões distintas representam uma importante ferramenta na gestão da terra para além do lote agrícola, em direção à melhor compreensão da paisagem, pelo processo de ação coletiva (FREIRE, 1980; BARRIOS e TREJO, 2003).

Portanto, terra boa e terra ruim são reconhecidas por critérios agrícolas. Isto é, a facilidade de trabalhar a terra e o desafio do cultivo em terras pobres demandam maior aporte de conhecimento, tanto técnico-científico, quanto prático-empírico. Os solos do compartimento 1, em partes ao redor do remanescente de mata, que necessitam de menos adubação para uma boa produtividade, são usados com atividades de horticultura, com expectativas de expansão da atividade.

Nas áreas dos compartimentos 2 e 3, os solos são usados para pastagem e cultivos anuais. Os agricultores demonstraram conhecimentos a respeito da baixa qualidade química do solo, porém, enfatizam que, apesar de dificuldades de manejo, é possível tratar o solo com práticas vistas como adequadas, como utilização de adubação verde (inverno e verão), adubos orgânicos (esterco bovino, “cama de frango”, bagaço de cana e capim napier), uso de caldas permitidas para cultivos orgânicos (calda bordalesa com sulfato de cobre e cal virgem), pousio e o não uso do fogo. Destacaram a importância da calagem feita no solo por intermédio do INCRA, no momento de aquisição da terra, fato que possibilitaria grande produtividade inicial, embora, a produção tenha decaído gradativamente, por falta de recursos para a compra de mais insumos.

Os agricultores indicaram estratégias para a solução de problemas relacionados à pragas, como o plantio de *Sesamum indicum* L. (gergelim-preto) no combate de formigas.

Pagnocca, et al. (1990) estudaram a relação de toxicidade presente nas folhas e sementes dessa planta nos fungos simbioses à algumas espécies de formigas cortadeiras, validando, portanto, a prática apresentada pelos agricultores, que tinham conhecimento, inclusive, no mecanismo de ação dessa estratégia. Como indicadores vegetativos, demonstraram conhecimento sobre plantas indicadoras de baixa qualidade de solos para plantio, destacando a presença de guaxuma (*Sida sp*) e carrapicho (*Desmodium triflorum*) nos solos de seus lotes no PDS. Essas plantas indicam, respectivamente, solos com grande suscetibilidade à processos erosivos e com carência de cálcio (OLIVEIRA et al., 2004).

Em relação à consciência ambiental, demonstraram desconhecimento sobre o Assentamento estar localizado em área de recarga do SAG. Embora tivessem destacado a necessidade de conservação e uso racional dos recursos naturais da área, não conheciam as razões associadas a isso. Van Koppen e Spaargaren (2015) argumentam que a percepção consciente e “ecocêntrica” da relação homem-solo seja comum entre as populações que vivem em função dos recursos naturais em seus territórios, denominadas como comunidades baseadas em territórios. Em comunidades quilombolas, por exemplo, os agricultores percebem a importância do uso consciente dos recursos naturais, visando tanto garantir a segurança alimentar e pessoal, quanto o restabelecimento das funções ecossistêmicas, demonstrando preocupações pela adoção de práticas de baixo impacto e recuperação de áreas degradadas (MATUK, et al., 2017).

A garantia da segurança e soberania alimentar dos agricultores deve resultar, portanto, da utilização de práticas de manejo adequadas, de acordo com as características e fragilidades naturais do meio, e é imprescindível para assegurar a autonomia na produção de alimentos para consumo e venda, com retorno financeiro satisfatório. As famílias do PDS Santa Helena demonstram fazer uso de diversas práticas de base ecológica e mantém, com isso, a produção de alimentos de grande qualidade nutricional para consumo e que compõe a renda familiar, na venda de cestas para a comunidade de São Carlos e para programas públicos como o PAA (Programa De Aquisição de Alimentos) e PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar).

A Figura 31 representa o esquema ilustrativo de correspondência entre as linguagens técnica e local. Ela é o resultado da integração dos dados obtidos entre os conhecimentos técnico-científico e da comunidade de agricultores, e corresponde à legenda da Avaliação

Integrada da Topossequência. A legenda integrativa busca diretrizes de esforços conjuntos para a gestão adequada da terra (BARRIOS & TREJO, 2003).

Na primeira linha, estão delimitados os compartimentos da topossequência. Na segunda, são apresentados os solos da cobertura pedológica e, na terceira linha, os tipos de solos reconhecidos pelos agricultores. O uso e ocupação do solo na topossequência são apresentados na quarta linha. Há também uma legenda, na parte inferior da figura, referente ao entendimento dos processos pedológicos, com base nas análises anteriormente apresentadas e que configuram a dinâmica dos solos na topossequência do estudo.

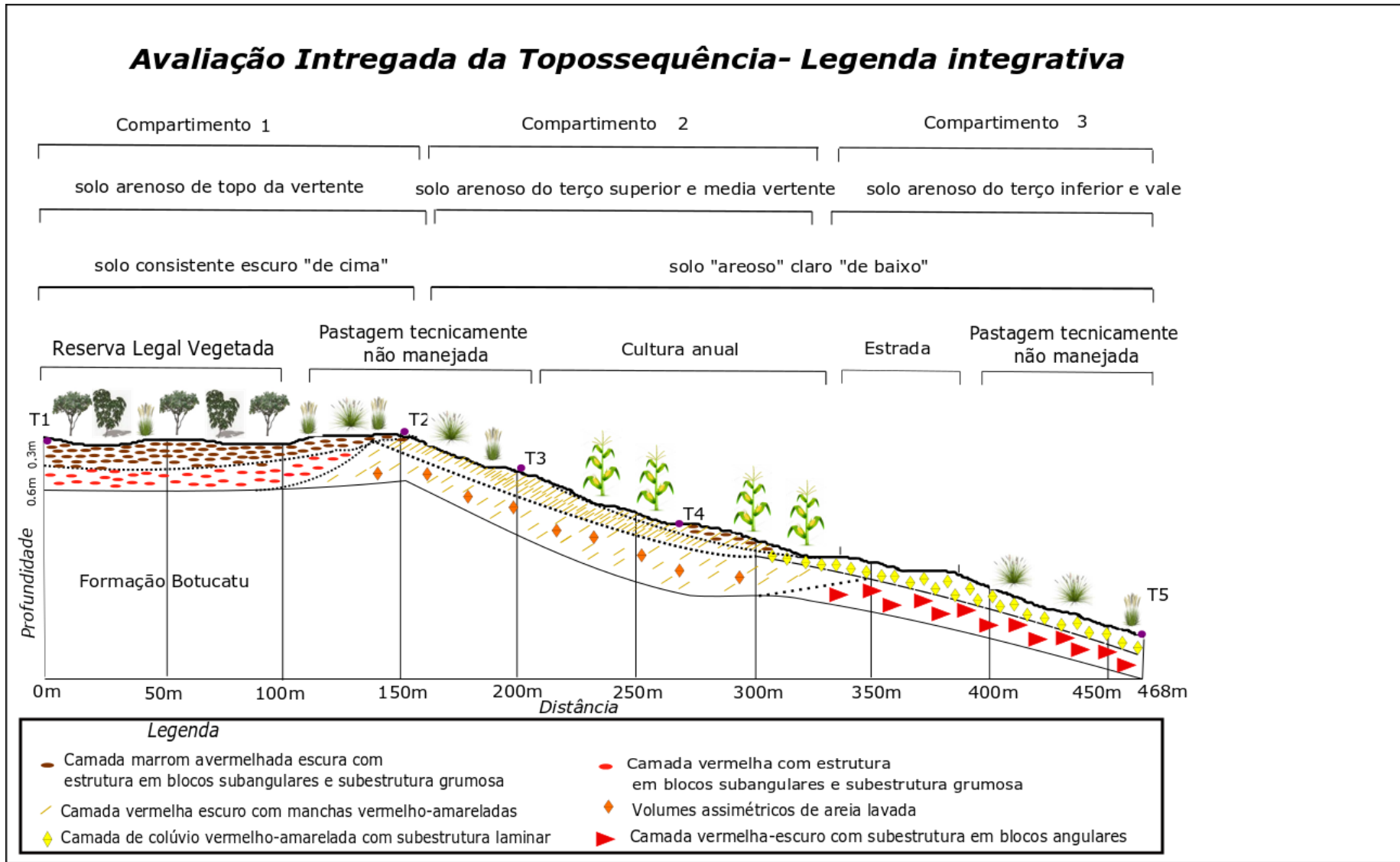


Figura 31 : Esquema Ilustrativo da Avaliação Integrada de Topossequência com Legenda Integrativa de saberes locais e científicos

As legendas refletem elevado grau de legitimidade entre as abordagens. Os solos arenosos, porém com maior quantidade de argila e matéria orgânica, foram reconhecidos como solos mais férteis. Os solos da encosta, também arenosos e com presença de areia solta lavada, possivelmente resultante da erosão laminar, caracterizam-se como solos que apresentam sinais de degradação e foram reconhecidos pelos agricultores como solos pobres. A degradação foi o resultado de práticas não-adequadas da monocultura de cana-de-açúcar e das fragilidades do meio.

O desafio atual é desenvolver e aplicar técnicas apropriadas, que promovam aumento da fertilidade das terras, atendendo as exigências de um assentamento PDS com limitações de capital, lembrando que uma das condições de uso da terra, previstas na portaria que o regulamenta, é o atendimento às características de aptidão agrícola da região (CANUTO et al., 2013).

Os cultivos produzidos no PDS Santa Helena, hoje, atendem ao consumo local e a comercialização em feiras no município de São Carlos. As famílias ainda participam de programas federais como o PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar) e PAA (Programa de Aquisição de Alimentos), criados para o fortalecimento da agricultura familiar. Porém, dificuldades de escoamento de produção foram observadas e notificadas pelos agricultores. O escoamento da produção dos alimentos e sua valorização representam um problema, dado que o comércio de produtos orgânicos ainda represente uma realidade de mercado restrito (NUNES, 2017). Além disso, existe apenas um veículo adaptado ao transporte adequado dos alimentos frescos, o que limita o potencial de comercialização.

Saravalle (2016) elencou as principais dificuldades e adversidades em linhas gerais indicadas pelas famílias do PDS Santa Helena, na qual destaca: a insuficiência de pressão do sistema de captação e abastecimento de água para a produção agropecuária no período de estiagem; a presença de pragas nos cultivos; a burocracia para o acesso à financiamentos; dificuldades e necessidade de outras vias de comercialização e falta de integração entre as entidades parceiras, que realizem atividades de extensão rural no assentamento.

É possível delinear algumas sugestões de ação, dadas as condições locais e os resultados e discussão apresentados nesse trabalho. O foco principal de medidas de recuperação para processos de degradação dos solos deve ser a criação de diversidade

biológica e, para isso, são indicadas técnicas simples como rotação de culturas, policultivos ou cultivos consorciados e integrações com a criação animal (ALTIERI, 2012).

Freitas (2013) realizou uma pesquisa comparativa com solos areno-quartzosos na região amazônica sob usos em pastagem, mata nativa e agroecossistemas. Segundo seus resultados, a conversão dos ecossistemas naturais por cultivos agrícolas convencionais ou pastagens favorece a diminuição do aporte de matéria orgânica no solo, pelo revolvimento ou pela diminuição na diversidade e na reposição dos nutrientes. Os atributos químicos revelaram melhoria nos indicadores sob uso de agroecossistemas, sobretudo na acidez, disponibilidade de bases trocáveis, saturação por bases e, conseqüentemente, na CTC.

Em solos areno-quartzosos, o aporte de matéria orgânica apresenta inúmeros benefícios, dentre os quais: a proteção dos nutrientes presentes aos efeitos da lixiviação e erosão do solo e o auxílio na criação de estrutura de solo mais consistente. Essa, portanto, é a condição de uso sustentável para esse tipo de solo (ARAUJO & MONTEIRO, 2007; SALES et al., 2010; PRIMAVERSI, 2016). Além disso, o retorno da MO incentiva o restabelecimento da biota no solo. Ao estimular a biodiversidade funcional, processos do agroecossistema são fortalecidos, por meio da restauração das funções ecológicas, tais como a ciclagem de nutrientes eficiente, o aumento na diversidade e quantidade de organismos benéficos e antagonistas e a ativação biológica no solo de modo geral (ALTIERI, 1994; PANKHURST et al., 1997; WOLTERS & SCHAEFER, 1994; NICHOLLS, 1999).

Vezzani & Mielniczuk (2009) defendem a ideia de que, quanto maior a quantidade de compostos orgânicos entrar em um sistema por meio do cultivo, maior é a sua capacidade em se auto organizar em macroagregados e, portanto, maior a capacidade de absorver energia e matéria adicionada como carbono. Segundo eles, as vantagens relacionadas à esse aporte de MO levam o solo a desenvolver qualidades como, resistência à erosão (hídrica e eólica); infiltração e retenção de água no solo, pelo aumento da macro e microporosidade; sequestro de carbono; aumento na CTC e, conseqüentemente, no estoque de nutrientes; estímulo à ciclagem dos elementos do sistema; adsorção e complexação de compostos orgânicos e inorgânicos e resiliência à perturbações ao sistema.

O manejo agroecológico busca restabelecer no solo as interações resultantes da combinação entre os cultivos de árvores e animais, representadas em arranjos diversos, como em biomas e ecossistemas já estabelecidos. A otimização dos fluxos de energia, conservação

de água no solo e a promoção do equilíbrio entre populações de pragas e inimigos naturais também são frutos desses tipos de interação (ALTIERI, 1994). Dessa forma, o sistema de solo pode retornar à capacidade de cumprir serviços ecossistêmicos e atingir qualidade em termos físicos, químicos, biológicos e sociais (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009).

Lima et al.(2011) e Iwata (2012) realizaram estudos que reforçam a ideia de melhoria nos indicadores físicos e químicos no solo com a utilização de técnicas para o aumento da diversidade agrícola. Sales et al. (2010) caracterizam como medida-chave no manejo de solos areno-quartzosos a manutenção da cobertura vegetal no solo, de modo a garantir a reposição de matéria orgânica.

Assim, a utilização de uma combinação de práticas direcionadas a desacelerar os processos de perda de solo observados é sugerida. Entretanto, é necessária cautela na escolha de medidas que não onerem financeiramente ou promovam descontinuidades no trabalho já realizado pelas famílias de agricultores.

É fundamental a realização de simulações para a avaliação integrada da viabilidade econômica e social das medidas implantadas, para que os riscos de inadequação sejam reduzidos. Segundo Primavesi (2016), os modelos de agricultura convencionais ou mesmo o modo de produção orgânico resistem no enfoque não-integrativo, isto é, em fatores isolados para melhorar a produtividade do solo, desconsiderando inter-relações entre processos hídricos, pedológicos, climáticos, biológicos e tantos outros. A agricultura de base ecológica prevê, por outro lado, o enfoque sistêmico, em que tais dinâmicas sejam consideradas como fatores sinérgicos e, portanto, indicar formas de manejo adequadas à cada localidade.

Além das medidas técnicas de conservação e uso consciente do recurso, é necessário atentar às políticas públicas locais de incentivo à realização de boas práticas. No estado de São Paulo foi promulgada a Lei nº 16.684, de março de 2018, que institui a Política Estadual de Agroecologia e Produção Orgânica, com o objetivo de promover o desenvolvimento de ações ligadas a esses temas. Traz diretrizes e instrumentos legais que buscam favorecer agricultores com financiamento, acesso à crédito, subsídios e apoio técnico na produção, beneficiamento e escoamento de produtos orgânicos e agroecológicos. Cria bases para a elaboração do Plano Estadual de Agroecologia e Produção Orgânica, com a possibilidade de formação de programas, metas e prazos para a expansão da produção, visando à garantia de segurança e soberania alimentar, a recuperação dos ecossistemas naturais, o protagonismo

dos agricultores nos processos de construção e socialização do conhecimento e a democratização do acesso à terra (BRASIL, 2018).

6. CONCLUSÕES

A Análise da Cobertura Pedológica evidenciou a existência de dois grupos de solos diferenciados pela textura mais argilosa nos solos do topo (T1) e terço superior da vertente (T2 e T3) e os solos do terço inferior e vale (T4 e T5) com textura mais arenosa, por processos pedogenéticos. O uso do solo também permitiu diferenciar o solo do topo (T1) dos demais

pela estrutura, morfologia, porosidade e química, além da não utilização de insumos agrícolas.

A realização do processo participativo de avaliação integrada da topossequência por meio da PRA neste trabalho revelou a capacidade analítica, conhecimento prévio e sensibilização aos manejos ecológicos por parte dos agricultores. Segundo Matuk, et al. (2017), a abordagem etnopedológica confirma a legitimidade do saber local e de sua utilidade na coleta e tratamento de dados. O aprofundamento na criação de metodologias participativas e interdisciplinares é, portanto, muito pertinente no auxílio à garantia de segurança alimentar e gestão sustentável dos recursos naturais.

Destaca-se a relação de confiança criada entre as famílias e os grupos técnicos de apoio das universidades e demais centros de pesquisa. Embora, em alguns casos, tenha sido relatada a falta de retorno e assistência no acompanhamento contínuo dos projetos realizados, provavelmente, devido à escassez de recursos financeiros.

Pesquisas devem seguir avaliando um equilíbrio adequado entre precisão e relevância, como visto na Figura 10 (COOK et al., 1998). As contribuições vindas do conhecimento local e técnico exercem papéis complementares. A visão dos pesquisadores relaciona-se à compreensão dos processos ecológicos que na terra se estabelecem, enquanto que o conhecimento da comunidade local se dá em direção à sua produtividade e uso. A maior parte das terras tradicionais utilizam práticas que refletem ambas as visões, tanto respostas racionais, referentes às condições locais e adaptações ao ambiente, quanto percepções sensíveis ao manejo sustentável da terra (GOBIN et al., 1998).

A abordagem globalizante e integrativa faz com que o entendimento da dinâmica ecológica e suas inter-relações sejam melhor acessados. Assim, a compreensão da qualidade do solo, ligada à funções sociais da terra e serviços ecossistêmicos associados podem fornecer esquemas claros de interpretação dos indicadores medidos e utilizados de forma efetiva pelos administradores da terra e para a elaboração de políticas públicas (RAMALHO FILHO e PEREIRA, 1999; BÜNEMMAN et al., 2018).

A implantação de políticas públicas relacionadas à educação no campo e valorização do trabalhador rural representam importante estratégia de desenvolvimento. Uma vez que os agricultores tenham autonomia na resolução de problemas em suas terras,

em parceria com instituições de pesquisa e universidades, será possível reverter o quadro de degradação ambiental e social associado atualmente aos assentamentos rurais.

Foram observadas dificuldades em conciliar diversas áreas da visão integrada dos processos, principalmente, relacionando informações quantitativas (análises químicas, físicas e estatísticas) com metodologias participativas, questões sociais e suas disparidades, subjetividade e complexidade. Esse fato ressalta a importância na realização de outros estudos que combinem metodologias para que os problemas sejam solucionados de forma efetiva e sistêmica.

É sugerida também a continuidade na elaboração de estudos que sejam conclusivos a respeito dos benefícios relacionados à utilização de técnicas de manejo que mantenham as características naturais do solo ou busquem a melhoria da qualidade do recurso como um todo. Segundo Altieri (2002), as reformas e criação de novos programas de incentivo são essenciais para assegurar no desenvolvimento de técnicas de manejo e novas alternativas de resolução de problemas, de modo que a disseminação massiva, equitativa e acessível dessas práticas ocorra.

Ações conjuntas entre os diversos órgãos que auxiliam tecnicamente o PDS Santa Helena devem ser tomadas, no sentido de tornar efetiva a implantação de políticas públicas que garantam a diminuição de problemas detectados, tanto de cunho ambiental e de produção sustentável, quanto no meio socioeconômico (SARAVELLE, 2016). Se por um lado o estudo específico é uma saída importante na resolução de inúmeros problemas locais, por outro, é imprescindível a criação de condições para a garantia da implantação dessas ferramentas de gestão. Por isso, é fundamental inserir e estimular a participação ativa das comunidades locais nos projetos de desenvolvimento rural, de forma que a autonomia na tomada de decisões dessas populações seja valorizada e utilizada de modo eficaz (RICHARDS, 1985).

Estratégias de ação devem ser discutidas em casos como o deste trabalho, no sentido de compreender as fragilidades do sistema trabalhado e criar propostas participativas, para que, horizontalmente, todos os envolvidos sejam ativos no planejamento, gestão e proteção da terra.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABDULAI, A. **Spatial price transmission and asymmetry in the Ghanaian maize market.** Journal of Development Economics, v. 63, p.327–349. 2000.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) (ANEEL). **Banco de Informações de Geração: BIG.** 2002. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm> Acesso em: 15 de setembro de 2016.
3. ALBUQUERQUE FILHO, J. L., et al. **Plano de desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo: proposta preliminar.** IPT. Águas Subterrâneas, 2010
4. ALMEKINDERS, C. et al. **Research in action: theories and practices for social innovation and social change.** The Netherlands: Wageningen Academic Publishers; 2009.
5. ALTIERI, M. A. **Biodiversity and pest management in agroecosystems.** Nova York: Hayworth Press, 185p. 1994.
6. ALTIERI, M. A. **Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments.** Agriculture, Ecosystems and Environment, v 93. p. 1-24. 2002.
7. ALTIERI, M. A. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável.** 2.ed. Rio de Janeiro: Expressão Popular, 3 ed., 592p. 2012.
8. ALVARENGA, M. I. N. & DAVIDE, A. C. **Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agrossistemas.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 23, p.933-942, 1999.
9. ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.; LACERDA, M.P.C. **Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.31, p.1099-1108, 2007.
10. ARAÚJO, J. L. et al. **Crescimento e produção do arroz sob diferentes proporções de nitrato e amônio.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.36, p.921-930, 2012.
11. ARAÚJO, L. M., FRANÇA, A. B., POTTER, P. E. **Hydrogeology of the Mercosul aquifer system in the Paraná d Chaco Paraná Basins, South America, and**

- comparison with the Navajo-Nugget aquifer system, USA.** Hydrogeology Journal, 7, p. 317-336, 1999.
12. ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. **Indicadores biológicos de qualidade do solo** Bioscience. Journal, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75. 2007.
 13. ARAÚJO, A. L. de; et al. **Etnopedologia: uma abordagem das etnociências sobre as relações entre as sociedades e os solos**, Ciência Rural, v.43, n.5, 2013.
 14. ASSINE, M. L.; PIRANHA, J. M.; CARNEIRO, C. D. R. **Os paleodesertos Pirambóia e Botucatu**. In: Mantesso Neto V., Bartorelli A., Carneiro C. D. R., Brito Neves B.B. (org.). Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo, Beca, p. 77-92, 2004.
 15. BARRERA-BASSOLS N., et al. **Symbolism, knowledge and management of soil and land resources in indigenous communities: Ethnopedology at global, regional and local scales**, Ghent: University of Ghent Press. 2003.
 16. BARRERA-BASSOLS, N; ZINCK J A. **Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people**. Geoderma; 111: 171-95, 2003.
 17. BARRETO, C. E. A. G. **Balanço hídrico em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa**. Dissertação de Mestrado. São Carlos, EESC-USP-SHS. 2006.
 18. BARRIOS, E. & TREJO, M. T. **Implications of local soil knowledge for integrated soil management in Latin America**. GEODERMA. v. 111 n.3-4 p.217-231. 2003.
 19. BAYER, C. & BERTOL, I. **Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica**. R. Bras. Ci. Solo, n. 23: p. 687-694, 1999.
 20. BERAZNEVA, J. et al. **Empirical assessment of subjective and objective soil fertility metrics in east Africa: Implications for researchers and policy makers**. World Development 105 (2018) 367–382. 2018.
 21. BERNARDI A. C. C., et al. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados**. Embrapa Solos. Documentos; Rio de Janeiro, n. 46, 22 p. 2003.

22. BEETS, W. C. **Multiple Cropping and Tropical Farming Systems**. Boulder Westview Press, EUA, 1982.
23. BENNEH, G. **Toward sustainable smallholder agriculture in Sub-Saharan Africa**. Washington, D C: International Food Policy Research Institute, 1996.
24. BODDEY, R.M. et al. **Nutrient cycling and environmental impact of Brachiaria pastures**. In: MILES, J. W. et al. (Ed.). *Brachiaria: biology, agronomy, and improvement*. Colombia: Ciat/Embrapa-CNPGC, p. 72-86, 1996.
25. BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 292 p. 1988.
26. BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.html>. Acesso: 20 de abril de 2016.
27. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Cartilha Parlamentar 2016-2017**, 1ª ed., Brasília-DF, 2017. Disponível em: <[http://colegiona.mma.gov.br/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/LIVRO MMACartilha Parlamentar WEB 116.pdf](http://colegiona.mma.gov.br/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/LIVRO_MMACartilha_Parlamentar_WEB_116.pdf)> Acesso: 10 jun. 2017.
28. BRASIL, **Lei 4504, de 30 de novembro de 1964**. Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências. 1964. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4504compilada.htm>. Acesso: 27 nov 2017.
29. BRASIL, Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. **Lei nº 16.684, de 19 de março de 2018**. Institui a Política Estadual de Agroecologia e Produção Orgânica - PEAPO, e dá outras providências. São Paulo. 2018. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2018/lei-16684-19.03.2018.html> Acesso: 29 de maio de 2018.
30. LOPEZ-HERNANDEZ, D., BROSSARD, M. **Recent use history of South American savannah land. Case studies in the Orinoco savannas**. *Interciencia*, v.30 n.10 p. 623-630. 2005.

31. BOULET, R, et al. **Analyse structurale et cartographie en pédologie: I. Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposséquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols.** Cah. ORSTOM, sér. Pedol., XIX, v. 4, p. 309-321, 1982.
32. BORATINSKA, K.; HUSEYNOVB, R. T. **An innovative approach to food security policy in developing countries,** Journal of Innovation & Knowledge, Elsevier Espanha, v. 2; p. 39–44, 2015.
33. BÜNEMANN, E. K. et al. **Soil quality – A critical review.** Soil Biology and Biochemistry, n. 120, p. 105–125, 2018.
34. BULLOCK, P. et al. **Handbook for Soil Thin Section Description.** Publicado por: Waine Research Publications, Wolverhampton. 152 p, 1985.
35. CANUTO, J. C. et al. **Assentamentos rurais sustentáveis: o processo de construção participativa do conhecimento agroecológico e o monitoramento de unidades de referência no Assentamento Sepé Tiaraju-SP.** Embrapa Meio Ambiente, 2013.
36. CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. **Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.
37. CARVALHO, J. C. C. de et al. **Processos erosivos no centro oeste brasileiro.** Brasília: FINATEC, 2006.
38. CASTRO, S. S. **Micromorfologia de solos: pequeno guia para a descrição de lâminas delgadas.** Apostila IPT/CAPES X COFECUB/DG-USP, 1989.
39. CAVALCANTE, E. G. S, et al. **Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos.** Ciência Rural, Santa Maria/RS, v.37, n.2, p.394-400, 2007.
40. CEREDA JUNIOR, A. **Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Ribeirão do Monjolinho – São Carlos –SP- Utilizando ferramentas de Geoprocessamento.** São Carlos, 2007.

41. CHAMBERS, R. **The origins and practice of participatory rural appraisal**, World development, v. 22 n 7, 1994.
42. CHONCHOL, J. **La soberania alimentaria em Cultura, Sociedad e Historia Contemporánea**, Revista del Doctorado en el Estudio de las Sociedades Latinoamericanas, Santiago do Chile, Universidad Arcis, Editorial Arcis, p. 269-290. 2002.
43. CORÁ, J. E. et al. **Adição de areia para dispersão de solos na análise granulométrica**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa/MG, v. 33, n. 2, p. 255-262, 2009.
44. CORREIA, J.R.; REATTO, A. & SPERA, S.T. **Solos e suas relações com o uso e manejo**. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, p.29-62, 2004.
45. COOK, S. E., et al. **On-farm experiments to determine site-specific response to variable inputs**. In: Robert, P.C. (Ed.), Fourth International Conference on Precision Agriculture. ASA/ CSSA/SSSA, ASPRS, PPI, St. Paul, Minnesota. 1998.
46. COSTA, P. T. de O. **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas – a experiência agroflorestal do assentamento PDS Santa Helena, São Carlos – SP**. Trabalho de conclusão do curso de Geografia, IGCE, Unesp Rio Claro, 67 p., Rio Claro, 2016.
47. DAEE/IG/IPT/CPRM. Departamento de Águas e Energia Elétrica; Instituto Geológico; Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Serviço Geológico do Brasil. **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo**: DAEE/IG/CPRM, 2005.
48. DANE, J. H. & HOPMANS, J.W. **Pressure plate extractor**. In: DANE, J.H. & TOPP, C., eds. **Methods of soil analysis. Physical methods**. Madison, Soil Science Society of America Part 4. (SSSA Book Series, 5). p. 688-690. 2002.
49. DEDECEK, R. A. **Erosão e práticas conservacionistas nos cerrados**. Planaltina. Embrapa-CPAC, Circular Técnica, 22 .16 p., 1986.

50. DELGADO, G. **A Questão Agrária no Brasil, 1950-2003**. São Paulo, 2014. Disponível em: http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/126539/mod_resource/content/2
Acesso 22 de dezembro de 2017.
51. DE MARIA, I.C.; NNABUDE, P.C. & CASTRO, O.M. **Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical properties of a Rhodic Ferralsol in southern Brazil**. Soil Till. Res., n.51: p. 71-79, 1999.
52. DIALLA, B. E. **The Mossi indigenous soil classification in Burkina Faso**. Indigenous Knowledge Dev. Monitor 1, 17–18. 1993.
53. DONAGEMMA, G.K., et al. **Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil**. Pesquisa Agropecuária brasileira. v.51, n.9, p.1003-1020, 2016.
54. DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. **Defining and assessing soil quality**. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, p.1-20. 1994.
55. DORAN, J. W.; ZEISS, M. R. **Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality**. Appl. Soil Ecol.15. p. 3-11. 2000.
56. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Monitoramento por Satélite. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. RONQUIM, C.C. Campinas, SP: Embrapa, 30 p. 2010.
57. FAO. Food and Agriculture Organization. **The state of food insecurity in the world 2009. Economic crises – Impacts and lessons learned**. Rome: FAO, 2009. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0822e/a0822e00.pdf>. Acesso em: 22 de julho de 2017.
58. FAO. Food and Agriculture Organization. **The state of food insecurity in the world. Meeting the 2015 international hunger targets: Taking stock of uneven progress**. Rome: FAO; 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf> Acesso em: 30 de agosto de 2016.
59. FERES, R. **Análise de processos de erosão acelerada, com base em fotografias aéreas e geoprocessamento: Bacia do Rio Bonito (Descalvado, SP)**. UFSCar, 142 p. 2002.

60. FERRI, M.G. **Ecologia do Cerrado**. In IV Simpósio sobre o Cerrado: bases para utilização agropecuária. EDUSP, São Paulo, p.15-36, 1977.
61. FOLEY, J., et al. **Solutions for a cultivated planet.**, Nature Analysis, vol. 478, no. 7369, p. 337–42, 2011.
62. FOY, C. D. **Effects of aluminum on plant growth**. In: CARSON, E. W. (Ed.). **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, p. 601-642. 1974.
63. FREIRE, P.; **Conscientização: teoria e prática da libertação. Uma introdução ao pensamento de Paulo Freire**. São Paulo: Cortez & Moraes, 1980.
64. FREITAS, I. C. **Atributos de um Neossolo Quartzarênico da Pré-Amazônia sob 261 Agroecossistemas de Produção Familiar**. Goiânia/GO: Universidade Federal de Goiás, 2013. 83p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Goiás, 2013.
65. GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Ed. Universidade/UFRGS, 3 ed. 653 p. Porto Alegre, 2005.
66. GREENLAND, D. J. **The sustainability of rice farming**. Walingford, Reino Unido: CAB International, 1997.
67. GOBIN, A. et al. **Integrated Toposequence Analysis at the confluence zone of the River Ebonyi headwater catchment**. Institute for Land and Water Management, Katholieke UniÕersiteit LeuÕen, V, Belgium, 1998.
68. GOMES M. A. F.; FILIZOLA, H. F. **Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola** Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna/SP, 2006.
69. GONÇALVES, A. R. L. **Geologia Ambiental da Área de São Carlos**. Tese de Doutorado, EESC-USP, São Carlos, 1986.
70. GONÇALVES, J. C. **Reforma agrária e desenvolvimento sustentável: retóricas e realidades em movimento**. Tese (Doutorado em Sociologia), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.
71. GOTELLI, N. J. **Princípios de estatística em ecologia**. Tradução: Fabrício Beggiato Baccaro... [et al.]. Porto Alegre: Artmed. 528 p. 2011.

72. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira** / Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais – Rio de Janeiro: IBGE; 1992.
73. INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Portaria nº 477/99. **Implantação de Projeto de Desenvolvimento Sustentável**. 1999.
74. INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Histórico do Incra**. Brasil, 2011. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/historico-do-incra>>. Acesso em: março de 2017.
75. IWATA, B. F., et al. **Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 730-738, 2012.
76. JUSTIÇA FEDERAL, **Processo nº 0000138-91.2004.403.6115**, Segunda Vara, São Carlos, 2004.
77. KARLEN, D. L., et al. **Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation** (A Guest Editorial). Soil Sci. Soc. Am. J. 61:4-10. 1995.
78. KARLEN, D. L., et al. **Soil quality: why and how?** Geoderma vol. 114, p.145-156. 2003.
79. KAVVADIAS, V. **Soil degradation**. Soil science institute of Athens National Agricultural Research Foundation. 2014.
80. KERN, D.C. & KÄMPF, N. **Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 13, p. 219-225, 1989.
81. KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Editora Agroecológica, Botucatu, 2001.
82. KRASILNIKOV, P. V.; TABOR, J. A. **Perspectives on utilitarian ethnopedology**. Geoderma; 111:197-21, 2003.
83. KOBIYAMA, M. et al. **Áreas degradadas e sua recuperação**. Informe agropecuário, Belo Horizonte. v. 22. n. 210, p. 10-17, 2001

84. KÖPPEN, W. **Das Geographische System der Klimate. Handbuch der Klimatologie** (ed by W. Köppen and Geiger), vol 1 part C 44p. Verlag Von Gebruder Borntraeger, Berlin, 1936.
85. LAL, R. **Soil Erosion in The Tropics, principles and management**. McGraw-Hill, New York. 1990.
86. LAL, R. **Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability Soil & Tillage Research**, v 27 p. 1-8, 1993.
87. LARSON, W. E.; PIERCE, F.J. **Conservation and Enhancement of Soil Quality, in Evaluation for Sustainable land Management in the Developing WORLD**. Vol 2 IBSRAM. Bangkok; Tailândia. Int Board for Soil Resource and Management, 1991.
88. LEPSCH, I. F., et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 175p. 1991.
89. LIMA, V. H., et al. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semiárido cearense**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa/MG. v. 31, n. 5, p. 1085-1098, 2007.
90. LIMA, S. S., et al. **Atributos químicos e estoque de carbono e nitrogênio em Argissolo Vermelho-Amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí**. Revista Árvore, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 51-60, 2011.
91. LOPES, P.R. **Transição Agroecológica do Assentamento Santa Helena – Problematização Participativa da Realidade Local e Extensão Rural**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à FEA da UNICAMP para título de Especialista em Educação do Campo e Agroecologia na Agricultura Familiar e Camponesa. Campinas, 2015.
92. MARTINS, J. S. **O cativoiro da terra**. Hucitec, 3 ed. São Paulo, 1986.
93. MATOS, L. V., et al. **O conhecimento local e a etnopedologia no estudo dos agroecossistemas da comunidade quilombola de Brejo dos Crioulos**. Soc Nat.; n 26: p. 497-510, 2014.

94. MATUK F.A, et al. **Ethnopedology of a Quilombola Community in Minas Gerais: Soils, Landscape, and Land Evaluation.** Rev Bras Cienc Solo. 41. 2017.
95. MENDEZ, J. P. et al. **Indicators and Quality Indices of Soil (QIS) Producer's Barley in the Southern State of Hidalgo, Mexico** International Journal of Applied Science and Technology v. 2, n. 8, 2012.
96. MEURER, E. J. **Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas.** In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do solo. p. 67-90. Viçosa: SBCS, 2007.
97. MIRALHA, W. **Questão agrária no Brasil: origem, necessidade e perspectivas de reforma hoje.** Revista NERA, ano 9, n. 8, pp. 151-172, Presidente Prudente, 2006.
98. MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell Soil Color Charts.** Baltimore, 1994.
99. MUTEMA, M. et al. **Annual water sediment, nutrient and organic carbon fluxes in river basins: A global meta-analysis as a function of scale.** Water Resour. Res, 51, 2015.
100. NICHOLLS, C.; ALTIERI, M. **AGROECOLOGÍA Teoría y práctica para una agricultura sustentable.** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, México. 1 ed. 43 p. 1999.
101. NUNES, L. H., **Descobrimos os solos do Assentamento Santa Helena (São Carlos/SP) a partir do diálogo entre o conhecimento local e formal.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental, 42p. IGCE/UNESP, Rio Claro/SP, 2017.
102. OLIVEIRA, A. U. de **Modo de produção capitalista, agricultura e Reforma Agrária,** 1º ed. São Paulo: FFLCH, 2007.
103. OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos. Memorial descritivo.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas. 118 p. (Boletim Técnico, 98), 1984.
104. OLIVEIRA, F. N. S. et al. **Bioindicadores de impacto ambiental em sistemas agrícolas orgânicos.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 24 p. Documentos, 93. 2004.

105. OLIVEIRA, P. T. S., NEARING, N. A., WENDLAND, E. **Orders of magnitude increase in soil erosion associated with land use change from native to cultivated vegetation in a Brazilian savannah environment** *Earth Surf. Process. Landforms* n. 40, p.1524–1532, 2015.
106. PAGNOCCA, F. C.; et al. **Toxicity of sesame extracts to the symbiotic fungus of leaf-cutting ants.** *Bulletin of Entomological Research*, v.80, n.1. p. 349-352, 1990.
107. PANKHURST, C. E. et al. **Biological indicators of soil health: synthesis.** Em: Pankhurst, C.E., et al (Eds.), *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International, Wallingford, Oxon, p. 419–435. 1997.
108. PINTO, T. dos S. **Plantation, um sistema de exploração colonial;** *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/historiab/plantation.htm>>. Acesso em 12 de novembro de 2016.
109. POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. **Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation.** *Soil Biology & Biochemistry*, Oxford, v. 19, p. 159-164, 1997.
110. PRADO, R. M. **A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura.** Jaboticabal: UNESP, 10p. 2000.
111. PRADO, H. **Pedologia fácil:** Aplicações na agricultura. Piracicaba, 145 p., 2008.
112. PRIMAVESI, A. M. **Manual do Solo Vivo: solo sadio, planta sadia, ser humano sadio.** 2 ed. rev. Expressão Popular. São Paulo, 205p. 2016.
113. PRIMAVESI, A. M. **Cartilha do solo como reconhecer- e sanar seus problemas.** Fundação Mokiti Okada/ MST, 2009. Disponível em: <http://www.reformaagrariaemdados.org.br/biblioteca/caderno-de-estudo/cartilha-do-solo-como-reconhecer-e-sanar-seus-problemas-ana-primavesi>. Acesso em fev/2018.
114. QUEIROZ NETO, J. P. **Análise Estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa.** *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo, n 15, p. 77-89, 2002.
115. RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes.** International Plant Nutrition Institute, Piracicaba, 420p. 2011.

116. RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, L. C. **Aptidão agrícola das terras do Brasil: potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 36 p. 1999.
117. RAO, I. M., et al. **Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils. II. Differences in shoot and root growth responses to varying phosphorus supply and soil type.** Journal of Plant Nutrition, n. 19, p. 323–352. 1996.
118. RICHARDS, P. **Indigenous agricultural revolution.** Boulder, CO: Westview Press, 1985.
119. ROSSI, M. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado.** São Paulo: Instituto Florestal, V.1. 118p. (inclui Mapas). 2017.
120. RUELLAN, A.; DOSSO, M. **Regards sur le sol.** Foucher, 192 p. Paris, 1993.
121. SALES, L. E. O.; et al. **Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso agrícola.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras/MG, v. 34, n. 3, p. 667-674, 2010.
122. SANTANA, D. P. **Qualidade do solo: uma visão holística.** BOLETIM INFORMATIVO. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Sete Lagoas/MG, v. 7, n. 2, p. 15-18, abr. 2002.
123. SANTOS, G. S.; NORI, P. G. OLIVEIRA, L. F. C. **Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.115–123, 2010.
124. SANTOS, H. G. dos, et al. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3 ed. rev. Ampl, Brasília, DF: Embrapa, 353 p. 2013.
125. SCHLESINGER W.H., et al. **Biological feedbacks in global desertification.** Science n. 247: p. 1043–1048. 1990.
126. SELLE, G. L. **Ciclagem de nutrientes em Ecossistemas Florestais.** Biosci. J., Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

127. SILVA, A. S. da; et al. **Erosão e Conservação dos Solos- Conceitos, Temas e Aplicações**, Rio de Janeiro, Bertland Brasil, 340p, 1999.
128. SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 275-374, 2007.
129. SILVA, F C. da, et al. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica. 627 p. 2009.
130. SIQUEIRA, J. O. et al. **Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA, 142p., 1994.
131. SHIVA, V. **The violence of the Green Revolution: third world agriculture, ecology and politics**. University Press of Kentucky. EUA, 1ª ed, 257 p, 2016.
132. SOBRAL, L. F., et al. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.
133. SOPRANO, E. **Estabilidade de agregados e dispersão de argila em função de calagem**. Tese de Doutorado:.UFRGS, Porto Alegre, 106p. 2002.
134. SOTTA, E. D. et al. **Landscape and climatic controls on spatial and temporal variation in soil CO₂ efflux in an Eastern Amazonian Rainforest, Caxiuana, Brazil**. Forest Ecology and Management n. 237, p.57–64. 2006.
135. SOUSA, M. S. **Caracterização dos areais da Bacia do Ribeirão Sujo, município de Serranópolis/GO**. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 26, pp. 93 - 111, 2009.
136. SOUZA, T. T.; LIMA, A. B.; TEIXEIRA, W. G. **O aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo através da aplicação de carvão vegetal em um latossolo amarelo na Amazônia Central**. In: 61º Reunião Anual da SBPC, Manaus/AM, Brasil. 2009.
137. SOUSA, D. P.; SANTOS, O. A. M.; WEBER, O. L. S. **Atributos químicos de neossolos quartzarênicos órticos**, 50º Congresso Brasileiro de Química, Cuiabá, UFMT, 2010.

138. SPERA, S. T.; REATTO, A.; MARTINS, E. S.; CORREIA, J. R.; CUNHA, T.J.F. **Solos areno-quartzosos no Cerrado: problemas, características e limitações ao uso.** Planaltina: EMBRAPA CPAC, 48p. (documentos, 7). 1999.
139. SCHWILCH, G. et al. **Operationalizing ecosystem services for the mitigation of soil threats: a proposed framework.** *Ecological Indicators* n. 67, p. 586–597. 2016.
140. STAMATO, B. **A Cartilha Agroecológica** / Instituto Giramundo Mutuando, Botucatu, SP: Editora Criação Ltda, 2005. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/GrupoTimbo/CartilhaAgroecologica.pdf>>. Acesso em fev/2018.
141. STOOPS, G., MARCELINO, V.; MEES, F. **Interpretation of micromorphological features of soil and regoliths.** Elsevier, Oxford, 720p. 2010.
142. TEIXEIRA, P. C, et al. **Manual de métodos de análise de solo.** 3. ed. Brasília, DF. Embrapa. 573 p. 2017.
143. TORSVIK, V.; OVREAS, L. **Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems.** *Current Opinion in Microbiology*, Amsterdam, v. 5, n. 3, p. 240-245, 2002.
144. VALE JÚNIOR, J. F.; et al. **Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável.** *Revista Agro@mbiente On-line, Boa Vista*, v. 5, n. 2, p. 158-165, 2011.
145. VALE JÚNIOR JF; SCHAEFER C. E. G. R; COSTA J. A. V. **Etnopedologia e transferência de conhecimento: diálogos entre os saberes indígena e técnico na terra indígena malacacheta.** *Rev Brasileira de Ciencia do Solo*; n 31, p. 403-12, 2007.
146. VAN KOPPEN C. S. A; SPAARGAREN, G. **Environment and society: An introduction to the social dimensions of environmental change.** Wageningen: Environmental Policy Group, Wageningen University; 2015.
147. VILELA, L. et al. **Calagem e adubação para pastagens.** In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação.* Planaltina: Embrapa-CPAC, cap. 14, p. 367-382, 2002.

148. VEZZANI, F. M; MIELNICZUKII, J. **Uma visão sobre qualidade do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa/MG, v. 33, n. 4, p 743-755, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000400001>>. Acesso em: 16 nov. 2017.
149. WALKLEY, A.; BLACK, I.A. **An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method.** Soil Science, Baltimore, v.37, p.29-38, 1934.
150. WOLTERS, V., SCHAEFER, M. **Effects of acid deposition on soil organisms and decomposition processes.** Em: Benckiser, G. (Ed.), Effects of Acid Rain on Forest Processes. Wiley, New York, p. 83–127. 1994.
151. WOHL E., et al. **The hydrology of the humid tropics.** Nature Climate Change v. 2, p. 655–662, 2012.

ANEXO A

Dados gerais dos perfis do solo

Perfil: T1/T2/T3/T4/T5

Data: 16/09/2016

Classificação: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico Latossólico

Localização, município, estado, coordenadas e altitude: lote N° -- do assentamento Santa Helena. São Carlos. São Paulo. 21°08'44,61" S e 48°43'29,26" W, 730m (alta vertente)

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: descrito e coletado em trincheira aberta em área com aproximadamente 1% de declive, sob área de Reserva Legal vegetada(T1), pastagem tecnicamente não manejada(T2/T3/T5), roça recente de milho e horticultura (T4).

Litologia, cronologia e formação geológica: Sedimentos paleozóicos de arenitos finos. Cretáceo superior. Formação Botucatu.

Material de origem: proveniente da alteração do material supracitado.

Pedregosidade: não pedregoso

Rochosidade: não rochoso

Relevo local: suavemente ondulado

Relevo regional: suavemente ondulado

Drenagem: acentuadamente drenado

Vegetação primária: Campo Cerrado

Uso atual: T1- sem uso agropecuário Reserva Legal Vegetada/ T2, T3 e T5- pastagem/ T4- cultivo recente (milho e horticultura)

Clima: transição entre Cwa.i e Awa.i- tropical com verão úmido e inverno seco e clima quente de inverno seco, segundo a classificação de Köppen.

Descrito e coletado por: Fernanda Esteves Cardozo. Vania Rosolen. Vinicius Mendes.

ANEXO B

Roteiro para a entrevista semi-estruturada

(Elaborado por NUNES, 2017)

Lote:

Nomes:

1 - Têm a agricultura como fonte de renda? () SIM () NÃO

2 – Qual sua história com a terra?

3 – O que é o solo? Qual a impressão sobre o solo do assentamento?

4 – Como você sabe se um solo é “ruim” ou “bom” para o plantio? Onde eles ficam? (Indicadores)

5 – O pode ter acontecido para um solo ficar “ruim”?

6 – O que fazer para um solo ficar “bom”?

ANEXO C

***Cartilha de Solos***

“Características, problemas e boas práticas”

Assentamento PDS Santa Helena/ São Carlos-SP



Elaboração: Fernanda Esteves Cardozo
Orientação: Prof. Dr^a Vania Silvia Rosolen/UNESP Rio Claro

Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente/IGCE-UNESP

Rio Claro

2018
SUMÁRIO

1. Agradecimentos.....	1
2. Introdução.....	2
3. Solo.....	3
4. As propriedades do Solo.....	3
5. Nutrientes.....	4
6. Tá, mas o que seria considerado um SOLO FÉRTIL?	6
7. Problemas que podem ser encontrados	8
8. Mas calma, ainda podemos mudar essa situação!	10
9. Mas, e no caso de terrenos visivelmente degradados? “Buracos ou erosão aparente”	13
10.A Vida no Solo- Matéria Orgânica.....	15
11.Disposições Finais.....	17
12.Bibliografia Consultada.....	18

1. Agradecimentos

Agradecemos às famílias de agricultoras e agricultores do Assentamento PDS Santa Helena, do município de São Carlos/SP, por permitirem que o trabalho de análise dos processos de degradação fosse realizado em seus lotes.

Em especial à Dona Teresinha, Dona Lindamira, Seu Wardo e Seu Sebastiãozinho. Por nos acolher, ensinar saberes tradicionais e nos possibilitar uni-los ao conhecimento técnico, em vista da melhor compreensão dos sistemas naturais para contribuir na busca por melhores alternativas de trabalho e produção dentro desses sistemas.

Também por tornar esse projeto possível, agradecemos à Prof. Dr. Vania Silvia Rosolen, da UNESP/Campus Rio Claro pela oportunidade de compartilhar seus conhecimentos e nos mostrar o caminho científico em direção à realização de práticas adequadas à conservação dos recursos naturais e na manutenção do desenvolvimento humano.

Às colegas Alana, Larissa, Giovanna, Victoria e Vinícius por

auxiliarem na obtenção dos dados e no tratamento, que permitiram a compreensão e evolução dos processos estudados. Agradecemos por também acreditarem na realização de pesquisas que fortaleçam o vínculo entre Universidade e comunidade, proporcionando o retorno devido e aplicação dos conhecimentos aprendidos.

Um agradecimento especial à oportunidade de ter contato com os conceitos da Agroecologia e com os saberes tradicionais da Agricultura Familiar. Acreditamos que somente a união dos conhecimentos e o fortalecimento da participação da sociedade civil são capazes de deter os “males” que afetam à nós e ao meio em que vivemos.

Fernanda Esteves Cardozo.

2. Introdução

Essa “Cartilha de Solo-características, problemas e boas práticas” tem a intenção de explicar, de forma simples e objetiva, alguns conceitos sobre esse recurso tão importante para a manutenção da vida no planeta.

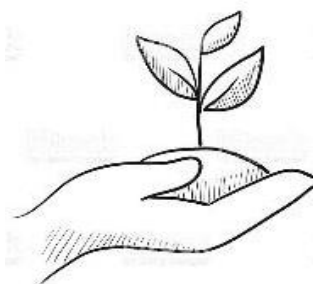
Práticas inadequadas de manejo da terra podem provocar uma série de problemas, resultando em baixa produtividade e degradação do recurso. Por isso, é muito importante que questionemos sempre essas medidas, de modo que o solo não seja prejudicado e que possamos trabalhar com ele em harmonia e equilíbrio no ecossistema.

Nessa Cartilha, falamos das principais propriedades e características dos solos; alguns problemas ou impactos ambientais resultantes de práticas de manejo não adequadas; e como podemos

proceder para retornar a qualidade do recurso.

Para a elaboração dessa Cartilha, buscamos agregar informações de Livros, outras Cartilhas já existentes e de Cadernos da EMBRAPA.

Esperamos que as informações aqui contidas, possam ser de grande utilidade na realização de medidas que auxiliem na conservação dos solos e que possam contribuir para a concretização de muitos projetos no Assentamento PDS Santa Helena ou em outros locais.



3. Solo

O solo é o recurso natural mais próximo à humanidade, tanto no sentido de sua conservação, como no de degradação. O solo deve ser visto como um organismo vivo. Ele necessita de alimentação em quantidade, qualidade e regularidade adequadas. Também precisa de estabilidade para poder desempenhar suas atividades da forma mais eficiente possível.

O solo é formado por 45% de minerais, 5% de matéria orgânica (restos vegetais decompostos ou em decomposição) e 50 % de poros (espaços que podem ser preenchidos com ar ou água). Essa

composição pode variar, dependendo da localização, da temperatura, do regime de chuvas e de características específicas de cada região do planeta.

A maior parte do Brasil está localizada entre os trópicos (com grande incidência de radiação solar), por isso, nossos solos são considerados tropicais.

Existem diversos tipos de solos, que se diferenciam entre si por suas características como cor, textura, estrutura, presença de poros, raízes, e atividade biológica (vida na terra).

4. As propriedades do solo

Podemos dizer que um solo possui três tipos de propriedades diferentes: *físicas*, *químicas* e *biológicas*.

De modo simplificado, vamos abordar cada uma dessas propriedades.

4.1 Físicas

São aquelas que determinam sua textura ou, por exemplo, se o solo é solto, aerado, ou compactado. Se a água penetra

bem por ele ou se escorre, quando chove (permeabilidade/retenção de água).

4.2 Químicas

As propriedades químicas do solo revelam sua acidez (pH), a quantidade e diversidade de nutrientes (elementos químicos) e se a planta pode absorver bem estes minerais (disponibilidade).

4.3 Biológicas

As propriedades biológicas do solo dizem respeito à vida, ou seja, todos os organismos que façam parte do sistema solo-plantas-

animais, desde microrganismos, até animais de grande porte que podem influenciar as outras propriedades

5. Nutrientes

Existem muitos nutrientes dos quais as plantas precisam para sobreviver bem nutridas. Imaginem se as plantas fossem como montadoras de carros. Se faltarem ou sobrarem peças (nutrientes), o “funcionamento da planta” não será o melhor possível.

Quando utilizamos fertilizantes químicos como NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), um pouco de

correção com calcário (que tem cálcio e magnésio) e um ou outro micronutriente, ainda faltam muitos outros nutrientes para dizermos que a planta está bem alimentada.

Surgem, então muitos dos problemas de pragas e doenças, que indicam dificuldades nutricionais das plantas.

5.1. Macronutrientes

Os Macronutrientes são assim chamados pois são exigidas quantidades relativamente grandes desses elementos para o desenvolvimento das plantas. Eles são: Nitrogênio, Fósforo, Potássio (NPK), Cálcio, Magnésio e Enxofre.

A natureza possui mecanismos de auto regulação desses elementos. No caso do Nitrogênio, o processo de decomposição de matéria orgânica representa 40% de toda a quantidade assimilável pelas plantas desse nutriente. Existem também bactérias nas raízes de

leguminosas, capazes de fixar o nitrogênio presente no ar para o solo.

O fósforo (P) contido no solo está pouco disponível para as plantas, de modo geral, por estar imobilizado. Isso significa que a planta não consegue usá-lo, mesmo estando presente no ambiente. Isso também acontece quando utilizamos fertilizantes sintéticos, por isso, podemos substituir a complementação com fosfato natural, pó de rocha ou farinha de ossos.

No entanto, é fundamental manter ativo o trabalho das micorrizas (fungos nas raízes das plantas) e de outros organismos do solo. Esse processo, novamente, depende da presença de matéria orgânica no solo, que cria condições para o desenvolvimento de atividade biológica.

O potássio (K) também tem funções muito importantes no funcionamento das plantas e na capacidade de realizar fotossíntese. Em solos mais arenosos, podem haver perdas de potássio, pela ação das gotas de chuva que levam uma

5.2. Micronutrientes

São nutrientes necessários para a manutenção do organismo, são chamados de MICRO por causa das *pequenas* quantidades em que são requeridos.

Alguns exemplos de micronutrientes são: Ferro, Zinco, Cobre, Manganês, Selênio, Cromo, Iodo, Flúor, Arsênio, Boro, Molibdênio, Cobalto, Estanho, Níquel, Vanádio e Silício.

parte do solo. Portanto, é muito importante que o solo esteja protegido com uma camada de matéria orgânica e palha seca, para diminuir o impacto da chuva.

O Cálcio está mais presente em solos não-ácidos. Em geral, solos brasileiros são ácidos. A prática de correção com adição de calcário para complementação desse nutriente é bem frequente. Mas, a melhor opção é sempre a adição de matéria orgânica no solo.

Os micronutrientes dependem da ação dos microrganismos do solo para se tornarem assimiláveis pelas



plantas. Essa é a razão pela qual as carências de micronutrientes sejam frequentes na agricultura moderna. A falta de matéria orgânica no solo, que é o alimento dos microrganismos é a causa dos

desequilíbrios dos micronutrientes no solo.

Se houver necessidade de complementação desses minerais, podem ser usados como fonte: as cinzas, o pó de rocha, o fosfato natural, o calcário e a farinha de ossos.

6. Tá, mas o que é um SOLO FÉRTIL?

A fertilidade de um solo pode ser dada por condições físicas adequadas (solo solto, aerado, mas com grumos), boa diversidade de nutrientes e muita atividade dos microrganismos, representa o equilíbrio das propriedades físicas, químicas e biológicas que vimos anteriormente.

Quando há desequilíbrio dessas propriedades, os solos ficam fracos, muito trabalhados, compactados. Isso diminui a capacidade das plantas em escolher e absorver os nutrientes.

Em solo grumoso, bem estruturado, as raízes desenvolvem-se melhor e a água é bem distribuída no sistema, conservando uma temperatura amena (24º C) no solo, mesmo sob Sol forte.

O solo, manejado da forma adequada, pode fornecer muitos destes micronutrientes. Mas para isso, precisa haver atividade biológica, que depende da existência de matéria orgânica.

Já em um solo compactado, existem menos raízes e a água não se infiltra, fazendo com que a planta seja exposta à temperaturas elevadas, de até 56ºC.

Biomassa, também chamada de massa verde, é a produção de folhas, galhos e outras estruturas vegetais. Ela contribui de diversas formas para elevar e fazer circular a fertilidade no solo.

Produzir biomassa ajuda a manter o solo sempre coberto por vegetação, auxiliando assim, na manutenção de umidade. O solo úmido, por sua vez, ajuda a manter a temperatura equilibrada e favorável à manutenção da vida que nele existe.

O plantio de adubos verdes também favorece a cobertura de solo, como veremos mais adiante.

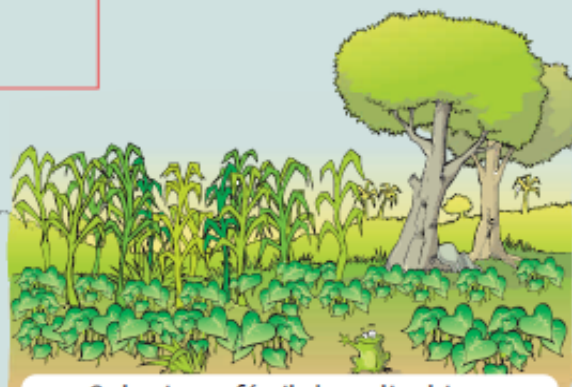
Que tipos de seres vivos estão no solo e como eles contribuem para aumentar a qualidade do solo?

A decomposição da matéria orgânica e mineral (rocha) é feita por diferentes grupos de seres vivos, entre eles **bactérias, fungos, protozoários, algas, minhocas, besouros, ácaros e outros vermes e insetos.**

Esses seres auxiliam na quebra inicial da matéria orgânica e mineral e, em seguida, realizam a decomposição deste material. Com a decomposição, os nutrientes (micro e macronutrientes) são disponibilizados para os cultivos e para o aumento da vida no solo.

Assim, de um lado é fundamental que o solo tenha a diversidade suficiente desses organismos, para que eles façam o trabalho necessário de formação de um solo rico, fértil e bem estruturado. Por outro lado, a utilização de agrotóxicos e adubos químicos mata os seres vivos do solo, diminui a sua qualidade e impede a prática de uma agricultura de base ecológica.

A quantidade e o número de espécies que habitam o solo varia muito de região para região, de acordo com o clima e o manejo empregado. De forma geral, em solos de clima quente, úmido e de boa qualidade, podemos encontrar até 24.200 kg de organismos vivos por hectare (PRIMAVERSI, 1992).

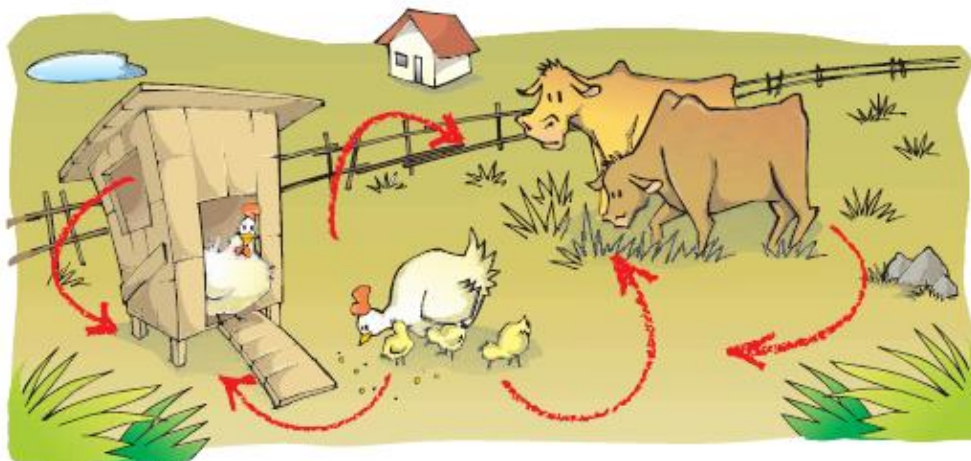


Solo rico e fértil do policultivo.



Solo pobre e sem vida do monocultivo.

Fonte: Figuras e texto Retirados de "A Cartilha Agroecológica" - Instituto Giramundo.



7. Problemas que podem ser encontrados (Degradação/ Impactos Ambientais)

Os desequilíbrios gerados pela alteração dos ecossistemas naturais, utilização de adubos químicos, agrotóxicos, falta de biodiversidade e manejo inadequado da terra, resultam em muitos impactos ambientais.

Contaminações do solo, água e ar, extinção de espécies da fauna e flora, prejuízos à saúde humana,

7.1 Compactação

É o processo de aumento na densidade do solo, geralmente acontece após o forte impacto das gotas de chuva sobre o solo descoberto ou como resultado do pisoteamento do solo pelo gado.

O solo fica selado, compacto e, conseqüentemente, a água que cai sobre ele não infiltra. Pela dificuldade de circulação da água e do ar, os nutrientes também não conseguem se locomover pelo solo. Isso gera problemas no desenvolvimento das plantas e dificulta a manutenção da atividade biológica (qualquer vida no solo).

7.2 Erosão Hídrica

É o resultado das águas que escoam sobre as encostas,

entre muitos outros, são exemplos dos impactos negativos que a agricultura e outras atividades do homem tem provocado.

Nesse capítulo, trataremos sobre alguns processos de degradação da terra que podem ocorrer, dependendo das ações e do tipo de solo de cada ambiente.

causando o arraste de partículas de solo para as regiões mais baixas da paisagem.

O solo quando desprotegido (sem cobertura), ou seja, sem estrutura que diminua a força das águas, tem facilidade de desenvolver processos erosivos.

Com o início do processo erosivo, o solo fica fragilizado, tanto fisicamente, como química e biologicamente, contribuindo para o avanço desses processos, com uma perda cada vez maior de material.

Esse material “perdido” segue em direção aos corpos d’água (rios, lagos, represas, mares), provocando o que chamamos de *assoreamento* ou deposição desse material no fundo do leito.

O assoreamento dos corpos d’água geram desequilíbrios como

inundações e aumento da área de várzea (borda do corpo d'água).

7.2.1 Laminar

Poderia ser definida como o estágio inicial da erosão. Acontece quando finas camadas (lâminas) de solo são retiradas quando a chuva cai sobre a terra exposta. É um tipo de erosão mais difícil de ser observado, porém, a tendência é que esse processo evolua para a erosão hídrica linear, que veremos logo abaixo.

7.2.2 Linear

A Erosão Hídrica Linear é a formação de pequenos canais (sulcos) no solo, pelo impacto das gotas de chuva e o escoamento da água. Ela pode evoluir aos poucos

para a formação de canais mais profundos no solo, chamados de



ravinas ou até atingir o nível da água, quando são chamadas de voçorocas.



Figura:

exemplos de erosão avançada. Fonte: Google images

8. Ainda podemos mudar essa situação?

Abaixo, vamos conferir algumas sugestões de práticas que fazem com que o solo retorne à sua melhor qualidade, diminuindo assim, os impactos ambientais e a queda na produtividade.

8.1 Descompactação:

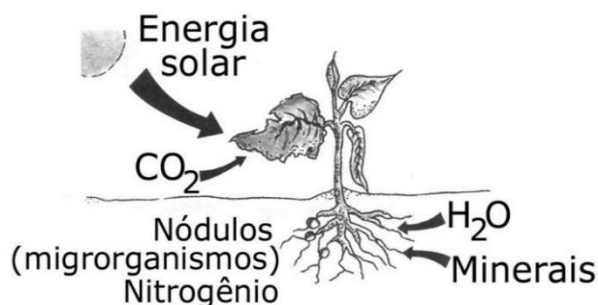
O rompimento das camadas duras do solo. Pode ser feito de maneira mecânica com um subsolador (grade pesada) ou com o plantio dos chamados adubos verdes como aveia preta, nabo forrageiro ou feijão guandu.

8.2 Cobertura de solo: Garantir a melhor cobertura possível, ou seja, evitar ao máximo a exposição do solo à radiação do Sol.

8.3. Rotação / Sucessão variada de cultivos:

8.4 Adubação verde:

A adubação verde ajuda na manutenção da qualidade e



O plantio de consórcios de plantas (policultivo/variedades) traz biodiversidade ao solo, pois cada planta precisa de uma certa quantidade de nutrientes e o solo não ficará “cansado”.

Também pode ser feita a rotação de culturas, com a criação de galinhas ou gado em uma época do ano, e o cultivo de hortaliças no próximo período.

Devem ser feitos testes para a escolha dessa alternativa, já que existem atividades que não podem ser realizadas, uma após a outra.

fertilidade do solo, pela adição de matéria orgânica ainda não decomposta (folhas verdes, galhos e raízes).

Os adubos verdes contém em suas raízes uma bactéria chamada *rhizobium* capaz de transferir nitrogênio do ar para o solo.

A adubação verde faz com que os nutrientes circulem no solo, ou seja, movimenta-os das camadas mais profundas e os deposita na superfície do solo.

Esse processo aumenta a quantidade de nutrientes disponíveis para as culturas cultivadas.

Além desses, existem muitos outros benefícios da adubação verde, como a diminuição da compactação do solo; o aumento de atividade biológica e a melhoria da estrutura do solo.

Os tipos de adubos verdes podem ser divididos em dois grupos, de acordo com a época do ano:

- Adubos verdes de **inverno** (aveia preta, nabo forrageiro, ervilhaca, azevém, entre outros);
- Adubos verdes de **verão** (mucuna, feijão de porco, crotalária, girassol, entre outros).

Os adubos verdes podem ser utilizados de diversas maneiras, entre elas: em consórcio com a cultura principal, anual ou perene; na entressafra e para recuperar a capacidade produtiva do solo;

intercalado ou em faixas no cultivo principal; em áreas de pousio.

O manejo (poda) do adubo verde deve ser realizado no seu florescimento máximo, para assim, trazer a maior quantidade possível de nitrogênio para o solo, já que não haverá a formação de sementes.

Devemos ter certo cuidado ao hábito trepador de alguns tipos de adubos verdes, por isso, o corte é muito importante. Assim, evitamos prejuízos na cultura principal.

Também podem ser feitas misturas de adubos verdes de diversas espécies, conhecidas como coquetéis de adubo verde.

Essa prática depende do objetivo do plantio e da disponibilidade de sementes. É uma medida excelente na recuperação de solos cansados.

É recomendado deixar sempre um pequeno espaço do campo para o desenvolvimento de sementes do adubo verde, assim, viabilizamos a colheita para o próximo ano e evitamos gastos futuros com as sementes do mercado

8.5 Estercos e Compostos:

O esterco é a fonte de adubação orgânica mais lembrada pelos agricultores, que, por meio de suas criações animais, podem ter material abundante para adubação

o ano todo. Por isso a importância da união da produção vegetal com a animal.

Os estercos mais usados são os de vaca, porco, galinha e carneiro,

os quais contêm diferentes quantidades de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (exemplo: esterco de galinha ⑦ rico em Nitrogênio).

O esterco pode ser utilizado como adubo orgânico na forma sólida ou líquida, dependendo da situação, infraestrutura e mão-de-obra disponíveis.

Composto é o resultado do processo de decomposição da matéria orgânica (restos de alimentos, poda e capina, esterco) por organismos decompositores (fungos, bactérias, protozoários, e outros). Vermicomposto ou húmus de minhoca é denominado o composto resultante da ação de decomposição pelas minhocas.

O composto, geralmente, é utilizado 3 meses após a deposição dos resíduos e formação da pilha, conforme ação dos microrganismos (bactérias, fungos, protozoários e outros) e das condições de temperatura e umidade. Quanto mais quente, mais rápido é o processo de decomposição.

Para obtermos um composto de boa qualidade, no menor tempo possível, é necessário adicionar oxigênio no processo de decomposição. Isso pode ser feito

revirando a pilha de resíduos orgânicos a cada dois ou três dias.

Um composto pronto para usar (maduro) apresenta cheiro de terra molhada, ou seja, não possui mais o cheiro característico de nenhum dos materiais que foi utilizado na montagem da pilha.

A mistura de composto com esterco é também uma ótima opção. Uma pilha de composto agrega mais qualidade ao esterco e pode melhorar ainda mais a produtividade da cultura adubada. Confira algumas formas mais utilizadas de esterco e compostos:


- *Sólido e aplicado diretamente no solo* ⑦ forma pouco recomendada, pois somente solos bem estruturados e vivos, com temperaturas quentes, podem decompor o material e fornecer os nutrientes para o solo;
- *Sólido em forma de composto* ⑦ mais indicado, melhora a qualidade do material a ser disponibilizado para as plantas no campo;
- *Sólido em forma de vermicomposto* ⑦ também muito indicado, a digestão pelas minhocas eleva a qualidade do material para a adubação;
- *Líquido em forma de biofertilizantes* ⑦ muito indicado, em especial,

para adubação folhear e superficial, pode ser aplicado por aspersor,

auxiliando na proteção das plantas contra pragas e doenças.

8.6 Lembrar sempre que precisamos fazer um *AGROECOSSISTEMA*,

Equilibrando as relações entre a produtividade agrícola e o ambiente natural. Assim, quanto mais cuidarmos bem do solo e das plantas, mais produtivo e saudável ele será!

AGRO	é relativo à produção agrícola	
ECO	é o nosso ambiente natural	
SISTEMA	é o conjunto de elementos/componentes que atuam relacionados entre si, e que são interdependentes	

Fonte: Cartilha Agroecológica- Instituto Giramundo

9. Mas, e no caso de terrenos visivelmente degradados? “Buracos ou erosão aparente”

Bom, nesse caso, podemos recorrer à duas soluções principais:

- 1) Recobrimento dos “buracos” com solo e;
- 2) Utilização de plantas auxiliares na contenção de processos de degradação.

O recobrimento mecânico desses “buracos” pode ser realizado com a utilização de solos do próprio terreno da família.

No entanto, essa ação deve ser feita com cuidado para não iniciar novos processos de degradação.

Além disso, o recobrimento pode representar um custo elevado aos agricultores. Sendo esse o caso, recomenda-se a utilização de plantas que possam restabelecer o equilíbrio no ponto da degradação, com raízes profundas e que diminuam o impacto das gotas de chuva sobre o solo.

Um exemplo interessante da utilização de plantas para a recuperação de processos de degradação dos solos é o **Capim Vetiver**.

É uma das técnicas vegetativas que se utiliza para estabilizar encostas, fazendo o que se chamamos de grampeamento do solo.

O **Capim Vetiver** possui raízes muito profundas e radiculadas, o que auxilia na agregação do solo. É de fácil adaptabilidade, ou seja, costuma se desenvolver bem em qualquer ambiente.

Além disso, tem a vantagem de não se alastrar, e prejudicar outros cultivos.

A planta consegue reter sedimentos arrastados pela enxurrada e reduzir a velocidade da



mesma, diminuindo seu poder erosivo.

Outras técnicas podem ser associadas a utilização do Capim Vetiver para que o processo erosivo possa ser controlado com maior segurança.

Sua aplicação é feita com a formação de cordões de vegetação permanente, dependendo da necessidade de cada situação. Podemos ver um exemplo na figura abaixo. As covas devem ter dimensões apropriadas para que o torrão da muda possa ficar inteiro. A adubação pode ser feita com o uso de esterco e fontes naturais de fósforo e potássio (pó de rocha).

Figura: Cordão de capim vetiver.
Fonte: CHAVES, 2013.

10.A Vida no Solo- Matéria Orgânica

A vida do solo - sua atividade biológica, junto com a vegetação, formam um conjunto que processa sem parar os recursos naturais básicos disponíveis: sol, água e nutrientes. A vida no solo é capaz

de “reciclar” permanente os nutrientes da vegetação e os minerais encontrados na decomposição da rocha-matriz (que deu origem) do solo.

A decomposição do material orgânico é realizada, por diferentes grupos de seres vivos, que num primeiro momento trituram o material, e depois fazem a decomposição, ou seja, a transformação desse material em nutrientes que podem ser assimilados pelas plantas.

A matéria orgânica no solo melhora a resistência das plantas porque aumenta a população de minhocas, besouros, fungos benéficos, bactérias benéficas e vários outros organismos úteis, que estão livres no solo.

Além disso, a existência de matéria orgânica no solo protege também as plantas porque possui,

na sua constituição, os macro e micronutrientes em quantidades equilibradas, que as plantas absorvem conforme sua necessidade, escolhendo a qualidade e a quantidade de que precisam. Existem nela substâncias de crescimento, que aumentam a respiração e a fotossíntese nas plantas.

A vida no solo ajuda a estabilizar também as propriedades físicas como sua estrutura, pela formação de grumos ou agregados (agrupamentos ou bolinhas). Isso aumenta a penetração das raízes e a quantidade de ar no solo (porosidade).



Fonte: Árvore, ser Tecnológico. Projeto de comunicação ambiental(2014)

EM RESUMO:

“A adição de matéria orgânica ao solo é a chave para ativar todo o sistema naturalmente.

Um dos princípios básicos da agricultura ecológica é que adubamos o solo, para o solo poder adubar nossos cultivos.”

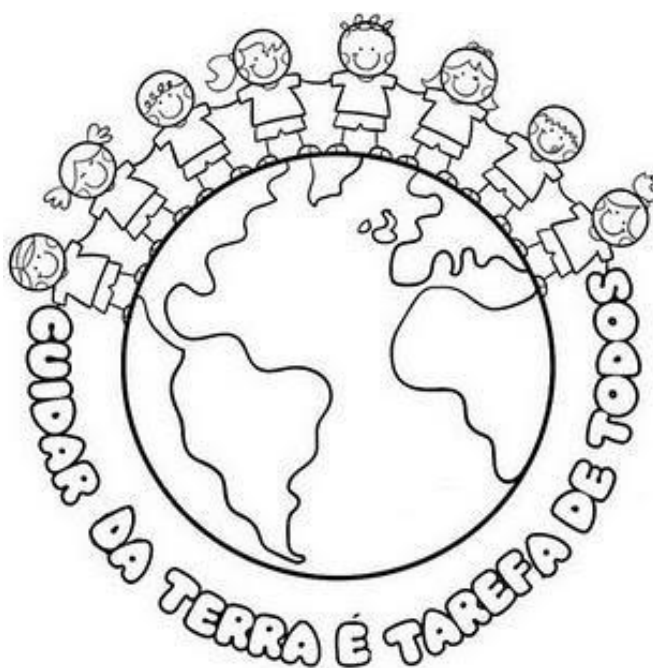
Cartilha Agroecológica- Instituto Giramundo

11. Disposições Finais

Agradecemos a disposição em receber essas informações e desejamos que muitos sistemas de agricultura ecológicas possam florescer entre as famílias de agricultoras e agricultores de nosso país.

Nosso maior desejo é que essas técnicas possam de fato sair da teoria para a prática e sabemos que somente com a união e o apoio de todos, podemos ter muito sucesso!

Boa sorte e vamos ao trabalho!



12. Bibliografia Consultada:

- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 3.ed. São Paulo: Expressão Popular; Rio de Janeiro: AS-PTA, 2012. 400 p.
- CHAVES, T. de A.; ANDRADE, A. G. de. **Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*): Produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas**. Manual técnico, 39, Programa Rio Rural. Niterói/RJ, 2013.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável**. Segunda Edição. Ed. Universidade/UFRGS, Porto Alegre. 2001.
- PRIMAVESI, A. M. **Cartilha de Solos**. Disponível em: <<http://www.reformaagrariaemdados.org.br/biblioteca/caderno-de-estudo/cartilha-do-solo-como-reconhecer-e-sanar-seus-problemas-ana-primavesi>> Acesso em fev/2018.
- PRIMAVESI, A.M. **Agricultura Sustentável**. Ed. Nobel. São Paulo, 1992.
- SOUZA, R. X. et al. **Análise da eficiência do capim vetiver para proteção de encostas: quantificação da perda de solo por erosão hídrica**. In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Londrina/PR: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2011. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/VI-014.pdf>> Acesso: fev 2018.
- STAMATO, B. **A Cartilha Agroecológica / Instituto Giramundo Mutuando**, Botucatu, SP: Editora Criação Ltda, 2005. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/Home/Extensao/GrupoTimbo/CartilhaAgroecologica.pdf>>. Acesso em fev/2018.