

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Caio Nagayama Dias

**IMPACTOS DA MONOCULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM
ARGISSOLOS E LATOSSOLOS NA REGIÃO DE ASSIS/SP**

São Paulo
2016

Caio Nagayama Dias

**IMPACTOS DA MONOCULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM
ARGISSOLOS E LATOSSOLOS NA REGIÃO DE ASSIS/SP**

Trabalho de Graduação Individual –
TGI II – apresentado para conclusão
do bacharelado em Geografia pela
Universidade de São Paulo

Orientadora:
Profª Drª Sidneide Manfredini

São Paulo
2016

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos de que alguma forma tornaram esse momento possível.

Agradeço a toda minha família por tudo que me ensinaram e por todo apoio que recebi. A minha mãe Marili, fonte de amor e inspiração; aos meus pais Marcos e Rodrigo, por serem meus exemplos; aos meus irmãos Luiza, Gabriel e Laura, por todos os momentos que passamos juntos, bons e ruins; aos meus avós, inclusos os que já não estão mais presentes, que por toda a vida me apoiaram e me amaram; aos meus tios por serem tão gentis; e aos meus primos, incluso meu primo José, que por força do destino nos deixou ano passado causando imensa dor, queria agradecê-los pelos momentos incríveis que passamos juntos. Outro especial agradecimento a Bá, minha segunda mãe, que vem passando por momentos difíceis.

Agradeço aos meus amigos da faculdade, da escola e do trabalho, que tornaram esse momento possível e pude contar minha vida toda. Especialmente a minha namorada, Sayuri, por todo apoio nos bons e nos maus momentos, nas vibrações e nas tristezas, por seu amor e paciência.

Agradeço aos professores e funcionários da USP, especialmente a minha orientadora Sidneide Manfredini, que me ajudou nesse projeto mesmo passando por um momento delicado, também meus agradecimentos especiais a Marcos Pinheiro, técnico do Laboped, que me ajudou nesse projeto como se eu fosse seu orientando; também a Dr^a Grace Alves, que me acompanhou no campo, nos hospedou em sua casa e me ajudou em momentos delicados do projeto sem pedir nada em troca.

A família da Grace, por ter nos hospedado de bom coração em sua casa. A minha família de Assis por ter me ajudado enquanto estive na cidade. A Ednilton, gerente da fazenda Santa Rita, pelo apoio.

Dedico esse trabalho à memória de Oliverio Abib, meu avô de Assis/SP, falecido dias antes da banca, e ao meu primo, José Antônio.

Esse trabalho é de todos vocês!

*“Eu conheço bem a fonte, que desce
daquele monte, ainda que seja de
noite. Porque ainda é de noite,
no dia claro dessa noite”*

Raul Seixas

Lista de figuras

Figura 1 – Estado de São Paulo com destaque para o município de Assis/SP	Pág. 12
Figura 2 – Estação ferroviária de Assis em 1914. Acervo pessoal de Rafael C. Santino.	Pág. 13
Figura 3 – Evolução da produção de etanol no Brasil. Elaboração: ICONE e ÚNICA.	Pág. 15
Figura 4 – Climograma de Assis/SP.	Pág. 17
Figura 5 – Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo com a localização da área de estudo.	Pág. 19
Figura 6 – Mapa topográfico da área de estudo com a localização e identificação das duas trincheiras.	Pág. 20
Figura 7 – Mapa pedológico da área de estudo com a localização e identificação das duas trincheiras.	Pág. 22
Figura 8 – Triângulo textural.	Pág. 26
Figura 9 – Localização das trincheiras por imagem de satélite.	Pág. 34
Figura 10 – Representação das divisões de horizontes presentes no solo da mata.	Pág. 35
Figura 11 – Trincheira aberta na mata.	Pág. 37
Figura 12 – Contagem de raízes do perfil da trincheira aberta na mata.	Pág. 37

Figura 13 – Representação das divisões de horizontes presentes no solo da área de cultivo de cana-de-açúcar.

..... Pág. 39

Figura 14 - Representação das divisões de volumes de solo presentes na área de cultivo de cana-de-açúcar segundo a técnica do perfil cultural.

..... Pág. 39

Figura 15 – Trincheira aberta na área de cultivo de cana-de-açúcar.

..... Pág. 42

Figura 16 – Contagem de raízes do perfil da trincheira aberta na área de cultivo de cana-de-açúcar.

..... Pág. 42

Lista de tabelas

Tabela 1 – Dados do IBGE apresentando evolução dos últimos anos de parte da produção agrícola de Assis/SP.

..... Pág. 15

Tabela 2 – Ilustração dos valores das densidades presentes em cada perfil.

..... Pág. 43

Tabela 3 – Ilustração das principais características gerais de cada perfil.

..... Pág. 46

Índice

Resumo	Pág. 09
Abstract	Pág. 10
1.Introdução e Objetivo	Pág. 11
2.Descrição da área	Pág. 12
2.1.Breve histórico do município de Assis	Pág. 12
2.2.Breve histórico da propriedade em que foi feito o estudo do solo	Pág. 16
2.3.Clima	Pág. 16
2.4.Geomorfologia e Topografia	Pág. 17
2.5.Geologia e Pedologia	Pág. 21
2.6.Vegetação nativa	Pág. 23

3.Materiais e métodos	Pág. 23
3.1.Escolha do local	Pág. 24
3.2.Sequência para o exame morfológico do perfil	Pág. 24
3.2.1.Separação dos horizontes	Pág. 24
3.2.2.Análise de cor	Pág. 25
3.2.3.Textura	Pág. 26
3.2.4.Estrutura	Pág. 27
3.2.5.Porosidade	Pág. 28
3.2.6.Consistência	Pág. 29
3.2.7.Atividades biológicas	Pág. 30
3.3.Técnica do perfil cultural	Pág. 33

3.4.Densidade	Pág. 32
4.Apresentação e discussão das análises	Pág. 33
4.1.Análises de campo	Pág. 33
4.1.1.Perfil descrito na Área da Mata	Pág. 35
4.1.2.Perfil da área de cultivo de cana-de-açúcar	Pág. 38
4.2.Análise de densidade	Pág. 43
4.3.Discussão dos resultados	Pág. 43
5.Conclusão	Pág. 47
6.Referências	Pág. 49
6.1.Webgrafia	Pág. 51
7.Anexo: Mapa dos sulcos de plantação cedido pela Fazenda Santa Rita (sem escala)	Pág. 52

Resumo

Esse trabalho busca aprofundar um debate ambiental pouco discutido na grande mídia, porém de importância central nos debates sobre meio ambiente e no impacto que o ser humano provoca na paisagem. O homem altera o ambiente onde vive para que ele se torne mais adequado à sua sobrevivência, contudo muitas vezes essas mudanças provocam desequilíbrios nos sistemas naturais. O solo, como embasamento da maior parte das atividades sociais e econômicas do ser humano, é um dos elementos que mais sofre com a atividade antrópica tanto no meio urbano como no rural.

A cana-de-açúcar é uma das promessas de substituição da matriz energética brasileira, principalmente de veículos automotores movidos por derivados de petróleo, um recurso natural não renovável e poluente a atmosfera. Porém, a cana-de-açúcar também provoca impactos muito grandes quando cultivada de maneira irracional, ocasionando muitos danos à pedosfera. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar as características naturais do solo em uma área de mata e em um canavial, a fim de verificar os impactos da atividade canavieira sobre as funções do solo. Para isso, foi estudado um perfil de latossolo de um fragmento de mata e um argissolo situado numa área de cana, ambos na região de Assis/SP, área de grande produção de cana-de-açúcar em sistema de monocultura. As características do latossolo foram comparadas às de um perfil equivalente numa área de cana-de-açúcar e que foi descrito na literatura, enquanto o argissolo da área de cana foi comparado aos dados da literatura de um perfil análogo situado em uma mata.

Por meio da técnica do perfil cultural empregada na área com cultivo de cana-de-açúcar e da descrição pedológica clássica em área de mata original, foram constatadas mudanças significativas na densidade de ambos os solos estudados, além de outros atributos morfológicos. Os resultados mostraram principalmente um aumento na densidade do solo da área de atividade canavieira, em decorrência da compactação da cobertura pedológica por uso de maquinário pesado, o baixo aporte de matéria orgânica que poderia recuperar as funções do solo, a pequena quantidade de raízes e a pedofauna rarefeita. Esses resultados demonstram a grande dimensão dos impactos da cana sobre o solo, reforçando a necessidade da adoção de outras formas de cultivo e manejo que sejam compatíveis com a conservação do solo.

Palavras-chave: Solo, Cana-de-açúcar, impactos, Latossolo, Argissolo

Abstract

This article seeks to deepen an environmental debate not discussed in the mainstream media, but of major importance in the debates about the environment and the impact that the human being causes in the landscape. Man alters the environment where he lives for it becomes less aggressive to his survival, although these changes cause profound shocks in the natural systems. Soil, as the basis of most social and economic activities of the human being, is one of the elements that most suffers from anthropic activity in both urban and rural areas.

Sugarcane is today one of the promises to replace the Brazilian energy matrix, mainly automotive vehicles driven by petroleum products, a non-renewable natural product that pollutes the atmosphere. However, sugarcane also causes havoc when cultivated in an irrational way, and can cause many damage to the pedosphere. We used the region of Assis / SP as a study area for two reasons: the frequent occurrence of Acrisols and Latosols, and the production of large quantities of sugarcane in a monoculture system. The characteristics of the Latosol were compared to those of an equivalent profile in a sugarcane area and were described in the literature, while the Argisol of the sugarcane area was compared to the literature data of an analogous profile located in a nearby forest.

By the technique of the cultural profile used in the area with sugar cane plantation and the classic pedological description in the original forest area, significant changes were observed in the density of both studied soils, as well as other morphological attributes. The results showed an increase in the soil density of the sugar cane area due to the compacting of the pedological cover due to the use of heavy machinery, the low input of organic matter that could recover the soil functions, the small amount of roots and the rarefied pedofauna. These results demonstrate the great size of the impacts of sugarcane on the soil, reinforcing the need to adopt other forms of cultivation and management that are compatible with soil conservation.

Key-words: Soil, Sugarcane, Impacts, Latosol, Acrisol

1. Introdução e Objetivo

O ser humano ao longo de sua história percorreu os mais diversos biomas e climas, instaurando diferentes civilizações; construindo, desconstruindo e modificando o seu meio físico. Ao longo de toda sua história, modificou as paisagens, as transformou e as tornou mais aptas para sua sobrevivência e menos aptas à sobrevivência de outras espécies.

As mudanças antrópicas nas paisagens tornaram-se mais intensas nos últimos anos, devido à urbanização, a explosão demográfica, e a sociedade de consumo. O debate ambiental, junto a essa nova realidade, veio à tona. Vivemos em uma crise ambiental sem precedentes: poluição atmosférica, escassez de recursos hídricos, perda da biodiversidade, degradação do solo, entre outras.

Dentre as diferentes esferas da crise ambiental, o debate acerca da degradação do solo talvez seja o menos discutido em grande escala na mídia, porém o solo, por ser o embasamento de toda a forma de ocupação e desenvolvimento social, cultural e econômico do ser humano, e fonte de alimentos para o homem, tem importância igual ou maior a de outros elementos naturais.

Muitas das formas de degradação do solo estão associadas à atividade agrícola. Segundo Serrat (2002), os principais fatores de degradação do solo ocasionados pela agricultura são: a retirada de nutrientes através das colheitas de grãos, pastos e madeiras; destruição da matéria orgânica pela queimada; a compactação por maquinário pesado; erosão causada pela proteção ineficiente que o solo tem da chuva (ausência de vegetação consolidada); e a translocação de nutrientes através da água de camadas superficiais para camadas mais profundas aonde as raízes não chegam.

Nesse contexto, propomos para esta pesquisa o estudo dos impactos na morfologia do solo causados pela agricultura, em especial o do cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). Discutiremos, à luz das análises de campo e de uma revisão bibliográfica, as diferenças morfológicas entre o solo em uma área de mata e em uma área de plantação de cana-de-açúcar, avaliando em qual escala as atividades agrícolas podem comprometer as funções do solo.

2. Descrição da área

A área de estudo está situada no município de Assis, oeste do estado de São Paulo (Fig. 1). O município pertence à microrregião e mesorregião do mesmo nome, e está distante 434 km de sua capital pela rodovia SP-270 - Raposo Tavares. Está situado a 22° 39' 42" de latitude sul e 50° 24' 44" de longitude oeste e é a maior cidade de sua microrregião. As rodovias que cortam o município e a interligam com as principais cidades da região são a SP-270, a Raposo Tavares, que dá acesso a Ourinhos, Presidente Prudente e a Capital; SP-333, a Rodovia Rachid Gobbi, acesso para Marília e Bauru; e a SP-284, Rodovia Manilo Gobbi, acesso para Paraguaçu Paulista e Rancheira.



Figura 1 – Estado de São Paulo com destaque para o município de Assis/SP.

2.1. Breve histórico do município de Assis

José Teodoro, desbravador da região do Pontal do Paranapanema, foi o primeiro a constatar a fertilidade do solo da região, o que atraiu interesses de diversos oligarcas, entre eles Francisco de Acis Nogueira, que adquiriu as terras que

hoje fazem parte do município de Assis/SP. Em 1 de Julho de 1905, o “Capitão Acis”, como era chamado Francisco Acis Nogueira, doou as terras aos cuidados de uma capela da região que possuía um povoado ao entorno, que adotou, como forma de homenagem ao capitão, o nome de “Povoado do Acis”. Nota-se que a grafia da língua portuguesa sofreu alterações, mais tarde o “c” daria espaço ao “ss”.²

Mas foi em 1914, com a chegada da Estrada de Ferro Sorocabana (Fig. 2) interligando o povoado à capital, que iniciou o desenvolvimento mais veloz deste povoado. O solo fértil atraiu mão-de-obra imigrante à procura de emprego na região, um comércio se fixou no povoado e a população da cidade cresceu de tal forma que, somente três anos depois da construção da estação Assis da linha férrea sorocabana, o povoado foi elevado à categoria de município (em 1915 já havia sido elevado à categoria de distrito)².



Figura 2 – Estação ferroviária de Assis em 1914. Acervo pessoal de Rafael C. Santino.

Nessa época, a principal atividade econômica da região era a monocultura do café voltada à exportação, assim como todo o oeste do estado de São Paulo, região onde se encontravam os solos que os imigrantes italianos carinhosamente chamavam de “*terra rossa*” (terra vermelha em italiano) que em português se tornou a “terra roxa”, devido ao erro de tradução (Teixeira, 2008).

Anos se passaram, o ciclo do café chegaria ao fim e o município tentou se modernizar nos anos 1970, época do milagre econômico. As tentativas de industrialização que o município arriscou nos anos seguintes à Segunda Guerra Mundial não se concretizaram, apesar da criação do Distrito Industrial e do aparecimento tímido de algumas indústrias como, por exemplo, a cervejaria Malta. A economia do município continuou, como até hoje acontece, envolta às atividades agrícolas³.

A região foi quase completamente desmatada no século XX graças à agricultura, sobrando apenas algumas áreas de preservação, como o Bosque da UNESP (Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”) e o Parque Municipal, além de pequenas áreas de preservação, como as matas ciliares e as matas dentro das fazendas. ³

Com o fim do ciclo do café, e depois do fracasso da tentativa de industrialização da cidade, o município continuou a ter sua importância econômica centrada na agricultura. No começo da década de 1970, a crise do petróleo traz a urgência de outros meios de produção de combustíveis automotores, o que acarreta no programa nacional do “pró-álcool”, que incentiva a produção de etanol combustível e carros movidos a ele. O programa prospera, e a produção de etanol se eleva juntamente com a produção de cana-de-açúcar no país inteiro. ³

Nesse contexto, a região oeste do estado de São Paulo começa a plantar a cana-de-açúcar, do velho modo que sempre se plantou: através da monocultura. Só que dessa vez o preparo do solo, a aração e a colheita não é mais feita manualmente por escravos negros ou imigrantes endividados. Ela é mecanizada e apresenta um alto índice de uso de agrotóxicos. ³

Mesmo com a queda do preço do petróleo e a alta do preço do açúcar, que freou o programa pró-álcool, os usineiros não cessaram suas atividades, já que a mesma usina que produz etanol também produz açúcar.

Já no começo do século XXI uma nova tecnologia chegou ao mercado: o veículo automotor flex, que pode ser abastecido tanto com gasolina, como com o álcool, possibilitando ao proprietário do carro escolher qual combustível quer utilizar. Isso estimulou a produção canavieira no país como um todo novamente. ³ Conforme mostra o gráfico a seguir, houve um aumento considerável da produção de álcool no Brasil desde o advento do carro flex.



Figura 3 – Evolução da produção de etanol no Brasil. Elaboração: ICONE e ÚNICA.

Assis, como um município de forte agricultura e concentração fundiária, seguiu o ritmo nacional de produção intensiva de cana-de-açúcar. Abaixo podemos observar uma tabela com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) mostrando a produção agrícola do município, que registra o grande crescimento da atividade canavieira:

Ano	Toneladas produzidas (Assis/SP)					
	Cana	Soja	Milho	Mandioca	Trigo	Banana
2004	618.852	11.070	13.260	2.800	2.400	1.700
2005	609.192	7.644	7.441	4.039	1.968	1.100
2006	633.710	11.544	8.784	6.430	840	1.300
2007	633.710	9.546	15.256	6.430	918	-
2008	914.475	14.229	19.021	6.430	770	-
2009	830.520	12.390	7.935	6.430	360	2.400
2010	895.004	15.930	24.195	6.478	124	3.000
2011	909.239	17.700	20.604	7.536	180	3.000
2012	937.500	14.880	23.100	10.048	105	3.617
2013	937.500	10.048	20.460	19.200	0	1.500
2014	875.000	12.090	22.770	8.812	84	750

Tabela 1 – Dados do IBGE apresentando a evolução dos últimos anos de parte da produção agrícola de Assis/SP¹.

Dessa tabela, podemos tirar algumas informações: a banana como a única lavoura permanente sendo produzida no município em grande escala; o trigo com uma produção cada vez menor ao longo dos anos, chegando a zerar em 2013; soja, milho e mandioca com grande produção no município; mas, sobretudo, a cana-de-açúcar como a grande “favorita” entre os agricultores, com dados numéricos impressionantemente maiores do que os das outras culturas.

2.2. Breve histórico da propriedade em que foi feito o estudo do solo

Sr. Paulo Resende foi durante quarenta anos proprietário da Fazenda Santa Rita, herança de sua família. Com o passar do tempo foi adquirindo terras na mesma região e anexando-as ao controle da fazenda, deixando-a cada vez maior, ocupando terras dos municípios de Assis, Maracaí e Tarumã. Apesar de sua sede se localizar no município de Maracaí/SP, a maior parte de suas terras fica no município de Assis/SP.

No final dos anos de 1970, o proprietário construiu uma usina, mesma época do programa pró-alcool, e tornou sua fazenda uma grande produtora de cana-de-açúcar. A monocultura vigora na fazenda até hoje, mesmo após cinco anos da morte do Sr. Paulo Resende e da venda da usina.

No lote da fazenda onde as trincheiras foram abertas, Ednilton (gerente da fazenda) afirmou que a mata não foi alterada diretamente pelo homem, apesar de ser um fragmento muito pequeno, e que esse mesmo lote produz cana-de-açúcar há pelo menos 35 anos.

Ressalta-se que este capítulo não apresenta nenhuma fonte bibliográfica. Ele é descrito com base nas palavras do gerente da Fazenda Santa Rita (local onde foi realizado o estudo), Ednilton Marcos de Lima, que trabalha na fazenda desde 1989.

2.3. Clima

Seguindo a classificação de Köeppen (1948), o clima de Assis se enquadra no Aw: Clima tropical com estação seca no inverno, onde a precipitação é menor de 60 mm no mês mais seco.

Assis tem uma temperatura média anual de 22 °C e acumula uma média de precipitação de aproximadamente 1500 mm/ano, com mais intensidade nos meses de verão e menor intensidade nos meses de inverno, conforme observa-se na figura abaixo, com base nos dados fornecidos pelo CEPAGRI (Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura).⁴

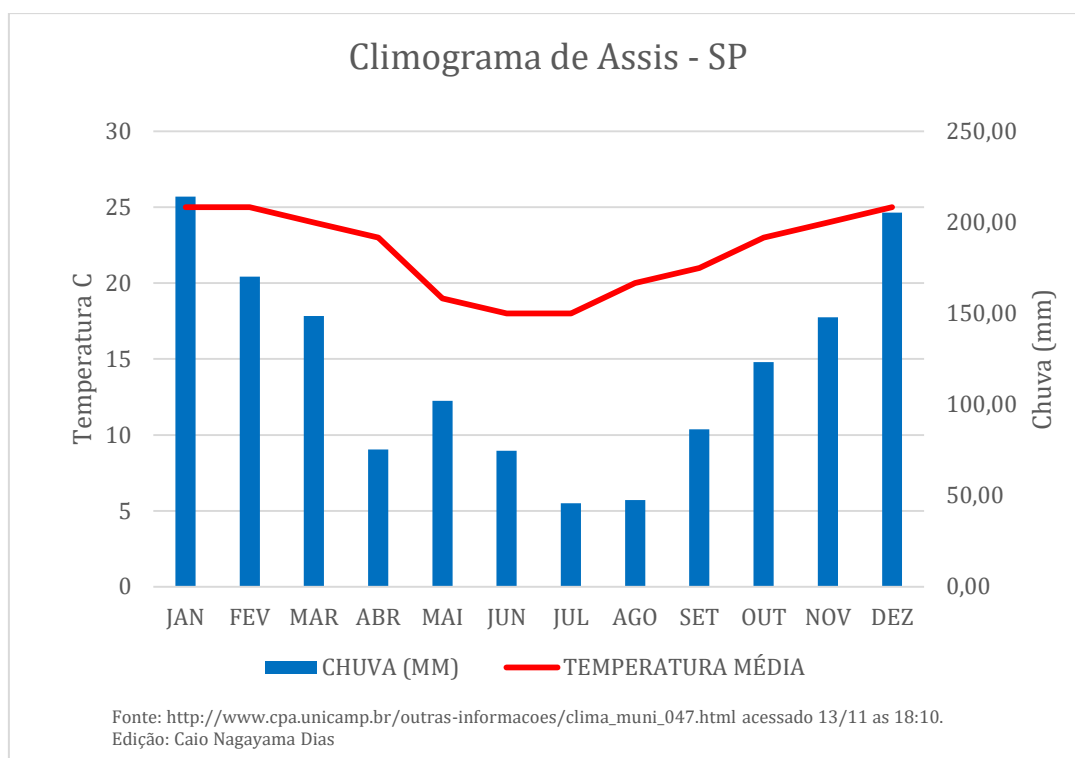


Figura 4 – Climograma de Assis/SP.

2.4. Geomorfologia e topografia

Assis localiza-se na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná, e na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista (Fig. 5) (Ross & Moroz, 1996).

A Bacia Sedimentar do Paraná engloba uma área de cerca de 1.600.000 km², abrangendo parte dos territórios de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Uruguai, Paraguai e Argentina. Seu embasamento constitui-se de rochas cristalinas pré-cambrianas e subordinadamente por rochas eopaleozóicas (Ross & Moroz, 1996).

Já o Planalto Ocidental constitui uma área de um relevo suavemente ondulado com colinas amplas e baixas com os topos aplanados. Este relevo é esculpido sobretudo em rochas areníticas do grupo Bauru, com exceção dos vales dos principais rios, onde há a ocorrência descontínua de basalto (Ross & Moroz, 1996).

Nossa área de estudo fica em uma vertente convexa de baixa declividade, cujo fim se dá no Ribeirão do Cervo (Fig. 6). Ela é continuamente ocupada por plantação de cana-de-açúcar, sendo que em seu topo há a presença de um resquício de Mata Atlântica. As trincheiras foram abertas na alta vertente.

GEOMORFOLOGIA DO ESTADO DE SÃO PAULO

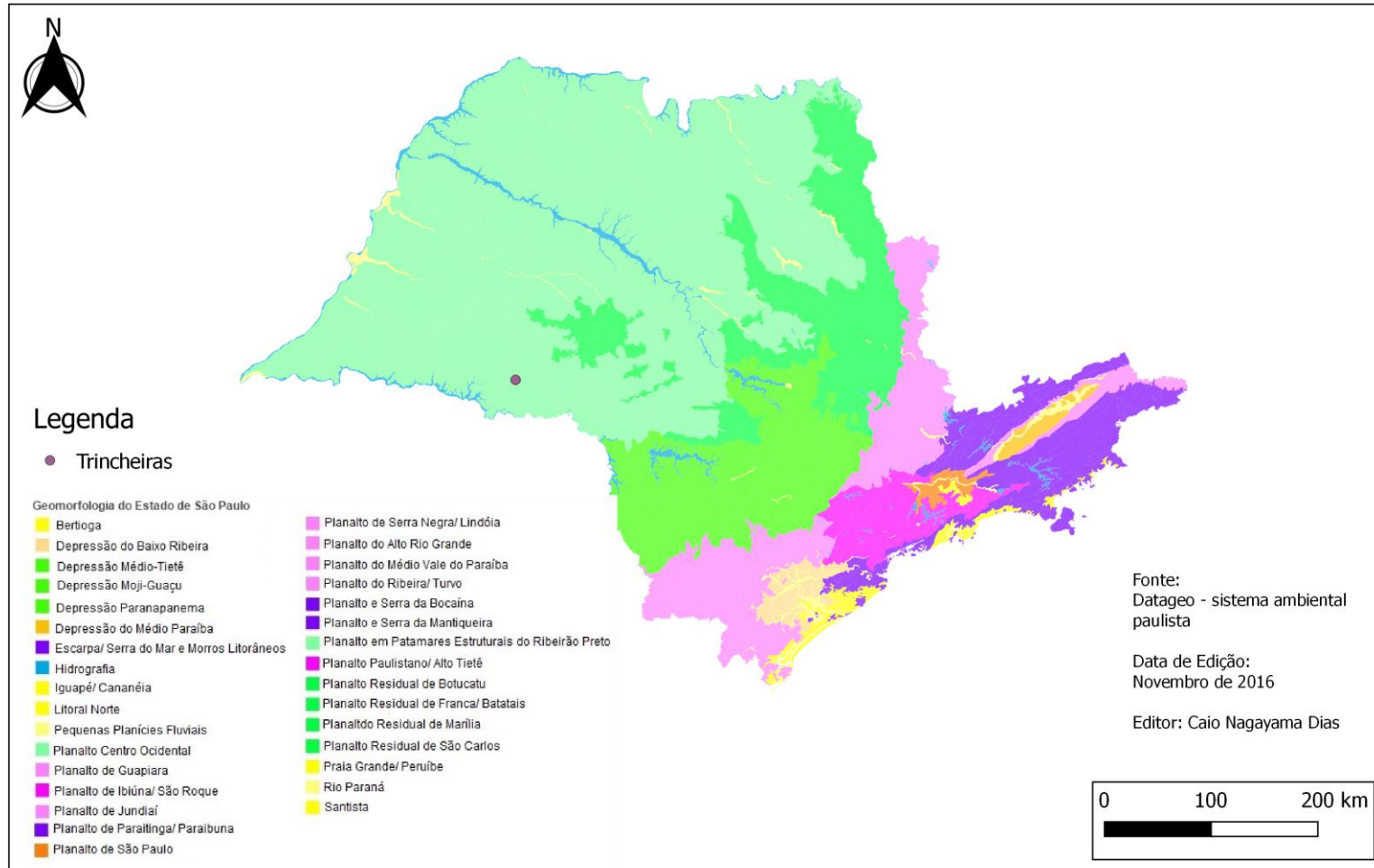


Figura 5 – Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo com a localização da área de estudo



Figura 6 – Mapa topográfico da área de estudo com a localização e identificação das duas trincheiras.

2.5. Geologia e pedologia

A região de Assis fica sobre uma mancha contínua de basalto associada à formação Serra Geral do grupo São Bento, com Arenitos da formação Caiuá intercalados entre os derrames basálticos (Alves, 2010). Os solos originados do basalto são argilosos ou muito argilosos e tem uma presença muito grande de magnetita, além do ferro. A presença de basalto pode propiciar a formação de latossolos, além de cambissolos e nitossolos. Já os solos derivados do arenito têm menor teor de argila e maior teor de areia em comparação aos do basalto (CPTI, 1999).

Em geral, nessa área, encontramos solos derivados do arenito nas altas vertentes e nos topos, tais como latossolos e argissolos de textura média; nas baixas vertentes, domina os latossolos vermelhos argilosos e nitossolos (Alves, 2010). No caso desse estudo, as duas trincheiras foram abertas sobre o arenito, porém cada uma sobre um tipo de solo diferente, conforme mostra o mapa abaixo (Fig.7).

Recorte da carta pedológica de Maracaí

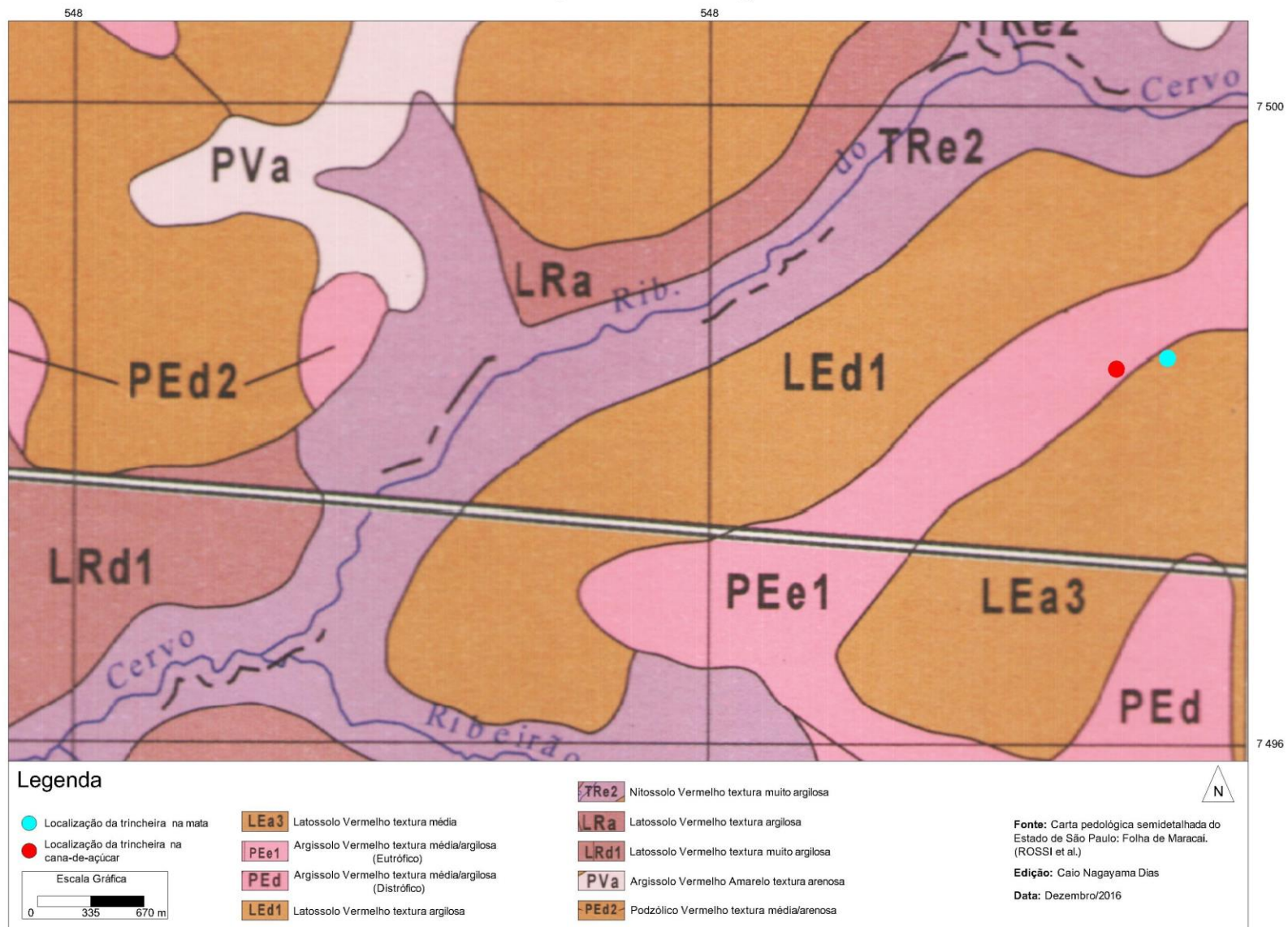


Figura 7 – Mapa pedológico da área de estudo com a localização e identificação das duas trincheiras.

2.6. Vegetação Nativa

A vegetação original da região, segundo a Estação Ecológica e Experimental de Assis-SP, é a de cerrado e cerrado. A diferença entre ambas é que a segunda é mais densa e com vegetação mais alta e robusta, assemelhando-se com a Mata Atlântica, porém mais seca.⁵

As espécies de árvores mais abundantes nas regiões de mata originária são: óleo de copaíba, sapuva, canelinha e cinzeiro. Cerca de 200 espécies de árvores são catalogadas nesse parque, além de arbustos e gramíneas.⁵

Atualmente, o município conta com uma área muito pequena com cobertura de vegetação original. Os locais onde ainda há ocorrência dessa cobertura vegetal são, além do Parque do Buracão, o Bosque da UNESP, as regiões de matas ciliares e as reservas legais dentro das fazendas.⁵

3. Materiais e Métodos

Esse estudo foi realizado por meio da descrição de dois perfis de solo, em duas trincheiras. Uma das trincheiras estava em um área com produção canavieira, enquanto a outra estava em uma zona de vegetação nativa. Na área sob vegetação nativa, foi feita a descrição morfológica do perfil, seguindo parâmetros clássicos de Santos *et al.* (2005), enquanto que na trincheira na área de cana-de-açúcar, optou-se por fazer – além da análise pedológica clássica – a descrição seguindo a proposta de Tavares Filho *et al.* (1999), que versa sobre a proposta do perfil cultural do solo, que visa identificar as alterações antrópicas na morfologia do solo e que inibem as funções deste.

As características do perfil descrito na mata (Latosolo vermelho textura média) foram comparadas às descrições de um Latossolo semelhante que ocorre numa área de mata e que foram publicadas em De Elias (2015), enquanto que os dados do perfil descrito na área de cana-de-açúcar (Argissolo vermelho textura média argilosa) no presente trabalho foram comparados aos dados de Reinert *et al.* (2008), que estudou o mesmo tipo de solo em outras culturas, e com Kiehl (1979) que descreveu padrões de características físicas presentes em Argissolos em área de vegetação nativa.

3.1. Escolha do local

Para a descrição da morfologia de um solo, recorreu-se à abertura de uma trincheira de tamanho suficiente para que avaliar as características morfológicas do perfil cultural, tomar fotografias e coletar amostras. As ferramentas necessárias para tal foram a pá reta, enxada, pá quadrada e faca. A trincheira contava com 60 cm de profundidade, o suficiente para a descrição do perfil cultural.

3.2. Sequência para análise morfológica do perfil

A descrição dos perfis abrangeram a textura, coloração, estrutura, porosidade, consistência, tipo de transição e as atividades biológicas de cada horizonte. Os materiais empregados nessas análises foram: enxada, pá, picareta, cavador, faca sem corte, borrifador de água, carta de cores Munsell, caderneta de campo, lápis, borracha, sacos plásticos e fitas para identificação. Abaixo, segue o roteiro detalhado da análise do perfil de solo, de acordo com a proposta de Santos *et al.* (2005).

3.2.1. Separação dos horizontes

O primeiro passo para se iniciar a descrição física do solo é separar os horizontes. A chave para essa separação são as características morfológicas de cada um, tais como a cor, textura, estrutura, consistência, etc.

A cor é a primeira característica avaliada, por uma razão muito simples: ela é uma característica visual e que, portanto, salta aos olhos no primeiro momento do contato com o solo. Muitas vezes ela por si só é suficiente para inferir os limites dos horizontes, contudo ela nem sempre segue essa lógica. No caso do presente estudo, o solo que encontramos na região é extremamente homogêneo, inclusive em relação à cor, tornando essa diferenciação imperceptível a olho nu. Como a cor não é suficiente para essa separação, utilizou-se o martelo pedológico e uma faca sem corte para realizar a separação com base na estrutura, textura, entre outras características morfológicas.

As camadas ou horizontes tem diferentes tipos de transição, em relação tanto ao grau de nitidez como em relação à sua topografia. As transições podem ser (em relação à topografia): *plana, ondulada (ou sinuosa), irregular, descontínua (ou*

quebrada). As transições planas são lineares e paralelas à superfície do solo. As onduladas apresentam uma continuidade ondular. As descontínuas são aquelas onde a separação entre os horizontes não é contínua, ou seja, quando partes de um horizonte estão parcialmente ou completamente desconectadas de outras partes deste mesmo horizonte.

Em relação ao grau de nitidez entre as transições, elas podem ser divididas em: abrupta, clara, gradual, difusa. A transição abrupta é aquela onde o faixa de separação é menor de 2,5 cm. Já a clara é quando a faixa de separação é entre 2,5 e 7,5 cm. A gradual quando a separação ocorre entre 7,5 e 12,5 cm. E finalmente a difusa é quando a transição ocorre num espaço maior de 12,5 cm (Santos *et. al.*, 2005).

Verificou-se ainda a espessura e profundidade de cada camada, desde seu começo até seu final, considerando que, quando se tratava de um horizonte com transições lineares, anotou-se somente um valor de espessura e, quando se tratou de um horizonte com outras transições, anotou-se o valor máximo e mínimo da espessura.

3.2.2. Análise da cor

A cor é a característica morfológica de mais fácil visualização, dela podemos extrair informações como: teor de matéria orgânica (quanto mais abundante, mais escura é a cor); a quantidade de ferro (tons avermelhados (hematita) ou amarelados (goetita)); drenagem (em geral, solos mal drenados tem uma tonalidade cinza); entre outros (Santos *et al.*, 2005).

A caracterização da cor do solo segue uma padronização mundial, chamado “Sistema Munsell de Cores”, que contempla o grau de intensidade de três componentes da cor: matriz, valor e croma. A matriz refere-se ao aspecto dominante da cor, e está especificada no canto superior de cada página da Carta de Munsell. Já o valor refere-se a tonalidade da cor, e está distinguido em cada página da carta, variando entre os valores 0 (zero) e 10 (dez). O croma refere-se a pureza ou saturação da cor, sendo representada na vertical de cada página da Carta de Munsell (Santos *et al.*, 2005).

Nas Cartas de Munsell, cada cor está representada e do seu lado há um furo na página, que tem a finalidade de auxiliar na identificação da cor do solo. Ao recolher uma amostra, que não esteja artificialmente compactada e umedecida pelo avaliador, compara-se ela aos diferentes tons presentes em cada página, elencando aquela que é mais próxima da cor do agregado. Tal como as outras características morfológicas do perfil de solo, a cor foi avaliada em todos os horizontes descritos.

3.2.3. Textura

A textura refere-se à proporção relativa das frações texturais que compõem a massa do solo. Elas são separadas por: areia (a fração mais grossa: 0,053 – 2 mm), silte (0,053 – 0,002mm) e argila (fração mais fina: <0,002 mm).

Para realizar essa análise textural através do tato, primeiramente trabalhamos a terra com a ajuda de uma faca sem lâmina e um borrifador de água. O objetivo desse passo foi destruir os agregados do solo. Em seguida, realizamos a análise da textura expedita do solo, esfregando o solo entre o polegar e o indicador. Nessa análise, considerou-se que a areia deve apresentar a sensação de aspereza devido ao seu tamanho maior, o silte apresenta a sensação de sedosidade e a argila, por sua vez, apresenta a sensação de pegajosidade (Santos *et al.*, 2005). Definidas as proporções das frações granulométricas, foram verificadas as classes texturais de cada horizonte, tendo como referência o triângulo textural abaixo (Fig. 8).

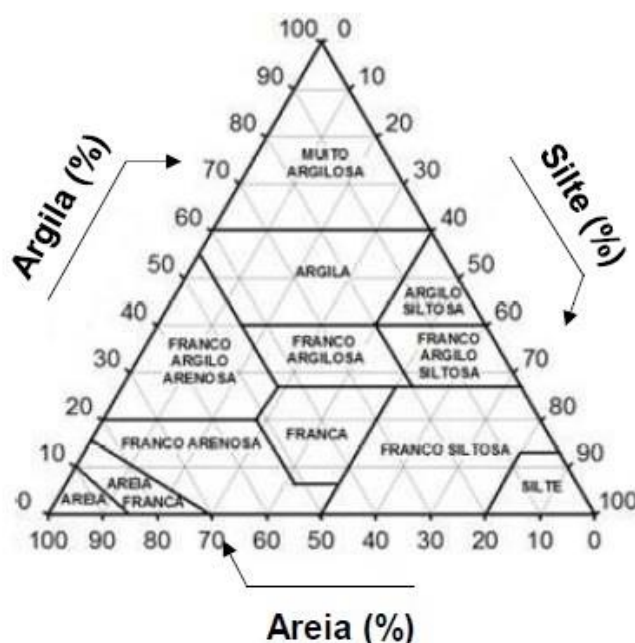


Figura 8 – Triângulo textural.

3.2.4. Estrutura

Refere-se ao padrão de arranjo das partículas primárias do solo (areia, silte e argila) em unidades estruturais compostas denominadas agregados, separadas entre si pelas superfícies de fraqueza, ou apenas superpostas e sem conformação definida. Agregados são formados pela ligação dessas frações granulométricas com outras substâncias orgânicas, óxidos de ferro ou alumínio (Santos *et al.*, 2005). Cada agregado foi classificado quanto ao seu tipo, classe e grau de desenvolvimento. A estrutura pode variar ao longo do perfil, portanto ela foi avaliada em todos os horizontes. Essa característica foi classificada de acordo com o *Soil Survey Manual* pensada por Nikiforoff (1993), conforme as informações a seguir:

No tipo de estrutura **Laminar** as partículas de solo estão arranjadas em agregados cujas dimensões horizontais são mais desenvolvidas do que as verticais. É uma estrutura típica de solo exposto a algum tipo de compactação, ou em solos de regiões frias e secas onde ocorre congelamento (Santos *et al.*, 2005).

Já nas estruturas **Prismática e Colunar** a dimensão vertical é maior do que a horizontal. A diferença básica da prismática e da colunar é que a primeira tem um formato plano na sua extremidade superior, e a segunda tem um formato arredondado (Santos *et al.*, 2005).

A estrutura em **Bloco** tem as três dimensões aproximadamente iguais, porém elas podem ser subdivididas em outras duas categorias. As estruturas em **Bloco Angulares** apresentam faces e ângulos vivos na maioria dos vértices. Já os **Blocos Subangulares** têm uma predominância de vértices arredondados (Santos *et al.*, 2005).

A estrutura **Granular** é aquela em que seus inúmeros eixos têm as mesmas dimensões, formando grânulos arredondados. Geralmente é uma estrutura associada ao horizonte O, rico em matéria orgânica (Santos *et al.*, 2005).

A segunda etapa para a caracterização da estrutura do solo é, conforme supracitado, o tamanho das unidades estruturais. Nessas diferentes classes de tamanho, devemos considerar que cada tipo de estrutura tem o seu parâmetro, e não devemos universalizar o tamanho. Por exemplo, uma unidade estrutural prismática considerada muito pequena tem o mesmo tamanho que uma unidade

estrutural granular muito grande. Para definir os tamanhos específicos de cada tipo de torrão recorreremos aos manual de Santos *et al.* (2005).

A última etapa para a classificação completa da estrutura é o grau de desenvolvimento. Ele aponta se as estruturas descritas estão bem ou mal estabelecidas. A ordem dessa classificação é: **Fraca, Moderada e Forte**. Ao separar os agregados maiores, em alguns casos quase não há amostras de agregados menores seguindo o mesmo padrão de forma do agregado maior, o que é um indicativo de estrutura fraca. Se o fenômeno acontecer de forma contrária, torrões respeitando um padrão e pouco material solto (microagregado), há um indicativo de que a estrutura do solo é forte.

3.2.5. Porosidade

A porosidade refere-se a quantidade de “vazios” ocupados por ar e água que no solo. Ela é analisada a olho nu ou com o auxílio de uma lupa de aumento e é descrita quanto ao tamanho, quantidade e até o tipo dos poros. A classificação quanto ao tamanho dos poros deve ser: sem poros visíveis (mesmo com lupa de aumento); poros muito pequenos (inferiores a 1 mm de diâmetro); pequenos (entre 1 e 2 mm); médios (entre 2 e 5 mm); grandes (de 5 a 10 mm); e muito grandes (superiores a 10 mm de diâmetro) (Santos *et al.*, 2005).

Quanto ao “tipo” de poro, deve ser analisado se as paredes desses poros tem um formato mais arredondado, representando que ele pode ter sido formado por processos mecânicos (contração e expansão) ou atividade biológica de animais sem patas (minhoca), ou mais irregular, que em geral é associada a insetos com patas, tais como um cupins ou formigas (Santos *et al.*, 2005). Quanto à quantidade de poros, seguimos a seguinte classificação: poucos poros, poros comuns ou muitos poros.

Neste trabalho, a porosidade foi feita a olho nu, observando a existência ou ausência de fissuras (macroporos) e com auxílio de lupa de bolso, que permitiu analisar a microporosidade de acordo com os parâmetros acima mencionados.

3.2.6. Consistência

A consistência designa as manifestações das forças físicas de coesão entre as partículas do solo e de adesão entre as partículas e outros materiais, conforme varia a umidade (Santos et al., 2005). Essa característica foi avaliada em todos os horizontes, seguindo os seguintes princípios:

A **Dureza** é característica avaliada no solo quando seco. Elege-se um torrão como amostra, e o comprime entre o dedo polegar e o dedo indicador, se o torrão persistir inalterado, deve-se comprimi-lo utilizando-se as duas mãos. Dependendo da resposta que obtiver, classifica-se o solo em: solto; macio; ligeiramente duro; duro; muito duro; extremamente duro. Onde o primeiro nem se trata de um solo coerente e o último não é quebrável nem mesmo utilizando as mãos (Santos et al., 2005).

A **Plasticidade** corresponde à capacidade que o solo molhado pode se deformar mesmo em estado coeso. Para chegarmos à plasticidade devemos molhar e trabalhar o solo, da mesma forma que se faz quando realiza-se a análise textural (normalmente mede-se a plasticidade depois da análise textural), em seguida criamos um cilindro. Depois tentamos formar um círculo com esse cilindro de terra: Caso o cilindro se quebre facilmente, o classificamos como “Não plástico”; caso ele consiga formar um círculo, mas quebrando parcialmente em um ou mais pontos, o classificamos como “ligeiramente plástico”; se ele formar um círculo criando ranhuras em alguns pontos, o classificamos de “plástico”; mas se ele se formar um círculo sem se alterar, o classificamos de “muito plástico” (Santos et al., 2005).

A **Pegajosidade** é uma outra característica da consistência que devemos avaliar num solo molhado. Ela mede a capacidade do solo de aderir-se a outros objetos. Para realizar tal análise em campo, pegamos uma amostra de terra trabalhada e molhada, a comprimimos entre nossos dedos polegar e indicador, e observamos como essa terra se desprende de nossos dedos. Podemos classificar como: não pegajoso (quando não há ou há pouca aderência); ligeiramente pegajoso (quando o material adere-se facilmente aos dois dedos, mas com a mesma facilidade ele se desprende); pegajoso (quando o material se adere e permanece aderido aos dedos por um tempo); muito pegajoso (quando encontra-se dificuldade até mesmo de separar os dedos um do outro).

3.2.7. Atividades biológicas

Uma parte muito importante, porém muitas vezes esquecida, é a descrição do tipo de vegetação exposto no solo, as raízes (quantidade, orientação e grossura); insetos (quais e quantos); animais maiores (tatu, por exemplo); entre outros elementos associada à pedofauna (Santos *et al.*, 2005).

As raízes foram quantificadas para estabelecer uma relação entre a presença delas e outras características nas quais ela tem alguma ligação, como a porosidade e a densidade. Para quantificar as raízes, utilizamos de uma grade em formato de um quadrado com lado de 60 cm. Essa grade quadrada está subdividida em quadrados de 10 cm de lado. Foram contadas as raízes presentes em cada quadrado, a fim de verificar a densidade delas nos diferentes horizontes.

3.3. Técnica do perfil cultural

Para a realização do perfil cultural do solo, que foi avaliado apenas na área cultivada, seguimos os mesmos procedimentos mencionados anteriormente, mas nos baseamos especialmente nas técnicas descritas por Tavares Filho *et al.* (1999). Para este autor, o perfil cultural busca delimitar os volumes antropizados distintos, tanto em profundidade como lateralmente, partindo principalmente pela análise de estruturas e como elas lidam com as raízes, e a porosidade.

Há três níveis de análises no perfil cultural, o primeiro nível é sobre a avaliação de ser um solo alterado ou não pelo manejo do ser humano. O segundo nível é descrever o tipo de organização dos volumes. E no terceiro nível analisa-se o estado interno de cada torrão. Caso o solo não seja visivelmente alterado pelo ser humano, a análise do perfil cultural deve acabar no primeiro nível (Tavares Filho *et al.*, 1999). Por isso não aplicamos essa técnica para o solo na mata, que não é alterado por ação antrópica.

No primeiro nível de análise classificamos o solo em AM (alterado pelo manejo) e NAM (não alterado pelo manejo).

Segundo Tavares Filho *et al.* (1999), no segundo nível de análise podemos classificar o solo em:

- L – Volume de solo solto, constituído por terra fina, solo pulverizado, agregados e torrões de tamanho variados sem coesão. Pode apresentar grandes quantidades de raízes, bem ramificadas, não achatadas, não tortuosas, bem distribuídas. É comum na superfície de solos agricultados.
- F – Volume de solo fissurado, em torrões de tamanhos variados. Pode apresentar raízes ramificadas e em todas as direções entre as fissuras de cada torrão. A porosidade é fissural.
- Z – Volume de solo formado de estrutura laminar. Se houver raízes, elas se desenvolvem no plano horizontal e são tortuosas e achatadas.
- C – Volume de solo que os elementos se encontram unidos, formando um volume bastante homogêneo, com aspecto de uma estrutura maciça, é impossível a separação de torrões a olho nu. Pode apresentar grandes quantidades de raízes bem ramificadas, não achatadas, não tortuosas, orientadas em todas as direções. Sua porosidade consiste em poros com cavidades arredondadas ou poros tubulares.

O terceiro nível de análise consiste em análises internas do torrões, que podemos classificar em:

- μ – Comuns em solos menos ou não compactados, onde a estrutura é facilmente observada em suas propriedades. Geralmente apresenta raízes intra e entre os agregados, bem ramificadas e não achatadas, com orientação vertical não prejudicada pela compactação.
- Δ - Solos compactados. Estado interno dos torrões compactados, agregados com estrutura angulosa, devido à forte pressão externa, com pouca porosidade visível a olho nu, e, quando presente, geralmente tubular. Quase não apresenta raízes, e quando presentes, possuem poucas ramificações.
- $\mu\Delta$ – Estado de compactação intermediário no qual as características do estado não compactado sobressai às características do estado compactado.

- $\Delta\mu$ – Estado de compactação intermediário no qual as características do estado compactado são mais visíveis do que as do estado não compactado.

A descrição do perfil cultural foi feita em um trincheira aberta perpendicularmente ao sentido de trabalho do solo, seguindo a orientação de Tavares Filho et al.(1999).

3.4. Densidade

A análise de densidade foi feita em laboratório. Com um anel volumétrico, um martelo e um “batedor”, recolhemos amostras indeformadas de todos os horizontes.

Para preencher o anel volumétrico com solo de maneira correta, colocamos a parte oca do anel contra a parede da trincheira, encaixamos o batedor na parte superior do anel e, com um martelo, afundamos o anel contra o solo, preenchendo-o até a terra começar a sair pela outra extremidade.

Retiramos o excesso de terra dos dois lados do anel com o auxílio de uma faca sem corte. Em seguida, colocamos a amostra presente no anel volumétrico em um recipiente devidamente limpo e catalogado, para que as amostras seguissem para o laboratório sem risco de trocas.

No laboratório, as amostras foram acondicionadas em formas de alumínio, que já haviam sido identificadas e pesadas, e levadas para a estufa, onde ficaram por 24 horas a 105 °C de temperatura. Essa etapa do processo é extremamente importante para eliminar a água das amostras, porque a água modifica consideravelmente o peso das mesmas. Transcorrido esse tempo, deixamos as formas descansando em dessecadores por 45 minutos.

Em seguida, levamos as formas de novo para a balança Marte (semi-analítica) e registramos o peso delas com o solo. A partir desse ponto seguimos para os cálculos: subtraímos o peso das formas com as amostras de solo pelo peso das formas vazias; depois, calculamos o volume do anel volumétrico utilizado em campo. Por fim, calculamos a densidade real a partir da seguinte fórmula:

$$D_s = m/v$$

Sendo: D_s : Densidade; m : massa; v : volume.

A densidade é uma das análises mais importantes dentro desta pesquisa, uma vez que ela está ligada à porosidade, já que são diretamente proporcionais (Ker *et al.*, 2015). Dos três tipos de porosidade (textural, estrutural e específica), a mais afetada pelo manejo de solo é a estrutural, que decorre de espaços porosos entre os agregados e é a principal responsável pela drenagem e aeração do solo. Ela é associada aos macroporos (Ker *et al.*, 2015). À medida que solos tornam-se menos porosos, tornam-se mais densos, e vice-versa, uma vez que os poros, principalmente os macroporos (os mais afetados pela agricultura), são responsáveis por reterem água pela troca de CO₂ por O₂, penetração de raízes, entre outros (Ker *et al.*, 2015).

A análise da densidade do solo nos forneceu indicativos importantes para determinar as dimensões do impacto da atividade canavieira, tais como: perda do potencial de retenção de água, dificuldade do desenvolvimento de raízes, perda do potencial de condutividade hidráulica, entre outros (Kiehl, 1979).

4. Apresentação e discussão das análises

4.1. Análises de campo

Duas trincheiras foram abertas no dia 09/09/2016 em uma distância de 70 metros uma da outra seguindo a mesma curva de nível, ambas sobre a mesma orientação – perpendicular à direção do cultivo – sendo as faces descritas na direção Noroeste-Sudeste (Fig. 9).

As trincheiras descritas estavam no topo de uma vertente convexa de baixa declividade. O substrato geológico que se encontra no local é o Arenito da formação Caiuá. Portanto, ambos os solos eram bem drenados.

Também é importante frisar que não chovia a oito dias do dia da descrição, o tempo estava quente, seco e com temperaturas variando de 19°C (no período da manhã) até 35°C (ao meio-dia).

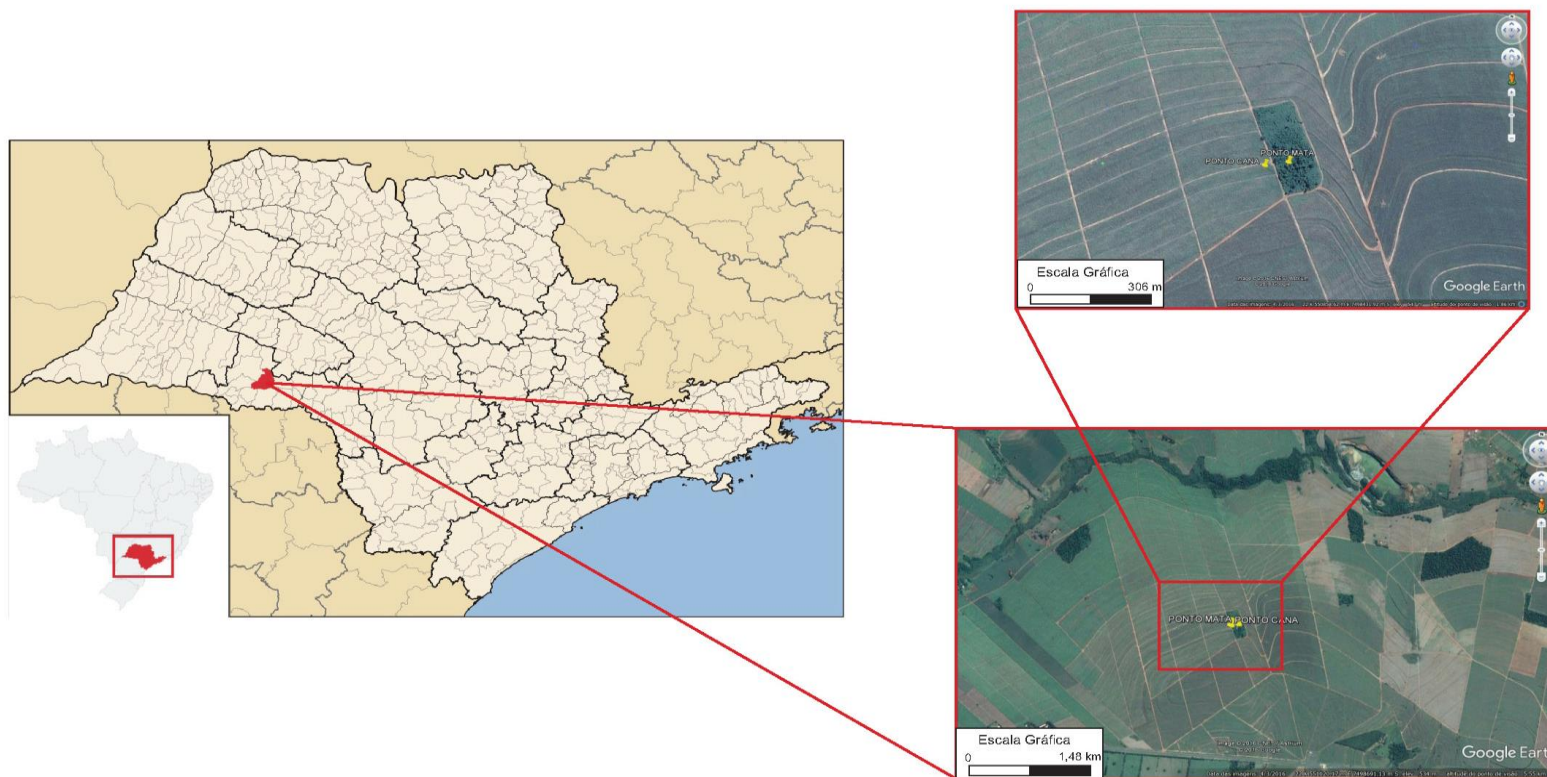


Figura 9 – Localização das trincheiras por imagem de satélite.

4.1.1. Perfil Descrito na Área de Mata

O solo descrito, segundo depoimento de Ednilton, nunca foi utilizado para prática agrícola, porém há a possibilidade daquela região da Fazenda Santa Rita ter sido vítima de um incêndio no começo dos anos 2000. A mata, porém, aparenta estar bem consolidada, e à medida que foi sendo descrito o perfil verifiquei a presença constante de insetos, como formigas e minhocas. O solo não estava compactado, e não havia nenhum indício de erosão laminar ou linear.

Conforme ilustra o esquema abaixo (Fig. 10), o perfil da floresta foi dividido em três horizontes: Horizonte A, Horizonte de transição BA, Horizonte B. A matriz de cor predominante durante todo o perfil é vermelha. As coordenadas UTM são: 22K 0550928 E, 7498422 N.

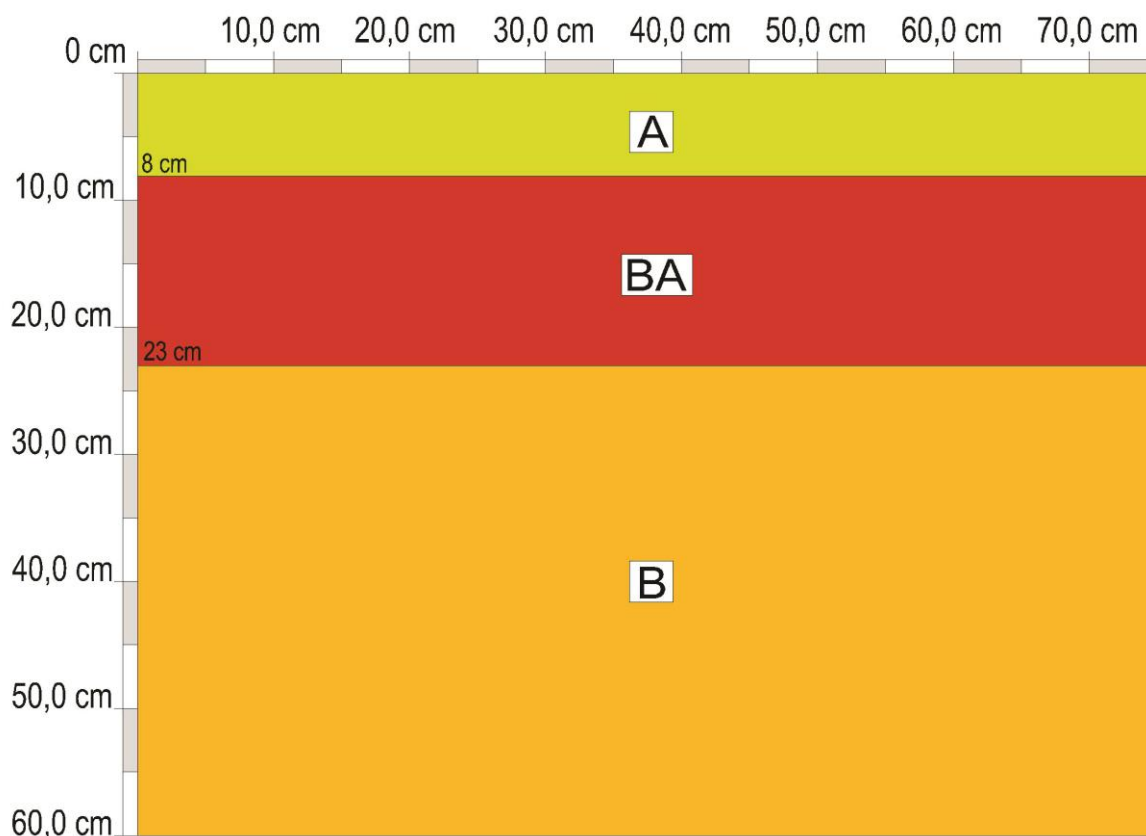


Figura 10 – Representação das divisões de horizontes presentes no solo da mata.

O horizonte A se estendia do 0 (zero) aos 8 cm de profundidade; apresentou cor 2,5 YR-3/6; textura franco arenosa; estrutura em blocos subangulares, pequenos, com grau de desenvolvimento moderado; poros comuns originados de atividade da pedofauna, principalmente de formigas; sua consistência seca era macia, e molhada era ligeiramente pegajosa e não plástica; contava com muitas raízes, finas e grosseiras. A transição para a camada subjacente era plana e difusa.

Houve uma dificuldade em estabelecer com clareza a divisão entre o horizonte A e o horizonte B – devido à homogeneidade do perfil – fazendo estabelecer um horizonte de transição entre o A e o B. Foi nomeado de Horizonte BA, devido à maior proximidade das características do horizonte B em relação ao A.

O Horizonte BA se estendia dos 8 aos 23 cm de profundidade; apresentava cor 10 R-3/6; textura franco arenosa (ligeiro aumento de argila em relação ao horizonte A); estrutura em blocos subangulares, médios, com grau de desenvolvimento forte; poros comuns e médios, também associados a formigas; sua consistência seca é macia, e molhada é ligeiramente plástica e pouco pegajosa; havia presença ainda em grande número de raízes finas. A transição para o horizonte subjacente era plana e gradual.

O Horizonte B se estendia dos 23 cm de profundidade até o fim da trincheira (60 cm); cor 10 R-3/6; textura franco arenosa; estrutura em blocos subangulares de tamanho médio e grau de desenvolvimento moderado; novamente (até o fim da trincheira) havia a presença de poros médios e pequenos comuns, eventualmente associados à atividade das formigas; sua consistência seca é macia, e molhada é ligeiramente plástica e pouco pegajosa. As raízes são abundantes, mas estão distribuídas de forma desigual no plano vertical, porém sem maiores diferenças no plano horizontal, conforme mostra as figuras 11 e 12.

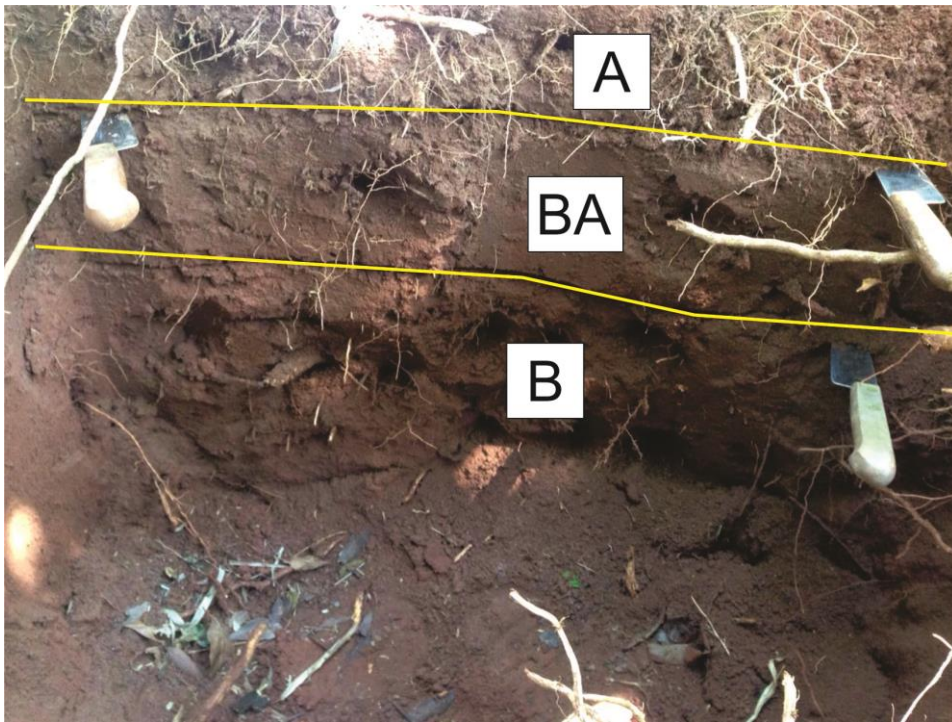


Figura 11 – Trincheira aberta na mata (Foto: Caio Nagayama Dias).

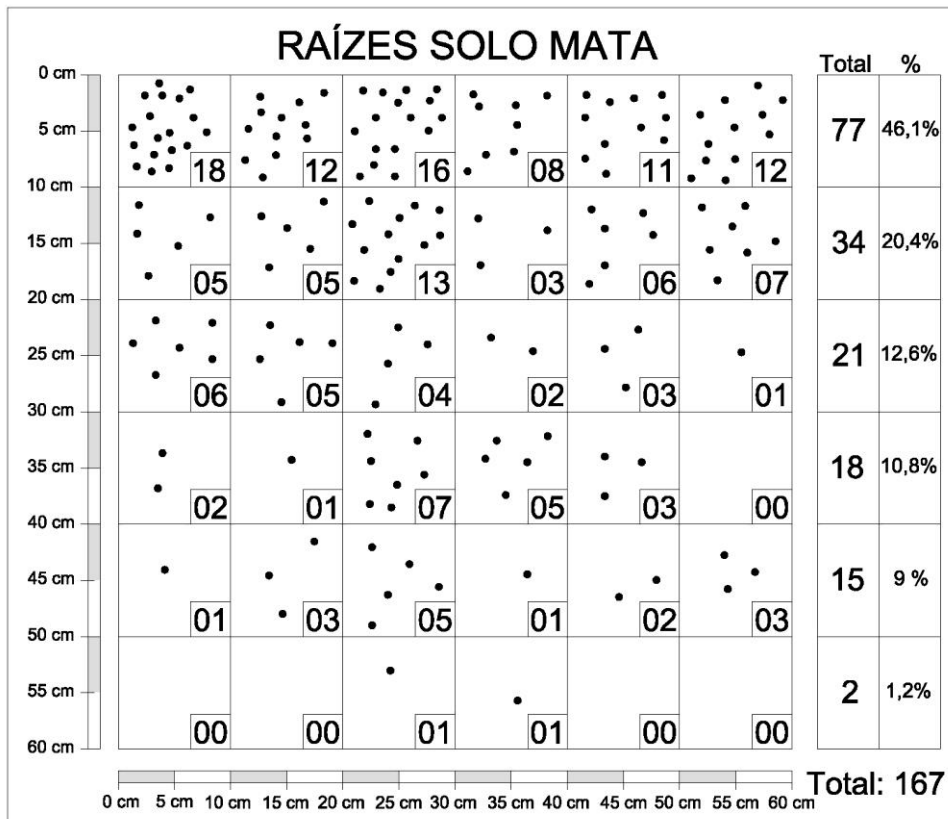


Figura 12 – Contagem de raízes do perfil da trincheira aberta na mata.

4.1.2. Perfil da área de cultivo de cana-de-açúcar

A trincheira aberta na área de cultivo de cana-de-açúcar foi feita de maneira perpendicular a orientação do plantio. A colheita havia sido feita há duas semanas, e o terreno já estava sendo preparado para a próxima plantação. Segundo Ednilton, aquele lote específico da fazenda tem produzido apenas cana-de-açúcar há pelo menos 30 anos. Ainda segundo este, a fazenda praticava a “queima da palha seca” entre uma safra e outra.

Ainda segundo os relatos do nosso guia, o uso de máquinas na fazenda começou a ser utilizado já na década de 1980, mas desde o princípio dos anos 1990, a fazenda Santa Rita faz a plantação, a colheita e o preparo do solo unicamente através de mão de obra mecanizada.

O solo exposto, aliado à declividade do terreno (embora baixa), possibilita a erosão superficial em escala considerável. Para contê-la, a fazenda faz o plantio em sulcos acompanhando a declividade do terreno (ver anexo), entretanto essa técnica não é suficiente para, sozinha, conter a erosão totalmente. Mas de certa forma, pela baixa declividade, a erosão (laminar) nesse lote da fazenda não é tão intensa.

Todo o perfil tem propriedades visivelmente alteradas pelo manejo de solo. Assim, não será apresentada a descrição do primeiro nível de análise do perfil cultural, já que todas as camadas são AM (alteradas pelo manejo).

As coordenadas UTM dessa trincheira são: 22K 0550086 E 7498406 N. Declividade baixa, sem aparente atividade biológica na superfície.

Conforme ilustra a figura abaixo (Fig. 13), o perfil de solo foi subdividido em cinco camadas. Foram enumeradas de acordo com a profundidade nas quais elas se encontravam, sem a preocupação de, em campo, determinar o nome dos horizontes. Segue a relação: camada I, camada II, camada III, camada IV, camada V.

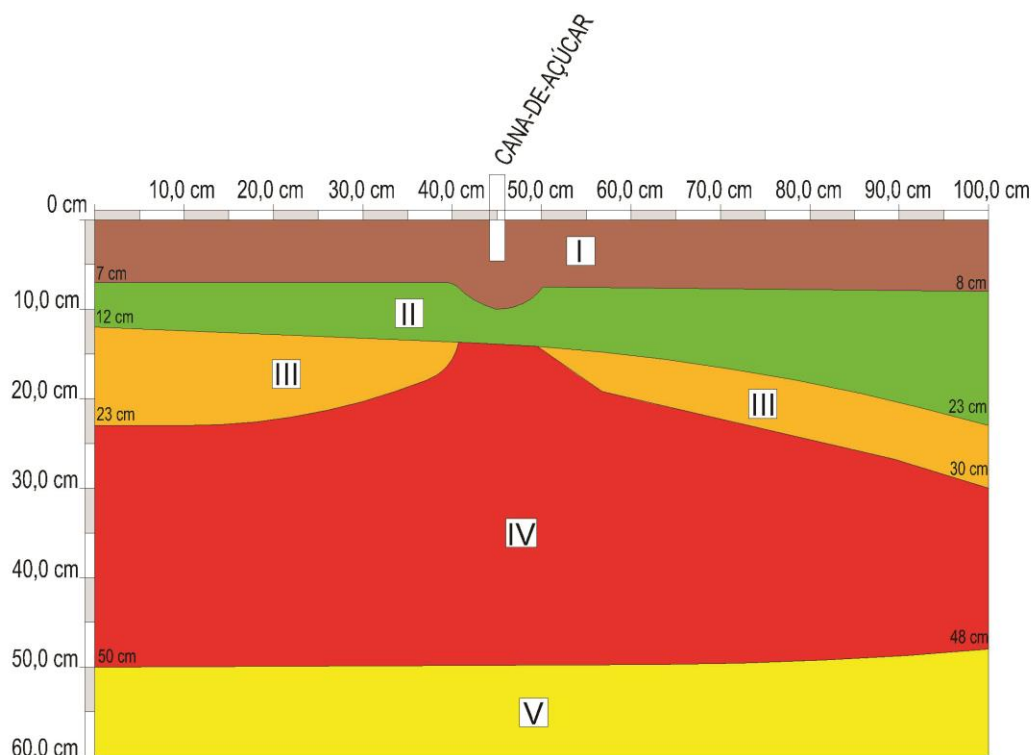


Figura 13 – Representação das divisões de camadas no solo da área de cultivo de cana-de-açúcar.

A imagem abaixo demonstra a classificação do perfil cultural com as subdivisões da técnica anterior, demonstrando uma ligação entre ambas.

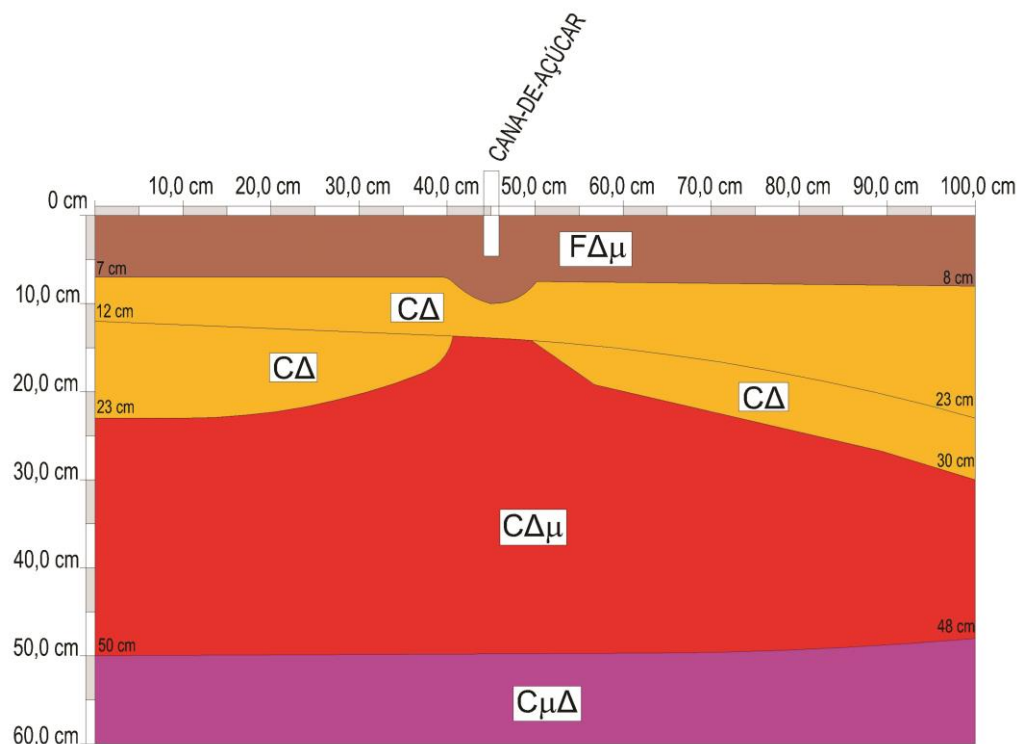


Figura 14 – Representação das divisões de volumes de solo presentes na área de cultivo de cana-de-açúcar segundo a técnica do perfil cultural.

A camada I vai de 0 (zero) a 7 cm profundidade, com uma irregularidade na linha de plantio, na qual a profundidade da camada se estende até 10 cm. A cor apresentada é de 10 R-3/3; textura franco arenosa; estrutura subangular de tamanho médio e grau de desenvolvimento forte; poucos poros de tamanho pequenos; apresentava pouca cerosidade; consistência seca era macia, e consistência molhada era pouco pegajosa e ligeiramente plástica; poucas raízes presentes; transição para a camada subjacente ondulada e clara.

Essa camada, na técnica do perfil cultural, pode ser classificada em FΔμ. A presença de raízes (Fig. 16) nesse volume de solo se concentra em volta do sulco de plantação, em uma quantidade relativamente grande, de forma que as raízes se desenvolvem entre os torrões. A porosidade não é alta e é constituída principalmente de fissuras.

A camada II é fina e contínua, presente entre as camadas I (acima) e III e IV (abaixo) em uma transição ondulada e clara com as camadas subjacentes. A cor apresentada é de 10 R-3/4; textura franco-argilo-arenosa (maior presença de argila em relação à camada anterior); estrutura em blocos angulares grandes com grau de desenvolvimento forte; não apresentava porosidade a olho nu; pouca cerosidade; sua consistência seca era macia, e molhada era pouco pegajosa e ligeiramente plástica; nenhuma raiz aparente, sem pedofauna.

A camada II, na técnica do perfil cultural, pode ser classificada em CΔ. Não apresenta raízes, já é um solo mais compactado, com maior presença de argila e a ausência de raízes exercendo força mecânica para ajudar a diminuir a densidade. A estrutura angulosa é outro indício da compactação, os agregados são unidos provocando uma dificuldade na separação dos mesmos. Conforme dito, não apresenta porosidade estrutural.

A camada III é descontínua, pois no meio delas há a camada IV. Sua cor é 10 R-3/4; textura franco-argilo-arenosa; estrutura em blocos angulares médios com forte grau de desenvolvimento; seus poros eram comuns e

pequenos; apresentam pouca cerosidade; sua consistência seca é macia, e molhada é ligeiramente plástica e pouco pegajosa; nenhuma raiz aparente, sem pedofauna; transição abrupta, descontínua e ondulada.

Esses volumes de solo estão classificados em $C\Delta$, suas propriedades são muito parecidas com as da camada acima, porém a densidade é ainda maior (Tabela 2), deixando ainda mais nítida todas as características de compactação (Δ), mesmo tendo mais poros visíveis a olho nu do que a camada II.

A camada IV apresentou cor 10 R-3/6; textura argilo-arenosa; estrutura em blocos angulares médios com grau de desenvolvimento forte; pouca porosidade; contava com pouca cerosidade; sua consistência seca era macia, e molhada era pegajosa e plástica (apresentava maior quantidade de argila); nenhuma raiz aparente, sem pedofauna; transição linear e clara com a camada subjacente. Também é importante frisar que nessa camada observaram-se nódulos negros na coloração associados a vestígios de palhas queimadas.

Esse volume é classificado em $C\Delta\mu$. Suas características se aproximam das camadas II e III. Porém sua compactação é menor do que as duas camadas anteriores (conforme indica o grau de densidade – Tabela 2) e é mais fácil a separação dos blocos.

A camada V se estendia até a profundidade máxima que a trincheira se estendia. Sua cor era 10 R-3/6; sua textura argilo-arenosa; estrutura em blocos angulares grandes com grau de desenvolvimento forte; apresentava poros de tamanhos grandes ligados à presença de insetos (formigas); havia pouca cerosidade; sua consistência seca era macia, e molhada era pegajosa e plástica. Não havia raízes, mas havia insetos (formigas).

Essa última camada, claramente mais argilosa, tem sua porosidade ligada principalmente à ação da pedofauna (formigas). Suas características são muito próximas às da camada adjacente, mas menos compactado, conforme demonstrado pela análise de densidade (Tabela 2). Foi classificado como $C\mu\Delta$.

Conforme se observa nas figuras 15 e 16, a presença de raízes no perfil é muito pequena, e se concentra mais no entorno do local onde se encontram os sulcos de plantação.

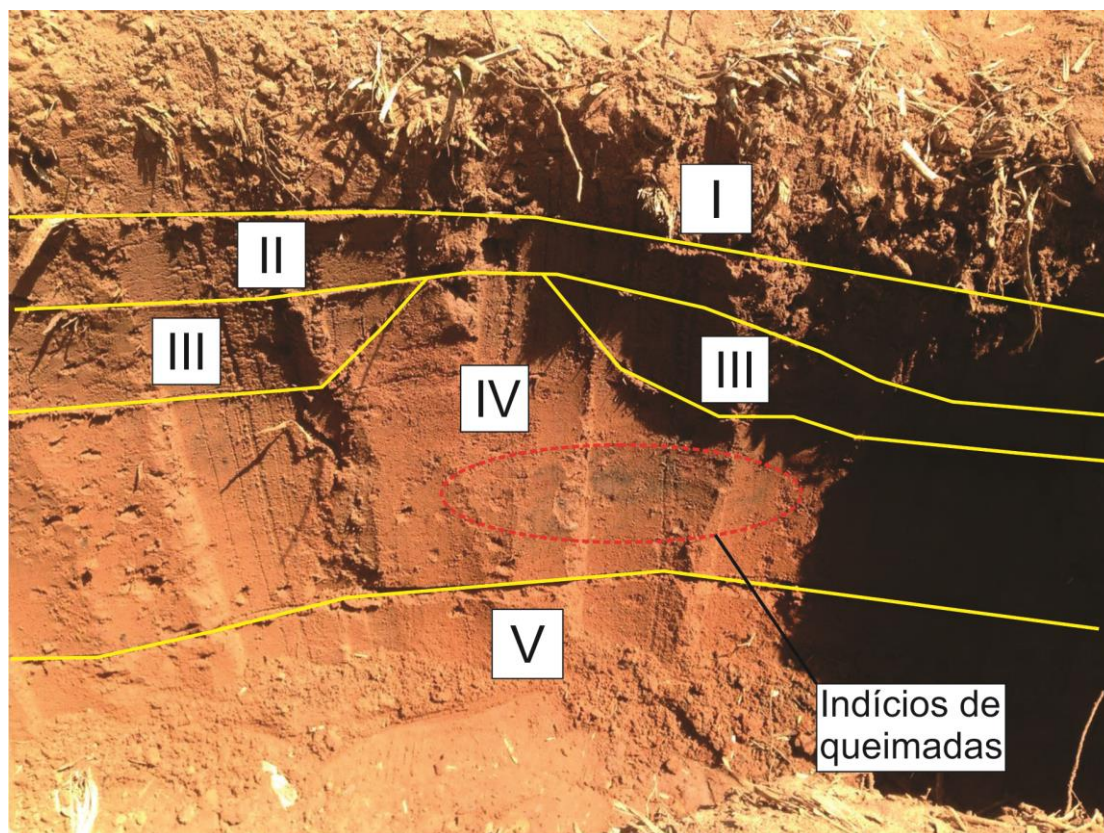


Figura 15 – Trincheira aberta na área de cultivo de cana-de-açúcar.

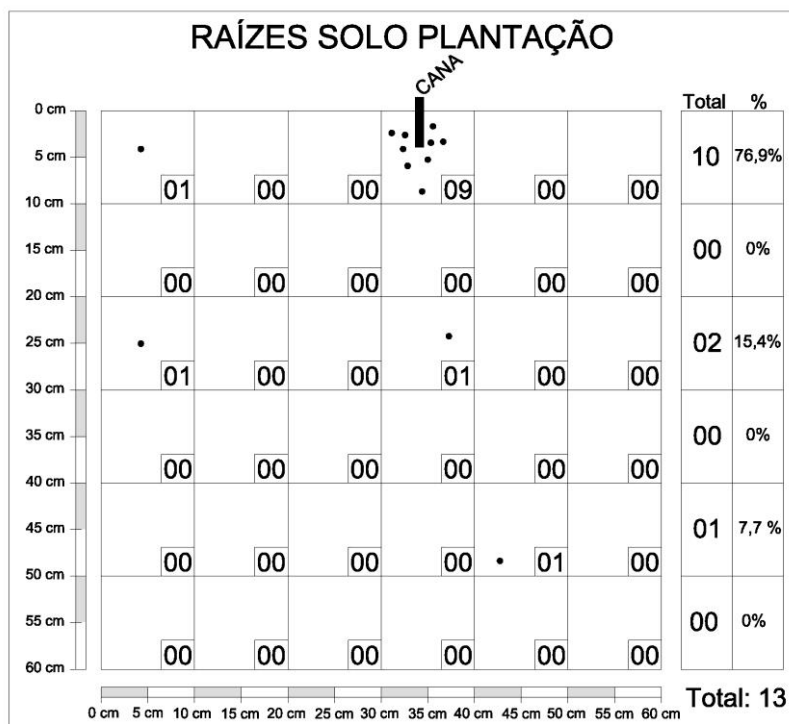


Figura 16 – Contagem de raízes do perfil da trincheira aberta na área de cultivo de cana-de-açúcar

4.2. Análise de densidade

A análise de densidade foi realizada obedecendo aos métodos descritos no capítulo 4.4 desse trabalho. O volume obtido no anel volumétrico foi: 91,2336 cm³. Segue abaixo a tabela com os dados:

Horizonte	Peso forma sem solo	Peso forma com solo	Peso do solo (Massa)	Densidade (M/V)
CANA-DE-AÇÚCAR				
Camada I	5,51 g	141,6 g	136,09 g	1,4916 g/cm ³
Camada II	5,45 g	160,4 g	154,95 g	1,6983 g/cm ³
Camada III	5,48 g	172,9 g	167,42 g	1,835 g/cm ³
Camada IV	5,47 g	153,2 g	147,73 g	1,6192 g/cm ³
Camada V	5,51 g	151,3 g	145,79 g	1,5979 g/cm ³
MATA				
Horizonte A	5,44 g	127 g	121,56 g	1,3324 g/cm ³
Horizonte BA	5,45 g	151,1 g	145,65 g	1,5964 g/cm ³
Horizonte B	5,45 g	140,7 g	135,25 g	1,4824 g/cm ³

Tabela 2 – Ilustração dos valores das densidades presentes em cada perfil.

Como pode ser observado, na Tabela 2, a trincheira da mata apresentou valores de densidade mais baixos do que na cana-de-açúcar.

4.3. Discussão dos resultados

O solo encontrado na mata se trata de um Latossolo Vermelho de textura média, extremamente homogêneo em textura e cor, sendo ainda um dos tipos de solos mais comuns na região, tal como constatado por ALVES (2010), Bognola *et al.* (2003) e Rossi *et al.* (2000).

Já o perfil da cana-de-açúcar, se trata de um Argissolo Vermelho de textura média/argilosa (antigo Podzólico vermelho), com as camadas superiores arenosas e um horizonte B textural (ou B iluvial) com bastante argila, apresenta cerosidade por todo o perfil, indicação de ocorrência de podzolização, fenômeno típico dos argissolos, que é a translocação vertical

de argila das camadas superiores para as inferiores (Gernet & Alves, 2010). Esse tipo de solo também é constatado em vários trabalhos na região (ALVES, 2010, BOGNOLA *et al.*, 2003 e ROSSI *et al.*, 2000), embora menos comum na região que o Latossolo Vermelho de textura média.

Sobre a área de cana-de-açúcar, primeiramente, o estudo revelou valores de densidade extremamente altos para os comuns no Argissolo Vermelho de textura média/argilosa. Reinert *et al.* (2008), ao estudar argissolos vermelhos de textura média/argilosa em áreas agrícolas em Santa Maria (RS), também chegou a dados coerentes com os da presente pesquisa, com estudos de densidade em outras culturas (Crotalária, Feijão, Guandu, Mucuna, Pousio). Em sua pesquisa, o valor médio da densidade foi de 1,75 mg/cm³, enquanto a média dos dados do presente trabalho foi mais baixa, porém ainda alta: 1,65 mg/cm³. Outro dado interessante de sua pesquisa foi a variação nos valores das camadas, sendo as superficiais menos densas do que as subjacentes (fenômeno esse constatado no presente trabalho também). Isso pode ser creditado às raízes, que são criadoras de canais biológicos, aumentam a porosidade do solo e quebram agregados artificialmente unidos (Reinert *et al.*, 2008). Cabe ressaltar, entretanto, que o aumento da densidade em profundidade nos argissolos é algo esperado, considerando que há uma mudança na estrutura e na textura quando se compara o Bt aos horizontes mais superficiais.

Segundo critérios de Kiehl (1979), solos argilosos – denominados “heavy soils” ou solos pesados pela pedologia estadunidense, pois apresentam mais dificuldades para manejo – têm a tendência de variar sua densidade entre 1,00 a 1,25 g/cm³. Enquanto solos arenosos – por sua vez denominados “light soils”, pelo mais fácil manejo agrícola – tendem a variar sua densidade entre 1,25 a 1,40 g/cm³. Considerando que a parte superior do perfil da área de cana-de-açúcar (menos densa e também mais arenosa de todo esse perfil) tinha sua densidade em 1,49 g/cm³, já podemos considerá-la compactada. Se avaliarmos as outras camadas, ainda mais compactadas, chegaremos a números ainda mais elevados, cerca de 1,83 g/cm³, sem nenhum desenvolvimento de raízes, o que sugere que a vegetação tem encontrado dificuldades de estabelecer o sistema radicular nesse horizonte.

Pela maior pressão que sofrem as camadas superiores, ainda mais em solo com manejo agrícola feito por maquinários, é natural que em profundidade haja um aumento na compactação. Entretanto, os valores da área de cana-de-açúcar ultrapassam limites considerados normais por Kiehl (1979).

O aumento da densidade na área da cana-de-açúcar limita as funções do solo, uma vez que reduz a porosidade e a permeabilidade do material, reduzindo a entrada da água, a renovação da atmosfera, o estabelecimento da pedofauna e o desenvolvimento da rizosfera. Na área da mata, o trabalho mecânico executado pelas raízes e principalmente o aporte de matéria orgânica na cobertura pedológica garante a manutenção das funções do solo. Nesse sentido, Toma (2008) constatou uma relação direta entre a porosidade e o teor de matéria orgânica presente no solo. Em seu experimento feito em uma área degradada pela agricultura, ele verificou que em solos onde era aplicada uma maior taxa de composto orgânico, havia uma melhoria visível na porosidade, aumentando a conectividade entre os poros. Já os solos que recebiam uma dosagem menor de composto orgânico apresentavam uma recuperação mais modesta da estrutura e da porosidade.

O cenário encontrado na área dos latossolos foi semelhante ao verificado nos argissolos mencionados. De Elias (2015), ao estudar o Latossolo vermelho de textura média da Formação Caiuá no norte do Paraná – solo bem próximo ao presente em Assis –, constatou valores médios de $1,44 \text{ g/cm}^3$ de densidade para ele quando exposto à vegetação nativa, valores próximos aos desse estudo ($1,47 \text{ g/cm}^3$). Para o mesmo tipo de solo, porém em área de atividade canavieira, De Elias (2015) constatou uma densidade média de $1,66 \text{ g/cm}^3$, fenômeno associado à rarefeita presença de raízes, compactação causada pelo manejo de solo, pouca presença de matéria orgânica, entre outros motivos. Além disso, este autor constatou que, no Latossolo Vermelho de textura média sob cultivo de cana-de-açúcar, as camadas intermediárias eram mais densas enquanto camadas superficiais eram menos densas, com um valor médio de $1,66 \text{ g/cm}^3$, novamente repetindo a lógica observada nos dados da presente pesquisa.

Descrição Morfológica do Perfil da área de Mata														
Principais características														
Profundidade (cm)	Horizonte		Cor		Textura		Consistência molhada		Estrutura		Cerosidade		Densidade (g/cm ³)	
	Mata	Cana	Mata	Cana	Mata	Cana	Mata	Cana	Mata	Cana	Mata	Cana	Cana	Mata
0 até 8	A	I	2,5 YR-3/6	10 R-3/3	Franco arenosa	Franco arenosa	Pouco pegajosa Não plástica	Pouco pegajosa Pouco plástica	Blocos subangulares, pequenos, moderados	Blocos subangulares, médios, fortes	X	Pouca, fraca	1,3324	1,4916
8 até 23	BA	II e III	10 R-3/6	10 R-3/4	Franco arenosa	Franco argilo arenosa	Pouco pegajosa	Pouco pegajosa	Blocos subangulares, médios, fortes	(Camada II) Blocos angulares, grandes, forte	X	(Camada II) Pouca, fraca	1,5964	(Camada II) 1,6983
							Pouco plástica	Pouco plástica		(Camada III) Blocos angulares, médios, forte		(Camada III) Pouca, moderada		(Camada III) 1,835
23 até final	B	IV e V	10 R-3/6	10 R-3/6	Franco arenosa	Argilo arenosa	Pouco pegajosa	Pegajosa	Blocos subangulares, médios, moderados	(Camada VI) Blocos angulares, médios, forte	X	Pouca, fraca	1,4824	(Camada IV) 1,6192
							Pouco plástica	Plástica		(Camada V) Blocos angulares, grandes, forte				(Camada V) 1,5979

Tabela 03 – Ilustração das principais características gerais de cada perfil.

Os latossolos conservados na mata, tanto o descrito nesse trabalho, como o descrito por De Elias (2015), estão com densidade dentro do esperado, além de apresentarem características morfológicas típicas dos latossolos e sem indícios de perturbação antrópica. Por outro lado, o latossolo do trabalho de De Elias (2015) em área de cana-de-açúcar está com uma densidade extremamente alta.

Os dois perfis de solo analisados no presente trabalho mantiveram uma mesma característica percebida por Reinert *et al.* (2008) e De Elias (2015): nota-se que as primeiras camadas do solo são as menos densas (1,4916 g/cm³ no canavial e 1,3324 g/cm³ na mata) e as camadas intermediárias são as mais densas (1,835 g/cm³ para o horizonte 3 da cana e 1,5964 g/cm³ para o horizonte BA da mata), sendo que as camadas inferiores são menos densas do que as camadas intermediárias (1,5979 g/cm³ na camada 5 da plantação e 1,4824 g/cm³ para o horizonte B da mata). Podendo apontar que os horizontes mais propícios à compactação sejam os intermediários.

Dessa forma, consideramos que o solo do perfil da mata da área estudada, que recebe uma maior quantidade de matéria orgânica do que o solo do canavial, apresenta elevada concentração de raízes, maior presença de pedofauna e atividade humana restrita, está propício a ter uma densidade mais baixa, uma vez que as suas funções não foram suprimidas ou comprometidas.

5. Conclusão

Esse trabalho apresentou uma comparação entre dois tipos de solos sob diferentes formas de uso. Além das características morfológicas do solo, a densidade foi o parâmetro mais abordado nesse projeto, uma vez que ela é uma forma de mensurar o grau de compactação do solo, em especial nas áreas de monocultura de cana-de-açúcar.

Nas áreas de mata, a presença de raízes, serrapilheira, matéria orgânica, pedofauna e a ausência de atividade humana realizada com maquinário pesado mantêm as funções do solo, expressa na morfologia e na

baixa densidade. Na área de cana-de-açúcar, a compactação está em níveis nos quais ainda é possível o desenvolvimento de algumas raízes nos horizontes superficiais. Porém, em profundidades maiores, a densidade chega a níveis muito altos, e a presença de raízes chega praticamente à zero. Nas camadas mais profundas a densidade é mais baixa, mas continua não havendo desenvolvimento de raízes, muito provavelmente pela barreira mecânica que representam os horizontes adensados acima deste. Esses resultados demonstram a grande dimensão dos impactos da cana-de-açúcar sobre o solo, reforçando a necessidade da adoção de outras formas de cultivo e manejo que sejam compatíveis com a conservação do solo.

6. Referências

ALVES, G. B. *O perfil cultural nos principais sistemas pedológicos do Município de Maracáí/SP*, Universidade Estadual de Maringá, UEM, Dissertação de Mestrado, 2010.

BOGNOLA, I. A.; PADRO, H. do; MENK, J. R. F.; JOAQUIM, A. C.; LEPSCH, I. G. *Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Assis*. Campinas: IAC, 2003. Escala 1:100.000 (Série APTA).

CTPI – Cooperativa de serviços, pesquisas tecnológicas e industriais. *Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da UGRHI – 22. Pontal do Paranapanema: Relatório Zero*. São Paulo: CPTI, 1999.

DE ELIAS, Marcio José. *Avaliação das alterações físico-hídrica decorrente do manejo agrícola da cana-de-açúcar na cobertura pedológica do município de São Carlos do Ivaí-PR*. Tese de mestrado. Maringá-PR, 2015.

GERNET, Marcos de Vasconcellos & ALVES, Michael Jonathan Fernandes. *Lessivagem*. Universidade Federal do Paraná, Tese de Mestrado. Curitiba-PR, 2010.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.: *Degradação dos solos no Brasil*. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro-RJ, 2014.

KER, João Carlos; KÄMPF, Nestor; CURI, Nilton; RESENDE, Mauro; DE OLIVEIRA, J. B.; RIBEIRO, M. R.; DE OLIVEIRA, L. B.; FILHO, J. C. de A.; MARQUES, J. J.; FONTES, M. P. F.; DOS ANJOS, L. H. C.; JACOMINE, P. K. T.; DOS SANTOS, H. G.; DE OLIVEIRA, V. A. *Pedologia: Fundamentos*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa-MG, 2012.

KIEHL, Edmar José. *Manual de Edafologia. Relações solo-planta*. Editora Agronômica Ceres. São Paulo-SP, 1979.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches; MOROZ, Isabel Critina. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo-SP 1996.

ROSSI, M; JOAQUIM, A. C.; BOGNOLA, I.A.; PRADO, H. do; MENK, J. R. F.; LEP. *Carta pedológica semidetalhada do Estado de São Paulo: Folha de Maracá/SP*. Campinas: IAC, 2000. Escala 1:100.000 (Série APTA).

SANTOS, Raphael David. *Manual de Descrição e coleta de solo no campo*. Viçosa- MG, Editora Suprema, 2005.

SERRAT, Beatriz Monte et al. *Conhecendo o solo*. Curitiba: Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2002.

REINERT, Dalvan José; Albuquerque, J. A.; Reichert, J. M.; Aita, Celso; Andrada, M. M. C.. *Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo vermelho*. Santa Maria-RS, 2008.

KÖEPPEN, W. *Climatologia: com um estúdio de los climas de la Tierra*. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C.; BALBINO, L. C.; NEVES, C.S.V.J.: *Método do Perfil Cultural para avaliação do estado físico de solo em condições tropicais*. Londrina-PR, 1999.

TEIXEIRA, Francisco M. P. *História de São Paulo: 4º ou 5º ano*, São Paulo, Ática, 2008.

TOMA, Raul Shiso. *Efeito da aplicação de composto orgânico sobre o processo de encrustamento e a recuperação de solos degradados pela erosão hídrica*. Tese de doutorado. Piracicaba, 2008.

6.1. WEBGRAFIA

¹<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=350400> – acessado em 06/05/2016

²<http://www.assis.sp.leg.br/institucional/historia/historia-cidade> – acessado em 13/11/2015

³http://www2.assis.unesp.br/cedap/expo_virtuais/unesp_centenario/multiplos-olhares.html – acessado em 13/11/2015

⁴http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_047.html – acessado em 13/11/2015

⁵http://ambientes.ambientebrasil.com.br/unidades_de_conservacao/estacao_ecologica/estacao_ecologica_e_experimental_de_assis.html – acessado em 23/11/2016

**Anexo: Mapa dos sulcos de plantação cedido pela Fazenda Santa Rita
(sem escala)**

