

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

MARIA FILOMENA SOUZA DIAS

**Transformações de um solo urbano a partir da implantação de uma agrofloresta:**  
o caso de um SAF no campus Butantã da Universidade de São Paulo

São Paulo

2023

MARIA FILOMENA SOUZA DIAS

**Transformações de um solo urbano a partir da implantação de uma agrofloresta: o caso de um SAF no campus Butantã da Universidade de São Paulo**

Trabalho de Graduação Individual (TGI) apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Luis Antonio Bittar Venturi  
Coorientador: Dr. Marcos Roberto Pinheiro

São Paulo  
2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação  
Serviço de Biblioteca e Documentação  
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

D541t      Dias, Maria Filomena Souza  
Transformações de um solo urbano a partir da  
implantação de uma agrofloresta: o caso de um SAF no  
campus Butantã da Universidade de São Paulo / Maria  
Filomena Souza Dias; orientador Luis Antonio Bittar  
Venturi - São Paulo, 2023.  
47 f.

TGI (Trabalho de Graduação Individual)- Faculdade  
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da  
Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia.

1. Solo Urbano. 2. Agrofloresta. 3. Pedologia. 4.  
Recuperação de áreas degradadas. 5. Sistemas  
Agroflorestais. I. Venturi, Luis Antonio Bittar,  
orient. II. Título.

*Dedico este trabalho aos meus amigos e família, com amor, admiração e gratidão por sua presença em minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

À Adriana Sumi, por muito paciente e amorosamente ouvir as primeiras ideias e angústias, por me entender como pessoa inteira, me acompanhar e apoiar nas primeiras tentativas de realização deste trabalho e em outros tantos desafios da vida. Obrigada por tanto.

Ao Prof. Dr. Luis Antonio Bittar Venturi, pelas disciplinas tão bem estruturadas de Técnicas de Campo e Laboratório em Geografia e Geografia dos Recursos Naturais; pela organização do Geografia - práticas de campo, laboratório e sala de aula; pela escolha e incentivo de uma Geografia encantada, comprometida e propositiva ao invés de ranzinza; por persistir apontando a distinção e responsabilidade política no gerenciamento de recursos e fenômenos naturais; pela disponibilidade em se manter sensível aos desafios dos refugiados e dos alunos, pesquisando, observando, refletindo e colocando em prática o que aprende, como os diferentes modelos de avaliações e o Debutantes Dubitantes; pelos exercícios, compreensão e paciência em tempos desafiantes.

À Prof. Dra Marina Célia Moraes Dias, que entre tantos outros apoios comprou livros e carinhosamente ofereceu chá e espaço ao seu lado para estudar.

Ao Alexandre Collarile Yamaguti, por me ouvir tantas, tantas e tantas vezes.

À Marcia Maria Cabral de Souza, por enfrentar comigo os desafios do percurso escolar, por me defender e estar sempre ao meu lado, por ser tão amorosa e amiga, por tão generosa e antecipadamente refletir e anunciar suas preferências sobre cuidado, o que tem me permitido trabalhar e estudar com mais tranquilidade, mas não menos luto pela sua condição e diminuição da nossa convivência.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Moraes Dias Carrasqueira, pelo incentivo, disponibilidade, por ler comigo e me ajudar nos resumos.

Ao Rodrigo Ferreira Santos, por plantar agroflorestas e pela companhia no amor por esse tema.

À Luciana Dias do Nascimento, pela amizade, disponibilidade, abertura, trocas de ideias e escuta desde o começo; pela paciência com as minhas revoltas, pela persistência e firmeza no apoio, por amadrinhar essa conclusão de curso, pelo cuidado tão concreto e carinhoso, pelo incentivo, animação e figurinhas; por me apresentar o Dr. Marcos Roberto Pinheiro.

Ao Dr. Marcos Roberto Pinheiro, por acolher a mim e a esse projeto com tanta generosidade, dedicação, seriedade, solidariedade e empatia; por se animar, envolver com o trabalho e ajudar a pensar soluções; pela orientação clara, humana e paciente; por revezar a

enxada debaixo do sol quente e embalar anel volumétrico na lama debaixo de chuva; por comprar empadinha, trazer água e lavar areia junto comigo até às 2h da manhã; pelas boas palavras; pela companhia no não separar o social do ambiental; pelas caronas, pela amizade, por seguir junto até a conclusão, mesmo no meio das suas férias.

À Juliana Tondin Mengardo pela convivência sincera e tranquila; pela compreensão, consideração, paciência, incentivo, torcida, amizade e disponibilidade de apontar e conversar quando algo ficou descuidado.

Ao Coletivo de Diálogo e Diversidade de Táticas, por compreender e me apoiar mesmo de longe, pela lealdade e amizade, pelo amor, por ir me visitar.

Ao João Pedro Azevedo Maldos, Patricia Siqueira Yannaconi e Mariana Barros, equipe engajada, maravilhosa e compreensiva, por segurar as pontas no trabalho pra que eu pudesse fazer o Trabalho de Campo.

Às companheiras de análises laboratoriais Beatriz e Natália, pela companhia, compartilhamento de computador e balanças, por anotar os horários de pipetagem, pelas conversas, pelo compartilhamento dos desafios da academia e da vida.

Ao William Soares Junior pela disposição em ir até o campus num domingo de carnaval e reaprender a pilotar só pra fazer a imagem de drone.

Ao Leonardo Kadubicki Praça, pelo incentivo, leveza, paciência, carinho e amor; por cuidar proativamente e tão bem do que precisava ser cuidado para que eu pudesse escrever; por me ver de fora, refletir comigo e me ajudar a crescer; por me ajudar a pesquisar e traduzir os artigos em inglês; por ficar ao meu lado.

Ao amor e à solidariedade.

À Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, pela oportunidade de realização do curso.

Ao projeto e realidade da universidade de qualidade, pública e gratuita.

*As leis da natureza são dadas, não nos cabe criá-las  
ou modificá-las. Temos de agir de forma benéfica  
para todos os participantes, todos os atingidos, de  
modo a voltarmos a ser considerados seres úteis e  
bem-vindos no sistema.*

*Ernst Götsch*

## RESUMO

Este estudo se propôs a identificar e compreender quais são as possíveis transformações ocorridas num solo urbano a partir da implantação de uma agrofloresta no campus Butantã da Universidade de São Paulo. Para tanto, foram realizados trabalhos de campo com abertura de trincheira numa área de gramado e numa área de SAF, vizinhas, sob as mesmas condições geomorfológicas e pedológicas. Os perfis de solo foram descritos morfologicamente e amostras foram coletadas para análises físicas e químicas em laboratório. Foram analisados e comparados os aspectos morfológicos cor, textura, estrutura, transição entre horizontes, profundidade, raízes e pedofauna, assim como granulometria, densidade, estabilidade de agregado e pH H<sub>2</sub>O, pH CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>, MO, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H+Al e os cálculos SB, CTC, V% e m %. Os resultados mostraram que, quando comparado o solo da agrofloresta com o do gramado, há uma diferença na cor dos horizontes superficiais, mais brunada na área da agrofloresta, sugerindo maior quantidade de MO no solo desta área. Além disso, no solo da agrofloresta observou-se um aumento do grau de desenvolvimento da estrutura, observado em campo e confirmada pelos ensaios de estabilidade de agregado realizados no laboratório. Destaca-se, ainda, a maior quantidade e profundidade de alcance de raízes no solo da agrofloresta, ausência de formigas e cupins, muito comuns no gramado, e presença de minhocas e besouros. Houve também uma diminuição significativa da densidade do solo no SAF. Com relação aos atributos químicos, observou-se uma ligeira diminuição da acidez do solo da agrofloresta e um aumento substancial da quantidade de MO, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, bem como na SB, CTC e V%. Em contrapartida, Al<sup>3+</sup>, H+Al e m% diminuíram. Nesse contexto, conclui-se que ocorreram modificações no solo em todas as variáveis analisadas, o que sugere uma recuperação da vida e das funções do solo a partir da implantação da agrofloresta, há 1 ano e 4 meses. Assim, pode-se dizer que, surpreendentemente, as mudanças encontradas no solo ocorreram num tempo muito curto, sobretudo se forem consideradas as condições do solo urbano analisado, cujas características naturais foram bastante modificadas pela ação antrópica.

Palavras-chave: Agrofloresta. Sistema Agroflorestral. Solo urbano. Recuperação de área degradada.



## ABSTRACT

This study aimed to identify and understand the possible transformations occurred in an urban soil due to the implementation of an agroforestry in the Butantã campus of the University of São Paulo. In order to accomplish this objective, field surveys were carried out to study the soil of a grass area and an agroforestry zone. Both areas are under similar geomorphological and pedological conditions. The soil profiles were described morphologically and samples were collected to perform physical and chemical analyses in the laboratory. In the field, the morphological attributes described are color, texture, structure, transition between horizons, depth, roots, and soil fauna. In the laboratory, the following physical analyses were carried out: grain-size, density, and aggregate stability. Finally, the main chemical parameters related to soil fertility were surveyed: pH H<sub>2</sub>O, pH CaCl<sub>2</sub> 0.01 mol L<sup>-1</sup>, MO, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H+Al, SB, CTC, V%, and m%. The results showed that the color of the surface horizon of the agroforestry area is browner than the analogous horizon of the grass area. In addition, an increase in the structure development degree was identified in the soil of the agroforestry. The soil of this area also presents more roots, which reach deeper horizons; ants and termites are absent (in contrast, they are very common in the grass area), but the presence of earthworms and beetles is common. The levels of soil density and acidity decreased in the soil of the agroforestry. On the other hand, the MO, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> content and the SB, CTC, V% levels increased; only Al<sup>3+</sup>, H+Al, and m% decreased. Thus, we conclude that the soil changes identified in the agroforestry area suggest a recovery of soil life and pedological functions faster than expected (1 year and 4 months), even in an urban soil whose natural conditions were deeply modified by anthropic actions.

Keywords: Agroforestry, Agroforestry Systems, Urban Soil, Rehabilitation of degraded areas

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Categorias de Sistemas Agroflorestais, de acordo com o grau de adesão ao processo de sucessão ecológica	19
Figura 2	Estratificação e sucessão vegetacional nos Sistemas Agroflorestais Regenerativos ou Análogos	20
Figura 3	Localização da área de estudo	21
Figura 4	Construção do prédio de Geografia e História	22
Figura 5	Talude sobre o qual foram implantados gramado e agrofloresta	23
Figura 6	Localização das trincheiras escavadas no SAF (TR1) e no gramado (TR2)	24
Figura 7	Croqui do SAF	25
Figura 8	Detalhe do SAF e linhas de plantio	26
Figura 9	Trincheira 1 (à esquerda) e Trincheira 2 (à direita), que mostram os perfis de solo no SAF e no gramado, respectivamente	29
Figura 10	Variação de cor e estrutura nos horizontes das duas trincheiras	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição Morfológica de Perfil de Solo - Trincheira 1	30
Tabela 2	Descrição Morfológica de Perfil de Solo - Trincheira 2	31
Tabela 3	Resultados da Análise Granulométrica das Trincheiras 1 e 2	34
Tabela 4	Densidade do solo nas trincheiras 1 e 2	34
Tabela 5	Estabilidade de agregado dos horizontes 1 e 2 dos perfis de solo	35
Tabela 6	Dados químicos e físico-químicos dos perfis de solo 1 e 2	36

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPE	Centro de Práticas Esportivas
CEPEAS	Centro de Pesquisa em Agricultura Sintrópica
CRUSP	Conjunto Residencial da USP
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DG	Departamento de Geografia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EP	Escola Politécnica
ESALQ	Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FFLCH	Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
H1	Horizonte 1
H2	Horizonte 2
H3	Horizonte 3
H4	Horizonte 4
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEE	Instituto de Energia e Ambiente
IP	Instituto de Psicologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
LABOPED	Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia
MO	Matéria orgânica
SAF	Sistema Agroflorestal
SB	Soma de Bases
TR1	Trincheira 1
TR2	Trincheira 2
USP	Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1- INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS SOBRE SOLOS URBANOS E AGROFLORESTAS</b>	<b>16</b>
<b>2.1 - Solos Urbanos</b>	<b>16</b>
<b>2.2 - Agrofloresta</b>	<b>18</b>
<b>3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>21</b>
<b>4 - PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS</b>	<b>28</b>
<b>5 - RESULTADOS</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Descrição Morfológica dos Solos</b>	<b>29</b>
<b>5.2 Análise Física dos Solos</b>	<b>33</b>
<i>5.2.1 Análise Granulométrica</i>	<i>33</i>
<i>5.2.2 Densidade do Solo</i>	<i>34</i>
<i>5.2.3 Estabilidade de Agregado</i>	<i>34</i>
<b>5.3 Análise Química e Físico-Química dos Solos</b>	<b>35</b>
<b>6 - DISCUSSÃO</b>	<b>37</b>
<b>7 - CONCLUSÃO</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>41</b>
<b>ANEXO A – RELATÓRIO DE ANÁLISE QUÍMICA</b>	<b>47</b>

## 1- INTRODUÇÃO

Desde a "Revolução Verde", um conjunto de mudanças tecnológicas e de práticas agrícolas que se desenvolveu durante a década de 1960, e que inclui a utilização de sementes geneticamente modificadas, solo descoberto, irrigação intensiva, maquinários agrícolas pesados, insumos químicos, como fertilizantes, inseticidas e herbicidas, e o cultivo em monocultura, se tornou a prática agrícola mais comum e incentivada (Octaviano, 2010).

Consistindo no cultivo de apenas uma espécie vegetal em larga escala, a monocultura tem vários impactos negativos. Socialmente, leva à exclusão de pequenos agricultores, que não conseguem adquirir o pacote tecnológico proposto, concentrando a propriedade da terra nas mãos de poucos, o que contribui para o aumento da pobreza e do desemprego nas áreas rurais. Ambientalmente, a monocultura é uma das grandes responsáveis pela degradação do solo, erosão, perda de biodiversidade, contaminação das águas subterrâneas e alterações climáticas (Maltez et al, 2016).

Atualmente, quase 40% do solo mundial é usado para agricultura nesse modelo (Mariz, 2019).

Segundo o relatório A Situação Mundial da Terra e dos Recursos Hídricos para Alimentos e Agricultura - Sistemas em ponto de ruptura, 33% do solo em nível global está moderada ou altamente degradado e a erosão arrasta entre 20 e 37 bilhões de toneladas da camada superior deste recurso anualmente. Esta situação reduz o rendimento das lavouras e a capacidade do solo de armazenar e reciclar carbono, nutrientes e água, com as perdas somente na produção de cereais estimadas em 7,6 milhões de toneladas (Nações Unidas, 2021, p. 1).

Uma alternativa à monocultura é a agrofloresta ou sistema agroflorestal, definido como um sistema agrícola policultural que combina produção agrícola com o desenvolvimento de florestas em um sistema integrado (EMBRAPA, 2023). Segundo Young (1997), os sistemas agroflorestais em solos tropicais possuem capacidade de diminuir de seis a trinta vezes a erosão quando comparada aos monocultivos.

Utilizando-se de recursos locais para a cobertura do solo, a ocupação de todos os estratos com grande diversidade de espécies e a dinâmica da sucessão natural, a agrofloresta “busca produzir alimentos e outras matérias-primas a partir de um tipo de sistema de produção que se assemelha a uma floresta biodiversa em estrutura e função” (Peneireiro, 2003, p. 3)

Assim, apresenta vantagens em relação à monocultura, como restabelecimento da ciclagem de nutrientes, atração de fauna, fixação de carbono, aumento da biodiversidade, regulação do clima, aumento da qualidade do ar e água, retenção de água no solo, proteção da camada superficial deste, manutenção da fertilidade e até recuperação de solos degradados (Moraes; Cavichioli, 2022).

Além disso, os sistemas agroflorestais contribuem também para a resiliência, segurança alimentar e economia local ao oferecer diversidade de alimentos em todas as épocas do ano. Permite, ainda, a preservação de pequenos agricultores e suas culturas, contribuindo para a diversidade econômica e cultural das regiões rurais, além de proteger a saúde dos agricultores e da população em geral por não fazer uso de agrotóxicos.

Atualmente, há inúmeras iniciativas de implantação de agroflorestas inclusive nas grandes cidades, como São Paulo (Sais e Oliveira, 2018), muitas vezes em solos degradados ou modificados, chamados de solos urbanos. Contudo, dentro de uma projeção de aumento de habitantes nas cidades, de 55% para 68% da população mundial (United Nations, 2019), e de 84% para 92% da população brasileira em 2050, segundo (IBGE, 2012), é notável a escassez de estudos sobre os solos urbanos (Furquim e Almeida, 2022). Estudá-los importa para verificar a compatibilidade de uso com suas características, como bem ponderou e propôs Fabrício Pedron em seu Sistema Potencial de Uso do Solo Urbano (Pedron, 2005; Pedron et al., 2006). Seria inadequado, por exemplo, produzir alimentos sobre solo contaminado.

De forma geral, solos urbanos tendem a ser altamente modificados pelas atividades humanas, como em cortes, aterros, construção de edifícios, áreas com pavimentação e outras infraestruturas (Meuser, 2010; Morel et al., 2017), estando mais suscetíveis a erosão, compactação, perda de nutrientes e degradação da biodiversidade. Assim, se faz importante também pesquisas de formas de reabilitá-los ou remediá-los, para que seus serviços ecossistêmicos sejam melhor aproveitados, trazendo mais qualidade de vida para humanos e animais, ajudando a mitigar problemas tipicamente urbanos, como as inundações.

No contexto acima citado e considerando que agroflorestas têm se mostrado eficazes na reabilitação e conservação do solo, este trabalho se propõe a identificar e compreender quais são as possíveis transformações ocorridas num solo urbano a partir da implantação de uma agrofloresta. A nossa hipótese é que as agroflorestas podem induzir modificações, inclusive no sentido de recuperação das funções do solo.

## 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS SOBRE SOLOS URBANOS E AGROFLORESTAS

### 2.1 – Solos Urbanos

Baseado nos trabalhos clássicos de Fallou (1862) e Dokuchaev (1883), entre outros trabalhos, Jenny (1941), define o solo como a camada superficial da Terra que se forma a partir da decomposição de rochas e materiais orgânicos. Composta por partículas sólidas, como cascalho, areia, silte e argila, além de líquidos e gases, como água e ar, tem como principais atores de sua formação o clima, o relevo, a composição do material de origem, o tempo e a ação biológica de diversos organismos.

Em síntese, o clima age sobre o equilíbrio hídrico e a temperatura do solo, além de facilitar ou dificultar a ação dos organismos. O relevo influencia na erosão, no acúmulo de materiais e na infiltração de água. A composição do material de origem influencia a retenção de água e nutrientes, enquanto o tempo de formação se relaciona à profundidade e estruturação do solo. A matéria orgânica e a ação biológica também influenciam a fertilidade do solo, enquanto a erosão é responsável pela remoção de nutrientes e camadas do solo. A combinação da ação de todos esses fatores ao longo do tempo dá origem às características do solo, como espessura, textura, cor, estrutura, porosidade, acidez, fertilidade e diferenciação dos horizontes (Lepsch, 2021).

As definições atuais de solo são mais precisas, abrangendo também os processos pedogenéticos envolvidos e as relações do solo com a planta, como se observa no *Soil Survey Manual* (1999, p.9), para o qual solo é:

(...) um corpo natural composto de sólidos (minerais e orgânicos), líquidos e gases que ocorre sobre a superfície terrestre, ocupa espaço e é caracterizado por um ou ambos dos seguintes critérios: horizontes ou camadas distinguíveis do material inicial como resultado de adições, perdas, transferências e transformações de energia e matéria, ou da capacidade para suportar plantas enraizadas em um ambiente natural.

Considerando a grande capacidade de mobilização e transformação dos solos, nos dias atuais é discutida a inclusão do homem como fator de formação dos solos, especialmente na gênese dos chamados solos urbanos. Pouco estudados e mapeados quando comparados



àqueles em áreas rurais de interesse agrícola, não existe ainda um consenso sobre a definição de solos urbanos. Contudo, segundo Furquim e Almeida (2022), a definição mais recorrente é que solos urbanos são os ocupados e/ou afetados pela atividade humana, como construção de edifícios, estradas, parques e outras infraestruturas. Estes solos são frequentemente alterados a partir do seu estado natural, e possuem diferentes características físicas, químicas e biológicas. Estes solos também estão sujeitos a diferentes níveis de poluição, como por pesticidas, metais pesados e contaminantes orgânicos. Devido à sua localização e aos impactos humanos, os solos urbanos também tendem a ser pouco férteis e muito compactados.

Apesar das controvérsias acerca da definição de solo urbano, existe, no entanto, de acordo com Furquim e Almeida (2022), uma aceitação maior em relação às seguintes características desses solos:

- Em uma perspectiva morfológica, é frequente a presença de horizontes ou camadas adicionadas ou incorporadas, limites abruptos, claros e planos, mudanças na estrutura, como sua destruição ou formação de estrutura em lâminas, como se vê em aterros, artefatos antrópicos e um aumento na proporção de componentes grossos, geralmente provenientes de fontes de material de construção, particularmente na forma de areia.
- Fisicamente, nota-se um aumento na densidade do solo, principalmente devido à compactação intencional. Isso se expressa numa porosidade total reduzida, implicando, por sua vez, tanto na diminuição das trocas gasosas, o que afeta a composição da sua atmosfera, como na umidade do solo. Também é comum que a temperatura seja mais elevada no contato com o ar urbano, geralmente mais quente pelo efeito das ilhas de calor.
- Em termos químicos, é comum verificar-se a presença de contaminantes orgânicos e inorgânicos, metais tóxicos como chumbo, zinco e cobre, e hidrocarbonetos provenientes de postos de gasolina. Além disso, pode haver concentrações muito elevadas de determinados elementos, como N, P, S e Na. Há também mudanças no pH, que pode ser mais elevado devido à presença de artefatos antrópicos ricos em carbonatos como cimento e concreto, o que torna-os neutros ou alcalinos, ou mais baixo devido à presença de sulfato, como em áreas de mineração. A produção e liberação de gases, como  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ , também podem ser observadas em áreas como lixões e aterros.
- Do ponto de vista biológico, é comum observar dificuldades na penetração das raízes das plantas, o que prejudica seu pleno desenvolvimento. Além disso, há uma redução nas espécies presentes e uma menor biomassa microbiana, resultando em uma composição

diferente em comparação a solos florestais e rurais. A matéria orgânica apresenta alta variabilidade espacial inclusive dentro dos horizontes, com adições maiores em áreas verdes. Diante de todas essas características, é simples entender a importância de mais estudos e mapeamentos dos solos urbanos. Eles são fundamentais para a geração de informações e reflexões qualificadas, que podem embasar decisões importantíssimas para a saúde, integridade física e bem estar das populações.

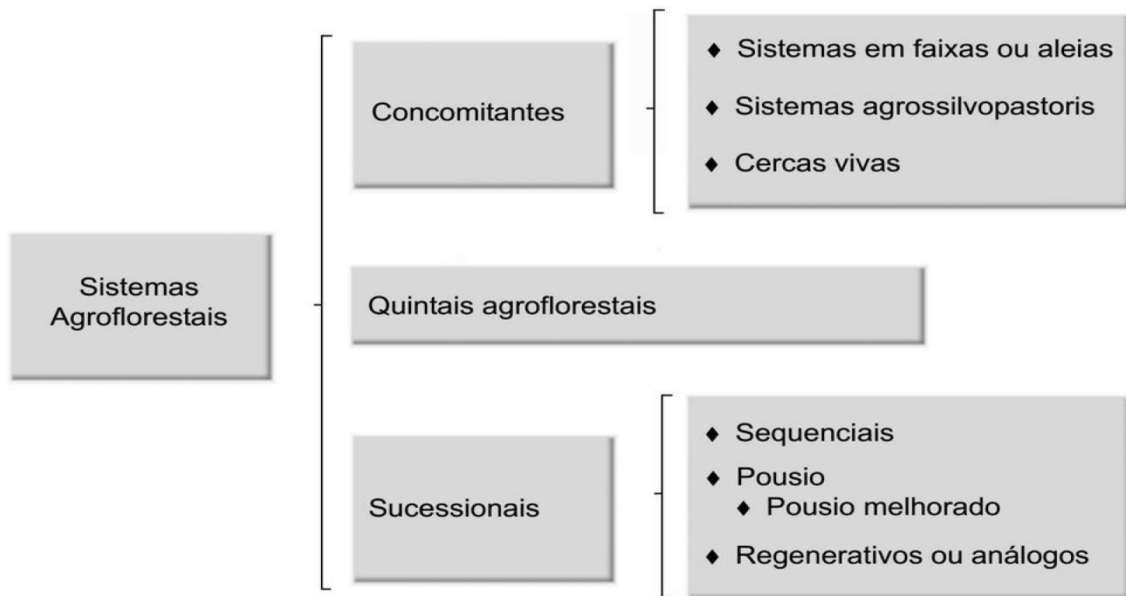
## 2.2 - Agrofloresta

Quando cruzamos a fronteira do que costuma-se chamar de "agricultura convencional/industrial", tal como é o modelo monocultural da "Revolução Verde", adentramos no vastíssimo universo das agriculturas alternativas. Dentro das diversas modalidades abrigadas sob esta nomenclatura, temos a agrofloresta, que, como já apresentado na introdução deste trabalho, é um sistema agrícola policultural que combina produção agrícola com o desenvolvimento de florestas em um sistema integrado (EMBRAPA, 2023). Destaca-se, contudo, que a definição de agroflorestas pode ser mais complexa, tal como exposto por Sinclair (1999), que usa a expressão práticas agroflorestais em vez de sistemas agroflorestais como uma unidade de classificação. Num outro estágio da definição de agrofloresta, o autor propõe a distinção entre a análise interdisciplinar do uso da terra e o conjunto de práticas integradas de uso da terra.

O plantio da área de estudo a qual se debruça esse trabalho entra na definição da EMBRAPA (2023) por consorciar espécies lenhosas com anuais e comerciais de ciclo curto. Além disso, entende seus componentes enquanto partes de um sistema onde o que acontece com cada indivíduo impacta a dinâmica do todo e onde a fauna também tem seu papel valorizado. Poderíamos chamá-lo de pequeno agroecossistema com componentes florestais, mas, para usar a nomenclatura já existente, chamaremos de Sistema Agroflorestal ou SAF.

Sistemas Agroflorestais são práticas milenares presentes em diversas culturas, mas só recentemente foram sistematizadas. Como descrito por Nair (1993), combinações de cultivos e componentes florestais estavam presentes na Europa antes da Idade Média. Na Ásia, na África e nas Américas também, com os Bora do Peru (Denevan e Padoch, 1987) e os Kayapó na bacia do rio Xingu (Posey, 1984 e 1987).

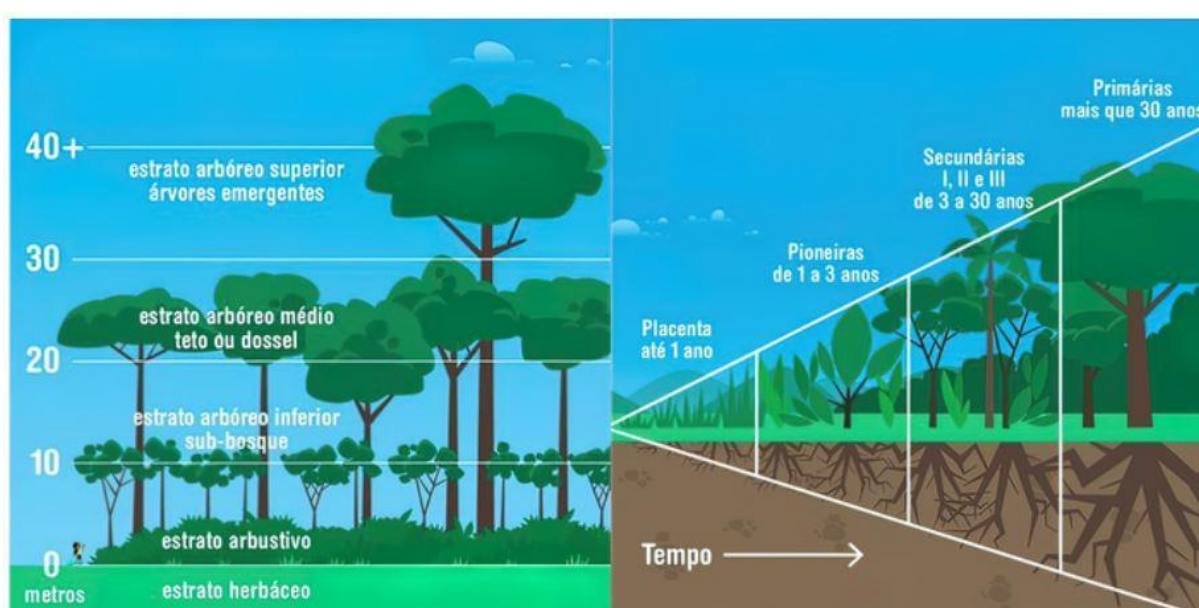
As principais categorias de Sistemas Agroflorestais, de acordo com Coelho (2012), estão expostas nas **Figuras 1 e 2**. As explanações das características de cada categoria serão expostas a seguir.



**Figura 1:** Categorias de Sistemas Agroflorestais, de acordo com o grau de adesão ao processo de sucessão ecológica. Fonte: Coelho (2012).

- De forma geral, num **Sistema Agroflorestal Concomitante**, as árvores são plantadas em aléias ou linhas, com os cultivos de ciclo curto entre elas e o sombreamento é manejado por poda. Animais domésticos podem estar presentes nos que combinam árvores e pastagens e também existem os casos multiestratos, em que convivem árvores grandes, médias, ervas e gramíneas.
- **Quintais agroflorestais** são sistemas próximos das residências e com enorme diversidade de espécies cultivadas, entre elas medicinais, frutas, verduras e árvores.
- Nos **Sistemas Agroflorestais Sequenciais** convivem, por um curto espaço de tempo, monocultivos arbóreos comerciais, como eucalipto, bracatinga e espécies vegetais de ciclo curto, como milho e feijão, porque são plantados de forma alternada no mesmo terreno.
- **Sistemas de Pousio ou de Agricultura Itinerante** são aqueles no qual o solo “descansa” depois da produção dos cultivos comerciais e/ou de subsistência, por um período que pode ser de muitos anos, o que permite que a recuperação natural aconteça e evita a queda na produtividade no próximo ciclo.
- **Sistemas Agroflorestais Regenerativos ou Análogos** se inspiram na dinâmica sucessional das espécies vegetais observada na região de implantação. A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch é um exemplo, baseando-se na dinâmica dos fenômenos naturais, como o consórcio de espécies, a sucessão vegetal e a ciclagem de nutrientes

(Peneireiro, 1999). É preciso frisar, no entanto, que a Agricultura Sintrópica possui diferenças em relação aos modelos apresentados até agora. Elas estão principalmente relacionadas ao princípio da sintropia, da alta biodiversidade, da estratificação, da sucessão, dos estágios sucessionais, da cobertura do solo, do plantio simultâneo, das podas e da dinamização por pulsos. Conceitualmente, Götsch também traz inovações, dentre elas a nomeação dos sistemas de Colonização, Acumulação e Abundância, e ciclos de vida na sucessão: Placentas, Secundárias, Clímax e Transicionais (Pasini, 2017).



**Figura 2:** Estratificação e sucessão vegetal nos Sistemas Agroflorestais Regenerativos ou Análogos. Adaptado de <https://arvoreagua.org/ecologia/os-estratos-da-floresta>.

Como exemplos de Sistemas Agroflorestais no Brasil, é possível citar: **Quintais**, em Santa Catarina (Costantin e Vieira 2004); **Sequenciais**, com os bracatingais, no Paraná (Coelho, 2012); **Pousio**, na comunidade cabocla do Ribeirão dos Camargo, PETAR/SP (Mendes, 2019), e nas comunidades quilombolas do Vale do Ribeira; **Regenerativos** ou **Análogos**, na Cooperafloresta (Barra do Turvo/SP) e no Assentamento Mário Lago (Ribeirão Preto/SP); **Sintrópicos**, na Fazenda Olhos D'água (Piraí do Norte/BA), Fazenda São Luiz (São Joaquim da Barra/SP), dentre outros.

### 3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área selecionada para verificar as transformações de um solo urbano a partir da implantação de um sistema agroflorestal está situada no campus do Butantã da USP (**Figura 3**). De acordo com Coutinho (1980) e Perrota et al. (2005), o campus está na transição do embasamento cristalino (Pré Cambriano) para a Bacia Sedimentar de São Paulo (Paleógeno). Nesta região, o embasamento é constituído principalmente de migmatitos, granito-gnaisses e eventuais gnaisses milonitizados (Coutinho, 1980), materiais sobre os quais foram esculpidos morros com topos convexos. Os materiais da bacia são especialmente argilas, areias e seixos da Formação São Paulo (Coutinho, 1980), sedimentos estes sobre os quais foram esculpidas colinas baixas, ocupando área muito restrita junto ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e ao Instituto de Energia e Ambiente (IEE). Os terrenos mais baixos do campus integram a planície fluvial do Rio Pinheiros, hoje ocupada pelo Centro de Práticas Esportivas (CEPE), Raia Olímpica, IPT, Instituto de Psicologia (IP), parte do Conjunto Residencial da USP (CRUSP) e Escola Politécnica (EP). Nesses locais, dominam depósitos fluviais arenosos e com seixos, além de turfas, materiais decorrentes da sedimentação quaternária do Pinheiros (Suguio, 1971; Luz e Rodrigues, 2013).



**Figura 3:** Localização da área de estudo.



Os levantamentos de solos mais atuais sobre a região da cidade de São Paulo (Oliveira et al., 1999; Rossi, 2017) consideram a região do campus como área urbanizada, então seus solos não foram mapeados. Contudo, em levantamentos exploratórios realizados por nós, observou-se que, especialmente nos morros, como na área próxima ao Arquivo Geral da USP, dominam Cambissolos argilo-siltosos. Nas áreas próximas das nascentes e cursos d'água, como o Iquiririm, formam-se eventuais Gleissolos. Outros solos hidromórficos, de forma geral, devem ser comuns na região que integra a antiga planície do Pinheiros, mas atualmente estão sob aterros.

No que se refere aos aspectos climáticos gerais, destaca-se que, de acordo com Setzer (1966), o campus está em região de clima quente (Cwa), tendo temperaturas médias dos meses mais quente e mais frio acima de 22° e abaixo de 18°, respectivamente. A precipitação média anual é de 1356 mm (Climate-data), chovendo aproximadamente 42 mm no mês mais seco e aproximadamente 224 mm no mês mais úmido (Climatempo).

Sob essas condições naturais, foi criado o prédio de Geografia e História, no terço médio de um morro esculpido sobre provável granito-gnaiss. Para a instalação desta edificação, inaugurada em 1966, foi realizado um grande corte no antigo morro e mobilizada uma série de materiais (solo), como se pode observar na **Figura 4**, que retrata o período de construção do prédio.

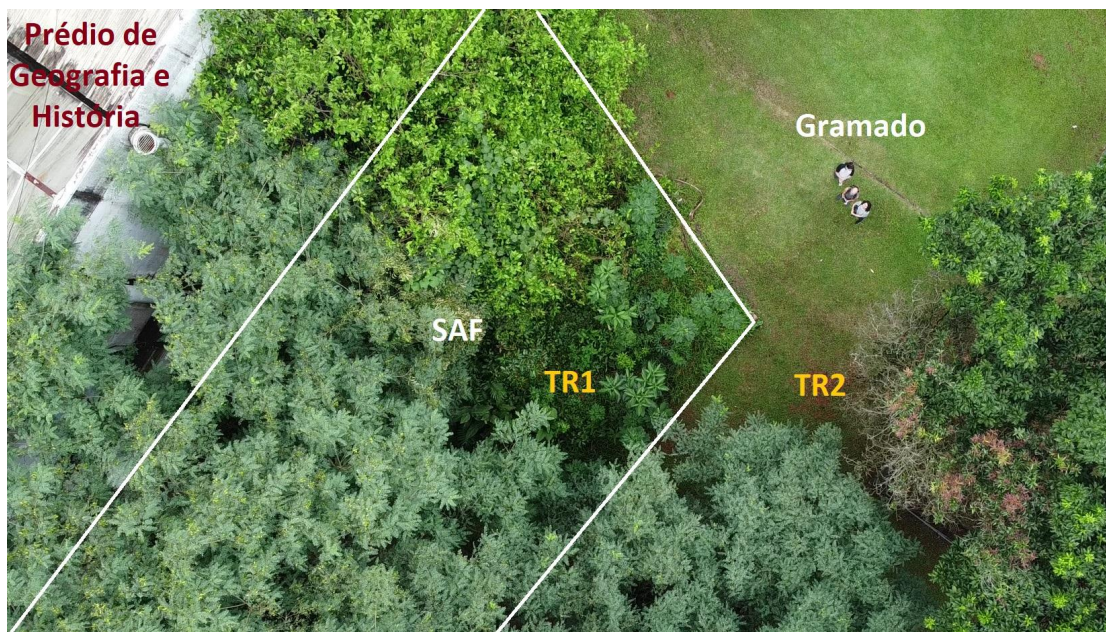


**Figura 4:** Construção do prédio de Geografia e História, em 1964. **Autoria:** desconhecida. **Fonte:** CCS, Jornal da USP.

Na área deste estudo, situada entre o Laboratório de Pedologia e a estação meteorológica do Laboratório de Climatologia e Biogeografia, provavelmente foi realizado um grande movimento de terra a fim de promover a regularização da topografia e a formação de taludes. Sobre uma parte deles foi plantado um gramado (**Figuras 5 e 6**), conservado até hoje pela prefeitura do campus.



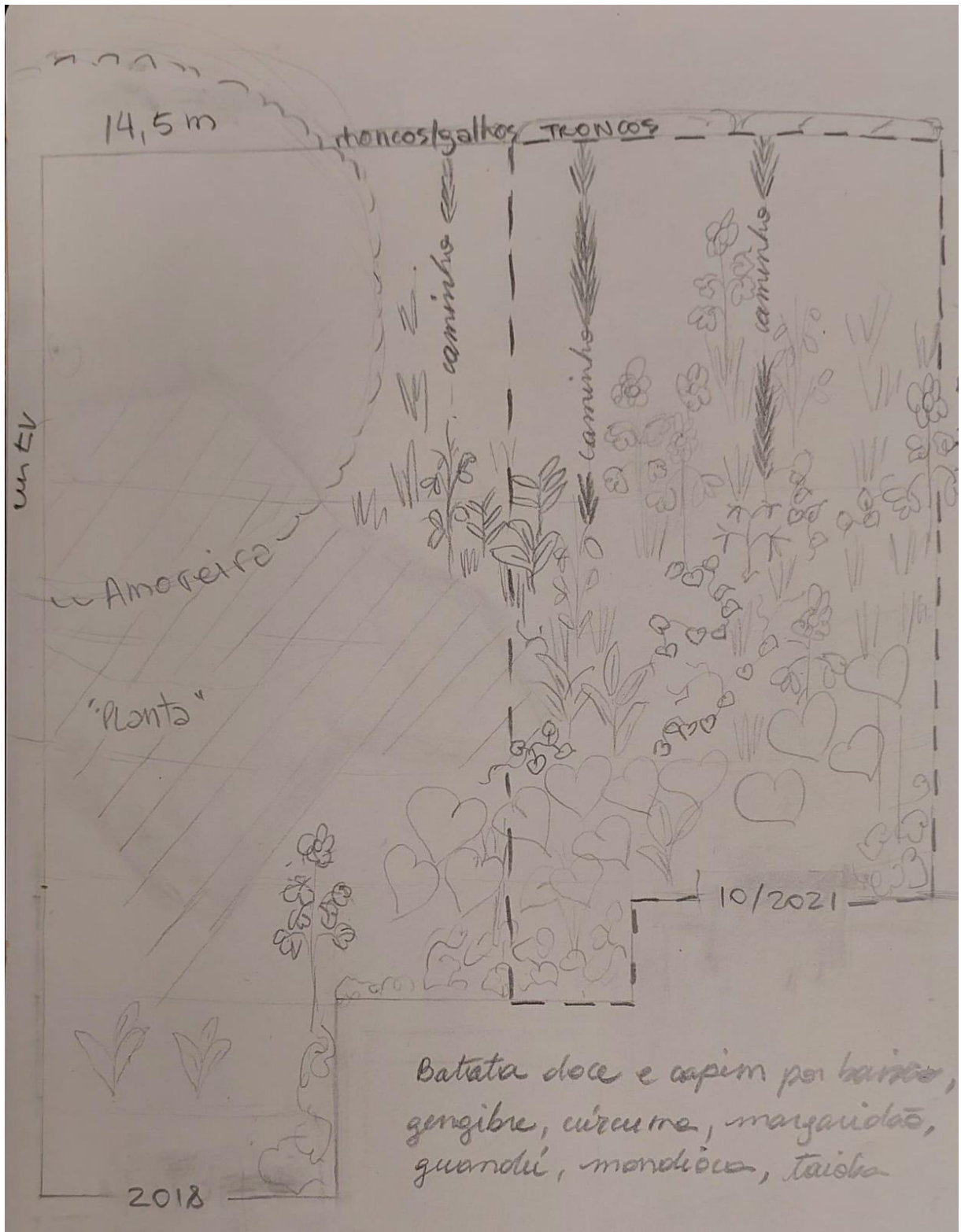
**Figura 5:** Talude sobre o qual foi implantado o gramado. Ao fundo, o SAF alvo deste estudo. TR1 e TR2 correspondem à localização das trincheiras escavadas no SAF e no gramado, respectivamente. **Autor:** M. R. Pinheiro. **Data:** Janeiro de 2023.



**Figura 6:** Localização das trincheiras escavadas no SAF (TR1) e no gramado (TR2) sobre fotografia aérea vertical tomada com drone. A linha em branco marca o limite aproximado do SAF. **Autor:** W. S. Junior. **Data:** Fevereiro de 2023.

O manejo da área hoje constituída como sistema agroflorestal (**Figuras 7 e 8**) começou no final de 2018, pelas mãos e coração do geógrafo Rodrigo Ferreira Santos (Laboratório de Pedologia – DG – FFLCH – USP), com um pequeno plantio de taioba no gramado, somente em volta da Jibóia (*Epipremnum pinnatum*), embaixo de uma amoreira pré-existente, que tinha a copa proporcionando maior entrada de luz que atualmente, em virtude do crescimento do indivíduo. No mesmo período, foram introduzidos inhame, araruta, pitanga, juçara, amendoim e composto de minhoca de compostagem doméstica. Este composto orgânico foi produzido em caixas composteiras domésticas, a partir da introdução de restos de comida, legumes, verduras, frutas, cascas de ovo, borra de café, serragem e eventualmente palha de capim da própria área. Nessas composteiras, foram introduzidas, ainda, minhocas da espécie vermelha da Califórnia (*Eisenia fetida*), as quais constituem agentes fundamentais para a degradação dos resíduos.





**Figura 7:** Croqui do SAF, que mede cerca de 209 m<sup>2</sup>, mostrando os limites da área em diferentes períodos, bem como a distribuição das principais espécies introduzidas.



**Figura 8:** Detalhe do SAF e linhas de plantio.

No fim de 2019, foram introduzidas manivas de mandioca. Em seguida, a área ficou intocada durante todo ano de 2020, em virtude da pandemia de Covid-19, o que permitiu a circulação de teiús e gambás no SAF, além de um exuberante crescimento de capim entre as plantas.

Com a permissão de retomada das atividades presenciais, em Outubro de 2021, a prefeitura do campus cortou todo o capim com roçadeira, deixando uma cobertura de capim cortado. Isso expôs um ambiente que até então estava sombreado e com acúmulo de matéria orgânica, proporcionando o desenvolvimento de uma camada ligeiramente mais escura e fofa na superfície do solo. Aproveitando essas condições, foram plantados milho, feijão, mandioca, margaridão, feijão guandú, araruta, gengibre, açafrão, chuchu, maracujá, ingá, cará, abacaxi, abacate, melissa, fumo bravo, cana do brejo, boldo e batata inglesa, com a adição de composto a cada 20 dias, além de grama recém cortada sempre que o gramado do entorno era roçado.

A amoreira teve seus galhos podados para permitir um trabalho de topografia do campus em Dezembro de 2021, diminuindo a área sombreada no SAF. Isso possibilitou a ampliação das bordas dos canteiros, que receberam pitanga, jaboticaba, goiaba, batata doce, juçara, chuchu, banana, feijão de porco, mamão, tomate, physalis, hortelã e inhame. O guandú foi colhido em outubro de 2022 e nesse momento foi feita uma poda em praticamente todas as plantas do talhão. A área está com manejo de baixíssima intensidade desde então, consistindo na retirada esporádica manual do capim.

É importante registrar que todos os plantios foram feitos em linha, seguindo as curvas de nível e na ponta do facão, ou seja, sem envolver o revolvimento do solo, que foi mantido coberto por grama cortada sempre que esta estava disponível.

#### 4 - PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS

Para identificar e compreender quais são as possíveis transformações ocorridas num solo urbano a partir da implantação de uma agrofloresta, foram escolhidas duas áreas sobre o mesmo talude, uma no gramado [324.195 m E / 7393052 m S - Zona UTM 23] e outra no SAF [324.188 m E / 7393052 m S - Zona UTM 23] (**Figuras 3, 5 e 6**), descrito no item anterior. As áreas são contíguas e foram pré-definidas após levantamento bibliográfico e cartográfico, além da fundamental visita ao local e entrevista com o responsável pela implantação do SAF. Considerou-se, ainda, o elevado grau de semelhança das características geomorfológicas e pedológicas das duas áreas, o que é fundamental para a comparação entre os solos dos dois pontos.

Em campo, foram abertas duas trincheiras que mediam cerca de 80 cm de lado e 60 cm de profundidade, uma no SAF e outra no gramado. A partir disso, foi realizada a descrição morfológica do solo. Conforme Santos et al, (2015), foram descritos os seguintes atributos morfológicos: cor (úmida), textura, estrutura (forma, tamanho e grau de desenvolvimento), plasticidade e pegajosidade (consistência molhada), profundidade, espessura e transições dos horizontes, presença de raízes e pedofauna.

De cada trincheira também foram recolhidas amostras para as análises físicas e químicas em laboratório, além de amostras indeformadas para determinação da densidade, importante indicadora de compactação do solo, estabilidade de agregados. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Pedologia do Departamento de Geografia (LABOPED/FFLCH-USP), e buscaram determinar: a granulometria, com peneiramento para areia e pipetagem para silte e argila, conforme Camargo et al., (2009) e a marcha analítica do referido laboratório; a densidade foi determinada pela técnica dos anéis volumétricos, de acordo com Embrapa (2017), enquanto que a estabilidade dos agregados foi feita por tamisamento úmido, seguindo a proposta de Grohmann (1960).

Finalmente, as análises químicas foram feitas no Laboratório de Solos da ESALQ/USP, que determinou as seguintes informações: pH H<sub>2</sub>O, pH CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>, MO, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, H+Al e os cálculos SB, CTC, V% e m %. Esses parâmetros são necessários porque são indicativos, sobretudo, do grau de acidez do solo e da fertilidade, características estas fundamentais para o desenvolvimento das plantas.

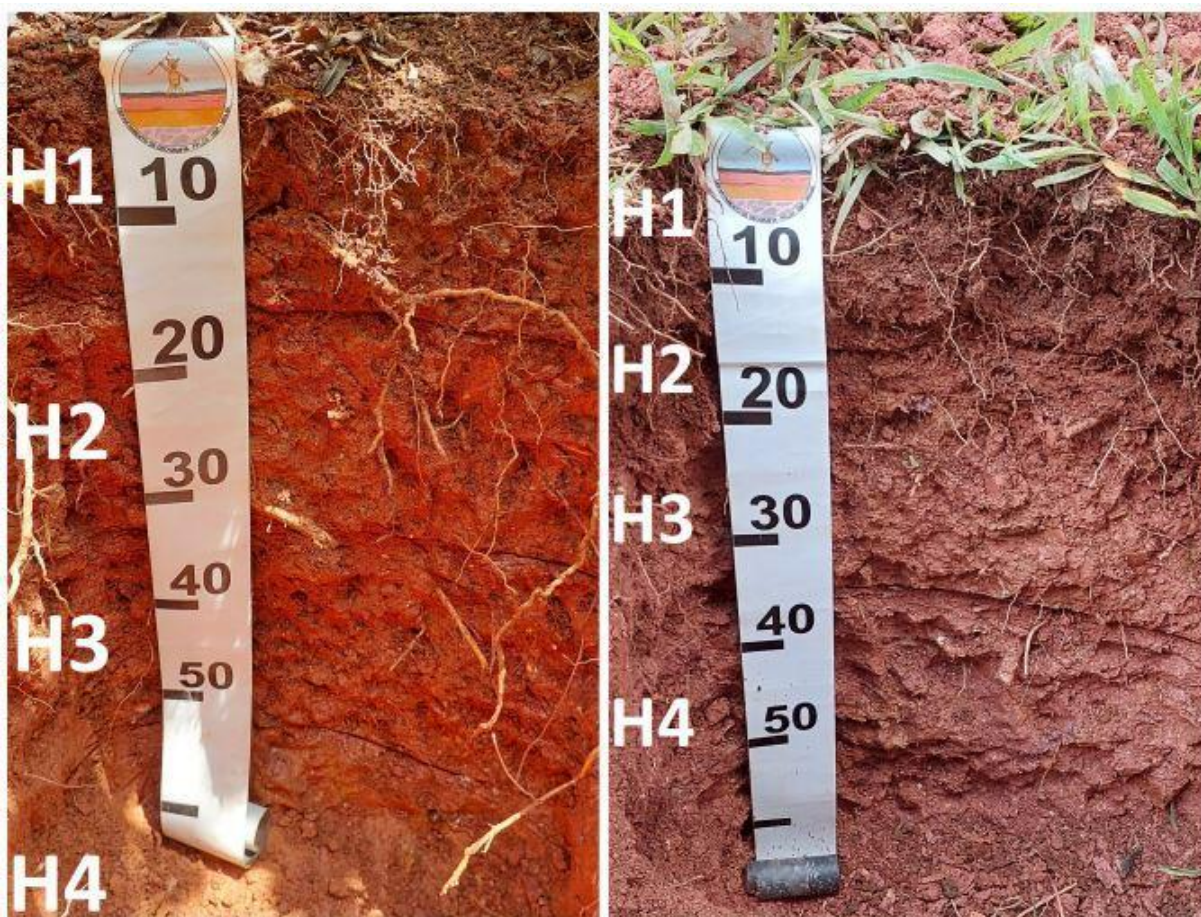


## 5 - RESULTADOS

### 5.1 Descrição Morfológica dos Solos

Para distinção das trincheiras e facilidade da leitura dos resultados, adotou-se as siglas TR1 para nos referirmos à trincheira da agrofloresta e TR2 para a trincheira do gramado. Da mesma forma, adotaremos as siglas H1 para horizonte 1, H2 para horizonte 2, H3 para horizonte 3 e H4 para horizonte 4.

Conforme observado em campo (**Figura 9**) e sintetizado nas **Tabelas 1 e 2**, o solo de ambas as trincheiras apresentam cor mais escura no horizonte superficial, bruno avermelhado escuro, clareando e apresentando variedade maior de cores dentro de uma matriz avermelhada, conforme aumenta a profundidade. A exceção fica para um delgado horizonte de 4 cm de espessura, horizonte 2, de cor vermelho escuro na trincheira do gramado.



**Figura 9:** Trincheira 1 (à esquerda) e Trincheira 2 (à direita), que mostram os perfis de solo no SAF e no gramado, respectivamente. **Autor:** M. R. Pinheiro. **Data:** Janeiro de 2023.

**Tabela 1:** Descrição Morfológica do Perfil de Solo – Trincheira 1

Descrição morfológica do solo – Trincheira 1										
Tipo de Uso: Agrofloresta										
Declividade: 5º			Posição no relevo: topo de talude							
Horizonte	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
H1	0 a 12	5 YR 3/4	Argila Siltosa	Blocos subangulares, muitos grânulos arredondados	Médios	Moderado	Pegajosa e plástica	Plana, clara	Predomínio de raízes finas frequentes, raízes grossas raras	Presença de 2 minhocas e 2 besouros Acumulação de mat.org. em câmaras, onde se formam pequenos grumos escurecidos
H2	12 a 29	10 R 4/8 : matriz; 10YR 6/8:volumes ≤1 mm (5%)	Argila	Sem estrutura pedogenética			Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Raízes raras, finas. 1 raiz grossa	Presença de 1 minhoca. 2 câmaras de até 2mm
H3	29 a 51	Variegada: 10R 4/8: 70%; 5R 4/4: 25%; 10YR 9.5/2 5%	Franco argilo siltosa	Sem estrutura pedogenética			Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Raízes raras, finas. 1 raiz grossa	Muitos fragmentos de rocha pouco alterada. 1 câmara de até 2mm
H4	51 a 60	Variegada: 2.5YR 4/8: 60%; 10YR 5/8: 30% ; 10YR 6/6: 10%	Franco Siltoso	Sem estrutura pedogenética			Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Raízes raras, finas. 1 raiz grossa	Muitos fragmentos de rocha pouco alterada. 1 seixo angular

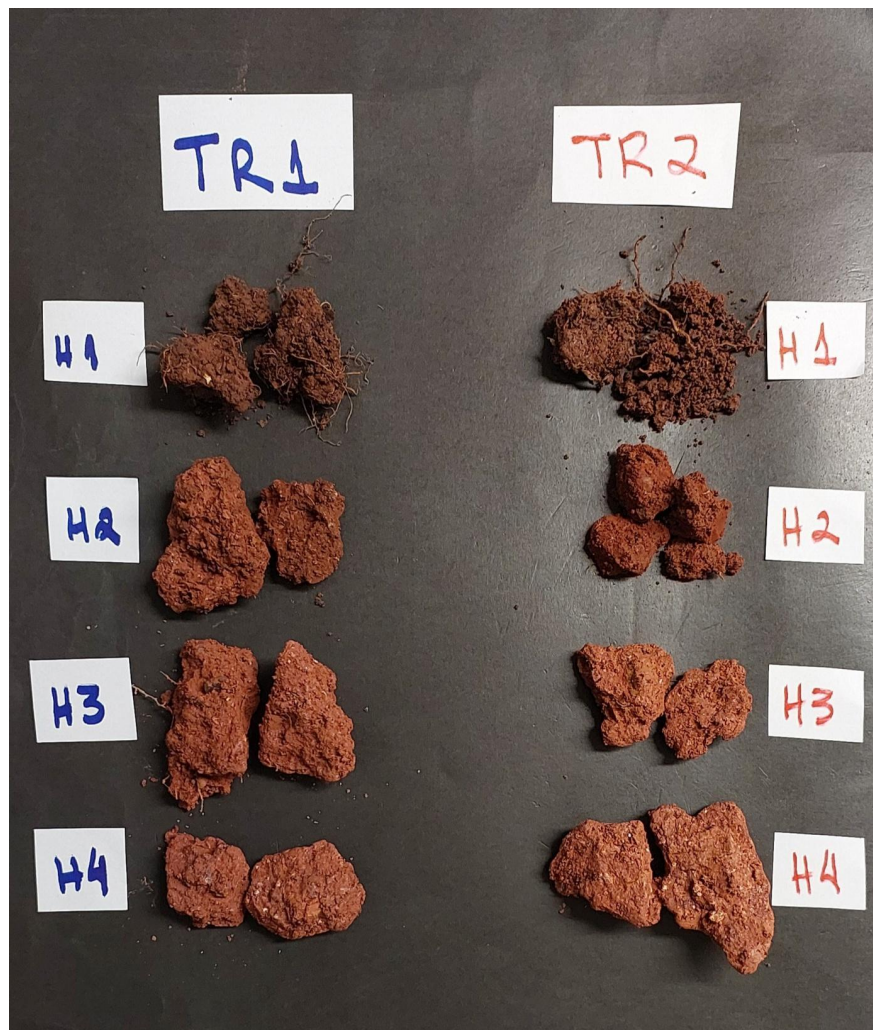
**Tabela 2:** Descrição Morfológica do Perfil de Solo – Trincheira 2

Descrição morfológica do solo – Trincheira 2										
<b>Tipo de Uso:</b> Gramado										
<b>Declividade:</b> 5°			<b>Posição no relevo:</b> topo de talude							
Horizonte	Prof (cm)	Cor (úmida)	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
H1	0 a 14	5 YR 3/4	Argila Siltosa	Blocos subangulares, muitos grânulos arredondados	Médios	Moderado	Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Predomínio de raízes finas frequentes, raízes grossas raras	Presença de 6 minhocas, 1 besouro, muitos cupins, muitas formigas no entorno. Acumulação de mat.org. em grumos escurecidos.
H2	14 a 18	2.5YR 3/6	Argila pesada	Blocos subangulares, muitos grânulos arredondados	Médios	Fraco	Pegajosa e plástica	Plana, clara	Predomínio de raízes finas frequentes	Presença de muitos cupins
H3	18 a 35	10R 4/8	Franco argilo siltoso	Sem estrutura pedogenética			Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Raízes finas. 3 raízes grossas, sendo 1 maior que 1cm diâmetro	Muitos fragmentos de rocha pouco alterada
H4	35 a 60	Variegada: 10R 4/8: 70% ; 7.5YR 4/6: 25%; 5R 2.5/4: 5%	Franco siltoso	Sem estrutura pedogenética			Pegajosa e plástica	Plana, difusa	Raízes finas raras. 2 raízes grossas, sendo 1 maior que 1cm diâmetro	Muitos fragmentos de rocha pouco alterada



Assim como na cor, observa-se uma repetição do comportamento da textura, que vai de argila-siltosa, passando para argila, franco argilo-siltosa até franco-siltoso conforme aumenta a profundidade dos horizontes da TR1 e TR2, com exceção do pequeno H2 da TR2, cuja textura é argila pesada.

Com relação à estrutura, verifica-se que o primeiro horizonte da TR1 e os dois primeiros da TR2 apresentam blocos subangulares e muitos grânulos arredondados de tamanho médio. O grau de desenvolvimento dos agregados de H1 é moderado (a estrutura do H1 em TR2 aparenta ser ligeiramente menos desenvolvida que a do horizonte análogo em TR1, à medida que os grãos se desmontam em grânulos em TR2 – ver **Figura 10**), enquanto que o de H2 da TR2 é fraco. H2, H3 e H4 da TR1 não possuem estrutura pedogenética, assim como H3 e H4 da TR2. A consistência molhada de todos os horizontes de ambas as trincheiras se apresentou pegajosa e plástica, assim como as transições, todas planas, variando apenas entre claras e difusas.



**Figura 10:** Variação de cor e estrutura nos horizontes das duas trincheiras. Observe a diferença na estruturação de H1 nos dois perfis de solo.



Com relação à presença de raízes e pedofauna, nota-se maiores diferenças entre as trincheiras. Logo no momento de cavar, a resistência da trama de raízes do gramado era maior que a da agrofloresta. Raízes finas mantiveram-se presentes até os 18 cm de profundidade, limite inferior do H2 em TR2, a partir do qual ficaram raras, dando lugar a raízes grossas que penetram nos horizontes subjacentes. Por sua vez, a pedofauna é composta por formigas, cupins e minhocas no H1 da TR2. Já no H2, apenas cupins se faziam presentes, porém em maior quantidade que no H1. Os próximos horizontes contavam apenas com muitos fragmentos de rocha pouco alterada.

Na agrofloresta, as raízes apresentaram-se menos concentradas na camada superficial do solo. Finas e frequentes no H1, gradativamente mais raras até o H4, com uma raiz grossa atravessando os horizontes 2, 3 e 4. Assim como na TR2, foram encontradas minhocas e besouros, porém em menor quantidade. Nenhuma formiga ou cupim. Verificou-se, ainda, câmaras de até 2 mm nos horizontes 2 e 3. Assim como na TR2, H3 e H4 apresentaram muitos fragmentos de rocha pouco alterada. Em suma, em TR1 a pedofauna está restrita a minhocas e besouros, enquanto que em TR2 ocorrem também formigas e cupins.

## 5.2 Análise Física dos Solos

### 5.2.1 Análise Granulométrica

Como se pode ver na **Tabela 3**, no H1 da TR1, os valores de silte e argila são elevados, acima de 30%, com a proporção de argila atingindo 41,76%. Esta aumenta substancialmente para 51,19% em H2, diminuindo em H3 e H4, onde os valores de silte atingem 42,27% e 53,14%. Os valores de areia são menores, não ultrapassando 27,39%, e pouco variam entre os horizontes.

Já na TR2 (**Tabela 3**), o percentual da fração argila é maior nos dois primeiros horizontes, de 46,42 e 62,44% em H1 e H2, respectivamente, decrescendo para 39,17% em H3 e 18,17% em H4. De forma inversa, os valores de silte são baixos em H1 (25,70%) e H2 (12,15%), mas aumentam muito em H3 (39,72%) e H4 (59,83%). Com relação ao percentual de areia, os valores são baixos em todos os horizontes e variam pouco ao longo do perfil de solo, não ultrapassando 27,88%.

Esses resultados granulométricos confirmam as observações feitas em campo.

**Tabela 3: Resultados da Análise Granulométrica das Trincheiras 1 e 2.**

TABELA : ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (%)									
Trincheira	Amostra	Areia						Silte	Argila
		AMF	AF	AM	AG	AMG	TOTAL		
TR1	H1	9,31	7,84	6,32	3,26	0,66	27,39	30,86	41,76
	H2	7,41	7,23	6,04	4,20	0,99	25,87	22,93	51,19
	H3	10,56	7,19	3,51	1,12	0,37	22,77	42,27	34,97
	H4	12,24	8,11	3,25	1,31	0,28	25,19	53,14	21,68
TR2	H1	6,65	9,12	5,91	4,42	1,79	27,88	25,70	46,42
	H2	6,37	7,33	6,04	3,97	1,69	25,41	12,15	62,44
	H3	8,98	6,60	2,78	1,87	0,89	21,11	39,72	39,17
	H4	12,26	6,48	2,17	0,81	0,28	22,00	59,83	18,17

AMF: Areia muito fina; AF: Areia fina; AM: Areia média; AG: Areia grossa; AMG: Areia muito grossa.

### 5.2.2 Densidade do Solo

Em termos de densidade (**Tabela 4**), houve um aumento considerável desta variável em função do aumento da profundidade em ambas as trincheiras, de 0,78 para 1,46 g/cm<sup>3</sup> em TR1, e de 0,94 a 1,37 g/cm<sup>3</sup> em TR2, com valores semelhantes nas duas áreas a partir de H2. No entanto, nota-se que o valor de densidade do H1 da TR1, 0,78 g/cm<sup>3</sup>, é menor que o do H1 da TR2, 0,94 g/cm<sup>3</sup>. O H2 da TR2, que é apenas um delgado horizonte de transição, não foi considerado nesta análise por não ter espessura suficiente para amostragem com anel volumétrico. Em termos de características morfológicas, o H2 da TR1 assemelha-se o suficiente do H3 da TR2 para os considerarmos equivalentes.

**Tabela 4: Densidade do solo nas trincheiras 1 e 2.**

Trincheira	Horizonte	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
TR1	H1	0,78
	H2	1,27
	H3	1,23
	H4	1,46
TR2	H1	0,94
	H3	1,26
	H4	1,37

### 5.2.3 Estabilidade de Agregado

A estabilidade de agregado foi avaliada apenas nos horizontes 1 e 2 dos dois perfis, uma vez que os horizontes subjacentes não apresentam desenvolvimento de estrutura. Os resultados do tamisamento úmido (**Tabela 5**) revelaram maior estabilidade de agregados nos

H1 de ambas as trincheiras, com maior estabilidade no H1 da TR1, cerca de 3,26, enquanto que o seu análogo em TR2 tem DMP de 3,21.

Já nos horizontes subsuperficiais, uma curiosidade: como já dito no item da densidade, H2 da TR1 assemelha-se morfologicamente ao H3 da TR2, sugerindo que são equivalentes. Assim sendo, é relevante salientar que o H2 da TR1 apresente uma estruturação inexistente no H3 da TR2, onde se quer foi possível realizar os ensaios de estabilidade de agregado.

**Tabela 5:** Estabilidade de agregado dos horizontes 1 e 2 dos perfis de solo.

Trincheira	Amostra	DMP
TR1	H1	3,26
	H2	3,10
TR2	H1	3,21
	H2	3,14

### 5.3 Análise Química e Físico-Química dos Solos

De acordo com Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo da EMBRAPA(2015), pode-se dizer que, de forma geral, os solos estudados apresentam baixa fertilidade (**Tabela 6**). Apesar disso, verificou-se que MO, P, Ca, Mg e K são mais elevados na TR1, ainda mais expressivamente no H1, embora, por vezes, não tenha acarretado na mudança das classes definidas no manual mencionado. Nesse contexto, houve aumento significativo na CTC, que passou de 13,4 cmolc.dm<sup>3</sup> em H1 da TR2 para 15,4 cmolc.dm<sup>3</sup> em H1 da TR1. Neste último horizonte, esse valor corresponde à CTC alta, enquanto que o anterior equivale à média. Nos horizontes subjacentes de ambos os perfis, a CTC cai muito, não ultrapassando 6,4 cmolc.dm<sup>3</sup> (TR1 – H2) em nenhum deles e decrescendo em profundidade.

Inversamente, os valores de Al, H+Al e m% são mais baixos em todos os horizontes do perfil 1 (**Tabela 6**), acompanhando a maior concentração de bases trocáveis e o pH ligeiramente menos ácido tanto em H<sub>2</sub>O como em CaCl<sub>2</sub>, sempre  $\geq$  a 5,72 e 4,8, respectivamente. Em TR2, a concentração de alumínio no complexo de troca é muito maior, chegando a 29% H3, contra 0 no horizonte 3 de TR1, e os valores de pH são mais ácidos, variando entre 5.26 e 5.61 (H<sub>2</sub>O) e 4.36 a 4.98 (CaCl<sub>2</sub>).

Tabela 6: Dados químicos e físico-químicos dos perfis de solo 1 e 2.

Dados Físico-químicos																									
Trincheira	Amostra	Unidades				g.kg <sup>-1</sup>		mg.dm <sup>-3</sup>		cmolc.dm <sup>-3</sup>				mg.dm <sup>-3</sup>		cmolc.dm <sup>-3</sup>						%			
		pHH2O	pH CaCl2			M.O.		P		Ca		Mg		K		Al		H+Al	SB	CTC (pH 7,0)		V		m	
TR1	H1	5,92	Médio	5,52	Médio	100,4	Alto	3,8	Baixo	8	Alto	2,2	Alto	114	Alto	<0.1	Baixo	4,9	10,5	15,4	Alto	68	Médio	0	Baixo
	H2	6,01	Alto	5,12	Médio	21,3	Médio	1	Baixo	2,4	Médio	0,5	Médio	53	Médio	<0.1	Baixo	3,4	3	6,4	Médio	47	Baixo	0	Baixo
	H3	5,72	Médio	4,8	Baixo	7,4	Baixo	0,9	Baixo	1,6	Médio	0,2	Baixo	20	Baixo	<0.1	Baixo	2	1,9	3,9	Baixo	49	Baixo	0	Baixo
	H4	5,97	Médio	5,23	Médio	3,6	Baixo	<0.9	Baixo	1	Baixo	0,1	Baixo	13	Baixo	<0.1	Baixo	1,1	1,1	2,2	Baixo	50	Médio	0	Baixo
TR2	H1	5,61	Médio	4,98	Baixo	78,3	Alto	2,3	Baixo	5,1	Alto	1,3	Alto	100	Alto	<0.1	Baixo	6,7	6,7	13,4	Médio	50	Médio	0	Baixo
	H2	5,54	Médio	4,63	Baixo	21,7	Médio	<0.9	Baixo	1,2	Baixo	0,3	Baixo	34	Médio	0,3	Baixo	4	1,6	5,6	Médio	29	Baixo	16	Baixo
	H3	5,26	Médio	4,36	Baixo	10,7	Baixo	<0.9	Baixo	1	Baixo	0,1	Baixo	23	Baixo	0,5	Médio	3	1,2	4,2	Baixo	29	Baixo	29	Baixo
	H4	5,35	Médio	4,48	Baixo	3,1	Baixo	<0.9	Baixo	0,9	Baixo	<0.1	Baixo	11	Baixo	0,2	Baixo	1,4	0,9	2,3	Baixo	39	Baixo	18	Baixo

## 6 - DISCUSSÃO

O setor do SAF em que foi cavada a trincheira 1 teve o seu manejo iniciado em Outubro de 2021. Considerando que a trincheira foi aberta em Janeiro de 2023, as transformações ocorridas no solo em decorrência da implantação do SAF se deram num período muito curto, cerca de 1 ano e 4 meses. Ainda que num curto de espaço de tempo, os resultados apresentados mostram mudanças significativas no solo, ainda que os resultados possam representação estatística limitada.

Os horizontes superficiais apresentam cor bruno avermelhado escuro, sem variações significativas entre as trincheiras. Cores brunadas são classicamente atribuídas à presença da matéria orgânica no solo (Lepsch, 2021), de forma que solos com tons próximos dessa cor poderiam apresentar concentração de MO semelhantes. Contudo, os dados demonstram que, no horizonte H1 da área do SAF (TR1), há maior quantidade de matéria orgânica quando comparada à do horizonte superficial da TR2. Na TR1-H1, o teor de MO é  $100,4 \text{ g.kg}^{-1}$  e diminui para  $21,3 \text{ g.kg}^{-1}$  em H2, a 29 cm de profundidade, diferentemente da Trincheira situada no gramado, cuja concentração de MO é de somente  $78,3 \text{ g.kg}^{-1}$  no H1 e cai para  $21,7 \text{ g.kg}^{-1}$  a apenas os 18 cm de profundidade.

O aumento da MO pode explicar, em parte, os valores maiores de pH (Campos, 2015) e a ligeira mudança no grau de desenvolvimento da estrutura dos horizontes superficiais dos perfis de solo, considerando que, na trincheira do gramado, os blocos são mais soltos e se desfazem em grânulos. Essa impressão verificada em campo é confirmada pelos dados da estabilidade de agregados, que mostram um DMP mais elevado no H1 do SAF, cerca de 3,26, ao passo que, no gramado, o horizonte superficial tem DMP de 3,21. Esses dados estão em acordo com as ideias de Silva et al. (2005), para os quais a matéria orgânica apresenta forte influência no processo de formação e estabilização da estrutura. Soma-se a isso a maior concentração de cátions polivalentes no solo do SAF, além da argila, que, como defendido por Vezzani e Mielniczuk (2011), também influenciam no processo de cimentação.

A estabilidade relativamente mais elevada da estrutura dos agregados do horizonte de transição (TR2-H2) da área do gramado pode ser explicada pela maior atividade biológica de cupins no local, uma vez que, tal como preconizado por Miklós (1992; 2012), a ação cimentante pode ser potencializada pelas secreções salivares e metabólicas desses indivíduos da pedofauna.

Outro fator que apresentou diferença significativa foi a densidade, significativamente menor nos horizontes do solo do SAF, especialmente nos superficiais. À medida que aumenta

o grau de desenvolvimento da estrutura e a penetração das raízes, mais frequentes nesta área, estabelece-se uma porosidade provavelmente mais conectada, o que permite a penetração de água e gases, restabelecendo as funções no solo. Além disso, a maior proteção do solo pela presença das plantas e serapilheira sobre o H1 do SAF impede a ação direta da radiação solar e da chuva sobre os agregados, minimizando a erosão e lixiviação, mantendo a umidade local e reduzindo a velocidade de mineralização da matéria orgânica. Além disso, esse microclima favorece a colonização do solo por minhocas, identificadas em campo, cuja ação sobre a formação dos agregados e da porosidade é reconhecida na Ciência do Solo, tal como demonstrado por Diogo Filho (2017) e Diogo Filho e Queiroz Neto (2020).

Os maiores valores de fertilidade no perfil estudado no SAF, podem ser explicados pela capacidade das plantas de modular a presença de minerais e nutrientes do solo abaixo e em volta de si, como demonstrado por Zinke (1962) e como se observa em estudos sobre leguminosas (e.g. Nascimento et al. 2003). Em particular, considerando os preceitos de Primavesi (1981) e Campos (2015), pode-se inferir também que o aumento da MO é proveniente majoritariamente da serrapilheira, dos cortes frequentes de grama, poda da amoreira, corte do capim alto, poda geral após a colheita do guandu e aporte de composto caseiro a cada 20 dias. Esse argumento é reforçado pelo trabalho de Oziegbe et al. (2011), que demonstram ser a serapilheira a principal via para a ciclagem de cálcio, magnésio, nitrogênio e todos micronutrientes investigados, além de salientar que a precipitação é a principal via para a ciclagem de potássio, fósforo, enxofre e traços de metais tóxicos (mercúrio e chumbo) na floresta.

Finalmente, destaca-se que as características morfológicas e físicas do solo, especialmente ausência de estrutura (nos horizontes subsuperficiais), elevada densidade, baixa conectividade entre os poros e nítida diferenciação entre os horizontes, indicam que ocorreu uma sobreposição de camadas em decorrência de atividades antrópicas, provavelmente a construção do prédio de Geografia e História. Nesse contexto, teria ocorrido movimentação de terra, supressão do horizonte superficial original e compactação desse solo, de forma artificial, provavelmente com uso de máquinas. Considerando essas características, ele pode ser considerado um Antropossolo Decápico ou Móbilico, segundo a proposta de classificação de Curcio et al. (2004), ou *Technosol*, de acordo com o sistema internacional da WRB (2022).

## 7 - CONCLUSÃO

*O resultado de minhas ações tem sido o aumento de vida e recursos no local de minha intervenção e também com relação ao planeta Terra? O balanço energético de minhas intervenções tem sido positivo?*  
*Ernst Götsch*

Verificou-se a ocorrência de várias transformações do solo, todas no sentido da recuperação de sua vida e funções. As principais mudanças foram:

- a) Criação de um novo microclima no solo, mais úmido e protegido da radiação solar, que possibilitou maior diversificação da endopedofauna, composta por minhocas e besouros na agrofloresta, em detrimento do domínio de formigas e cupins no solo do gramado.
- b) O solo sob o SAF teve sua densidade diminuída e estabilidade dos agregados aumentada, características estas importantes por indicarem aumento da porosidade e, possivelmente, permeabilidade, diminuindo a suscetibilidade do solo à erosão.
- c) Além da diminuição da acidez do solo na agrofloresta, houve aumento na quantidade de matéria orgânica, P,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , bem como a elevação da saturação por bases e da capacidade de troca catiônica. Essas mudanças favorecem o estabelecimento de uma vegetação diversa, voltada para a produção de alimentos, quando desejável. Inclusive, segundo relatos do Rodrigo, criador do SAF, os resultados das colheitas têm sido cada vez mais satisfatórios.

De acordo com a literatura, esses resultados já eram esperados e confirmam a hipótese inicial do trabalho, que agroflorestas podem induzir modificações nos solos, recuperando suas funções. O que não se esperava era que o grau das mudanças fosse tão perceptível, dado que o tempo, fator de formação do solo, decorrido desde a implantação do SAF era muito curto. De todo modo, o número restrito de perfis de solo e amostras analisados impõe limitações sobre a abrangência das interpretações e suas extrapolações.

Podemos concluir também que a implantação de uma agrofloresta serve não só como um instrumento de produção de alimentos e como atividade complementar para famílias que eventualmente possam trabalhar nisso, tanto no campo como na cidade, como é o caso de iniciativas já comentadas na introdução, mas também como instrumento de recuperação do solo e proteção deste contra a degradação e a erosão, promovendo avanços não apenas do ponto de vista econômico e social, como também do aspecto ambiental.

Essas conclusões apontam para novas questões: 1) Qual é o impacto que essas alterações no solo tiveram na sua porosidade, permeabilidade e condutividade hidráulica? 2) De que forma tem se dado a recuperação e formação dos agregados, considerando os seus aspectos macro e micromorfológicos? 3) Qual é o papel que a endopedofauna, especialmente minhocas, tem tido na formação da porosidade, agregados e estruturas biogênicas? 4) Qual é o tamanho das mudanças morfológicas, físicas e químicas ocorridas no solo a longo prazo? 5) Houve alteração na quantidade e disponibilidade de nitrogênio entre as duas áreas?

Essas e outras questões devem ser alvo de pesquisas futuras, no SAF em questão ou em outras agroflorestas.



## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. V. P.; PASINI, F. S. Implantação e manejo de agroecossistema segundo os métodos da agricultura sintrópica de Ernst Götsch. **Cadernos de Agroecologia** 9: 1-12. 2014.
- CAMARGO, O. A., MONIZ, A.C., JORGE, J.A. VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Instituto Agronômico, Campinas, 2009.
- CAMPOS, H. F.. Solos e nutrição de plantas com foco em sistemas agroflorestais. In: **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais** [recurso eletrônico] / edição de Ciro Abbud Righi e Marcos Silveira Bernardes. - - Piracicaba: Os autores, 2015. 108 p. : il. (Série Difusão, v. 1) Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Cadernos-da-Disciplina-SAFs-2015.pdf>
- CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, São Paulo , v. 20, n. 1, p. 49-59, Mar. 2006 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062006000100006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062006000100006&lng=en&nrm=iso)>.
- CLIMATE-DATA, Climate Data, 2023. **Clima São Paulo**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-paulo-655/>. Acesso em 02/02/2023.
- CLIMATEMPO, Climatedpo, 2023. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em São Paulo, BR**. Disponível em: <https://www.climatedpo.com.br/climatologia/558/saopaulo-sp> Acesso em: 02/02/2023.
- COELHO, G.C. **Sistemas Agroflorestais**. São Carlos: RiMa Editora, 2012
- CORRÊA NETO, N. E.; MESSERSCHMIDT, N. M.; STEENBOCK, W.; MONNERAT, P. F. **Agroflorestando o mundo de facão a trator**. 2016. 177p
- COSTANTIN, A. M.; VIEIRA, A. R. R. 2004. Quintais Agroflorestais: uma perspectiva para a segurança alimentar de uma comunidade do município de Imaruí-SC. Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 5.,2004, Curitiba. **Anais...Curitiba: Documentos**, n.98 (EMBRAPA Florestas), p. 395-397.
- COUTINHO, J. M. V. 1980. **Mapa geológico da Grande São Paulo**, 1:100.000. São Paulo: EMLASA, 2.
- CURCIO, G. R., LIMA, V. C., & GIAROLA, N. F. B. 2004. Antropossolos: proposta de ordem (1ª aproximação). **Documentos** 101. Embrapa. 49p.

DENEVAN, W.M.; PADOCH, C. SWIDDEN- Fallow agroforestry in the peruvian Amazon. **In: Advances in Economic Botany**. New York: NYBG.1987. p. 1-107.

DIOGO FILHO, G. J. **A atividade de minhocas e sua influência nos solos de uma vertente do Planalto Atlântico Paulista sob florestas primárias**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências). Programa de Pós Graduação em Geografia - Departamento de Geografia - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. 2017. 116 f.

DIOGO FILHO, G. J., & QUEIROZ NETO, J. P. de. (2020). Biogenic structures in soils under a primary Atlantic Rain Forest in SE-Brazil. **Revista do Departamento de Geografia**, 40, 26-39. <https://doi.org/10.11606/rdg.v40i0.164903>

DOKUCHAEV, V.V. 1883. Russian Chernozem. **In: V.V. Dokuchaev. Selected Papers**, 1: 14-419. (Translated into English by N. Kander – Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations).

DOMINGOS, M.; MORAES, R. M.; VUONO, Y. S.; ANSELMO, C. E. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundária, na Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP. **Rev. bras. Bot.**, São Paulo , v. 20, n. 1, p. 91-96, June 1997 . Available from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-84041997000100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84041997000100009&lng=en&nrm=iso).

EMBRAPA. **Sistema agroflorestal**. Embrapa. 1 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agrossilvipastoril/sitio-tecnologico/trilha-tecnologica/tecnologias/sistema-de-producao/sistema-agroflorestal>. Acesso em: 5 fev. 2023.

EMBRAPA. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. 2015.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo** / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 573 p. : il. color.

FALLOU, F.A. 1862. **Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde**. G. Schönfeld's Buchlandlung, Dresden, 487 p. (“Pedologia ou Ciência do Solo geral e especial”).

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention**. Rome: FAO, 2011. 29p.

FURQUIM, Sheila Aparecida Correia; ALMEIDA, Ícaro Sena. Urban soils in Brazil: A review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, 2022.

GÖTSCH, E. **Break-through in agriculture**. Rio de Janeiro: AS-PTA. 1995. 22p.

GÖTSCH, E.. **O Renascer da Agricultura**. 2.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1996. 24p. (Cadernos de T.A.)

GÖTSCH, E. **Homem e natureza: Cultura na agricultura**. 2 ed. Recife: Recife Gráfica Editora, 1997. 12p.

GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. **Bragantia**, Campinas, v. 19, p. 201-213, 1960.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE; 2012. Available from: <https://censo2010.ibge.gov.br/>

IUSS Working Group WRB. 2022. **World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. New York. McGraw-Hill, 1941.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

LUZ, R. A.; RODRIGUES, C. Reconstituição geomorfológica de planícies fluviais urbanizadas: o caso do Rio Pinheiros, São Paulo-SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.1, (Jan-Mar) p.47-57, 2013.

MALTEZ, M. A. P. F.; GALIZONI, F. M.; ALMEIDA, R. P.; CALDAS, A. L. T.; SIMÃO, E. J. P.; SILVA, E. P. F. Impactos ambientais e sociais causados pelas monoculturas de eucaliptos no Alto Jequitinhonha. **In: V Congresso em Desenvolvimento Social**. 2016. Disponível em [https://congressods.com.br/quinto/anais/gt\\_08/IMPACTOS%20AMBIENTAIS%20E%20SOCIAIS%20CAUSADOS%20PELAS%20MONOCULTURAS.pdf](https://congressods.com.br/quinto/anais/gt_08/IMPACTOS%20AMBIENTAIS%20E%20SOCIAIS%20CAUSADOS%20PELAS%20MONOCULTURAS.pdf)

MARIZ, C. Atividade agrícola utiliza quase 40% das terras do planeta: De acordo com relatório, nos próximos dez anos, o crescimento da produção agrícola mundial será dividida entre os países emergentes e em desenvolvimento. **Exame**. 2019. 1 p. Disponível em: <https://exame.com/economia/atividade-agricola-utiliza-quase-40-das-terras-do-planeta/>. Acesso em: 5 fev. 2023.

MENDES, B. T. F. A. **Agricultura tradicional e as contradições da Mata Atlântica: análise pedo-vegetacional do restabelecimento da vegetação florestal no pousio da coivara da comunidade cabocla do Ribeirão dos Camargo (PETAR-SP)**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/973d4c4a-4657-4557-b52f-ba2c2413eaa1/2019.B%C3%A1rbaraTha%C3%ADsFerreiradeAlencarMendes.TGI.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2022.

MEUSER, H. **Contaminated urban soils**. Dordrecht: Springer Netherlands; 2010. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-9328-8>

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; MASCIA, D. L. V.; ARCO-VERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER, T. **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: Como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga**. Brasília: ISPN/ICRAF, 2016. 266p.

MIKLOS, A. A. W. **Biodynamique d’une couverture pédologique dans la région de Botucatu. Brésil**. Thèse de doctorat. Université Paris VI. Académie de Sciences de Paris, 1992, p.438.

MIKLÓS, A. A. W. Biogênese do solo. **Revista do Departamento de Geografia–USP**. Volume Especial 30 Anos, 190-229, 2012. DOI: 10.7154/RDG.2012.0112.0011

MORAES, J.A.T.; CAVICHIOILLI, F.A. Recuperação de solo com o sistema agroflorestal. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 2, p. 597-607, 2022. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1458>. Acesso em: 5 fev. 2023.

MOREL, J. L.; BURGHARDT, W; KIM, K-HL. The challenges for soils in the urban environment. **In:** Levin M, Kim KHJ, Morel JL, Burghardt W, Charzynski P, Shaw RK, editors. *Soils within Cities: Global approaches to their sustainable management - Composition, properties, and functions of soils of the urban environment*. Stuttgart: Catena Soil Science; 2017. p. 1-6.

NAÇÕES UNIDAS. FAO alerta sobre degradação de um terço dos solos do planeta. **ONU News Perspectiva Global Reportagens Humanas**. 2021. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/12/1773222>. p1. Acesso em: 5 fev. 2023.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Netherlands, 1993. p 13 – 17

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; NETO, L. F. S. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 457-462, 2003.

OCTAVIANO, C. Muito além da tecnologia: os impactos da Revolução Verde. **Com Ciência**. Campinas, 2010. 1 p. Disponível em: [http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-76542010000600006&lng=pt&nrm=iso](http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000600006&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 5 fev. 2023.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas, Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999, 64p: mapa.

OZIEGBE, M. B.; MUOGHALU, J. I.; OKE, O. Litterfall, precipitation and nutrient fluxes in a secondary lowland rain forest in Ile-Ife, Nigeria. **Acta Botanica Brasilica** 25(3): 664-671, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/hsXSprwJRVtfv44KP4grRyt/?lang=en&format=pdf>

PASINI, F. S. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável**. Rio de Janeiro, 2017.

PEDRON, F. A. **Classificação do potencial de uso das terras no perímetro urbano de Santa Maria - RS**. Dissertação de Mestrado - Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2005.

PEDRON, F. A, DALMOLIN, R.S.D, AZEVEDO, A.C, POELKING, E.L, MIGUEL, P. Utilização do sistema de avaliação do potencial de uso urbano de terras no diagnóstico ambiental do município de Santa Maria - RS. **Ciência Rural**. 2006;36:468-77. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000200017>

PENEIREIRO, F. M.; RODRIGUES, F. Q.; BRILHANTE, M. O.; LUDEWIGS, T. **Apostila do educador agroflorestal – Introdução aos sistemas agroflorestais – um guia técnico**. Arboreto, UFAC, Rio Branco. 2008. 77p.

PENEIREIRO, F. M. Fundamentos da agrofloresta sucessional. **In:** II Simpósio de Agrofloresta Sucessional, 2003, Aracaju. II Simpósio de Agrofloresta Sucessional. 2003.

PENEIREIRO, F. M. Fundamentos da agrofloresta sucessional. **In:** Artigo apresentado no II Simpósio sobre Agroflorestas Sucessionais em Sergipe. 2003. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/fernandameneguzzo/agrofloresta-sucessional-sergipepeneireiro>. Acesso em: 19 fev. 2023.

PENEIREIRO, F. M. **Sistemas Agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, 1999. 138p.

PERROTTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. 2005. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**, escala 1:750.000. Programa Geologia do Brasil – PGB, CPRM, São Paulo.

POSEY, D.A. Os Kayapó e a natureza. **Ciência Hoje**, 2:(12). 1984. p. 35-41.

POSEY, D. Manejo da floresta secundária, capoeira, campos e cerrados (Kayapó). **In:** Suma Etnológica brasileira. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes/FINEP. 1987. p.173-85.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. Nobel. São Paulo. 541p. 1981.

REBELLO, J. F. S. **Princípios de agricultura sintrópica segundo Ernst Götsch**. 2018. 53p.

RODRIGUES, A. C. G. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: funcionalidade e sustentabilidade. **In:** IV Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. Rio de Janeiro, 2004. p 67 – 87.

ROSSI, M. 2017. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. V.1. 118p. (inclui Mapas)

SAIS, A. C.; Oliveira, R. E. (2018). Distribuição de Sistemas Agroflorestais no Estado de São Paulo: apontamentos para restauração florestal e produção sustentável. Redes. **Revista do Desenvolvimento Regional**, 23(1), 111-132.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J.C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. 2015. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. SBCE, Viçosa. 7ª.ed. rev. e ampl., 102 p.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966. 61p

SINCLAIR, F. L. A general classification of agroforestry practice. **Agroforestry systems**, 46(2), 161. 1999.

SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N. LIMA, J. M.; AVANZI, J. C.; MARTINS, M. F. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesq. agropec. bras.** vol.40 no.12 Brasília Dec. 2005.

SILVA, P. P. V. **Sistemas agroflorestais para recuperação de matas ciliares em Piracicaba, SP.** 2002b. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002b.

SOIL SURVEY STAFF. 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd ed., **Agriculture Handbook No. 436**. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, 871 p.

SUGUIO, K. 1971. Estudo dos troncos de árvores “linhitificados” dos aluviões antigos do Rio Pinheiros (São Paulo): significados geocronológico e possivelmente paleoclimático. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, 1971. Anais, São Paulo, SBG, p. 53-59** universo da Agricultura Sustentável. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e

TUNDIS, A. R. V.; AMARAL, I. G.; FRANKEN, W. K.; BATISTA, R. C. F. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore** [en linea]. 2004, 28(6), 793-800 Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48828604>

UNITED NATIONS. **World urbanization prospects 2018: Highlights** [internet]. New York: United Nations - Department of Economic and Social Affairs; 2019. Available from: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>

VAZ, P. Agroflorestas, clareiras e sustentabilidade. In: CANUTO, J. C. (Ed.). **Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017.p. 189-207.

VEZZANI, F. M. & MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **R Bras Ci Solo**, v.35, p.213-223, 2011.

VIVAN, J. L. **Agricultura e floresta: princípios de uma interação vital**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 207p.

YOUNG, A. The effectiveness of contour hedgerows for soil and water conservation. **Agroforestry Fórum**, v. 8, n. 4, p. 2-4, 1997 (<https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Cadernos-da-Disciplina-SAFs-2015.pdf>)

ZINKE, Paul J. The Pattern of Influence of Individual Forest Trees on Soil Properties. **Ecology**, Vol 43, n1 (1962), pp.130-133. Disponível em <https://studylib.net/doc/18750560/the-pattern-of-influence-of-individual-forest-trees-on-so>

## ANEXO A – Relatório de Análise Química

RELATÓRIO DE ENSAIO		
Maria Filomena Souza Dias		
398.057.408-38		Número: 0035376.1-N - O.S.: 15987
R. Corinto, Nº 543 - São Paulo-SP		Data de Recebimento: 24/01/2023
(11) 94801-4341		Data de Finalização: 01/02/2023
mariafiloh@yahoo.com.br		Data de Emissão: 01/02/2023
Proprietário:	Propriedade:	Material:
Maria Filomena Souza Dias	CAMPUS USP SP São Paulo SP	Solos



Nº LAB	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA
882	TR1 H1 - 2cm; Trincheira 1; ( não informada )
883	TR1 H2 - 20cm; Trincheira 1; ( não informada )
884	TR1 H3 - 40cm; Trincheira 1; ( não informada )
885	TR1 H4 - 56cm; Trincheira 1; ( não informada )
886	TR2 H1 - 2cm; Trincheira 2; ( não informada )
887	TR2 H2 - 16cm; Trincheira 2; ( não informada )
888	TR2 H3 - 26cm; Trincheira 2; ( não informada )
889	TR2 H4 - 48cm; Trincheira 2; ( não informada )

[illegible]

Métodos: M.O. extração por dicromato de potássio, determinação por titulação (Ref.: Boletim Técnico 106. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agronômico de Campinas, 2009); pH em H<sub>2</sub>O; P e K - extração com Mehlich 1; H+Al (extração titulométrica) - extração com acetato de cálcio; (Ref.: Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes, 2ª edição revista e ampliada. Embrapa, 2009); pH em CaCl<sub>2</sub>. Al, Ca e Mg extração com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> (Ref.: Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais. Instituto Agronômico de Campinas, 2001). Observações: Nome do cliente, informações de contato, proprietário, propriedade, material e identificação: da amostra são dados fornecidos pelo cliente. Este documento pode ser reproduzido somente por completo. Os resultados se referem somente aos itens ensaiados. Os resultados se aplicam à amostra conforme recebida. (-) elemento não determinado; (<) menor do que o Limite de Quantificação.