



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Educação e Humanidades

Faculdade de Formação de Professores

Jeferson Rosa da Silva

**Hidrologia em domínio colinoso associado à Argissolo Vermelho Distrófico  
Abrupto na Estação Experimental de Pesquisa de Erosão / Assentamento  
Fazenda Engenho Novo (EEPE/AFEN) – município de São Gonçalo/RJ**

São Gonçalo

2021

Jeferson Rosa da Silva

**Hidrologia em domínio colinoso associado à Argissolo Vermelho Distrófico Abrupto na  
Estação Experimental de Pesquisa de Erosão / Assentamento Fazenda Engenho Novo  
(EEPE/AFEN) – São Gonçalo/RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Natureza e Dinâmica da paisagem.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Valéria Freire Allemão Bertolino

São Gonçalo

2021

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/D

S586 Silva, Jeferson Rosa da.  
Hidrologia em domínio colinoso associado à Argissolo Vermelho  
Distrófico Abrupto na Estação Experimental de Pesquisa de Erosão /  
Assentamento Fazenda Engenho Novo (EEPE/AFEN) – São Gonçalo/RJ /  
Jeferson Rosa da Silva – 2021.  
159f. : il.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Valéria Freire Allemão Bertolino.  
Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado  
do Rio de Janeiro, Faculdade de Formação de Professores.

1. Solos – Formação – Teses. 2. Solos argilosos – Teses. 3. Ciclo  
hidrológico – Teses. I. Bertolino, Ana Valéria Freire Allemão.  
II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Formação de  
Professores. III. Título.

CRB/7 - 4994

CDU 631.4

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Jeferson Rosa da Silva

**Hidrologia em domínio colinoso associado à Argissolo Vermelho Distrófico na Estação  
Experimental de Pesquisa de Erosão / Assentamento Fazenda Engenho Novo  
(EEPE/AFEN) – São Gonçalo/RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Natureza e Dinâmica da paisagem.

Aprovado em 29 de julho de 2021.

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Valéria Freire Allemão Bertolino (Orientadora)  
Faculdade de Formação de Professores – UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Carla Semiramis Silveira  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Dr. Otávio Miguez da Rocha Leão  
Faculdade de Formação de Professores – UERJ

São Gonçalo

2021

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha família, aos meus amigos e aos meus irmãos da Comunidade  
Católica dom de Deus.

## AGRADECIMENTOS

Eu agradeço a Deus por ter me concedido a graça de chegar aqui e vencer cada etapa. Obrigado, Senhor, sem Ti nada seria possível.

Agradeço enormemente aos meus pais, Davi e Maria Lucy. Ao meu pai que sempre se esforçou para que nada faltasse na minha criação e educação, muito obrigado. Creio que do céu o senhor acompanha os meus passos. A minha mãe eu só tenho a ser inteiramente grato por tudo, simplesmente tudo. Pelo apoio, incentivos, orações, enfim. Muito obrigado, mãe!

Agradeço a minha irmã. Kamilla, eu agradeço por cada incentivo, reflexão, puxão de orelha. A minha grande amiga, intercessora e namorada, Larissa, muito obrigado!

Gratidão a minha orientadora e grande incentivadora professora Ana Valéria. Obrigado por cada orientação e todo apoio ao longo desta fase. Quantas coisas enfrentamos juntos ao longo deste tempo de pesquisa. Gratidão!

À monitora de campo e amiga, Luciá. Uma pessoa incrível que muito colaborou e me incentivou no desenvolvimento dessa pesquisa. Gratidão ao Luis Carlos, que sempre nos auxilia na manutenção da área de estudo e nos trabalhos de campo que exigem disposição e força física. Obrigado!

Gratidão especial a todos os professores do PPGG/FFP/UERJ, especialmente a professora Maria Luiza Félix, Vinicius Seabra e Otávio Rocha que em diferentes momentos muito contribuíram o meu desenvolvimento e para o andamento desta pesquisa. Expresso aqui também o meu agradecimento ao professor Luis Carlos Bertolino por todo apoio ao longo deste período e pelo auxílio na execução de algumas etapas laboratoriais.

Gratidão à FAPERJ pela bolsa de mestrado a mim concedida, que sem dúvidas contribuiu para bastante para este período da minha formação e para que pudesse me dedicar às demandas da pesquisa.

Sou grato a todos os meus colegas de turma. De maneira muito especial ao Lucas Ferreira, Rafaella Sousa, Mariani Ferreirinha, e Gleika por tantas grandes partilhas e trocas ao longo deste período. Gratidão também a todos os colegas de laboratório, em especial a Laryssa, ao Bruno Mattos e a Vanessa.

Gratidão ao meu amigo Estephano, Gabriel Brandão pelo auxílio na construção dos desenhos esquemáticos. Ao Jonas, ao Kaio, Benito pela ajuda na construção dos mapas. Ao meu grande amigo Felipe Fontoura pelo apoio nos cálculos e pela ajuda emocional quando eu mais precisei.

## RESUMO

SILVA, J. R. *Hidrologia em domínio colinoso associado à Argissolo Vermelho Distrófico Abrupto na Estação Experimental de Pesquisa de Erosão / Assentamento Fazenda Engenho Novo (EPPE/AFEN)* – município de São Gonçalo/RJ. 2021. 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2021.

As características físicas dos Argissolos promovem naturalmente descontinuidade hidráulica ao longo do perfil, tornando-o susceptível à erosão hídrica e a ocorrência de fluxos lateralizados. Nesse sentido, torna-se relevante a utilização de cobertura vegetal para a conservação do solo e da água, especialmente em áreas agrícolas, pois contribui para a proteção do solo contra o impacto direto das gotas de chuva e para maior estabilidade dos agregados. Além disso, a atuação dos sistemas radiculares colaboram para a formação de bioporos, aumentando as taxas da infiltração de água e contribuindo para a redução das perdas erosivas e do escoamento superficial. A presente pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Pesquisa de Erosão / Assentamento Fazenda Engenho (EEPE/AFEN), região que pode ser considerada um polo da agricultura familiar no município de São Gonçalo/RJ. Este trabalho teve como objetivo geral analisar o comportamento hidrológico em área de ARGISSOLO VERMELHO Distrófico Abrupto situado em domínio colinoso submetidos a diferentes manejos e usos. O monitoramento dos potenciais matriciais foi realizado através de tensiômetros com manômetro de mercúrio instalados nas profundidades de 20, 30 e 100 cm em três parcelas de erosão: a) T0 – solo sem cobertura; b) T1 – solo com cobertura de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) e cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*); c) T2 – solo coberto com mandioca, cudzu tropical e feijão guandu (*Cajanus cajan*). O monitoramento da precipitação foi realizado diariamente por meio do pluviômetro *Ville de Paris*. Os resultados das análises químicas foram comparados com dados obtidos na mesma área em 2014 e revelaram que o solo sem cobertura apresentou os piores resultados em praticamente todos os parâmetros analisados (pH, carbono orgânico, fósforo, potássio, cálcio + magnésio, alumínio, valor V e valor m, bem como as perdas mais significativas ao longo de cinco anos), indicando um processo de degradação do solo no tratamento sem cobertura. Em contrapartida, nas parcelas em que se empregou cobertura vegetal os resultados indicam um processo de regeneração do sistema. Quanto ao comportamento hidrológico foi evidenciado que na parcela T0 em todas as profundidades as variações dos potenciais matriciais foram sempre menores, quando comparadas com T1 e T2. Na profundidade de 20 cm foram observadas as melhores condições de drenagem em todos os tratamentos, especialmente em T1 e T2. Na profundidade de 30 cm, observou-se maiores dificuldades de drenagem. De todo modo, os melhores resultados foram obtidos em T1 e T2. Na profundidade de 100 cm os valores de potenciais matriciais nas três parcelas mantiveram-se próximo a condição saturada ao longo de praticamente todo o período. Os dados de carga total evidenciaram que a parcela T0 apresentou cargas totais iguais ao longo de vários dias, indicando ocorrência de fluxo lateral durante maior período, enquanto em T1 e T2 não foi observado o mesmo comportamento.

Palavras-chave: Argissolo. Potenciais matriciais. Fluxo hídrico. Fluxo lateralizado.

## ABSTRACT

SILVA, J. R. *Hydrology in a chilly domain associated with Abrupt Dystrophic Red Argisol at the Experimental Erosion Research Station / Fazenda Engenho Novo Settlement (EPPE / AFEN)* – São Gonçalo city/RJ. 2021. 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2021.

The physical characteristics of Argisols naturally promote hydraulic discontinuity along the profile, making it susceptible to water erosion and the occurrence of lateralized flows. In this sense, the use of vegetation cover for soil and water conservation is relevant, especially in agricultural areas, as it contributes to the protection of the soil against the direct impact of raindrops and for greater stability of aggregates. In addition, the action of root systems contributes to the formation of biopores, increasing water infiltration rates and contributing to the reduction of erosion losses and surface runoff. This research was carried out at the Experimental Station for Research on Erosion/Establishment Fazenda Engenho (EEPE/AFEN), a region that can be considered a pole of family farming in the city of São Gonçalo/RJ. This work had as general goal to analyze the hydrological behavior in an area of Abrupt Dystrophic RED ARGISOL located in a hilly domain submitted to different managements and uses. The monitoring of matrix potentials was carried out using tensiometers with a mercury manometer installed at depths of 20, 30 and 100cm in three erosion plots: a) T0 – bare soil; b) T1 – soil covered with cassava (*Manihot esculenta Crantz*) and tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides*); c) T2 – soil covered with cassava, tropical kudzu and pigeon pea (*Cajanus cajan*). The precipitation monitoring was carried out daily using the Ville de Paris pluviometer. The results of the chemical analyzes were compared with data obtained in the same area in 2014 and revealed that the bare soil had the worst results in practically all the analyzed parameters (pH, organic carbon, phosphorus, potassium, calcium + magnesium, aluminum, V value and m value, as well as the most significant losses over five years), indicating a process of soil degradation in the treatment without vegetation cover. On the other hand, in the installments where vegetation cover was used, the results indicate a process of system regeneration. As for the hydrological behavior, it was evidenced that in the T0 plot at all depths the variations of the matrix potentials were always smaller, when compared to T1 and T2. At a depth of 20 cm, the best drainage conditions were observed in all treatments, especially in T1 and T2. At a depth of 30 cm, greater drainage difficulties were observed. Anyway, the best results were obtained in T1 and T2. At a depth of 100 cm, the values of matrix potentials in the three plots remained close to the saturated condition throughout practically the entire period. The total load data showed that the T0 plot presented equal total loads over several days, indicating the occurrence of lateral flow for a longer period, while in T1 and T2 the same behavior was not observed.

Keywords: Argisol. Matrix potentials. Water flow. Lateralized flow.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Representação de uma molécula de água .....	22
Figura 2 –	Esquema da diferença de forças em uma molécula de água .....	23
Figura 3 –	Taxas comparativas do movimento da água de irrigação em um solo franco-arenoso e em um franco argiloso .....	30
Figura 4 –	Localização do Assentamento Fazenda Engenho Novo .....	40
Figura 5 –	Localização do AFEN na Bacia do Rio Aldeia .....	41
Figura 6 –	Conjunto arquitetônico da Fazenda Engenho Novo .....	42
Figura 7 –	Visão ampla da área de estudo, com a Serra de Itaitindiba ao fundo .....	43
Figura 8 –	Visão geral da EEPE/AFEN .....	44
Figura 9 –	Localização do Sítio Carvalho de Justiça e da EEPE / AFEN .....	45
Figura 10 –	Perfil do Argissolo vermelho Distrófico Abrupto .....	49
Figura 11 –	Perfil do Gleissolo Háptico Tb Distrófico .....	50
Figura 12 –	Elevação do Assentamento Fazenda Engenho Novo .....	51
Figura 13 –	Mapa de Declividade do Assentamento Fazenda Engenho Novo .....	52
Figura 14 –	Parcelas de erosão da EEPE/AFEN .....	55
Figura 15 –	Croqui da área da EPPE/AFEN .....	56
Figura 16 –	Plantio da mandioca (continua) .....	58
Figura 17 –	Solo coberto com cudzu tropical .....	60
Figura 18 –	Plantio de feijão guandu na parcela T2 .....	60
Figura 19 –	Coleta de amostras deformadas .....	61
Figura 20 –	Abertura das trincheiras nas parcelas .....	63
Figura 21 –	Coleta de amostras indeformadas .....	64
Figura 22 –	Teste dos tensiômetros em laboratório .....	69
Figura 23 –	Instalação e monitoramento dos tensiômetros nas parcelas T1 e T2 .....	71
Figura 24 –	Desenho esquemático da leitura do tensiômetro .....	73
Figura 25 –	Desenho esquemático da mensuração do potencial gravitacional .....	73
Figura 26 –	Estação climatológica da EEPE/AFEN .....	74
Figura 27 –	Instalação do geotermômetro .....	75
Figura 28 –	Dados médios das frações granulométricas encontrados em T0, T1 e T2 .....	79
Figura 29 –	Valores médios de argila nos horizontes Ap e Bt e % de aumento de	

	argila do horizonte Ap para o Bt.....	80
Figura 30 –	Valores de pH em água obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2 .....	86
Figura 31 –	Teores de carbono orgânico obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2 .....	88
Figura 32 –	Teores de Fósforo (P) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2.	90
Figura 33 –	Teores de Potássio (K) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2	90
Figura 34 –	Teores de Cálcio (Ca) + Magnésio (Mg) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2 .....	92
Figura 35 –	Teores de Alumínio (Al) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2 .....	93
Figura 36 –	Valores de saturação por bases (valor V) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2 .....	95
Figura 37 –	Valores de saturação por alumínio (valor m) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2. ....	96
Figura 38 –	Pluviosidade anual do município de São Gonçalo .....	98
Figura 39 –	Comparativo mensal da pluviosidade .....	100
Figura 40 –	Teste dos tensiômetros .....	102
Figura 41 –	Rodadas de testes dos tensiômetros realizadas no dia 27/01/2020 .....	103
Figura 42 –	Resultado do teste simultâneo dos nove instrumentos no dia 29/01/2020	104
Figura 43 –	Média mensal da temperatura do solo .....	105
Figura 44 –	Médias mensais da temperatura do solo .....	106
Figura 45 –	Pluviometria diária e temperatura do solo .....	107
Figura 46 –	Pluviometria diária + temperatura do solo e potencial matricial na profundidade de 20 cm .....	109
Figura 47 –	Dados diários da pluviometria e dos potenciais matriciais nas três profundidades das parcelas T0, T1 e T2, entre 10/02/2020 e 30/09/2020.	115
Figura 48 –	Valores diários da pluviometria e dos potenciais matriciais ao longo do perfil nas parcelas T0, T1 e T2, entre 10/02/2020 e 30/09/2020. ....	118
Figura 49 –	Carga total nas profundidades de 20, 30 e 100 cm das parcelas T0, T1 e T2 entre 01/03/2020 e 15/03/2020 .....	121
Figura 50 –	Carga total nas profundidades de 20, 30 e 100 cm das parcelas T0, T1 e T2 entre 08/04/2020 e 26/04/2020 .....	123

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Geomorfologia associada ao Assentamento Fazenda Engenho Novo ...	48
Quadro 2 –	Tratamentos empregados nas parcelas T1 e T2 da EEPE/AFEN .....	54
Quadro 3 –	Período de realização das principais etapas metodológicas .....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Declividade dos locais da EEPE/AFEN .....	53
Tabela 2 –	Valores médios e desvio padrão das frações areia, silte e argila encontrados nas parcelas T0, T1 e T2 .....	78
Tabela 3 –	Classificação textural dos horizontes das parcelas de erosão .....	81
Tabela 4 –	Dados de porosidade total e densidade do solo .....	82
Tabela 5 –	Dados médios de porosidade total, macro e microporosidade e densidade do solo encontrados nas parcelas da EEPE/AFEN em 2014 .....	83
Tabela 6 –	Valores de pH nos diferentes horizontes das parcelas T0, T1 e T2 .....	85
Tabela 7 –	Teores de carbono orgânico e matéria orgânica nas parcelas T0, T1 e T2 ..	87
Tabela 8 –	Teores de Fósforo (P) e Potássio (K) nas parcelas T0, T1 e T2 .....	89
Tabela 9 –	Teores de Cálcio + Magnésio e Alumínio nas parcelas T0 T1 e T2 .....	91
Tabela 10 –	Valores de Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), acidez potencial (H+Al), soma de Bases (S), valot T, valor V e valor m em T0, T1 e T2 .....	94
Tabela 11 –	Dados estatísticos da pluviosidade (mm) do município de São Gonçalo ....	99
Tabela 12 –	Comparação dos dados de precipitação (milímetros e percentual) .....	100
Tabela 13 –	Dados pluviométricos durante os meses associados ao monitoramento hidrológico do solo .....	111
Tabela 14 –	Dados mensais dos potenciais matriciais (kPa) nas parcelas T0, T1 e T2 ...	112

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1	<b>EMBASAMENTO TEÓRICO</b> .....	19
1.1	<b>Solo</b> .....	19
1.1.1	<u>Argissolo</u> .....	20
1.2	<b>Água no solo</b> .....	21
1.2.1	<u>Características e propriedades</u> .....	21
1.2.2	<u>Energia da água no solo</u> .....	24
1.2.3	<u>Dinâmica da água no solo</u> .....	27
1.2.4	<u>Condutividade hidráulica</u> .....	29
1.3	<b>Erosão hídrica</b> .....	32
1.3.1	<u>Fatores controladores do processo erosivo</u> .....	34
1.4	<b>Cobertura vegetal</b> .....	35
1.4.1	<u>Cudzu tropical (<i>Pueraria phaseoloides</i>)</u> .....	36
1.4.2	<u>Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>)</u> .....	37
1.4.3	<u>Mandioca (<i>Manihot esculenta Crantz</i>)</u> .....	38
2	<b>ÁREA DE ESTUDO</b> .....	40
2.1	<b>Caracterização geral e histórica</b> .....	40
2.1.1	<u>Estação Experimental de Pesquisa de Erosão Assentamento Fazenda Engenho Novo</u> .....	44
2.2	<b>Clima</b> .....	46
2.3	<b>Geomorfologia</b> .....	46
2.4	<b>Pedologia</b> .....	48
2.5	<b>Elevação</b> .....	50

2.6	<b>Declividade</b> .....	51
3	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	54
3.1	<b>Plantio nas parcelas T1 e T2</b> .....	57
3.1.1	<u>Plantio da mandioca</u> .....	57
3.1.2	<u>Plantio das leguminosas</u> .....	59
3.2	<b>Análise das propriedades físicas</b> .....	61
3.2.1	<u>Análises granulométricas</u> .....	61
3.2.2	<u>Porosidade e densidade do solo</u> .....	62
3.3	<b>Análise das propriedades químicas</b> .....	64
3.3.1	<u>pH e matéria orgânica</u> .....	65
3.3.2	<u>Química (Complexo Sortivo)</u> .....	66
3.4	<b>Monitoramento hidrológico do solo</b> .....	67
3.4.1	<u>Confecção e testes dos tensiômetros</u> .....	68
3.4.2	<u>Instalação e monitoramento dos tensiômetros no campo</u> .....	70
3.5	<b>Monitoramento da pluviosidade e da temperatura do solo</b> .....	74
3.5.1	<u>Monitoramento da pluviosidade</u> .....	74
3.5.2	<u>Monitoramento da temperatura do solo</u> .....	75
3.6	<b>Síntese das etapas metodológicas</b> .....	76
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	77
4.1	<b>Análises físicas</b> .....	77
4.1.1	<u>Granulometria</u> .....	77
4.1.2	<u>Porosidade total e densidade do solo</u> .....	81
4.2	<b>Análises Químicas</b> .....	84
4.2.1	<u>pH em água</u> .....	85

4.2.2	<u>Matéria orgânica</u> .....	87
4.2.3	<u>Fertilidade do solo</u> .....	88
4.3	<b>Monitoramento da pluviosidade</b> .....	97
4.4	<b>Teste dos tensiômetros em laboratório</b> .....	101
4.5	<b>Variação da Temperatura do Solo</b> .....	104
4.6	<b>Comportamento hidrológico do solo</b> .....	108
4.6.1	<u>Comportamento hidrológico associado à variação da temperatura do solo</u> .....	108
4.6.2	<u>Variação dos potenciais matriciais</u> .....	110
4.6.3	<u>Variação dos fluxos - Carga total</u> .....	120
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	125
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	128
	<b>APÊNDICE A</b> – Ficha de Classificação Pedológica Perfil 1 .....	135
	<b>APÊNDICE B</b> – Ficha de Classificação Pedológica Perfil 2 .....	136
	<b>APÊNDICE C</b> – Granulometria da parcela T0 .....	137
	<b>APÊNDICE D</b> – Granulometria da parcela T1 .....	138
	<b>APÊNDICE E</b> – Granulometria da parcela T2 .....	139
	<b>APÊNDICE F</b> – Porosidade total e densidade do solo – Parcela T0.....	140
	<b>APÊNDICE G</b> – Porosidade total e densidade do solo – Parcela T1 .....	141
	<b>APÊNDICE H</b> – Porosidade total e densidade do solo – Parcela T2 .....	142
	<b>APÊNDICE I</b> – Resultados das análises químicas – Amostras de 2019 .....	143
	<b>APÊNDICE J</b> – Resultados das análises químicas – Igreja Junior (2015) .....	145
	<b>APÊNDICE K</b> – Dados do monitoramento pluviométrico e da temperatura do solo .....	146
	<b>APÊNDICE L</b> – Síntese das atividades e observações referentes aos testes dos tensiômetros realizados em laboratório .....	148

<b>APÊNDICE M</b> – Resultados dos testes dos tensiômetros em laboratório .....	149
<b>APÊNDICE N</b> – Dados diários dos potenciais matriciais obtidos nas parcelas T0, T1 e T2 na EEPE/AFEN .....	152



## INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados à erosão dos solos são conhecidos mundialmente desde muitos séculos, sendo ainda hoje considerada a principal forma de degradação dos mesmos e apresentando-se como um desafio para agricultores e cientistas (BERTOL, CASSOL, BARBOSA, 2019). Os prejuízos sociais e ambientais advindos da erosão são bastante elevados, uma vez que ela provoca uma redução da capacidade produtiva das terras refletindo em aumento do custo da produção e, conseqüentemente, na redução dos lucros dos agricultores (PRUSKI, 2009). Desse modo, considerando as áreas com função agrícola, a preocupação com práticas de conservação do solo e da água são essenciais.

A vulnerabilidade dos solos à erosão é variada estando estreitamente associada às propriedades físicas, químicas e biológicas. Dependendo da classe de solo algumas variáveis tornam-se mais importantes do que outras. No caso específico desse estudo às propriedades físicas mais centrais são a textura, a estrutura, a permeabilidade e a densidade (BERTONI e LOBARDI NETO, 2008).

A variabilidade lateral e vertical das propriedades do solo interferem no caminho percorrido pelos fluxos de água e isso faz com que as rotas percorridas pelos fluxos hídricos na matriz do solo sejam modificadas (WHIPKEY e KIRKBY, 1978; DUNNE, 1978).

O processo de infiltração consiste na entrada de água no solo, sendo a capacidade de infiltração regulada por diferentes fatores, em que se podem destacar as características das chuvas, dos solos, das condições de cobertura dos solos e a atividade biogênica no topo dos solos (COELHO NETTO, 2007). Ressalta-se que a infiltração da água no solo é favorecida por meio da cobertura vegetal tendo em vista que esta contribui para a ampliação da rede de poros devido à atuação da fauna edáfica e das raízes das plantas. A atividade biológica melhora os atributos físicos do solo, aperfeiçoando a infiltração e a retenção de água no solo (COELHO NETTO, 2007; MARIA, BERTOL, DRUGOWICH, 2019).

No que se refere à classe dos Argissolos, uma característica central é o maior acúmulo de argila no horizonte B textural do que no horizonte A ou E (SANTOS et al., 2018). Neste sentido, os Argissolos naturalmente são bastante problemáticos quanto à erosão. Anjos e Pereira (2013) ressaltam que esses solos são mais susceptíveis à erosão que os Latossolos, quando ambas as classes ocorrem na mesma paisagem.

Além disso, a ocorrência de uma mudança textural abrupta na transição dos horizontes A ou E e o horizonte Bt, promove uma diminuição da condutividade hidráulica, favorecendo a

rápida saturação da porção superficial do perfil e as perdas de água e solo (RIBEIRO, OLIVEIRA E ARAÚJO FILHO, 2012). Este adensamento natural dificulta o fluxo vertical da água no solo, favorecendo a ocorrência de fluxo lateral em subsuperfície. É interessante frisar que a formação desses tipos de perfis de solos está associada a uma ampla discussão teórica em que existe principalmente duas frentes de abordagens: a) a de que o horizonte Bt se formou “*in situ*” e b) que o horizonte Bt foi formado por intermédio da translocação de argila a partir de fluxos lateralizados.

Os fluxos laterais de subsuperfície já vêm sendo relatados por diversos autores há algum tempo (WHIPKEY e KIRKBY, 1978; SANTI et al. 1998a, etc.) sendo que os mesmos demonstram que há uma diminuição da condutividade hidráulica em subsuperfície devido ao incremento de argila no horizonte B textural. Além disso, demonstram que essa argila pode ter sido transportada a partir de fluxos lateralizados. Outra frente de discussão é a de que os fluxos lateralizados podem auxiliar na formação de perfis de solos com B textural a partir do comportamento hidrológico subsuperficial de encostas conforme relatado por Santi et al. (1999), Santi et al. (1998a), Santi et al. (1998b).

Dessa forma, o uso de cobertura vegetal é uma das principais práticas de manejo recomendadas para minimizar as perdas decorrentes da erosão e do escoamento superficial, contribuindo para a conservação do solo e da água (MARIA, BERTOL, DRUGOWICH, 2019). Nesse sentido, a utilização de leguminosas vem sendo empregadas em diferentes estudos (PERIN et al., 2002; TEODORO et al., 2011; IGREJA JUNIOR, 2015; SILVA et al., 2020, entre outros), pois além de proteger a superfície do solo contra o impacto das gotas de chuva e atuam na fixação biológica de nitrogênio. Assim sendo, as leguminosas são consideradas plantas melhoradoras do solo, proporcionando benefícios para as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (BORGES, SOUZA, CARVALHO, 2004).

Dito isso, a seguir será apresentada brevemente a estrutura do presente trabalho e na sequência, os objetivos do presente estudo.

O primeiro capítulo refere-se ao embasamento teórico. Inicialmente discute-se o conceito de solo, bem como as características da classe dos Argissolos. Em seguida é realizada uma discussão sobre a água no solo, destacando suas características e propriedades, o estado de energia e dinâmica da água no solo e condutividade hidráulica. No subitem seguinte, aborda-se a erosão hídrica e os fatores controladores do processo erosivo. Ao final deste capítulo, apresentam-se as características morfológicas e agrônômicas das espécies selecionadas para este estudo.

No terceiro capítulo são apresentadas as características área de estudo. Inicialmente faz-se uma caracterização geral e histórica da área, bem como da Estação Experimental de Pesquisa de Erosão / Assentamento Fazenda Engenho Novo. Na sequência abordam-se as características do clima, da geomorfologia, da pedologia, da elevação e declividade.

Por sua vez, o quarto capítulo trata dos materiais e métodos empregados neste estudo. Assim, ele apresenta-se os objetivos e os métodos empregados para o plantio da mandioca e das leguminosas, bem como a metodologia e os procedimentos utilizados para as análises das propriedades físicas e químicas, para o monitoramento hidrológico, assim como da pluviosidade e da temperatura do solo.

O quinto capítulo consiste na apresentação dos resultados. Desse modo, são discutidos os resultados das análises físicas e químicas; do monitoramento da pluviosidade, trabalhando dados do município de São Gonçalo obtidos pela Estação Climatológica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro / Faculdade de Formação de Professores e os obtidos por meio do monitoramento na área de estudo; os resultados dos testes dos tensiômetros realizados em laboratório; os dados da variação da temperatura do solo; e por fim, o conjunto de dados acerca do monitoramento hidrológico do solo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo geral analisar o comportamento hidrológico em área de ARGISSOLO VERMELHO Distrófico Abrupto situado em domínio colinoso submetidos a diferentes manejos e usos.

### **Objetivos específicos**

1) Monitorar os processos hidrológicos nos solos, buscando-se caracterizar a variação temporal e espacial do potencial matricial e da carga total em três sistemas de manejo e uso: a) T0 - solo sem cobertura; b) T1 - solo com cobertura de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) e cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*); c) T2 - solo coberto com mandioca, cudzu tropical e feijão guandu (*Cajanus cajan*).

- 2) Caracterizar os fluxos associados às descontinuidades hidráulicas do ARGISSOLO VERMELHO Distrófico Abrupto.
  
- 3) Analisar as propriedades físicas nas profundidades 20 cm, 30 cm e 100 cm associadas aos diferentes sistemas de manejo, para que se tenha condição de avaliar a ação das raízes no comportamento hidrológico.
  
- 4) Avaliar as propriedades químicas nas profundidades dos horizontes, nas parcelas T0, T1 e T2, buscando analisar temporalmente as repercussões dos diferentes sistemas de manejo para tais propriedades.

# 1 EMBASAMENTO TEÓRICO

## 1.1 O Solo

Conforme o interesse de determinadas áreas, o solo pode ser analisado a partir de diferentes enfoques. Kampf e Curi (2012) destacam quatro conceitos básicos válidos e utilizados para a definição do mesmo, sendo eles: (a) o solo como meio para o crescimento e desenvolvimento das plantas; (b) o solo como regolito; (c) o solo como corpo natural organizado e (d) o solo como sistema aberto.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) o solo pode ser definido como:

[...] uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas (SANTOS et al., 2018).

A concepção do solo (ou pedosfera) como sistema aberto, que interage com a biosfera, litosfera, hidrosfera e atmosfera baseia-se na “teoria de sistemas” proposta por Ludwig von Bertalanffy (1968), que considera mais importante a maneira como as partes estão integradas no todo do que as partes isoladas. Nessa perspectiva, os solos são sistemas abertos complexos, trocando energia e matéria com sua circunvizinhança. Os fluxos de energia e matéria ocorrem continuamente como, por exemplo, dos minerais do solo para as plantas, destas para o solo, dos resíduos vegetais para os microorganismos do solo; os fluxos de água no solo adicionam, transferem e removem elementos químicos, minerais e compostos orgânicos. Como componente intrínseco de geocossistemas, destaca-se que o solo constitui um sistema dinâmico, sendo constantemente perturbado por forças internas e externas (KAMPF e CURI, 2012).

Dessa forma, entende-se que o sistema solo-planta-atmosfera é dinâmico e possui, simultaneamente, caráter fechado e aberto. Trata-se de um conjunto articulado de inter-relacionamentos entre as partes de um todo, que busca o equilíbrio e se autorregula permanentemente a partir de processos regidos por leis muito bem definidas. Pode ser

considerado fechado por ter consistência real, relativa autonomia, bem como uma lógica interna pela qual se auto-organiza. Por outro lado, é também um sistema aberto porque se dimensiona para fora, a partir de relações interdependentes com o meio circundante, trocando informações, perdendo e ganhando energia e matéria (REICHARDT E TIMM, 2012).

### 1.1.1 Argissolos

Os Argissolos formam uma classe bastante heterogênea, possuindo em comum um aumento substancial de argila em profundidade (LEPSH, 2011). São encontrados em praticamente todas as regiões brasileiras e em termos de extensão geográfica, trata-se da segunda classe mais expressiva do Brasil, atrás apenas dos Latossolos, ocupando cerca de 24% da superfície do país, sendo encontrados em diferentes condições de clima e relevo (SANTOS et al., 2014).

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), os argissolos compreendem solos constituídos por material mineral que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural (Bt) de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico, ocorrendo imediatamente abaixo do horizonte A ou E (SANTOS et al., 2018). O horizonte B textural é um horizonte mineral subsuperficial com textura francoarenosa ou mais fina, em que houve incremento de argila decorrente de processos de iluviação e/ou outras condições específicas. O conteúdo de argila no horizonte B textural é maior que o do horizonte A ou E, podendo ou não ser maior que o do horizonte C (SANTOS et al., 2018).

Os Argissolos possuem profundidade variável, cores avermelhadas ou amareladas, podendo mais raramente apresentar cores acinzentadas ou brunadas. A textura pode variar de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila do primeiro para o segundo. Quanto à acidez, variam de forte a moderadamente ácidos (SANTOS et al., 2018).

Anjos e Pereira (2013) destacam que a classe dos Argissolos é a segunda mais expressiva do Estado do Rio de Janeiro. Os perfis são profundos (de 1,50 m a 2,50 m), bem a moderadamente drenados e, em virtude da diferença entre a textura e a permeabilidade à água do horizonte A para o B, são mais susceptíveis à erosão que os Latossolos, quando ambas as classes ocorrem na mesma paisagem. São encontrados em relevo que varia de suave-ondulado

a forte ondulado. A fertilidade natural é variável, podendo ser distróficos, eutróficos ou, em determinados casos, podem apresentar saturação por base elevada (igual ou superior a 50%) e com argila de alta atividade no horizonte B. De todo modo, os Argissolos, em geral, têm baixos valores de soma de bases e saturação por bases, com baixos níveis de fósforo e potássio.

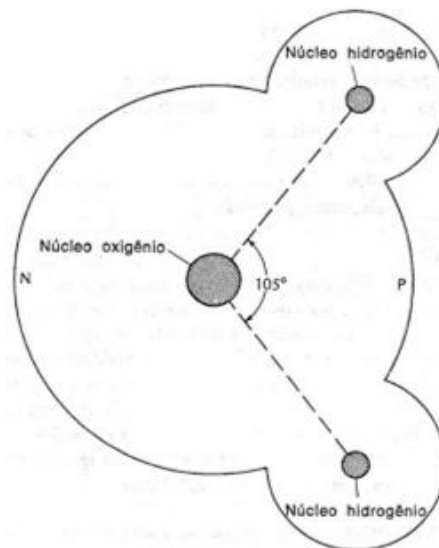
## 1.2 Água no solo

### 1.2.1 Características e propriedades

Sendo uma das mais importantes e abundantes substâncias da crosta da Terra, a água é fundamental para as diferentes formas de vida e pode ser encontrada na forma sólida, líquida e gasosa (REICHARDT, 1975). Coelho Netto (2007) aponta a importância da água na composição da paisagem terrestre e dentre suas múltiplas funções destaca seu papel como agente modelador do relevo.

No solo, a água participa ativamente de inúmeros processos, Brady (1989) atribui tal capacidade a sua estrutura molecular. A água é um composto químico formado por um átomo de oxigênio e dois átomos, muito menores, de hidrogênio. A estrutura de sua molécula (H-O-H) forma um arranjo assimétrico em forma de V (Figura 1). Desse modo, as moléculas de água apresentam polaridade, isto é, suas cargas não estão distribuídas uniformemente, por isso o lado em que estão os átomos de hidrogênio tende a ser eletropositivo e o outro lado, onde está o oxigênio, eletronegativo.

Figura 1 - Representação de uma molécula de água



Fonte: Brady, 1989, p.85.

A polaridade explica o motivo pelo qual as moléculas de água são atraídas por superfícies coloidais como as das argilas, carregadas negativamente e por cátions, como  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$   $Ca^{2+}$ , que possuem cargas elétricas positivas. A polaridade também promove a dissolução de sais na água, já que os seus componentes iônicos são mais atraídos pelas moléculas de água do que uns pelos outros (BRADY e WEIL, 2013).

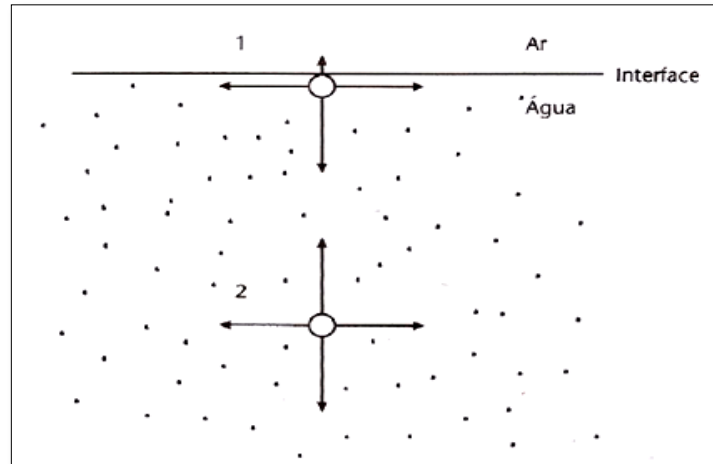
De acordo com Reichardt (1975) cada hidrogênio de uma molécula é atraído pelo oxigênio da molécula vizinha formando uma ligação secundária, denominada ponte de hidrogênio, que possui baixa energia de ligação. Assim, a água é constituída por uma cadeia de moléculas ligadas por pontes de hidrogênio. Brady e Weil (2013) afirmam que a partir da ligação de hidrogênio são explicadas duas forças básicas responsáveis pela retenção e movimento da água nos solos: a força de adesão, que se refere à atração das moléculas de água por superfícies sólidas; e a de coesão, que consiste na atração das moléculas de água uma pelas outras. Essas forças permitem aos sólidos do solo a retenção da água, bem como o seu controle e seu uso.

A tensão superficial é outra importante propriedade da água, influenciando seu comportamento no solo. Reichardt e Timm (2012) explicam que se trata de um fenômeno típico de uma interface líquido-ar, onde no interior do líquido as moléculas são atraídas em todas as direções por forças iguais, enquanto na superfície as moléculas são atraídas com mais força para o interior da fase líquida do que para a fase gasosa (Figura 2). Em outras palavras, na interface líquido-ar esta tensão ocorre, pois as moléculas de água possuem maior atração entre si (força de coesão) do que pelo ar, e o efeito disso é que a maioria dos líquidos se



comporta como se estivesse coberto por uma membrana elástica esticada (BRADY e WEIL, 2013).

Figura 2 – Esquema da diferença de forças em uma molécula de água



Legenda: (1) interface água-ar com forças de coesão não balanceadas; (2) no seio do líquido, forças balanceadas.

Fonte: Reichardt e Timm, 2012, p.12.

Em virtude deste desbalanceamento de forças resulta a tendência da superfície se contrair para o interior do líquido (REICHARDT e TIMM, 2012). Além disso, substâncias dissolvidas na água geram variações na tensão superficial, podendo aumentá-la ou reduzi-la (KLAR, 1984).

Outro importante fenômeno é o da capilaridade, sendo este responsável por parte considerável da retenção da água no solo e ocorre devido à atuação das forças de adesão e coesão (KLAR, 1984). A ascensão capilar varia de acordo com o diâmetro dos tubos capilares, de modo que quanto maior o diâmetro do tubo, menor a ascensão e vice-versa. No solo, o movimento capilar é condicionado pelo tamanho dos poros. Os menores tamanhos permitem maior retenção de água devido às forças de adesão e coesão, por isso a movimentação da água governada por forças capilares atua de modo diferente de acordo com a textura do solo (BRADY e WEIL, 2013).

### 1.2.2 Energia da água no solo

A retenção e a movimentação da água nos solos, a captação e transporte da água pelas plantas e sua liberação para a atmosfera são fenômenos que estão associados à energia. O movimento hídrico nos solos acontece de uma zona em que a energia livre da água é maior para outra em que a energia é menor. A energia livre refere-se à condição de energia da água, correspondendo ao somatório de todas as formas de energia disponíveis para o trabalho (potencial, cinética, entre outras) (BRADY, 1989).

Brady e Weil (2013) apontam três importantes forças que influenciam o nível de energia da água no solo. A força de adesão ou de atração das partículas sólidas do solo, gerando uma pressão que produz expressiva redução na energia livre. A força osmótica, em que os íons e outros solutos são atraídos pela água, resultando na diminuição do estado de energia da água na solução do solo. E a força da gravidade, que puxa o líquido para baixo, de modo que energia da água em um determinado ponto do perfil é maior do que em outro a uma altura mais baixa.

As duas principais formas de energia reconhecidas pela física clássica são a energia cinética e a energia potencial. Como a movimentação da água no solo ocorre de maneira muito lenta, a energia cinética é, em geral, desprezada. Por sua vez, a energia potencial, influenciada pela posição e condição interna da água, é fundamental para caracterizar o seu estado de energia (REICHARDT, 1975).

Diversas são as forças que interferem no potencial da água do solo. Nesse sentido, o potencial total corresponde à soma dos potenciais resultantes das forças que atuam sobre a água do solo, reduzindo seu nível de energia. As diferenças no potencial total da água entre diferentes pontos no solo originam seu movimento. (REICHARDT, 1975; BRADY, 1989; BRADY e WEIL, 2013).

O potencial total da água do solo é composto por uma série de componentes, dessa forma Reichardt e Timm (2012) apontam que ele pode ser expresso da seguinte forma:

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_g + \Psi_{os} + \Psi_m \quad (1)$$

em que:

$\Psi$  = potencial total da água do solo

$\Psi_p$  = componente de pressão

$\Psi_g$  = componente gravitacional

$\Psi_{os}$  = componente osmótica

$\Psi_m$  = componente matricial

Outras componentes podem contribuir para o potencial total da água no solo ( $\Psi$ ), mas são considerados de menor importância. (REICHARDT e TIMM 2012; BRADY e WEIL, 2013).

Reichardt (1975) explica que a componente de pressão aparece quando a pressão atuante sobre a água no solo é diferente e maior que a da água no estado padrão. A água que está no fundo de uma barragem, por exemplo, está sujeita ao peso da coluna d'água acima dela. No caso de um solo saturado também há uma carga de água atuando sobre o ponto considerado. O potencial de pressão só é considerado para pressões positivas, isto é, acima da atmosférica. Para as pressões negativas (tensões), subatmosféricas, considera-se a componente matricial. Assim, a componente de pressão só é relevante para solos saturados (REICHARDT 1975; REICHARDT e TIMM, 2012).

Uma vez que o campo gravitacional está sempre presente, a participação do potencial gravitacional ocorre de maneira contínua e a sua influência no potencial total é maior em solos saturados e/ou próximos da saturação (REICHARDT, 1975). Após chuvas ou irrigações abundantes a força da gravidade atua na remoção do excesso de água na porção superior do solo e na recarga das águas subterrâneas (BRADY e WEIL, 2013). O potencial gravitacional ( $\Psi_g$ ) vai perdendo importância (apesar de seu valor constante) com a diminuição de umidade, uma vez que a atuação do potencial matricial ( $\Psi_m$ ), nulo na condição de saturação, torna-se importante à medida que o solo perde água (REICHARDT e TIMM, 2012).

O potencial osmótico ( $\Psi_{os}$ ) está relacionado com a presença de solutos no solo ou, em outras palavras, refere-se à influência da solução do solo. As moléculas ou íons dos solutos são atraídos pelas moléculas de água, reduzindo a sua energia livre (BRADY, 1989). Considerando sua dinâmica de movimentação, a água tende a mover-se em direção a um ponto em que a concentração de solutos seja maior e, em decorrência disso, a sua energia seja menor. Entretanto, para que isto ocorra é preciso que exista uma membrana semipermeável entre as zonas com alto e baixo potencial osmótico, de modo que possibilite apenas a passagem da água. Caso não haja tal membrana a concentração se igualará devido à movimentação do soluto (BRADY e WEIL, 2013).

Como as diferentes zonas no solo não costumam ser separadas por membranas semipermeáveis, o potencial osmótico exerce pouco efeito sobre a movimentação da massa de

água dos solos. A participação do potencial osmótico no potencial total se dá de modo mais efetivo no processo de absorção de água pelas raízes das plantas, que estão isoladas da solução do solo por suas membranas celulares semipermeáveis (BRADY e WEIL, 2013). De acordo com Reichardt e Timm (2012) em condições normais no solo a concentração da solução é, praticamente, constante, e por isso não há deslocamento da água em função da presença de solutos. Por esses fatores, o potencial osmótico é desprezado e considerado não importante para o movimento da água no solo, não sendo inserido no cálculo potencial total ( $\Psi$ ).

O potencial matricial ( $\Psi_m$ ) resulta de forças capilares e de adsorção geradas a partir da interação entre a água e a matriz do solo, de modo que essas forças atraem e “fixam” a água no solo, reduzindo sua energia potencial com relação à água livre (REICHARDT, 1975). O potencial matricial é sempre negativo (por isso se refere muitas vezes a ele como sucção ou tensão da água no solo), atuando em solos não saturados situados acima do nível freático. A diferença entre potenciais matriciais em áreas vizinhas no solo promove o deslocamento da água, das áreas úmidas (estado de alta energia) em direção as áreas mais secas (estado de baixa energia). Apesar de este movimento acontecer de maneira lenta ele é de suma importância para o fornecimento de água para as raízes das plantas (BRADY e WEIL, 2013).

De acordo com Hillel (1998), o potencial de água no solo pode ser expresso na forma de energia por unidade de massa, energia por unidade de volume e energia por unidade de peso (carga hidráulica). Este último é mais simples e mais conveniente, podendo ser expresso a partir da altura, geralmente em centímetros (BRADY E WEIL, 2013) de uma coluna líquida de água, correspondente a uma determinada pressão. Hillel (1998) reforça que é comum a caracterização do estado da água no solo em termos de potencial de carga total, carga de potencial gravitacional e carga de potencial de pressão.

Segundo Reichardt e Timm (2012) o potencial total ( $\Psi$ ) pode ser simplificado sem a inclusão da componente osmótica. Ressaltam também que como o potencial de pressão e o potencial matricial referem-se a pressões (negativas e positivas, respectivamente) podem ser agrupados em uma única componente, cobrindo toda a faixa de pressões. Sendo assim, o potencial total de água do solo expresso na forma de carga hidráulica pode ser descrito conforme a expressão n°. 2 (HILLEL, 1998):

$$H = H_g + H_p \quad (2)$$

em que:

$H$  = carga total

$H_g$  = carga gravitacional

$H_p$  = carga de pressão

Desse modo, o potencial de carga total de água no solo ( $H$ ), geralmente referido como carga hidráulica, equivale à soma da carga gravitacional com a carga de pressão (HILLEL, 1998).

A carga gravitacional ( $H_g$ ) é determinada pela posição da água no campo gravitacional terrestre e medida a partir de um referencial de posição. Libardi (2005) explica que para se obter a carga de potencial gravitacional ( $\Psi_g$ ) da água no solo, utilizando a unidade carga hidráulica, basta medir a distância vertical do ponto considerado em relação ao ponto tomado como referência. E reforça que se tem um valor nulo no ponto de referência, um valor positivo acima e valor negativo abaixo dele.

### 1.2.3 Dinâmica da água no solo

Os principais movimentos da água no solo estão associados à fase líquida, apesar de em condições de solos mais secos os fluxos de vapor se tornarem importantes. O movimento nesta fase ocorre em resposta às diferenças de potencial total da água (REICHARDT e TIMM, 2012). Na fase líquida, registram-se dois tipos de movimento: fluxos saturados e fluxos não saturados (BRADY, 1989; REICHARDT E TIMM, 2012).

O fluxo saturado acontece quando os poros na porção mais úmida do solo estão completamente saturados, isto é, com todos os seus poros, grandes e pequenos cheios de água. Isso acontece em variadas situações onde ao menos parte do perfil do solo encontra-se com todos os seus poros cheios de água. As zonas superiores dos solos após fortes chuvas ou irrigação encontram-se muitas vezes saturadas. Em solos mal drenados, os horizontes mais profundos geralmente estão com seus poros saturados com água, até mesmo algumas porções de solo bem drenados situados acima de camadas estratificadas de argila podem se encontrar eventualmente saturados (BRADY, 1989; BRADY e WEIL, 2013).

Reichardt e Timm (2012) destacam que o fluxo não saturado ocorre quando o solo se encontra em uma condição de umidade abaixo do valor de saturação. Nesses casos os poros maiores encontram-se cheios de ar, de modo que a retenção e condução da água no solo ficam

sob a responsabilidade dos poros menores (BRADY E WEIL, 2013). Na maioria dos solos, ao menos parte dos poros contém certa quantidade de ar e de água, desenvolvendo-se, portanto, fluxos não saturados (BRADY, 1989). Nessas condições, o conteúdo de água e a tensão com que ela é retida podem ser bastante variáveis (BRADY e WEIL, 2013).

Darcy, em 1856, foi o primeiro a desenvolver uma equação que possibilitasse quantificar o movimento da água em materiais porosos saturados (LIBARDI, 2005 REICHARDT e TIMM, 2012). Libardi (2005) apresenta detalhadamente o experimento realizado por Darcy, que consistiu, basicamente, em analisar a movimentação vertical da água em filtros de areia homogênea sob condições de saturação. Segundo o autor, Darcy obteve as seguintes conclusões:

- A) A vazão  $Q$ , isto é, o volume de solução que atravessa a coluna por unidade de tempo, é proporcional à área  $A$  de sua seção transversal:  $Q \propto A$ ;
- B) A vazão  $Q$  é proporcional à diferença entre as cargas piezométricas ( $h_1 - h_2$ ) que atuam nas extremidades da coluna:  $Q \propto (h_1 - h_2)$ ;
- C) a vazão  $Q$  é inversamente proporcional ao comprimento  $L$  do filtro de areia:  

$$Q \propto \frac{1}{L} .$$

Sendo assim, a combinação das conclusões de Darcy resultam em:  $Q \propto A \frac{h_1 - h_2}{L}$

Ao substituir o símbolo de proporcionalidade  $\propto$  por uma constante de proporcionalidade  $K$ , Libardi (2005) afirma que se obtém a fórmula ou lei de Darcy, conforme expressão n°. 3:

$$Q = KA \frac{h_1 - h_2}{L} \quad (3)$$

Nesse sentido,  $K$  corresponde a uma propriedade do meio poroso que revela a rapidez com que um líquido atravessa esse meio, e essa constante é chamada de condutividade hidráulica (LIBARDI, 2005). Reichardt (1975) considera que a equação de Darcy revela que a densidade do fluxo é proporcional à força que atua sobre a água, isto é, gradiente de potencial.

Dito isto, chega-se a uma expressão comumente utilizada para o cálculo do fluxo de água sob condições saturadas, conforme evidenciada por Brady (1989):

$$V = kf \quad (4)$$

em que

$V$  = volume total de água movimentado na unidade de tempo

$K$  = condutividade hidráulica do solo

$f$  = força motora da água (gradiente de potencial)

Décadas depois a equação de Darcy foi adaptada para solos não saturados, recebendo o nome de equação de Darcy-Buckingham e mesmo com suas limitações, Reichardt (1975) e Reichardt e Timm (2012) consideram ser a que melhor descreve o fluxo de água no solo. Contudo, os autores ressaltam que os processos de fluxo não saturado, de modo geral, são complicados e de difícil descrição quantitativa.

#### 1.2.4 Condutividade hidráulica

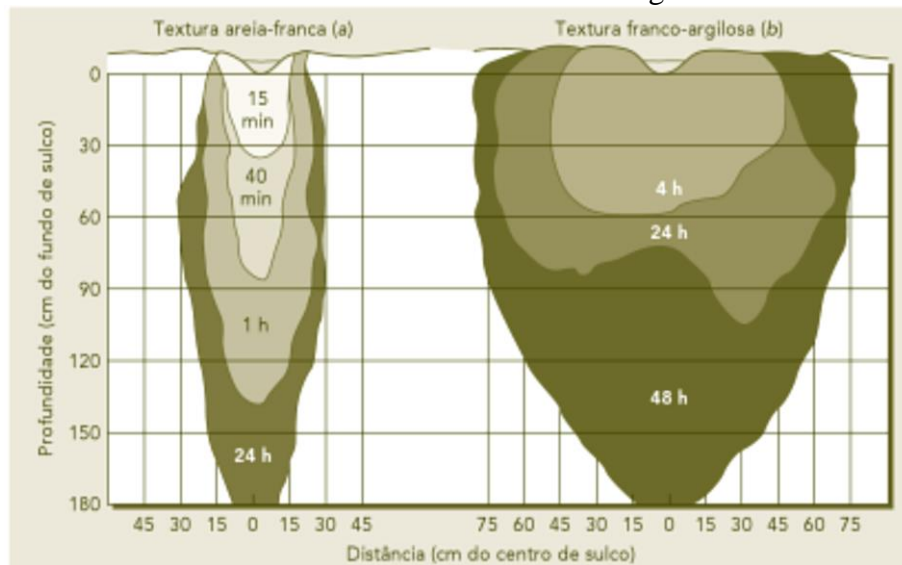
Sendo uma propriedade que evidencia a facilidade com que a água nele se movimenta, a condutividade hidráulica do solo possui grande relevância para o uso agrícola, bem como para a preservação do solo (GONÇALVES & LIBARDI, 2013).

Em geral a condutividade hidráulica de um solo saturado é simbolizada por  $K_0$ , sendo este o valor máximo de  $K$ , que diminui rapidamente com o decréscimo de umidade (REICHARDT E TIMM, 2012). Nesse sentido, conforme o solo vai saindo da condição de saturação a condutividade hidráulica vai diminuindo, e a participação do potencial matricial torna-se cada vez maior, elevando o nível de tensão no qual a água é retida.

De acordo com Brady e Weil (2013), as unidades em que a condutividade hidráulica saturada é medida são comprimento/tempo, geralmente cm/s ou cm/h. Os autores chamam atenção para o fato de que o fluxo saturado não acontece unicamente para baixo, tendo em vista que a força hidráulica pode gerar um fluxo horizontal ou também ascendente, como acontece, por exemplo, quando a água subterrânea brota em uma corrente.

Por meio da Figura 3 é possível observar um exemplo de fluxo descendente e horizontal, a partir de um sulco de irrigação em dois solos com texturas distintas, sendo um areia-franca e outro franco-argilosa. Observa-se que o fluxo descendente acontece de modo muito mais rápido no solo de textura areia-franca. Em contrapartida, o movimento horizontal, em sua maior parte por fluxo não saturado, foi muito mais expressivo no solo de textura franco-argilosa.

Figura 3 – Taxas comparativas do movimento da água de irrigação em solo franco-arenoso e em um franco-argiloso



Fonte: Brady e Weil, 2013, p.162.

Libardi (2005) aponta que a condutividade hidráulica depende das propriedades do fluido e do meio poroso. No que se refere ao fluido, a viscosidade é a propriedade relevante que interfere na condutividade, de maneira que para uma mesma matriz porosa quanto maior a viscosidade, menor a condutividade<sup>1</sup>. Tendo em vista que o solo é o meio poroso em questão, segundo o autor, todas as propriedades que influem na “geometria porosa do solo” interferem na condutividade e pode-se destacar a distribuição e forma de suas partículas, a tortuosidade, a porosidade, entre outras. Isto se aplica para solos saturados e não saturados (HILLEL, 1998). Assim, a condutividade hidráulica varia enormemente de um solo para outro e até para o mesmo solo com variações estruturais, compactação, etc. (REICHARDT, 1975).

Nessa perspectiva, Reichardt (1975) reforça que a condutividade hidráulica é certamente afetada pela estrutura e textura do solo, sendo maior em solo muito poroso, fraturado ou agregado e menor em solos densos e compactados. Reichardt e Timm (2012) consideram que a condutividade hidráulica não depende unicamente da porosidade total, mas especialmente das dimensões dos poros e da atividade das argilas que os formam. Segundo Hillel (1998) é provável que um meio de alta porosidade total com numerosos poros estreitos exiba uma condutividade hidráulica saturada inferior a um meio de menor porosidade total, porém com mais poros maiores. Dessa forma, por exemplo, um solo arenoso pode apresentar

<sup>1</sup> A viscosidade pode ser entendida como uma propriedade do fluido que determina o seu grau de resistência ao deslocamento mútuo de suas partículas (GOMES, 2012).



maior condutividade hidráulica do que um solo argiloso, apesar do primeiro possuir porosidade total menor que o último (REICHARDT e TIMM, 2012).

Para Hillel (1998) além da força gravitacional, que independe da umidade do solo, a principal força que impulsiona o fluxo da água em um solo saturado é o gradiente de potencial de pressão positiva. Reichardt e Timm (2012) ressaltam que em um solo saturado a água estará sempre sob pressões positivas ou nulas, nunca negativas. Segundo Brady (1989), outro fator de grande importância para o fluxo da água sob condições de saturação é a capacidade dos poros de possibilitar o movimento da água, isto é, condutividade hidráulica. Para um solo saturado, considera-se que a condutividade hidráulica é essencialmente constante, sendo dependente do tamanho e configuração dos poros.

Em solos saturados os macroporos respondem por quase todo o movimento da água, sendo a interconexão dos poros bastante importante, uma vez que não conectados dificultam a movimentação da água. A presença de bioporos, criados por atividades de raízes, minhocas e outros organismos, são bastante influentes na condutividade hidráulica saturada nos horizontes do solo. Os macroporos podem também estar associados ao desenvolvimento de um fluxo preferencial ao longo do perfil, que pode acontecer quando são contínuos da superfície até a porção inferior do perfil, ou a partir da presença de bioporos, ou, ainda, devido à contração de argilas. (BRADY e WEIL, 2013).

Por normalmente possuírem mais macroporos, solos com textura arenosa apresentam condutividades hidráulicas saturadas maiores em relação aos solos argilosos. A estabilidade das unidades estruturais do solo (agregados) também influencia a movimentação da água. Dessa maneira, os solos que possuem agregados granulares estáveis conduzem a água com mais rapidez do que aqueles com estruturas instáveis, que se desfazem quando são molhadas. Além disso, solos cobertos por vegetação perene costumam apresentar condutividade hidráulica saturada maior que solos cultivados anualmente, evidenciando a influência do manejo no movimento da água no solo (BRADY E WEIL, 2013).

No caso dos fluxos não saturados, além da força gravitacional a água está sujeita a pressão subatmosférica, ou sucção matricial, isto é, a um potencial de pressão negativo. O gradiente desse potencial constitui-se como uma força que impulsiona o movimento da água (HILLEL, 1998; REICHARDT e TIMM, 2012). Nesse sentido, por exemplo, o fluxo não saturado acontece de uma zona de películas espessas de água com alto potencial matricial (-1 kPa), para uma de películas finas de menor potencial matricial (-100 kPa).

Reichardt e Timm (2012) afirmam que a maioria dos processos envolvendo o movimento de água no solo acontece em condições não saturadas. Contudo, apontam que os

processos relacionados aos fluxos não saturados são, em geral, complicados, sendo a sua descrição quantitativa mais difícil, demandando muitas vezes o uso de métodos complexos de análise matemática. As variações da umidade do solo durante seu movimento estão relacionadas a funções complexas entre as variáveis: umidade, potencial total e a condutividade hidráulica (REICHARDT, 1975 REICHARDT e TIMM, 2012).

Brady (1989) comenta sobre a dinâmica da água em alguns solos estratificados, isto é, que não apresentam uniformidade ao longo do perfil com relação à textura e estrutura. O autor afirma que é comum encontrar no terreno camadas cuja composição física difere do horizonte sobrejacente, gerando considerável influência na movimentação da água. Nesse caso, considerando um solo estratificado, em que as camadas possuem diferentes condutividades hidráulicas, o fluxo da água será limitado pela camada de menor condutividade hidráulica saturada ( $K_0$ ) (REICHARDT e TIMM, 2012).

### 1.3 Erosão Hídrica

A erosão dos solos é uma questão conhecida pela humanidade em diferentes partes do mundo há muitos séculos. Ela é caracterizada como geológica quando decorre de fenômenos naturais que agem continuamente na crosta terrestre, sendo esta benéfica para a formação do solo. Quando as ações humanas desequilibram as condições naturais desse processo, tem origem a erosão acelerada (PRUSKI, 2009; BERTOL; CASSOL; BARBOSA, 2019).

Pruski (2009) considera que a erosão hídrica, propriamente dita, pode ser dividida nas seguintes fases: desagregação, transporte e deposição. Os principais agentes que atuam na erosão dos solos são a água e o vento, caracterizando a erosão hídrica e a erosão eólica, respectivamente (BERTONI LOMBARDI NETO, 2008; PRUSKI, 2009).

Segundo Bertol, Cassol e Barbosa (2019) a erosão hídrica pluvial é a que mais predomina no Brasil e no restante do mundo. Nas áreas com clima tropical os problemas erosivos se agravam, uma vez que os índices pluviométricos nessas regiões são mais elevados e, em muitas dessas áreas, as chuvas são concentradas em estações específicas do ano (GUERRA, 2007a).

A dinâmica erosiva se inicia quando as gotas de chuva chegam ao solo e de acordo com a energia cinética associada a elas, a ação do *splash* (também conhecido como erosão por salpicamento) pode ocorrer com maior ou menor facilidade, iniciando a dinâmica erosiva. O

*splash* atua na ruptura dos agregados, desintegrando as partículas de solo e favorecendo seu transporte pelo escoamento superficial. Uma vez que a água da chuva chega ao solo ela pode ser armazenada em pequenas depressões ou infiltrar-se no solo (GUERRA, 2007a).

A infiltração consiste no processo físico pela qual a água da chuva entra no solo, e a capacidade de infiltração é definida como a quantidade máxima de água que pode infiltrar em um determinado solo, em certo intervalo de tempo (HORTON, 1933; PRUSKI, 2009). O processo de infiltração possui grande importância prática, uma vez que sua taxa ou velocidade muitas vezes determina o escoamento superficial ou enxurrada (REICHARDT e TIMM, 2012).

Quando a intensidade da precipitação que atinge o solo é menor do que a capacidade de infiltração, toda água penetra no solo, ocasionando progressiva diminuição na própria capacidade de infiltração. À medida que a precipitação continua, a partir de um tempo a taxa de infiltração iguala-se à capacidade de infiltração, decrescendo com o tempo e tendendo a um valor constante, caracterizado como condutividade hidráulica do solo saturado ( $K_s$ ). Quando a intensidade de precipitação excede a capacidade de infiltração inicia-se o processo de escoamento superficial (PRUSKI, 2009).

Uma vez que o escoamento superficial converge para microdepressões do terreno ocorre o fluxo concentrado, formando sulcos, ravinas, e até voçorocas (OLIVEIRA, 2007). Conforme apontam Bertoni e Lombardi Neto (2008) a erosão em sulcos é provocada por chuvas de grande intensidade em terrenos de grande declividade, sendo mais percebida no terreno. Em suas fases mais avançadas esses sulcos geram maiores transtornos para a produção agrícola.

As perdas decorrentes do processo erosivo acarretam em inúmeros prejuízos, sejam eles de ordem ambiental ou social. A erosão hídrica promove a perda do solo que em geral é mais fértil, além do húmus e de fertilizantes, que podem ter sido aplicados. Uma grande problemática é a redução da capacidade produtiva das terras e da redução da área agricultável, gerando aumento dos custos da produção e redução dos lucros dos agricultores (BERTONI e LOMBARDI NETTO, 2008; PRUSKI, 2009).

### 1.3.1 Fatores controladores do processo erosivo

São considerados fatores controladores aqueles que determinam as variações das taxas de erosão, é em virtude da interação deles que algumas áreas erodem mais e outras menos (GUERRA, 2007b). Sendo assim, podem-se destacar fatores como as características da chuva, das encostas, a capacidade do solo de absorver água, a resistência do solo à ação erosiva da chuva e a densidade da cobertura vegetal. Além desses, considera-se que a ação humana também pode alterar esses fatores, acelerando ou retardando os processos erosivos (GUERRA 2007b; TAVARES FILHO, 2016).

A erosividade da chuva consiste na habilidade que a chuva tem de causar erosão (HUDSON, 1961 apud STOCKING e ELWELL, 1976). Conforme afirma Pruski (2009) a ação erosiva da chuva provém tanto do impacto das suas gotas sobre a superfície do solo quanto pela sua capacidade de produzir o escoamento superficial. Bertoni e Lombardi Neto (2008) ressaltam que o volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração, frequência da chuva, sendo a intensidade o fator mais importante. Sendo assim, quanto maior a intensidade da chuva, maior a perda por erosão.

A velocidade máxima de infiltração durante um evento de chuva ocorre no começo, decrescendo rapidamente com o passar do tempo, assim quanto maior for essa velocidade, menor será a intensidade da enxurrada e a erosão. A capacidade de infiltração é influenciada diretamente por variáveis como a umidade antecedente, a presença de cobertura vegetal, a textura, o grau de agregação e o manejo do solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008).

A erodibilidade do solo expressa a sua susceptibilidade à erosão, trata-se de uma propriedade intrínseca que depende da capacidade de infiltração e de armazenamento da água, bem como das forças de resistência do solo à ação da chuva e do escoamento superficial (PRUSKI, 2009). No que se refere às propriedades que afetam a erosão dos solos, Guerra (2007b) resalta a textura, a densidade aparente, a porosidade, o teor de matéria orgânica, o teor e estabilidade dos agregados e o pH.

Guerra (2007b) expõe que quando os agregados possuem alta estabilidade eles contribuem para: a redução da erodibilidade do solo favorecendo, assim, o aumento da porosidade, a elevação das taxas de infiltração e a redução do escoamento superficial, além de tornar o solo mais resistente ao impacto direto das gotas de chuvas (GUERRA, 2007b). Tendo em vista o potencial da matéria orgânica para a agregação e a estabilidade dos agregados

(CASTRO FILHO, MUZILLI, PODANOSCHI, 1998; SALOMÃO, 2007), destaca-se que maiores teores de matéria orgânica contribuem para minimização da erodibilidade dos solos.

Knapp (1978) evidencia como a estrutura do solo influencia no direcionamento e no tempo de viagem dos fluxos de água. Ele demonstra que: 1) a estrutura granular apresenta grande número de poros bem conectados, permitindo fluxo em todas as direções; 2) a estrutura em blocos possui muitos poros, porém apresenta mais poros de menor tamanho e o movimento dos fluxos ocorre em todas as direções; 3) a estrutura prismática geralmente apresenta poros grandes e bem definidos no sentido vertical, favorecendo o fluxo neste mesmo sentido; 4) a estrutura em placas comumente apresenta poros grandes mal definidos, com orientação lateral e os fluxos preferencialmente se dão na direção horizontal. Desse modo, de acordo com o arranjo espacial dos grãos a percolação da água no solo pode ser mais rápida ou não, influenciando na capacidade de infiltração do solo (BERTOLINO, 2004).

Tratando-se da cobertura vegetal, Salomão (2007) afirma que ela consiste em um mecanismo natural de defesa de um terreno contra a erosão. Os solos desprovidos dessa cobertura ficam expostos e são mais facilmente erodidos. A densidade da cobertura vegetal pode influenciar na redução das perdas erosivas e do escoamento superficial de diferentes formas. Ressalta-se a participação da vegetação na interceptação das chuvas, diminuindo a velocidade com que as gotas de chuva chegam ao solo; no aumento da infiltração, por intermédio da decomposição das raízes que formam canalículos no solo; na contribuição para a formação e aumento da estabilidade dos agregados do solo a partir do incremento de matéria orgânica (GUERRA, 2007b; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008).

#### **1.4 Cobertura vegetal**

As plantas podem ser caracterizadas como fonte geradora de energia e matéria para o solo, uma vez que ocorre adição de compostos orgânicos provenientes da parte aérea e das raízes. A contribuição da parte aérea ocorre ao final do ciclo vegetativo da cultura, uma vez que após a morte, a planta deposita-se sobre o solo. A partir deste momento tem início o processo de decomposição dos seus tecidos pela biota edáfica. As raízes, por outro lado, contribuem de modo contínuo durante o ciclo vegetativo da planta, pois estão em constante crescimento buscando aumentar a área de captação de água e de nutrientes, bem como sustentar fisicamente a parte aérea (VEZZANI e MIELNICZUK, 2011).

Nesta perspectiva, considerando a importância da cobertura vegetal para a proteção do solo, serão apresentadas a seguir características morfológicas e agrônômicas das espécies selecionadas de acordo com os objetivos deste estudo.

#### 1.4.1 Cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*)

De acordo com Calegari et al. (1992) a cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) pertence à família *Leguminosae*, subfamília *Papilionoideae*, tribo *Phaseoleae* e tem origem no Sudeste da Ásia, Malásia e Indonésia.

Trata-se de uma leguminosa de talos rasteiros, cilíndricos, possuindo alguns metros de comprimento. Suas folhas são trifoliadas com folíolos inteiros e três lóbulos distintos, verdes na superfície superior, prateadas e pilosas na inferior. O florescimento ocorre no outono, sendo as flores violetas, distribuídas em forma de racemos com maturação paulatina, acarretando em uma maturação desuniforme. O fruto é uma vagem deiscente, possuindo coloração verde quando nova e preta quando seca. As sementes possuem cor castanho-avermelhada, marrom ou amarelada. Em geral, a vagem comporta 10 a 12 sementes duras e impermeáveis quando maduras (CALEGARI et al., 1992).

Cerca de 80 a 95% das sementes são duras, demandando um pré-tratamento para que as sementes possam absorver umidade e germinar. Um dos métodos é a quebra da dormência das sementes por meio da imersão em água a 75 °C, por 15 minutos (VALENTIM e CARNEIRO, 1998). A semeadura pode ser feita a lanço ou em linhas, com 0,5 a 1m de espaçamento. Além disso, a propagação pode ser feita através das “coroas”, que consistem em nodosidades que aparecem quando os ramos estão em contato com o solo. Recomenda-se que o plantio seja feito na época das chuvas entre setembro e dezembro (CALEGARI et al., 1992).

Trata-se de uma planta perene, de clima tropical, apesar de desenvolver-se em regiões subtropicais. Normalmente apresenta melhor desenvolvimento em locais úmidos, quentes, montanhosos, com precipitação anual entre 900 a 2.000 mm, temperatura não inferior a 18 °C e com altitude variando desde o nível do mar até 2000 m. A cudzu tropical é resistente à seca, desde que não excessivamente prolongada. Em geral, prefere solos argilosos e de textura média, tolera solos ácidos e deficientes em cálcio e fósforo. É uma leguminosa que possui um sistema radicular amplo e profundo, com boa capacidade de fixação de nitrogênio (CALEGARI et al., 1992).

A cudzu tropical é apontada como uma das plantas melhoradoras do solo, contribuindo para melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, sendo recomendada para a cobertura permanente do solo (BORGES; SOUZA; CARVALHO, 2004). Contudo, por apresentar hábito de crescimento volúvel, a cudzu tropical pode atuar como trepadeira (ESPINDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 2005). Dessa forma, quando empregada como adubo verde, pode ser necessário o corte dos ramos para não prejudicar a cultura principal (CALEGARI et al., 1992).

#### 1.4.2 Feijão guandu (*Cajanus cajan*)

O guandu (*Cajanus cajan*) pertence à família *Leguminosae*, subfamília *Papilionoideae*, tribo *Phaseoleae* (CALEGARI et al., 1992). No Brasil, o guandu é comumente chamado de andu ou guando nas regiões Norte e Nordeste, e de guandu ou feijão-guandu, no Centro-Oeste (VIEIRA e SALGADO, 1992).

Trata-se de uma leguminosa arbustiva normalmente com 1 a 2 metros de altura, suas folhas são constituídas por três folíolos ovais alongados (SANTOS et al., 2005). Apresentam inflorescências em racemos menores que as folhas, flores amarelas ou amarelas com estrias avermelhadas ou roxas. A vagem possui coloração castanha, verde, verde com estrias castanhas, contendo entre quatro a sete sementes, cuja coloração é variável, podendo ser marrom, acinzentada, creme ou roxa (CALEGARI et al., 1992).

Originária da Índia e África Ocidental, o guandu é uma planta anual, bianual ou semiperene, que atinge entre dois a três anos quando podada anualmente. Desenvolve-se bem em solos tropicais e subtropicais, sendo bastante resistente à seca. As temperaturas médias mais favoráveis para o desenvolvimento desta espécie estão entre 20 e 30 °C, necessitando ao menos de 500 mm anuais de precipitação (CALEGARI et al., 1992).

O guandu apresenta bom desenvolvimento em solos arenosos e argilosos, não tolerando umidade excessiva nas raízes. É pouco exigente quanto à fertilidade, desenvolvendo-se em solos com pH de 5 a 8. Trata-se de uma planta rústica que pode ser utilizada para a adubação verde, para a produção de grãos ou forrageira rica em proteínas para a alimentação animal. A semeadura pode ser feita a lanço, em linhas ou em covas. O plantio do guandu pode ser exclusivo ou consorciado com milho, mandioca, entre outras, ou também

intercalado com frutíferas e a outras culturas perenes. Recomenda-se que o plantio a partir de setembro até dezembro nos locais onde ocorrem geadas (CALEGARI et al., 1992).

Seu sistema radicular é constituído de raízes profundas, ramificadas, fortes, com uma raiz pivotante e várias secundárias bem desenvolvidas. Tais características contribuem para que o guandu seja capaz de resistir ao estresse hídrico e favorecem o rompimento de camadas adensadas do solo. Por este motivo o guandu recebeu a denominação de “arado biológico”. Além disso, destaca-se que esta espécie de leguminosa também atua na melhoria dos solos por intermédio da incorporação de matéria orgânica com altos teores de nitrogênio (NENE; SHEILA, 1990 apud SANTOS et al., 2005).

#### 1.4.3 Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

A mandioca pertence à ordem *Malpighiales*, família *Euphorbiaceae*, gênero *Manihot* e espécie *Manihot esculenta* Crantz (CARVALHO, 2006), sendo uma planta de origem sul-americana, sendo cultivada pelos povos nativos desse continente (SOUZA e SOUZA, 2000). A cultura da mandioca apresenta ampla diversidade genética, concentrada principalmente na América Latina e Caribe.

Trata-se de uma cultura amplamente cultivada no território brasileiro, especialmente por pequenos produtores. As regiões norte e nordeste são as maiores produtoras do país. Além da raiz, outros dois produtos derivados da mandioca são a farinha e a fécula ou polvilho, que consiste em um pó branco, sem cheiro ou sabor, comercializado para uso doméstico ou como insumo industrial utilizado para dar consistência em alimentos como molhos, pudins, sorvete, entre outros usos (COELHO, 2018).

A mandioca encontra condições favoráveis para o seu desenvolvimento nos climas tropicais e subtropicais, sendo cultivada entre as latitudes 30°N e 30°S. Suporta altitudes que variam desde o nível do mar até cerca de 2.300 metros, porém as regiões com altitudes de até 600 a 800 metros são as mais favoráveis. A faixa ideal de temperatura situa-se entre 20 a 27 °C (média anual), e a faixa de ideal de precipitação está entre 1.000 a 1.500 mm/ano, bem distribuídos. A cultura desenvolve-se melhor em solos profundos e friáveis, sendo ideais os solos arenosos ou de textura média, pois facilitam o desenvolvimento das raízes. A faixa favorável de pH está entre 5,5 a 7 (SOUZA e SOUZA, 2000). A mandioca possui grande capacidade de adaptação ao teor de água no solo, contudo condições de encharcamento ou



prolongados períodos de seca resultam na redução da produtividade média do cultivo (SOUZA; SOUZA; GOMES, 2006).

A altura da planta de mandioca pode variar bastante e depende do tipo de ramificação. Quando originadas de sementes, as plantas tendem a um porte ereto, com apenas uma haste comprida e pouco ramificada. Por sua vez, quando propagadas vegetativamente, a haste divide-se a certa altura em duas, três ou mais ramificações, embora em determinados genótipos ela permaneça única. A coloração do caule varia entre os diversos genótipos e de acordo com a idade da planta. Destaca-se que as regiões mais jovens, apresentam diferentes tonalidades de verde, vermelho claro, pardo e outros. As inflorescências são formadas na extremidade superior das hastes, geralmente onde ocorre a ramificação das mesmas. As flores masculinas encontram-se na parte superior das inflorescências, enquanto as inferiores são encontradas na porção basal (CARVALHO e FUKUDA, 2006).

Embora a mandioca seja resistente à seca, recomenda-se que o plantio seja feito no início da época de chuvas (MATTOS, 2006). A forma mais comum de propagação da mandioca é a vegetativa ou assexuada, feita por meio da sementeira de pedaços do caule, denominados manivas-semente ou, apenas, manivas (MATTOS; SOUZA; FERREIRA FILHO, 2006). A configuração do sistema radicular da mandioca difere de acordo com a forma de propagação. Nesse sentido, destaca-se que as plantas propagadas de forma assexuada apresentam um sistema radicular tuberoso, responsável pelo armazenamento de amido e um sistema radicular fibroso, ramificado, formado a partir da maniva-mãe.

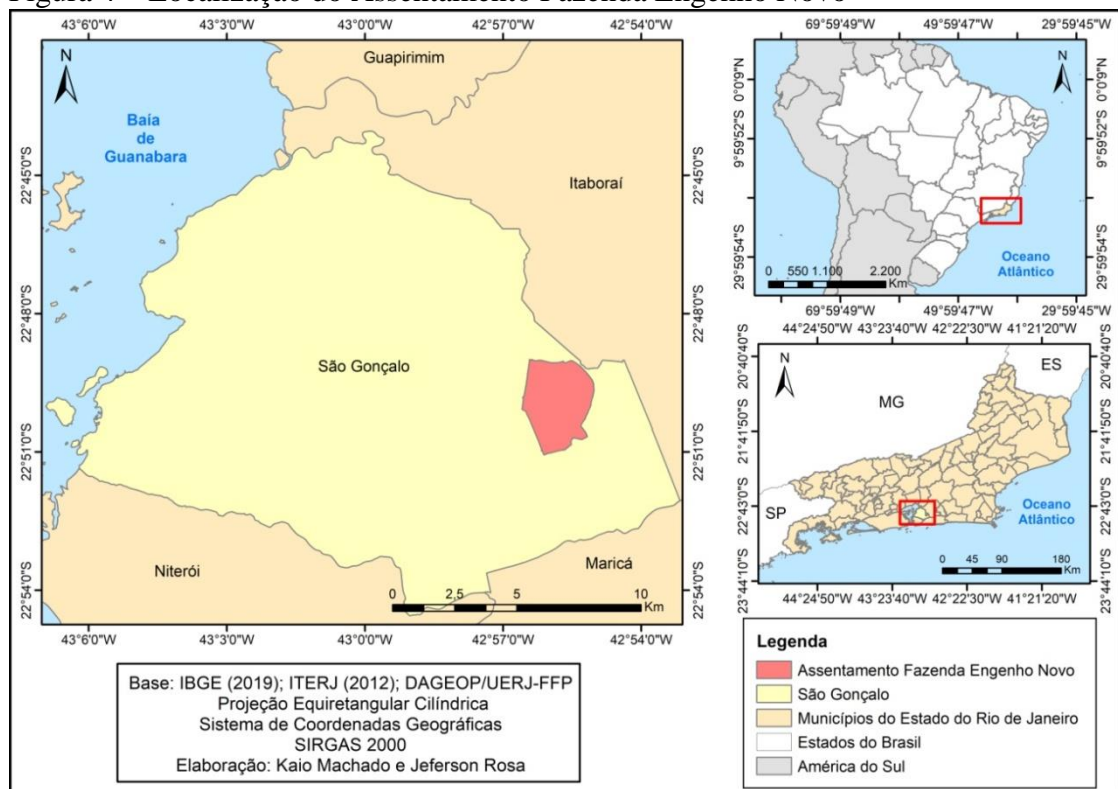
## 2 ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 Caracterização geral e histórica

O presente trabalho vem sendo desenvolvido em uma área situada no Assentamento Fazenda Engenho Novo (AFEN), no distrito de Monjolos, no município de São Gonçalo – RJ. Por meio da Figura 4 pode-se visualizar a localização do Assentamento no município. A área de estudo situa-se na bacia do rio Aldeia, conforme apresentada na Figura 5.

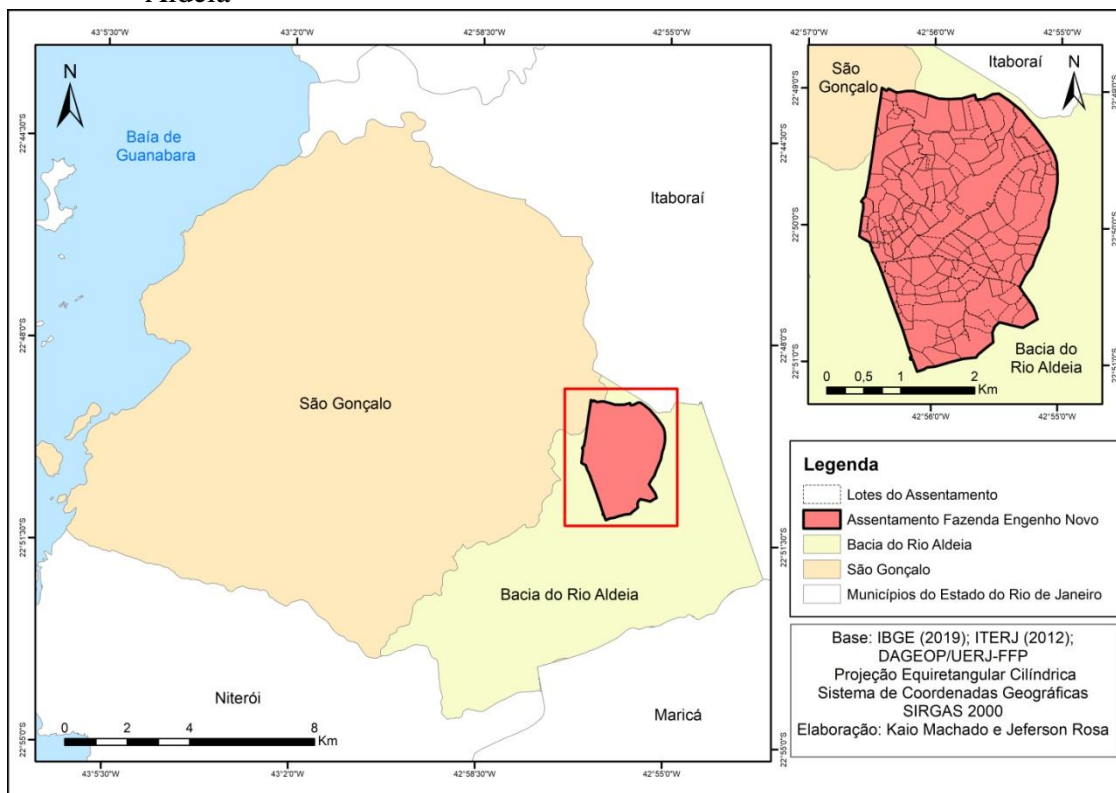
Conforme descrito do Plano Municipal de Redução de Riscos, desenvolvido pela Prefeitura Municipal de São Gonçalo (PMSG) em parceria com a Universidade Federal Fluminense (UFF), em 2006, a sub-bacia do Aldeia é a segunda maior do município, abrangendo uma área de 69,27 km<sup>2</sup>. Seu principal rio é o Aldeia que nasce no bairro de Ipiíba localizado no município de São Gonçalo e possui uma extensão de 8,47 km somente nesse município. Atravessa os municípios de São Gonçalo e Itaboraí, desaguando no rio Macacu, em Itaboraí (PMSG e UFF, 2006).

Figura 4 – Localização do Assentamento Fazenda Engenho Novo



Fonte: O autor, 2020.

Figura 5 – Localização do Assentamento Fazenda Engenho Novo na Bacia do Rio Aldeia



Fonte: O autor, 2020.

O município de São Gonçalo está inserido na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, possui uma área total de 248,4 km<sup>2</sup> (o que corresponde a 5% da área total da Região Metropolitana), e situa-se no lado oriental da Baía de Guanabara, possuindo como municípios vizinhos Itaboraí, Maricá e Niterói (PMSG, 2020). Em 2010, ocasião do último censo, a população era de 999.728 habitantes, e a população estimada para o município para 2020 é 1.091.737 pessoas (IBGE, 2017).

Historicamente, a agricultura teve grande importância econômica para o município de São Gonçalo. Silva e Molina (1998) destacam, por exemplo, que no século XVII ocorreu o apogeu da produção de cana-de-açúcar. Além disso, os autores relembram que os cafezais fluminenses tiveram suas origens em São Gonçalo e Resende.

A Fazenda Engenho Novo contribuiu bastante para a economia gonçalense entre os séculos XIX e XX, chegando a exportar citrus para países da América Latina e Europa. O proprietário mais ilustre foi Berlamino Ricardo de Siqueira, o Barão de São Gonçalo, grande latifundiário amigo próximo de D. Pedro II (AZEVEDO, 2015).

Em virtude da importância arquitetônica, cultural e histórica a Fazenda Engenho Novo, que se localiza na Estrada do Rio Frio, s/n, em Monjolos - SG foi tombada pelo

Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (INEPAC) em 1998. Apesar disso, após o tombamento, ocorreram inúmeros atos de furtos e vandalismo, ocasionando um intenso processo de arruinamento do conjunto arquitetônico. Somente a partir de 2011 o governo do Estado do Rio de Janeiro iniciou ações de escoramento das ruínas e obras de restauração na antiga sede da Fazenda (RANGEL e PINHEIRO, 2017). Por meio da Figura 6 pode-se observar o conjunto arquitetônico da Fazenda Engenho Novo, bem como as mudanças em sua estrutura desde o tombamento até as obras de restauração.

Figura 6 – Conjunto arquitetônico da Fazenda Engenho Novo



Fonte: Rangel e Pinheiro, 2017, p.5.

Após a morte do Barão de São Gonçalo em 1873, a Fazenda permaneceu com família Serrado até ser vendida em 1989 para o Sr. Deusdérito Belmont Netto. A partir disso, inúmeros conflitos ocorreram entre os meeiros e arrendatários da família Serrado e o novo proprietário, que estava mais preocupado com a exploração de areola do que com as atividades agropastoris. Diante do conflito e das ameaças de expulsão sofridas pelos meeiros, o Instituto de Terras do Estado do Rio de Janeiro (ITERJ) desapropriou a área e fez a divisão dos lotes, criando o Assentamento Rural Fazenda Engenho Novo, em 1993 (AZEVEDO, 2015).

Nesse contexto, o presente Assentamento Rural constitui-se um projeto de assentamento de reforma agrária gerido ITERJ ocupando uma área de 700 ha na bacia do Rio Aldeia, abrigando mais de 130 famílias. Mesmo diante do intenso processo de urbanização observado em São Gonçalo, ela se destaca por ser um dos remanescentes das áreas rurais no município e um polo da agricultura familiar (IGREJA JUNIOR, 2015).

A Figura 7 apresenta uma visão geral da área de estudo, em que é possível observar parte da paisagem do Assentamento e a localização da Estação Experimental de Pesquisa de Erosão / Assentamento Fazenda Engenho Novo (EEPE/AFEN).

Figura 7 – Visão ampla da área de estudo, com a Serra de Itaitindiba ao fundo



Fonte: O autor, 2020.

Passos et al. (2010) desenvolveu uma pesquisa voltada para o diagnóstico socioeconômico e ambiental da comunidade que reside na área do Assentamento Engenho Novo e apontou que a produção agrícola, em sua maioria, desenvolve-se a partir de mão de obra familiar, com culturas voltadas para a subsistência e comercialização de excedentes. Segundo relatos de alguns agricultores locais, durante conversas informais, atualmente pode-se destacar no Assentamento a produção de citrus (laranja, tangerina), tomate, hortaliças, aipim, cana-de-açúcar e melado, além da criação de gado leiteiro, galinhas e a produção de queijo e ovos.

### 2.1.1 Estação Experimental de Pesquisa de Erosão Assentamento Fazenda Engenho Novo

Convém, inicialmente, fazer um breve resgate histórico acerca da criação da presente Estação Experimental. As experiências desenvolvidas pela agricultora assentada Lucía Teixeira Brasileiro, entre 2009 e 2012, buscando superar as limitações do solo na sua propriedade, inspirou o desenvolvimento de estudos no local e a criação da EEPE/AFEN. A agricultora, gentilmente, disponibilizou uma parte da sua propriedade (Sítio Carvalho de Justiça) para o desenvolvimento das pesquisas (IGREJA JUNIOR, 2015).

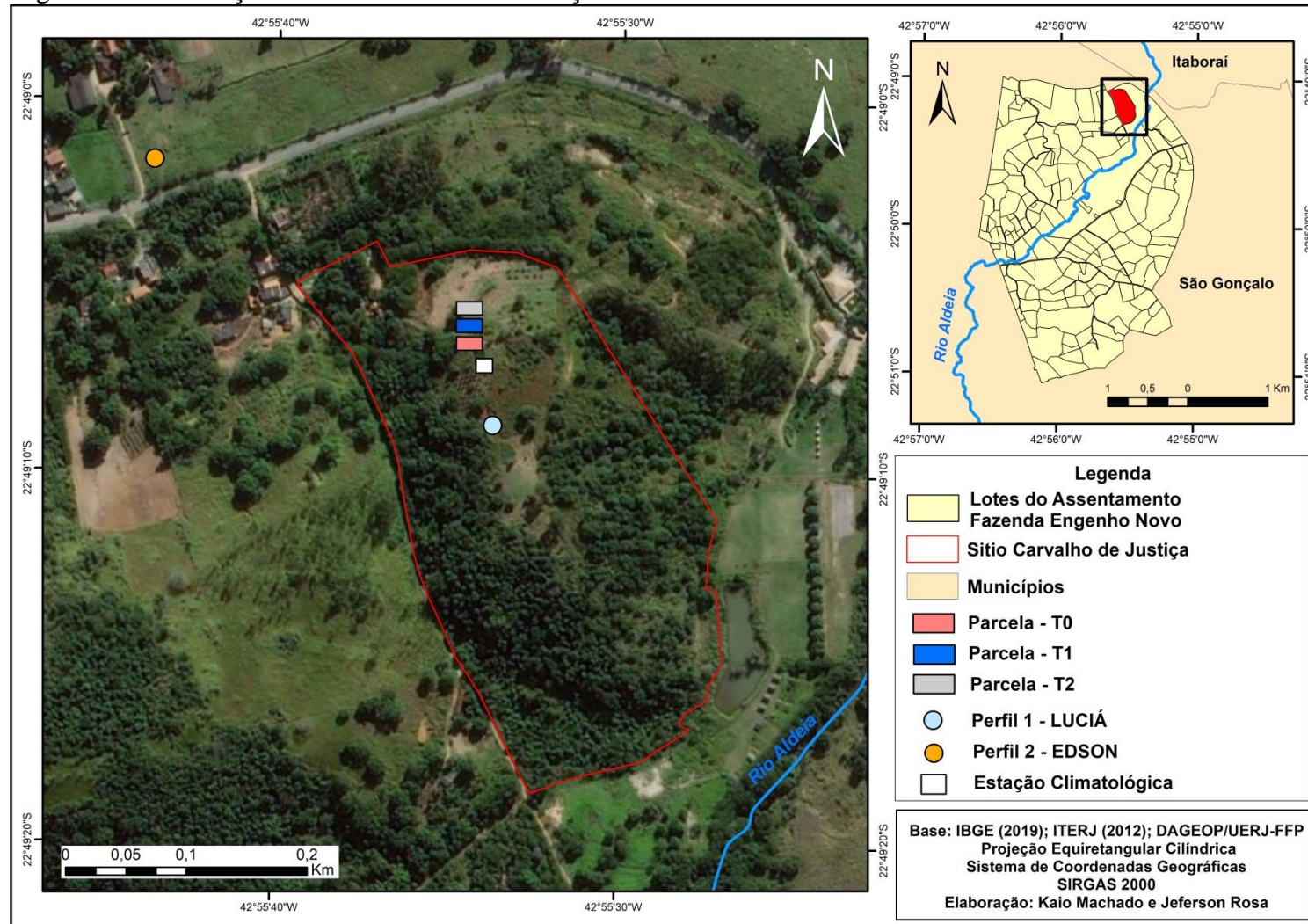
A EEPE/AFEN localiza-se nas coordenadas 22°49'S e 42°55'O, estando inserida no Sítio Carvalho de Justiça e situada na porção norte do Assentamento. A Figura 8 consiste em uma foto da área de estudo em 2014, em que se destaca as três parcelas de erosão T0, T1 e T2, além do Perfil 1 - LUCIÁ. E a partir da Figura 9, observa-se a EEPE/AFEN no Sítio Carvalho de Justiça, sinalizando além das parcelas de erosão e Perfil 1 – LUCIÁ, a localização da Estação Climatológica e do Perfil 2 – EDSON.

Figura 8 – Visão geral da EEPE/AFEN



Fonte: Igreja Junior (2015).

Figura 9 – Localização do Sítio Carvalho de Justiça e da EEPE / AFEN



Fonte: O autor, 2020.

Conforme relatou Igreja Junior (2015), o Laboratório de Geociências (LabGeo) da Faculdade de Formação de Professores, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro iniciou, a partir de junho de 2013, estudos direcionados ao monitoramento de processos hidrológicos e erosivos no Assentamento Fazenda Engenho Novo, buscando também contribuir para o conhecimento dos agricultores familiares que trabalham na região.

A pesquisa pioneira na área, desenvolvida por Igreja Junior (2015), abordou a dinâmica de perdas de água e solo associada ao uso de práticas conservacionistas e concluiu, sobretudo, a grande relevância da cobertura vegetal proporcionada por leguminosas para proteção do solo contra o efeito erosivo das chuvas, minimizando as perdas de água e solo.

## **2.2 Clima**

Para a caracterização climática do município, utilizou-se como referência os dados obtidos na Estação Climatológica, vinculada ao Laboratório de Geociências e ao Departamento de Geografia, que está situada no campus da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ-FFP). A presente Estação está localizada entre as coordenadas 22°49'55,97"S e 43°4'25,52"W, e distancia-se em cerca de 20 km da EEPE/AFEN.

De acordo com o estudo realizado por Bertolino et al. (2007), a partir dos dados obtidos nesta Estação Climatológica entre 2004 e 2007, o clima da região foi caracterizado como Tropical com Estações Úmida e Seca (Aw), segundo a classificação de Köppen. Os autores constataram que o período seco é observado entre maio e outubro e o úmido entre novembro e abril, com temperatura média anual entre 23 °C e 29 °C.

## **2.3 Geomorfologia**

A caracterização do relevo da área de estudo fundamenta-se nas informações fornecidas pela carta geomorfológica do município de São Gonçalo na escala 1: 40.000 (CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2017).



A partir do mapeamento geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro, desenvolvido pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2001), a mesma empresa elaborou em 2017 um mapa do contexto geomorfológico regional em nível estadual, destacando o limite territorial de São Gonçalo, de modo que é possível observar no município a predominância de duas unidades morfoesculturais:

- a) **Planícies Fluviomarinhas (baixadas)**, predominando nas porções norte, oeste e boa parte da região central do município;
- b) **Superfícies Aplainadas nas Baixadas Litorâneas**, presentes principalmente na porção sul e sudeste do município, compreendendo a área da EEPE/AFEN bem como toda a região do Assentamento Fazenda Engenho Novo.

Tendo em vista o mapa das unidades geomorfológicas presentes no município é possível identificar que a região do Assentamento Fazenda Engenho Novo está associada a duas unidades geomorfológicas, sendo elas: Superfícies Aplainadas do Recôncavo da Baía de Guanabara e Baixada da Baía de Guanabara. No contexto destas unidades ocorrem três padrões de relevo, cujas denominações e características são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Geomorfologia associada ao Assentamento Fazenda Engenho Novo

Unidade Geomorfológica	Padrão de relevo
Superfícies Aplainadas do Recôncavo da Baía de Guanabara	<p><b>R4a2 – Morros Baixos:</b> associado ao relevo típico do domínio de “mares-de-morros”, constituído de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados, com vertentes de gradiente suave a moderado, apresentando moderada densidade de drenagem com padrão dendrítico ou subdendrítico. A amplitude varia de 50 a 120 metros e a declividade de 5 – 20°.</p> <p><b>R1c1 – Rampas de Clúvio-colúvio:</b> superfícies deposicionais inclinadas constituídas por depósitos de encosta, areno-argilosos a argilo-arenosos, mal selecionados, em interdigitação com depósitos praticamente planos das planícies fluviais. Ocorrem de forma disseminada, em meio ao domínio de mar-de-morros. Possui amplitude variável e declividade entre 5 – 10°.</p>
Baixada da Baía de Guanabara	<p><b>R1a – Planícies de inundação (Várzeas):</b> Superfícies sub-horizontais constituídas de depósitos arenosos ou areno-argilosos a argilosos, bem selecionados, situados nos fundos de vales. Apresentam gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d’água principais. Terrenos imperfeitamente drenados, sendo periodicamente inundáveis. Não ocorre variação de amplitude, sendo esta igual a 0 m. A declividade está entre 0 – 3°.</p>

Fonte: CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2017.

A EEPE/AFEN encontra-se em uma área associada à unidade geomorfológica Superfícies Aplainadas do Recôncavo da Baía de Guanabara e ao padrão de relevo Morros Baixos.

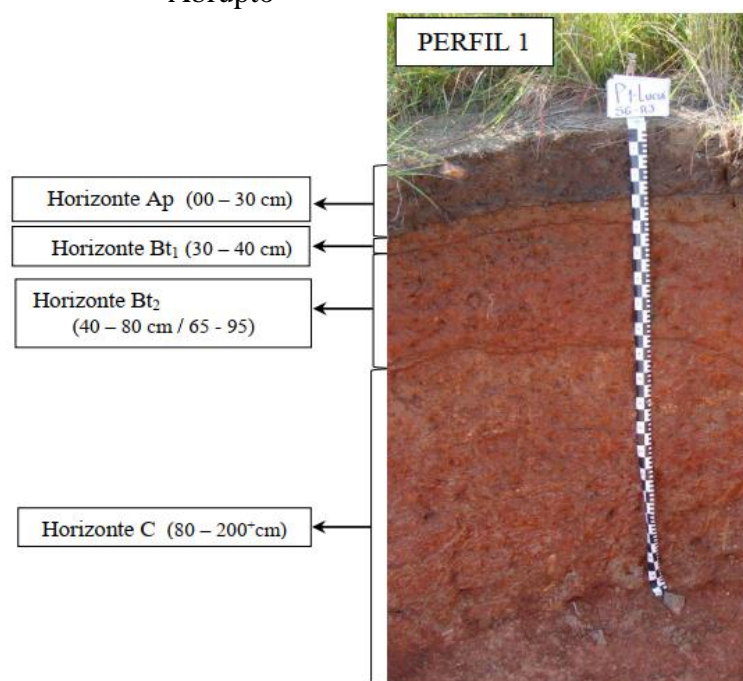
## 2.4 Pedologia

A fim de conhecer, descrever e classificar perfis de solo com representação significativamente elevada na região em que se localiza o Assentamento Fazenda Engenho

Novo, Igreja Junior (2015) recorreu a trabalhos de campo selecionando dois locais representativos para a abertura dos perfis. Assim, foi identificada a presença da classe dos Argissolos (presente nas meias laranjas) e dos Gleissolos (presente nas baixadas). Os perfis foram descritos e classificados pela Embrapa/Solos.

Desse modo, o primeiro perfil, denominado perfil 1 – LUCIÁ, escolhido por ser representativo do domínio colinoso, está localizado a poucos metros de distância da EEPE/AFEN (como apresentado anteriormente nas Figuras 8 e 9). O solo foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico Abrupto, possuindo quatro horizontes bem definidos (Figura 10). A ficha de classificação Pedológica do presente perfil pode ser observada no Apêndice A.

Figura 10 – Perfil do Argilossolo vermelho Distrófico Abrupto

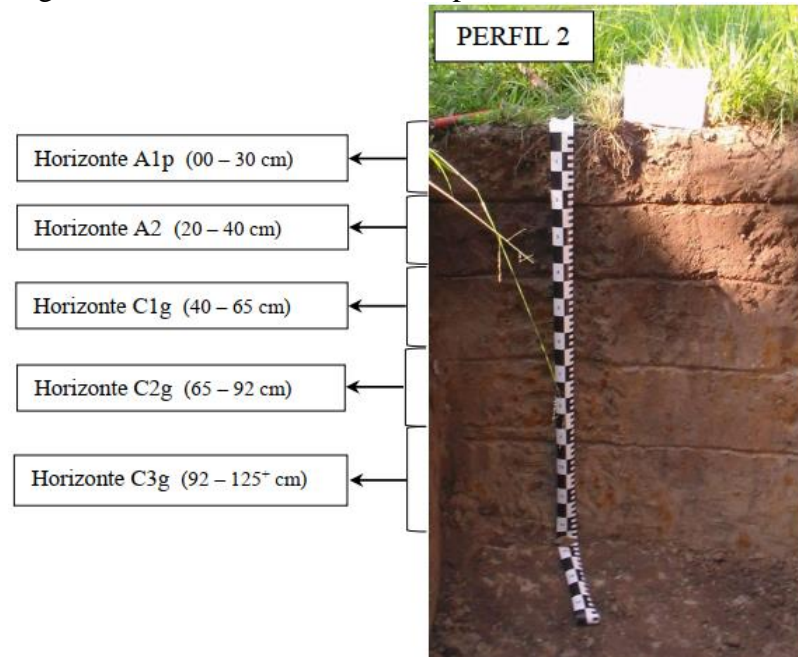


Fonte: Igreja Junior, 2015, p.113.

Por sua vez o Perfil 2 – EDSON foi escolhido para representar as planícies aluviais, situadas em relevo de agradação continental. Trata-se de um perfil situado em uma área próxima ao sítio Carvalho de Justiça (como visto na Figura 8). O perfil foi classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, apresentando cinco horizontes bem definidos (Figura 11). A ficha de classificação Pedológica do perfil pode ser observada no (Apêndice B).

Os dados completos referentes às análises físicas e químicas de ambos perfis, bem como outras informações sobre os mesmos podem ser consultadas no trabalho de Igreja Junior (2015).

Figura 11 – Perfil do Gleissolo Háptico Tb Distrófico



Fonte: Igreja Junior, 2015, p.115.

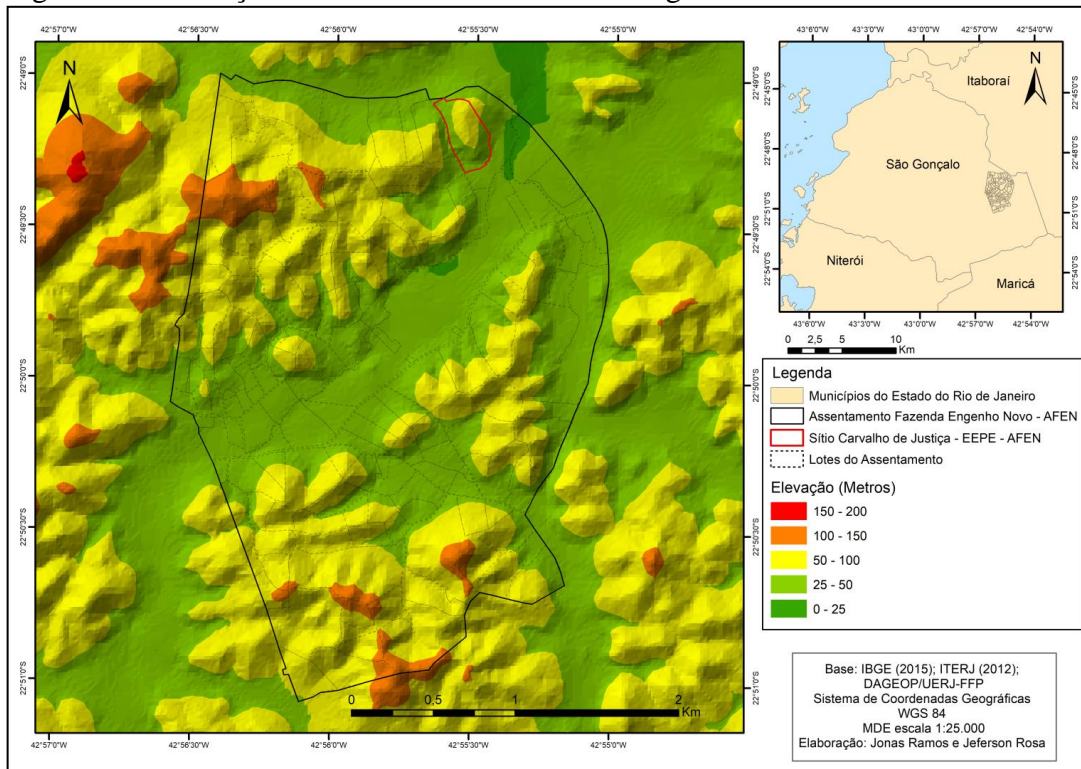
## 2.5 Elevação

Na região do Assentamento Fazenda Engenho Novo, como se observa na Figura 12, poucos locais possuem elevação superior a 100 m ou inferior a 25 m. Por sua vez, ocorre o predomínio das áreas com elevação de 25 a 50 m e 50 a 100 m, representadas pela cor verde claro e amarelo, respectivamente. Embora, o estrato de 50 a 100 m seja significativo, na prática as áreas pouco se distanciam dos 50 m. Nas porções sul e norte, predominam as áreas associadas a 50 a 100 m, por sua vez em direção à parte central do Assentamento predominam elevações menores, entre 25 a 50 m.

Em relação ao Sítio Carvalho de Justiça, observa-se que em geral as extremidades do terreno são mais baixas, estando associadas a uma elevação entre 25 a 50 m. Já na área mais central da propriedade nota-se uma porção mais elevada do terreno, relacionada ao estrato de 50 a 100 m.

As parcelas de erosão da EEPE/AFEN, bem como a do ponto em que foi caracterizado o Perfil 1 – LUCIÁ situam-se próximo ao topo da colina, apresentando elevação em torno de 48 metros. Nesse sentido, destaca-se que mesmo no estrato de 50 a 100, a elevação do terreno pouco se distanciam dos 50 m.

Figura 12 – Elevação do Assentamento Fazenda Engenho Novo



Fonte: O autor, 2020.

## 2.6 Declividade

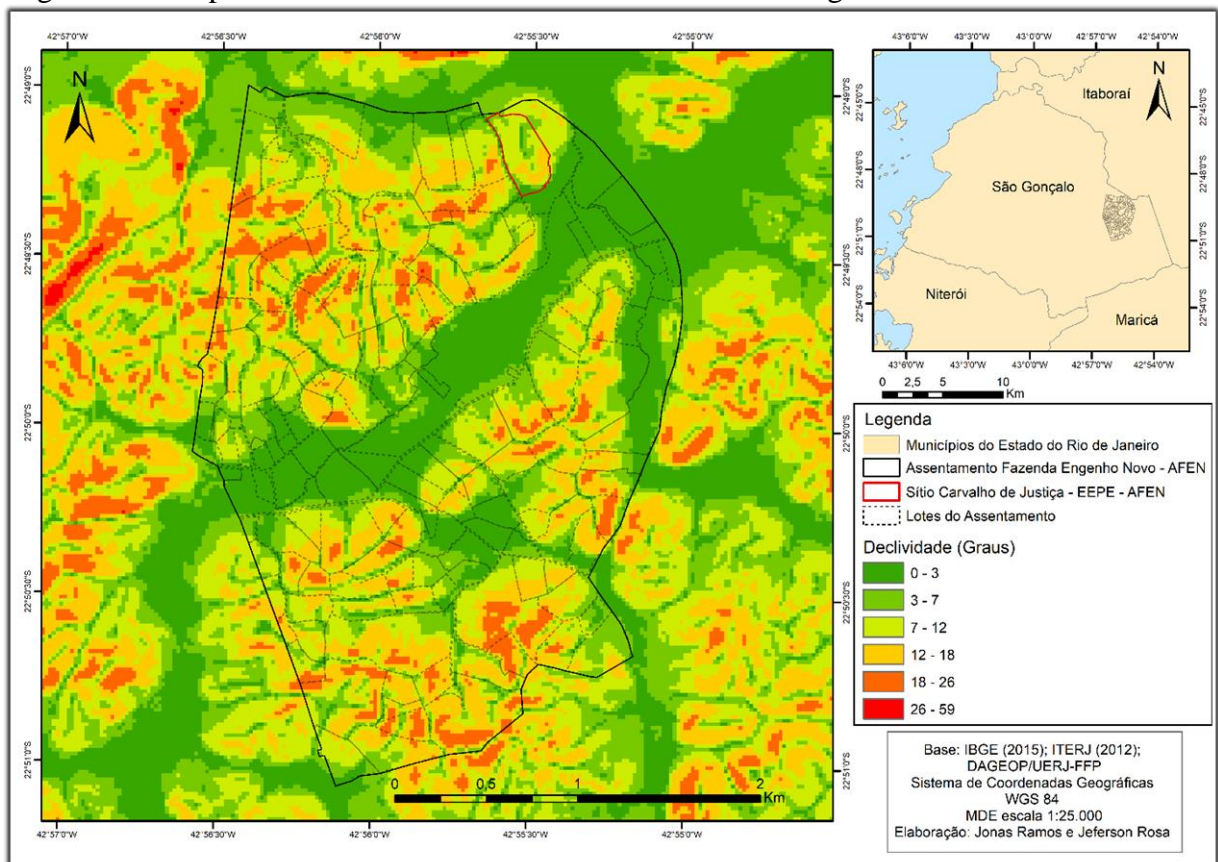
Na região do Assentamento Fazenda Engenho Novo, a declividade das áreas varia principalmente entre  $0^\circ$  a  $26^\circ$ , tal como se observa na Figura 13. De todo modo, pode-se destacar que ocorre o predomínio das áreas com declividades entre  $0^\circ$  a  $3^\circ$  (evidenciada pela cor verde com tonalidade mais escura) e  $12^\circ$  a  $18^\circ$  (demonstrada pela cor laranja com tonalidade mais clara). As áreas com declividades entre  $3^\circ$  a  $7^\circ$ ,  $7^\circ$  a  $12^\circ$  e  $18^\circ$  a  $26^\circ$  ocorrem em menor proporção.

Nota-se que no extremo norte do Assentamento, encontram-se as áreas com superfícies mais aplainadas, todavia elas concentram-se especialmente em uma faixa que

abrange a porção nordeste e centro-oeste. Em contrapartida, em direção às porções norte e sul ocorrem as áreas com maiores declividades, principalmente entre 12° e 26°.

Em relação à área do Sítio Carvalho de Justiça, evidencia-se a predominância de declividade entre 7° a 12°, ocorrendo uma porção mais aplainada com declividades entre 0° e 7° associada ao topo da encosta, bem como uma faixa com declividade um pouco mais elevada, entre 12° e 18°, em direção ao sul da propriedade.

Figura 13 – Mapa de Declividade do Assentamento Fazenda Engenho Novo



Fonte: O autor, 2020.

As parcelas de erosão da EEPE/AFEN assim como do local em que foi escolhido para a caracterização do perfil, situam-se no terço superior da encosta e os dados acerca da declividade desses pontos são apresentadas na Tabela 1, tendo sido obtidos por Igreja Junior (2015). As três parcelas possuem declividades muito semelhantes, em torno de 15% e/ ou 8°. Por sua vez, o ponto em que se localiza o Perfil 1 – LUCIÁ apresenta declividade um pouco inferior, sendo ela de 13,7% e/ ou 7,8°.

Tabela 1 – Declividade dos locais da EEPE/AFEN

<b>Local</b>	<b>Declividade</b>	
	<b>%</b>	<b>graus</b>
Parcela T0	15,5	8,8
Parcela T1	15,7	8,9
Parcela T2	15,2	8,6
Perfil 1 – LUCIÁ	13,7	7,8

Fonte: Igreja Junior, 2015.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo vem sendo desenvolvido na Estação Experimental de Pesquisa de Erosão Assentamento Fazenda Engenho Novo (EEPE-AFEN), situada na bacia do Rio Aldeia em área de relevo suave colinoso, com declividade de 15% e elevação de 38 m (IGREJA JUNIOR, 2015). Trata-se de uma área que contém três parcelas experimentais do tipo Wichmeyer (MEYER e WICHMEYER, 1969), delimitadas por chapas galvanizadas, com dimensão 4 x 22m, totalizando 88m<sup>2</sup>, conectadas a caixas coletoras de 1000 l, que foram instaladas em 2013. Tendo em vista os objetivos desta pesquisa as parcelas de erosão receberam os seguintes tratamentos:

- a) Parcela T0 – não é empregado nenhum tipo de cobertura vegetal e mensalmente faz-se a capina para que seja mantida a total exposição do solo às condições atmosféricas;
- b) Parcela T1 – tem por cultura principal a mandioca, consorciada com a cudzu tropical, desde maio de 2019;
- c) Parcela T2 – possui a mandioca como cultura principal e é feito o consórcio com dois tipos de leguminosas: a cudzu tropical e o feijão guandu, desde maio de 2019.

Apresenta-se por meio do Quadro 2 os diferentes manejos empregados nas parcelas T1 e T2 ao longo do tempo. A diferença central entre os tratamentos realizados nas mesmas, tanto em 2013 e 2019, consiste no uso do feijão guandu, que foi semeado somente em T2. No caso da parcela T0, desde 2014 emprega-se o tratamento sem cobertura. A Figura 14 apresenta fotos das parcelas de erosão e a Figura 15 um croqui da área da EEPE/AFEN.

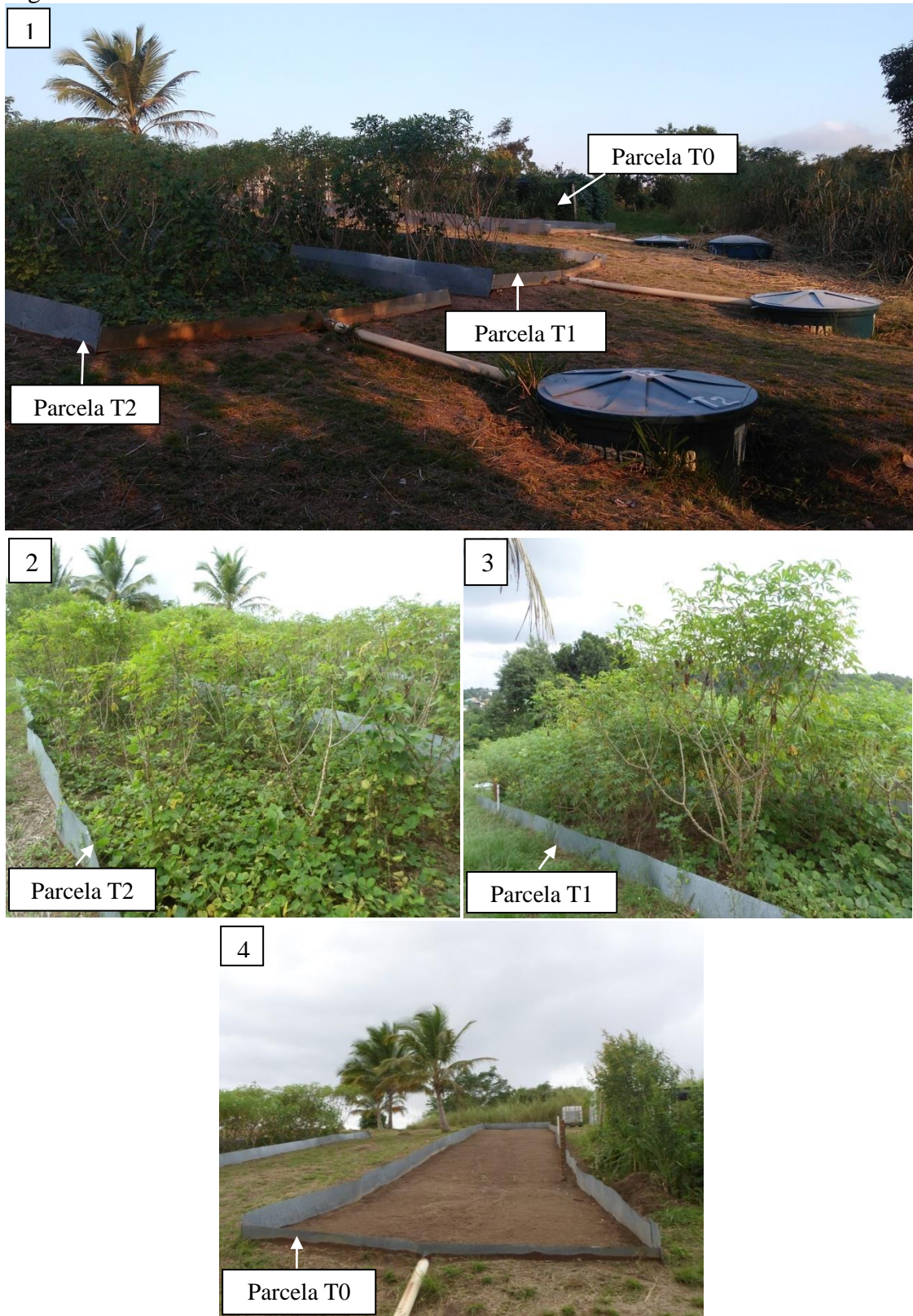
Quadro 2 – Tratamentos empregados nas parcelas T1 e T2 da EEPE/AFEN

Período	Parcela	Cultura implantada
nov/13	T1	Cudzu tropical
nov/13	T2	Cudzu tropical e feijão guandu
mai/19	T1	Mandioca e cudzu tropical
mai/19	T2	Feijão guandu, cudzu tropical e mandioca

Fonte: O autor, 2021.



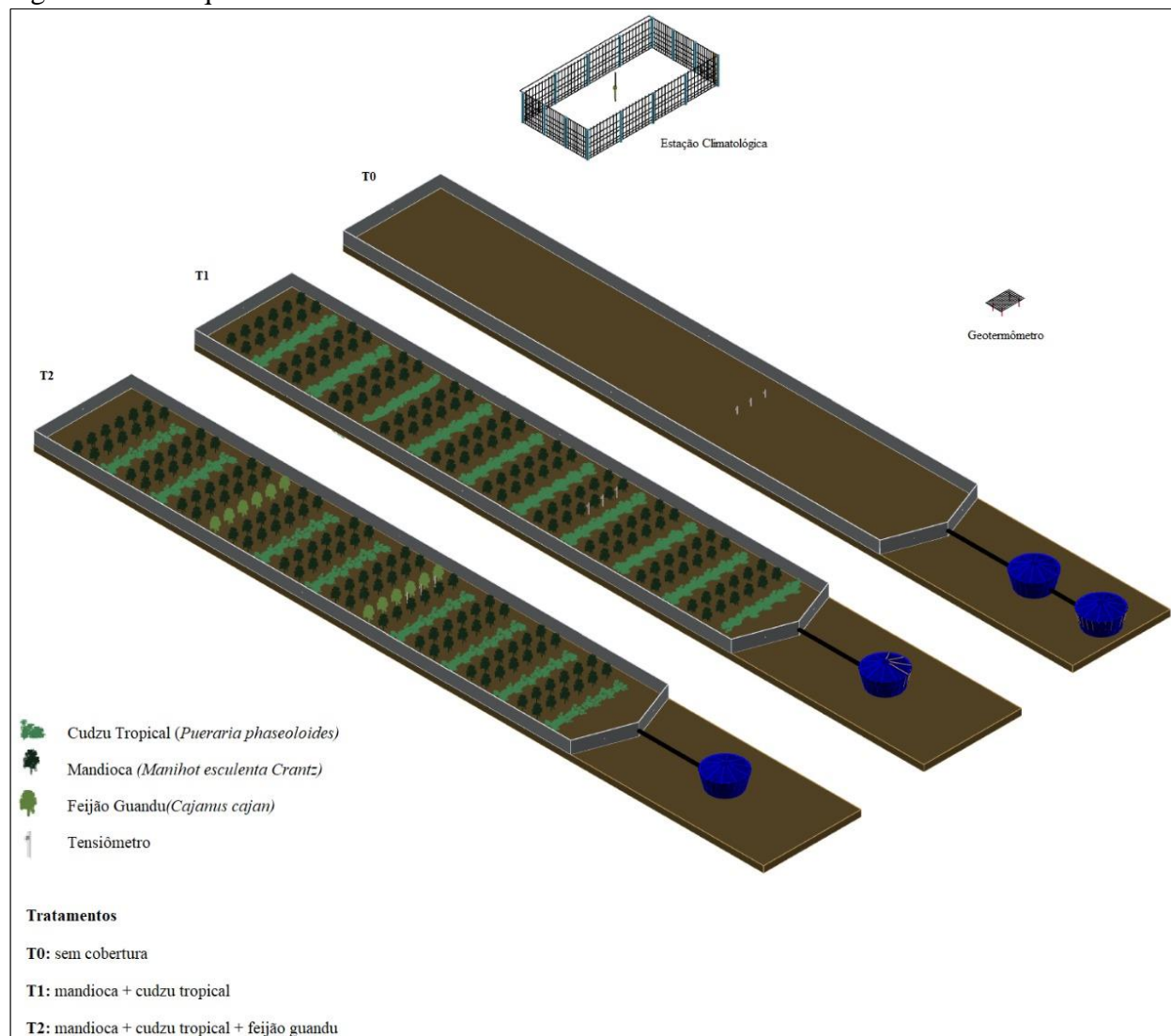
Figura 14 – Parcelas de erosão da EEPE/AFEN



Legenda: (1) disposição das parcelas de erosão no sítio Carvalho de Justiça; (2) Parcela T2; (3) Parcela T1; (4) Parcela T0.

Fonte: O autor, 2020.

Figura 15 – Croqui da área da EPPE/AFEN



Fonte: O autor, 2020.

### 3.1 Plantio nas parcelas T1 e T2

As três culturas selecionadas para esta pesquisa apresentam bom desenvolvimento na região da área de estudo, tendo em vista suas características edafoclimáticas. Cabe destacar que não foi realizada nenhuma colheita durante o período de estudo. Nesse contexto, antes de apresentar detalhadamente os procedimentos para o plantio, bem como as suas etapas, apresenta-se a seguir os principais pressupostos e objetivos associados às culturas utilizadas:

A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) foi escolhida por ser uma planta com sistema radicular profundo e vigoroso, além de ser uma cultura bastante cultivada pelos pequenos agricultores da região do Assentamento Fazenda Engenho Novo. Com o plantio da mandioca nas parcelas T1 e T2 objetiva-se favorecer o processo de infiltração da água em maior profundidade por meio de bioporos, além de contribuir, simultaneamente, para o processo de retirada da água do solo por intermédio do consumo de água das plantas.

Com relação a cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*), o bom desenvolvimento desta espécie na EEPE/AFEN foi atestado na pesquisa de Igreja Junior (2015). Assim, em consórcio com a cultura principal (mandioca), espera-se que a cudzu tropical contribua a proteção da superfície do solo contra o impacto direto das gotas de chuva de modo que minimize perdas erosivas, atue no incremento de nutrientes ao solo, especialmente nitrogênio atmosférico e material orgânico, e favoreça o processo de retirada da água do solo.

Por sua vez, o feijão guandu (*Cajanus cajan*) é uma leguminosa comumente semeada pelos agricultores do Assentamento Fazenda Engenho Novo e apresenta bom desenvolvimento na EEPE/AFEN, conforme observou-se no trabalho de Igreja Junior (2015). Partindo deste pressuposto, o plantio do guandu teve como objetivo inserir uma leguminosa com sistema radicular com raízes profundas e ramificadas, que favorece ao rompimento de camadas mais adensadas do solo e a infiltração da água para maiores profundidades no perfil, além de atuar no consumo da água presente no solo.

#### 3.1.1 Plantio da mandioca

Tendo em vista os objetivos da presente pesquisa, foi realizado o plantio da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) nas parcelas T1 e T2 na segunda semana do mês de maio de 2019.

O método de plantio manual adotado foi o de covas rasas, preparadas com uso de enxada (MATTOS, 2006), com profundidade média de 10 cm e seguindo as curvas de nível demarcadas com instrumento do tipo “pé de galinha”. O plantio aconteceu por meio de manivas, sendo plantada uma por cova na posição inclinada.

As manivas foram estas cedidas pela agricultora proprietária do sítio. O espaçamento empregado foi do tipo fileiras duplas de 60 cm x 60 cm, isto é, 60 cm de distância entre as plantas e 60 cm entre cada linha, com distanciamento de 1,50 m entre as fileiras duplas. Foram feitas seis covas em cada linha e nove fileiras duplas em T1 e T2. Ao todo, foram plantadas 120 manivas na parcela T1 e 114 em T2 (a diferença se deu pelo fato de que em uma das fileiras duplas em T2, semeou-se uma linha com mandioca e outra com feijão guandu, onde foram instalados os tensiômetros, conforme apresentado na Figura 15).

A calagem foi feita com o uso de calcário dolomítico, tendo em vista que este além de contribuir para a correção da acidez do solo possui proporções mais equilibradas de cálcio e o magnésio (ANJOS e PEREIRA, 2013). Aplicou-se cerca de 300g de calcário por cova, sendo este misturado no solo no mesmo dia do plantio. Buscou-se empregar neste estudo os métodos de plantio utilizados pelos agricultores locais. Na Figura 16 podem ser observados os diferentes procedimentos realizados no processo de plantio da mandioca.

Figura 16 – Plantio da mandioca (continua)



Figura 16 – Plantio da mandioca (continuação)



Legenda: (1) limpeza da parcela T1; (2) limpeza da parcela T2; (3) demarcação da curva de nível; (4) abertura das covas; (5) plantio das manivas; (6) aplicação de calcário.

Fonte: O autor, 2019.

### 3.1.2 Plantio das leguminosas

As duas espécies da família botânica das leguminosas empregadas como coberturas vivas consorciadas com a mandioca nas parcelas experimentais são a cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), objetivando que o desenvolvimento de seus sistemas radiculares contribua para melhor drenagem da água em subsuperfície. O plantio das leguminosas foi realizado na segunda semana de maio de 2019.

Com relação ao plantio da cudzu tropical, as sementes da cudzu tropical foram inseridas entre as fileiras da mandioca. O espaçamento utilizado foi de 60 cm entre as pequenas covas, em que as sementes foram plantadas, tendo sido estas levemente cobertas com terra a uma profundidade entre 2-3 cm. Tendo em vista a dureza das sementes dessa espécie foi feito um pré-tratamento térmico para a quebra da dormência das sementes. Desse modo, elas foram imersas em água a 75° C, durante 15 minutos. Esse procedimento é recomendado para que as sementes possam absorver água e germinar (VALENTIM e CARNEIRO, 1998). Por meio da Figura 17 observa-se a cobertura proporcionada pela leguminosa nas parcelas T1 e T2.

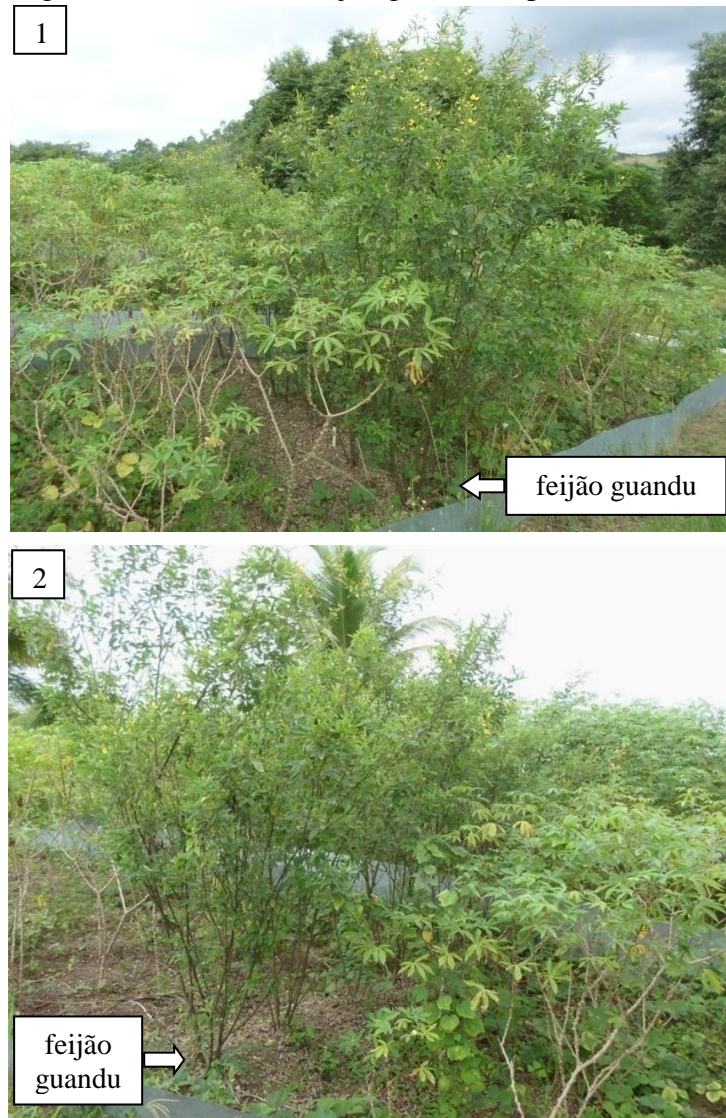
Por sua vez, o plantio do feijão guandu foi realizado somente na parcela T2, em duas linhas ao longo da parcela, sendo uma em sua porção média e outra na porção superior (Figura 18). O espaçamento entre as covas foi de 60 cm, de modo que em cada linha foram feitas seis covas e plantadas três sementes em cada uma delas.

Figura 17 – solo coberto com cudzu tropical



Legenda: (1) parcela T1; (2) parcela T2. Imagens registradas no dia 18/04/2020.  
Fonte: O autor, 2020.

Figura 18 – Plantio de feijão guandu na parcela T2



Legenda: (1) Linha de plantio na porção média; (2) e na porção superior. Imagens registradas no dia 18/04/2020.  
Fonte: O autor, 2020.

## 3.2 Análises das propriedades físicas

### 3.2.1 Análises granulométricas

Para a realização de análises granulométricas foram coletadas amostras deformadas nas três parcelas de erosão. As coletas aconteceram nas profundidades 0 – 30 cm, 30 – 40 cm, 40 – 80 cm, 80 – 120 cm, que correspondem às profundidades horizontes do perfil de solo caracterizado próximo das parcelas (IGREJA JUNIOR, 2015).

Três amostras simples foram coletadas nas referidas profundidades nas porções superior, mediana e inferior das parcelas T0, T1 e T2, com intuito de formar uma amostra composta representativa de cada uma delas. As coletas aconteceram na primeira semana de maio de 2019, antes do plantio realizado nas parcelas T1 e T2, como se observa na Figura 19. As análises foram realizadas no Laboratório de Geociências da UERJ-FFP.

Figura 19 – Coleta de amostras deformadas



Legenda: (1) Retirada de amostras com auxílio de cavadeira; (2) Perfuração feita para retirada de amostra no horizonte superficial; (3) Utilização do trado holandês na retirada de amostra mais profundas; (4) Amostra composta.

Fonte: O autor, 2019.

Essas análises foram realizadas de acordo com o Método da Pipeta (EMBRAPA, 1997). Ele se baseia na velocidade de queda das partículas que compõem o solo. Fixou-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (hidróxido de sódio ou calgon). Pipetou-se um volume de 50 ml da suspensão, sendo este encaminhado para a estufa em um becker. Após a secagem, determinou-se o peso da argila em uma balança de precisão. As frações grossas (areia fina e grossa) foram separadas por tamisação, secas em estufa e pesadas para a obtenção dos respectivos percentuais. O valor do silte corresponde ao complemento dos percentuais restantes para se chegar em 100%, sendo, portanto, obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.

### 3.2.2 Porosidade total e densidade do solo

Para a realização das análises de porosidade total e densidade do solo foi aberta uma trincheira próximo ao local em que foram instalados os tensiômetros em cada parcela de erosão (Figura 20) para a retirada de amostras indeformadas, com auxílio de anéis de aço (Kopecky), com volume interno de 50 cm<sup>3</sup>. Objetivando o tratamento estatístico dos dados foram coletadas três amostras nas profundidades 20 cm, 30 cm e 80 cm, das parcelas T0, T1 e T2. Sendo, portanto, nove amostras por parcela e 27 amostras no total. O processo de retirada das amostras no campo pode ser observado por meio da Figura 21.

Após as coletas as amostras foram devidamente armazenadas em uma caixa de isopor e posteriormente submetidas à saturação e encaminhadas para o laboratório do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) localizado na Av. Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro / RJ. O processo de saturação ocorreu após um período de 72h, de modo que as amostras atingiram um peso constante. Após o registro do peso saturado, elas foram encaminhadas à estufa para determinação do peso seco a 105°. Uma vez registrado o peso do solo seco, a amostra foi descartada e obteve-se o peso do anel, do elástico e do mourin utilizado.

Para os cálculos da densidade do solo segundo o método do anel volumétrico, (EMBRAPA, 1997) e da porosidade total fez-se necessário a obtenção do volume total da amostra contida nos respectivos anéis utilizados.



Figura 20 – Abertura das trincheiras nas parcelas



Legenda: (1) Delimitação do espaço, parcela T0; (2) Abertura da trincheira na parcela T1 próximo a área de desenvolvimento das raízes de mandioca; (3) Trincheira em abertura entre a linha de feijão guandu e de mandioca na parcela T2.

Fonte: O autor, 2021.

Assim sendo, para os cálculos da porosidade total (%), e densidade do solo ( $\text{g cm}^3$ ), utilizou-se as expressões n°. 5 e n°. 6, respectivamente.

$$\text{Porosidade total (\%)} = \frac{\text{peso seco} - \text{peso saturado}}{\text{volume total da amostra}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{Densidade do solo} = \frac{b}{c} \quad (6)$$

em que:

b = peso da amostra seca a 105 °C (descontado o peso do anel, do elástico e do mourin)  
 c = volume total da amostra (g cm<sup>3</sup>)

Figura 21 – Coleta de amostras indeformadas



Legenda: (1) Introdução do anel de Kopecky; (2) Retirada dos anéis na profundidade de 20 cm em T2; (3) Amostra coletada; (4) Amostras submetidas à saturação.  
 Fonte: O autor, 2021.

### 3.3 Análises das propriedades químicas

Para a realização das análises químicas (pH, matéria orgânica e complexo sortivo) utilizou-se parte das amostras deformadas coletadas nas três parcelas, conforme descrito no subitem 3.2.1 Foram separadas 500g de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA) de cada amostra para serem encaminhadas para o desenvolvimento das análises químicas no Laboratório de Análise de solo, planta e resíduos (LABFER), que pertence ao Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da UFRRJ, em Seropédica, RJ. As análises foram feitas conforme apostila utilizada no LABFER (EMBRAPA, 1997b).

Destaca-se que em 2014 foram encaminhadas para o LABFER amostras do perfil do ARGISSOLO VERMELHO Distrófico Abrupto da área de estudo e também das três parcelas de erosão, tendo sido retiradas amostras nas profundidades de 0 – 20 cm e de 20 – 40 cm em

cada uma delas (IGREJA JUNIOR, 2015). Dessa forma, será estabelecida uma comparação entre os resultados obtidos nas análises das propriedades químicas em 2014 e 2020.

### 3.3.1 pH e matéria orgânica

A determinação do pH em água (proporção 1: 2,5) foi realizada a partir do método eletrométrico. O aparelho usado nessa determinação foi o potenciômetro provido de eletrodos de vidro e calomelano, calibrados com soluções padrões de pH 7,0 e pH 4,0, tendo em vista que a maioria dos solos apresenta pH dentro dessa faixa. As análises foram realizadas conforme Embrapa (1997b).

Para a determinação do teor de matéria orgânica foi empregado o método volumétrico pelo Dicromato de Potássio e titulação com Sulfato Ferroso Amoniacal. A oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico possui como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr) (EMBRAPA, 1997b).

O cálculo da porcentagem de carbono existente na amostra é feito através da expressão nº. 7

$$\% C = ((40 - \text{volume gasto}) \times F \times 0,06) \times f \quad (7)$$

Sendo: F = 40/ volume sulfato ferroso gasto na prova em branco. "f" = fator de correção para TFSA (Peso = 0,500g).

A obtenção da porcentagem de matéria orgânica é calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724, conforme a expressão nº. 8. Utiliza-se este fator por se admitir que, na composição média do húmus, o carbono orgânico participa com 58%.

$$\text{Matéria Orgânica (g/kg)} = C \text{ (g/kg)} \times 1,724 \quad (8)$$

### 3.3.2 Química (Complexo Sortivo)

O complexo sortivo forneceu as quantidades de cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), fósforo ( $\text{K}^+$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ). A quantificação desses cátions possibilita o cálculo da Soma de Bases (valor S), a Capacidade de Troca de Cátions (CTC ou valor T), a Saturação por Bases (valor V), a Saturação por Alumínio trocável (valor m). A seguir apresentam-se as fórmulas como tais parâmetros são obtidos.

O valor S consiste na soma de bases trocáveis, sendo calculado em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), por meio da expressão nº. 9.

$$S = \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ \quad (9)$$

O valor T ou CTC (pH 7,0) corresponde à capacidade de troca de cátions, dada pela soma de bases trocáveis somada à acidez potencial ( $\text{H} + \text{Al}^{+3}$ ). O cálculo é feito em  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de TFSA, conforme a expressão nº.10.

$$T = S + \text{H}^+ + \text{Al}^{+3} \quad (10)$$

O valor v refere-se ao índice de saturação por bases e é calculado em porcentagem, de acordo com a expressão nº. 11.

$$V = \frac{100 \cdot S}{T} \quad (11)$$

O valor m corresponde ao índice de saturação de alumínio trocável, sendo calculado em porcentagem, através da expressão nº. 12.

$$m = 100 \cdot \frac{\text{Al}^{+3}}{S + \text{Al}^{+3}} \quad (12)$$

Para a extração do alumínio, cálcio, cálcio + magnésio trocáveis foi utilizado uma solução de cloreto de KCl 1N. A solução extratora para a determinação do hidrogênio + alumínio (acidez potencial) foi o acetato de cálcio 1N, ajustada a pH 7,0 – 7,1. Para a extração

do Fósforo assimilável, potássio e sódio trocáveis utilizou-se a solução de Mehlich-1 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025 N + HCl 0,05 N).

### 3.4 Monitoramento hidrológico do solo

Para monitoramento do comportamento hidrológico do solo na EEPE/AFEN, o instrumento escolhido foi o tensiômetro com manômetro de mercúrio (FERNANDES, 1990). Assim, foram instalados três tensiômetros com manômetro de mercúrio na porção média de cada parcela de erosão, afim de melhor representar a dinâmica hidrológica na encosta. Os instrumentos foram instalados nas profundidades de 20, 30 e 100 cm, com intuito de caracterizar o potencial matricial e a carga total, temporal e espacialmente nas respectivas profundidades e tratamentos.

A seleção das profundidades para o monitoramento baseou-se em alguns pressupostos e dados da caracterização do perfil de solo realizada pela Embrapa/Solos, conforme apresentado em Igreja Junior (2015), assim como nos resultados obtidos por este autor. Nesse sentido, considerou-se que:

a) profundidade de 20 cm:

- trata-se da porção mais superficial, apresentando as maiores alterações de uso e manejo;
- inserida no horizonte superficial Ap, com textura franco-argilo-arenosa;
- porção com maior macroporosidade, sendo de grande relevância para a drenagem no perfil;
- zona de elevada atividade biológica dos sistemas radiculares e outros organismos;
- região com maior influência das raízes de cudzu tropical.

b) profundidade de 30 cm:

- transição do horizonte superficial Ap para o horizonte subsuperficial Bt<sub>1</sub> em que ocorre mudança textural abrupta pelo acréscimo de argila;
- zona em que ocorre descontinuidade hidráulica, devido à presença de Bt, reduzindo a drenagem na matriz;
- porção em que se registra diminuição da macroporosidade e aumento da microporosidade;
- região com maior adensamento, dificultando a atividade de alguns sistemas radiculares;
- porção em que se espera maior influência das raízes pivotantes do feijão guandu e da mandioca.

c) profundidade de 100 cm:

- região pouco afetada pelo uso;
- porção fora da interferência do horizonte Bt<sub>2</sub> (horizonte mais argiloso do perfil);
- Região de recarga.

#### 3.4.1 Confecção e testes dos tensiômetros

Os instrumentos foram confeccionados no Laboratório de Geociências (LabGeo) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ-FFP). A estrutura do tensiômetro é simples e sua confecção não requer recursos complexos e caros, mas demanda atenção aos detalhes para evitar possíveis erros, gerando perdas de materiais e mau funcionamento do instrumento.

O corpo do tensiômetro utilizado nesta pesquisa é constituído por um tubo de PVC de 1/2", com uma cápsula porosa colada na sua extremidade inferior e uma rolha cônica de borracha em sua extremidade superior, vedando a passagem de ar. Cinco centímetros abaixo do limite superior do tubo de PVC acontece a conexão com um tubo capilar, sendo este uma mangueira de *polyFlow* com diâmetro externo de 2.7 mm, responsável pela conexão do corpo do tensiômetro com o manômetro de mercúrio. É importante que esta mangueira possua boa transparência, permitindo a visualização de bolhas de ar e facilitando a leitura da coluna de

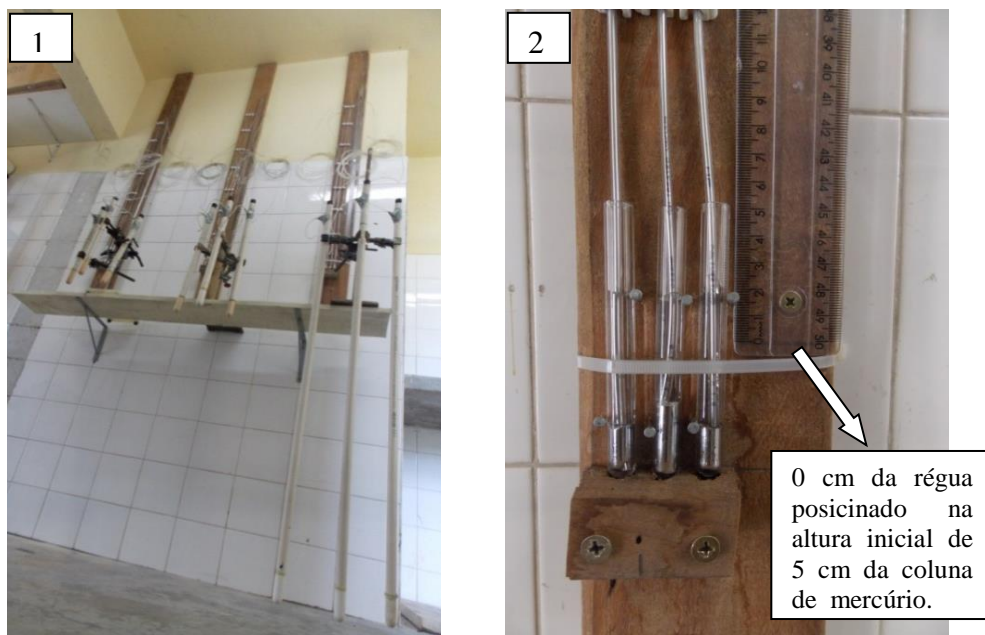
mercúrio. Também é importante que a mangueira tenha boa resistência às condições atmosféricas (SOUZA, 2003).

Com auxílio de uma furadeira e uma broca de 3 mm o tudo de PVC foi perfurado e a mangueira de *polyFlow* fixa com massa de durepoxi. Após a secagem a vedação foi reforçada com cola. A conexão da mangueira com o tubo acontece 10 cm acima da marcação feita no corpo do instrumento referente ao limite de profundidade (20 cm, 30 cm e 100 cm).

Os tensiômetros foram inseridos em um balde com água e mantidos por alguns dias para a saturação das cápsulas porosas. Antes da instalação no campo, os instrumentos foram testados em um espaço anexo do LabGeo no campus da universidade.

Para o monitoramento na fase de teste, os tensiômetros com a mesma profundidade foram presos em um único suporte de ferro e conectados ao manômetro de mercúrio, sendo este um recipiente de vidro contendo 5 cm de mercúrio, fixado em um suporte de madeira (Figura 22). A conexão da mangueira de *polyFlow* no corpo do tensiômetro precisa ser nivelada com o topo da superfície do mercúrio no interior do recipiente de vidro. Com auxílio de grampos fixadores, as mangueiras foram acomodadas no suporte de madeira. Para auxiliar a leitura da ascensão da coluna de mercúrio uma régua milimetrada foi instalada em cada suporte de madeira e a marcação de 0 cm da régua alinhada com o topo da superfície do mercúrio, isto é, os 5 cm da altura inicial da coluna de mercúrio no recipiente de vidro (Figura 22) (FERNANDES, 1990; SOUZA, 2003).

Figura 22 – Teste dos tensiômetros em laboratório



Legenda: (1) Rodada de teste dos 09 instrumentos; (2) Detalhe da posição da régua e dos manômetros de mercúrio fixos no suporte de madeira.

Fonte: O autor, 2020.

Para a realização da fluxagem, que consiste no processo de injeção de água no instrumento para eliminar o ar presente no sistema, utilizou-se água deaerada e uma seringa de 60 ml bico catéter conectada a uma rolha cônica de borracha perfurada.

Com o objetivo de avaliar a eficácia das cápsulas porosas os testes aconteceram durante 11 dias, e o monitoramento realizado com diferentes intervalos de tempo, conforme realizado por Bertolino (2004). Assim, os instrumentos foram monitorados com intervalos de 10min, 30min, 1h e 2h.

Os tensiômetros de mesma profundidade que diante da mesma condição de pressão atmosférica apresentaram valores muito distintos dos demais foram substituídos por novos instrumentos que também foram submetidos aos testes.

#### 3.4.2 Instalação e monitoramento dos tensiômetros no campo

Para a instalação dos tensiômetros utilizou-se um trado manual para a abertura dos furos no solo. A ferramenta utilizada possui diâmetro um pouco menor do que o diâmetro do corpo do tensiômetro. Uma vez atingida a profundidade desejada foi utilizado um tubo auxiliar de PVC de 1/2” para ajustes no furo e certificação de que o mesmo estava adequado para o tensiômetro. Este procedimento foi feito afim de evitar possíveis danos ou quebra da cápsula porosa no ato de instalação, além de proporcionar um melhor contato entre o instrumento e a matriz do solo. Após a devida instalação, utilizou-se parte da terra retirada para cuidadosamente finalizar acomodação dos tensiômetros no solo.

A etapa de instalação dos tensiômetros aconteceu nas primeiras semanas do mês de fevereiro de 2020. Na primeira fase, a instalação concentrou-se nas profundidades de 20 cm e 30 cm nas três parcelas. Em seguida, os instrumentos foram instalados na profundidade de 100 cm. Considerando-se a lateral direita das parcelas, da base para o topo, e seguindo uma distância mínima de 80 cm de sua margem, com a finalidade de evitar o efeito de borda das parcelas, eles foram posicionados de acordo com a ordem crescente das profundidades em direção ao interior das parcelas.

Os suportes de madeira contendo os manômetros de mercúrio e as régua de metal foram instaladas no interior das parcelas, bem próximas da margem direita das parcelas. No suporte de madeira os manômetros de mercúrio foram posicionados seguindo a mesma



disposição dos instrumentos, em ordem crescente de profundidade da margem direita para o interior das parcelas, para facilitar o monitoramento diário.

Com o intuito de evidenciar a influência dos sistemas radiculares no comportamento hidrológico do solo, na parcela T1 os tensiômetros foram instalados entre as plantas de mandioca, e na parcela T2 entre as plantas de feijão guandu, estando em ambos os casos posicionados a uma distância de 30 cm entre uma planta e outra. Assim, nas parcelas T1 e T2 os instrumentos estão a uma distância em torno de 60 cm uns dos outros (Figura 23). Na parcela T0, sem cobertura, buscou-se trabalhar com o mesmo distanciamento entre os instrumentos.

Figura 23 – Instalação e monitoramento dos tensiômetros nas parcelas T1 e T2



Legenda: (1) Instalação dos tensiômetros entre as plantas de mandioca na parcela T1; (2) Instrumentos posicionados entre as plantas de feijão guandu, parcela T2; (3) Monitoramento diário.

Fonte: O autor, 2020.

O monitoramento dos tensiômetros teve início no dia 10/02/2020, nas profundidades de 20 cm e 30 cm. Na profundidade de 100 cm o monitoramento começou no dia 15/02/2020. As leituras são feitas todos os dias às 09h pela monitora de campo, que foi devidamente

capacitada e acompanhada. Para melhor precisão no monitoramento dos valores da altura da coluna de mercúrio a monitora de campo utiliza uma régua auxiliar (Figura 23), fazendo em seguida o registro em uma caderneta de campo. Uma vez identificado o rompimento da coluna de mercúrio realiza-se a fluxagem com auxílio de uma seringa e o uso de água deareada.

A obtenção do valor do potencial matricial em unidade de carga hidráulica (cm H<sub>2</sub>O) por meio do tensiômetro com manômetro de mercúrio, de acordo com Reichardt e Timm (2012) pode ser feita a partir da expressão n<sup>o</sup>. 15 ou 16.

$$\Psi_m = -13,6 \times h + h + h_1 + h_2 \quad (15)$$

$$\Psi_m = -12,6 \times h + (h_1 + h_2) \quad (16)$$

em que:

$h$  = leitura em cm de Hg, transformada em altura de água pelo fator 13,6 que é a densidade do mercúrio.

$h_1$  = corresponde a altura entre a superfície do terreno e a conexão da mangueira de polyFlow no tensiômetro, nivelada com a cuba de mercúrio (no modelo utilizado  $h_1$  tem um valor constante igual a 10 cm).

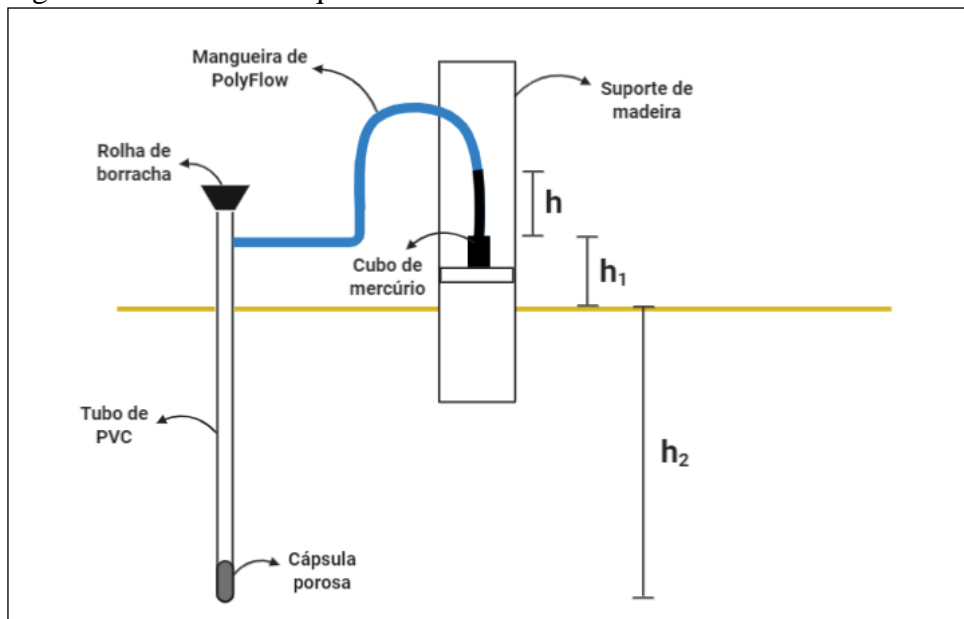
$h_2$  = profundidade da cápsula porosa em relação a superfície do solo – profundidade do instrumento.

A ilustração apresentada na Figura 24 contribui para a visualização da relação apresentada anteriormente.

Para a obtenção dos dados de carga total em cm de H<sub>2</sub>O, conforme exposto no item 1.2.2, soma-se o potencial gravitacional e o potencial matricial. A medição do potencial gravitacional acontece a partir de um referencial de posição (*datum*). Nesta pesquisa o referencial de posição escolhido situa-se a 1,20 m abaixo da superfície.

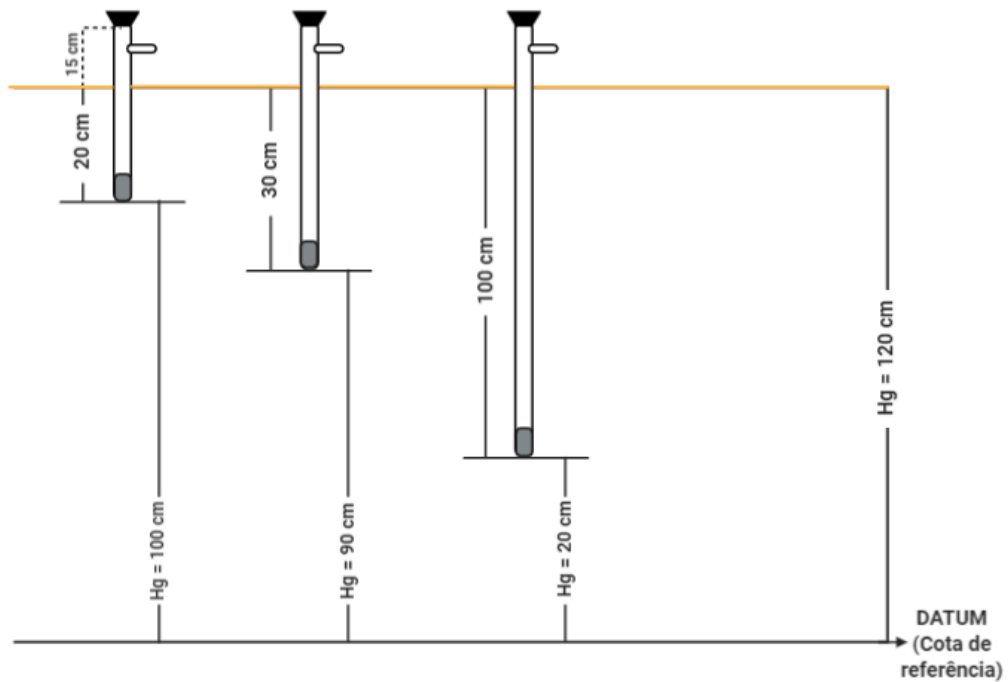
O potencial gravitacional de cada tensiômetro consiste na altura da cápsula porosa em relação ao nível de referência. Desse modo, os instrumentos possuem um valor constante de potencial gravitacional de acordo com a sua profundidade. O esquema apresentado na Figura 25 evidencia que os potenciais gravitacionais são de 100 cm de H<sub>2</sub>O, 90 cm de H<sub>2</sub>O e 20 cm de H<sub>2</sub>O, para os tensiômetros instalados nas profundidades 20 cm, 30 e 100 cm, respectivamente.

Figura 24 – Desenho esquemático da leitura do tensiômetro



Legenda: Esquema da transformação da leitura do tensiômetro em coluna de mercúrio ( $h$ ), para a obtenção do potencial matricial em carga hidráulica (centímetros de  $H_2O$ ).  
 Fonte: Modificado, Souza, 2003, p.59.

Figura 25 – Desenho esquemático da mensuração do potencial gravitacional



Fonte: Modificado, Souza, 2003, p.61.

### 3.5 Monitoramento da pluviosidade e da temperatura do solo

#### 3.5.1 Monitoramento da pluviosidade

Os dados pluviométricos são obtidos através do monitoramento realizado na EEPE/AFEN, com o objetivo de identificar a variação do potencial matricial e da carga total de água no solo, em resposta aos eventos de chuva. Este monitoramento é de grande importância para a compreensão da dinâmica dos fluxos de água no solo.

Na área de estudo, dados de pluviometria foram obtidos por Igreja Junior (2015) a partir de um par de pluviômetros de PVC instalados na extremidade superior e inferior de cada parcela. Na ocasião o monitoramento ocorreu entre 01/04/2014 e 31/03/2015. Com intuito de ampliar a capacidade de monitoramento na área de estudo, foi construída na lateral superior direita da parcela T0 uma Estação Climatológica, com dimensões de 4m x 8m.

Assim, em outubro de 2019 foi instalado na Estação Climatológica um pluviômetro *Ville* de Paris para a obtenção dos dados pluviométricos utilizados no presente estudo (Figura 26), e futuramente pretende-se instalar outros instrumentos.

O monitoramento da pluviosidade teve início no dia 12/11/2019, e acontece diariamente às 09h, sendo realizado pela agricultora proprietária do sítio Carvalho de Justiça, onde está situada a EEPE/AFEN. Com auxílio de uma proveta graduada padrão para o pluviômetro *Ville* de Paris, ela registra em uma caderneta de campo o total de chuva diário.

Figura 26 – Estação climatológica da EEPE/AFEN



Legenda: (1) Área da Estação Climatológica; (2) Pluviômetro *Ville* de Paris.

Fonte: O autor, 2020.

### 3.5.2 Monitoramento da temperatura do solo

Para as medições da temperatura do solo foi instalado na lateral direita da parcela T0, na sua porção média, um geotermômetro Incoterm com haste rígida de 21 cm. Após a limpeza da área e com o auxílio de um trado foi realizada a instalação do instrumento no dia 13/05/2019, de maneira cuidadosa e respeitando a profundidade de 21 cm determinada pelo comprimento de sua haste. Tendo em vista a fragilidade do geotermômetro, um pequeno abrigo foi construído para melhor protegê-lo (Figura 27).

Para evitar possíveis danos ao instrumento que pudessem comprometer o monitoramento, mesmo após a construção da Estação Climatológica, optou-se por manter o geotermômetro no mesmo local. As medições são realizadas às 09:00h da manhã pela agricultura monitora de campo e foram iniciadas no dia 12/11/2019.

A partir dos dados de temperatura do solo obtidos durante o período de monitoramento da presente pesquisa será traçada uma curva da temperatura do solo ao longo do ano, estabelecendo também uma comparação com os dados coletados entre 09/05/2014 e 31/03/2015 por Igreja Junior (2015).

Figura 27 – Instalação do geotermômetro



Legenda: (1) Perfuração do solo; (2) Detalhe do trado; (3) Instalação do geotermômetro no solo; (4) Geotermômetro abrigado.

Fonte: O autor, 2019.

### 3.6 Síntese da realização das etapas metodológicas

As principais etapas metodológicas realizadas ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, bem como os respectivos períodos de execução foram contextualizadas no Quadro 3, apresentado a seguir.

Quadro 3 – Período de realização das principais etapas metodológicas

<b>Período</b>	<b>Procedimento</b>
Maio de 2019	Plantio das culturas empregadas nas parcelas T1 e T2.
Maio de 2019	Coleta de amostras deformadas.
Novembro de 2019	Início do monitoramento pluviométrico e da temperatura do solo.
Janeiro de 2020	Análises granulométricas.
Janeiro de 2020	Teste dos tensiômetros em laboratório.
Fevereiro de 2020	Instalação dos tensiômetros.
Fevereiro a Setembro de 2020	Monitoramento dos tensiômetros no campo.
Maio e junho de 2021	Coleta de amostras indeformadas.
Junho e julho de 2021	Análises laboratoriais (porosidade total e densidade).

Fonte: O autor, 2021.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análises Físicas

#### 4.1.1 Granulometria

A partir das amostras deformadas coletadas nas parcelas T0, T1 e T2 de acordo com a profundidade dos horizontes foram realizadas as análises granulométricas. Para isso, foram feitas cinco repetições para cada profundidade. Os resultados completos da granulometria das parcelas T0, T1 e T2, bem como os dados de média, desvio padrão e coeficiente de variação são apresentados detalhadamente nos Apêndices C, D e E, respectivamente. Na Tabela 2, são apresentados os valores médios e os desvios padrões encontrados. E posteriormente, na Figura 25 apresenta-se graficamente a variação das médias encontradas nas análises granulométricas.

No horizonte superficial Ap observa-se nas três parcelas o predomínio da fração areia. Em T1 e T2 os valores de areia são muito próximos,  $706 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $709 \text{ g.kg}^{-1}$ , respectivamente, por sua vez na parcela T0 a concentração de areia é mais baixa,  $610 \text{ g.kg}^{-1}$ . Essa menor concentração de areia em T0 pode ser um indicador que a fração areia que é mais abundante no topo do solo está sendo gradativamente perdida em decorrência dos processos erosivos. Em todas as parcelas a fração silte é a que possui a menor concentração, apresentando valores semelhantes nos três casos. Por sua vez, nota-se no horizonte superficial Ap, maior concentração de argila na parcela T0 em relação a T1 e T2. Tal constatação reforça a evidência de que a porção superficial do solo neste tratamento está sendo perdida devido à exposição na qual foi submetida desde 2014, constituindo-se como um fator limitante para o uso agrícola.

No horizonte Bt<sub>1</sub> é possível notar que há uma concentração significativamente maior de areia em T2 em comparação com as demais parcelas. Nesta profundidade, T2 possui 46% a mais da fração areia do que T0 e 31% a mais que a parcela T1. Contudo, observa-se que os valores de areia em todos os casos são inferiores ao horizonte Ap. Os valores de silte novamente mostraram-se similares em todas as parcelas. A maior concentração de argila na profundidade do horizonte Bt<sub>1</sub> foi encontrada em T0, cujo valor foi de  $438 \text{ g.kg}^{-1}$ , correspondendo praticamente ao dobro do encontrado em T2 –  $222 \text{ g.kg}^{-1}$ . Tal característica

textural, associada a um tratamento sem cobertura vegetal e, conseqüentemente, sem a contribuição da atuação de sistemas radiculares que favoreçam a drenagem, acarretam em grande dificuldade para a infiltração da água no perfil.

Tabela 2 – Valores médios e desvio padrão das frações areia, silte e argila encontrados nas parcelas T0, T1 e T2

Parcela	Horizonte (cm)	Dados	Frações g.kg <sup>-1</sup>		
			Areia	Silte	Argila
T0	Ap (0 - 30)	<b>Média</b>	<b>610</b>	<b>164</b>	<b>226</b>
		D. Padrão	6,40	7,40	3,07
	Bt1 (30 - 40)	<b>Média</b>	<b>438</b>	<b>124</b>	<b>438</b>
		D. Padrão	0,99	1,58	0,83
	Bt2 (40 - 80)	<b>Média</b>	<b>265</b>	<b>219</b>	<b>516</b>
		D. Padrão	0,58	2,58	2,65
	C (80 - 120)	<b>Média</b>	<b>298</b>	<b>262</b>	<b>440</b>
		D. Padrão	0,72	1,67	1,55
T1	Ap (0 - 30)	<b>Média</b>	<b>706</b>	<b>140</b>	<b>154</b>
		D. Padrão	1,17	1,51	2,42
	Bt1 (30 - 40)	<b>Média</b>	<b>488</b>	<b>124</b>	<b>388</b>
		D. Padrão	0,85	1,20	1,17
	Bt2 (40 - 80)	<b>Média</b>	<b>297</b>	<b>140</b>	<b>563</b>
		D. Padrão	0,94	0,19	1,09
	C (80 - 120)	<b>Média</b>	<b>352</b>	<b>256</b>	<b>392</b>
		D. Padrão	4,44	4,17	0,83
T2	Ap (0 - 30)	<b>Média</b>	<b>709</b>	<b>141</b>	<b>150</b>
		D. Padrão	0,96	1,66	1,26
	Bt1 (30 - 40)	<b>Média</b>	<b>641</b>	<b>137</b>	<b>222</b>
		D. Padrão	0,51	0,68	0,75
	Bt2 (40 - 80)	<b>Média</b>	<b>224</b>	<b>112</b>	<b>664</b>
		D. Padrão	0,57	1,94	2,06
	C (80 - 120)	<b>Média</b>	<b>347</b>	<b>257</b>	<b>396</b>
		D. Padrão	0,53	2,05	1,62

Fonte: O autor, 2021.

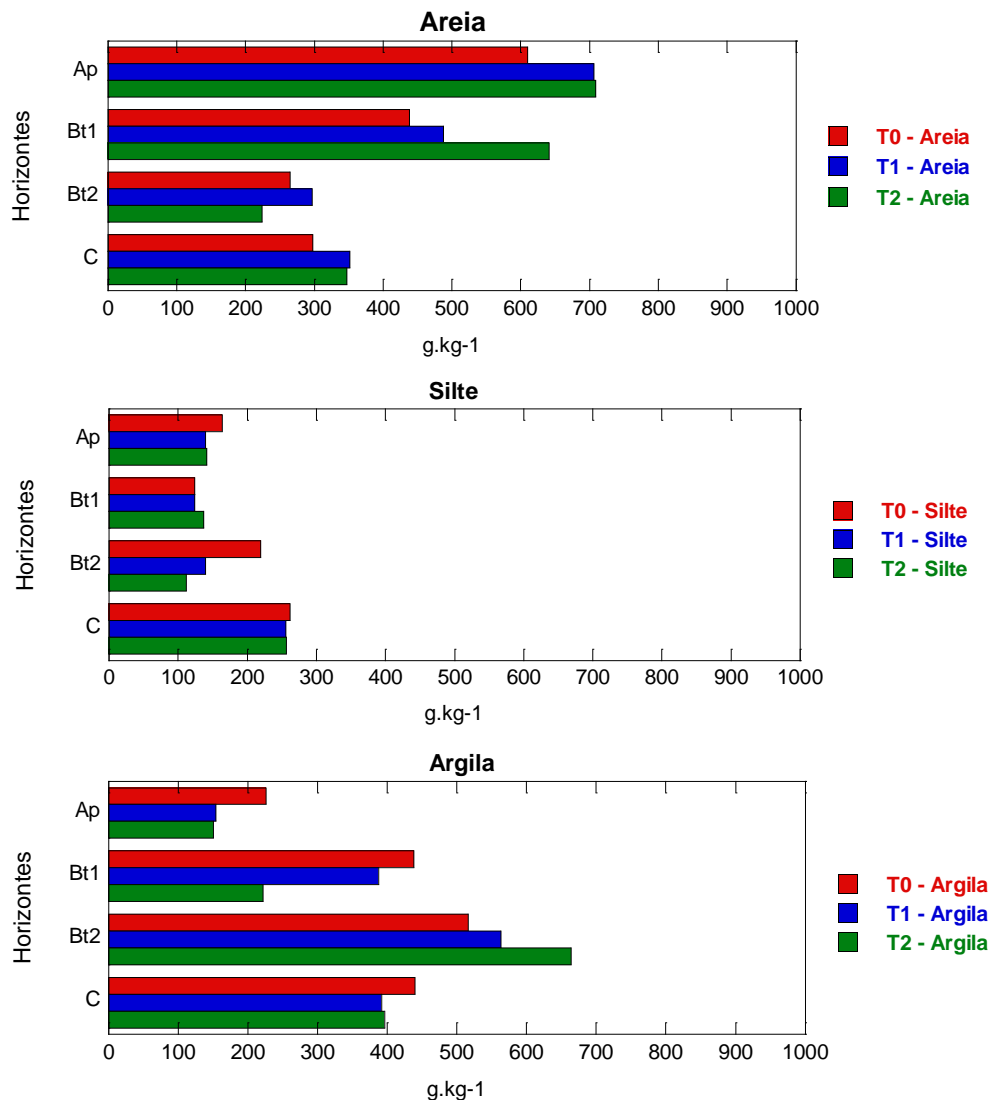
Entre 40 e 80 cm, tem-se a porção do horizonte superficial Bt<sub>2</sub>, sendo possível observar um comportamento comum da granulometria nas parcelas, de modo que ocorre o decréscimo de areia e o aumento de argila e silte. A exceção ocorreu em T2, onde não ocorreu aumento de silte. O valor de argila encontrado nesta profundidade na parcela T2 foi superior ao das outras parcelas. De todo modo, em todos os casos ocorre o predomínio da fração argila em relação às



demais. Com relação ao silte, a maior concentração desta fração foi encontrada em T0, os valores obtidos em T1 e T2 são relativamente próximos. No horizonte C, registra-se um comportamento comum em todas as parcelas, ocorrendo um aumento na concentração de areia e de silte e redução da concentração de argila.

Sintetizando os dados anteriormente apresentados, o gráfico da Figura 28 contribui para a visualização da variação dos valores de areia, silte e argila ao longo do perfil do solo das três parcelas da EEPE/AFEN. A partir dele conclui-se com maior evidência que as maiores diferenças entre as parcelas concentram-se nos horizontes Bt<sub>1</sub> e Bt<sub>2</sub>, sobretudo nas correlações entre o aumento dos valores de argila e a diminuição da concentração de areia.

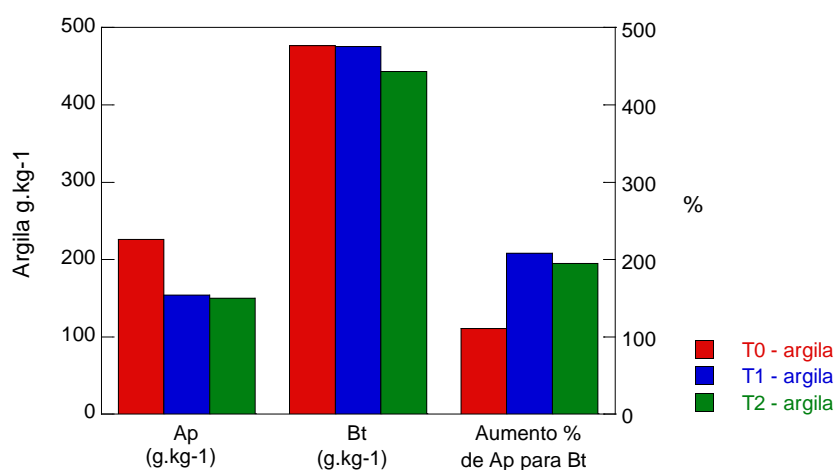
Figura 28 – Dados médios das frações granulométricas encontrados nas parcelas, T0, T1 e T2



Fonte: O autor, 2021.

Conforme pode ser observado por meio da Figura 29, ao estabelecer a média dos valores de argila encontrados em  $Bt_1$  e  $Bt_2$  e analisar o horizonte Bt integralmente, observa-se que os valores médios de argila são bastante semelhantes entre os perfis das parcelas T0, T1 e T2. Além disso, apesar das diferenças encontradas entre os valores de argila nos horizontes de  $Bt_1$  e  $Bt_2$  (como visto na Tabela 2 e na Figura 28), constata-se que o aumento percentual da fração argila do horizonte Ap para o Bt é similar em T1 e T2. Como a parcela T0 é mais argilosa no horizonte superficial, o aumento proporcional desta fração para a região do horizonte Bt mostrou-se inferior em comparação com T1 e T2.

Figura 29 – Valores médios de argila Ap e Bt e % de aumento de argila para Bt



Fonte: o Autor, 2021.

A partir das análises granulométricas foi possível estabelecer a classe textural dos horizontes das três parcelas. Para isso, utilizou-se o triângulo textural apresentado por Santos et al. (2015) e os resultados encontrados podem ser visualizados na Tabela 3. Apesar da proximidade espacial entre as áreas perceberam-se algumas variações entre as classes texturais, relacionando-se com as diferenças observadas anteriormente na Tabela 2 (pág. 78).

No horizonte Ap foi encontrada a classe franco-argiloarenosa na parcela T0, em T1 e T2, foi encontrada a classe francoarenosa. No horizonte  $Bt_1$  encontrou-se a classe argila em T0, argilosarenosa em T1 e franco-argilosaarenosa em T2. Já no  $Bt_2$ , nas parcelas T0 e T1 encontrou-se a classe argila, e em T2 a classe muito argilosa. No horizonte C, a textura foi caracterizada como argila em T0 e francoargilosa em T1 e T2.

Tabela 3 – Classificação textural dos horizontes das parcelas de erosão

Horizonte (prof. cm)	Classe Textural		
	Parcela T0	Parcela T1	Parcela T2
Ap (0 - 30)	franco- argiloarenosa	francoarenosa	francoarenosa
Bt <sub>1</sub> (30 - 40)	argila	argiloarenosa	franco- argiloarenosa
Bt <sub>2</sub> (40 - 80)	argila	argila	muito argilosa
C (80 - 120)	argila	francoargilosa	francoargilosa

Fonte: O autor, 2020.

#### 4.1.2 Porosidade e densidade do solo

Na Tabela 4 são apresentados os dados médios, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos resultados obtidos a partir das três amostras indeformadas coletadas nas profundidades de 20, 30 e 80 cm, nas parcelas T0, T1 e T2. Os respectivos resultados completos encontram-se nos apêndices F, G e H.

De modo geral os dados da porosidade total nas três parcelas seguiram o mesmo padrão, considerando as profundidades estudadas. Nota-se um aumento da porosidade total de 20 cm para 30 cm e uma redução nos valores quando se atinge a profundidade de 80 cm. Embora não tenha sido possível obter os dados da macro e microporosidade, considerando os resultados das análises granulométricas pode-se inferir que os maiores valores de porosidade total encontrados em 30 cm estão, possivelmente, associados ao aumento de microporos, tendo em vista a maior concentração fração argila nesta profundidade.

Analisando as profundidades de 0 – 5 cm, 30 – 35 cm e 40 – 45 cm nas mesmas, Igreja Junior (2015) encontrou resultados que confirmam o pressuposto levantado anteriormente. Seus dados apontaram que com o aumento da profundidade ocorrem reduções expressivas nos valores de macroporosidade e, concomitantemente, verifica-se acréscimo nos valores da microporosidade, conforme pode ser observado através da Tabela 5. Tal dinâmica é esperada na classe dos Argissolos, acarretando em maior dificuldade para a drenagem da água com o aumento da profundidade no perfil. A maior concentração de microporos potencializa a atuação da força capilar e reduz a participação da força gravitacional. Consequentemente,

ocorre diminuição na velocidade de infiltração da água no perfil, favorecendo a rápida saturação do topo do solo durante eventos de chuva e perdas por escoamento e erosão.

Tabela 4 – Dados de porosidade Total e densidade do solo

<b>Parcela</b>	<b>Profundidade</b>	<b>Dados</b>	<b>Porosidade Total (%)</b>	<b>Densidade (g.cm<sup>-3</sup>)</b>
<b>T0</b>	20	<b>Média</b>	<b>35,7</b>	<b>1,42</b>
		D. Padrão	2,15	0,06
		C. de variação	6%	4%
	30	<b>Média</b>	<b>38,2</b>	<b>1,39</b>
		D. Padrão	3,03	0,08
		C. de variação	8%	6%
	80	<b>Média</b>	<b>33,5</b>	<b>1,52</b>
		D. Padrão	1,77	0
		C. de variação	5%	0%
<b>T1</b>	20	<b>Média</b>	<b>33</b>	<b>1,41</b>
		D. Padrão	1,27	0,03
		C. de variação	4%	2%
	30	<b>Média</b>	<b>38,3</b>	<b>1,64</b>
		D. Padrão	4,09	0,03
		C. de variação	11%	2%
	80	<b>Média</b>	<b>34,7</b>	<b>1,61</b>
		D. Padrão	1,26	0,04
		C. de variação	4%	2%
<b>T2</b>	20	<b>Média</b>	<b>37,4</b>	<b>1,44</b>
		D. Padrão	2	0,04
		C. de variação	5%	3%
	30	<b>Média</b>	<b>39,8</b>	<b>1,69</b>
		D. Padrão	2,32	0,02
		C. de variação	6%	1%
	80	<b>Média</b>	<b>36,2</b>	<b>1,50</b>
		D. Padrão	2,2	0,04
		C. de variação	6%	3%

Fonte: O autor, 2021.

Tabela 5 – Dados médios de porosidade total, macro e microporosidade e densidade do solo encontrados nas parcelas da EEPE/AFEN em 2014

Parcela	Profund. (cm)	Porosidade Total (%)	Macroporosidade	Microporosidade	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )
T0	0 - 5	40	27	13	1,45
	30 - 35	30	8	22	1,68
	40 - 45	34	8	26	1,55
T1	0 - 5	39	23	16	1,46
	30 - 35	39	9	30	1,54
	40 - 45	39	7	32	1,49
T2	0 - 5	39	21	18	1,47
	30 - 35	34	4	30	1,6
	40 - 45	33	4	29	1,57

Fonte: Igreja Junior, 2015.

No que se refere aos dados de densidade do solo, os valores encontrados na profundidade de 20 cm foram similares entre as três parcelas, estando em torno de 1,4 g cm<sup>-3</sup>. Na profundidade de 30 cm, diferentemente do esperado, encontrou-se o menor valor de densidade na parcela T0 (1,39 g cm<sup>-3</sup>). Em T1 e T2 os valores foram relativamente próximos, 1,64 e 1,69 g.cm<sup>-3</sup>, respectivamente, de todo modo, mostraram-se superiores ao encontrado em T0.

Os dados encontrados nesta pesquisa apontam para um maior de adensamento do solo em T1 e T2, na profundidade de 30 cm quando se comparam os resultados obtidos por Igreja Junior (2015) na profundidade entre 30 – 35 cm. Apesar disso, observa-se que atualmente T1 continuou apresentando uma densidade um pouco inferior que T2 nesta profundidade.

Conforme explica Ferreira (2010) os valores mais baixos de densidade do solo estão associados a solos ou camadas de solos que apresentam estrutura granular, e, por sua vez, os valores mais elevados estão associados à estrutura do tipo em blocos ou similar. A partir disso, tendo como referência as informações da ficha de Classificação pedológica do PERFIL 1 – LUCIÁ (APÊNDICE A) nota-se que os resultados da densidade do solo possuem uma relação com a premissa apresentada.

Considerando a sua forma, a estrutura foi caracterizada como granular/blocos sub-angulares no horizonte Ap, blocos angulares nos horizontes Bt<sub>1</sub> e Bt<sub>2</sub> e blocos sub-angulares no horizonte C. Nessa perspectiva os resultados encontrados na presente pesquisa revelam que os maiores valores de densidade do solo foram encontrados nos horizontes que apresentam estrutura em bloco, ao passo que os menores valores foram observados no horizonte Ap, que

apresenta estrutura granular/blocos sub-angulares. Os resultados alcançados por Igreja Junior (2015) e apresentados na Tabela 5 também reforçam essa constatação.

#### 4.2 Análises Químicas

Os resultados acerca dos diferentes parâmetros associados às análises químicas serão trabalhados a partir de dois modos de interpretação. Primeiramente, serão abordados os resultados obtidos nas análises químicas referentes às amostras deformadas coletadas em maio de 2019 nas parcelas T0, T1 e T2 nas profundidades de 0 – 30 cm, 30 – 40 cm, 40 – 80 cm, 80 – 120 cm, associadas aos horizontes Ap, Bt<sub>1</sub>, Bt<sub>2</sub> e C, respectivamente (conforme descrito no item 3.2.1). Os resultados completos de tais análises podem ser consultados no Apêndice I.

Posteriormente, será estabelecida uma comparação dos resultados encontrados nesta presente pesquisa com os dados obtidos nas análises químicas das amostras coletadas em 2014 por Igreja Junior (2015) nas mesmas parcelas da EEPE/AFEN (tais resultados completos podem ser consultados no Apêndice J). Cabe lembrar que na ocasião a amostragem feita pelo referido autor contemplou as profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm (conforme mencionado no item 3.3). Tal análise comparativa torna-se bastante relevante para a compreensão das repercussões temporais que os diferentes tipos de manejo e uso acarretaram nas propriedades químicas associadas às profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, representativas do Horizonte Ap e Bt<sub>1</sub>.

Os resultados de pH em água, carbono orgânico, fósforo, potássio, alumínio, cálcio + magnésio, serão interpretados de acordo com os referenciais estabelecidos pelo Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro (FREIRE et al., 2013). Para a interpretação dos resultados de saturação por bases e saturação por alumínio tomou-se como referência o Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análise de Solo (SOBRAL et al., 2015), uma vez que estes dois parâmetros não são contemplados no primeiro manual mencionado.

#### 4.2.1 pH em água

Antes de avançar na apresentação dos dados, cabe lembrar que de acordo com relatos da agricultora Luciá Teixeira (proprietária do sítio desde 2009) e de Igreja Junior (2015), na área em que foram instaladas as parcelas T1 e T2 o uso do solo era mais intenso e antigo, tendo sofrido por mais de uma vez no período entre 2010 e 2013 manejo de correção da acidez a partir da prática de calagem. Por sua vez, na área da parcela T0 o uso do solo era mais recente, não tendo sido feita a aplicação de calcário. De todo modo, ressalta-se que entre 2013 (quando as parcelas foram instaladas) e maio de 2019 (quando se coletou as amostras deformadas para esta pesquisa) não houve calagem em nenhuma das parcelas.

Considerando as três parcelas e todas as profundidades analisadas os valores de pH, variaram entre 5,5 e 4,2 (Tabela 6). Os resultados obtidos revelam que na porção superior do solo em geral foram encontrados os maiores valores, ocorrendo uma exceção apenas na parcela T0, em que o maior valor de pH (4,5) foi encontrado no horizonte C. Como se observa na Tabela 6, os dados apontam que em todos os horizontes os valores de pH encontrados na parcela T0 foram inferiores aos observados em T1 e T2.

Tabela 6 – Valores de pH nos diferentes horizontes das parcelas T0, T1 e T2

Amostras	Horizonte (cm)	pH em água	Interpretação
T0	Ap (0 – 30)	4,4	Fortemente ácido
	Bt <sub>1</sub> (30 – 40)	4,2	Extremamente ácido
	Bt <sub>2</sub> (40 – 80)	4	Extremamente ácido
	C (80 – 120)	4,5	Fortemente ácido
T1	Ap (0 – 30)	5,5	Moderadamente ácido
	Bt <sub>1</sub> (30 – 40)	4,6	Fortemente ácido
	Bt <sub>2</sub> (40 – 80)	4,8	Fortemente ácido
	C (80 – 120)	5	Fortemente ácido
T2	Ap (0 – 30)	5,5	Moderadamente ácido
	Bt <sub>1</sub> (30 – 40)	5,2	Fortemente ácido
	Bt <sub>2</sub> (40 – 80)	4,4	Fortemente ácido
	C (80 – 120)	4,6	Fortemente ácido

Fonte: O autor, 2021.

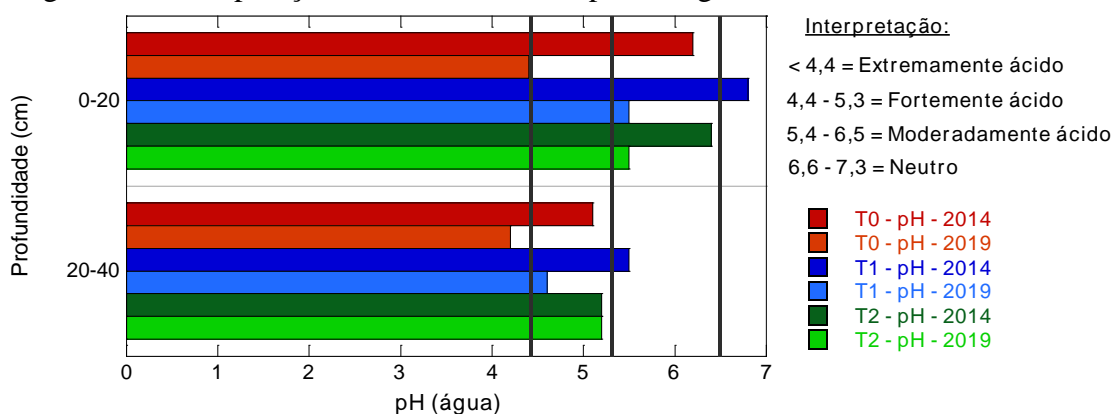
Nas parcelas T1 e T2, em que historicamente o solo recebeu tratamento com cobertura vegetal de leguminosas (cudzu tropical em T1 e T2 e feijão guandu em T1) em todas as profundidades os resultados demonstraram menor nível de acidez, quando comparado com

T0. Além disso, destaca-se que nas parcelas T1 e T2 em todos os horizontes os resultados foram enquadrados nas mesmas classes de interpretação, com pH moderadamente ácido no topo do solo e fortemente ácido nos horizontes mais profundos.

A partir da Figura 30, pode-se observar graficamente as variações nos valores de pH entre os resultados obtidos em 2014 por Igreja Junior (2015) e em 2019 no contexto da pesquisa atual, nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm. Na profundidade de 0 – 20 cm os valores de pH em 2014 eram superiores a 6 nas três parcelas. Em contrapartida, os dados de 2019 revelam que ocorreu redução valores de pH nos três tratamentos, cujos os decréscimos atingiram 29% em T0, 19% em T1 e 14% em T2. Assim, a redução mais expressiva ocorreu na parcela T0, onde o valor de pH em 2019 no topo do solo foi de 4,4 – revelando o maior nível de acidez quando comparada com T1 e T2.

Em subsuperfície o solo apresentou maior nível de acidez. Em 2014, os diferentes tratamentos apresentavam pH entre 5 e 5,5. Já em 2019 apenas na parcela T2 não ocorreu variação no valor. Enquanto em T0 e T1 a redução nos valores de pH, foram de 17,6% e 16,4%, respectivamente. Ressalta-se que também nesta profundidade, 20 – 40 cm, a parcela T0 foi a que apresentou os piores resultados tanto em 2014 como em 2019.

Figura 30 – Comparação entre os valores de pH em água obtidos em 2014 e 2019



Fonte: O autor, 2021.

Partindo do pressuposto que a acidez dos solos consiste em um dos principais obstáculos para a agricultura em áreas de regiões tropicais, uma vez os altos índices pluviométricos e elevadas temperaturas tornam essas áreas mais propensas à lixiviação (LEPSCH, 2011), os resultados encontrados tornam-se bastante pertinentes quando se considera as condições ambientais da área de estudo. Conforme afirmaram Souza, Miranda e Oliveira (2007), a acidez condiciona o estado geral do solo para o crescimento das plantas, pois regula uma série de relações com outras propriedades químicas, físicas e biológicas.



Nesse sentido, os dados evidenciaram que os tratamentos empregados em T1 e T2 contribuíram para a minimização dos processos de acidificação do solo.

#### 4.2.2 Matéria Orgânica

Os resultados associados ao conteúdo de carbono orgânico, e, por conseguinte, de matéria orgânica estão apresentados Tabela 7. Os valores do carbono orgânico encontrados nos horizontes das três parcelas estudadas foram considerados baixos, variando entre 1,4 a 9,1 g.kg<sup>-1</sup>. Um comportamento comum observado em todas as parcelas foi a diminuição gradativa dos valores de carbono orgânico com o aumento da profundidade. Embora todos os valores tenham sido classificados como baixos nota-se algumas diferenças entre as parcelas.

Desta forma, considerando que o topo do solo é a porção do perfil que concentra em geral a maior parte do material do orgânico, nota-se que o manejo empregado por Igreja Junior (2015) repercutiu em resultados positivos para o incremento de substâncias orgânicas no topo do solo nas parcelas T1 e T2. Tal afirmação pode ser ainda mais validada quando se observa o resultado encontrado em T0. Assim, destaca-se que no horizonte Ap da parcela sem cobertura encontrou-se menor teor de carbono orgânico – 4,0 g.kg<sup>-1</sup>. Por sua vez foram encontrados valores de 9,1 e 6,4 g.kg<sup>-1</sup> em T2 e T1, respectivamente.

Tabela 7 – Teores de carbono orgânico e matéria orgânica nas parcelas T0, T1 e T2

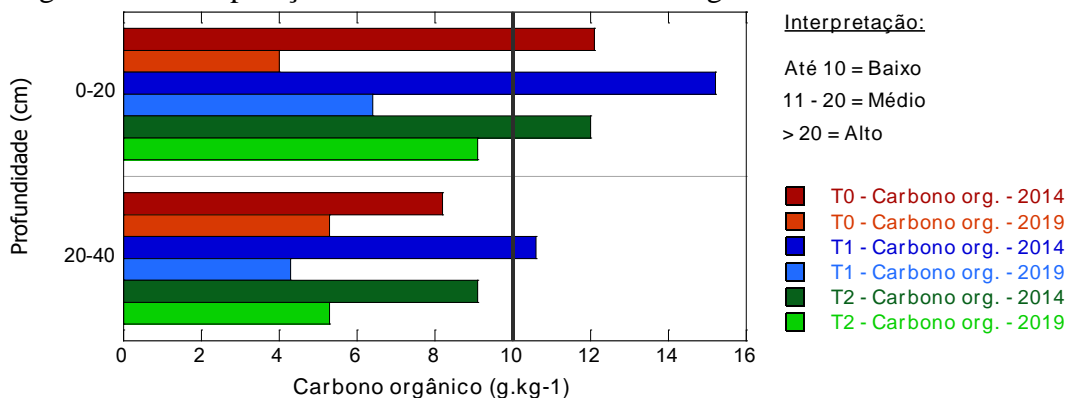
Amostras	Horizonte (cm)	Carbono org.		Interpretação	Matéria org.	
		g.kg <sup>-1</sup>	%		g.kg <sup>-1</sup>	%
T0	Ap (0 – 30)	4,0	0,40	Baixo	6,8	0,68
	Bt <sub>1</sub> (30 – 40)	5,3	0,53	Baixo	9,1	0,91
	Bt <sub>2</sub> (40 – 80)	3,6	0,36	Baixo	6,2	0,62
	C (80 – 120)	1,8	0,18	Baixo	3,1	0,31
T1	Ap (0 – 30)	6,4	0,64	Baixo	11	1,1
	Bt <sub>1</sub> (30 – 40)	4,3	0,43	Baixo	7,4	0,74
	Bt <sub>2</sub> (40 – 80)	3,2	0,32	Baixo	5,5	0,55
	C (80 – 120)	2,6	0,26	Baixo	4,4	0,44
T2	Ap (0 – 30)	9,1	0,91	Baixo	15,6	1,56
	Bt <sub>1</sub> (30 – 40)	5,3	0,53	Baixo	9,1	0,91
	Bt <sub>2</sub> (40 – 80)	4,1	0,41	Baixo	7	0,7
	C (80 – 120)	1,4	0,14	Baixo	2,4	0,24

Fonte: O autor, 2021.

A partir da Figura 31, podem-se observar graficamente as variações no conteúdo de carbono orgânico, à medida que se compara os resultados obtidos em 2014 e em 2019. Na profundidade de 0 – 20 cm, observa-se que em 2014 nas três parcelas os valores eram considerados médios, com destaque para T1 em relação a T0 e T2. Analisando os resultados encontrados em 2019, evidencia-se que as maiores perdas ocorreram nas parcelas T0 (67%) e T1 (58%), enquanto em T2 a perda foi menos expressiva (24,2%).

Em todas as parcelas tanto em 2014 como em 2019 ocorreu uma redução do teor de carbono orgânico na profundidade de 20 – 40 cm em comparação com os valores encontrados na porção mais próxima ao topo do solo. Além disso, nessa porção do perfil também se observou perdas de material orgânico entre 2014 e 2019. Destaca-se que os valores encontrados em 2019 foram relativamente próximos, sendo considerados baixos em todos os casos. Assim, neste intervalo de cinco anos a perda mais expressiva de carbono orgânico ocorreu na parcela T1, cuja redução atingiu 59,4%, enquanto em T0 e T2 as perdas foram de 35,4% e 41,8 %, respectivamente. Todavia, considerando os tratamentos empregados esperava-se encontrar tal resultado na parcela T0, não em T1.

Figura 31 – Comparação entre os teores de carbono orgânico obtidos em 2014



Fonte: O autor, 2021.

#### 4.2.3 Fertilidade do Solo

A partir da Tabela 8 podem ser observados os valores de Fósforo (P) e Potássio (K) encontrados nas análises químicas das amostras coletadas em 2019. Constata-se que as maiores diferenças nos níveis de fósforo entre as parcelas foram encontradas no topo do solo. No horizonte Ap foi encontrado valor de 25 mg.dm<sup>-3</sup> em T0, enquanto nas parcelas T1 e T2

foram encontrados valores de 42 e 96  $\text{mg.dm}^{-3}$ , respectivamente. Quanto à interpretação, o valor encontrado na parcela T0 foi considerado alto, por sua vez em T1 e T2 o teor de fósforo foi classificado como muito alto. Nos demais horizontes os valores foram próximos em todas as parcelas, sendo em todos os casos interpretados como alto.

No que se refere aos níveis de potássio percebeu-se a mesma tendência observada nos valores de fósforo. A maior variação entre os dados das três parcelas ocorreu no topo do solo, por outro lado nos horizontes mais profundos os valores foram relativamente próximos. Destaca-se que também foi constatado menor teor de potássio no horizonte Ap da parcela T0 – 19  $\text{mg.dm}^{-3}$ , em comparação com T1 e T2 cujos valores foram 66 e 50  $\text{mg.dm}^{-3}$ , respectivamente. Assim, nesta profundidade o nível de potássio foi considerado baixo em T0, e médio em T1 e T2.

Tabela 8 – Teores de Fósforo (P) e Potássio (K) nas parcelas T0, T1 e T2

Amostras	Horizonte (cm)	P $\text{mg.dm}^{-3}$	Interpretação	K $\text{mg.dm}^{-3}$	Interpretação
T0	Ap (0 – 30)	25	Alto	19	Baixo
	Bt <sub>1</sub> (30 – 40)	22	Alto	15	Baixo
	Bt <sub>2</sub> (40 – 80)	22	Alto	15	Baixo
	C (80 – 120)	23	Alto	19	Baixo
T1	Ap (0 – 30)	42	Muito alto	66	Médio
	Bt <sub>1</sub> (30 – 40)	30	Alto	27	Baixo
	Bt <sub>2</sub> (40 – 80)	23	Alto	19	Baixo
	C (80 – 120)	23	Alto	31	Baixo
T2	Ap (0 – 30)	96	Muito alto	50	Médio
	Bt <sub>1</sub> (30 – 40)	25	Alto	27	Baixo
	Bt <sub>2</sub> (40 – 80)	24	Alto	19	Baixo
	C (80 – 120)	23	Alto	19	Baixo

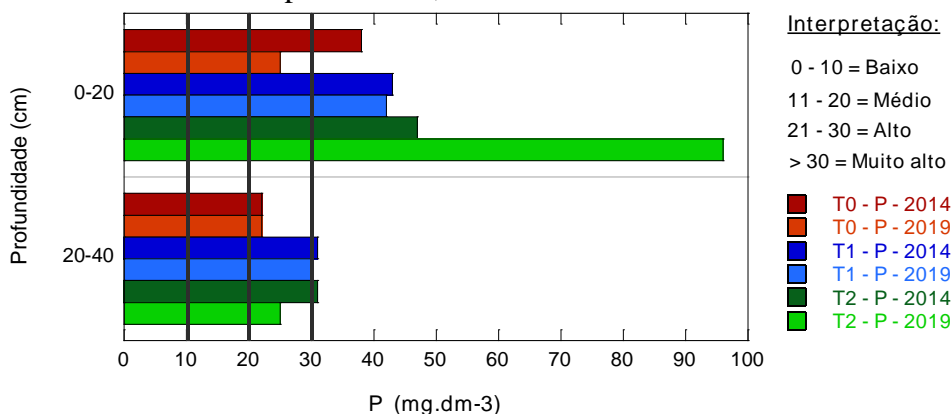
Fonte: O autor, 2021.

Através da Figura 32 são analisados os teores de fósforo encontrados nas parcelas T0, T1 e T2 em 2014 e 2019. Os dados evidenciam que em 2014, na profundidade de 0 – 20 cm todas as parcelas apresentavam valores de fósforo caracterizados como muito alto. Entretanto, em 2019 notou-se que houve diminuição de 34,2% no teor do elemento em T0, cujo valor (25  $\text{mg.dm}^{-3}$ ) foi interpretado como alto. Em T1 praticamente não houve redução (2,3%). Já na parcela T2 os dados relevaram que o valor encontrado em 2019 foi 104% maior em relação ao obtido em 2014, destoando dos resultados encontrados nas outras parcelas.

O teor de fósforo diminui quando se atinge a profundidade de 20 – 40 cm. De todo modo, por meio da Figura 32 se evidencia que entre 2014 e 2019 os valores mantiveram-se

praticamente inalterados em T0 e T1. A exceção ocorreu em T2, que apresentou uma redução de 19,4%.

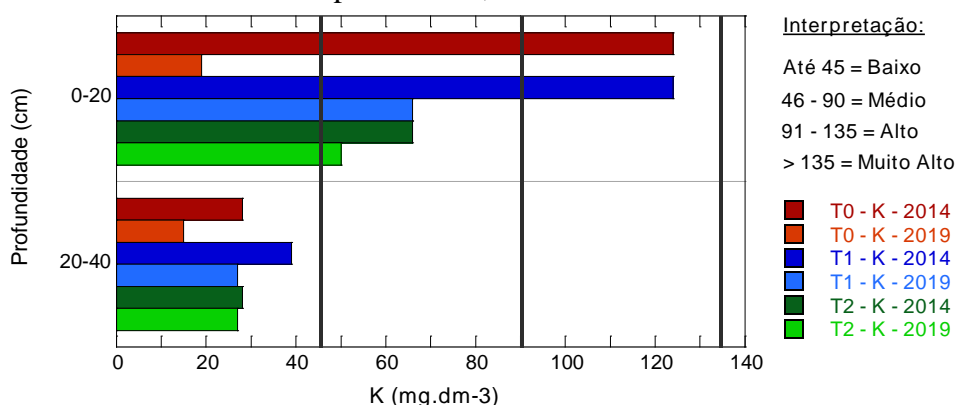
Figura 32 – Comparação entre os teores de Fósforo (P) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2



Fonte: O autor, 2021.

Ao estabelecer o comparativo dos valores de potássio por meio da Figura 33 foi possível perceber expressiva redução no teor deste elemento no topo do solo na parcela T0, correspondendo a 84%. Em T1 também se constatou significativa perda, sendo esta de 46,8%, contudo, mostrando-se inferior ao observado em T0. Em 2014 a parcela T2 foi a que apresentou o menor valor de potássio, mas, por sua vez, foi neste tratamento que se encontrou a menor redução no teor do elemento entre 2014 e 2019, sendo ela de 24,2%.

Figura 33 – Comparação entre os teores de Potássio (K) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2



Fonte: O autor, 2021.

Além disso, torna-se evidente a maior concentração de potássio no topo do solo, ocorrendo expressiva diminuição do elemento na profundidade de 20 – 40 cm. Conforme

observado anteriormente, na Tabela 8, nos horizontes  $Bt_1$ ,  $Bt_2$  e C os índices de potássio encontrados nas amostras coletadas em 2019 foram considerados baixos. De modo, cabe apontar que também neste parâmetro os piores resultados foram encontrados no tratamento sem cobertura. Considerando o intervalo entre 2014 e 2019, as perdas maiores ocorreram em T0 (43%) e T1 (30,8%), enquanto em T2 a perda foi mínima (3,6%).

A seguir, na Tabela 9 encontram-se os resultados associados às concentrações de Cálcio (Ca) + Magnésio (Mg) e de Alumínio (Al), bem como a devida interpretação destes parâmetros. Os teores de cálcio + magnésio nas parcelas variaram entre 2,2 e 5  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , sendo considerado médio em todos os casos. Observou-se que os menores valores foram encontrados na parcela T0. No caso das parcelas T1 e T2 cabe lembrar que os resultados obtidos podem ter alguma influência das práticas de calagem efetuadas na área em que elas se encontram no período entre 2010 e 2013 (como já mencionado no subitem 5.2.1).

Tabela 9 – Teores de Cálcio + Magnésio e Alumínio nas parcelas T0 T1 e T2

	Horizonte (cm)	Ca + Mg $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$	Interpretação	Al $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$	Interpretação
T0	Ap (0 – 30)	3	Médio	3,9	Alto
	$Bt_1$ (30 – 40)	3,2	Médio	5,5	Alto
	$Bt_2$ (40 – 80)	2,6	Médio	4,8	Alto
	C (80 – 120)	2,8	Médio	5,3	Alto
T1	Ap (0 – 30)	4,8	Médio	0	Baixo
	$Bt_1$ (30 – 40)	4	Médio	1,3	Alto
	$Bt_2$ (40 – 80)	3,8	Médio	5	Alto
	C (80 – 120)	4,8	Médio	6	Alto
T2	Ap (0 – 30)	5	Médio	2,3	Alto
	$Bt_1$ (30 – 40)	4	Médio	0,3	Baixo
	$Bt_2$ (40 – 80)	3	Médio	4	Alto
	C (80 – 120)	2,2	Médio	4,5	Alto

Fonte: O autor, 2021.

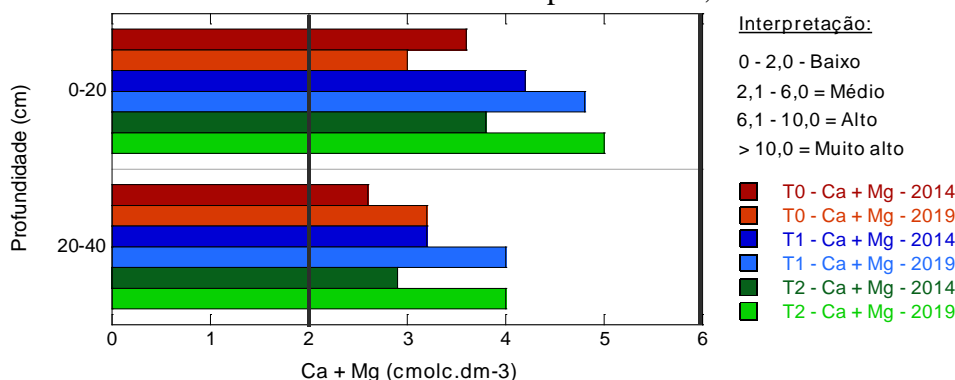
Com relação à presença de alumínio, na sua forma trocável, constata-se por meio da Tabela 9 que, considerando as três parcelas, os valores variaram entre 0 e 6  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ . Em geral os resultados evidenciaram uma correlação entre a elevação da concentração de alumínio e o aumento da profundidade, de modo que os maiores valores foram encontrados nos horizontes  $Bt_2$  e C. A exceção ocorreu na parcela T0, tendo em vista que o maior teor de alumínio foi registrado em  $Bt_1$ , sendo este de 5,5  $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ .

Além disso, os dados revelaram que nos horizontes mais próximos a superfície, Ap e  $Bt_1$ , as diferenças associadas à concentração de alumínio entre as parcelas foram mais

abruptas. Em T0 os dois horizontes apresentaram valores altos –  $3,9 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  em Ap e  $5,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  em Bt<sub>1</sub>. No entanto, em T1 o teor de Al encontrado no horizonte Ap foi igual a 0, e em Bt<sub>1</sub> constatou-se valor de  $1,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ . Já na parcela T2 o teor de alumínio no horizonte Ap,  $2,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , foi classificado como alto, em contrapartida este foi o tratamento em que encontrou-se menor concentração do elemento no horizonte Bt<sub>1</sub>,  $0,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , sendo interpretado como baixo.

Através do gráfico apresentado na Figura 34, nota-se que na profundidade de 0 – 20 cm apenas na parcela T0 observou-se redução no teor de Ca + Mg entre 2014 e 2019, correspondente a 17%. Em T1 e T2 percebeu-se um aumento nos teores desses nutrientes, sendo de 14,3% e 31,6, respectivamente. Em subsuperfície, os três tratamentos apresentaram resultados semelhantes, indicando aumento da concentração de Ca + Mg. Destaca-se que o incremento foi de 23% em T0, 25% em T1 e 38% em T2. Deste modo, também neste parâmetro os melhores resultados foram encontrados nas parcelas T1 e T2.

Figura 34 – Comparação entre os teores de Cálcio (Ca) + Magnésio (Mg) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2



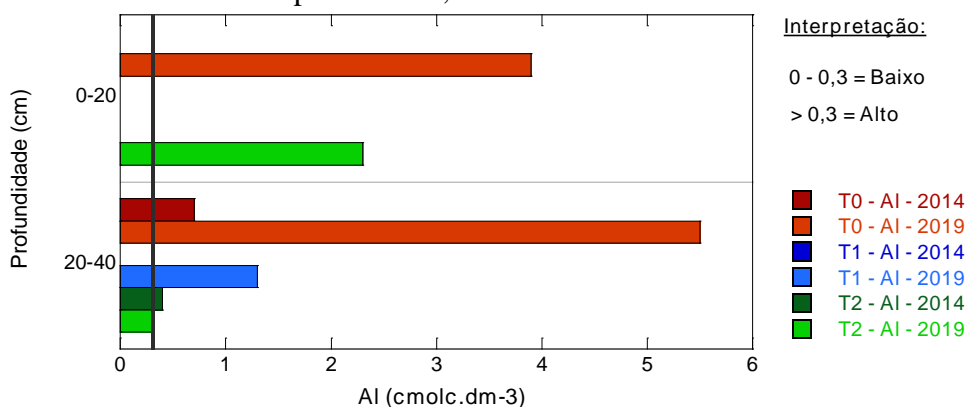
Fonte: O autor, 2021.

Os dados das amostras de 2014 e 2019 acerca do alumínio revelam uma grande diferença nas respostas entre os tratamentos. Através da Figura 35 observa-se que em 2014 na profundidade de 0 – 20 cm não havia presença de alumínio em nenhuma das parcelas. Com efeito, os dados de 2019 evidenciaram um elevado aumento no teor do elemento na parcela T0 ao longo do intervalo de cinco anos, atingindo um valor de  $3,9 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , considerado alto. Em T2 também se observou considerável acréscimo de alumínio, sendo registrado valor de  $2,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , também caracterizado como alto. A exceção ocorreu na parcela T1, que em 2019 continuou não apresentando concentração do elemento. Conforme explicam Sousa, Miranda e Oliveira (2007) o aumento da acidez no solo promove a solubilização do alumínio,

de modo que quando o pH em água está abaixo de 5,5 ocorre maior disponibilidade do alumínio na sua forma trocável na solução do solo.

Os resultados são ainda mais contrastantes quando se comparam os dados encontrados na profundidade de 20 – 40 cm. Em 2014 apenas em T1 não havia presença de alumínio, em T0 e T2 a sua concentração já era considerada alta. De todo modo, observando os dados de 2019, evidencia-se que em T0 o teor alumínio aumentou expressivamente, 685,7%, atingindo valor de  $5,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , interpretado como alto. Contudo, nas outras parcelas foram encontrados valores menores. Em T1 não havia concentração de alumínio em 2014 e em 2019 o teor de alumínio foi de  $1,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , também considerado alto. Já em T2 observou-se uma redução de 25% no teor de alumínio, sendo encontrado em 2019 valor de  $0,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , interpretado como baixo.

Figura 35 – Comparação dos teores de Alumínio (Al) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2



Fonte: O autor, 2021.

Diante dos dados expostos nota-se que os tratamentos com leguminosas empregados nas parcelas T1 e T2 contribuíram para que os teores de alumínio ao longo de cinco anos, não atingissem valores tão elevados como os que foram observados na parcela T0 nas duas profundidades analisadas. Esse resultado evidencia o efeito positivo do tratamento com leguminosas, sobretudo considerando que a alta concentração de alumínio no solo, pode ser tóxica para as plantas (SOUSA, MIRANDA E OLIVEIRA, 2007).

Na Tabela 10 são apresentados os resultados relacionados aos teores de Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), acidez potencial (H+Al), soma de bases (S), Valor T, que corresponde a capacidade de troca catiônica (CTC), da saturação de bases (Valor V) e da saturação de alumínio (Valor m). A partir da referida tabela, serão destacados dois

parâmetros centrais: a saturação por bases e a saturação por alumínio, tendo em vista a relevância de ambos como indicativo da fertilidade do solo.

Conforme esperado, os melhores resultados estiveram associados às parcelas T1 e T2. Em T0, já no horizonte superficial Ap foi diagnosticada característica de distrofismo (Valor V <50%), sendo encontrado valor V de 43%<sup>2</sup>. O caráter distrófico também foi registrado nos demais horizontes da parcela T0. Por sua vez, nas parcelas T1 e T2 que historicamente foram manejadas com cobertura de leguminosas, constatou-se característica de eutrofismo (Valor V ≥ 50%) no horizonte Ap. Em T1 o valor V foi de 68% e em T2 foi de 62%. Isto evidencia que o plantio de leguminosas tem contribuído para a conservação das bases trocáveis, que estão associadas à fertilidade do solo, em contrapartida no solo sem cobertura os dados indicam uma condição de degradação.

Tabela 10 – Valores de Sódio (Na), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), acidez potencial (H+Al), soma de Bases (S), valor T, valor V e valor m em T0, T1 e T2

Amostras	Horizonte	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Valor S	Valor T	Valor V	Valor m
		cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>							%	
T0	Ap	0,052	2,0	1,0	0,05	4,1	3,10	7,23	43	56
	Bt <sub>1</sub>	0,066	1,5	1,7	0,04	8,2	3,31	11,56	29	62
	Bt <sub>2</sub>	0,099	0,5	2,1	0,04	10,7	2,74	13,42	20	64
	C	0,146	0,5	2,3	0,05	10,9	2,99	13,87	22	64
T1	Ap	0,164	3,3	1,5	0,17	2,4	5,14	7,58	68	0
	Bt <sub>1</sub>	0,155	2,2	1,8	0,07	6,0	4,23	10,22	41	24
	Bt <sub>2</sub>	0,775	0,6	3,2	0,05	11,2	4,63	15,88	29	52
	C	0,207	0,5	4,3	0,08	10,5	5,09	15,58	33	54
T2	Ap	0,085	3,7	1,3	0,13	3,2	5,22	8,40	62	31
	Bt <sub>1</sub>	0,066	2,5	1,5	0,07	4,1	4,14	8,26	50	7
	Bt <sub>2</sub>	0,244	1,0	2,0	0,05	11,6	3,29	14,91	22	55
	C	0,338	0,3	1,9	0,05	11,1	2,59	13,65	19	63

Fonte: O autor, 2021.

Em geral, nos horizontes subsuperficiais das parcelas T1 e T2 encontrou-se o caráter distrófico. A exceção ocorreu no horizonte Bt<sub>1</sub> em T2, que apresentou valor V de 50%, configurando caráter eutrófico. Ressalta-se que apesar do comportamento comum da redução nos valores de saturação por bases com o aumento de profundidade no perfil, observou-se que

<sup>2</sup> De acordo com o SiBCS, o solo pode ser considerado eutrófico quando a saturação de bases for igual ou superior a 50% e distrófico quando apresentar valor inferior a 50% (SANTOS, et al. 2018).



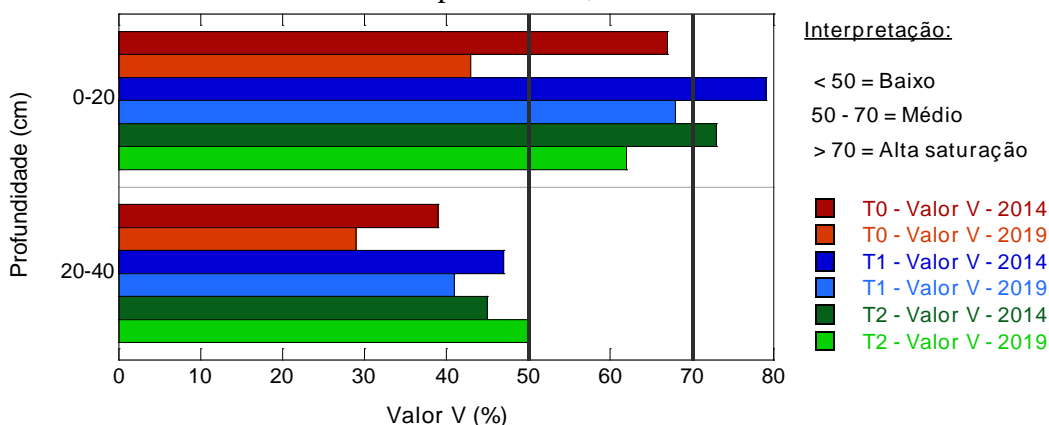
em geral nos horizontes Bt<sub>1</sub>, Bt<sub>2</sub> e C os melhores resultados foram encontrados nas parcelas T1 e T2.

Ainda por meio da Tabela 10 torna-se possível constatar que em todos os horizontes da parcela T0 os valores associados à saturação por alumínio (valor m) foram superiores a 50%, indicando alta saturação. Em contrapartida, em T1 e T2 nos horizontes Ap e Bt<sub>1</sub> foram encontrados valores inferiores a 50%, caracterizando baixo nível de saturação por alumínio. Somente a partir do horizonte Bt<sub>2</sub> em ambas as parcelas os valores foram superiores a 50%.

Através da comparação dos dados acerca da saturação por bases apresentado na Figura 36, nota-se que nas duas profundidades em análise as maiores perdas ocorreram na parcela T0, corroborando com o que foi observado nos dados das bases trocáveis (Ca + Mg e K) anteriormente abordados. Na parcela T0 que em 2014 apresentava caráter eutrófico na profundidade de 0 – 20 cm, com valor V de 67%, as repercussões do tratamento empregado ao longo do intervalo de cinco anos foram extremamente prejudiciais. O valor encontrado em 2019 foi de 43%, sendo considerado baixo e indicando caráter distrófico, configurando uma perda de 35,8% no valor V em cinco anos.

Em contrapartida, ainda considerando a profundidade de 0 – 20 cm, observou-se que os manejos empregados em T1 e T2 contribuíram para minimizar as perdas das bases trocáveis em decorrência da lixiviação. Dito isso, ressalta-se que apesar da redução nos valores (14% em T1 e 15% em T2), ambas as parcelas que em 2014 apresentavam alta saturação por bases, em 2019 apontaram resultados mais satisfatórios. Em T1 e T2 os valores superiores a 50%, sendo interpretados como médio.

Figura 36 – Comparação dos valores de saturação por bases (valor V) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2



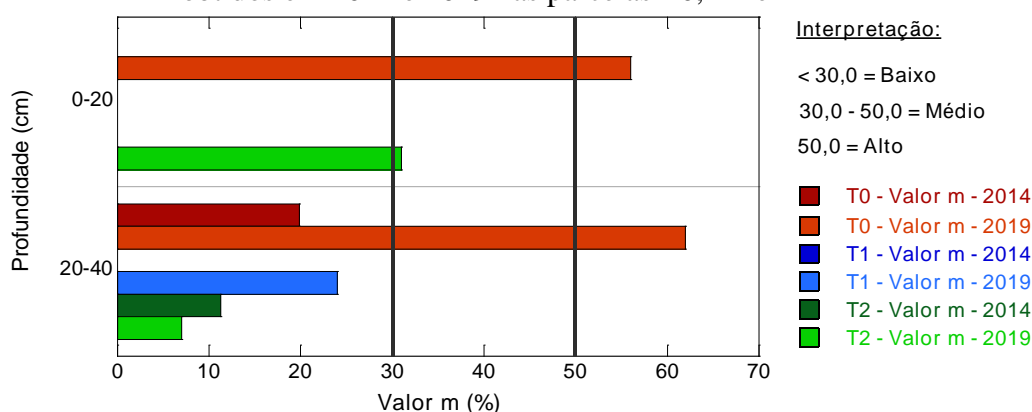
Fonte: O autor, 2021.

Na profundidade de 20 – 40 cm todas as parcelas apresentavam baixa saturação por bases em 2014. A partir dos dados de 2019, nota-se que o pior resultado continuou sendo encontrado na parcela T0, cuja perda foi de 25,6% do valor V ao longo de cinco anos. Em T1 a redução foi de 12,8%. A exceção ocorreu em T2, em que os dados apontaram um aumento de 11%.

Os resultados comparativos da saturação por alumínio (Figura 37) também evidenciam as diferentes respostas dos tratamentos empregados nas parcelas de erosão para as propriedades químicas do Argissolo da área em estudo. Na profundidade de 0 – 20 cm em 2014, o valor m em todas as parcelas era igual a 0. Após cinco anos, observou-se em T0 valor de 56%, considerado alto. Em T1, como o alumínio permaneceu insolúvel o valor m novamente foi 0. Já na parcela T2 observou-se valor de 31%, interpretado como médio.

Na profundidade de 20 – 40 cm, também se observa que a resposta do tratamento T0 após cinco anos foi a mais crítica, apresentando valor de saturação por alumínio de 62%, considerado alto. Além disso, o aumento do valor m entre 2014 e 2019 corresponde a 213%. E, novamente, em T1 e T2 os dados obtidos foram mais satisfatórios, sendo encontrados valores interpretados como baixos em ambas. Destaca-se que, uma vez registrada a presença do alumínio na profundidade de 20 – 40 cm em 2019 na parcela T1 (tal como visto na Figura 35) o valor m atingiu 24%. Já em T2, tendo ocorrido uma diminuição na concentração de alumínio em 2019 (vide Figura 35), nota-se que houve redução no valor m, sendo esta correspondente a 38%.

Figura 37 – Comparação dos valores de saturação por alumínio (valor m) obtidos em 2014 e 2019 nas parcelas T0, T1 e T2



Fonte: O autor, 2021.

Em síntese, os resultados obtidos nas análises químicas a partir das amostras coletadas em 2019, certifica os efeitos positivos das práticas conservacionistas implementadas na

EEPE/AFEN por Igreja Junior (2015). Tendo em vista os oito parâmetros (pH em água, carbono orgânico, fósforo, potássio, cálcio + magnésio, alumínio, valor V e valor m) que foram analisados detalhadamente neste item, encontrou-se em praticamente todos eles e em todas as profundidades os piores resultados associados a parcela T0. Quando se observam especialmente as duas profundidades mais superficiais, em todos os parâmetros os resultados mais críticos foram associados ao solo sem cobertura. A única exceção esteve associada ao valor de carbono orgânico na parcela T0, que foi o mesmo encontrado em T2 e um pouco superior ao obtido em T1.

Adiante, os dados dos acerca do comportamento hidrológico evidenciarão ainda mais as limitações associadas, principalmente, ao tratamento sem cobertura (parcela T0).

### 4.3 Monitoramento da pluviosidade

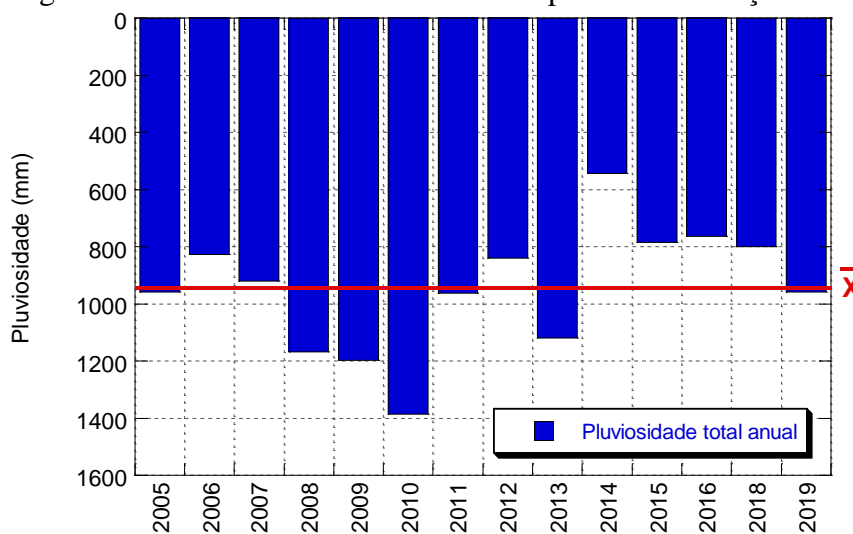
A partir dos dados de precipitação registrados na Estação Climatológica da UERJ-FFP foi possível analisar os dados pluviométricos de uma série histórica de 2005 a 2019 (Figura 38)<sup>3</sup>. Com base nela, constata-se que a média de precipitação anual no município de São Gonçalo é de 944,8 mm.

Dentre os 14 anos observados o menor volume de chuva foi registrado em 2014, que totalizou somente 543,7 mm, mostrando-se fora do padrão do município. Conforme explicaram Kede, Bertolino e Bertolino (2017), o ano de 2014 foi atípico, ocorrendo escassez de chuva em decorrência de um bloqueio atmosférico ocasionado pelo fenômeno meteorológico conhecido como ASAS (Alta Subtropical do Atlântico do Sul). Por outro lado, entre os anos que apresentaram os maiores volumes pluviométricos podem ser destacados 2010, 2009, 2008 e 2013, em que os volumes ultrapassaram 1.000 mm. O ano de 2010 foi o que acumulou o maior volume de chuva totalizando 1.386,9 mm. Em 2009, 2008 e 2013 foram registrados, respectivamente, volumes de 1.197,1, 1.167,5, e 1.119,1 mm.

---

<sup>3</sup> Apenas os dados do ano de 2017 não foram inseridos na série histórica devido a algumas adversidades que dificultaram o monitoramento ao longo do mesmo.

Figura 38 – Pluviosidade anual do município de São Gonçalo



Legenda: Série histórica entre 2005 e 2019 de acordo com os dados da Estação Climatológica Experimental Urbana da UERJ-FFP.

Fonte: O autor, 2021.

Analisando os dados pluviométricos apresentados na Tabela 11 destaca-se que ao longo da série histórica de 14 anos, as maiores médias são dos meses de janeiro (173,1 mm), março (116,3 mm) e dezembro (112 mm). A mediana aponta que os maiores valores médios estão associados ao mês de janeiro (190,3 mm) e dezembro (112,6 mm).

As menores médias da série são referentes aos meses de agosto (21,3 mm) e julho (38,4 mm), sendo eles os que também apresentaram os menores valores da mediana (15,8 mm e 29,9 mm, respectivamente). Destaca-se também que as maiores diferenças entre média e mediana ocorreram em janeiro e abril, por outro lado os meses de novembro e maio foram os que apresentaram as menores diferenças. Os maiores volumes máximos de precipitação mensal entre 2005 e 2019 foram registrados no mês de abril (307,4 mm) e março (296,3 mm). Por outro lado, ao longo desse período já aconteceu da precipitação mínima ser igual a zero nos meses de julho, agosto e dezembro.

Com relação ao desvio padrão, os meses de abril, março e janeiro foram os que apresentaram os maiores valores (75,2, 72,5 e 70,4, na devida ordem), enquanto os menores desvios foram observados em agosto e junho (20,8 e 20,1 respectivamente). Além disso, nota-se que os maiores valores relacionados ao coeficiente de variação referem-se aos meses de agosto (98%), abril (81%) e julho (80%). Em contrapartida, as menores variações nesse caso estão associadas aos meses de janeiro (41%) novembro (42%) e junho (43%).

Tabela 11 – Dados estatísticos da pluviosidade (mm) do município de São Gonçalo

Meses	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão	Coef. de Variação
<b>Jan</b>	173,1	190,6	35,1	250	70,4	41%
<b>Fev</b>	84,2	73,5	11,2	203	56,8	67%
<b>Mar</b>	116,3	105,1	37,4	296,3	72,5	62%
<b>Abr</b>	93,1	68,1	1	307,4	75,2	81%
<b>Mai</b>	48,7	49	6,1	115,6	31	64%
<b>Jun</b>	46,7	44,8	20,7	83,2	20,1	43%
<b>Jul</b>	38,4	29,9	0	107,1	30,6	80%
<b>Ago</b>	21,3	15,8	0	70,6	20,8	98%
<b>Set</b>	42,6	49	1,2	85,2	27,9	65%
<b>Out</b>	72,1	57,3	13,6	189,9	49,4	69%
<b>Nov</b>	96,3	98,7	32,4	169,1	40	42%
<b>Dez</b>	112	112,6	0	227,6	65,4	58%

Legenda: Dados referentes à série histórica de 2005 a 2019 de acordo com o monitoramento realizado na Estação Climatológica Experimental Urbana da UERJ-FFP.

Fonte: O autor, 2020.

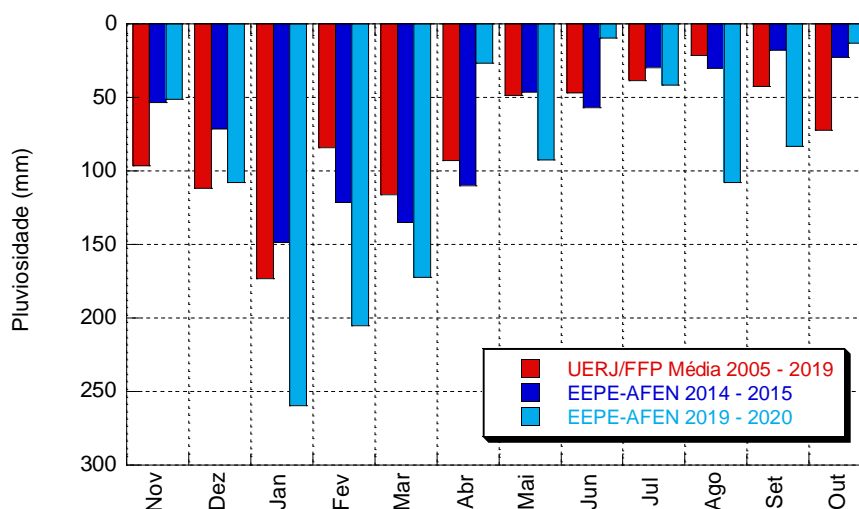
Os dados do monitoramento da pluviosidade na EEPE/AFEN apresentados nesta pesquisa correspondem ao período entre o dia 12 de novembro de 2019 até o dia 12 de outubro de 2020<sup>4</sup>. No Apêndice K podem ser consultados os dados obtidos diariamente.

O total de chuva acumulado durante os 336 dias monitorados foi de 1.179,8 mm, tendo ocorrido em 82 dias ao menos um evento de chuva. Cabe destacar que o dia 13 de janeiro 2020 foi o que acumulou o maior volume de chuva, 125,8 mm. Os meses que apresentaram mais dias chuvosos foram janeiro e fevereiro, sendo 14 dias em ambos. Além disso, estes foram os meses que mais contribuíram para o volume total registrado no período (Figura 39 e Tabela 12). Em janeiro o total pluviométrico foi de 259,9 mm e em fevereiro 205,4 mm. Os meses com menos dias chuvosos foram junho e julho, com apenas dois e três dias, respectivamente. Em junho foram registrados 9,7 mm de chuva e em julho 41,6 mm.

A partir disso, destaca-se que o total pluviométrico acumulado no ano hidrológico monitorado (1.179,8 mm) foi superior a média do município de São Gonçalo, 944,8 mm (conforme observado anteriormente na Figura 38). Em diferentes meses os volumes de chuva superaram a média histórica do município, bem como os dados registrados por Igreja Junior (2015) na mesma na área de estudo (que na ocasião realizou o monitoramento entre 01/04/2014 e 31/03/2015), como se observa através da Figura 39 e da Tabela 12.

<sup>4</sup> O objetivo era fechar o período de monitoramento da pluviosidade no dia 31/10/2020, contudo não foi possível a obtenção dos dados entre o 13/10/2020 e 31/10/2021.

Figura 39 – Comparativo mensal da pluviosidade



Legenda: Comparação entre a pluviosidade média mensal da série histórica (2005 - 2019), os dados obtidos na EEPE-AFEN em 2014-2015 e os do período atual (12/11/2020 a 31/10/2020).

Fonte: O autor, 2020.

Tabela 12 – Comparação dos dados de precipitação (milímetros e percentual)

Meses	2019-2020		2014-2015		Média em 14 anos	
	(mm)	%	(mm)	%	(mm)	%
Novembro	57,3	4,9	53,5	6,3	96,3	10,2
Dezembro	107,8	9,1	71,6	8,5	112	11,9
Janeiro	259,9	22,0	148,5	17,6	173,1	18,3
Fevereiro	207,4	17,6	121,5	14,4	84,2	8,9
Março	172,5	14,6	135,2	16,0	116,3	12,3
Abril	26,8	2,3	110,3	13,1	93,1	9,9
Maio	92,7	7,9	46,2	5,5	48,7	5,2
Junho	9,7	0,8	56,8	6,7	46,7	4,9
Julho	41,6	3,5	29,9	3,5	38,4	4,1
Agosto	107,8	9,1	30,3	3,6	21,3	2,3
Setembro	83,1	7,0	18	2,1	42,6	4,5
Outubro	13,2	1,1	22,8	2,7	72,1	7,6
<b>Total</b>	<b>1.179,8</b>	<b>100</b>	<b>773,5</b>	<b>100</b>	<b>944,8</b>	<b>100</b>

Legenda: Comparação dos dados obtidos na presente pesquisa (2019-2020), com os dados obtidos na EEPE-AFEN em 2014-2015 e a média da série histórica de 2005-2019.

Fonte: O autor, 2021.

Os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020 registraram volumes de chuva superiores aos dos outros períodos comparados. Tais meses acumularam respectivamente, 86,8, 123,2 e 56,2 mm (266,2 mm no total) acima da média histórica de 14 anos. Em comparação com os dados mensais registrados na EEPE-AFEN por Igreja Junior (2015),

observa-se que os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020 apresentaram respectivamente, 111,4, 85,9 e 37,3 mm (totalizando 234,6 mm) de chuva acima do registrado no mesmo trimestre em 2015. Além disso, destaca-se que a maior contribuição pluviométrica mensal entre novembro de 2019 e outubro de 2020 ocorreu em janeiro, assim como também foi observado nos dados da série histórica e na pesquisa de Igreja Junior (2015).

Por outro lado, os volumes de chuva nos meses de abril e junho de 2020 foram inferiores em comparação com os demais períodos. Em abril, foram registrados 26,8 mm, enquanto no mesmo mês em 2014 o total foi de 110,3 mm, sendo a média da série histórica 88 mm. O total pluviométrico em junho foi de 9,7 mm, enquanto em 2014 foram registrados no mesmo mês 56,8 mm, sendo a média histórica do mês de 46,7 mm.

O mês de agosto, por sua vez, é caracterizado como o mais seco do ano, com uma média de 21,3 mm de acordo com os dados da série histórica (Tabela 11). Contudo, na pesquisa de Igreja Junior (2015) o menor volume mensal foi registrado em setembro (Figura 39 e Tabela 12). Destaca-se, no entanto, que em agosto de 2020 na EEPE/AFEN o volume de chuva foi bastante elevado, totalizando 107,8 mm (Figura 39 e Tabela 12), diferenciando-se do padrão para o mês no município de São Gonçalo. Tendo como referência os dados estatísticos apresentados na Tabela 11, nota-se que o volume precipitado em agosto de 2020 foi superior ao maior valor máximo do mês (70,6 mm) encontrado na série histórica de 2005 a 2019.

Embora não se tenha registrado os 11 primeiros dias do mês de novembro de 2019, observa-se que o volume mensal foi semelhante ao registrado no mesmo mês em 2014, em ambos os casos o total mensal mostrou-se em torno de 45% abaixo do volume da média histórica.

#### **4.4 Testes dos tensiômetros em laboratório**

Os testes dos tensiômetros em laboratório foram realizados ao longo de 11 dias, entre 22/01/2020 e 03/02/2020, com medições feitas em diferentes intervalos (10min, 30min, 1h, 2h e 6h), sendo possível avaliar o tempo de resposta dos instrumentos ao longo do tempo, estando eles submetidos a mesma condição de pressão atmosférica, conforme pode ser visto na Figura 40.

Figura 40 – Teste dos tensiômetros



Fonte: O autor, 2020.

Estabeleceu-se uma comparação direta entre os três instrumentos de mesma profundidade. No Apêndice L apresenta-se detalhadamente em um quadro os procedimentos e as observações realizadas ao longo dos dias. No Apêndice M são apresentados graficamente os dados completos encontrados nos dias dos testes. A seguir serão destacados os resultados obtidos nos dias 27/01/2020 e 29/01/2020, a partir dos gráficos apresentados nas Figuras 39 e 40, respectivamente.

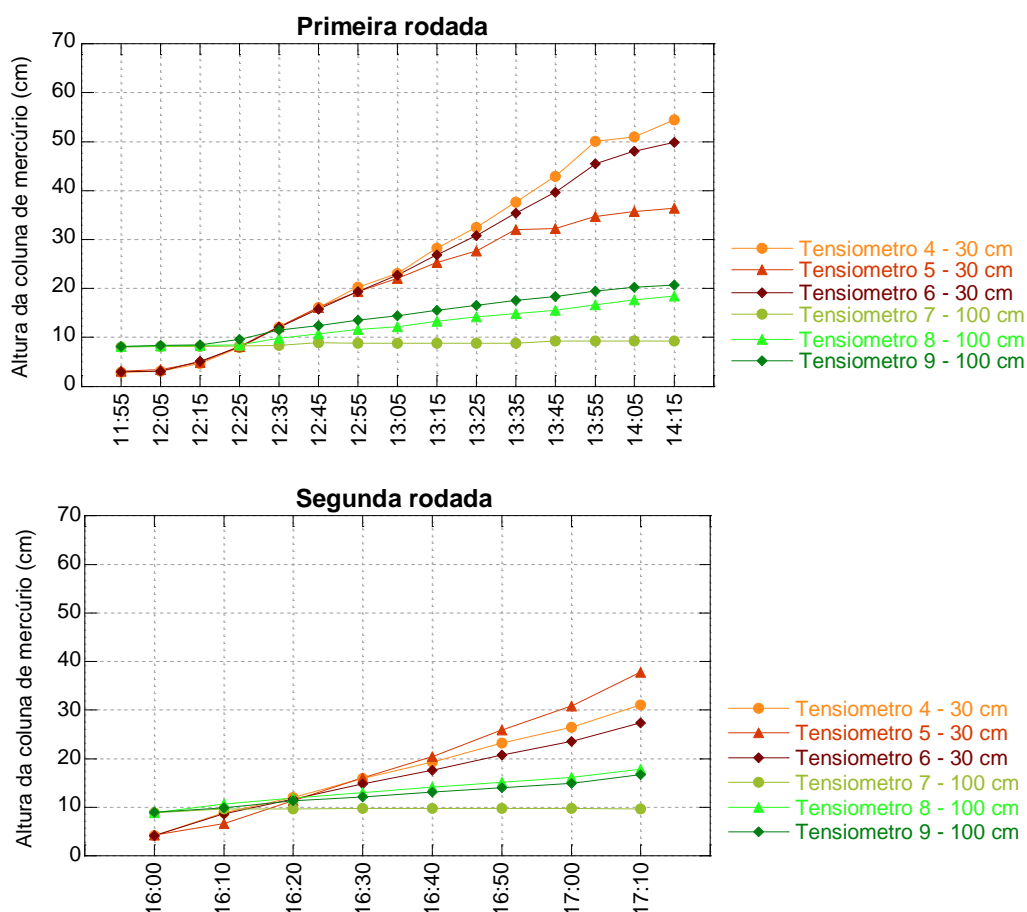
No dia 27/01/2020, quarto dia dos testes, realizou-se o monitoramento dos instrumentos de 30 cm (tensiômetros 4, 5 e 6) e deu-se início aos testes dos instrumentos de 100 cm (tensiômetros 7, 8 e 9). Conforme se observa na Figura 41, o tempo de resposta dos tensiômetros 4 e 5 foi bastante similar nas 15 medições realizadas na primeira rodada, com intervalos de 10min. Respostas similares também ocorreram entre os instrumentos 8 e 9. Em contrapartida, assim como nos dias anteriores (como pode ser visto no Apêndice M) o tensiômetro 5 apresentou altura da coluna de mercúrio inferior aos instrumentos 4 e 6 durante os testes, demonstrando uma diferença no tempo de resposta (conforme se observa na Figura 41 no gráfico referente a primeira rodada). Diante desta constatação o tensiômetro 5 foi substituído.

Assim sendo, neste mesmo dia deu-se início a uma nova rodada de testes, em que foram realizadas oito repetições de 10min. Neste primeiro momento, a resposta do novo tensiômetro 5 foi mais satisfatória que o antigo, tendo em vista que a partir da sexta repetição nota-se que a altura da coluna de mercúrio do referido instrumento mostrou-se um pouco



superior do que as observadas nos instrumentos 4 e 6. Nas duas rodadas o tensiômetro 7 (100 cm) ficou com a altura da coluna de mercúrio abaixo dos demais de 100 cm, contudo o instrumento foi mantido para a realização de outras avaliações a partir do desenvolvimento de novos testes.

Figura 41 – Resultado das duas rodadas de testes dos tensiômetros realizadas em laboratório no dia 27/01/2020



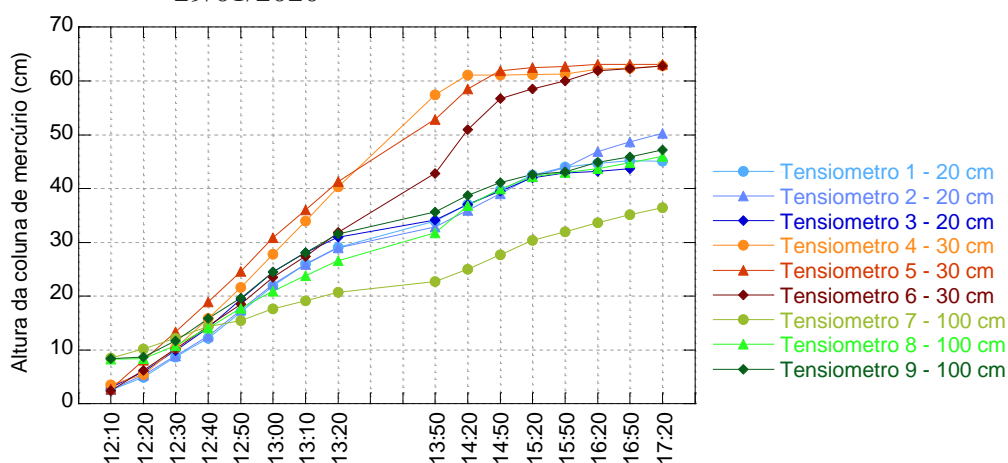
Fonte: O autor, 2021.

No dia 29/01/2020 os nove instrumentos foram testados simultaneamente no laboratório. As medições foram realizadas com intervalos de 10 e 30min, aplicando-se oito repetições para ambos os casos. As respostas dos tensiômetros 1, 2 e 3 (de 20 cm), foram bastante similares ao longo do tempo (Figura 42). No caso dos instrumentos de 30 cm (4, 5 e 6), observa-se que o tensiômetro 6 nos intervalos de 10min apresentou uma subida mais lenta da coluna de mercúrio. No entanto, ao longo dos intervalos de 30min a resposta do referido instrumento gradativamente se igualou aos demais, de modo que nas três últimas repetições as respostas foram homogêneas. Os tensiômetros 4 e 5 demonstram ter alcançado uma condição de equilíbrio próximo aos 63 cm de altura da coluna de mercúrio, a partir da terceira repetição

de 30min, às 14h50, e o instrumento atinge essa condição um pouco depois, na sexta repetição de 30min, às 16h20.

Observando os instrumentos de 100 cm nota-se que as respostas dos tensiômetros 8 e 9 são muito similares em todas as medições. Por outro lado, o comportamento do tensiômetro 7 difere dos demais de 100 cm, sobretudo nos intervalos de 30min, em que a altura da coluna de mercúrio manteve-se inferior aos tensiômetros 8 e 9 até a última medição do dia. A partir dos testes seguintes foi certificada a necessidade de substituição deste instrumento. Todavia após a troca, a resposta do novo tensiômetro 7 permaneceu similar ao antigo, conforme pode-se observar no Apêndice M, no teste do dia 03/02/2020.

Figura 42 – Resultado do teste simultâneo dos nove instrumentos no dia 29/01/2020



Fonte: O autor, 2021.

As constatações evidenciadas durante os testes em laboratório foram muito relevantes para certificação da qualidade das cápsulas porosas, revelando a necessidade de substituição de alguns instrumentos. Assim, destaca-se que esta etapa certificou o devido funcionamento dos tensiômetros que foram instalados no campo.

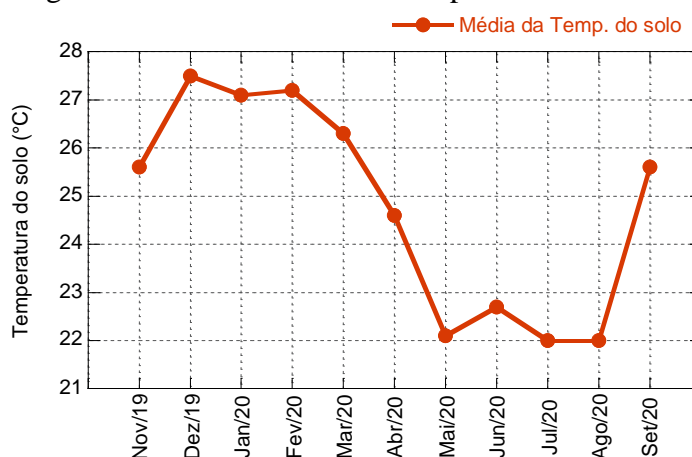
#### 4.5 Variação da temperatura do solo

Os dados acerca da temperatura do solo foram obtidos através do monitoramento diário realizado às 09h entre 12/11/2019 e 30/09/2020, podendo ser consultados integralmente no Apêndice K. A maior temperatura observada durante este período foi de 30,4 °C,

registrada no dia 18/12/2019, e a menor foi de 18,8 °C tendo ocorrido nos dias 17/07/2020 e 23/08/2020.

A partir da Figura 43 observa-se a variação nas médias da temperatura do solo ao longo dos 11 meses monitorados. Os dados evidenciaram que os meses associados ao verão apresentaram médias mais elevadas que os demais. Destaca-se que dezembro, fevereiro e janeiro apresentaram as maiores médias, sendo elas de 27,5 °C, 27,2 °C e 27,1 °C, respectivamente. Com efeito, a partir do mês de março nota-se gradativo declínio da temperatura média do solo, tornando-se mais estável a partir de maio. Assim, constatou-se que entre o outono e o inverno ocorreu o período de maior resfriamento do solo, de modo que as menores médias foram registradas nos meses de junho e agosto, 22,0 °C, e em maio, 22,1 °C. Por sua vez, nota-se um considerável aumento na temperatura do solo no mês de setembro, cuja média foi de 25,6 °C.

Figura 43 – Média mensal da temperatura do solo



Fonte: O autor, 2021.

A seguir, os resultados encontrados serão comparados com os dados obtidos por Igreja Junior (2015), que em sua pesquisa também monitorou diariamente às 09h a temperatura do solo na EEPE/AFEN, com geotermômetro instalado na profundidade de 21 cm. Seus dados compreendem o período entre 09/05/2014 e 31/03/2015. Torna-se relevante destacar que em ambas as pesquisas na EEPE/AFEN o geotermômetro foi posicionado próximo a lateral direita da parcela T0, em uma área sem a presença de cobertura vegetal.

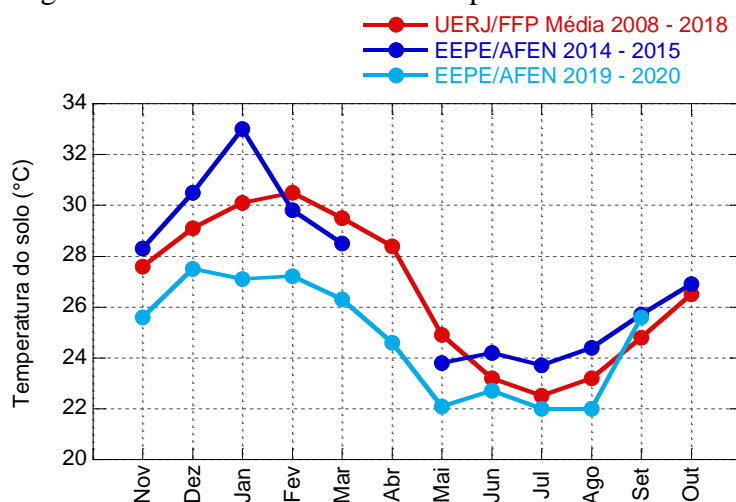
Buscou-se ainda estabelecer um comparativo com os dados de temperatura do solo na mesma profundidade (21 cm), provenientes de uma série histórica, de 2008 a 2018, da Estação Climatológica Experimental Urbana da UERJ/FFP, cujo monitoramento também foi realizado às 09h. Convém destacar que a referida Estação situa-se em uma área em que o solo

foi caracterizado como CAMBISSOLO (MORAIS et al., 2007) e que no interior da mesma, ele encontra-se coberto por gramínea. Pode-se inferir que se trata de uma localidade um pouco mais úmida do que a região da EEPE/AFEN, uma vez que a Estação Climatológica da UERJ/FFP está inserida em uma área que recebe ventos com maior umidade, tendo em vista sua maior proximidade com a Baía de Guanabara.

Analisando a Figura 44 percebe-se que as curvas das médias mensais da temperatura do solo nos três casos em questão demonstram um comportamento comum ao longo do ano. Ocorre maior aquecimento do solo no período do verão e, por sua vez, maior resfriamento no período do inverno. De acordo com Prevedello (2010), a variação da temperatura próximo a superfície do solo é consequência das suas propriedades térmicas, bem como das condições meteorológicas, mais especificamente da intensidade de radiação incidente.

Conforme afirmado anteriormente, os dados obtidos por Igreja Junior (2015) relevam que o solo esteve com temperaturas mais elevadas ao longo de todos os meses comparados. As maiores diferenças nas médias mensais com relação dados obtidos na presente pesquisa, ocorreram nos meses de janeiro, dezembro e fevereiro, cujas diferenças foram de 5,9°C, 3,0°C e 2,6°C, respectivamente. Em contrapartida, a maior proximidade nos resultados ocorreu no mês de setembro, onde em ambas as pesquisas a média para o mês ficou em torno de 25,7 °C.

Figura 44 – Médias mensais da temperatura do solo



Fonte: O autor, 2021.

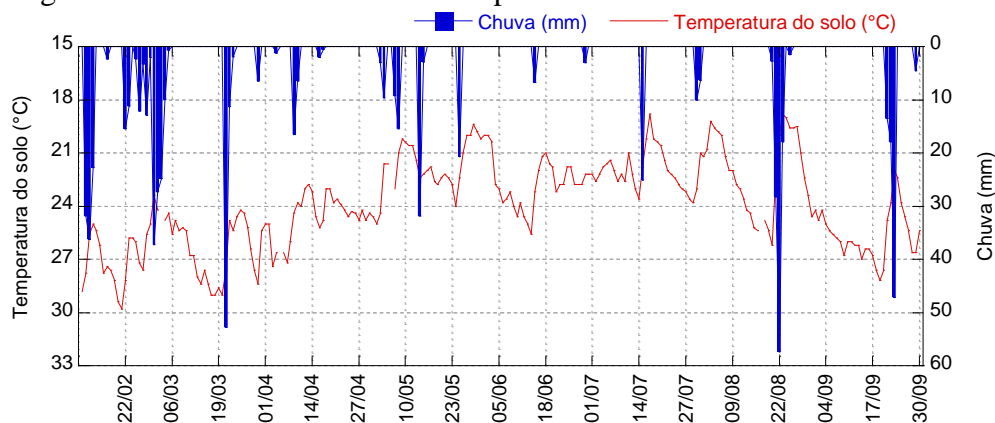
Embora não se tenha dados de outras variáveis meteorológicas (como insolação, nebulosidade, temperatura do ar, evaporação, entre outras), pode-se buscar estabelecer uma associação acerca da diferença nos resultados encontrados nas duas pesquisas com os dados pluviométricos registrados em cada período. Como apresentado no item 4.3, no ano

hidrológico monitorado nesta pesquisa, 12/11/2019 a 31/10/2020, o volume pluviométrico total foi de 1171,8 mm, enquanto no período monitorado por Igreja Junior (2015), 01/04/2014 a 31/03/2015, o volume total encontrado foi de 844,6 mm. Evidencia-se, portanto, que durante a presente pesquisa foram registrados 287,2 mm de chuva a mais do que no período anterior monitorado por Igreja Junior (2015), sendo observados volumes maiores de chuva em oito, dos doze meses comparados. Deste modo, os menores valores associados as médias mensais de temperatura do solo encontrados nesta pesquisa podem estar relacionados a maior ocorrência de chuvas ao longo dos meses monitorados, contribuindo para maior resfriamento do solo.

A partir dos resultados do monitoramento pluviométrico e da temperatura do solo realizados neste estudo, constatou-se que há uma correlação direta entre a diminuição da temperatura do solo com a ocorrência de eventos de chuva, sendo eles de grandes volumes ou não. Nesse sentido, considerando o gráfico apresentado na Figura 45, podem ser ressaltados os dados obtidos em duas ocasiões distintas, sendo uma posterior a um grande volume de chuva acumulado (no fim do verão) entre os dias 21/03/2020 e 22/03/2020, e outra após um único dia chuvoso (durante o inverno) no dia 15/06/2020.

Nesse contexto, destaca-se que no dia 20/03/2020 a temperatura registrada foi de 29,0 °C e em decorrência dos 52,8 mm de chuva acumulados no dia 21/03/2020 a temperatura do solo diminuiu para 27,6 °C. No dia seguinte, 22/03/2020, registrou-se um total 11,3 mm de chuva, contribuindo para reduzir a temperatura do solo para 24,8 °C, totalizando um decréscimo de 4,2 °C em 48h. Por outro lado, no dia 14/06/2020 o solo estava com temperatura de 25,6 °C e após os 6,5 mm de chuva registrados no dia 15/06/2020 ocorreu gradativamente uma diminuição da temperatura até o dia 18/06/2020, quando constatou-se temperatura de 21 °C. Assim, ao longo destes dias ocorreu um decréscimo de 4,6 °C.

Figura 45 – Pluviometria diária e temperatura do solo



Fonte: O autor, 2021.

## 4.6 Comportamento Hidrológico

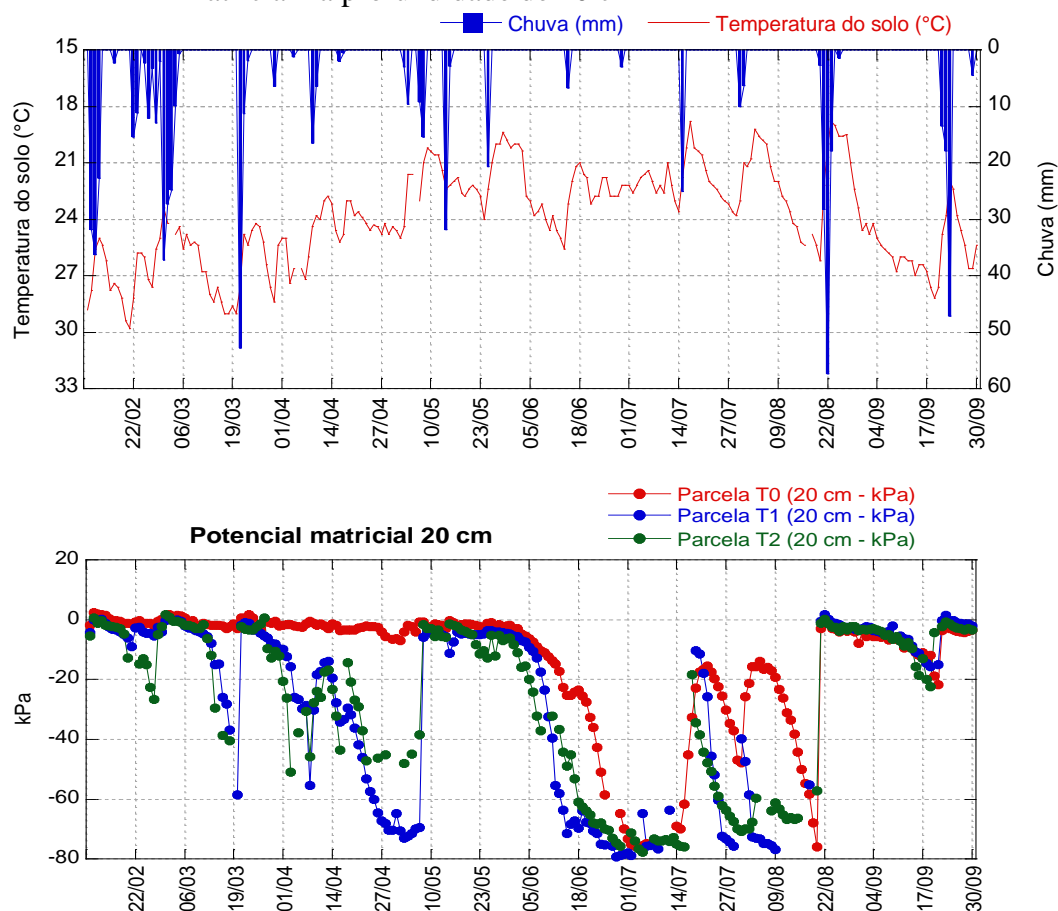
### 4.6.1 Comportamento hidrológico associado à variação da temperatura do solo

Considerando que a haste do geotermômetro instalado na EEPE-AFEN possui 21 cm (tal como descrito no item 3.4.2), torna-se possível estabelecer uma correlação entre os dados de temperatura do solo com os valores dos potenciais matriciais na profundidade de 20 cm nas parcelas T0, T1 e T2. Sendo assim, por meio da Figura 46 pode ser observado que as três parcelas apresentam um comportamento hidrológico distinto na referida profundidade (conforme será discutido de modo mais aprofundado no item 4.6.2).

Entre fevereiro e maio constatou-se maior similaridade entre as variações de temperatura do solo e o comportamento dos potenciais matriciais na profundidade de 20 cm nas parcelas T1 e T2, em comparação com a parcela T0. Isto pode ser evidenciado, por exemplo, no período entre 06/03/2020 e 20/03/2020, pois com a ausência de chuvas neste intervalo de 15 dias observa-se o aumento da temperatura do solo (de 25,6 °C no dia 06/03/2020 para 29,0 °C no dia 20/03/2020, totalizando 3,4 °C) bem como uma brusca diminuição nos valores dos potenciais matriciais em T1 e T2 (indicando aumento da sucção da água). No entanto, na parcela T0 o solo permaneceu em uma condição de saturação.

Observa-se que o potencial matricial em T1 atingiu valor próximo de -60 kPa no dia 20/03/2020 e de -40 kPa em T2 no dia 18/03/2020, enquanto em T0 o menor valor registrado foi de aproximadamente -3 kPa no dia 20/03/2020. Tais dados evidenciaram que no tratamento sem cobertura vegetal durante um período que pode ser considerado mais úmido somente o aumento da temperatura do solo não se mostrou suficiente para influenciar a sucção da água pela matriz do solo. A ausência de cobertura vegetal neste tratamento também pode ser apontado como outro fator limitante, uma vez que os sistemas radiculares contribuem para a retirada de água do solo tendo em vista o processo de evapotranspiração.

Figura 46 – Pluviometria diária + temperatura do solo e potencial matricial na profundidade de 20 cm



Fonte: O autor, 2021.

Em contrapartida, a partir do fim do mês de maio até o dia 20/08/2020, ocorrendo uma diminuição nos volumes de chuva constatou-se uma mudança no comportamento dos potenciais matriciais em T0, que rompeu uma condição de saturação prolongada no topo do solo. E, pode-se destacar que no intervalo entre 14/07/2020 e 22/08/2020 ocorreu maior correspondência entre os dados dos potenciais matriciais da parcela T0 e os dados de temperatura do solo. No dia 14/07/2020, o solo estava com temperatura de aproximadamente 24° C, e a parcela T0 com potencial matricial próximo a -70 kPa, após o dia 15/07/2020 em que foi registrado volume de 25 mm de chuva, houve uma diminuição da temperatura e concomitantemente o solo na parcela T0 respondeu a esta entrada de umidade, de modo que os potenciais matriciais apresentaram valores em torno de -20 kPa. Nos dias seguintes, tanto a temperatura do solo quanto a sucção da água aumentaram (menores potenciais matriciais foram registrados) gradativamente.

Cabe evidenciar ainda, que após os 16,5 mm de chuva acumulados nos dois últimos dias do mês de julho observou-se, em um primeiro momento, a redução na temperatura do

solo e logo em seguida o aumento acentuado da mesma. Novamente a curva dos potenciais matriciais em T0 correspondeu com a da temperatura do solo, evidenciando que com o aumento da temperatura ocorreu a redução dos potenciais matriciais (e aumento da sucção) até o dia 20/08/2020.

Já nas parcelas T1 e T2 durante o período entre 14/07/2020 e 22/08/2020 a similaridade da curva de temperatura com o comportamento dos potenciais matriciais foi menor. Todavia, de maneira geral, ao longo deste intervalo a água retida na matriz do solo esteve sempre submetida a tensões mais elevadas (menores potenciais matriciais) em T1 e T2 do que na parcela T0. Isto demonstra que após a entrada das chuvas a drenagem ocorreu de modo mais rápido nas parcelas com presença de cobertura vegetal e mesmo com a redução da temperatura, como ocorrido na primeira semana de agosto, por exemplo, os potenciais matriciais mantiveram-se sob tensões mais elevadas do que na parcela sem cobertura. Além disso, a partir do intervalo que está sendo analisado (14/07/2020 a 22/08/2020) cabe evidenciar também, o retardo na curva de drenagem da parcela T0 em relação a T1 e T2, que apresentam curvas mais abruptas e atingem menores potenciais matriciais mais rapidamente.

Após as chuvas ocorridas no mês de agosto registrou-se um elevado aumento da temperatura do solo, em decorrência de um intervalo de 26 dias em que não houve precipitação. A temperatura do solo subiu de 19,0 °C no dia 23/08/2020 para 28,2 °C no dia 19/09/2020, um aumento gradual que atingiu 9,2 °C. Durante este intervalo o comportamento dos potenciais matriciais nas três parcelas foi bastante parecido, de modo que o solo permaneceu muito úmido ao longo de quase três semanas. Apesar disso, pode-se perceber que os potenciais matriciais atingiram os menores valores, em torno de -20 kPa, no dia 21/09/2020, acompanhando o pico de maior de temperatura do solo ocorrido dois dias antes. Após as chuvas ocorridas entre 21/09/2020 e 23/09/2020, que totalizaram 78,5 mm, mesmo com o aumento da temperatura (que subiu de 22 °C no dia 22/09/2020 e alcançou 26,6 °C nos dias 28/09/2020 e 29/09/2020) o solo permaneceu em uma faixa muito próxima da saturação até o fim do período de monitoramento.

#### 4.6.2 Variação dos potenciais matriciais

Os dados relacionados às leituras diárias dos potenciais matriciais que serão apresentadas a seguir referem-se ao período do dia 10 de fevereiro a 30 de setembro de 2020.



Antes da exposição dos valores dos potenciais matriciais, destaca-se que no referido intervalo o total pluviométrico acumulado foi de 741,6 mm.

Durante os oito meses associados ao monitoramento do comportamento hidrológico do solo, observou-se dois períodos pluviometricamente distintos, sendo um de fevereiro a maio e outro de junho a agosto. O primeiro se configurou como mais úmido, tendo sido registrado 499,4 mm (67,34% do volume acumulado), distribuídos em 35 dias. O segundo, por sua vez, mostrou-se mais seco acumulando um volume de 242,2 mm (32,66% do total registrado), distribuídos em 14 dias (Tabela 13).

Tabela 13 – Dados pluviométricos durante os meses associados ao monitoramento hidrológico do solo

Dados pluviométricos	Período úmido				Período seco			
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Volume mensal (mm)	207,4	172,5	26,8	92,7	9,7	41,6	107,8	83,1
Dias com chuva	14	9	5	7	2	3	5	4
Total por período (mm)	499,4				242,2			
Total geral (mm)	741,6							
Total de dias com chuva	35				14			

Fonte: O autor, 2021.

Através da Tabela 14 apresenta-se a média mensal e o desvio padrão dos potenciais matriciais associados às profundidades estudadas nas parcelas T0, T1 e T2, tornando possível observar seus respectivos comportamentos no período úmido e seco.

Destaca-se que na profundidade de 20 cm, a parcela T0 apresenta um comportamento bastante distinto nos dois períodos. Entre fevereiro e maio, os valores médios dos potenciais matriciais variaram entre 0,2 e -2,5 kPa. Em contrapartida, no período seco o menor volume e frequência de chuvas possibilitou melhor drenagem, e a partir disso a retenção da água pela matriz do solo atingiu tensões mais elevadas (menores potenciais matriciais). No trimestre junho, julho e agosto, as médias foram mais expressivas, ocorrendo também os maiores valores de desvio padrão. Dentre eles, se destaca o mês de julho, cuja média atingiu -45,1 kPa. Por sua vez, nota-se que no mês setembro o solo retornou a uma condição de maior umidade, apresentando média de -7,3 kPa.

Nas parcelas T1e T2 foram observados valores similares na profundidade de 20 cm. Nos meses de fevereiro e março a matriz do solo esteve mais próxima da saturação, tendo em vista que as médias dos potenciais matriciais mantiveram-se entre -3,4 e -8,8 kPa. Nos meses

de abril e maio o volume acumulado de chuva foi consideravelmente menor, quando comparados com fevereiro e março (vide Tabela 13). Nesse sentido observa-se que nas parcelas T1 e T2, especialmente no mês de abril ocorreu maior drenagem e as médias dos potenciais matriciais atingiram -37 kPa e -31,3 kPa, respectivamente.

Tabela 14 – Dados mensais dos potenciais matriciais (kPa) nas parcelas T0, T1 e T2

Parcelas	Profund. (cm)	Período úmido				Período seco				
		Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
T0	20	$\bar{x}$	<b>-0,2</b>	<b>-0,7</b>	<b>-2,5</b>	<b>-2,1</b>	<b>-24</b>	<b>-45,1</b>	<b>-22,6</b>	<b>-7,4</b>
		D.P	1,3	1,5	1,3	1,5	19,1	23,5	21,0	4,7
	30	$\bar{x}$	<b>0,1</b>	<b>-0,2</b>	<b>-0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>-0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>-0,5</b>
		D.P	1,3	1,4	1,1	1,0	1,1	0,8	0,4	0,30
	100	$\bar{x}$	<b>5,8</b>	<b>7,1</b>	<b>4,2</b>	<b>1,3</b>	<b>-1,8</b>	<b>-6,3</b>	<b>-5,2</b>	<b>-2,5</b>
		D.P	1,2	1,9	1,6	1,90	1,9	1,8	4,4	2,3
T1	20	$\bar{x}$	<b>-3,4</b>	<b>-8,8</b>	<b>-37</b>	<b>-19,7</b>	<b>-49,3</b>	<b>-57,3</b>	<b>-34,7</b>	<b>-4,8</b>
		D.P	2,2	12,90	19,5	27,8	28,2	23,8	35	4,8
	30	$\bar{x}$	<b>-1,5</b>	<b>-1,2</b>	<b>-3,7</b>	<b>-1,8</b>	<b>-2,8</b>	<b>-14,2</b>	<b>-1,8</b>	<b>-0,2</b>
		D.P	2	2,8	3,7	4,3	1,4	14,8	1,7	1,4
	100	$\bar{x}$	<b>3,3</b>	<b>4,3</b>	<b>-0,4</b>	<b>0</b>	<b>-2,7</b>	<b>-10,6</b>	<b>-10,3</b>	<b>0,7</b>
		D.P	1	2,2	1,2	2,1	1,8	4,2	12,1	4,9
T2	20	$\bar{x}$	<b>-7,4</b>	<b>-7,3</b>	<b>-31,3</b>	<b>-9,8</b>	<b>-49,1</b>	<b>-63,6</b>	<b>-36,2</b>	<b>-6,6</b>
		D.P	8,0	11,3	11,2	12,7	22,7	15,3	32,0	5,8
	30	$\bar{x}$	<b>-0,2</b>	<b>-1,2</b>	<b>-8,3</b>		<b>-9,8</b>	<b>-11,2</b>	<b>-14,8</b>	<b>-3</b>
		D.P	1,6	2,5	4,2		4,8	6,1	14,4	1,8
	100	$\bar{x}$	<b>2,1</b>	<b>7</b>	<b>4,2</b>	<b>2,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>3,1</b>	<b>1,4</b>
		D.P	1,1	1,2	1,3	1,1	1,2	3,3	5,4	4,2

Fonte: O autor, 2021.

Considerando o período mais seco, observou-se médias mais homogêneas nos dois tratamentos na profundidade de 20 cm. De modo geral, nos meses de junho, julho e agosto em T1 e T2 foram observadas as médias mais expressivas, assim como ocorreu em T0, revelando que ao longo dos meses monitorados este foi o período em que a água ficou retida na matriz do solo sob tensões mais elevadas. Além disso, em T1 e T2 o mês julho também se destacou como aquele em que foram registrados as menores médias dos potenciais matriciais, sendo -57,3 kPa em T1 e -63,1 kPa em T2. No mês de setembro, os dados registrados em T1 e T2 evidenciam que o solo permaneceu em uma condição mais próxima da saturação, com médias de -4,8 kPa e -6,5 kPa, respectivamente.

Na profundidade de 30 cm a variação entre as médias dois períodos foram menores em todos os tratamentos, quando comparadas com os dados da profundidade de 20 cm. Em T0 os

valores, praticamente não apresentaram alterações, estando ao longo de todo o período em torno de 0 kPa. Nas parcelas T1 e T2 observa-se uma pequena diferença do comportamento hidrológico no período úmido e no período seco, sendo, contudo, mais expressiva quando comparada com T0. Em T1, no período úmido as médias variaram entre -1,2 e -3,7 kPa. Já em T2 os valores médios estiveram entre -0,2 e -8,3 kPa. Pode-se destacar que apenas no mês de abril a parcela T2 apresentou uma média ligeiramente inferior a T1. Na parcela T2 no mês de maio, o monitoramento na profundidade de 30 cm foi inviabilizado em virtude da quebra do tensiômetro, sendo retomado no dia 30/05 quando um novo instrumento foi instalado.

No período seco, na profundidade de 30 cm os potenciais matriciais em T0 mantiveram-se em torno de 0 kPa. Já em T1 e T2, apesar da matriz do solo permanecer em uma faixa úmida é possível observar uma variação nos valores, estando o solo ligeiramente mais seco neste período. Nesta profundidade, no mês de julho observou-se a menor média dos potenciais matriciais na parcela T1 ao longo de todo período monitorado, sendo esta -14,2 kPa. Por sua vez em T2, a menor média registrada foi de -14,8 kPa, em agosto. Importante destacar que se esperava encontrar uma média mais expressiva em 30 cm na parcela T1 ao longo do mês de agosto<sup>5</sup>.

Considerando a profundidade de 100 cm, as médias em todos os tratamentos apontaram pequenas variações entre os períodos úmido e seco. Constata-se por meio da Tabela 12 que, em geral, entre fevereiro e maio as médias indicaram poro-pressões positivas em todos os tratamentos. Quando se observa as médias entre junho e agosto, nota-se uma pequena variação dos potenciais matriciais, indicando que a matriz do solo apresentou baixos valores de tensão, especialmente em T0 e T1.

A partir do monitoramento diário dos tensiômetros e da pluviosidade, foi possível a elaboração do gráfico apresentado na Figura 47, de modo que se pode analisar o comportamento geral dos potenciais matriciais nas profundidades 20, 30 e 100 cm nos diferentes tratamentos durante todo o período monitorado (10 de fevereiro a 30 de setembro de 2020).

Em todas as parcelas a maior variação, bem como os menores valores de potenciais matriciais foram registrados na profundidade de 20 cm, evidenciando que a porção superior do solo apresenta a melhor condição de drenagem do perfil. Na profundidade de 30 cm de maneira geral, o comportamento é bastante diferente. Durante a maior parte do período nota-

---

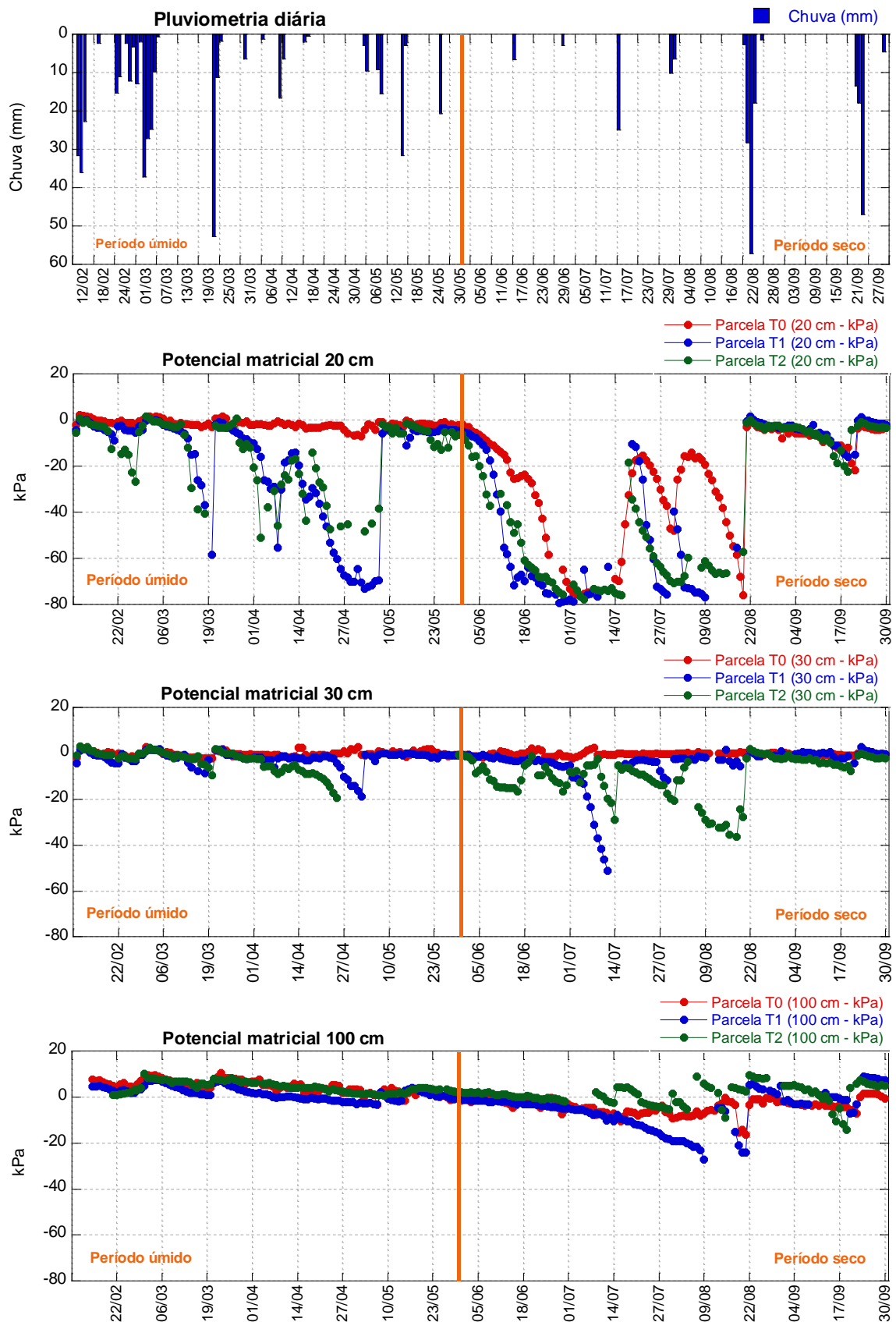
<sup>5</sup> No monitoramento diário foram sendo constatados valores baixos de tensão (altos potenciais matriciais) mesmo diante de um intervalo de mais de duas semanas sem chuva em agosto. Diante disso, foram feitas uma série de reparos nos instrumentos (troca de rolhas e repasse de cola), e não ocorrendo resposta significativa, optou-se pela instalação de um novo instrumento para a profundidade de 30 cm na última semana do mês de agosto.

se que os potenciais matriciais em todos os tratamentos não ultrapassaram a faixa de -20 kPa. Isto indica uma condição de prolongada umidade, associada a maior dificuldade de drenagem da água na profundidade de 30 cm, quando se compara com a os dados da porção mais superficial (20 cm). Por sua vez, em 100 cm, observa-se que a matriz do solo encontra-se intermitentemente úmida, estando os potenciais matriciais nos diferentes tratamentos com um comportamento muito similar.

A fim de comparar mais diretamente as respostas das parcelas T1 e T2 no período caracterizado como úmido (fevereiro a maio), especialmente as profundidades de 20 e 30 cm, onde ocorreram as maiores variações dos potenciais matriciais podem-se destacar o intervalo entre 21/04 e 07/05, em que foram registrados apenas 2,5 mm de precipitação.

Na profundidade de 20 cm, a parcela T1 apresentou os menores potenciais matriciais, com uma média de -64 kPa, sendo o menor valor, -73 kPa, registrado no dia 03/05. Na parcela T2 este também foi o intervalo onde o solo permaneceu mais seco, a média destes 17 dias foi de -42 kPa. De todo modo, o menor valor registrado entre fevereiro e maio na parcela T2 foi de -50 kPa no dia 04/04. Em 30 cm, durante este intervalo, na parcela T1 e T2 a tensão chegou a -20 kPa. Destaca-se que em T1 a drenagem ocorreu alguns dias depois que em T2 e, com a entrada de chuva o solo retornou à saturação. Possivelmente na parcela T2 os potenciais matriciais atingiriam valores menores que -20 kPa, mas com a quebra do instrumento não possível acompanhar os demais dias desse intervalo.

Figura 47 – Dados diários da pluviometria e dos potenciais matriciais nas três profundidades dos tratamentos em análise, entre 10/02/2020 e 30/09/2020



Fonte: O autor, 2021.

Para observar o comportamento dos potenciais matriciais no período seco (de junho a setembro), cabe apontar que as últimas chuvas mais expressivas ocorreram em maio, sendo a última no dia 25/05 com 20,7 mm.

Entre 26/05 e 14/07 (período de 50 dias) ocorreram apenas 9,7 mm de chuva, distribuídos no dia 15/06 (6,7 mm) e no dia 29/06 (3 mm). A partir disso, pode-se chamar atenção para o intervalo entre 01/07 e 14/07. Constata-se que na profundidade de 20 cm em todos os tratamentos este foi o intervalo que apresentou as tensões mais elevadas de todo o período analisado. As médias foram de -74, -73, e -74 kPa, nas parcelas T0, T1 e T2, respectivamente. Considerando este recorte temporal, na profundidade de 30 cm praticamente não houve variação em T0, enquanto nas parcelas T1 e T2 nota-se a curva mais abrupta de ressecamento da matriz do solo em todo o período. Na parcela T1, a drenagem ocorreu primeiro e de modo mais efetivo, sendo o menor valor de potencial matricial registrado no dia 12/07, -51 kPa. Já em T2, observa-se que a drenagem ocorreu de modo um pouco mais lento e o menor valor de potencial matricial do intervalo em análise foi registrado no dia 14/07, sendo este de -29 kPa.

Ressalta-se que após esses 50 dias bastante secos ocorreu uma chuva de 25,1 mm (15/07) que não foi suficiente para levar o solo a uma condição de saturação em nenhum dos tratamentos na profundidade de 20 cm. Por sua vez, após essa chuva observa-se que na profundidade de 30 cm a matriz do solo retornou a uma condição mais úmida, especialmente em T2. Em T1 não foi possível observar nitidamente essa variação pela ausência de dados nestes dias, mas possivelmente apresentaria uma resposta similar a T2 e na parcela T0 não observou-se variação no comportamento hidrológico.

Acompanhando o comportamento dos potenciais matriciais observa-se, ainda, rápida drenagem da água após a chuva do dia 15/07, especialmente no topo do solo. Destaca-se que na profundidade de 20 cm registrou-se ressecamento da matriz do solo nas três parcelas, embora tenha ocorrido mais rapidamente em T1 e T2. Já na profundidade de 30 cm esse comportamento ficou mais visível em T2. Na profundidade de 100 cm, não se observou uma resposta expressiva dos potenciais matriciais após o evento de chuva no dia 15/07/2020.

Por meio da Figura 48, pode-se analisar o comportamento dos potenciais matriciais, observando diretamente o perfil das parcelas T0, T1 e T2 ao longo de todo período monitorado. Primeiramente, aponta-se a nítida diferença entre o comportamento hidrológico no tratamento sem cobertura, T0, em relação aos demais. Nas parcelas com cobertura vegetal nota-se maior dinâmica de drenagem ao longo de todo período, especialmente nas profundidades de 20 cm e 30 cm.

O gráfico da parcela T0 torna explícita a grande limitação na drenagem da água em todas as profundidades ao longo do período úmido (fevereiro a maio). Assim sendo, os dados evidenciam que ao longo de quatro meses a matriz do solo manteve-se, praticamente, em condição de saturação. O tratamento historicamente empregado na parcela T0 revela-se, assim, extremamente prejudicial para a dinâmica de movimentação da água no perfil do solo. Diante disso, nota-se que o manejo do solo na área de estudo sem a utilização de cobertura vegetal, dificulta o processo de infiltração, levando a saturação prolongada da matriz do solo na profundidade de 20 cm ao longo de um período com chuvas recorrentes.

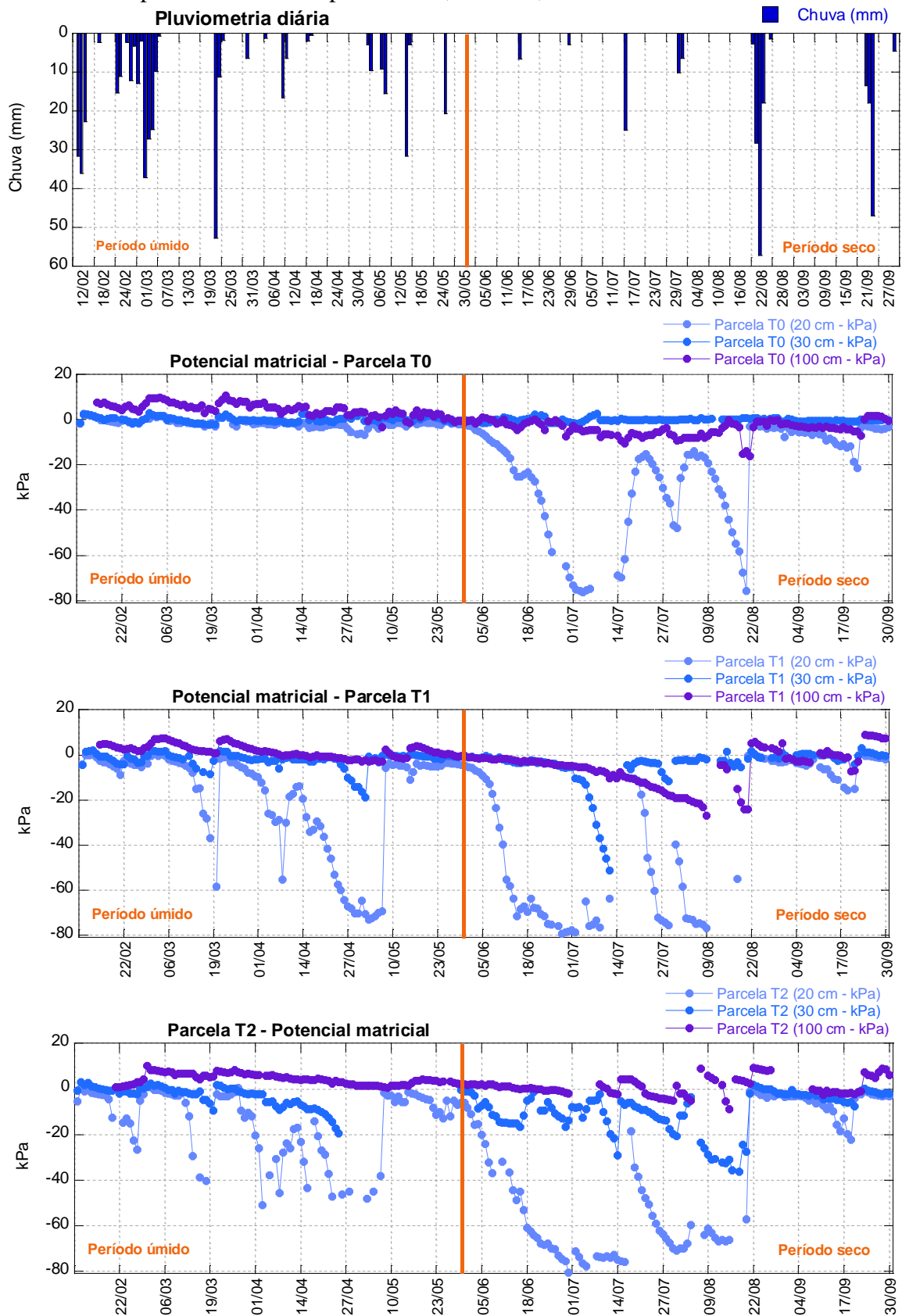
Assim, no tratamento sem cobertura, somente a partir de junho, diante de um período mais seco, observou-se potenciais matriciais menores em 20 cm, chegando próximo de -80 kPa no início de julho e no dia 20/08. Destaca-se que as chuvas ocorridas entre junho e julho não foram suficientes para levar a profundidade de 20 cm da parcela T0 à saturação, condição que ocorreu apenas com os eventos chuvosos do mês de agosto. Em 30 cm, observa-se que a variação dos potenciais matriciais é mínima ao longo do período observado<sup>6</sup>. Por sua vez, em 100 cm é possível notar uma pequena diferença nos dados dos potenciais matriciais no período úmido e no período seco. Nesse sentido, nota-se que a partir de junho ainda que esta porção do perfil tenha permanecido em uma condição úmida, foram registrados valores negativos neste período, alcançando potenciais matriciais próximos a -20 kPa entre os dias 19/08 e 21/08.

Os gráficos das parcelas T1 e T2 apresentados na Figura 48 demonstram um comportamento mais semelhante dos potenciais matriciais nas diferentes profundidades monitoradas nas duas parcelas, quando comparadas com T0. Na parcela T1, destaca-se que apenas a profundidade de 20 cm apresentou potenciais matriciais inferiores a -20 kPa entre fevereiro e maio, evidenciando que nos meses com mais dias chuvosos a drenagem foi mais eficiente apenas no topo do solo. Quando se observa o período seco, entre junho e agosto, nota-se que as demais profundidades apresentaram tensões mais elevadas. Pode-se, então, ressaltar que em 30 cm no dia 12/07 registrou-se o menor valor de potencial matricial, -51 kPa. Diante deste período, é possível perceber a curva de ressecamento da matriz do solo em 100 cm, que atingiu no dia 08/08 a maior tensão na retenção de água pela matriz do solo, com o valor de -27 kPa.

---

<sup>6</sup> Optou-se pela substituição do tensiômetro de 30 cm na parcela T0 no dia 08/07/2020 para certificar que não havia problema no instrumento. Contudo, após isso o comportamento nos potenciais matriciais mantiveram-se homogêneos.

Figura 48 - Valores diários da pluviometria e dos potenciais matriciais nas diferentes profundidades das parcelas T0, T1 e T2, entre 10/02/2020 e 30/09/2020



Fonte: O autor, 2021.



Assim como observado em T1, na parcela T2 nos meses do período úmido, somente a profundidade de 20 cm apresentou potenciais matriciais inferiores a -20 kPa, demonstrando que mesmo com a atuação dos sistemas radiculares mais profundos como o da mandioca, em T1, e o do feijão guandu, em T2, a matriz do solo apresenta grande dificuldade de drenagem a partir do horizonte de Bt<sub>1</sub> (30 – 40cm). Entre junho e agosto, ocorre na parcela T2 maior variação dos potenciais matriciais em 30 cm, atingindo no dia 18/08 -36 kPa, sendo este o menor valor registrado nesta profundidade ao longo de todos os meses analisados. Em 100 cm, os dados demonstram uma condição de umidade prolongada ao longo de todo período. Mesmo no período seco, os valores mantiveram-se próximos da saturação e o menor valor de potencial matricial registrado foi de -8 kPa, no dia 08/08.

Busca-se a seguir correlacionar os resultados encontrados neste estudo com os dados obtidos por Igreja Junior (2015), que em sua pesquisa monitorou os potenciais matriciais nas profundidades de 20 cm e 40 cm utilizando blocos de matriz granular (GMS) que operam na faixa de 0 a -200 kPa). Para isso, cabe evidenciar alguns dados obtidos e lembrar que em sua pesquisa T1 recebeu tratamento com cudzu tropical e, em T2 utilizou-se feijão guandu e cudzu tropical.

Na ocasião, tanto no período seco (09/05/2014 a 31/10/2014, que totalizou 204,1 mm distribuídos em 26 dias), como no período úmido (01/11/2014 a 31/03/2015, sendo registrados 530,3 mm, distribuídos em 33 dias) a parcela T0 apresentou as maiores limitações para drenagem e já apontava um comportamento mais homogêneo dos potenciais matriciais. Já em T1 e T2 foram observadas as melhores respostas, de modo que os valores dos potenciais matriciais apresentaram as maiores variações ao longo dos dois períodos.

Pode-se destacar que ao longo do período seco a matriz do solo em todas as parcelas apresentou os menores potenciais matriciais (condição de maior ressecamento) durante um maior período, tal como foi observado no presente estudo. Considerando as profundidades estudadas, os menores potenciais matriciais atingidos em T0 foi de -86 kPa em 20 cm e -36 kPa em 40 cm, sendo registrado após um período de 71 dias (16/08/2014 a 25/10/2014) em que ocorreram apenas 40,8 mm de chuva, distribuídos em sete dias. Por outro lado, tendo em vista o mesmo intervalo T1 e T2 atingiram nas duas profundidades valores em torno de -190 kPa por 26 dias consecutivamente.

Além disso, diante do período úmido Igreja Junior (2015) constatou maior dinâmica hidrológica em T1 e T2. Podendo ser evidenciado a partir dos dados encontrados em um intervalo de 38 dias, entre 29/01/2015 e 07/03/2015, que acumulou 282,1 mm, distribuídos em 12 dias. Cabe ressaltar que 95% do volume total de chuva (268,1 mm) ocorreu até o dia

16/02/2015. E ao final deste intervalo em 20 cm a drenagem foi mais eficiente na parcela T2, atingindo valor em torno de -200 kPa, enquanto em T1 foi registrado -150 kPa e em T0 -50 kPa. Já na profundidade de 40 cm ao final deste período os melhores resultados foram em T1 e T2 com valores próximos de -150 kPa, enquanto em T0 o menor valor foi de -17 kPa.

Assim sendo, compreende-se que o tratamento T0 em ambas as pesquisas mostrou-se bastante prejudicial para a dinâmica de infiltração e movimentação da água no solo. A comparação dos dados permite perceber que ao longo do tempo as condições hidrológicas do solo na parcela sem cobertura tem sido agravadas, o que ficou nítido a partir dos dados encontrados neste estudo nas profundidades de 20 cm e 30 cm. Por outro lado, o manejo do solo com leguminosas em T1 e T2 empregados a partir de 2013 vêm apresentando melhores resultados. Como visto a cultura da mandioca associada às leguminosas nas parcelas T1 e T2, também mostrou boas respostas para a dinâmica de movimentação hídrica.

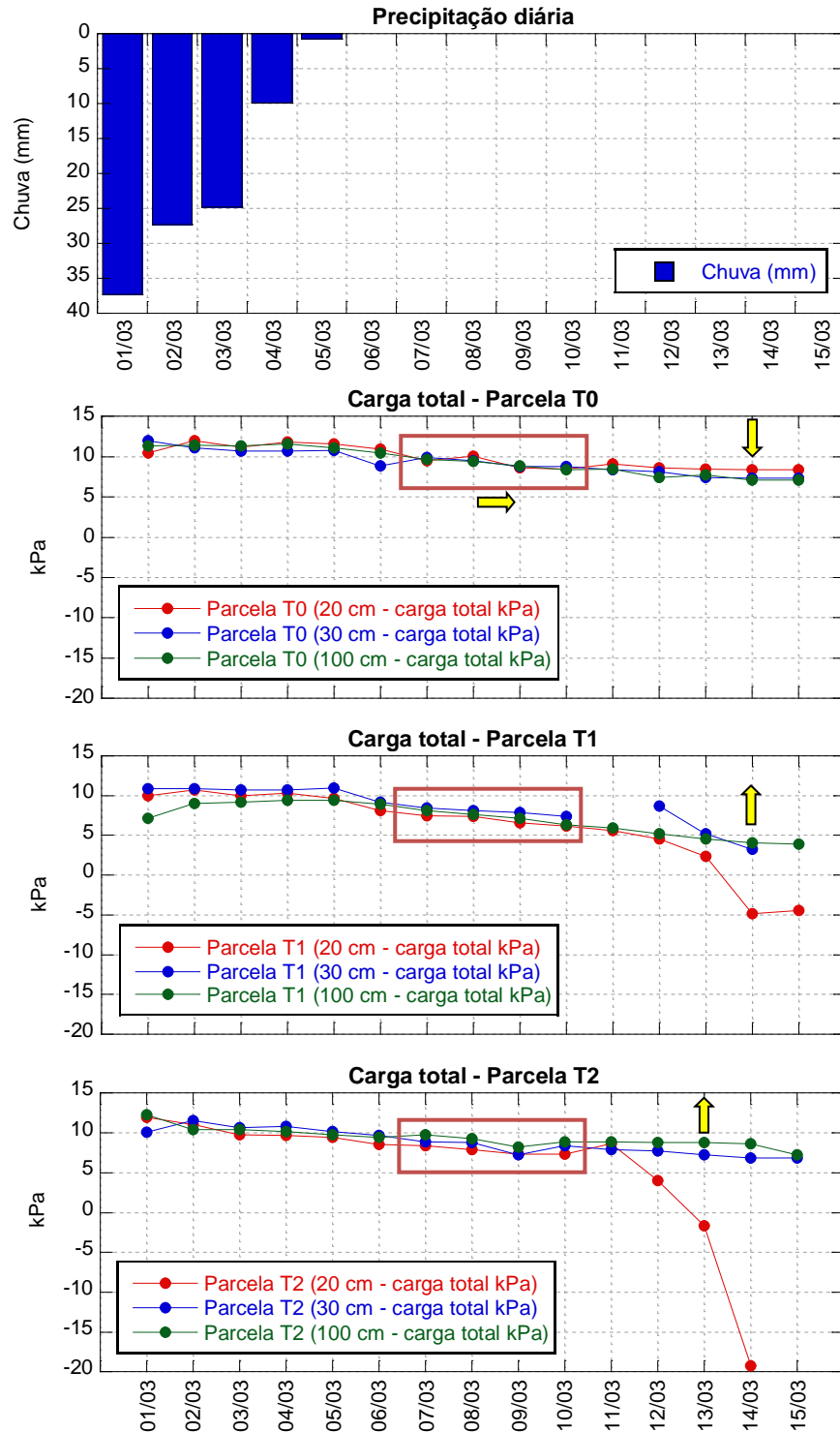
#### 4.6.3 Dinâmica dos fluxos de água - Carga total

Para analisar a dinâmica dos fluxos de água no solo a partir dos dados de carga total nas diferentes profundidades (20 cm, 30 cm e 100 cm) e tratamentos estudados (T0, T1 e T2) foram escolhidos dois períodos distintos. O primeiro compreende o intervalo entre 01/03/2020 e 15/03/2020 e o segundo período consiste no intervalo entre 08/04/2020 a 26/04/2020.

Considerando inicialmente o primeiro período em questão, destaca-se que entre os dias 01/03/2020 e 05/03/2020 o total pluviométrico acumulado foi de 100 mm. O maior volume diário foi de 37,3 mm, sendo registrado no dia 01/03/2020, nos demais dias os volumes de chuva foram gradativamente menores (Figura 49). Essa sequência de dias chuvosos contribuiu para que em todas as profundidades e tratamentos a matriz do solo estivesse em condição de saturação. Observando os gráficos apresentados na Figura 49 nota-se que em todos os tratamentos os valores das cargas totais em todas as profundidades mantiveram-se na maior parte do período superiores a 0 kPa.

Cabe ressaltar o comportamento dos fluxos de água no solo nas parcelas T0, T1 e T2 após a sequência de chuvas ocorridas nos cinco primeiros dias do período analisado. Nesse sentido, destaca-se o comportamento hidrológico do solo nos diferentes tratamentos a partir do dia 07/03/2020 e, de modo especial entre o dia 07/03/2020 e 10/03/2020.

Figura 49 – Carga total nas profundidades de 20, 30 e 100 cm das parcelas T0, T1 e T2 entre 01/03/2020 e 15/03/2020



Legenda: As setas indicam a direção dos fluxos.  
 Fonte: O autor, 2021.

Nota-se que durante esses quatro dias nas diferentes profundidades da parcela T0 os valores de carga total são iguais, indicando a ocorrência de fluxos lateralizados. Por outro lado, neste mesmo intervalo, nota-se que nas parcelas T1 e T2 os valores das cargas totais se

mantêm próximos, contudo o fluxo lateralizado não se apresenta de forma tão definida como constatado na parcela T0. Acredita-se que a presença de sistemas radiculares nas parcelas T1 e T2 estejam interferindo na dinâmica dos fluxos de água, contribuindo para que a drenagem no perfil por intermédio de bioporos e também pelo processo de evapotranspiração.

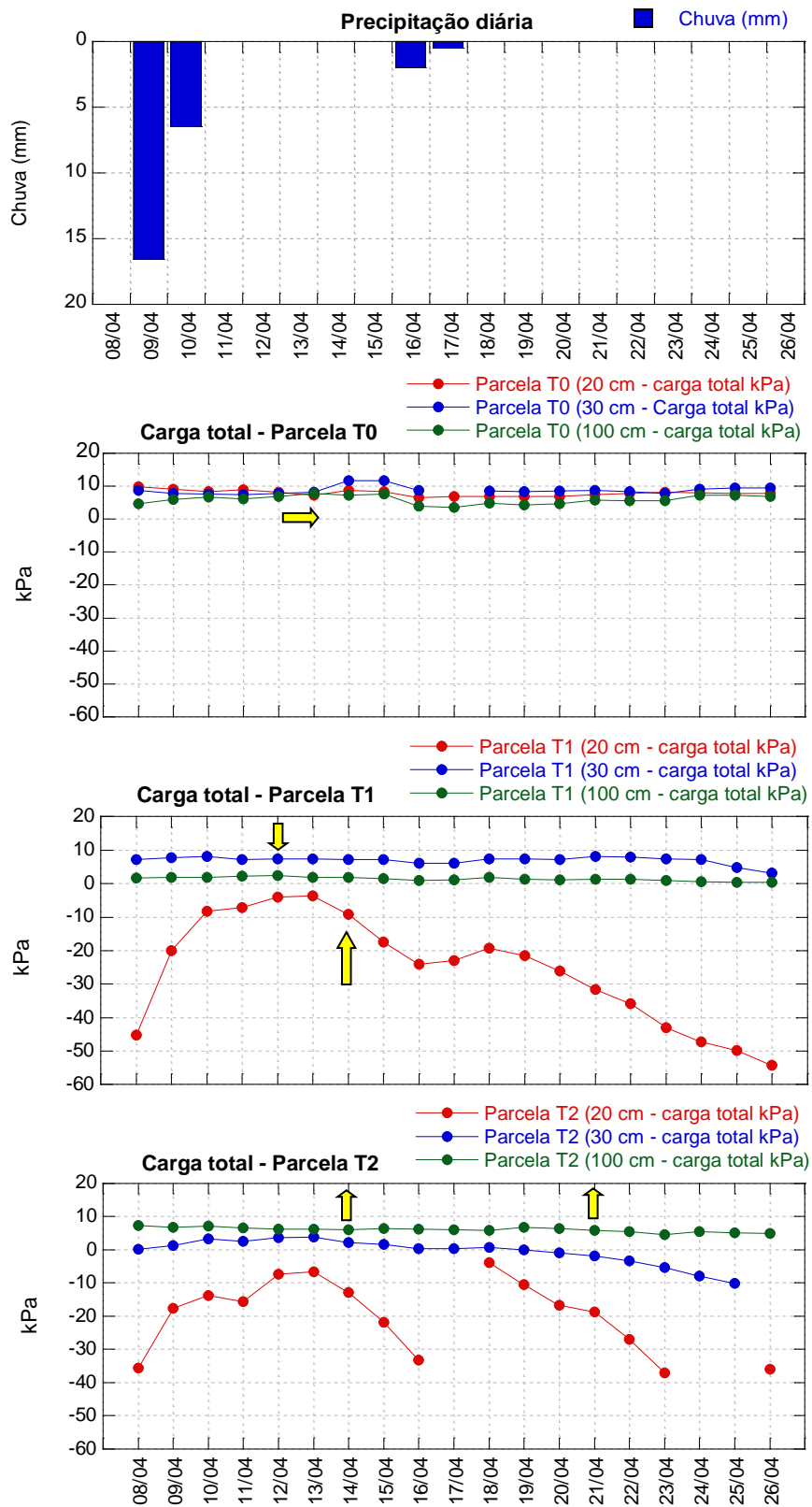
Após o dia 10/03/2020 nota-se que o comportamento hidrológico do solo entre as parcelas modifica-se ainda mais claramente. Nas parcelas T1 e T2 ocorre perda de umidade na profundidade de 20 cm, de modo que é possível apontar o desenvolvimento fluxo ascendente de 30 cm para 20 cm, indicando evapotranspiração. Tal processo acontece mais rápida e intensamente na parcela T2. Por sua vez, na parcela T0 as cargas totais mantiveram-se próximas até o final do período analisado, mas é possível observar o início um lento processo de infiltração na parcela sem cobertura.

Durante o segundo período selecionado para a análise da dinâmica dos fluxos de água no solo, que vai de 08/04/2020 a 26/04/2020, o volume total de chuva foi de 25,6 mm, distribuídos em quatro dias. Inicialmente, cabe ressaltar que o mês de março foi bastante úmido, acumulando um total de 172,5 mm de chuva. Apesar disso, os dois últimos dias chuvosos que antecederam o referido período que será aqui analisado acumularam baixos volumes pluviométricos, tendo sido registrado 6,5 mm de chuva no dia 30/03/2020 e 1,2 mm no dia 04/04/2020. Trata-se, portanto, de um período consideravelmente menos úmido com relação ao que foi primeiramente abordado.

Dito isso, observa-se a partir da Figura 50 que na parcela T0 o comportamento das cargas totais permaneceu bastante homogêneo, apresentando valores muito próximos durante todo o intervalo em análise. Com efeito, destaca-se que após as chuvas ocorridas nos dias 09/04/2020 e 10/04/2020, as cargas totais das diferentes profundidades foram iguais em dois dias consecutivos, 12/04/2020 e 13/04/2020, indicando a ocorrência de um fluxo lateralizado. Considerando esta mesma temporalidade, nota-se que nas parcelas T1 e T2 não foi constatado o mesmo comportamento dos fluxos hídricos.

Na parcela T1 as cargas totais das profundidades de 30 cm e 100 cm apresentaram um comportamento similar e mantiveram-se relativamente próximas ao longo dos 19 dias observados neste segundo período. De todo modo destaca-se que a diferença de carga hidráulica entre essas profundidades originou condições para o desenvolvimento de um fluxo descendente no perfil (de 30 cm para 100 cm). Além disso, os dados apontam nitidamente ao longo de todo o intervalo a ocorrência de um fluxo ascendente da profundidade de 30 cm em direção a 20 cm, tornando-se ainda mais evidente a partir do dia 14/04.

Figura 50 – Carga total nas profundidades de 20, 30 e 100 cm das parcelas T0, T1 e T2 entre 08/04/2020 e 26/04/2020



Legenda: As setas indicam a direção dos fluxos.

Fonte: O autor, 2021.

Por sua vez na parcela T2, diferentemente da parcela T1, ao longo do período em análise a diferença entre as cargas totais das profundidades de 100 cm e 30 cm, aponta para o desenvolvimento de um fluxo ascendente (de 100 cm para 30 cm), tornando-se ainda mais evidente a partir do dia 21/04. Ressalta-se que o fluxo ascendente ocorre também a partir da profundidade de 30 cm em direção a 20 cm e observa-se que a partir do dia 13/04/2020, ocorre o aumento do gradiente entre as cargas totais das referidas profundidades.

## CONCLUSÃO

Os resultados das análises granulométricas evidenciaram que apesar da proximidade espacial entre as parcelas de erosão da EEPE/AFEN, ocorrem diferenças associadas as suas características texturais. Na parcela T0, os maiores valores de argila nos horizontes Ap e Bt<sub>1</sub> indicam a gradativa remoção do topo do solo em decorrência dos processos erosivos que desenvolvem-se de maneira mais intensa neste tratamento.

Os dados das análises químicas revelaram que as melhores condições de fertilidade encontram-se nos horizontes mais superficiais. De todo modo, considerando as profundidades estudadas o tratamento sem cobertura (parcela T0) apresentou os piores resultados em praticamente todos os parâmetros analisados (pH, carbono orgânico, fósforo, potássio, cálcio + magnésio, alumínio, valor V e valor m). Além disso, as comparações realizadas entre os dados obtidos nas parcelas T0, T1 e T2 em 2014 e 2019 também evidenciaram que as perdas mais significativas ao longo de cinco anos ocorreram na parcela com solo desnudo. Tais resultados indicam que o manejo sem cobertura vegetal tem resultado em um processo de degradação do solo, sendo extremamente prejudicial para o uso agrícola.

Por outro lado, os dados obtidos nesta pesquisa permitem concluir que o manejo do solo com as leguminosas cudzu tropical (parcela T1) e cudzu tropical + feijão guandu (parcela T2) realizado em 2014, contribuiu para minimizar as reduções nos teores dos diferentes parâmetros químicos. Ainda que as plantas consumam os nutrientes do solo, os resultados indicaram que elas contribuem para a manutenção e até incremento de algumas propriedades químicas. Tais constatações atestam os efeitos positivos das leguminosas empregadas nas parcelas T1 e T2 a partir da pesquisa de Igreja Junior (2015), podendo-se enfatizar a eficiência de tais espécies para a conservação do Argissolo da EEPE/AFEN. Cabe também inferir que tais espécies podem contribuir para o processo de regeneração do solo.

Através dos dados pluviométricos obtidos entre novembro de 2019 e outubro de 2020, constatou-se que em diferentes meses foram registrados volumes de chuvas superiores ao da média do município, podendo-se destacar os meses de janeiro, fevereiro, março, agosto e setembro de 2020. Assim, o ano hidrológico estudado configurou-se mais úmido que o padrão, considerando os dados da série histórica do município de São Gonçalo obtidos por meio da Estação Climatológica Urbana da UERJ/FFP.

A partir do monitoramento diário do geotermômetro evidenciou-se que mesmo com médias mensais superiores a 24 °C (tal como ocorreu em fevereiro, março e abril de 2020) ao

longo do período úmido, a profundidade de 20 cm no solo sem cobertura manteve-se em condição de saturação. Por outro lado, nos solos manejados com cudzu tropical e mandioca (parcela T1) e cudzu tropical + feijão guandu + mandioca (parcela T2) o comportamento dos potenciais matriciais apresentou correlação com a curva de temperatura do solo, demonstrando aumento da sucção da água no solo associado ao aquecimento do solo. Por sua vez, ao longo do período seco os resultados obtidos a partir dos tensiômetros e do geotermômetro na profundidade de 20 cm evidenciaram maior correspondência entre os dados nas três parcelas, indicando ressecamento do solo com o aumento da temperatura.

Considerando os dados diários dos potenciais matriciais, concluiu-se que na profundidade de 20 cm ocorre a maior variação dos potenciais matriciais, indicando rápida resposta aos eventos de chuva e melhores condições para a drenagem da água. Ainda sim, na parcela T0, apenas a partir de um longo período sem chuvas esta porção do solo apresentou tensões mais elevadas (potenciais matriciais menores), evidenciando que esta condição de uso do solo acarreta em sérias limitações para a movimentação da água no perfil. As parcelas T1 e T2 foram as que apresentaram as melhores condições de drenagem em 20 cm. Na parcela T1 encontrou-se uma resposta ainda mais eficiente, especialmente entre março e junho, que pode estar associada à maior atuação dos sistemas radiculares da cudzu tropical (que apresentou melhor desenvolvimento nesta parcela) e da mandioca que apresentou o ápice do seu ciclo vegetativo neste período.

Considerando a profundidade de 30 cm, os melhores resultados para a drenagem hídrica ocorreram na parcela T2. Tal resposta pode estar associada às características granulométricas, cujas análises apontaram menor concentração de argila e maior presença de areia nesta profundidade, além da contribuição dos sistemas radiculares do feijão guandu e da mandioca. Nesta mesma profundidade, na parcela T0 os dados indicaram uma condição de umidade prolongada, confirmando que o tratamento sem cobertura acarreta em grandes limitações para a drenagem ao longo do perfil. Em 100 cm, não se observou diferenças significativas entre os potenciais matriciais nas diferentes parcelas na maior parte do período. O que demonstra que nesta profundidade não ocorreu muita influência da cobertura vegetal para a dinâmica hídrica.

Além disso, nas parcelas T1 e T2, manejadas com cobertura vegetal houve o predomínio de fluxos ascendentes e descendentes no perfil, associados aos processos de evapotranspiração e infiltração, respectivamente. No entanto, na parcela T0 os dados evidenciaram que ocorre maior tendência ao predomínio de fluxos lateralizados, que se desenvolvem de modo mais prolongado após eventos chuvosos. A pesquisa evidenciou que



no tratamento sem cobertura vegetal a movimentação hídrica na matriz do solo é extremamente lenta. Isto demonstra que nessas condições que a saída da água do sistema é muito prejudicada pelas limitações do processo de infiltração e não retirada da água via evapotranspiração.

Em síntese, torna-se importante ressaltar que as limitações físicas do Argissolo presente na área de estudo, associadas à mudança textural abrupta na transição dos horizontes  $A_p$  (0 – 30 cm) e  $Bt_1$  (30 – 40cm) naturalmente promovem descontinuidades hidráulicas entre o topo do solo e o horizonte subjacente, tornando-o mais susceptível à erosão hídrica. Assim sendo, considerando o uso agrícola do solo por parte dos pequenos produtores rurais na região da EEPE/AFEN, e além disso, a importância da agricultura familiar no contexto do Assentamento Fazenda Engenho Novo, os dados expostos neste trabalho acerca das perdas nos atributos químicos e do comportamento hidrológico do solo foram bastante significativos.

Como visto em todos os parâmetros, hidrológicos e químicos, o tratamento sem cobertura vegetal apresentou os piores resultados. Isto reforça, sobretudo, a necessidade de conscientização dos agricultores locais sobre a importância de práticas de manejo e uso do solo que contribuam para a conservação e melhorias das propriedades físicas e químicas, bem como a minimização das perdas de água e solo frente aos eventos de chuva.

Assim sendo, esta pesquisa permitiu concluir que o manejo com leguminosas empregado nas parcelas T1 e T2 desde 2014 na EEPE/AFEN apresentou uma resposta extremamente significativa temporalmente, enquanto o tratamento sem cobertura configura-se no pior modo de manejo para o solo local. Além disso, os dados hidrológicos constataram que o uso de leguminosas e mandioca favoreceu a infiltração da água e a sua rápida movimentação no solo, principalmente até a profundidade de 20 cm, o que contribui para reduzir as perdas por escoamento e erosão.

Por fim, cabe reforçar a importância do desenvolvimento de novas pesquisas na EEPE/AFEN, de modo a dar continuidade aos estudos já realizados e possibilitar a ampliação do conhecimento sobre outras propriedades do solo ainda não analisadas. Os estudos realizados nesta área contribuem diretamente para que os agricultores locais possam utilizar práticas mais adequadas de manejo do solo, a fim de conservá-lo bem como alcançar melhores resultados em suas práticas agrícolas.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, L. H. C. & PEREIRA, M. G. Principais classes de solos do Estado do Rio de Janeiro. In: FREIRE, L. et al. (Ed.). *Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural. 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/963089/manual-de-calagem-e-adubacao-do-estado-do-rio-de-janeiro>. Acesso em: 05 jan. 2020.

AZEVEDO, C. V. *Agricultura, memória, paisagem e turismo: as perspectivas de construção de novas ruralidades no Assentamento Rural Fazenda Engenho Novo*. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=2534319](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=2534319)>. Acesso em: 02 set. 2020.

BERTOL, I.; CASSOL, E. A.; BARBOSA, F. T. Erosão do solo. In: *Manejo e Conservação do Solo e da Água*. BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; SOUZA, L. S. (Editores). 1ª ed. Viçosa, MG: SBCS, 2019. Capítulo XIV, p. 423-460.

BERTOLINO, A. V. F. A. Influência do Manejo na Hidrologia de Solos Agrícolas em *Ambiente Serrano*: Paty do Alferes – RJ. 2004. 178p. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

BERTOLINO A. V. F.; COSTA, A. R. C.; BERTOLINO, L. C.; FIALHO, E. S. Análise da dinâmica climatológica no município de São Gonçalo/RJ, Triênio 2004-2007. *Revista Tamoios*, São Gonçalo (RJ), n° 2, p. 1 - 16, julho/dezembro – ano IV, 2007. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/tamoios/article/view/624>>. Acesso em: 19 out. 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 6ª ed. São Paulo: Ícone, 2008.

BORGES, A. L. SOUZA, L. S.; CARVALHO, J. E. B. Plantas melhoradoras do solo. Embrapa, dez/2004. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/26871307/plantas-melhoradoras-de-solo>>. Acesso em: 10 out. 2020.

BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7ª ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: CALEGARI, A. MALDONADO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; COSTA, M. B. B. C. (coord.); x MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. *Adubação verde no sul do Brasil*. 2ª ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. p. 207-230.

CARVALHO, P. C. L. Classificação Botânica. In: MATTOS, P. L. P.; FARIAS, A. R. N.; FILHO, J. R. F. *Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006 (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

CARVALHO, P. C. L.; FUKUDA, W. M. G. F. Estrutura da planta e morfologia. In: SOUZA, L. S. et al. *Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca*. – Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p.126-137.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22: 527-538, 1998. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010006831998000300019&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010006831998000300019&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 10 abr. 2020.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta Geomorfológica do município de São Gonçalo – RJ. Escala 1:40.000, 2017.

CÔELHO, J. D. Produção de mandioca – raiz, farinha, fécula. Caderno Setorial ETENE, ano 3, n. 44. Set/ 2018. Disponível em: <[https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4049480/44\\_Mandioca.pdf/08b8f0c3-b88b-4d40-d5ec-4e2620bdcdde](https://www.bnb.gov.br/documents/80223/4049480/44_Mandioca.pdf/08b8f0c3-b88b-4d40-d5ec-4e2620bdcdde)>. Acesso em: 10 out. 2020.

COELHO NETTO, Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007(b). p. 93-148.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L. *Water in environmental planning*. New York: W. H. Freeman, 1978.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análises de solo*. 2ª ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, nº1).

\_\_\_\_\_. *Manual de métodos de análises de solo*. TEIXEIRA, P. C. *et al* (editores técnicos). 3ª ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.

\_\_\_\_\_. *Manual de métodos de análises de solos e calcários*. Boletim técnico nº 55, 1997(b).

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de Leguminosas Herbáceas para Adubação Verde. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. *Agroecologia princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/AgrobCap1ID-Sim092KU5R.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2020.

FERNANDES, N. F. *Hidrologia subsuperficial e propriedades físico-mecânicas dos complexos de rampa* – Bananal (SP). 1990. 151 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio, Rio de Janeiro, 1990.

FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: LIER, Q. J. (Ed). *Física do solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-28.

FREIRE, L. R. (cood.) et al. *Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro*. – Brasília, DF: Embrapa; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/963089/manual-de-calagem-e-adubacao-do-estado-do-rio-de-janeiro>. Acesso em: 15 mai de 2020.

GOMES, M. H. R. Apostila de mecânica dos fluidos. Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012.

GONÇALVES, A. D.; LIBARDI, P. L. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37: 1174-1184, 2013.

GUERRA, A. J. T. O Início do Processo Erosivo. In: GUERRA, A.J.T., SILVA, A.S., BOTELHO, R.G.M. (Orgs.). *Erosão e conservação do solo: Conceitos, Temas e Aplicações*. 3º ed. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 2007(a). p. 17-55.

\_\_\_\_\_. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007(b). p.149-209.

HILLEL, D. *Environmental soil physics*. London: Acedmic Press. 1998. 771p.

HORTON, R. E. The role of infiltration in the hydrological cycle. *Transactions, American Geophysical Union*, Washington, v. 14, p. 446-460, 1933. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/TR014i001p00446>. Acesso em: 10 abr. 2020.

HUDSON, N, W. An introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of subtropical rainfall. *Proc. Trans. Scient. Ass.* 49, 15-25.

IBGE. IBGE Cidades@, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/sao-goncalo/historico>. Acesso em: 20 out. 2020.

IGREJA JUNIOR, B. G. *Dinâmica do solo associada ao uso de adubos verdes e práticas conservacionistas no Assentamento Fazenda Engenho Novo – São Gonçalo – RJ*. 202 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2015.

KAMPF, N.; CURI, N. Conceito de solo e sua evolução histórica. In: KER, J. C. et al. *Pedologia: Fundamentos*. 1ª ed. Viçosa, MG: SBCS, 2012. p. 1-20.

KEDE, M. L. M.; BERTOLINO, A. V. F. A.; BERTOLINO, L. C. Análise da precipitação sobre o efeito da alta subtropical do Atlântico Sul (ASAS) no município de São Gonçalo (RJ) no período de 2014 e 2015. IN: VII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA. Petrópolis – RJ, 18 a 22 de setembro de 2017.

- LIBARDI, P. L. *Dinâmica da água no solo*. São Paulo: Universidade de São Paulo, EDUSP. 2005.
- KLAR, A. E. *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. São Paulo: Nobel, 1984.
- KNAPP, B. J. Infiltration and Storage of Soil Water. In: KIRKBY, M. J. *Hillslope Hydrology*. New York: Wiley & Sons. 1978. p. 44-72.
- LEPSCH, I. F. *19 lições de Pedologia*. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- MARIA, I. C.; BERTOL, I. DUGOWICH, M. I. Práticas consevacionistas do solo e da água. In: *Manejo e Conservação do Solo e da Água*. BERTOL, I.; DE MARIA, I. C.; SOUZA, L. S. (Editores). 1ª ed. Viçosa, MG: SBCS, 2019. p. 527-587.
- MATTOS, P. L. P. Implantação da cultura. In: SOUZA, L. S. et al. *Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca*. – Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 492-517.
- MATTOS, P. L. P.; SOUZA, A. S.; FILHO, J. R. F. Propagação. In: SOUZA, L. S. et al. *Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca*. – Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 455-491.
- MEYER, L. D.; WISCHMEYER, W. H. Mathematical simulation of the process of soil erosion by water. *Transaction of the American Society of Agricultural Engineers.*, St. Joseph, v. 12, 1969.
- MORAIS, N. B.; MADUREIRA, N. BERTOLINO, A. V. F. A.; BERTOLINO, L. C. Transformações das propriedades hidráulicas e suas repercussões na dinâmica hidrológica de um cambissolo no município de São Gonçalo (RJ): estudo de caso do Morro do Patronato. *Revista Tamoios*, São Gonçalo (RJ), n° 2, p. 1 – 18, julho/dezembro – Ano IV, 2007. Disponível em: <http://www.ffp.uerj.br/tamoios/2007.2/pdf/Artigo2.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2021.
- NENE, Y. L.; SHEILA, V. K. Pigeonpea: geography and importance. In: NENE, Y. L.; HALL, S. D.; SHEILA, V. K. (Ed.). *The pigeonpea*. Cambridge, Inglaterra: CAB Internacional; Internacional Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 1990. p. 1-14.
- OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A.J.T., SILVA, A.S., BOTELHO, R.G.M. (Orgs.). *Erosão e conservação do solo: Conceitos, Temas e Aplicações*. 3º ed. Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil, 2007(a). p. 57-99.
- PASSOS, A. S.; TRINDADE, B. S.; MARINELLI, P. C. S.; LIMA, R. L.; RAMALHO, T. S. Diagnóstico socioeconômico e ambiental da comunidade residente em área da antiga Fazenda Engenho Novo – São Gonçalo – RJ. *Qualit@s Revista Eletrônica*, v. 9, n.4, p. 1-19, 2010.
- PERIN, A. et al, Feito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um argissolo. *Revista Brasileira Ciência de Solo*, 26: 713-720, 2002.

PMSG. Prefeitura Municipal de São Gonçalo. Cidade. Disponível em:  
<[https://www.saogoncalo.rj.gov.br/?page\\_id=34](https://www.saogoncalo.rj.gov.br/?page_id=34)>. Acesso em: 20 out. 2020.

PMSG - Prefeitura Municipal de São Gonçalo; UFF - Universidade Federal Fluminense. Elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco – Etapa 02.1. Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários PMRR do Município de S. Gonçalo, 2006.

PREVEDELLO, C. L. Energia térmica do solo. In: LIER, Q. J. (Ed). Física do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 298.

PRUSKI, F. F. *Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. 2ª ed. Viçosa: Ed UFV, 2009.

RANGEL, T.; PINHEIRO, E. DA GLÓRIA À SAGA DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO: análise das reformas empreendidas na Fazenda Engenho Novo, São Gonçalo, RJ. In: V SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO ARQUITETURA E DOCUMENTAÇÃO. Belo Horizonte, 24 a 26 de Outubro de 2017.

REICHARDT, K. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera*. 3ª ed. Piracicaba, SP. Fundação Cargill, 1975.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. *Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. 2ª ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B.; ARAÚJO FILHO, J. C. Caracterização morfológica do solo. In: KER, J. C. et al. *Pedologia: Fundamentos*. 1ª ed. Viçosa, MG: SBCS, 2012. p. 47-79.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R.G. M. (Orgs.). *Erosão e conservação do solo: Conceitos, Temas e Aplicações*. 3ª ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2007.

SANTI, C. B.; FERNANDES, N. F.; MONIZ, A. C.; VIEIRA, S. R. Hidrologia Subsuperficial Como Condicionante na Transformação de Solos Em Encostas. In: XL Congresso Brasileiro de Geologia, 1998, Belo Horizonte. Anais do XL Congresso Brasileiro de Geologia. Belo horizonte - MG (Outubro), 1998. v. 1. p. 430.

\_\_\_\_\_. O Papel da Hidrologia Subsuperficial nas Transformações Laterais de Solos nas Encostas. Geosul (UFSC), Florianópolis - SC (Novembro), v. 14, n. 27, p. 497-501, 1998b.

SANTI, C. B.; FERNANDES, N. F.; MONIZ, A. C.; VIEIRA, S. R.; GUIMARÃES, M. S. B. Monitoramento da Hidrologia Subsuperficial como Subsídio à Compreensão da Transformação de Solos B-Texturais a Partir de B-Latossólicos. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1999, Brasília. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Brasília, 1999. v. CD-ROM.

SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P.; MENEZES, E. A. Guandu. In: KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. *Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o Semi-árido Brasileiro*. 1ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 227-250.

SANTOS, H. G. et al. Estudo do Solo. In: BATISTA, M. A.; PAIVA, D. W.; MARCOLINO, A. (Orgs). *Solo para todos: perguntas e respostas*. 1ª ed. Dados eletrônicos, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. p. 11-50. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/122505/1/Doc-169-Perguntas-e-Respostas.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2020.

SANTOS, H. G. et al. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5ª ed, rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>>. Acesso em: 20 mai. 2020.

SANTOS, R. D.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7ª ed. rev. Ampl. – Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SILVA, L. S. Fixação biológica e transferência de nitrogênio por *Gliricídia sepium* em pomar orgânico consorciado de laranja e banana. *Brasilian Applied Science Review*, Curitiba, v.4, n.5, p. 2916-2925, set.out. 2020.

SILVA, S. M.; MOLINA, E. São Gonçalo no século XVIII. Rio de Janeiro, Edições Muiraquitã, 1998.

SOBRAL, L. F.; BARRRETO, M. C. V.; SILVA, A., J.; ANJOS, J. L. Guia Prático para Interpretação de Análises de Solo. – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1042994>. Acesso em: 15 mai de 2020.

SOUZA, A. P. Monitoramento da erosão de solos durante eventos pluviométricos: subsídio à compreensão dos processos erosivos em ambiente agrícola serrano. 2003. 170p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTATURI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds). *Fertilidade do Solo*. – Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap V, p. 205 – 274.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S. Clima e Solo. In: MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C. (Coord.). *O cultivo da mandioca*. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. p. 11-13.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; GOMES, J. C. Exigências edáficas da cultura da mandioca. In: SOUZA, L. S. et al. *Aspectos Socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca*. – Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 170-214.

STOCKING, M. A.; ELWELL, H. A. Rainfall erosivity over Rhodesia. *The Royal Geographical Society. Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, Vol. 1, n.2, p. 231 – 245. 1976. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/621986?origin=JSTOR-pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

TAVARES FILHO, J. *Física e conservação do solo e água* [livro eletrônico]. Londrina: Eduel, 2016. p. 256.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FAVERO, C. QUARESMA, M. A. L. Leguminosas herbáceas perenes para utilização como coberturas permanentes de solo na Caatinga Mineira. *Revista Ciência Agronômica*. V.42, n.2, p.292-300, abr-jun 2011.

VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C. Quebra da dormência e plantio de puerária em sistemas de produção agropecuários e agroflorestais. *Instruções Técnicas*, Acre, nº 17, p. 1-3, dezembro 1998. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAF-AC/1565/1/it17.pdf>>. Acesso em 05 mai 2020.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. O solo como sistema. – Curitiba: Ed. dos autores, 2011.

VIEIRA, R. F.; SALGADO, L. T. A cultura do Guandu. *Informe Agropecuário*, Minas Gerais, v. 16, n. 174, p. 52-60, 1992.

WHIPKEY, R. Z.; KIRKBY, M. J. Flow within the soil. In: KIRKBY, M. J. (Ed.) *Hillslope Hydrology*. New York: John Wiley & Sons, 1978. p. 121-144.



## APÊNDICE A – Ficha de Classificação Pedológica Perfil 1

Classificação: ARGISSOLO VERMELHO Distrófico Abrupto			PERFIL N°: P1 – LUCIA	
Localização: Rua do Bom Retiro, 66 – sítio Carvalho de Justiça, lote 7 – Monjolos – São Gonçalo – RJ				
Coordenadas Geográficas: 22° 49' 085" S e 42° 55' 310" W				
Situação, Declive e Cobertura: Terço médio de encosta com 12% de declive, sob vegetação de gramínea				
Altitude: 48 m Clima: Tropical com Estações Úmida e Seca - Aw				
Litologia: feldspato, gnaisses homogêneos				
Formação Geológica: PCIIcs - Pré-Cambriano Unidade Cassorotiba				
Material Originário: Biotita - Plagioclásio				
Pedregosidade: Ligeiramente Pedregosa				
Relevo Local: Ondulado Relevo Regional: Ondulado				
Erosão: Moderada				
Drenagem: Bem Drenado				
Vegetação Primária: Floresta Tropical Subperenifólia				
Uso Atual: Recente - Agricultura Familiar com Aipim / Atual - Pousio				
Descrito e Coletado por: OOMF, BGIJ, BM e LSP. Data: 08/maí/2014				
HORIZONTE	Ap	Bt <sub>1</sub>	Bt <sub>2</sub> 65-95	C
PROFUNDIDADE	0 – 30 cm	30 – 40 cm	40 – 80 cm	80 – 200"
<b>COR</b>				
SECO				
ÚMIDO	10YR3/2 BRUNO AMARELADO MUITO ESCURO	7,5YR4/4 BRUNO ESCURO	2,5YR3/6 VERMELHO ESCURO	MOSQUEADO COMPOSTO
<b>MOSQUEADO</b>				
QUANTIDADE	---	---	---	ABUNDANTE
TAMANHO	---	---	---	MÉDIO
CONTRASTE	---	---	---	DISTINTO
COR	---	---	---	5YR7/1 CINZA CLARO      2,5YR5/6 AVERMELHADO ESCURO
TEXTURA	FRANCO ARGILO ARENOSA	ARGILOSA	MUITO ARGILOSA	ARGILOSA
<b>ESTRUTURA</b>				
GRAU	MODERADA	MODERADA	FORTE	MODERADA
TAMANHO	PEQUENA-MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA
FORMA	GRANULAR/BLOCOS SUB-ANGULARES	BLOCOS ANGULARES	BLOCOS ANGULARES	BLOCOS SUB-ANGULARES
<b>CONSISTÊNCIA</b>				
SECO	DURO	DURO	DURO	DURO
ÚMIDO	FRIÁVEL	FRIÁVEL	FRIÁVEL	MUITO FRIÁVEL
PLASTICIDADE	LIGEIRAMENTE	MUITO PLÁSTICA	MUITO PLÁSTICA	PLÁSTICA
PEGAJOSIDADE	LIGEIRAMENTE	MUITO PEGAJOSA	MUITO PEGAJOSA	MUITO PEGAJOSA
<b>POROS</b>				
QUANTIDADE	MUITOS POROS	POUCOS POROS	POUCOS POROS	POUCOS POROS
TAMANHO	PEQUENOS	MUITO PEQU.	MUITO PEQU.	MUITO PEQUENOS
SUP. DE PRESSÃO CIMENTAÇÃO CEROSIDADE	NÃO HÁ	NÃO HÁ	COMUM	NÃO HÁ
<b>RAIZES</b>				
QUANTIDADE	COMUNS	POUCAS	POUCAS	RARAS
DIÂMETRO	FINAS	FINAS	FINAS	MUITO FINAS
<b>TRANSIÇÃO</b>				
TOPOGRAFIA	PLANA	PLANA	ONDULADA	ONDULADA
NTIDEZ	ABRUPTA	CLARA	GRADUAL	GRADUAL
ATIV. BIOLÓGICA	(*)	(*)	NÃO HÁ	NÃO HÁ
AMOSTRA	Sim	Sim	Sim	Sim
OBSERVAÇÕES: (*)- Raízes Fasciculadas de Gramíneas. 1- Foram Coletadas Amostras Indefinidas em Anéis Volumétricos nos horizontes Ap e no topo do Bt.				

APÊNDICE B – Ficha de Classificação Pedológica Perfil 2

Classificação: GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico			PERFIL Nº: P2 – EDSON		
Localização: Estrada José de Souza Porto, nº 42 – Monjolos – São Gonçalo – RJ					
Coordenadas Geográficas: 22° 49' 0 1.8" S e 42° 55' 44.1" W					
Situação, Declive e Cobertura: Várzea em Fundo de Vale Aberto 0 a 3%, sob gramínea (pasto)					
Altitude: 27 m      Clima: Tropical com Estações Úmida e Seca - Aw					
Litologia: arcias com quartzo, feldspato e máficos					
Formação Geológica: Qp - Sedimentos Fluviais do Quaternário					
Material Originário: Gnaiss					
Pedregosidade: Não Pedregosa					
Relevo Local: Plano    Relevo Regional: Suave Ondulado					
Erosão: Não Aparente					
Drenagem: Imperfeitamente Drenado (drenagem artificial)					
Vegetação Primária: Floresta Tropical Subperenifólia					
Uso Atual: Pastagem					
Descrito e Coletado por: OOMF, BGJ, BM e LSP.    Data: 08/mai/2014					
HORIZONTE	A1p	A2	C1g	C2g	C3g
PROFUNDIDADE	0 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 65 cm	65 – 92 cm	92 – 125 *
<b>COR</b>					
SECO	---	---	---	---	---
ÚMIDO	5YR3/1 CINZA MUITO- ESCURO	5YR3/1 CINZA MUITO ESCURO	5YR5/1 CINZA	5YR7/1 CINZA CLARO	5YR7/1 CINZA CLARO
<b>MOSQUEADO</b>					
QUANTIDADE	---	---	COMUM	COMUM	COMUM
TAMANHO	---	---	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO
CONTRASTE	---	---	DISTINTO	DISTINTO	DISTINTO
COR	---	---	10YR6/8 AMARELO BRUNADO	10YR6/8 AMARELO BRUNADO	10YR6/8 AMARELO BRUNADO
TEXTURA	FRANCO	FRANCO	FRANCO ARGILO ARENOSA	FRANCO	ARGILO ARENOSA
<b>ESTRUTURA</b>					
GRAU	FRACA	FRACA	---	---	---
TAMANHO	PEQUENA	PEQUENA	---	---	---
FORMA	GRANULAR	GRANULAR	MACIÇA	MACIÇA	MACIÇA
<b>CONSISTÊNCIA</b>					
SECO	---	---	---	---	---
ÚMIDO	M. FRIAVEL	M. FRIAVEL	FRIAVEL	FRIAVEL	FRIAVEL
PLASTICIDADE	LIGEIRAM. PLÁSTICA	LIGEIRAM. PLÁSTICA	PLÁSTICA	LIGEIRAM. PLÁSTICA	PLÁSTICA
PEGAJOSIDADE	LIGEIRAM. PEGAJOSA	LIGEIRAM. PEGAJOSA	PEGAJOSA	LIGEIRAM. PEGAJOSA	PEGAJOSA
<b>POROS</b>					
QUANTIDADE	POROS COMUNS	POUCOS POROS	POUCOS POROS	POUCOS POROS	POUCOS POROS
TAMANHO	MÉDIOS	MUITO PEQUENOS	SEM POROS VISÍVEIS	SEM POROS VISÍVEIS	SEM POROS VISÍVEIS
SUP. DE PRESSÃO CIMENTAÇÃO CEROSIDADE	---	---	---	---	---
<b>RAÍZES</b>					
QUANTIDADE	MUITAS	COMUNS	POUCAS	---	---
DIÂMETRO	0 – 2 mm	0 – 2 mm	0 – 2 mm	---	---
<b>TRANSIÇÃO</b>					
TOPOGRAFIA	PLANA	PLANA	PLANA	PLANA	PLANA
NITIDEZ	CLARA	CLARA	DIFUSA	DIFUSA	DIFUSA
ATIV. BIOLÓGICA	(*)	(*)	NÃO HÁ	NÃO HÁ	NÃO HÁ
AMOSTRA	SIM	SIM	SIM	SIM	---
OBSERVAÇÕES: 1- Foram coletadas Amostras em todos os horizontes. / 2- Foram coletadas Amostras Indefurmadas com Anéis Volumétricos nos Horizontes Ap e C1g (topo).					
(*) – Presença de raízes de gramíneas e ocorrência de anelídeos.					

## APÊNDICE C – Granulometria da parcela T0

Amostras	Profundidade (cm)	Peso total (g)	Peso usado (g)	Areia grossa (g)	Areia fina (g)	Argila (g)	Areia (%)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Sedimentos Finos	Areia + Sedimentos Finos	Classe Textural
Ap 1	0 - 30	100	20	6,17	3,48	0,23	48,25	30,85	17,4	29,75	22	51,75	100	franca
Ap 2	0 - 30	100	20	8,08	4,63	0,25	63,55	40,4	23,15	12,45	24	36,45	100	franco-argilo arenosa
Ap 3	0 - 30	100	20	8,3	4,73	0,25	65,15	41,5	23,65	10,85	24	34,85	100	franco-argilo arenosa
Ap 4	0 - 30	100	20	7,73	5,09	0,27	64,1	38,65	25,45	9,9	26	35,9	100	franco-argilo arenosa
Ap 5	0 - 30	100	20	7,84	4,95	0,18	63,95	39,2	24,75	19,05	17	36,05	100	franco arenosa
<b>Média Ap</b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>7,62</b>	<b>4,58</b>	<b>0,24</b>	<b>61,00</b>	<b>38,12</b>	<b>22,88</b>	<b>16,40</b>	<b>22,60</b>	<b>39,00</b>	<b>100</b>	<b>franco-argilo arenosa</b>
Média Ap g.kg <sup>-1</sup>							610			164	226			
Desvio padrão				0,75	0,57	0,03	6,40	3,77	2,86	7,40	3,07	6,40	0,00	
Coef. de variação				10%	12%	13%	10%	10%	12%	45%	14%	16%	0%	
<b>Bt<sub>1</sub> 1</b>	30 - 40	100	20	5,36	3,41	0,45	43,85	26,8	17,05	12,15	44	56,15	100	Argila
<b>Bt<sub>1</sub> 2</b>	30 - 40	100	20	5,38	3,46	0,44	42,2	26,9	17,3	14,8	43	57,8	100	Argila
<b>Bt<sub>1</sub> 3</b>	30 - 40	100	20	5,56	3,36	0,44	44,6	27,8	16,8	12,4	43	55,4	100	Argila
<b>Bt<sub>1</sub> 4</b>	30 - 40	100	20	5,42	3,51	0,46	44,65	27,1	17,55	10,35	45	55,35	100	Argila
<b>Média Bt<sub>1</sub></b>				<b>5,43</b>	<b>3,44</b>	<b>0,45</b>	<b>43,83</b>	<b>27,15</b>	<b>17,18</b>	<b>12,43</b>	<b>43,75</b>	<b>56,18</b>	<b>100</b>	<b>Argila</b>
Média Bt <sub>1</sub> g.kg <sup>-1</sup>							438			124	438			
Desvio padrão				0,08	0,06	0,01	0,99	0,39	0,28	1,58	0,83	0,99	0,00	
Coef. de variação				1%	2%	2%	2%	1%	2%	13%	2%	2%	0	
<b>Bt<sub>2</sub> 1</b>	40 - 80	100	20	3,24	1,93	0,56	25,85	16,2	9,65	19,15	55	74,15	100	Argila
<b>Bt<sub>2</sub> 2</b>	40 - 80	100	20	3,2	2,12	0,48	26,6	16	10,6	26,4	47	73,4	100	Argila
<b>Bt<sub>2</sub> 3</b>	40 - 80	100	20	3,33	2,05	0,52	26,9	16,65	10,25	22,1	51	73,1	100	Argila
<b>Bt<sub>2</sub> 4</b>	40 - 80	100	20	3,25	1,94	0,53	25,95	16,25	9,7	22,05	52	74,05	100	Argila
<b>Bt<sub>2</sub> 5</b>	40 - 80	100	20	3,51	1,97	0,54	27,4	17,55	9,85	19,6	53	72,6	100	Argila
<b>Média Bt<sub>2</sub></b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>3,31</b>	<b>2,00</b>	<b>0,53</b>	<b>26,54</b>	<b>16,50</b>	<b>10,01</b>	<b>21,86</b>	<b>51,6</b>	<b>73,46</b>	<b>100</b>	<b>Argila</b>
Média Bt <sub>2</sub> g.kg <sup>-1</sup>							265			219	516			
Desvio padrão				0,11	0,07	0,03	0,58	0,61	0,36	2,58	2,65	0,58	0,00	
Coef. de variação				3%	4%	5%	2%	4%	4%	12%	5%	1%	0%	
<b>C 1</b>	80 - 120	100	20	3,63	2,11	0,46	28,7	18,15	10,55	26,3	45	71,3	100	Argila
<b>C 2</b>	80 - 120	100	20	3,7	2,34	0,46	30,2	18,5	11,7	24,8	45	69,8	100	Argila
<b>C 3</b>	80 - 120	100	20	3,84	2,08	0,42	29,6	19,2	10,4	29,4	41	70,4	100	Argila
<b>C 4</b>	80 - 120	100	20	3,76	2,15	0,46	29,55	18,8	10,75	25,45	45	70,45	100	Argila
<b>C 5</b>	80 - 120	100	20	3,86	2,31	0,45	30,85	19,3	11,55	25,15	44	69,15	100	Argila
<b>Média C</b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>3,76</b>	<b>2,20</b>	<b>0,45</b>	<b>29,78</b>	<b>18,79</b>	<b>10,99</b>	<b>26,22</b>	<b>44,00</b>	<b>70,22</b>	<b>100</b>	<b>Argila</b>
Média C g.kg <sup>-1</sup>							298			262	440			
Desvio padrão				0,09	0,11	0,02	0,72	0,43	0,53	1,67	1,55	0,72	0,00	
Coef. de variação				2%	5%	3%	2%	2%	5%	6%	4%	1%	0	

## APÊNDICE D – Granulometria da parcela T1

Amostras	Profundidade (cm)	Peso total (g)	Peso usado (g)	Areia grossa (g)	Areia fina (g)	Argila (g)	Areia (%)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Sedimentos Finos	Areia + Sedimentos Finos	Classe Textural
Ap 1	0 - 30	100	20	8	5,69	0,21	68,45	40	28,45	11,55	20	31,55	100	Franco-argiloarenosa / Franco arenosa
Ap 2	0 - 30	100	20	9,46	4,74	0,15	71	47,3	23,7	15	14	29	100	Francoarenosa
Ap 3	0 - 30	100	20	10,01	4,38	0,16	71,95	50,05	21,9	13,05	15	28,05	100	Francoarenosa
Ap 4	0 - 30	100	20	9,17	4,96	0,16	70,65	45,85	24,8	14,35	15	29,35	100	Francoarenosa
Ap 5	0 - 30	100	20	9,33	4,9	0,14	71,15	46,65	24,5	15,85	13	28,85	100	Francoarenosa
<b>Média Ap</b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>9,19</b>	<b>4,93</b>	<b>0,16</b>	<b>70,64</b>	<b>45,97</b>	<b>24,67</b>	<b>13,96</b>	<b>15,4</b>	<b>29,36</b>	<b>100</b>	<b>Francoarenosa</b>
<b>Média Ap g.kg<sup>-1</sup></b>							<b>706</b>			<b>140</b>	<b>154</b>			
Desvio padrão				0,66	0,43	0,02	1,17	3,30	2,14	1,51	2,42	1,17	0,00	
Coef. de variação				7%	9%	15%	2%	7%	9%	11%	16%	4%	0%	
<b>Bt<sub>1</sub> 1</b>	30 - 40	100	20	6,03	3,69	0,41	48,6	30,15	18,45	11,4	40	51,4	100	Argiloarenosa
<b>Bt<sub>1</sub> 2</b>	31 - 40	100	20	6,42	3,4	0,41	49,1	32,1	17	10,9	40	50,9	100	Argiloarenosa
<b>Bt<sub>1</sub> 3</b>	32 - 40	100	20	6,5	3,22	0,4	48,6	32,5	16,1	12,4	39	51,4	100	Argiloarenosa
<b>Bt<sub>1</sub> 4</b>	33 - 40	100	20	6,27	3,26	0,39	47,65	31,35	16,3	14,35	38	52,35	100	Argiloarenosa
<b>Bt<sub>1</sub> 5</b>	34 - 40	100	20	6,66	3,39	0,38	50,25	33,3	16,95	12,75	37	49,75	100	Argiloarenosa
<b>Média Bt<sub>1</sub></b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>6,38</b>	<b>3,39</b>	<b>0,40</b>	<b>48,84</b>	<b>31,88</b>	<b>16,96</b>	<b>12,36</b>	<b>38,8</b>	<b>51,16</b>	<b>100</b>	<b>Argiloarenosa</b>
<b>Média Bt<sub>1</sub> g.kg<sup>-1</sup></b>							<b>488</b>			<b>124</b>	<b>388</b>			
Desvio padrão				0,21	0,16	0,01	0,85	1,07	0,82	1,20	1,17	0,85	0,00	
Coef. de variação				3%	5%	3%	2%	3%	5%	10%	3%	2%	0%	
<b>Bt<sub>2</sub> 1</b>	40 - 80	100	20	4,27	1,88	0,56	30,75	21,35	9,4	14,25	55	69,25	100	Argila
<b>Bt<sub>2</sub> 2</b>	40 - 80	100	20	4,16	1,81	0,57	29,85	20,8	9,05	14,15	56	70,15	100	Argila
<b>Bt<sub>2</sub> 4</b>	40 - 80	100	20	3,54	2,1	0,59	28,2	17,7	10,5	13,8	58	71,8	100	Argila
<b>Bt<sub>2</sub> 5</b>	40 - 80	100	20	4,07	1,96	0,57	30,15	20,35	9,8	13,85	56	69,85	100	Argila
<b>Média Bt<sub>2</sub></b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>4,01</b>	<b>1,94</b>	<b>0,57</b>	<b>29,74</b>	<b>20,05</b>	<b>9,69</b>	<b>14,01</b>	<b>56,25</b>	<b>70,26</b>	<b>100</b>	<b>Argila</b>
<b>Média Bt<sub>2</sub> g.kg<sup>-1</sup></b>							<b>297</b>			<b>140</b>	<b>563</b>			
Desvio padrão				0,28	0,11	0,01	0,94	1,40	0,54	0,19	1,09	0,94	0,00	
Coef. de variação				7%	6%	2%	3%	7%	6%	1%	2%	1%	0%	
<b>C 1</b>	80 - 120	100	20	4,56	2,87	0,4	37,15	22,8	14,35	23,85	39	62,85	100	Francoargilosa
<b>C 2</b>	80 - 120	100	20	4,79	2,66	0,39	37,25	23,95	13,3	24,75	38	62,75	100	Francoargilosa
<b>C 3</b>	80 - 120	100	20	3,74	1,79	0,41	27,65	18,7	8,95	32,35	40	72,35	100	Francoargilosa / Argila
<b>C 4</b>	80 - 120	100	20	4,53	3,25	0,41	38,9	22,65	16,25	21,1	40	61,1	100	Francoargilosa / Argila
<b>Média C</b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>4,41</b>	<b>2,64</b>	<b>0,40</b>	<b>35,24</b>	<b>22,03</b>	<b>13,21</b>	<b>25,51</b>	<b>39,25</b>	<b>64,76</b>	<b>100</b>	<b>Francoargilosa</b>
<b>Média C g.kg<sup>-1</sup></b>							<b>352</b>			<b>256</b>	<b>392</b>			
Desvio padrão				0,40	0,54	0,01	4,44	1,98	2,68	4,17	0,83	4,44	0,00	
Coef. de variação				9%	20%	2%	13%	9%	20%	16%	2%	7%	0%	

## APÊNDICE E – Granulometria da parcela T2

Amostras	Profundidade (cm)	Peso total (g)	Peso usado (g)	Areia grossa (g)	Areia fina (g)	Argila (g)	Areia (%)	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Sedimentos Finos	Areia + Sedimentos Finos	Classe Textural
Ap 1	0 - 30	100	20	9,5	4,36	0,15	69,3	47,5	21,8	16,7	14	30,7	100	Francoarenosa
Ap 2	0 - 30	100	20	9,21	4,76	0,17	70,3	46,05	23,8	13,7	16	29,7	100	Francoarenosa
Ap 3	0 - 30	100	20	9,97	4,39	0,15	71,8	49,85	21,95	14,2	14	28,2	100	Francoarenosa
Ap 4	0 - 30	100	20	10,09	4,21	0,18	71,5	50,45	21,05	11,5	17	28,5	100	Francoarenosa
Ap 5	0 - 30	100	20	10,06	4,26	0,15	71,6	50,3	21,3	14,4	14	28,4	100	Francoarenosa
<b>Média Ap</b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>9,77</b>	<b>4,40</b>	<b>0,16</b>	<b>70,90</b>	<b>48,83</b>	<b>21,98</b>	<b>14,10</b>	<b>15,00</b>	<b>29,10</b>	<b>100</b>	<b>Francoarenosa</b>
<b>Média Ap g.kg<sup>-1</sup></b>							<b>709</b>			<b>141</b>	<b>150</b>			
<b>Desvio padrão</b>				<b>0,35</b>	<b>0,19</b>	<b>0,01</b>	<b>0,96</b>	<b>1,75</b>	<b>0,97</b>	<b>1,66</b>	<b>1,26</b>	<b>0,96</b>	<b>0,00</b>	
<b>Coef. de variação</b>				4%	4%	8%	1%	4%	4%	12%	8%	3%	0%	
<b>Bt<sub>1</sub> 1</b>	30 - 40	100	20	8,38	4,56	0,22	64,7	41,9	22,8	14,3	21	35,3	100	Franco-argiloarenosa
<b>Bt<sub>1</sub> 2</b>	31 - 40	100	20	8,19	4,67	0,24	64,3	40,95	23,35	12,7	23	35,7	100	Franco-argiloarenosa
<b>Bt<sub>1</sub> 3</b>	32 - 40	100	20	8,42	4,25	0,23	63,35	42,1	21,25	14,65	22	36,65	100	Franco-argiloarenosa
<b>Bt<sub>1</sub> 4</b>	33 - 40	100	20	8,27	4,63	0,23	64,5	41,35	23,15	13,5	22	35,5	100	Franco-argiloarenosa
<b>Bt<sub>1</sub> 5</b>	34 - 40	100	20	8,17	4,56	0,24	63,65	40,85	22,8	13,55	23	36,55	100	Franco-argiloarenosa
<b>Média Bt<sub>1</sub></b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>8,29</b>	<b>4,53</b>	<b>0,23</b>	<b>64,10</b>	<b>41,43</b>	<b>22,67</b>	<b>13,74</b>	<b>22,20</b>	<b>35,90</b>	<b>100</b>	<b>Franco-argiloarenosa</b>
<b>Média Bt<sub>1</sub> g.kg<sup>-1</sup></b>							<b>641</b>			<b>137</b>	<b>222</b>			
<b>Desvio padrão</b>				<b>0,10</b>	<b>0,15</b>	<b>0,01</b>	<b>0,51</b>	<b>0,50</b>	<b>0,74</b>	<b>0,68</b>	<b>0,75</b>	<b>0,55</b>	<b>0,00</b>	
<b>Coef. de variação</b>				1%	3%	3%	1%	1%	3%	5%	3%	2%	0	
<b>Bt<sub>2</sub> 1</b>	40 - 80	100	20	3,27	1,13	0,65	22	16,35	5,65	14	64	78	100	Muito argilosa
<b>Bt<sub>2</sub> 2</b>	40 - 80	100	20	3,27	1,08	0,71	21,75	16,35	5,4	8,25	70	78,25	100	Muito argilosa
<b>Bt<sub>2</sub> 3</b>	40 - 80	100	20	3,55	1,13	0,67	23,4	17,75	5,65	10,6	66	76,6	100	Muito argilosa
<b>Bt<sub>2</sub> 4</b>	40 - 80	100	20	3,38	1,12	0,66	22,5	16,9	5,6	12,5	65	77,5	100	Muito argilosa
<b>Bt<sub>2</sub> 5</b>	40 - 80	100	20	3,21	1,23	0,68	22,2	16,05	6,15	10,8	67	77,8	100	Muito argilosa
<b>Média Bt<sub>2</sub></b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>3,34</b>	<b>1,14</b>	<b>0,67</b>	<b>22,37</b>	<b>16,68</b>	<b>5,69</b>	<b>11,23</b>	<b>66,4</b>	<b>77,63</b>	<b>100</b>	<b>Muito argilosa</b>
<b>Média Bt<sub>2</sub> g.kg<sup>-1</sup></b>							<b>224</b>			<b>112</b>	<b>664</b>			
<b>Desvio padrão</b>				<b>0,12</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,57</b>	<b>0,60</b>	<b>0,25</b>	<b>1,94</b>	<b>2,06</b>	<b>0,57</b>	<b>0,00</b>	
<b>Coef. de variação</b>				4%	4%	3%	3%	4%	4%	17%	3%	1%	0%	
<b>C 1</b>	80 - 120	100	20	4,36	2,75	0,43	35,55	21,8	13,75	22,45	42	64,45	100	Argila
<b>C 2</b>	80 - 120	100	20	4,49	2,3	0,4	33,95	22,45	11,5	27,05	39	66,05	100	Francoargilosa
<b>C 3</b>	80 - 120	100	20	4,78	2,09	0,39	34,35	119,5	10,45	27,65	38	65,65	100	Francoargilosa
<b>C 4</b>	80 - 120	100	20	4,67	2,27	0,39	34,7	23,35	11,35	27,3	38	65,3	100	Francoargilosa
<b>C 5</b>	80 - 120	100	20	4,77	2,19	0,42	34,8	23,85	10,95	24,2	41	65,2	100	Argila
<b>Média C</b>		<b>100</b>	<b>20</b>	<b>4,61</b>	<b>2,32</b>	<b>0,41</b>	<b>34,67</b>	<b>42,19</b>	<b>11,60</b>	<b>25,73</b>	<b>39,60</b>	<b>65,33</b>	<b>100</b>	<b>Francoargilosa</b>
<b>Média C g.kg<sup>-1</sup></b>							<b>347</b>			<b>257</b>	<b>396</b>			
<b>Desvio padrão</b>				<b>0,16</b>	<b>0,23</b>	<b>0,02</b>	<b>0,53</b>	<b>38,66</b>	<b>1,13</b>	<b>2,05</b>	<b>1,62</b>	<b>0,53</b>	<b>0,00</b>	
<b>Coef. de variação</b>				4%	10%	4%	2%	92%	10%	8%	4%	1%	0%	

APÊNDICE F – Porosidade total e densidade do solo – Parcela T0

Parcela	Profundidade (cm)	N° do Anel utilizado	Altura da amostra	Volume total da amostra	Peso saturado (g)	Peso seco Pós estufa (g)	Peso do Anel + elástico e mourin (g)	Massa seca	Porosidade total (%)	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )
T0	20	1	4,8	94,248	222,75	191,35	61,23	130,12	33,3	1,38
	20	4	4,8	94,248	230,52	197,33	67,69	129,64	35,2	1,38
	20	13	5,2	102,102	259,82	220,53	66,44	154,09	38,5	1,5
	<b>Média</b>								<b>35,7</b>	<b>1,42</b>
	<b>Desvio Padrão</b>								<b>2,15</b>	<b>0,06</b>
	<b>Coef. de Variação</b>								<b>6%</b>	<b>4%</b>
	30	12	4,8	94,248	221,88	182,17	61,87	120,3	42,1	1,28
	30	13	4,8	94,248	235,34	200,68	66,99	133,69	37,8	1,42
	30	14	4,8	94,248	237,97	205,24	67,11	138,13	34,7	1,47
	<b>Média</b>								<b>38,2</b>	<b>1,39</b>
	<b>Desvio Padrão</b>								<b>3,03</b>	<b>0,08</b>
	<b>Coef. de Variação</b>								<b>8%</b>	<b>6%</b>
	80	26	5,2	102,102	254,33	222,63	67,13	155,5	31	1,52
	80	28	5,2	102,102	257,81	221,93	67,84	154,09	35,1	1,51
	80	32	5,2	102,102	252,87	221,65	66,29	155,36	34,3	1,52
	<b>Média</b>								<b>33,5</b>	<b>1,52</b>
	<b>Desvio Padrão</b>								<b>1,77</b>	<b>0,00</b>
	<b>Coef. de Variação</b>								<b>5%</b>	<b>0%</b>

APÊNDICE G – Porosidade total e densidade do solo – Parcela T1



Parcela	Profundidade (cm)	N° do Anel utilizado	Altura da amostra	Volume total da amostra	Peso saturado (g)	Peso seco Pós estufa (g)	Peso do Anel + elástico e mourin (g)	Massa seca	Porosidade total (%)	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )
T1	20	16	5,2	102,102	242,14	208,31	60,08	148,23	33,1	1,45
	20	17	5,2	102,102	244,78	209,59	68,81	140,78	34,5	1,38
	20	21	5,2	102,102	244,19	212,10	68,70	143,40	31,4	1,40
	<b>Média</b>								<b>33,0</b>	<b>1,41</b>
	<b>Desvio Padrão</b>								<b>1,27</b>	<b>0,03</b>
	<b>Coef. de Variação</b>								<b>4%</b>	<b>2%</b>
	30	1	4,8	94,248	261,68	221,56	70,43	151,13	42,6	1,6
	30	4	5	98,175	266,39	234,17	70,18	163,99	32,8	1,67
	30	9	5	98,175	268,07	229,28	67,52	161,76	39,5	1,64
	<b>Média</b>								<b>38,3</b>	<b>1,64</b>
	<b>Desvio Padrão</b>								<b>4,09</b>	<b>0,03</b>
	<b>Coef. de Variação</b>								<b>11%</b>	<b>2%</b>
	80	40	4,7	92,2845	253,86	222,19	68,12	154,07	34,3	1,66
	80	126	4,9	96,2115	252,064	217,06	63,56	153,5	36,4	1,59
	80	72	4,9	96,2115	248,22	216,1	63,85	152,25	33,4	1,58
	<b>Média</b>								<b>34,7</b>	<b>1,61</b>
<b>Desvio Padrão</b>								<b>1,26</b>	<b>0,04</b>	
<b>Coef. de Variação</b>								<b>4%</b>	<b>2%</b>	

APÊNDICE H – Porosidade total e densidade do solo – Parcela T2

Parcela	Profundidade (cm)	N° do Anel utilizado	Altura da amostra	Volume total da amostra	Peso saturado (g)	Peso seco Pós estufa (g)	Peso do Anel + elástico e mourin (g)	Massa seca	Porosidade Total (%)	Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )
T2	20	40	4,9	96,2115	244,36	207,8	66,94	140,86	38	1,46
	20	41	4,9	96,2115	240,24	206,81	64,07	142,74	34,7	1,48
	20	72	5,2	102,102	243,55	203,19	62,09	141,10	39,5	1,38
	<b>Média</b>								<b>37,4</b>	<b>1,44</b>
	<b>Desvio Padrão</b>								<b>2,00</b>	<b>0,04</b>
	<b>Coef. de Variação</b>								<b>5%</b>	<b>3%</b>
	30	34	4,9	96,2115	264,9	229,81	66,03	163,78	36,5	1,7
	30	204	4,9	96,2115	270,22	230,72	64,48	166,24	41,1	1,72
	30	207	5	98,175	270,63	229,7	66,53	163,17	41,7	1,66
	<b>Média</b>								<b>39,8</b>	<b>1,69</b>
	<b>Desvio Padrão</b>								<b>2,32</b>	<b>0,02</b>
	<b>Coef. de Variação</b>								<b>6%</b>	<b>1%</b>
	80	7	4,8	94,248	245,78	213,22	68,31	144,91	34,5	1,53
	80	13	5	98,175	253,4	219,27	67,84	151,43	34,8	1,54
	80	17	4,8	94,248	244,86	207,86	70,44	137,42	39,3	1,45
	<b>Média</b>								<b>36,2</b>	<b>1,5</b>
	<b>Desvio Padrão</b>								<b>2,20</b>	<b>0,04</b>
	<b>Coef. de Variação</b>								<b>6%</b>	<b>3%</b>



APÊNDICE I – Resultados das análises químicas – Amostras de 2019

 Departamento de Solos		<b>LABFER</b> Laboratório de análise de solo, planta e resíduos BR 465, km 7 - 23890-000 Seropédica RJ Tel/Fax: ++55 21 3787-3772											 FAPUR <small>FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA ORÇAMENTAL E TECNOLÓGICA DA UFRRJ</small> <small>E 172 DE AVALIAMENTO DE POLÍTICAS DE INVESTIMENTO</small>					
Nome: Ana Valéria Lorhan		Telefone:											Fax:					
Propriedade:		email: anabertolino@uol.com.br											Data entrada: 13/02/20					
Endereço/Referência:		R\$ 450,00																
Cultura(s):																		
Amostra:																		
Resultados de análises químicas - Rotina de FERTILIDADE DO SOLO																		
Identificação do usuário	Profund. (cm)	Nº Labfer	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	m	n	pH <sub>agua</sub> 1:2,5	Org %	P mg/L	K mg/L	
			-----			Cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup>			-----			%				-----		
T0 - Ap	0-30	28	0,052	2,0	1,0	0,05	4,1	3,9	3,10	7,23	43	56	1	4,4	0,40	25	20	
T0 - Bt1	30-40	29	0,066	1,5	1,7	0,04	8,2	5,5	3,31	11,56	29	62	1	4,2	0,53	22	16	
T0 - Bt2	40-80	30	0,099	0,5	2,1	0,04	10,7	4,8	2,74	13,42	20	64	1	4,0	0,36	22	16	
T0 - C	80-120	31	0,146	0,5	2,3	0,05	10,9	5,3	2,99	13,87	22	64	1	4,5	0,18	23	19	
T1 - Ap	0-30	32	0,164	3,3	1,5	0,17	2,4	0,0	5,14	7,58	68	0	2	5,5	0,64	42	68	
T1 - Bt1	30-40	33	0,155	2,2	1,8	0,07	6,0	1,3	4,23	10,22	41	24	2	4,6	0,43	30	28	
T1 - Bt2	40-80	34	0,775	0,6	3,2	0,05	11,2	5,0	4,63	15,88	29	52	5	4,8	0,32	23	21	
T1 - C	80-120	35	0,207	0,5	4,3	0,08	10,5	6,0	5,09	15,58	33	54	1	5,0	0,26	23	31	
T2 - Ap	0-30	36	0,085	3,7	1,3	0,13	3,2	2,3	5,22	8,40	62	31	1	5,5	0,91	96	52	
T2 - Bt1	30-40	37	0,066	2,5	1,5	0,07	4,1	0,3	4,14	8,26	50	7	1	5,2	0,53	25	28	

m - saturação por Al  
 n - saturação por Na  
 Extratores: KCl, Mehlich e Acetato de Cálcio  
 Cmol<sub>c</sub> / dm<sup>3</sup> = meq / 100 ml de TFSA  
 mg/kg = ppm

Responsável: \_\_\_\_\_

19/07/2021  
Pag. 1/2



**LABFER**  
Laboratório de análise de solo, planta e resíduos  
BR 465, km 7 - 23890-000 Seropédica RJ  
Tel/Fax: ++55 21 3787-3772



Nome: Ana Valéria Lorhan  
Propriedade:  
Endereço/Referência:  
Cultura(s):  
Amostra:

Telefone:  
Fax:  
email: anabertolino@uol.com.br  
Data entrada: 13/02/20  
R\$ 450,00

Resultados de análises químicas - Rotina de FERTILIDADE DO SOLO																	
Identificação do usuário	Profund. (cm)	Nº Labfer	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	m	n	pH <sub>água</sub> 1:2,5	Corg %	P mg/L	K mg/L
			Cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup>							%							
T2 - Bt2	40-80	38	0,244	1,0	2,0	0,05	11,6	4,0	3,29	14,91	22	55	2	4,4	0,41	24	19
T2 - C	80-120	39	0,3382	0,3	1,9	0,05	11,1	4,5	2,59	13,65	19	63	2	4,6	0,14	23	21
Sem Cobertura	0-10	40	0,015	1,5	1,2	0,70	12,9	1,8	3,42	16,35	21	34	0	4,0	1,19	21	274
Pousio	0-10	41	0,020	1,7	1,2	0,04	10,7	1,7	2,96	13,64	22	37	0	3,9	1,66	19	14
Mata	0-10	42	0,035	7,0	3,0	1,57	8,4	0,1	11,60	20,04	58	1	0	5,3	5,30	26	611

Responsável: \_\_\_\_\_

m - saturação por Al  
n - saturação por Na  
Extratores: KCl, Mehlich e Acetato de Cálcio  
Cmol<sub>c</sub> / dm<sup>3</sup> = meq / 100 ml de TFSA  
mg/kg = ppm

19/07/2021  
Pag. 2/2

APÊNDICE J – Resultados das análises químicas – Igreja Junior (2015)

UFRuralRJ Departamento de Solos		LABFER Laboratório de análise de solo, planta e resíduos BR 465, km 7 - 23890-000 Seropédica RJ Tel/Fax: ++55 21 3787-3772											FAPUR FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UFRJ CNPJ 01.810.666/0001-10 - INSCRIÇÃO MUNICIPAL: 32				
Nome: <b>Ana Valéria Bertolino</b>		Endereço/Referência: 732-746 FEN São Gonçalo; 747-764 São Pedro da Serra - Friburgo											Telefone: Fax: email: Data entrada: 10/06/14 R\$ 495,00				
Cultura(s):		Resultados de análises químicas - Rotina de FERTILIDADE DO SOLO															
Identificação do usuário	Profund. (cm)	Nº Labfer	Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	V	m	n	pH <sub>água</sub> 1:2,5	Corg %	P mg/L	K
			Cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup>									%					
P1 - Lucía AP	0-30	732	0,067	2,0	1,4	0,09	2,3	0,0	3,55	5,85	61	0	1	6,4	1,34	20	34
P1 - Lucía BA	30-40	733	0,101	1,4	1,1	0,03	7,3	2,1	2,63	9,93	27	44,357	1	5,1	0,92	18	13
P1 - Lucía Bt	40-80	734	0,252	1,3	1,2	0,02	8,2	3,7	2,78	10,98	25	57,142	2	5,2	0,56	18	9
P1 - Lucía C	80-200	735	0,392	1,7	1,0	0,02	7,0	3,6	3,12	10,12	31	53,611	4	5,3	0,23	19	9
Fertil - T0	0-20	736	0,078	2,6	1,0	0,32	2,0	0,0	4,00	6,00	67	0	1	6,2	1,21	38	124
Fertil - T0	20-40	737	0,157	1,6	1,0	0,07	4,5	0,7	2,83	7,33	39	19,837	2	5,1	0,82	22	28
Fertil - T1	0-20	738	0,067	2,6	1,6	0,32	1,2	0,0	4,58	5,78	79	0	1	6,8	1,52	43	124
Fertil - T1	20-40	739	0,218	2,2	1,0	0,10	4,0	0,0	3,52	7,52	47	0	3	5,5	1,06	31	39
Fertil - T2	0-20	740	0,073	2,9	0,9	0,17	1,5	0,0	4,04	5,54	73	0	1	6,4	1,20	47	66
Fertil - T2	20-40	741	0,162	1,7	1,2	0,07	3,9	0,4	3,13	7,03	45	11,319	2	5,2	0,91	31	28

m - saturação por Al  
 n - saturação por Na  
 Extratores: KCl, Mehlich e Acetato de Cálcio  
 Cmol<sub>c</sub> / dm<sup>3</sup> = meq / 100 ml de TFSA  
 mg/kg = ppm

Responsável: \_\_\_\_\_

19/07/2021  
Pag. 1/4

APÊNDICE K – Dados do monitoramento pluviométrico e da temperatura do solo

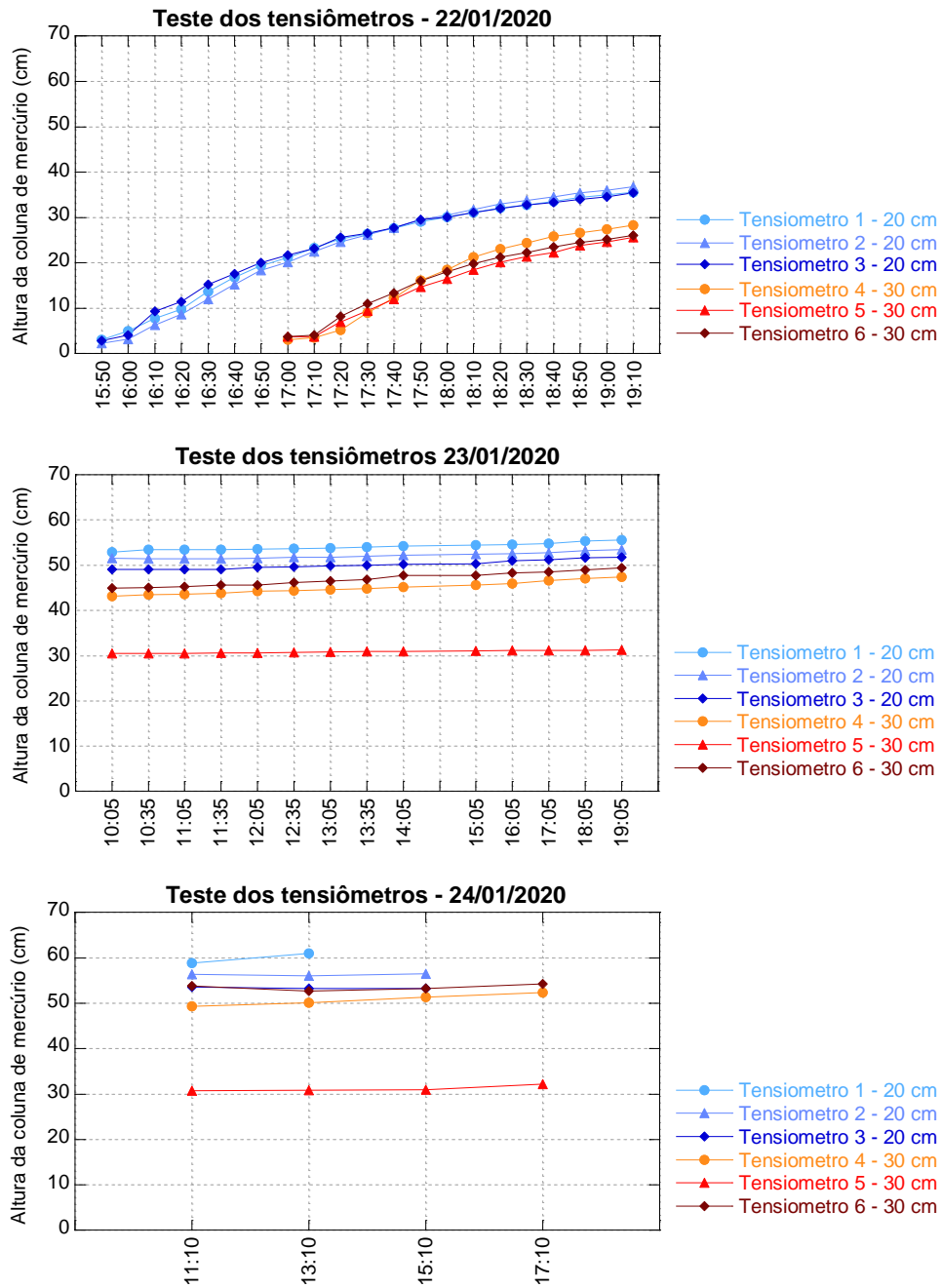
Dia	Novembro 2019		Dezembro 2019		Janeiro 2020		Fevereiro 2020		Março 2020		Abril 2020	
	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)
1			0	27,6	0	29,6	0	28,4	37,3	23,4	0	25
2			0	28	0	29,4	0	28,6	27,3	24,2	0	25
3			0	26,8	7,6	28	27,9	28,4	24,8	5,9	0	27,4
4			0	26,8	27,8		20,3	28	9,9	24,8	1,2	26,6
5			0	28,2	6,8	27,4	0,2	27,6	0,7	24,4	0	
6			19,5	27,8	6,6	27,4	6,4	27	0	25,6	0	26,6
7			2,1	25,2	0	27,8			0	24,8	0	27,2
8			0	26	22,4	28,4	0	28,6	0	25,4	0	26
9			0	26,6	29,7	27,8	0	27	0	25,2	16,6	24,4
10			1,2	28,2	0	30	0	28,6	0	25,4	6,5	23,8
11			6,2	26,2	0	29,8	31,8	27,8	0	26,8	0	24
12	14,7	26	0	26,4	0	29,6	36,2	25,6	0	26,8	0	23
13	0	25,9	13,5	26,6	125,8	27,8	22,8	25	0	28	0	22,8
14	0	26	0	27,4	11,9	26,8	0	25,4	0	28,4	0	23,2
15	6	26,1	0	27,8	0	26,2	0	26,2	0	27,6	0	24,6
16	1	24	0	28,2	0	28,2	0	27,8	0	28,4	2	25,2
17	0	24	0	29,4	0	26	2,4	27,4	0	29	0,5	24,8
18	0,6	24,4	7,6	30,4	4,4	25	0	27,6	0	29	0	23
19	0	24,4	0	28,8	1,3	25,2	0	28,2	0	28,6	0	23
20	0,5	24,6	0	27,6	0	26	0	29,4	0	29	0	23,8
21	0	25,8	27	28	0	25	0	29,8	52,8	27,6	0	23,6
22	0	26,8	29,5	28	0	25,2	15,4	25,8	11,3	24,8	0	23,9
23	0	26,6	1,2	26,6	0	25	11,2	25,8	1,9	25,4	0	24,2
24	21,8	26,2	0	25,6	9,9	25,2	0	26	0	24,6	0	24,6
25	0	24,4	0	26,2	1,5	25,2	2,4	27,2	0	24,2	0	24,3
26	0	25,8	0	27,2	0	25,6	12,2	27,6	0	24,4	0	24,4
27	0	28,2	0	28	0	26	3,3	25,6	0	25,2	0	24,8
28	0	25,2	0	28	0	26,6	12,9	25	0	26,4	0	24,2
29	12,7	25,2	0	28,4	0	27,8	2		0	27,6	0	24,8
30	0	26,4	0	28	1,9	28			6,5	28,4	0	24,4
31			0	29,2	2,3	28,2			0	25,4		
<b>Total</b>	<b>57,3</b>		<b>107,8</b>		<b>259,9</b>		<b>207,4</b>		<b>172,5</b>		<b>26,8</b>	

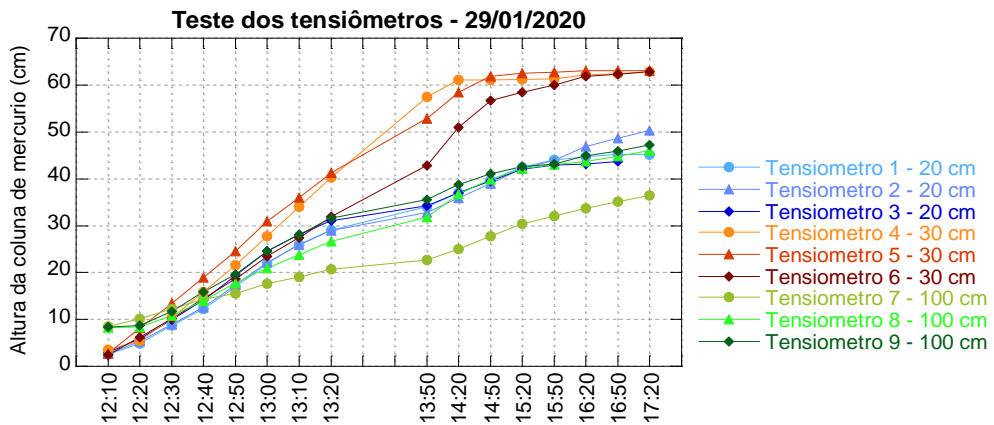
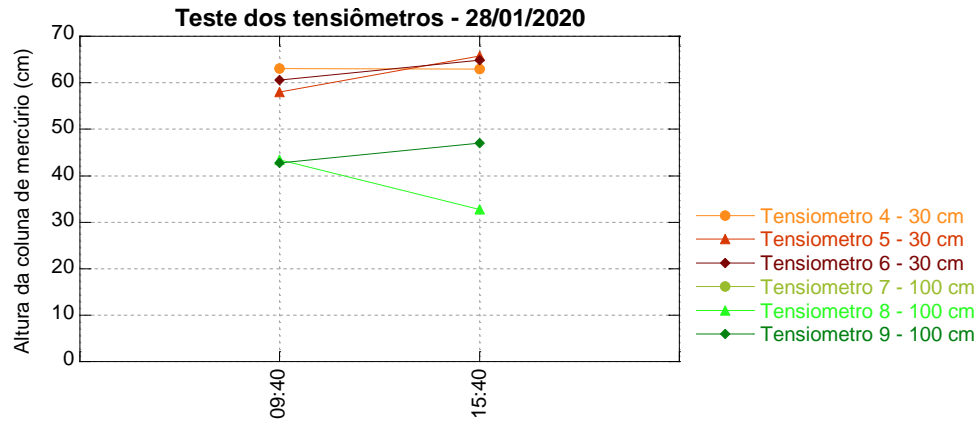
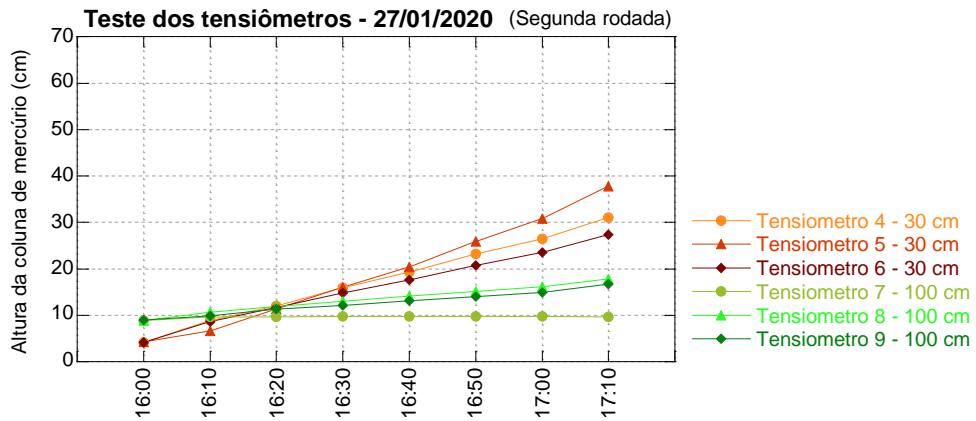
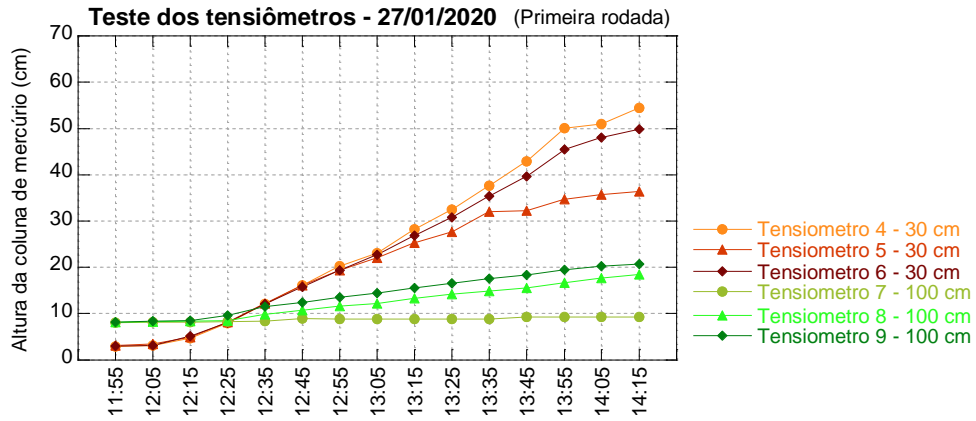
Dia	Maio 2020		Junho 2020		Julho 2020		Agosto 2020		Setembro 2020		Outubro 2020	
	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)	Chuva (mm)	Temp. do solo 21 cm (°C)
1	0	24,6	0	20	0	22,2	0	21,2	0	24,2	0	
2	0	25	0	20	0	22,6	0	20,8	0	24,8	0	
3	3	24,4	0	20,4	0	22,2	0	19,2	0	24,2	0	
4	9,6	21,6	0	22,8	0	21,8	0	19,6	0	25	1,2	
5	0	21,6	0	23	0	21,6	0	19,8	0	25,4	0	
6	0	28,8	0	23,8	0	21,4	0	20	0	25,6	0	
7	9,2	23	0	23,6	0	22	0	21,2	0	25,8	0	
8	15,5	21	0	23,2	0	22,6	0	22	0	26	0	
9	0	20,2	0	24	0	22,2	0	22	0	26,8	2,9	
10	0	20,4	0	24,6	0	22,6	0	22,8	0	26	0	
11	0	20,6	0	23,8	0	21	0	23	0	26	0	
12	0	20,6	0	24,6	0	22,2	0	23,6	0	26,2	9,1	
13	0	21,4	0	25	0	23	0	24,2	0	26,2		
14	31,8	22,4	0	25,6	0	23,6	0	24,4	0	27		
15	2,9	22,2	6,7	23,2	25,1	21,8	0	25,2	0	26,4		
16	0	22	0	22	0	20,2	0	25,4	0	26,4		
17	0	21,8	0	21,2	0	18,8	0		0	26,8		
18	0	22,6	0	21	0	20,2	0	24,8	0	27,6		
19	0	22,8	0	21,6	0	20,4	0	25,4	0	28,2		
20	0	22,4	0	21,8	0	20,6	2,8	26,2	0	27,6		
21	0	22,2	0	23,2	0	21,4	28,3	22,2	13,5	24,8		
22	0	22,4	0	22,8	0	22	57,3	20	17,9	23,8		
23	0	22,8	0	22,8	0	22,2	17,9	17,9	47,1	22		
24	0	24	0	21,8	0	22,4	0	19	0	22,4		
25	20,7	22,4	0	21,8	0	22,8	1,5	19,6	0	23,8		
26	0	21	0	22,8	0	23	0	19,6	0	24,6		
27	0	20	0	22,8	0	23,2	0	19,5	0	25,4		
28	0	20	0	22,8	0	23,6	0	21	0	26,6		
29	0	19,4	3	22,2	0	23,8	0	22,4	4,6	26,6		
30	0	19,8	0	22,2	10,1	23	0	23,4	0	25,4		
31	0	20,2			6,4	21	0	24,6				
<b>Total</b>	<b>92,7</b>		<b>9,7</b>		<b>41,6</b>		<b>107,8</b>		<b>83,1</b>		<b>13,2</b>	

**APÊNDICE L** – Síntese das atividades e observações referentes aos testes dos tensiômetros realizados em laboratório

<b>Data</b>	<b>Resumo da atividade</b>
22/01/20	Início dos testes. O monitoramento começou com os instrumentos de 20 cm (tensiômetros 1, 2 e 3) e pouco depois com os de 30 cm (4, 5 e 6). Trabalhou-se com intervalos de 10 min.
23/01/20	Continuou-se o monitoramento a partir do dia anterior, sem fluxagem. Trabalhou-se com intervalos de 30min e depois de 1h. O tensiômetro 5 apresentou menor altura da coluna de mercúrio, em comparação com os tensiômetros 4 e 6.
24/01/20	Continuou-se o monitoramento a partir das respostas do dia anterior, sem fluxagem. Trabalhou-se com intervalos de 2h. O tensiômetro 5 continuou com altura inferior aos instrumentos 4 e 6.
27/01/20	Todos os instrumentos foram submetidos a uma fluxagem e em seguida teve início o monitoramento. Continuou-se testando os tensiômetros de 30 cm e se iniciou os testes dos instrumentos de 100 cm. O tensiômetro 5 apresentou altura da coluna de mercúrio inferior aos instrumentos 4 e 6. Foi substituído. O tensiômetro 7 (100 cm) ficou com altura da coluna de mercúrio abaixo dos demais de 100 cm, mas foi mantido para nova rodada de monitoramento. Na segunda rodada o novo tensiômetro 5 apresentou melhor resposta. Já o tensiômetro 7 continuou apresentando altura da coluna de mercúrio menor que os demais de 100 cm.
28/01/20	Acompanhou-se a resposta do dia anterior, não houve fluxagem. Foram feitas duas repetições com intervalos de 6 horas. A coluna de mercúrio do tensiômetro 7 quebrou.
29/01/20	Monitoramento simultâneo com os nove instrumentos. Trabalhou-se com intervalos de 10 e de 30 min. Após as repetições de 10 min a altura da coluna de mercúrio do tensiômetro 6 (30 cm) ficou abaixo dos outros de 30 cm, mas com os intervalos de 30 min a resposta se igualou. O tensiômetro 7 ficou com a coluna de mercúrio abaixo dos demais de 100 cm nos dois intervalos. Observou-se a necessidade de substituí-lo. Foram produzidos 2 novos instrumentos de 100 cm.
30/01/20	Todos os instrumentos foram submetidos a uma fluxagem e em seguida iniciou-se o monitoramento. O tensiômetro 7 permaneceu abaixo dos demais de 100 cm no fim do dia.
31/01/20	Acompanhou-se a resposta do dia anterior, não houve fluxagem. Monitoramento com intervalo de 2 horas. Foi certificada a necessidade de substituir o tensiômetro 7.
03/02/20	Todos os instrumentos foram submetidos a uma fluxagem e em seguida iniciou-se o monitoramento. Trabalhou-se com intervalos de 10 e 30 min. Foi testado o novo tensiômetro 7, contudo continuou com altura da coluna de mercúrio inferior, quando comparado com os outros de 100 cm. Tendo em vista a necessidade de dar início ao monitoramento no campo optou-se por instalar este mesmo instrumento. Neste dia, no intervalo de 30 min a altura da coluna de mercúrio do tensiômetro 2 manteve-se abaixo dos instrumentos 1 e 3 contudo esta diferença mais acentuada ocorreu apenas neste dia.

## APÊNDICE M – Resultados dos testes dos tensiômetros em laboratório









APÊNDICE N – Dados diários dos potenciais matriciais obtidos nas parcelas T0, T1 e T2 na EEPE/AFEN

Data	Chuva	Temp. do solo (°C)	Parcela T0			Parcela T1			Parcela T2		
			20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm
10/fev	0.0	28.6	-1.82	-1.70		-4.27	-4.40		-5.42	-0.80	
11/fev	31.8	27.8	2.42	2.28		-0.02	1.38		0.62	3.05	
12/fev	36.2	25.6	2.03	2.15		-0.02	1.77		-1.18	1.77	
13/fev	22.8	25.0	1.78	1.90		0.23	1.90		-0.15	2.80	
14/fev	0.0	25.4	1.52	1.38		-1.18	0.48		-1.70	1.25	
15/fev	0.0	26.2	0.49	0.87	7.62	-2.60	-0.68	4.67	-1.95	0.87	
16/fev	0.0	27.8	-0.28	0.48	6.98	-3.11	-0.80	4.80	-2.34	0.22	
17/fev	2.4	27.4	-0.28	-0.42	7.37	-3.37	-0.80	4.92	-2.60	-0.16	
18/fev	0.0	27.6	-0.54	0.22	6.60	-4.14	-1.58	4.41	-2.98	-0.42	
19/fev	0.0	28.2	-1.05	0.61	5.95	-5.04	-2.73	3.90	-4.65	-0.68	
20/fev	0.0	29.4	-1.18	0.48	5.57	-6.07	-3.89	3.38	-12.62	-0.68	
21/fev	0.0	25.8	-1.44		5.05	-8.90	-4.28	2.87			0.94
22/fev	15.4	28.2	-0.67	0.10	4.15	-2.72	-4.28	2.22		-1.96	0.94
23/fev	11.2	25.8	-0.28	-0.16	5.70	-2.47	-0.29	2.74	-14.68	-1.06	1.20
24/fev	0.0	26.0	-1.18	-0.80	6.08	-4.01	-1.70	3.00	-12.88	-1.06	1.58
25/fev	2.4	27.2	-1.18	-1.96	4.80	-4.40	-2.09	2.48	-14.94	-1.96	1.84
26/fev	12.2	27.6	-1.18	-1.32	4.54	-4.40	-3.38	1.84	-22.52	-2.09	2.10
27/fev	3.3	25.6	-1.95	-1.45	3.51	-5.30	-3.25	1.84	-26.64	-2.35	3.12
28/fev	12.9	25.0	-0.41	-0.42	5.70	-2.60	-0.42	3.12	-5.04	0.10	3.12
29/fev	2.0	23.4	0.23	0.22	7.24	-4.01	-0.42	3.51	-2.21	0.22	4.15

Data	Chuva	Temp. do solo (°C)	Parcela T0			Parcela T1			Parcela T2		
			20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm
01/mar	37.3	23.4	0.23	2.80	9.30	-0.28	1.64	5.05	1.78	0.87	10.20
02/mar	27.3	24.2	1.78	1.90	9.42	0.49	1.64	6.98	0.88	2.41	8.40
03/mar	24.8	5.9	1.00	1.51	9.30	-0.28	1.51	7.11	-0.41	1.51	8.40
04/mar	9.9	24.8	1.65	1.51	9.55	0.10	1.51	7.37	-0.54	1.64	8.14
05/mar	0.7	24.4	1.39	1.64	9.04	-0.54	1.77	7.37	-0.80	1.00	7.75
06/mar	0.0	25.6	0.75	-0.29	8.40	-2.08	-0.03	6.85	-1.70	0.48	7.37
07/mar	0.0	24.8	-0.67	0.74	7.62	-2.72	-0.80	6.08	-1.82	-0.29	7.75
08/mar	0.0	25.4	-0.15	0.35	7.37	-2.85	-1.06	5.57	-2.34	-0.42	7.24
09/mar	0.0	25.2	-1.57	-0.42	6.85	-3.62	-1.32	5.05	-2.85	-1.96	6.21
10/mar	0.0	25.4	-1.70	-0.42	6.34	-4.01	-1.83	4.28	-2.85	-0.80	6.85
11/mar	0.0	26.8	-1.05	-0.80	6.47	-4.65		3.90	-1.57	-1.32	6.85
12/mar	0.0	26.8	-1.57	-1.06	5.44	-5.68	-0.55	3.12	-6.20	-1.45	6.72
13/mar	0.0	28.0	-1.70	-1.70	5.70	-7.87	-4.02	2.48	-11.85	-1.96	6.72
14/mar	0.0	28.4	-1.82	-1.83	5.05	-15.07	-5.95	1.97	-29.47	-2.35	6.60
15/mar	0.0	27.6	-1.82	-1.83	5.05	-14.68		1.84		-2.35	5.18
16/mar	0.0	28.4	-1.95	-1.96	6.21	-26.00	-7.62	1.84	-38.72	-1.06	4.15
17/mar	0.0	29.0	-2.98	-2.09	2.87	-28.18		1.32		-4.66	5.82
18/mar	0.0	29.0	-2.34	-2.09	4.80	-36.80	-8.52	1.32	-40.40	-4.79	5.82
19/mar	0.0	28.6	-1.44	-2.09	4.41		-2.73	0.94		-6.20	5.31
20/mar	0.0	29.0	-2.98	-2.09	3.90	-58.52		0.81		-9.55	5.44
21/mar	52.8	27.6	0.75	1.25	7.24	-1.70	1.64	6.08	-2.21	1.90	8.01
22/mar	11.3	24.8	0.75	0.87	8.78	-0.92	1.51	6.72	-3.11	1.51	7.75
23/mar	1.9	25.4	1.78	2.02	10.45	-1.18	1.51	7.11	-3.24	0.35	7.37
24/mar	0.0	24.6	0.62	1.38	8.52	-3.24	-0.42	6.08	-3.24	-0.03	7.11
25/mar	0.0	24.2	-2.21	-0.03	8.27	-3.37	-0.42	5.31	-2.34	0.10	7.37
26/mar	0.0	24.4	-3.11	-1.06	6.98	-4.40	-0.42	4.80	-1.44	0.22	8.40
27/mar	0.0	25.2	-0.15	-0.16	8.01	-5.30	-1.06	4.28	0.62	-1.19	7.37
28/mar	0.0	26.4	-0.67	-0.16	7.88	-6.07	-1.32	3.51	-9.54	-1.45	6.98
29/mar	0.0	27.6	-1.05	-0.42	7.75	-7.87	-1.96	3.00	-12.62	-2.09	6.47
30/mar	6.5	28.4	-0.54	-0.68	5.44	-8.12	-2.35	2.61	-10.44	-2.35	6.72
31/mar	0.0	25.4	-2.08	-0.29	6.47	-9.54	-2.09	2.10	-11.98	-2.09	6.47

Data	Chuva	Temp. do solo (°C)	Parcela T0			Parcela T1			Parcela T2		
			20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm
01/abr	0.0	25.0	-1.82	-0.55	6.72	-9.92	-1.83	1.84	-20.47	-2.22	6.21
02/abr	0.0	25.0	-1.57	-0.68	6.72	-12.37	-1.70	1.58	-26.12	-2.35	6.08
03/abr	0.0	27.4	-1.57	-0.42	7.62	-15.71	-1.70	1.71	-50.94	-2.35	
04/abr	1.2	26.6	-2.08	-0.55	5.31	-26.00	-3.25	1.32		-5.82	5.95
05/abr	0.0		-2.21	-0.55	5.18	-26.64	-2.60	1.20	-37.70	-5.56	5.95
06/abr	0.0	26.6	-2.47	-0.80	5.18	-29.72	-2.73	0.94		-5.43	6.08
07/abr	0.0	27.2	-1.44	-0.68	4.80	-28.70	-5.95	0.17	-30.62	-7.49	5.44
08/abr	0.0	26.0	-0.41	-0.42	2.61	-55.44	-1.96	-0.35	-45.80	-9.03	5.18
09/abr	16.6	24.4	-1.05	-1.45	3.90	-30.11	-1.32	-0.09	-27.80	-7.88	4.80
10/abr	6.5	23.8	-1.82	-1.58	4.67	-18.41	-1.06	-0.09	-23.94	-5.95	5.05
11/abr	0.0	24.0	-1.31	-1.70	4.02	-17.25	-1.96	0.30	-25.87	-6.72	4.54
12/abr	0.0	23.0	-1.95	-1.45	4.80	-14.30	-1.83	0.42	-17.51	-5.56	4.15
13/abr	0.0	22.8	-2.98	-1.06	5.82	-13.91	-1.83	-0.09	-16.87	-5.30	4.15
14/abr	0.0	23.2	-1.44	2.54	5.18	-19.44	-1.96	-0.22	-23.17	-7.10	4.02
15/abr	0.0	24.6	-1.82	2.54	5.57	-27.67	-1.96	-0.48	-32.04	-7.49	4.28
16/abr	2.0	25.2	-3.62	-0.42	1.84	-34.22	-2.99	-0.99	-43.48	-8.78	4.15
17/abr	0.5	24.8	-3.37		1.58	-33.20	-2.99	-0.86		-8.78	4.02
18/abr	0.0	23.0	-3.24	-0.68	2.87	-29.47	-1.70	-0.22	-14.17	-8.52	3.90
19/abr	0.0	23.0	-3.37	-0.80	2.22	-31.65	-1.70	-0.73	-20.72	-9.29	4.67
20/abr	0.0	23.8	-3.37	-0.55	2.61	-36.15	-1.96	-0.86	-26.90	-10.19	4.28
21/abr	0.0	23.6	-2.72	-0.42	3.77	-41.68	-1.06	-0.73	-28.95	-11.09	3.90
22/abr	0.0	23.9	-2.47	-0.80	3.64	-46.05	-1.19	-0.73	-37.18	-12.50	3.51
23/abr	0.0	24.2	-2.08	-1.32	3.51	-53.12	-1.70	-1.12	-47.21	-14.56	2.48
24/abr	0.0	24.6	-2.21	-0.03	5.31	-57.37	-1.96	-1.38		-17.13	3.51
25/abr	0.0	24.3	-2.34	0.22	5.18	-60.07	-4.28	-1.50	-31.14	-19.32	3.12
26/abr	0.0	24.4	-2.47	0.22	4.92	-64.44	-6.08	-1.63	-46.18		2.87
27/abr	0.0	24.8	-4.01	0.87	1.97	-67.27	-10.06	-2.28			2.48
28/abr	0.0	24.2	-5.68	0.22	1.97	-68.17	-11.35	-2.28	-45.15		2.22
29/abr	0.0	24.8		1.90	3.25	-70.22	-14.18	-2.15			1.97
30/abr	0.0	24.4	-6.58	1.51	3.25	-70.22	-14.18	-2.15			1.45

Data	Chuva	Temp. do solo (°C)	Parcela T0			Parcela T1			Parcela T2		
			20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm
01/mai	0.0	24.6	-6.20	2.80	3.38	-64.70	-16.36	-3.05			1.45
02/mai	0.0	25.0	-6.97	-0.68	3.12	-70.48	-18.68	-2.40			1.45
03/mai	3.0	24.4	-4.14	-0.80	-0.73	-73.05	-0.68	-2.79	-48.11		1.32
04/mai	9.6	21.6	-1.70	-0.29	1.58	-72.41		-2.66			1.58
05/mai	0.0	21.6	-2.34	-0.29	1.84	-71.51	-1.32	-2.40	-44.90		1.45
06/mai	0.0	28.8	-4.14	-1.19	0.81	-69.84	-3.25	-3.05			1.32
07/mai	9.2	23.0	-0.67	1.00	-3.30	-69.45	-0.42	-2.92	-38.34		1.07
08/mai	15.5	21.0	-0.67	0.74	1.71	-5.81	0.22	2.22	-1.57		0.94
09/mai	0.0	20.2	-2.60	0.22	3.51	-4.01	-0.03	0.68	-2.85		0.68
10/mai	0.0	20.4	-2.34	-0.29	2.61	-4.52	-0.55	-0.48	-2.98		1.45
11/mai	0.0	20.6	-1.44	1.00	4.15	-4.14	-0.42	-1.12	-5.68		1.58
12/mai	0.0	20.6	-1.57	0.48	2.87	-4.78	-0.68	-1.38	-3.37		1.45
13/mai	0.0	21.4	-1.82	0.61	2.61	-4.91	-0.29	-1.76	-5.68		1.84
14/mai	31.8	22.4	-2.98	-0.29	-0.86	-5.55	-0.80	-1.38	-5.81		1.71
15/mai	2.9	22.2	-0.28	-1.45	-1.50	-11.08	0.10	2.87	-1.44		1.58
16/mai	0.0	22.0	-0.80	-0.55	1.84	-7.48	0.22	3.38	-1.82		2.61
17/mai	0.0	21.8	-2.21	1.25	4.15	-4.01	-0.16	4.02	-2.21		3.51
18/mai	0.0	22.6	-1.57	0.10	0.94	-4.65	-0.55	3.77	-3.37		3.51
19/mai	0.0	22.8	-1.31	1.00	3.12	-4.52	-0.68	2.87	-3.75		4.15
20/mai	0.0	22.4	-1.44	1.51	2.87	-4.78	-0.68	2.22	-4.40		4.02
21/mai	0.0	22.2	-1.57	1.77	2.74	-5.04	-0.80	1.84	-4.91		3.90
22/mai	0.0	22.4	-1.70	1.77	1.32	-5.04	-1.70	1.07	-8.38		3.77
23/mai	0.0	22.8	-2.21	0.61	2.48	-5.04	-1.58	1.20	-11.47		3.51
24/mai	0.0	24.0	-2.47	0.35	2.10	-4.65	-1.96	0.42	-10.18		3.00
25/mai	20.7	22.4	-1.05	-0.55	-0.09	-3.62	-0.42	0.30	-12.75		3.38
26/mai	0.0	21.0	-0.92	-0.29	0.55	-3.62	-0.42	0.55	-5.17		
27/mai	0.0	20.0	-1.95	-1.19	0.17	-4.01	-0.42	0.30	-11.98		3.25
28/mai	0.0	20.0	-1.57	-0.80	-1.25	-4.01	-0.80	-0.48	-5.17		2.74
29/mai	0.0	19.4	-2.21	-0.55	-0.48	-4.27	-0.93	-0.86	-6.84		2.35
30/mai	0.0	19.8	-2.08	-0.55	-0.73	-4.52	-0.80	-0.35	-6.20	-0.55	2.22
31/mai	0.0	20.2	-1.70	-0.42	-1.38	-4.65	-0.68	-0.60	-5.94	-0.93	2.10

Data	Chuva	Temp. do solo (°C)	Parcela T0			Parcela T1			Parcela T2		
			20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm
01/jun	0.0	20.0	-2.85	-0.68	-0.60	-5.30	-1.19	-1.12	-8.38	-1.19	1.84
02/jun	0.0	20.0	-2.98	-0.68	-0.35	-5.68	-0.68	-1.12	-10.95	-1.45	1.97
03/jun	0.0	20.4	-4.65	-1.58	-2.02	-6.84	-1.32	-1.50	-15.84	-2.99	2.22
04/jun	0.0	22.8	-5.30	-1.32	-0.73	-7.48	-1.45	-1.63	-15.45	-8.52	1.71
05/jun	0.0	23.0	-6.20	-1.45	0.94	-9.15	-1.06	-1.50	-19.95	-7.36	2.10
06/jun	0.0	23.8	-7.48	-1.70	0.55	-10.57	-0.55	-1.38	-24.20	-5.56	1.58
07/jun	0.0	23.6	-8.90	-1.32	-0.09	-12.75	-1.19	-1.63	-32.17	-8.00	1.97
08/jun	0.0	23.2	-10.31	-0.29	-0.35	-17.38	-1.83	-2.02	-37.05	-11.35	2.22
09/jun	0.0	24.0	-10.95	-0.03	-1.89	-23.42	-1.96	-2.02		-11.99	1.58
10/jun	0.0	24.6	-12.37	-0.68	-1.38	-32.30	-1.19	-1.63	-22.27	-14.30	0.94
11/jun	0.0	23.8	-13.65	0.87	-0.09	-39.62	-1.96	-1.76	-32.04	-14.69	1.07
12/jun	0.0	24.6	-14.81	0.74	-2.28	-55.44	-2.48	-1.76		-14.82	1.20
13/jun	0.0	25.0	-17.12	0.35	-2.53	-58.01	-2.73	-1.89	-36.67	-15.08	1.20
14/jun	0.0	25.6	-22.52	-0.29	-3.18	-63.67	-3.12	-2.28	-44.25	-15.20	0.68
15/jun	6.7	23.2	-25.35	-0.80	-4.72	-71.51	-3.38	-2.66	-48.88	-15.20	0.30
16/jun	0.0	22.0	-25.22	-0.42	-3.30	-68.30	-3.38	-3.18	-45.15	-16.49	-0.09
17/jun	0.0	21.2	-24.20	-0.03	-2.02	-67.14	-3.12	-2.53	-53.25	-11.73	0.17
18/jun	0.0	21.0	-23.42	0.22	-1.25	-69.71	-3.12	-2.92	-60.84	-5.05	0.04
19/jun	0.0	21.6	-25.48	0.61	-0.48	-63.80	-2.35	-2.92	-62.64	-4.02	0.55
20/jun	0.0	21.8	-27.41	2.15	0.04	-67.65	-2.60	-3.05	-63.92	-1.32	0.30
21/jun	0.0	23.2	-32.55	1.12	-1.38	-68.17	-3.38	-3.05	-65.21		-0.22
22/jun	0.0	22.8	-35.90	1.77	-2.28	-70.61	-2.86	-3.30	-67.78	-9.42	-0.22
23/jun	0.0	22.8	-42.71	1.25	-4.59	-71.51	-3.25	-3.82	-68.30	-9.42	-0.86
24/jun	0.0	21.8	-50.94	-1.45	-0.99	-75.11	-3.63	-3.69	-67.91	-5.69	-0.86
25/jun	0.0	21.8	-58.52	-1.58	-1.12	-75.24	-3.76	-3.95	-69.84	-8.26	-0.35
26/jun	0.0	22.8		-1.45	-0.35		-3.89	-4.33	-70.35	-10.70	-0.48
27/jun	0.0	22.8		-1.06	-1.50	-75.75	-4.79	-4.46	-73.05	-12.12	-0.73
28/jun	0.0	22.8		-0.03	-2.92	-79.22	-5.56	-4.59	-74.60	-12.89	-0.99
29/jun	3.0	22.2	-64.82	-1.06	-7.42	-78.84	-5.82	-4.85	-75.75	-16.75	-1.63
30/jun	0.0	22.2	-69.97	-1.32	-5.36	-78.32	-5.56	-4.85	-80.64	-13.79	-1.89

Data	Chuva	Temp. do solo (°C)	Parcela T0			Parcela T1			Parcela T2		
			20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm
01/jul	0.0	22.2	-73.18	-1.58	-2.92	-77.94	-5.30	-4.85		-7.88	
02/jul	0.0	22.6	-74.98	-1.96	-4.08	-78.84	-10.32	-5.10	-71.25	-8.26	
03/jul	0.0	22.2	-75.62	-1.45	-4.20		-10.70	-5.49	-73.82	-7.75	
04/jul	0.0	21.8	-76.27	-0.80	-5.23		-11.35	-5.36	-76.65	-12.63	
05/jul	0.0	21.6	-75.37	0.10	-4.85	-64.82	-13.15	-5.49	-77.81	-8.90	
06/jul	0.0	21.4	-74.85	1.25	-4.59	-75.75	-18.80	-6.00		-5.18	
07/jul	0.0	22.0	-69.20	1.77	-4.59	-75.37	-23.43	-6.65	-50.81	-5.05	
08/jul	0.0	22.6	-54.41	2.41	-4.59	-73.57	-31.02	-7.55	-73.31	-4.92	
09/jul	0.0	22.2	-40.01	-0.42	-7.68	-76.65	-37.06	-7.03	-73.82	-2.35	2.22
10/jul	0.0	22.6	-33.71	-0.42	-6.52		-41.69	-7.42	-73.95	-10.06	0.81
11/jul	0.0	21.0	-32.30	-0.29	-6.52		-46.06	-8.06	-73.44	-14.18	0.30
12/jul	0.0	22.2	-24.84	-0.68	-6.78	-63.67	-51.20	-10.25	-74.08	-19.70	-1.63
13/jul	0.0	23.0		-0.42	-2.53			-8.96	-72.80	-21.50	-2.02
14/jul	0.0	23.6	-68.94	-0.55	-7.03			-10.38	-75.11	-29.09	-2.40
15/jul	25.1	21.8	-69.84	0.22	-9.35			-7.68	-75.62	-5.30	4.41
16/jul	0.0	20.2	-61.61	-0.03	-10.63			-9.60	-76.01	-7.10	4.41
17/jul	0.0	18.8	-45.15	-0.16	-8.19		-4.53	-9.99		-5.95	4.15
18/jul	0.0	20.2	-32.55	-0.16	-6.00		-6.33	-10.38	-18.41	-5.95	4.41
19/jul	0.0	20.4	-22.91	-0.16	-6.52	-10.31	-4.02	-10.63	-34.35	-7.49	3.25
20/jul	0.0	20.6	-17.51	-0.16	-6.90	-11.47	-2.99	-11.66	-38.47	-8.13	2.22
21/jul	0.0	21.4	-16.48	-0.42	-7.93	-17.77	-2.73	-12.18	-44.25	-9.29	1.20
22/jul	0.0	22.0	-15.32	-0.03	-7.03	-25.74	-2.86	-12.30	-47.85	-9.16	-2.15
23/jul	0.0	22.2	-17.38	-0.16	-6.90	-45.54	-3.12	-13.20	-50.81	-10.19	-2.79
24/jul	0.0	22.4	-19.57	-0.16	-6.78	-51.84	-3.38	-14.10	-55.57	-10.96	-3.30
25/jul	0.0	22.8	-22.40	-0.16	-5.49	-60.32	-3.63	-14.49	-59.04	-12.38	-3.56
26/jul	0.0	23.0	-25.48	-0.03	-5.75	-72.28	-3.76	-15.13	-62.12	-13.28	-4.08
27/jul	0.0	23.2	-30.11	-0.16	-4.46	-73.31	-7.49	-15.78	-63.67	-13.66	-4.20
28/jul	0.0	23.6	-34.74	-0.16	-3.82	-74.47	-10.32	-16.93	-65.72	-13.92	-4.33
29/jul	0.0	23.8	-37.05	-0.16	-6.52	-75.62	-11.73	-17.83	-67.40	-17.65	-4.85
30/jul	10.1	23.0	-46.82	-0.16	-7.16			-18.09	-69.84	-19.70	-5.10
31/jul	6.4	21.0	-47.85	-0.16	-9.22	-39.75	-2.48	-19.12	-70.87	-20.73	1.58

Data	Chuva	Temp. do solo (°C)	Parcela T0			Parcela T1			Parcela T2		
			20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm
01/ago	0.0	21.2	-25.74	-0.03	-8.96	-47.34	-2.35	-19.12	-69.97	-11.60	-2.02
02/ago	0.0	20.8	-21.24	-0.03	-8.19	-58.52	-2.22	-19.12	-69.97	-11.60	-2.02
03/ago	0.0	19.2	-15.58	-0.03	-8.06	-72.54	-2.09	-19.12	-67.65	-6.20	-3.95
04/ago	0.0	19.6	-15.71	0.35	-8.19	-72.92	-2.60	-20.15	-59.55	-3.63	-5.10
05/ago	0.0	19.8	-13.91	-0.16	-8.19	-73.18	-2.48	-20.53			
06/ago	0.0	20.0	-16.48	-0.16	-8.06	-74.85	-2.73	-21.43			
07/ago	0.0	21.2	-15.84	0.61	-6.26	-74.72	-1.19	-21.56	-45.15	-23.43	9.04
08/ago	0.0	22.0	-17.00	-0.03	-7.93	-75.37	-1.45	-23.10	-63.92	-25.88	
09/ago	0.0	22.0	-19.31	0.10	-7.03	-76.78	-1.83	-27.09	-61.22	-28.83	5.95
10/ago	0.0	22.8	-23.17	0.22	-5.75				-63.15	-30.89	4.80
11/ago	0.0	23.0	-26.12		-5.49				-65.21	-30.63	4.02
12/ago	0.0	23.6	-31.01		-5.88				-66.75	-46.06	
13/ago	0.0	24.2	-33.45	0.10	-3.69		-2.60	-4.59	-66.11	-32.30	1.71
14/ago	0.0	24.4	-38.08	0.10	-2.79		-2.73	-4.59	-66.75	-32.43	-5.36
15/ago	0.0	25.2	-44.25	0.10	-0.35		1.51	-6.26	-66.37	-31.02	-8.83
16/ago	0.0	25.4	-50.04	0.10	-1.89		-3.38	8.40	-46.82	-35.52	
17/ago	0.0		-54.80	-0.03	-2.28		-5.05	11.22	-5.81	-42.20	4.41
18/ago	0.0	24.8	-58.27	-0.03	-3.30	-55.18	-3.25	-15.13		-36.42	4.02
19/ago	0.0	25.4	-67.78	0.74	-15.26		-5.43	-20.92	-37.05	-24.46	3.51
20/ago	2.8	26.2	-75.88	0.48	-14.10			-24.00	-57.11	-27.68	3.12
21/ago	28.3	22.2	-2.98	0.35	-16.29	-0.54	-1.70	-24.00	-1.05	-2.09	2.48
22/ago	57.3	20.0	-0.80	0.61	-3.43	1.78	1.51	5.18	0.23	1.90	9.42
23/ago	17.9	17.9	-1.05	0.74	-0.99	0.23	0.10	5.82	-1.44	1.00	8.91
24/ago	0.0	19.0	-2.98	0.10	-0.86	-0.80	-1.06	4.54	-2.47	0.35	8.52
25/ago	1.5	19.6	-3.11	0.22	-0.86	-1.05	-1.32	3.77	-2.60	-0.03	8.27
26/ago	0.0	19.6	-4.01	-0.42	-2.66	-1.57	-10.06	3.38	-3.88	-0.16	8.14
27/ago	0.0	19.5	-3.37	0.22	-0.35				-2.21	-0.03	8.27
28/ago	0.0	21.0	-3.75	0.48	-0.48	-2.60	-1.32	2.87	-3.37	-1.06	
29/ago	0.0	22.4	-3.37	0.48	-0.22	-2.72	-0.93	2.22	-2.34	-1.96	
30/ago	0.0	23.4	-4.01	-0.80	-2.15	-3.11	-1.58	1.32	-2.34	-2.09	
31/ago	0.0	24.6	-7.74	-0.80	-1.89	-3.11	0.87	5.05	-3.50	-2.35	



Data	Chuva	Temp. do solo (°C)	Parcela T0			Parcela T1			Parcela T2		
			20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm	20cm	30cm	100cm
01/set	0.0	24.2	-3.62	0.35	-1.89	-2.98	-0.42	-1.76	-3.11	-2.22	
02/set	0.0	24.8	-5.55	-0.03	-2.53	-2.34		-1.25	-3.24	-0.42	
03/set	0.0	24.2	-4.27	-0.68	-2.79	-2.47		-2.02	-3.11	-2.22	
04/set	0.0	25.0	-5.55	-0.80	-3.05	-3.50	-0.16	-2.92	-2.98	-2.35	
05/set	0.0	25.4	-5.68	-0.80	-3.18	-3.75	0.22	-2.92	-3.37	-2.48	
06/set	0.0	25.6	-5.81	-0.80	-3.30	-4.27	0.61	-2.66	-3.88	-2.73	
07/set	0.0	25.8	-5.55	-0.68	-3.69	-4.78	0.48	-3.05	-5.17	-2.86	
08/set	0.0	26.0	-6.71	-0.55	-3.43	-3.75	0.35	-3.18	-4.91	-1.96	-0.09
09/set	0.0	26.8		-0.55	-3.82	-2.08	-0.03		-6.45	-2.99	-0.86
10/set	0.0	26.0	-6.58	-0.55	-3.05				-5.68	-2.86	-0.73
11/set	0.0	26.0	-6.84	-0.55	-3.82	-5.42	-0.03	0.81	-7.22	-4.40	-2.53
12/set	0.0	26.2	-9.41	-0.55	-3.05	-6.20	0.35	-0.22	-8.77	-4.02	-0.86
13/set	0.0	26.2	-8.51	-0.68	-3.82	-6.45	0.10	1.71	-7.61	-4.28	-1.76
14/set	0.0	27.0	-9.41	-0.80	-3.82	-8.77	0.61	0.17	-9.67	-4.02	-1.50
15/set	0.0	26.4	-10.95	-0.16	-3.95	-10.82	-1.45	0.04	-15.58	-4.79	-1.50
16/set	0.0	26.4	-11.85	-0.55	-4.20	-11.08	-2.60	-0.09	-18.54	-4.79	-1.89
17/set	0.0	26.8	-10.95	-0.55	-3.43		-1.96	-0.60	-13.01	-5.56	-2.02
18/set	0.0	27.6	-12.37	-0.93	-4.20	-14.55	-1.96	-1.25	-19.82	-5.95	-2.02
19/set	0.0	28.2	-11.85	-0.80	-4.20	-15.71	-1.06	-1.12	-22.27	-5.56	-1.76
20/set	0.0	27.6	-18.80	-0.80	-5.36			-7.16	-4.27	-7.49	-2.40
21/set	13.5	24.8	-21.62	-0.80	-5.36	-15.07	-4.28	-6.90			-1.38
22/set	17.9	23.8	-3.62	-0.03	-7.03	-0.28	-0.55	-2.92	-2.21	-0.80	-1.12
23/set	47.1	22.0	-2.21	-0.16	0.04	1.52	2.92		-0.67	0.10	7.37
24/set	0.0	22.4	-2.98	-0.29	1.45	-0.28	1.25	9.04	-1.44	-0.68	6.08
25/set	0.0	23.8	-3.37	-0.42	1.58	-0.28	1.00	8.65	-2.34	-1.19	5.70
26/set	0.0	24.6	-3.88	-0.42	1.45	-0.80	0.74	8.52	-2.72	-1.45	4.80
27/set	0.0	25.4	-4.01	-0.42	1.45	-1.05	0.22	8.27	-2.98	-1.96	7.50
28/set	0.0	26.6	-4.27	-0.42	1.32	-1.44	-0.29	8.14	-3.37	-2.22	9.04
29/set	4.6	26.6	-3.88	-0.03	0.30	-1.44	-0.16	7.37	-2.85	-1.70	8.65
30/set	0.0	25.4	-3.37	-0.42	-0.48	-1.95	-0.29	7.37	-3.24	-2.09	6.21