

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

EVERTON FELIPE BRUFATI

**DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO DE UMA PROPRIEDADE
FAMILIAR EM FRANCISCO BELTRÃO-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

EVERTON FELIPE BRUFATI

**DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO DE UMA PROPRIEDADE
FAMILIAR EM FRANCISCO BELTRÃO-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2021

EVERTON FELIPE BRUFATI

**DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO DE UMA PROPRIEDADE
FAMILIAR EM FRANCISCO BELTRÃO-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos

PATO BRANCO

2021

Brufati, Everton Felipe
Diagnóstico da fertilidade do solo de uma propriedade familiar em
Francisco Beltrão-PR/ Everton Felipe Brufati.
Pato Branco. UTFPR, 2021
49 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco,
2018.

Bibliografia: f. 42 – 47

1. Agronomia. 2.Agricultura familiar. 3. Solo. 4. Fertilidade I. Campos,
José Ricardo Rocha. II Universidade Tecnológica Federal do Paraná. III
Curso de Agronomia. IV. Título..

CDD: 630



TERMO DE APROVAÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO DE UMA PROPRIEDADE FAMILIAR EM FRANCISCO BELTRÃO-PR

Por

Everton Felipe Brufati

Monografia defendida em sessão pública às 13 horas 50 min. do dia 06 de agosto de 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos Membros abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o Trabalho de Conclusão de Curso, em sua forma final, pela Coordenação do Curso de Agronomia foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Profa. M.Sc. Heloisa da Silva Victorino - UTFPR Campus Pato Branco

Dr.^a Cristiane Maria Tonetto de Godoy - PNP/PPGDR-PB

Prof. Dr. José Ricardo da Rocha Campos- UTFPR Campus Pato Branco - Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour - Professor responsável TCC 2

A “Ata de Defesa” e o decorrente “Termo de Aprovação” encontram-se assinados e devidamente depositados no SEI-UTFPR da Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus* Pato Branco, após a entrega da versão corrigida do trabalho, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Dedico este trabalho a meus pais, que me apoiaram em todos os momentos.

A minha irmã, que sempre me apoiou.

A minha noiva, que esteve sempre pronta a ajudar em todos os momentos.

Aos meus nonos, que hoje já não estão mais presentes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meu pai Velci Brufati e a minha mãe Mareli Basso Brufati, os quais sempre me incentivaram e tiveram fé em mim, bem como me ajudaram psicologicamente e financeiramente para chegar a este momento. Sem vocês eu não teria a chance de chegar a esse tão sonhado título!

Agradeço também a minha excelentíssima noiva e futura esposa Gabriela Kuhn Marchioro, por ter se dedicado e me ajudado inúmeras vezes, mesmo eu falando que não teria como fazer ela sempre fazia acontecer. Agradeço pelas noites que passamos fazendo os trabalhos e torcendo para dar tempo de apresentar. Sem sua ajuda eu também não chegaria a este momento.

Agradeço a minha irmã Maria Rita Brufati, que do jeito dela não deixou com que eu desistisse dos meus sonhos.

Agradeço a meus nonos e nonas, que mesmo não estando mais aqui presentes me acompanharam em uma parte destes anos. Queria que vocês estivessem aqui para ver o neto que tanto gosta de vocês finalmente se formando.

Agradecemos ao LabSolos, pelo auxílio na construção do conhecimento e nas análises efetuadas para esse trabalho.

Agradeço ao meu orientador, pela paciência em me orientar.

Agradeço a todos os meus amigos, que direta ou indiretamente me ajudaram até esse momento.

O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar com mais inteligência (Henry Ford).

RESUMO

BRUFATI, Everton Felipe. Diagnóstico da Fertilidade do Solo de uma Propriedade Familiar em Francisco Beltrão-PR. 49 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

No estado do Paraná cerca de 77% das propriedades rurais se enquadram como agricultura familiar. Considerando que, de maneira geral, são pequenas propriedades, o diagnóstico da fertilidade do solo torna-se uma informação indispensável para uma correta orientação do produtor. Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo utilizar um Sistema de Informação geográfica (SIG) para, a partir dos resultados das análises de solo, gerar mapas temáticos que auxiliem na interpretação da variabilidade espacial dos atributos químicos do solo. O trabalho foi realizado em uma propriedade familiar no município de Francisco Beltrão-PR, em uma área com diferentes manejos (milho silagem, soja, pastagem perene, pastagem anual e área de preservação permanente) onde foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm. Foram analisados o pH em CaCl_2 , e pH SMP; a matéria orgânica; o P; os cátions trocáveis (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , e Al^{3+}); acidez potencial (H+Al). A partir destes resultados foram determinadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (T), a saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). Por meio de interpolação de dados, foram gerados mapas de fertilidade pelo método do Inverso da Distância Ponderada (IDW), com auxílio do software GIS. Os resultados mostraram que mesmo áreas que nunca receberam correção da acidez e nem adubação química, como é o caso das matas, podem apresentar elevada fertilidade natural, especialmente em relação aos elementos Ca, Mg e a MO. O Al também ocorreu em baixos teores na área em questão. Os resultados sugerem, ainda, que o grande sucesso da agricultura familiar na região, além de fatores culturais, estão relacionadas à elevada fertilidade natural dos solos herdada da rocha basáltica.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Solo. Fertilidade.

ABSTRACT

BRUFATI, Everton Felipe. Diagnosis of Soil Fertility of a Family Property in Francisco Beltrão-PR. 49 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

In the state of Paraná, around 77% of rural properties are classified as family farming. Considering that, in general, they are small properties and that investments in soil correction and fertilization are discreet, the diagnosis of soil fertility becomes essential information for a correct orientation of the producer. In this sense, the present work aimed to use a Geographic Information System (GIS) to, from the results of soil analyses, generate thematic maps that assist in the interpretation of the spatial variability of the chemical attributes of the soil. The work was carried out on a family property in the municipality of Francisco Beltrão-PR in an area with different managements (corn silage, soybean, perennial pasture, annual pasture and permanent preservation area) where soil samples were collected at depth from 0 to 20 cm. The pH in CaCl₂ and pH SMP were analyzed; organic matter; the P; exchangeable cations (K, Ca, Mg, and Al); potential acidity (H+Al). From these results, the sum of bases (SB), cation exchange capacity (T), base saturation (V%) and aluminum saturation (m%) were determined. Through data interpolation, fertility maps were generated using the Inverse Weighted Distance (IDW) method, with the aid of the Quantum Gis software. The results showed that even areas that never received acidity correction or chemical fertilization, as in the case of forests, can present high natural fertility, especially in relation to the elements Ca, Mg and MO. Al also occurred at low levels in the area in question. The results also suggest that the great success of family farming in the region, in addition to cultural factors, are related to the high natural fertility of the soils inherited from the basaltic rock.

Keywords: Family farming. Ground. Fertility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Variabilidade espacial do elemento Fósforo (P). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	26
Figura 2 – Variabilidade espacial do elemento Potássio (K). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021,.....	27
Figura 3 – Variabilidade espacial do elemento Cálcio (Ca). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	28
Figura 4 – Variabilidade espacial do elemento Magnésio (Mg). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	29
Figura 5 – Variabilidade espacial pH do solo. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	30
Figura 6 – Variabilidade espacial do elemento Saturação de bases (V%). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	31
Figura 7 – Variabilidade espacial da saturação por alumínio (m%). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021..	31
Figura 8 – Variabilidade espacial do elemento Matéria Orgânica (Mo). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.	32
Figura 9 – Variabilidade espacial da CTC. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	33
Figura 10 – Variabilidade espacial do elemento Alumínio (Al^{3+}). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	34
Figura 11 – Análise de componentes principais referentes à análise química do solo em diferentes condições de manejo. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	35
Figura 12 – Variabilidade de elementos químicos UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação de níveis de fertilidade da área em estudo de acordo com o Manual de adubação e Calagem do Estado do Paraná (SBCS-NEPAR,2017). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021,.....	25
Tabela 2 – Altos valores e alto vetores da análise de componentes principais. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.....	34

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CTC	Capacidade de troca de cátions
GPS	Sistema de posicionamento global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDW	Ponderação do Inverso das Distâncias
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
PR	Paraná
SIG	Sistema de Informação Geográfica
GNU	General Public License
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
pH	Potencial hidrogeniônico de uma solução

LISTA DE ABREVIATURAS

M	Milho
MA	Mata
P	Potreiro
PA	Pastagem
S	Soja
MO	Matéria Orgânica

LISTA DE SÍMBOLOS

/	Divisão
%	Porcentagem
+	Somatório
=	Igualdade
Al ³⁺	Alumínio
Ca ²⁺	Cálcio
K ⁺	Potássio
Mg ²⁺	Magnésio
Na ⁺	Sódio
P	Fósforo
m%	Saturação por alumínio
V%	Saturação por bases
SB	Soma de bases
T	CTC
x	Multiplicação
CaO	Óxido de cálcio
MgO	Óxido de magnésio
Al ₂ O ₃	Óxido de Alumínio
SiO ₂	Dióxido de silício

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 GERAL.....	17
2.2 ESPECÍFICOS.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 AGRICULTURA FAMILIAR NO PARANÁ.....	18
3.2 SOLOS DO PARANÁ.....	18
3.3 SOFTWARE QGIS.....	19
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE A SER ESTUDADA.....	21
4.2 ANÁLISES DE SOLO E LABORATORIAIS.....	21
4.3 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS.....	22
4.4 PROGRAMA RSTUDIO.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
5.1 DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO.....	24
5.2 VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	26
5.3 RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E A FORMA DE MANEJO.....	34
5.4 USO DO SIG DE CÓDIGO ABERTO NA AGRICULTURA.....	37
6 CONCLUSÕES.....	38
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS.....	40
APÊNDICES.....	46
Apêndice A – Análises de solo coletadas em campo. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.	47

1 INTRODUÇÃO

O estado do Paraná se encontra na porção meridional do Brasil, sua extensão territorial abrange 199.575 Km² e é composto por um relevo principalmente planáltico (SANTOS *et al.*, 2007). De acordo com dados do IBGE (2017) 3,9 milhões (77%) de propriedades existentes no estado se enquadram como agricultura familiar. Estas propriedades correspondem a 23% dos estabelecimentos agropecuários do país, equivalendo a 80,9 milhões de hectares de terra. Tais propriedades têm uma grande diversificação de produção, sendo as principais: milho, leite, soja, além de atividades concomitantes como: doces, queijos, embutidos, produtos de horticultura, entre outros (IBGE, 2017).

Segundo a FAO (2017), a produção de cereais deverá aumentar de 2,5 bilhões de toneladas/ano para cerca de 3 bilhões de toneladas/ano, porém tal expansão da produção depende essencialmente da eficácia da produtividade. O rumo crescente de demanda interna e externa, aliada aos limites de recursos naturais tem exercido certa pressão sobre os produtores agrícolas, para que assim se obtenha uma otimização de produção por área plantada. Além disso, o cultivo de diversas safras, atentando-se para com a preservação ambiental nas propriedades, fatores que contribuem para com o aumento da produção e conservação de áreas (EMBRAPA, 2018).

A utilização de métodos de interpolação de dados é importante porque ela permite uma maior visualização da variabilidade espacial da fertilidade do solo, principalmente pelo fato de esta técnica estimar valores em locais não amostrados. No método tradicional, para que uma determinada área seja bem caracterizada é necessária a coleta de grande número de amostras, o que faz com que, algumas vezes, isto se torne inviável (FAGIOLI DA SILVA; SOARES DE SOUZA LIMA; BATISTA DE OLIVEIRA, 2010). Assim, o processo para estimar o valor em ponto que não foram coletados, através de pontos conhecidos tem denominação de interpolação.

Interpolar tais análises também faz com que se elimine o “efeito mosaico ou xadrez”, geralmente presentes em mapas temáticos, e também suaviza

a diferença de atributos que são analisados, visto que vários softwares contêm diferentes métodos de interpolação (JAKOB; YOUNG, 2006).

No método de ponderação pelo inverso da distância (IDW), os pontos são considerados de acordo com a influência que um ponto exerce sobre outro e um ponto desconhecido que será criado. A ponderação é conferida de acordo com um coeficiente de ponderação, tal coeficiente controla a influência de ponderação, assim diminuindo à medida que a distância do ponto que não é conhecido aumenta (QGIS, 2020a). Desta forma, o ponto desconhecido terá seu valor próximo aos pontos conhecidos observados. Porém, com distribuições de pontos irregulares a qualidade da interpolação pode diminuir se for efetuada uma análise por este método (QGIS, 2020b).

Desta forma, o uso de um software de código aberto como o QGIS, associado às análises de solos georreferenciadas apresenta potencial para se tornar um método eficiente e de baixo custo para gerenciamento de propriedades familiares. Assim, conhecendo a variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, tanto o agricultor como o técnico terão mais subsídios para uma correta tomada de decisão quanto a correção do solo e adubação.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar a variabilidade espacial de atributos químicos do solo em uma área com diferentes manejos por meio de interpolação de dados através do uso de um sig em uma propriedade familiar no município de Francisco Beltrão-PR.

2.2 ESPECÍFICOS

- a) Gerar mapas de Uso e Ocupação de Solos;
- b) Gerar modelos de distribuição de atributos químicos do solo por meio de interpolação de dados pelo método IDW.
- c) efetuar diagnostico de fertilidade de áreas em estudo
- d) analisar modelos e dados obtidos

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 AGRICULTURA FAMILIAR NO PARANÁ

Como o conceito de agricultura familiar é definido pelo papel da família na estrutura, organização e formação de estratégias que encaminham a passagem de legados material e cultural para seus descendentes, a forma de exploração do meio agrícola familiar presume unidade de produção, sendo que a propriedade e o trabalho estão fortemente unidos a família (SAVOLDI; CUNHA, 2010).

Segundo Censo do IBGE 2017, 76,8% dos 5.073 milhões de estabelecimentos rurais brasileiros são pertencentes a agricultura familiar, empregando mais de 10 milhões de pessoas, sendo 67% do total que são empregados na agropecuária brasileira, gerando 23% do total de receitas do país, com redução de 10,2% referente ao último Censo (2006) (ROSA NETO; SILVA; ARAÚJO, 2020). Apesar do potencial, o tamanho das propriedades compromete a renda da agricultura devido à escala de produção. Estudos indicam que, em média, o rendimento bruto mensal de propriedades familiares é de 0,46 salário-mínimo, posicionando boa parte dos produtores em um cenário de pobreza isto para a região Nordeste, já para a região sul a qual apresenta uma agricultura familiar melhor estruturada se apresentam valores em torno de R\$ 1.613,94/ha (EMBRAPA, 2018).

Neste sentido, fazer uso de tecnologias se faz essencial para aumentar a produção e diminuir os custos, além de auxiliar no combate ao êxodo rural. Ademais, o conhecimento mais profundo da propriedade pode proporcionar o máximo uso da terra e de suas disponibilidades, fazendo com que se obtenha mais produtividade no estabelecimento (ALVES, 2006).

3.2 SOLOS DO PARANÁ

O Paraná é composto por 5 unidades geomorfológicas principais, sendo elas: Litoral, Serra do Mar, Primeiro planalto, Segundo planalto e Terceiro

planalto. Cada uma dessas regiões apresenta especificidades em termos de formação geológica, climática e no relevo, o que influencia fortemente na formação dos solos (LARACH *et al.*, 1984).

A unidade onde se localiza a área de estudo do presente trabalho é o Terceiro Planalto Paranaense e engloba aproximadamente, 2/3 do território paranaense, sendo um conjunto de relevos planálticos, apresentando altitudes de 1250 m na serra da boa esperança e 220 m na calha do Rio Paraná (SANTOS *et al.*, 2006). Na sua maior extensão, a rocha predominante é Basalto da Formação Serra Geral que, por sua vez, ocupa aproximadamente 70% da bacia do Paraná.

Nesse sentido, no ponto de vista químico o basalto é rico em componentes básicos como óxido de cálcio (CaO), óxido de magnésio (MgO), óxido de alumínio (Al₂O₃), óxido de silício (SiO₂), podendo ainda serem divididos em 2 grupos distintos, os alcalinos e sub-alcalinos (GUIMARÃES, 2006). Esta condição geológica, característica da Bacia do Paraná, proporciona a formação de diferentes tipos de solo, cujas características principais são os elevados teores de argila e coloração vermelho-escuro proporcionado pelos elevados teores de Fe herdados do Basalto. Em termos de mineralogia, são predominantemente caulínícos e ricos óxidos de ferro como hematita e goethita (GHIDIN *et al.*, 2006).

Devido a seu material de origem apresentam boa fertilidade natural e uma boa Capacidade de troca de Cátions (CTC) em camadas mais superficiais. Porém, à medida que a profundidade aumenta, estes níveis diminuem, sendo solos com maior grau de intemperização (CÓ JÚNIOR, 2011). O êxito do uso de tais solos se dá ao fato da alta fertilidade natural que lhes é conferida, ainda também devido ao retorno que eles proporcionam ao se efetuar correção e ainda pela alta possibilidade de mecanização (KER, 1997).

3.3 SOFTWARE QGIS

O software QGIS é um Sistema de Informações Geográficas (SIG), de livre acesso com código livre, com licença de acordo com a General Public License (GNU), sendo um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). O Sistema suporta seu uso em vários sistemas operacionais (QGIS, 2020b).

O uso de SIG possibilita inúmeras operações, sendo desde a visualização de dados em diferentes feições em determinados mapas, a combinação de diferentes planos pode proporcionar a visualização de mapas de produtividade, além de ser possível a criação de estilos para arquivos vetoriais utilizando dados categóricos como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) que é obtido através de sensores orbitais. Em alguns casos o uso de um SIG se faz necessário pela enorme quantidade de dados que podem ser obtidos, tal como na operação de colheita onde esta pode gerar até mais de 1000 pontos em lugares relativamente pequenos, dependendo quais variáveis serão observadas (TREVISAN; MOLIN, 2019).

Sendo assim, os SIG estão sendo cada vez mais explorados para captação de informações e também para a tomada de várias decisões, podendo ser elas agrícolas e ambientais. Nesse sentido, leva-se em consideração a extensão territorial do Brasil, evidenciando assim a grande aplicação que estes sistemas podem oferecer (MATOS *et al.*, 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE A SER ESTUDADA

A propriedade estudada está situada no município de Francisco Beltrão, sudoeste do estado do Paraná, entre as latitudes 26°03'53.0" S e longitude 52°55'53.0" O. A propriedade é dividida em 5 diferentes áreas de uso: milho silagem, soja, pastagem perene, pastagem anual e área de preservação permanente, com uma área total de 36,3 ha.

O município tem seu relevo suave ondulado (3 a 8% de declividade), tendo solos com aptidão agrícola Boa para lavouras. Os solos predominantes são: Latossolo Vermelho, e Cambissolos Háplicos. Ainda, encontra-se situado no Terceiro Planalto Paranaense, cuja geologia é a base de rochas basálticas da Formação Serra Geral. O clima, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa (FRANCISCO BELTRÃO, 2017).

4.2 ANÁLISES DE SOLO E LABORATORIAIS

Para análise foram selecionadas áreas com características geomorfológicas e manejo distintos, nas quais foram coletadas amostras de solo para análise química. A propriedade foi separada em 20 pontos de coleta sendo destes: 4 em área de pastejo anual, 5 em cultivo de soja, 4 em cultivo de milho para silagem, 2 em cultivo de pastagem perene e 5 em área de preservação permanente.

Para cada ponto foi efetuada a coleta de 10 amostras simples, em uma profundidade de 0 a 20 centímetros, sendo elas homogêneas, se tornando a amostra composta. As coordenadas do ponto central representativo de cada amostra de solo coletada foi registrada com o auxílio de sistema de posicionamento global (GPS). E para a análise, todas as amostras compostas foram analisadas pelo Laboratório de Solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Pato Branco.

Em cada amostra foram analisados: o pH em CaCl_2 , os teores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis extraídos pelo método do KCl 1 mol L^{-1} . O alumínio (Al^{3+}) trocável foi feito através de titulação com azul-de-bromotimol como indicador. O fósforo (P), potássio (K^+), sódio (Na^+) foram extraídos através da solução extratora de Mehlich 1, através da mistura de HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ + H_2SO_4 $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$. A acidez potencial foi determinada com solução de acetato de cálcio e titulação alcalimétrica de extrato, com pH ajustado a 7,0 (SILVA, 2009).

De acordo com os dados obtidos nas análises foram efetuados os cálculos de acordo com Silva (2009):

Soma de bases (SB) pela equação: $\text{SB} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+)$

CTC a pH 7,0 (T) pela equação: $T = (\text{SB} + (\text{H} + \text{Al}))$

Valor de V% (Saturação por base) calculado em porcentagem: $V = (100 \times \text{SB}) / T$.

4.3 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS

Após análises laboratoriais, os dados foram tabulados e os resultados submetidos a uma análise de interpolação de dados através do método de ponderação do Inverso da Distância Ponderada (IDW). E os resultados obtidos foram aplicados aos mapas obtidos a campo.

Os métodos de interpolação fornecem uma estimativa não tendenciosa de dados. Além disso, apresentam agilidade e precisão, ainda assim cada método é usado em situações específicas dependendo do assunto a ser estudado. Sendo o método Inverso da Distância Ponderada (IDW) visto como o mais simples, onde considera uma maior relevância a pontos mais perto do centro e diminuindo essa relação de acordo com a distância (RIGHI; BASSO, 2016).

4.4 PROGRAMA RSTUDIO

Análise de componentes principais é uma técnica que tem por objetivo transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto denominado de

componentes principais. Cada componente representa um arranjo das componentes originais, independentes uma da outra e com intuito de representar a variação contida nos dados originais. Sendo assim, esta análise agrupa indivíduos de acordo com sua variação de características, indivíduos com comportamentos parecidos serão agrupados (VARELLA, 2008).

Para análise de componentes principais foi utilizado o programa RStudio, sendo necessário realizar uma transformação de dados a partir dos dados brutos. Para tal, foi calculada a média e desvio padrão dos valores brutos da tabela, posteriormente foi subtraído o valor bruto da média geral, após sendo dividido pelo desvio padrão, assim obtendo-se o dado transformado ou padronizado.

Tal transformação deve ser feita para padronizar, ou seja, fazer com que todas as variáveis que serão analisadas estejam em uma mesma escala de medida (CAMPANA; IVO JÚNIOR; NASCIMENTO, 2010). Após os dados padronizados foram importados da planilha do Libre Office Calc para o programa Rstudio, onde com o uso da ferramenta Factshiny para análises de componentes principais que o programa disponibiliza, onde este retornou em uma interface os gráficos obtidos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 DIAGNÓSTICO DA FERTILIDADE DO SOLO DA ÁREA DE ESTUDO

De acordo com tabela 1 como diagnóstico se tem que 70% das amostras coletadas apresentaram teores de P em níveis muito baixos ou baixos; 5% em níveis médios e 25% em níveis muito altos. Tais resultados evidenciam que a adubação de manutenção deste elemento ainda se mostra fundamental para uma boa manutenção da fertilidade do solo (SBCS, 2017). No entanto, deve ser considerado que os solos de origem basáltica e com presença de elevados teores de óxidos de ferro e alumínio podem apresentar baixos valores deste elemento, isso por estarem associados, além da exportação pela colheita e à sua perda por adsorção (DONATTI, 2018).

Em relação ao K, pode-se observar que: 45% apresentaram níveis baixos; 40% médios; e somente 15% apresentaram níveis altos ou muito altos. É importante atentar a tais níveis, pois eles podem indicar que solos são muito intemperizados e o referido elemento apresenta elevada mobilidade no solo, podendo ser facilmente perdido por lixiviação (SOBRAL *et al.*, 2015).

Em relação ao Ca pode ser observado: 85% das amostras apresentaram teores em níveis altos; 5% muito alto; e 10% apresentaram níveis baixos ou médios. Resultados semelhantes foram observados para o Mg que apresentou níveis muito alto em 75% das amostras e alto em 25% delas, evidenciando uma boa fertilidade. É importante lembrar que áreas de mata e poteiros não receberam correção com calcário e ainda assim apresentaram elevados teores de Mg e altos teores de Ca. Os elevados teores destes elementos também podem ter influenciado no valor de V%, sendo que 60% dos valores são de altos a muito altos, e os restantes 40% representam valores médios, baixos e muito baixos, sendo estes situados na área de mata cuja não recebeu nenhum tipo de correção.

Os elevados teores de Ca e Mg também podem ter influenciado os valores do pH, já que 25% se encontram no nível médio e 50% em níveis altos,

indicando a presença de alumínio em níveis baixos em áreas de cultivos anuais. Contudo, indicando que ele se encontra insolubilizado, não podendo mais causar danos ao sistema radicular das culturas.

Em relação a MO, as análises apontam que 75% das amostras apresentam teores na faixa do muito alto e 25% classificados como altos, sendo um fator que ajudou na questão da redução do pH, pois a mesma é fonte de H⁺. É importante lembrar que a MO também influencia a CTC do solo, já que em solos muito intemperizados os valores desta tendem a ser baixos. No presente estudo, os valores de CTC observados variaram entre 80% médios e 20% altos, valores semelhantes foram observados por Donatti (2018).

Em relação a teores de Al³⁺, foi observado que 75% das amostras analisadas apresentaram níveis muito baixos e 25% baixos. De maneira semelhante, foi observado o m% em 75% das amostras, ficaram na faixa do muito baixos e 25% baixos, e os 10% restantes representando áreas de várzea e mata.

Com o diagnóstico da fertilidade da área em estudo pode-se afirmar que alguns elementos como fósforo e potássio precisam de correção para manter a fertilidade em níveis bons. Ainda, se evidencia a necessidade de calagem em algumas áreas com intuito de manter uma homogeneidade melhor dos talhões.

Tabela 1 – Classificação de níveis de fertilidade da área em estudo de acordo com o Manual de adubação e Calagem do Estado do Paraná (SBCS-NEPAR,2017). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021,

Elemento	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
P	35%	35%	5%	0%	25%
K	0%	45%	40%	5%	10%
Ca	0%	5%	5%	85%	5%
Mg	0%	0%	0%	25%	75%
pH	10%	15%	25%	50%	0%
V%¹	10%	5%	25%	50%	10%
m%²	75%	15%	0%	5%	5%
MO³	0%	0%	0%	25%	75%
T	0%	0%	80%	20%	0%
Al³⁺	75%	15%	5%	0%	5%

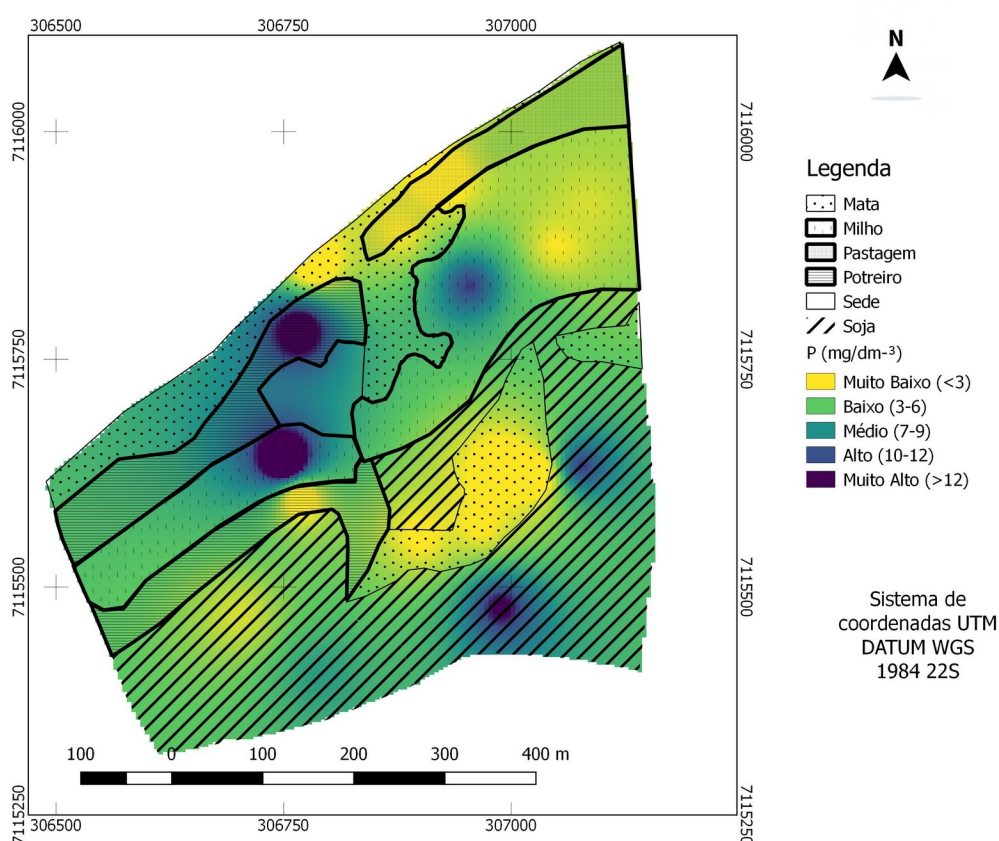
¹V%: Valor da saturação por bases; ²m%: valor da saturação por alumínio; ³MO: teor de matéria orgânica do solo; 4CTC: Capacidade de troca de cátions a pH7.

Fonte: Autor (2021).

5.2 VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os maiores teores de fósforo foram encontrados, principalmente, em áreas de cultivo de milho, bem como em área de potreiro e em áreas de cultivo de soja (Figura 1), onde em 2020 foi cultivado milho tanto safra quanto safrinha. Tal fato pode ser explicado pelo uso de elevadas doses de fertilizantes fosfatados em anos anteriores (COELHO, 2006).

Figura 1 – Variabilidade espacial do elemento Fósforo (P). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.



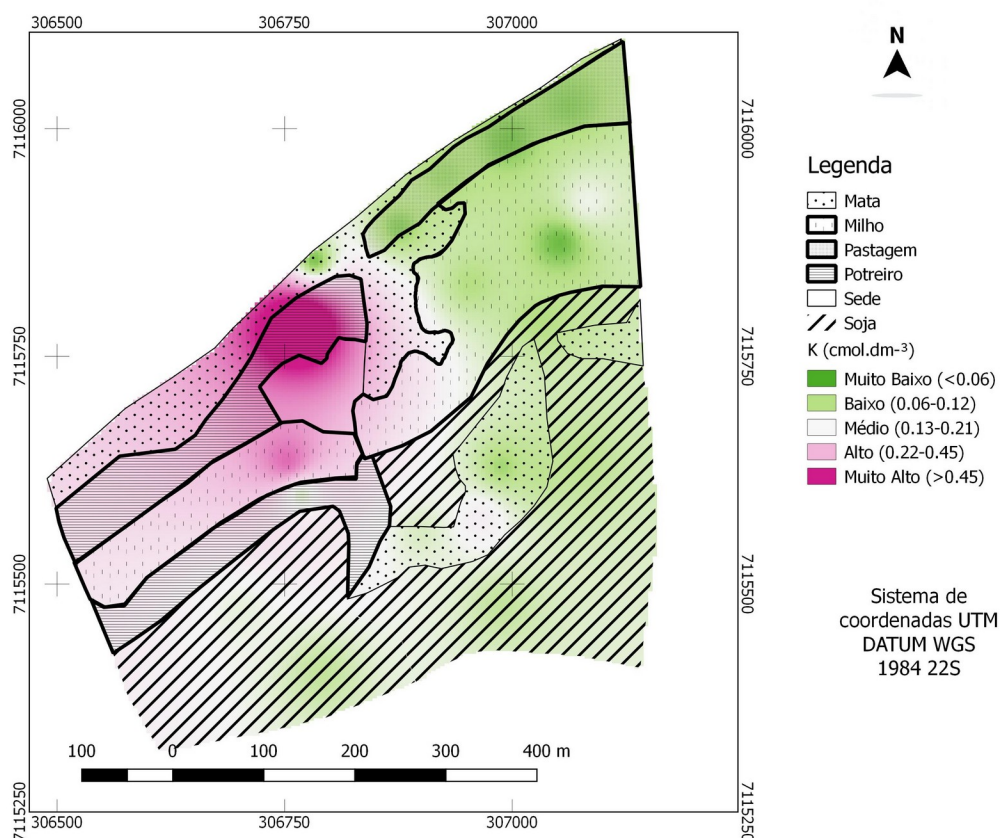
Fonte: Autor (2021).

Em áreas de mata, onde o pH do solo se encontra em níveis muito baixos, a disponibilidade de fósforo também diminui (Figura 1). Segundo Zoz *et al.* (2009), à medida que o pH aumenta, há decréscimo da adsorção no solo, bem como aumento de disponibilidade deste nutriente. Também devem ser considerado que os solos da área de estudo (predominantemente Latossolos), são solos com um maior grau de intemperismo e com maior presença de óxidos, sendo estes solos considerados como drenos (ROLIM NETO *et al.*, 2004). Na área de pastagem, a baixa disponibilidade do elemento é justificada pelo uso exagerado para pastejo de

animais, sem a devida reposição. Lembrando que o fósforo é conhecido por ser limitante em pastagens, bem como espécies forrageiras respondem consideravelmente a adubações fosfatadas (EMBRAPA, 2021).

Em relação ao K (Figura 2), as áreas de lavoura apresentaram teores médios a baixos, sendo que o K é um nutriente que é altamente exportado tanto pela soja quanto pelo milho-silagem, sendo que nestas áreas sempre foi feita rotação soja-milho. Segundo Souza et al. (2018), o potássio é um nutriente que sofre de alta taxa de lixiviação, principalmente em solos profundos.

Figura 2 – Variabilidade espacial do elemento Potássio (K). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021,



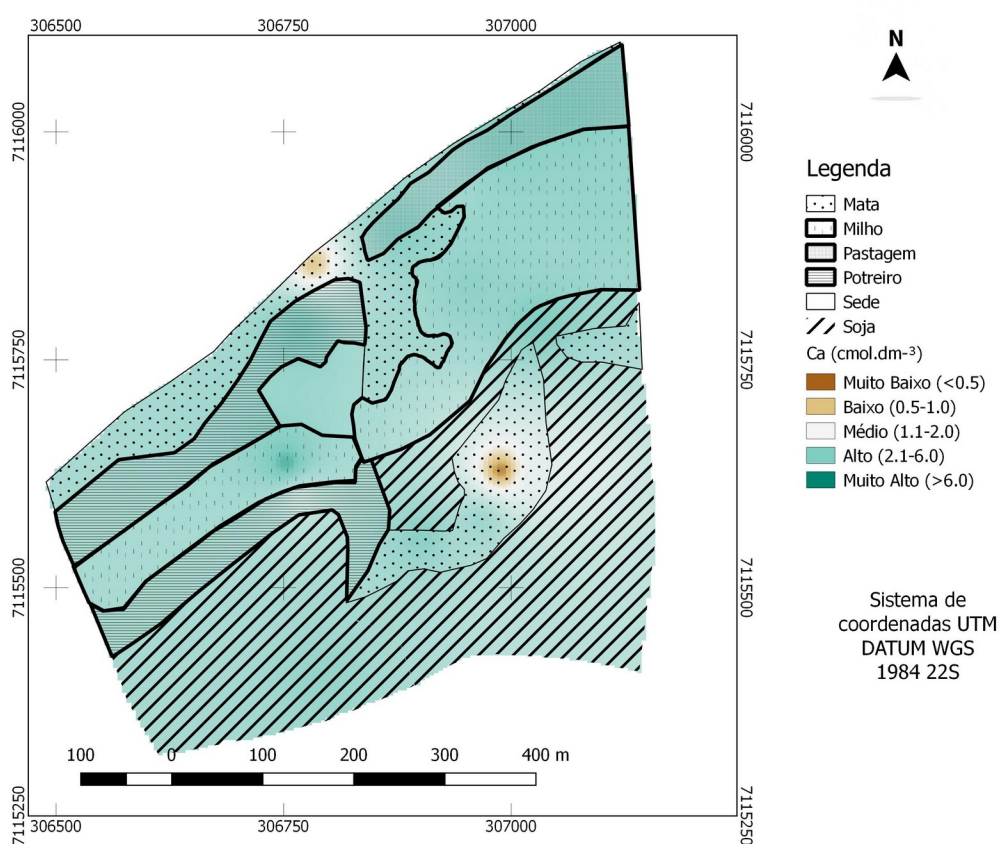
Fonte: Autor (2021).

Nas áreas de potreiro e em uma das áreas de milho, o K aparece em níveis altos a muito altos, tal resultado pode ser explicado pelo fato de que no ano que foram feitas as coletas para as análises, foi aplicado potássio em cobertura nestas áreas. Além da adubação de cobertura, o K pode voltar às pastagens por intermédio das excreções dos animais (SOUTO, 2006). O manejo do elemento potássio deve ter seu devido cuidado, ele necessita ser aplicado no mínimo a quantidade extraída pelos grãos, caso contrário em algumas safras, de acordo com

os níveis do solo, podem começar a aparecer reboleiras com deficiência de K, reduzindo a produção na área (CASTRO; OLIVEIRA, 2018).

Quanto aos teores de Ca, a área em estudo apresentou-se bem homogênea, variando de níveis altos a muito altos. É importante lembrar que a área em estudo apresenta solos derivados de basalto e que são constituídos, sobretudo, de minerais máficos, em cuja composição o Ca é um dos principais constituintes (SCHIAVON; REDONDO; YOSHIDA, 2007).

Figura 3 – Variabilidade espacial do elemento Cálcio (Ca). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.



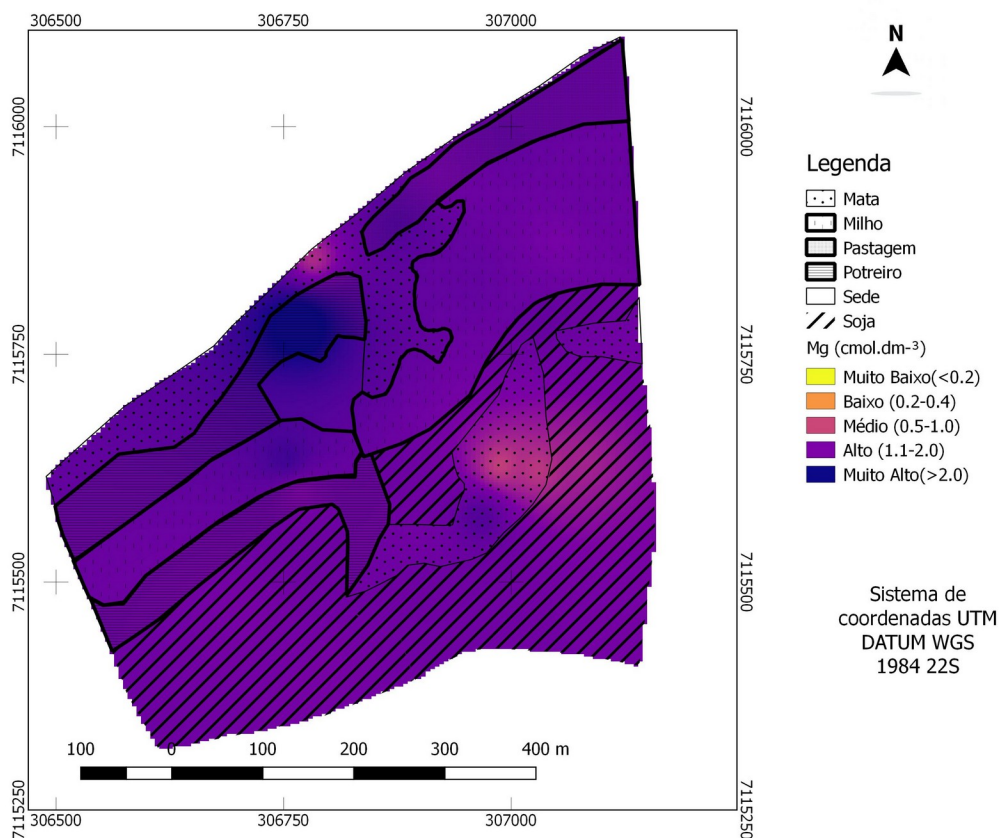
Fonte: Autor (2021).

Assim como observado para o Ca, o Mg (Figura 4) também apresentou elevada homogeneidade, com predomínio de níveis muito altos em cerca de 75% das amostras e outros 25% em níveis altos. Tal resultado está relacionado ao material de origem basáltico, em cuja assembleia mineralógica apresenta elevados teores de minerais ferromagnesianos (SCHIAVON; REDONDO; YOSHIDA, 2007).

Com relação ao pH (Figura 5), pode-se observar que 50% das amostras apresentaram resultados em níveis altos e outras 25% níveis médios, porém, mesmo em níveis médios a altos há presença de acidez, sendo que os ideais

para culturas como soja seriam em torno de 5,8 (GITTI; ROSCOE, 2017). E para culturas como milho de 6 a 7,2, sendo esta cultura sensível a pH abaixo de 5,0 pois o alumínio reduz o crescimento de raízes (YARA, 2019).

Figura 4 – Variabilidade espacial do elemento Magnésio (Mg). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.



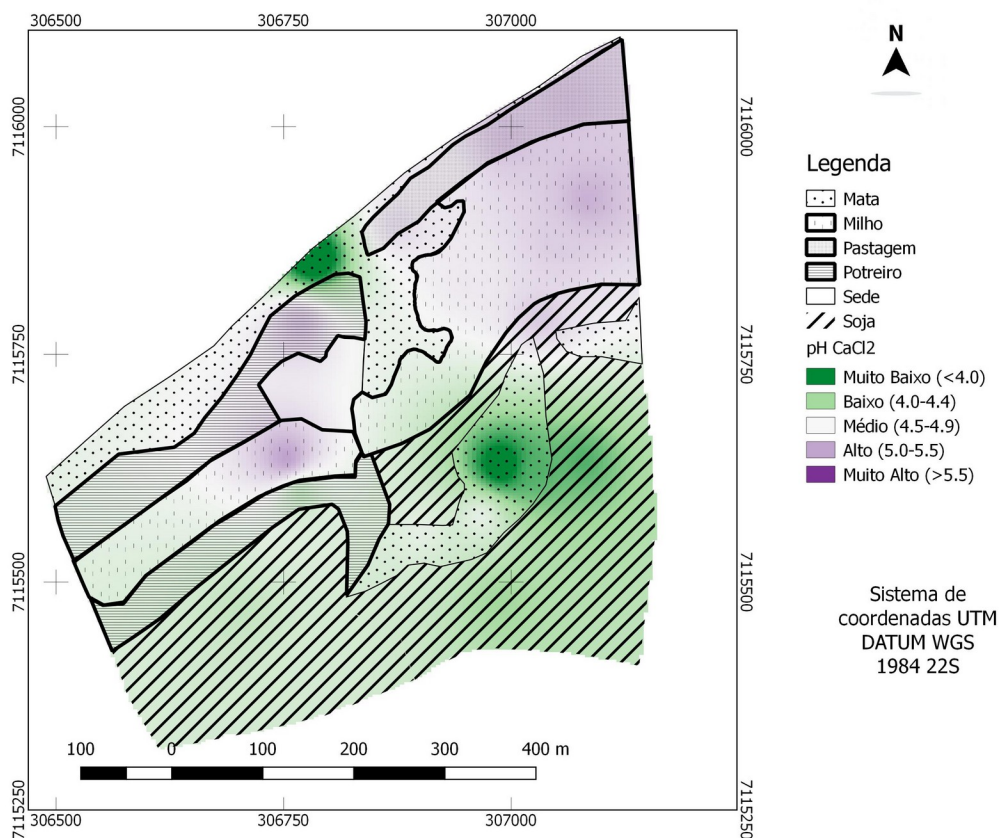
Fonte: Autor (2021).

As áreas de mata apresentaram níveis muito baixo de acidez, o que por sua vez pode ser considerado natural devido à escassez de bases. Além de processos de formação do solo que removem elementos básicos como K, Ca, Mg há de se considerar que, nestas áreas, nunca foram realizadas calagem (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1991).

Em relação ao V%, a área apresentou elevada heterogeneidade sendo que 50% da área foi classificação V% alta. Entretanto, áreas menores apresentaram valores variando de muito baixo, baixo, médio a muito alto, evidenciando a necessidade de calagem em áreas de soja sendo que níveis ideais seriam em torno de 50% para tal variável, em relação ao cultivo de soja (VITTI; TREVISAN, 2000). O V% (Figura 6) mostra diretamente a necessidade de calagem, cuja técnica tem por objetivo diminuir a acidez do solo, além de fornecer Ca e Mg, sendo o Ca

responsável por um maior crescimento de raízes, conseqüentemente tendo assim uma maior procura de água pelas plantas, além de nutrientes (SANTIAGO; ROSSETTO, 2021).

Figura 5 – Variabilidade espacial pH do solo. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

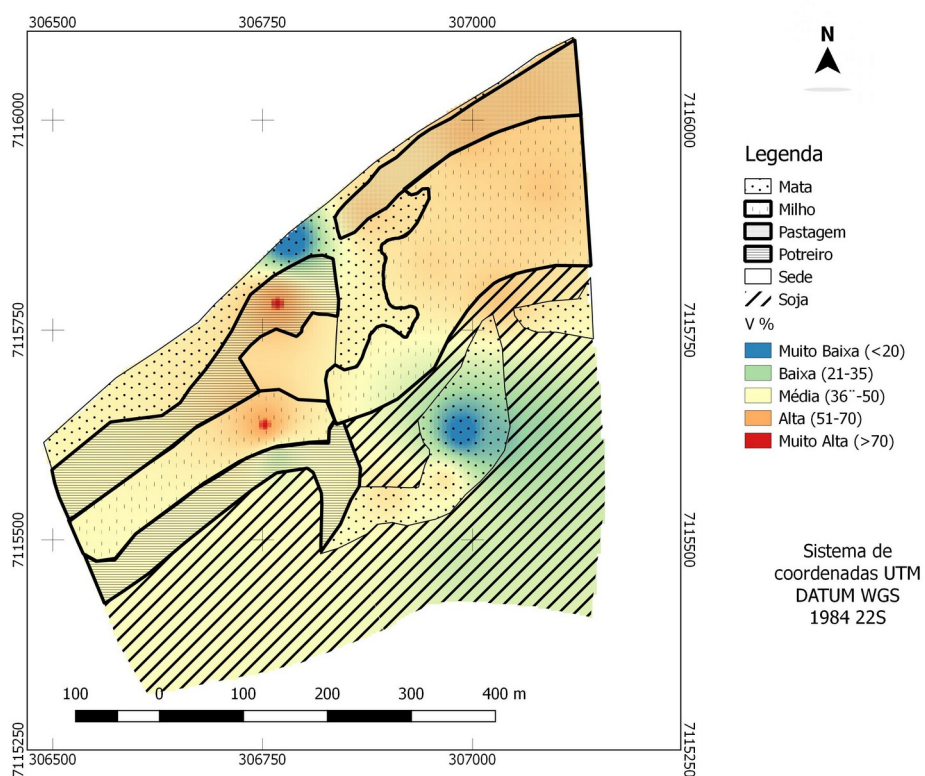


Fonte: Autor (2021).

Nas áreas de mata, os baixos valores de V% pode ser explicado pelo fato de ser um manejo o qual não se é aplicado corretivo, lembrando que solos brasileiros são ácidos por natureza, devido a lixiviação constante que são submetidos (SANTIAGO; ROSSETTO, 2021). Quanto a saturação por alumínio, foi observado que em cerca de 75% das amostras, os níveis muito baixos e outros 15% em níveis baixos Ciotta *et al.* (2002), evidenciam que o uso de Ca e Mg contribuem para a diminuição da atuação do al na solução.

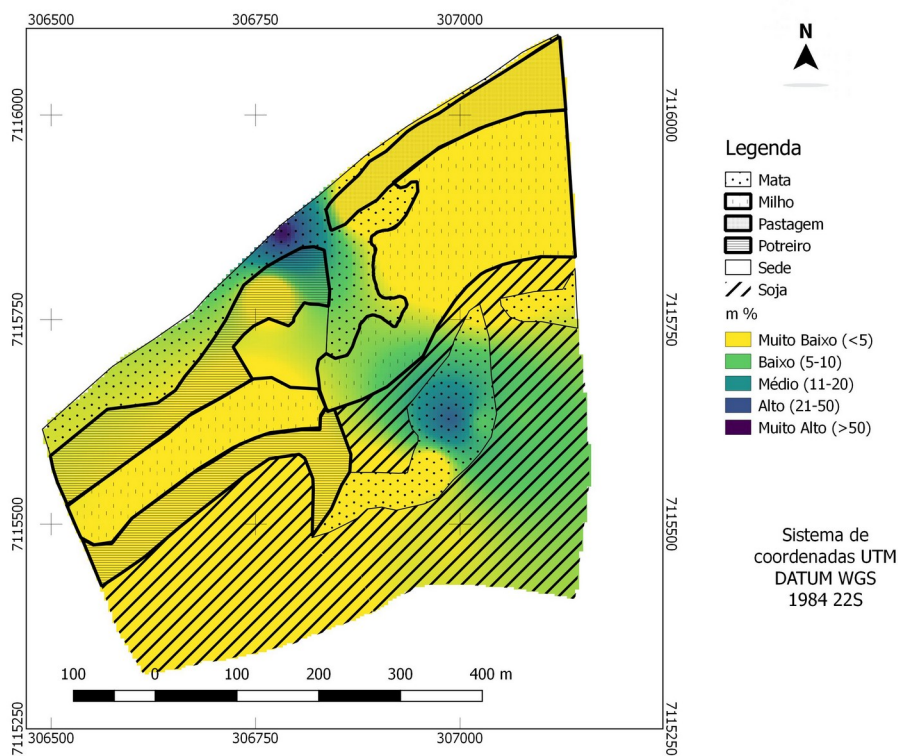
Em áreas de mata os dados são altos (5%) e muito altos (5%), tal fato pode estar agregado aos valores de pH que nesta área também são altos, fazendo com que o alumínio se mantenha em alta atuação. Além disto, pode ser destacado que nestas áreas não é usado de calagem contribuindo para que a saturação se mantenha em níveis altos.

Figura 6 – Variabilidade espacial do elemento Saturação de bases (V%). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.



Fonte: Autor (2021).

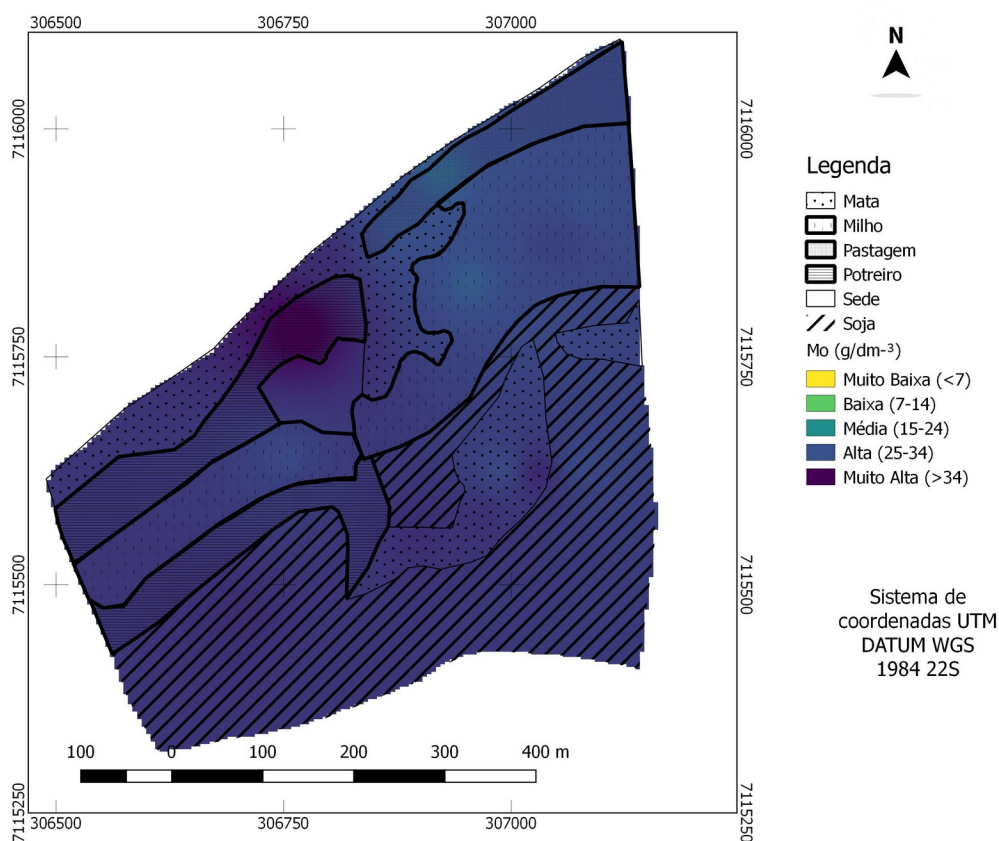
Figura 7 – Variabilidade espacial da saturação por alumínio (m%). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.



Fonte: Autor (2021).

Quanto à matéria orgânica, basicamente se obteve níveis de muito altos a níveis altos, tanto nas áreas de lavoura de milho, soja, poteiros, matas e pastagens. Tais resultados podem ser justificados devido ao fato de o município estar localizado em uma região com clima Cfa, o que segundo a classificação de Koppen, nos climas temperados os invernos amenos acima de $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ e abaixo de $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e verões chuvosos com temperaturas passando de $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ esporadicamente (FRANCISCO BELTRÃO, 2017). Com tais temperaturas diminuindo a atividade biológica do solo ocasionando menor decomposição e mineralização da matéria orgânica (REIS; RODELLA, 2002).

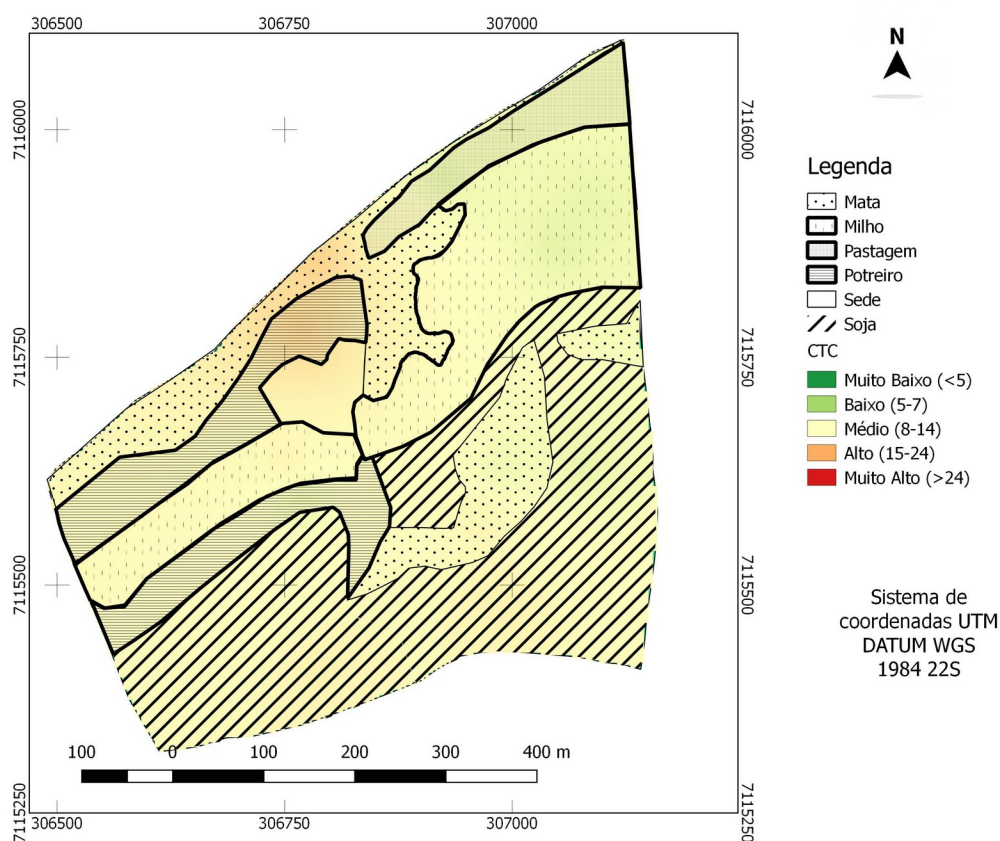
Figura 8 – Variabilidade espacial do elemento Matéria Orgânica (Mo). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.



Fonte: Autor (2021).

Para o quesito CTC: 80% das amostras apresentaram níveis médios e outros 20% altos (Tabela 1), tais dados se comportaram homogêneos na área em estudo. O ocorrido de a CTC estar em níveis médios a altos pode ser pelo fato de que ela depende diretamente dos níveis de matéria orgânica (SOUSA; LOBATO, 2021).

Figura 9 – Variabilidade espacial da CTC. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.



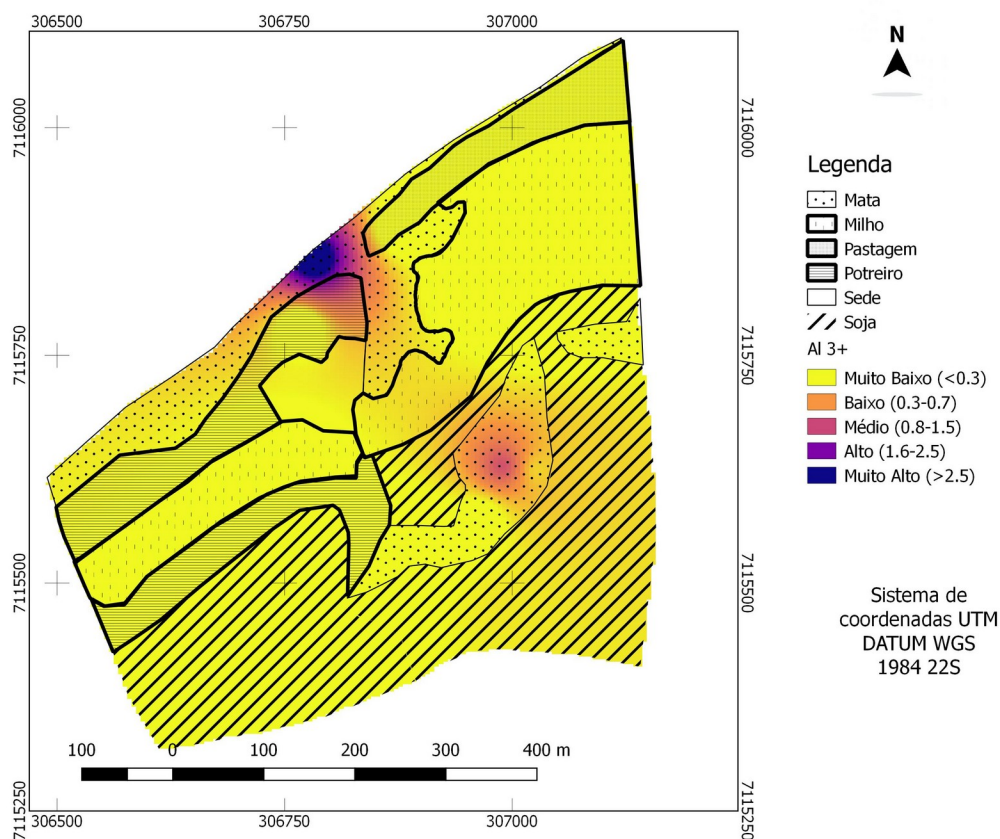
Fonte: Autor (2021).

A CTC do solo pode ser um fator determinante na adubação de alguns elementos como o K, sendo a CTC representante do que o solo é capaz de reter em cátions. Assim, o potássio sendo pouco adsorvido em coloides, e em solos com menor CTC a lixiviação tende a ser maior (DUARTE; PEREIRA; KORNDÖRFER, 2013).

Os teores de alumínio identificados foram muito baixos, com exceção das áreas de mata, as quais apresentaram 5% dos teores em níveis muito altos e 5% em níveis médios. Tal resultado pode ser explicado pelo fato da alta presença de matéria orgânica nestes casos (EBELING *et al.*, 2008).

Dessa forma, nas restantes áreas cujo teor de alumínio aparece em níveis muito baixos ou baixos, pode-se concluir que é devido ao uso de calagem, isso como forma de neutralizar este elemento, por meio da formação de hidróxidos. Tal prática, está sendo bem viável como correção de solo, pois, pode além disto aumentar o teor de fósforo disponível diminuindo os locais de fixação (SANTIAGO; ROSSETTO, 2021).

Figura 10 – Variabilidade espacial do elemento Alumínio (Al^{3+}). UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.



Fonte: Autor (2021).

5.3 RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E A FORMA DE MANEJO

De acordo com análise dos componentes principais pode-se observar que dentro de dois componentes DIM1 e DIM2 (Tabela2), explicam 86.034% da variância dos atributos químicos da área em estudo, evidenciando assim a elevada homogeneidade da área em estudo.

Tabela 2 – Altos valores e alto vetores da análise de componentes principais. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

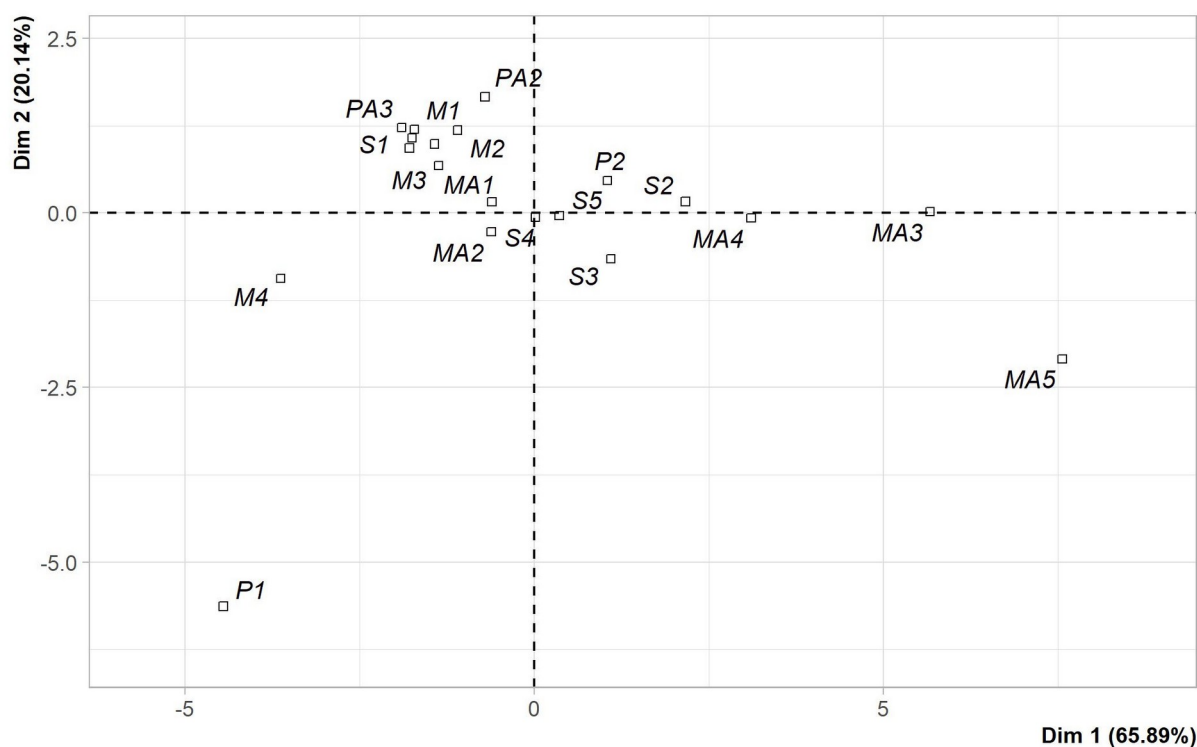
	DIM1	DIM2
Autovalores	7.907	2.417
Variabilidade (%)	65.891	20.143
Acumulado (%)	65.891	86.034

Fonte: Autor (2021).

A variabilidade espacial dos atributos observada no estudo está diretamente associada aos manejos, principalmente nos manejos com soja (S), pastagem (PA) e milho (M), onde estes se concentraram na extremidade positiva do eixo Dim 2 da Figura 12 com elevada proximidade entre estes manejos. Esta elevada proximidade entre estes manejos, evidencia que em relação à fertilidade do solo, estas áreas são altamente semelhantes. É importante destacar que, em três anos consecutivos, esta área foi usada alternadamente entre milho e pastagem, sendo pastagens de verão, milheto, e milho silagem e para inverno aveia preta para pastejo.

O que mais se difere são as amostras de potreiro (P1 e P2). Tal resultado pode estar relacionado ao fato de a análise P1 estar localizada em área de várzea, perto de açude e com mata próxima, enquanto a P2 se localiza no topo do morro. Uma das principais diferenças observadas é a quantidade de MO onde P1 apresenta 64,83 (gdm⁻³), e na análise P2 41,55 (gdm⁻³), porém com todos os valores maiores na P1 que P2.

Figura 11 – Análise de componentes principais referentes à análise química do solo em diferentes condições de manejo. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021

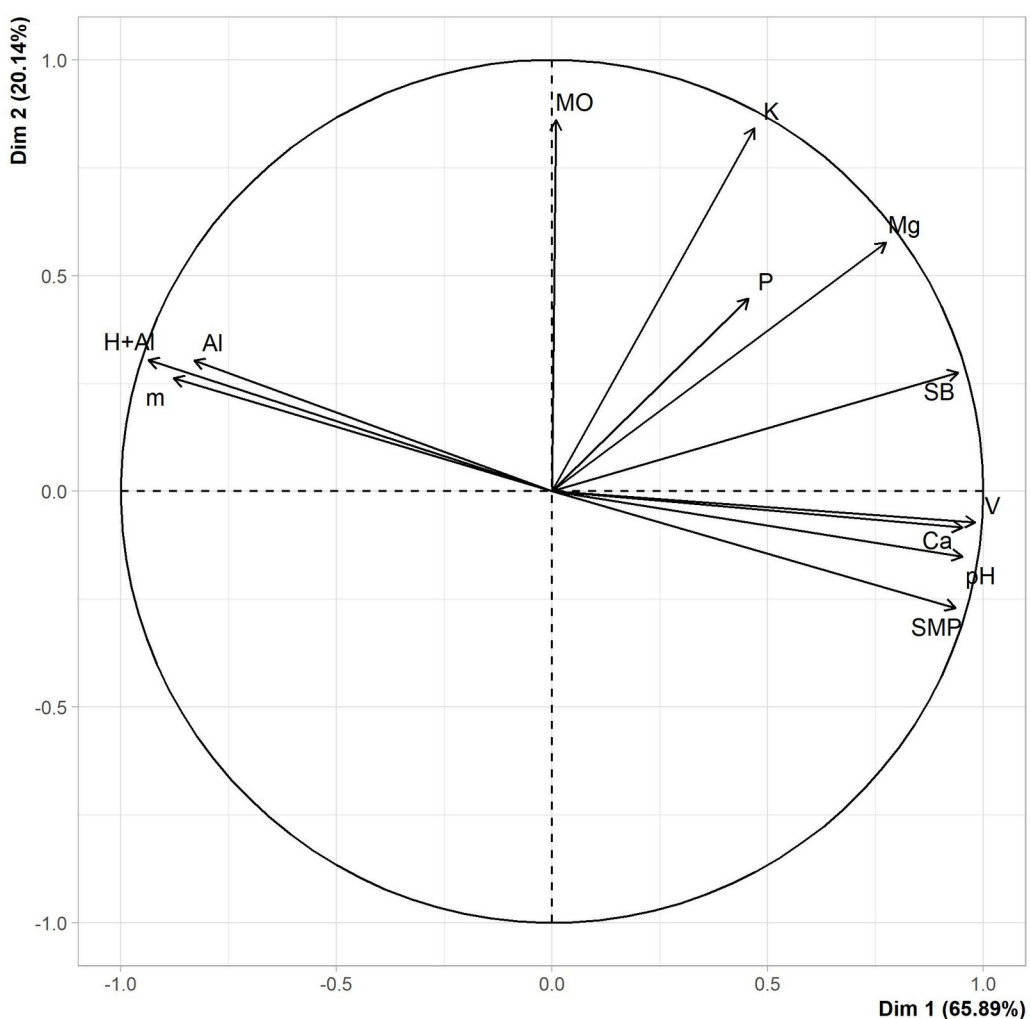


PA Pastagem; S soja; M milho; MA Mata; P Potreiro

Fonte: Autor (2021).

As áreas de mata (MA) foram melhores representadas pela Dim 1, especialmente em se tratando dos pontos MA5 e MA3 que apresentaram tendência de se posicionar na extremidade positiva do eixo Dim 1. Este resultado, em especial, sugere que mesmo áreas nunca manejadas com fertilizantes e corretivos, como é o caso de matas, pode apresentar elevada fertilidade natural, uma vez que a porção positiva do eixo Dim1 foi que apresentou maior relação com os parâmetros SB, V%, Ca, Mg e pH SMP (Figura 13). Por outro lado, as outras variáveis, MA1, MA2 e MA4 apresentaram tendência a se posicionar próximo a áreas manejadas com S, M, PA, o que fortalece a tese que a área de matas podem apresentar elevada fertilidade natural, mesmo nunca tendo recebido adubação e correção.

Figura 12 – Variabilidade de elementos químicos UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.



Fonte: Autor (2021).

A análise permitiu visualizar uma interação positiva entre componentes como K, P e Mg, ainda no mesmo quadrante aparecem elementos como MO e teor de SB. Já os elementos como Ca, V%, pH e índice SMP tem forte interação positiva entre si, evidenciada ângulo agudo entre as linhas que representam cada elemento. O que também acontece em elementos como H+Al, Al, e m, porém quadrantes opostos.

5.4 USO DO SIG DE CÓDIGO ABERTO NA AGRICULTURA

Através do processamento dos resultados das análises químicas do solo no software QGIS foi possível identificar áreas de maior ou menor fertilidade, bem como separá-las em manejos e de acordo com cada uma de suas fraquezas e potencialidades. Nesse sentido, pode ser auxiliado na tomada de decisões, bem como para aquelas áreas deve-se prestar mais atenção, além de auxiliar na adubação de forma distinta de acordo com cada necessidade. Deste modo, acaba ajudando o proprietário a produzir com menor custo, maior escala de produção e melhor eficiência.

6 CONCLUSÕES

1. Ao se utilizar um SIG de código aberto (QGIS) se obtêm uma ferramenta de baixo custo e eficiente para diagnóstico e planejamento de propriedades familiares.
2. A área apresentou boa fertilidade com forte influência do material de origem (Basalto). Entretanto, deve-se ter atenção a níveis de V% em determinados talhões, bem como de níveis de P e K os quais estão bem desuniforme, devido as diferentes formas de manejo, as quais podem exigir mais destes elementos e não tendo o aporte necessário.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao chegar ao fim deste trabalho evidenciamos que ferramentas gratuitas de diagnóstico de fertilidade bem como mapeamento, são uma ótima alternativa para propriedades familiares de pequeno porte. Ademais, deve-se ter atenção aos níveis de fertilidade da propriedade de acordo com cada manejo, pois alguns exigem mais do solo que outros.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Eliseu (Org.). **Migração rural–urbana, agricultura familiar e novas tecnologias**. 1. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/121730/1/migracaoruralurbana.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- CAMPANA, Ana Carolina Mota; IVO JÚNIOR, José RIBEIRO; NASCIMENTO, Moysés. Uma proposta de transformação de dados para análise de componentes principais. **RME**. v. 28, n. 2, p. 103--115, 2010. Disponível em: http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v28/v28_n2/A7_AnaCarolina_PauloIvo.pdf. Acesso em: 13 jul. 2021.
- CASTRO, Adilson de Oliveira Junior, Cesar de; OLIVEIRA, Fábio Alvares de. **Potássio: cuidados para a manutenção do equilíbrio nutricional da soja**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178923/1/folder-nutricao-2018-OL-1.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2021.
- CIOTTA, Marlise Nara; BAYER, Cimelio; ERNANI, Paulo Roberto; FONTOURA, Sandra Mara Vieira; ALBUQUERQUE, Jackson Adriano; WOBETO, Celso. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 1055--1064, dez. 2002. DOI 10.1590/S0100-06832002000400023. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832002000400023&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 1 jul. 2021.
- COELHO, Antônio Marcos. **Nutrição e Adubação do Milho**. Sete Lagoas, ,10 p. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2021.
- DONATTI, Douglas. **Uso do quantum GIS na caracterização e gerenciamento de propriedades rurais**. 2018. 46 f. Monografia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14134/2/PB_COAGR_2018_1_06.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.
- DUARTE, Ivaniele Nahas; PEREIRA, Hamilton Seron; KORNDÖRFER, Gaspar Henrique. Lixiviação de potássio proveniente do termopotássio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 195--200, jun. 2013. DOI 10.1590/S1983-40632013000200003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/R5xzTFSvMXmkCNtdnzFVd7k/?lang=pt>. Acesso em: 1 jul. 2021.
- EBELING, Aderson Gilvani; ANJOS, Lúcia Helena Cunha dos; PEREZ, Daniel Vidal; PEREIRA, Marcos Gervasio; VALLADARES, Gustavo Souza. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 429–439, 2008. DOI 10.1590/S0006-87052008000200019.

Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052008000200019&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 1 jul. 2021.

EMBRAPA. Adubação das pastagens. 2021. **Embrapa Gado de Corte**. Disponível em: <https://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc111/03adubacao.html>. Acesso em: 13 jul. 2021.

EMBRAPA. **Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Agropensa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>.

FAGIOLI DA SILVA, Alessandra; SOARES DE SOUZA LIMA, Julião; BATISTA DE OLIVEIRA, Rone. Métodos de interpolação para estimar o pH em solo sob dois manejos de café arábica. **Idesia (Arica)**, v. 28, n. 2, ago. 2010. DOI 10.4067/S0718-34292010000200007. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292010000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 13 jul. 2021.

FAO. Representante da FAO **Brasil apresenta cenário da demanda por alimentos**. jun. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/901168/>. Acesso em: 13 abr. 2021.

FRANCISCO BELTRÃO, Prefeitura Municipal. Dados geofísicos. **Plano Diretor Municipal**. Francisco Beltrão: IPPUB-Instituto de pesquisa e planejamento urbano, 2017. v. 1, p. 71--86. Disponível em: <http://www.franciscobeltrao.pr.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/PDM-2017-V1-4-DADOS-GEOF%C3%8DSICOS-Final.pdf>. Acesso em: 10 out. 2020.

GHIDIN, André Ademir; MELO, Vander de Freitas; LIMA, Valmiqui Costa; LIMA, Jane Maria Jonasson Costa. Toposequências de latossolos originados de rochas basálticas no Paraná - Mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, , p. 293--306, mar. 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832006000200010&script=sci_arttext. Acesso em: 10 out. 2020.

GITTI, Douglas de Castilho; ROSCOE, Renato. Manejo e Fertilidade do Solo para a Cultura da Soja. **Manejo e Fertilidade do Solo**. Maracaju: [s. n.], 2017. p. 16--45. Disponível em: https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/267/267/5ae094693ac7eb62b18892214e39e87c4db50d63f6523_capitulo-01-manejo-e-fertilidade-do-solo-para-a-cultura-da-soja-somente-leitura-.pdf. Acesso em: 1 jul. 2021.

GUIMARÃES, Elisete. **Caracterização química de solos basálticos atreavés de análises química e espectroscópica em laboratório e por satélite**. 2006. 117 f. Tese de doutorado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/10365/TESE-FINAL-ELISETE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 out. 2020.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/pdf/agricultura_familiar.pdf. Acesso em: 15 out. 2020.

JAKOB, Alberto Augusto Eichman; YOUNG, Andrea Ferraz. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. *In*: XV ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 2006. Caxambu: [s. n.], 2006. p. 22. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/viewFile/1530/1494>. Acesso em: 13 jul. 2021.

CÓ JÚNIOR, Caramo. **Matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e acidez potencial no solo com dezoito cultivares de cana-de-açúcar**. 2011. Tese de doutorado – Univesidade Estadual Paulista, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/105242>. Acesso em: 15 abr. 2021.

KER, João Carlos. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, v. 1, n. 5, p. 17--40, 1997. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/issue/view/622>. Acesso em: 22 maio 2021.

LARACH, Jorge Olmos Iturri; CARDOSO, Alcides; CARVALHO, Américo Pereira de; HOCHMÜLLER, Delcio Peres; MARTINS, João Souza; RAUEN, Moacyr de Jesus; FASOLO, Pedro Jorge; PÖTTER, Reinaldo Oscar; BARRETO, Washington de Oliveira; DURIEZ, Maria Amélia M.; JOHAS, Ruth A. Leal; ARAÚJO, Wilson Sant'anna de; PAULA, José Lopes De; ANTONELLO, Loiva Lizia; BEZERRA, Therezinha da Costa L.; BLOISE, Raphael Minotti; BANDEIRA, Orlando Faria; LIMA, Valdir Luiz De. **Levantamento e reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Instituto Agrônômico do Paraná, 1984. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/336076/levantamento-de-reconhecimento-dos-solos-do-estado-do-parana>. Acesso em: 10 out. 2020.

LOPES, Alfredo Scheid; SILVA, Marcelo de Carvalho; GUILHERME, Luiz Roberto Guimarães. **Acidez do solo e calagem**. 3. ed. São Paulo: ANDA, 1991. v. 1, . Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Acidez_do_solo_lopes_000fh4olxap02wyiv80rn0etnmu2l6ew.pdf. Acesso em: 1 jul. 2021.

MATOS, Talisson Sáteles; VIGOLO, Gustavo; BLOSFELD, Letycia Hass; HOFFMANN, Letícia Tamara; SHENG, Lee Yun; VENDRUSCULO, Laurimar Gonçalves; ZOLIN, Cornélio Alberto; TORRES, Renato. Inclusão em geotecnologias: quantum gis. *In*: V JORNADA CIENTÍFICA, 2016. [S. l.: s. n.], 2016. p. 83--85. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174484/1/2016-cpamt-zolin-geotecnologias-quantum-gis-p83.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.

ROSA NETO, Calixto; SILVA, Francisco de Assis Correa; ARAÚJO, Leonardo Ventura de. **Qual é a participação da agricultura familiar na produção de alimentos no Brasil e em Rondônia?** 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55609579/artigo---qual-e-a-participacao-da-agricultura-familiar-na-producao-de-alimentos-no-brasil-e-em-rondonia>. Acesso em: 13 jul. 2021.

QGIS. **Análise Espacial (Interpolação)**. 2020a. Disponível em: https://docs.qgis.org/2.14/pt_BR/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html. Acesso em: 13 jul. 2021.

QGIS. **O principal GIS de desktop de código aberto**. 2020b. Disponível em: <https://qgis.org/en/site/about/index.html>. Acesso em: 10 out. 2020.

REIS, Tadeu Cavalcante; RODELLA, Arnaldo Antonio. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 619--626, set. 2002. DOI 10.1590/S0100-06832002000300006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832002000300006&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 1 jul. 2021.

RIGHI, Eléia; BASSO, Luís Alberto. **Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas**. v. 12, p. 101--117, 2016. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/3531/pdf>. Acesso em: 12 maio 2020.

ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; SCHAEFER, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud; COSTA, Liovando Marciano da; CORRÊA, Marcelo Metri; FERNANDES FILHO, Elpídio Inácio; IBRAIMO, Momade Mamudo. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 953--964, dez. 2004. DOI 10.1590/S0100-06832004000600003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000600003&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 1 jul. 2021.

SANTIAGO, Antonio Dias; ROSSETTO, Raffaella. Calagem. [s. d.]. **Agência Embrapa de informação tecnológica**. 2021. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_34_711200516717.html. Acesso em: 24 jun. 2021.

SANTOS, Leonardo José Cordeiro; OKA-FIORI, Chisato; CANALI, Naldy Emerson; FIORI, Alberto Pio; SILVEIRA, Claudinei Tabora da; SILVA, Julio Manoel França da; ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 2, p. 3--12, 2006. Disponível em: http://sigep.cprm.gov.br/propostas/Tres_Morrinhos_Terra_Rica_PR_2006_Santos_et_al_RBG.pdf. Acesso em: 12 dez. 2020.

SANTOS, Leonardo José Cordeiro; OKA-FIORI, Chisato; CANALLI, Naldy Emerson; FIORI, Alberto Pio; SILVEIRA, Claudinei Tabora da; SILVA, Julio Manoel França da. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 4, p. 812--820, dez. 2007. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/9251/8730>. Acesso em: 15 dez. 2020.

SAVOLDI, Andréia; CUNHA, Luiz Alexandre. Uma abordagem sobre a agricultura familiar, PRONAF e a modernização da agricultura no sudoeste do Paraná na década de 1970. **Revista Geografar**, v. 5, n. 1, p. 25--45, 2010. Disponível em:

<https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/17780/11607>. Acesso em: 12 maio 2021.

SBCS, NEPAR. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: [s. n.], 2017. . Acesso em: 14 jul. 2021.

SCHIAVON, Marco Antônio; REDONDO, Simone Ungari Azzolino; YOSHIDA, Inez Valeria Pagotto. Caracterização térmica e morfológica de fibras contínuas de basalto. **Cerâmica**, v. 53, p. 212–217, 2007. DOI 10.1590/S0366-69132007000200017. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ce/a/pnJ7zWgRQyHY7TWXLPV54kp/?lang=pt>. Acesso em: 1 jul. 2021.

SILVA, Fábio Cesar. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. In: EMBRAPA (org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 627. . Acesso em: 10 maio 2020.

SOBRAL, Lafayette Franco; BARRETTO, Marcos Cabral de Vasconcellos; SILVA, Airon José da; ANJOS, Joézio Luiz dos. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo**. 1. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. v. 206, . Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142260/1/Doc-206.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2021.

SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de; LOBATO, Edson. Latossolos. 2021. **Agência de informação Embrapa Bioma Cerrado**. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html. Acesso em: 1 jul. 2021.

SOUTO, Max Sander. **Pastagem de aveia e azevém na integração lavoura-pecuária: produção de leite e características do solo**. 2006. 80 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/5088/Pastagem%20de%20aveia%20e%20azev%c3%a9m%20na%20Integra%c3%a7%c3%a3o%20Lavoura-Pecu%c3%a1ria_Pr.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 1 jul. 2021.

SOUZA, Marcondes de Sá; JARDIM, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz; ARAÚJO JÚNIOR, George do Nascimento; SILVA, José Raliuson Inácio; LEITE, Maurício Luiz de Mello Vieira; TEIXEIRA, Vicente Imbroisi; SILVA, Thieres George Freire da. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **Pubvet**, v. 12, n. 5, p. 1--9, maio 2018. DOI 10.22256/pubvet.v12n5a91.1-9. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/artigo/4804/ciclagem-de-nutrientes-em-ecossistemas-de-pastagens-tropicais>. Acesso em: 1 jul. 2021.

TREVISAN, Rodrigo Gonçalves; MOLIN, José Paulo. **Sistemas de informação geográfica (SIG) para agricultura de precisão**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2019. Disponível em: http://www.agriculturadeprecisao.org.br/wp-content/uploads/2019/08/BT_1.pdf. Acesso em: 12 dez. 2020.

VARELLA, Carlos Alberto Alves. **Análise de componentes principais**. Seropédica: [s. n.], 2008. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/multivariada%20aplicada%20as%20ciencias%20agrarias/Aulas/analise%20de%20componentes%20principais.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2021.

VITTI, Godofredo Cesar; TREVISAN, William. **Manejo de macro e micronutrientes para alta produtividade da soja**. Piracicaba: Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, 2000. v. 90, . Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/08F02E1F75FC762883257AA30069C332/\\$FILE/Encarte%2090.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/08F02E1F75FC762883257AA30069C332/$FILE/Encarte%2090.pdf). Acesso em: 1 jul. 2021.

YARA. Produtividade do milho. 2019. **Yara Portugal**. Disponível em: <https://www.yara.pt/nutricao-de-plantas/milho/produtividade-milho/>. Acesso em: 1 jul. 2021.

ZOZ, Tiago; LANA, Maria do Carmo; STEINER, Fábio; FRANDOLOSO, Jucenei Fernando; FEY, Rubens. Influência do pH do solo e de fertilizantes fosfatados sobre a adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 4, n. 1, abr. 2009. Disponível em: <http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/view/579>. Acesso em: 1 jul. 2021.

APÊNDICES

Apêndice A – Análises de solo coletadas em campo. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021.

Pontos	MO (gdm ⁻³)	P (mgdm ⁻³)	K (Cmol.dm ⁻³)	pH (CaCl ₂)	SMP	Al 3+ (Cmol.dm ⁻³)	H+Al (Cmol.dm ⁻³)	Ca (Cmol.dm ⁻³)	Mg (Cmol.dm ⁻³)	SB (Cmol.dm ⁻³)	V(%)	m(%)
P1	33.51	3.01	0.10	5.10	5.80	0.00	5.76	5.70	3.10	8.90	60.71	0.00
P2	30.83	1.64	0.11	5.00	5.90	0.00	5.35	4.70	2.30	7.11	57.06	0.00
P3	34.85	4.82	0.09	5.30	6.10	0.00	4.61	5.70	2.70	8.49	64.81	0.00
P4	36.19	4.82	0.10	5.30	6.00	0.00	4.96	5.80	2.60	8.50	63.15	0.00
P5	34.85	3.72	0.20	5.40	6.10	0.00	4.61	5.20	2.50	7.90	63.15	0.00
P6	38.87	3.01	0.08	5.20	6.00	0.00	4.96	5.00	2.20	7.28	59.48	0.00
P7	32.17	12.32	0.12	5.00	5.80	0.00	5.76	5.40	2.70	8.22	58.80	0.00
P8	36.19	6.34	0.12	5.20	6.00	0.00	4.96	5.90	2.60	8.62	63.48	0.00
P9	36.19	12.32	0.13	4.20	5.30	0.45	8.36	2.60	1.50	4.23	33.60	9.62
P10	41.55	13.27	0.14	4.40	5.20	0.37	9.00	3.90	2.30	6.34	41.33	5.51
P11	42.89	8.35	0.14	4.70	5.40	0.05	7.76	5.20	2.10	7.44	48.95	0.67
P12	45.57	3.72	0.19	4.60	5.50	0.13	7.20	4.50	2.10	6.79	48.53	1.88
P13	45.57	2.66	0.17	4.80	5.70	0.09	6.21	5.50	2.30	7.97	56.21	1.12
P14	44.23	2.66	0.24	4.80	5.60	0.09	6.69	4.90	3.10	8.24	55.19	1.08
P15	36.19	0.97	0.11	3.80	4.90	1.36	11.26	0.70	1.10	1.91	14.50	41.59
P16	46.91	1.30	0.13	4.20	5.10	0.45	9.70	2.50	1.20	3.83	28.31	10.51
P17	45.57	1.30	0.09	3.70	4.40	3.60	16.33	1.20	1.40	2.69	14.14	57.23
P18	64.83	14.75	1.45	5.30	5.90	0.00	5.47	6.00	6.00	13.45	71.09	0.00
P19	36.19	17.40	0.66	5.50	6.20	0.00	4.28	6.30	3.60	10.56	71.16	0.00
P20	41.55	1.30	0.18	4.60	5.50	0.17	7.20	3.30	2.00	5.48	43.22	3.01

Fonte – Do autor (2021).