

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO HENRIQUE GARMUS

**MANEJO DE SOLO PÓS CULTIVO FLORESTAL PARA A IMPLANTAÇÃO DE
GRANDES CULTURAS**

DOIS VIZINHOS

2021

BRUNO HENRIQUE GARMUS

**MANEJO DE SOLO PÓS CULTIVO FLORESTAL PARA A IMPLANTAÇÃO
DE GRANDES CULTURAS**

**Management of soil post forest cultivation for the implementation of large
crops**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação, apresentado como requisito
parcial para obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR)

Orientador: Prof° Dr. André Pellegrini

DOIS VIZINHOS

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

BRUNO HENRIQUE GARMUS

**MANEJO DE SOLO PÓS CULTIVO FLORESTAL PARA A IMPLANTA
DE GRANDES CULTURAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 03/dezembro/2021.

André Pellegrini
Doutor

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos

Laércio Ricardo Sartor
Doutor

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos

Darlin Henrique Ramos de Oliveira
Mestre
Membro externo

**DOIS VIZINHOS
2021**

RESUMO

O solo é considerado o principal recurso natural para desenvolvimento de uma planta, fornecendo nutrientes e condições necessárias para seu crescimento. Suas condições físicas e químicas podem ser melhoradas através de análises periódicas de solo e práticas conservacionistas, buscando o equilíbrio solo-planta-ambiente. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico de práticas conservacionistas de manejo de solo pós cultivo florestal para implantação de grandes culturas de interesse agrônomo. O experimento foi desenvolvido em área particular localizada no Município de Goioxim-PR. O trabalho foi dividido em duas etapas, na primeira foi realizado manejo e análise do solo após a colheita florestal, e na segunda foi realizado, plantio e análises de solo após o plantio agrícola. Inicialmente foi realizado mapeamento da área, a fim de planejar os processos subsequentes. Posteriormente, foi realizado manejo do solo para implantação de culturas agrícolas em curva de nível com terraceamento para posterior realização de sistema rotação de culturas. Por fim, foi realizado as análises físicas de granulometria, e químicas: pH em água, teor de fósforo, potássio e sódio, acidez potencial e matéria orgânica para correção da fertilidade e calagem após o preparo do solo e após o plantio da primeira cultura inserida. Os resultados apontaram melhoras em todas as variáveis químicas analisadas após a correção do solo, porém os resultados ainda são inferiores ao desejado, pois o período entre a correção do solo e a segunda análise foi muito curto. Conclui-se que o planejamento e a utilização das técnicas de manejo conservacionistas de plantio aliados a correta correção do solo, podem proporcionar um ambiente quimicamente equilibrado para a inserção de culturas agrícolas.

Palavras-chave: Análises físicas e químicas do solo; Curva de nível; Rotação de cultura;

ABSTRACT

Soil is considered the main natural resource for the development of a plant, providing nutrients and conditions necessary for its growth. Its physical and chemical conditions can be improved through periodic soil analysis and conservation practices, seeking a soil-plant-environment balance. Thus, the objective of this work was to carry out a diagnosis of conservation practices of soil management after forestry cultivation for the implantation of large crops of agronomic interest. The experiment was carried out in a private area located in the municipality of Goioxim-PR. The work was divided into two stages, in the first, soil management and analysis was carried out after forest harvesting, and in the second, planting and soil analysis were carried out after agricultural planting. Initially, mapping of the area was carried out in order to plan the subsequent processes. Subsequently, soil management was carried out for the implantation of agricultural crops in a contour line with terracing for subsequent implementation of a crop rotation system. Finally, the physical and chemical analyzes were carried out: pH in water, phosphorus, potassium and sodium content, potential acidity and organic matter to correct fertility and liming after soil preparation and after planting the first crop inserted. . The results showed improvements in all chemical variables analyzed after soil correction, but the results are still lower than desired, as the period between soil correction and the second analysis was very short. It is concluded that the planning and use of conservation management techniques for planting, combined with correct soil correction, can provide a chemically balanced environment for the insertion of agricultural crops.

Keywords: Physical and chemical analysis of the soil. Contour line. Culture rotation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos	9
3 JUSTIFICATIVA	10
4 REVISÃO DE LITERATURA	11
4.1 Manejo de solo	11
4.2 Práticas conservacionistas	11
4.3 Análises de solos	12
4.4 Solos florestais	14
5 MATERIAL E MÉTODOS	15
5.1 Localização da área experimental	15
5.2 Caracterização do experimento	16
5.3 Colheita florestal	17
5.4 Mapeamento da área experimental	17
5.5 Curvas de nível e terraceamento	18
5.6 Análise de fertilidade do solo	18
5.6.1 pH em CaCl ₂	19
5.6.2 Teor de Fósforo (P) e Potássio (K)	19
5.6.3 Acidez Potencial	20
5.6.4 Matéria Orgânica	21
5.7 Análise de propriedades físicas do solo	21
5.7.1 Análise Granulométrica	21
5.8 Correção da fertilidade do solo	22
5.9 Sistema de rotação de culturas	22
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
6.1 Manejo inicial da área	23
6.2 Análise de fertilidade do solo	26
6.2.1 Acidez Potencial e pH em CaCl ₂	26
6.2.2 Teor de Fósforo (P) e Potássio (K)	28
6.2.4 Nitrogênio (N)	31
6.3 Análises de propriedades físicas	31
6.3.1 Análise Granulométrica	31

6.4 Correção da fertilidade do solo	32
6.5 Sistema de rotação de culturas	33
7 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A conservação do solo é uma prática que busca a utilização do solo para produção de grandes culturas, e ao mesmo tempo, evitar a perda de produtividade do mesmo (PACHECO, 1978). Entre os componentes necessários para a conservação, o preparo do solo é a atividade que possui maior influência na qualidade física deste, pois modifica diretamente sua estrutura (HAMZA; ANDERSON, 2005).

A qualidade física de um solo está relacionada diretamente aos processos em que o solo utiliza para manter seus serviços ecossistêmicos essenciais (MEA, 2005). Técnicas simples e confiáveis que buscam avaliar a qualidade de um solo, são objetos de investigações e seus resultados sistemáticos apresentam importância na qualidade do solo (STEFANOSKI *et al.*, 2013).

Os atributos mais utilizados para avaliação da qualidade física de um solo são, os que consideram dimensão e distribuição de poros, porosidade total, densidade do solo, resistência à penetração e distribuição do tamanho de partículas (SINGER; EWING, 2000).

Santos (2010) enfatiza que a estruturação de um solo é considerada indicadora da qualidade, devido ao grau de sensibilidade que apresenta às práticas de manejo de solo adotadas. Essas práticas adotadas, aliadas as análises de fertilidade dos solos fazem com que o solo ofereça uma base adequada para a sustentação e desenvolvimento das plantas, uma vez que estas análises são fundamentais para orientar o produtor ao preparo e correção da acidez e de fertilidade do solo (FRÁGUAS, 2005).

A correção da acidez do solo é importante, pois mesmo com o desenvolvimento e adaptação de cultivares tolerantes a acidez através de melhoramento genético, não se descarta a utilização de calcário na agricultura, devido sua importância nos diferentes níveis tecnológicos dos sistemas de produção (PITTA *et al.*, 2006). Diante do exposto, o trabalho teve o objetivo de analisar propriedades químicas do solo e desenvolver práticas conservacionistas de manejo de solo após cultivo florestal para implantação de grandes culturas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar a fertilidade e indicadores químicos do solo e desenvolver práticas conservacionistas de manejo de solo após cultivo florestal para implantação de grandes culturas.

2.2 Objetivos específicos

Realizar análise, interpretação e correção da fertilidade do solo;

Planejar práticas conservacionistas como: rotação de culturas, plantio em nível e terraceamento;

Realizar avaliações de indicadores físicos e químicos do solo.

3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos, áreas com cultivos florestais vem perdendo espaço para os de práticas agrícolas através principalmente da implantação de culturas anuais. Porém, com a retirada destes plantios comerciais, o solo tem apresentado grandes problemas para a implantação de uma nova cultura, uma vez que em anos, o nível de fertilidade diminui, pois não ocorre a reposição periódica de nutrientes necessários para que uma nova cultura se desenvolva em condições adequadas. Outro fator muito importante nessa transição é a alteração das propriedades físicas do solo, como a compactação, pelo transporte e passagem de máquinas florestais durante a colheita, o que implica diretamente na qualidade do solo e sua capacidade em promover o crescimento de plantas.

Esses dois fatores associados, trazem a necessidade de análises químicas e físicas periódicas nestas áreas, principalmente quando se deseja inserir uma nova cultura. Estas, propiciarão a correta correção da fertilidade e o manejo adequado do solo, como a inserção de práticas conservacionistas, assim, evitando prejuízos agrícolas e ambientais.

Neste sentido, é de grande valia estudar a qualidade dos solos em uma transição entre plantios florestais e agrônômicos, visando evitar danos que prejudiquem o desenvolvimento de plantas, possibilitando assim a utilização e recomendação de técnicas de manejo conservacionistas que minimizem impactos ambientais.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Manejo de solo

O solo é definido como formação natural desenvolvida na porção superficial da crosta terrestre, resultado da interação dos processos biológicos, químicos e físicos que ocorreram nessa camada (LEPSH, 2010). Assim, o manejo de solos é um conjunto de técnicas aplicadas a um solo buscando a produção agrícola, como as práticas culturais, correção e fertilização do solo, operações de cultivo, entre outros (DE ALCANTARA; MADEIRA, 2008).

O correto manejo de solos cultivados é de suma importância para conservação e alteração mínima em seus atributos originais, garantindo assim o desenvolvimento adequado das culturas (RODRIGUES *et al.*, 2016). Entretanto, sua realização de forma inadequada pode ser observada através das características biológicas, químicas e físicas do mesmo (RAMOS *et al.*, 2017).

Essas alterações são intensificadas pelo uso intenso de monocultivos no solo, uso de equipamentos inadequados, e a falta de práticas conservacionistas no mesmo (FREITAS, *et al.*, 2017). Desta forma, o preparo do solo é considerado a atividade que mais pode influenciar sob a qualidade do solo, pois atua diretamente na estrutura do mesmo (HAMZA; ANDERSON, 2005).

Nesse sentido, o manejo de solos florestais pós-colheita através de práticas conservacionistas, é importante, pois minimiza os impactos ambientais ocasionados nas propriedades do mesmo, possibilitando assim, a recomposição da matéria orgânica dos solos e sua disponibilidade de nutrientes (ARAÚJO, 2010).

4.2 Práticas conservacionistas

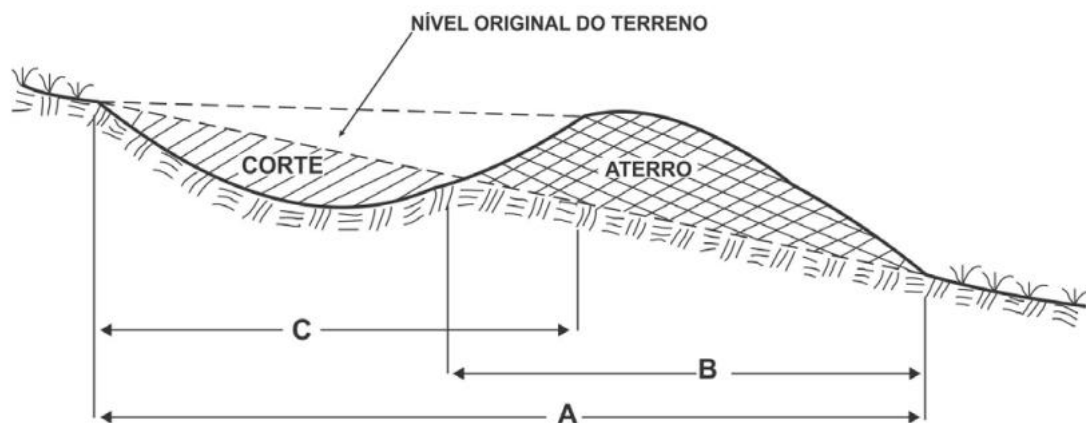
Entre as práticas agrícolas utilizadas tradicionalmente para conservação do solo, o plantio seguindo a curva de nível do terreno e a construção de faixas para retenção de água, vem sendo aplicada na maioria dos plantios a fim de evitar perdas de solo (DE ALCANTARA; MADEIRA, 2008).

Da mesma forma, a rotação de cultura é uma prática muito utilizada, que busca a alternância no tempo, de culturas com sistema radicular diferente, na qual cada espécie cultivada, deixa um efeito residual no solo, sendo positivo para o mesmo e para a cultura subsequente (GONÇALVES *et al.*, 2007).

A utilização de espécies não rentáveis nesse sistema em meio à grandes cultivos comerciais, tornam ao longo do tempo, um solo mais produtivo e mais sustentável ambientalmente, uma vez que essas espécies são importantes na formação de palhada no solo, evitando assim, perdas por erosão e degradação ambiental do solo, aumento da taxa de carbono, fertilização e ciclagem de nutrientes no mesmo (AITA; GIACOMINI, 2006).

Outra forma de conservação do solo é a inserção da cultura em sistema de curva de nível associado ao terraceamento (Figura 1). O terraceamento é considerado uma alternativa para evitar erosão, principalmente relevos mais ondulados, e é constituído por barreiras de solo mais elevada, e um canal que retém a água da chuva, evitando assim, o carregamento de matéria orgânica e demais nutrientes para fora da área (MARIA; PECHE FILHO, 2009).

Figura 1- Esquema representativo de um terraço em perfil. A - Faixa de movimentação de terra; B – Camalhão ou dique; C – o canal.



Fonte: Lombardi Neto *et al.* (1994).

4.3 Análises de solos

A análise de solos é o principal instrumento no diagnóstico da fertilidade do solo, permitindo a recomendação correta das quantidades necessárias de

calcário e adubos necessárias para obtenção de elevados rendimentos em culturas (EMBRAPA, 1997).

Através da análise de solos, pode-se observar todas as alterações no mesmo. Essas alterações nas propriedades dos solos, podem ser verificadas através de monitoramento dos atributos químicos, físicos e biológicos do local (ARAÚJO, *et al.*, 2013). Assim, torna-se importante o monitoramento destas condições a médio prazo, através de atributos como macro e micro porosidade, umidade, densidade, matéria orgânica, capacidade de infiltração de água, densidade de indivíduos da macrofauna edáfica e resistência a penetração (SOUZA *et al.*, 2005).

Entre esses atributos, os físicos possuem influência direta no desenvolvimento radicular de culturas agrícolas, e conseqüentemente gerando perda em sua produtividade (SILVA; REINERT; REICHERT, 2000). Estes, têm sido considerados indicadores de diferenças entre áreas de um mesmo Bioma com diferentes sistemas de uso do solo (ARAÚJO *et al.*, 2007; ASSIS *et al.*, 2015).

Outro ponto importante, são os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S e os micronutrientes B, Zn, Cu, Fe, Mn, Mo e Cl, fazem parte da constituição de minerais e matéria orgânica do solo onde a planta está inserida, porém a correta absorção dos mesmos só ocorre através de um manejo de solos adequado. Com conhecimento dos nutrientes disponibilizados no mesmo, a correção de um solo através da calagem, influencia diretamente na soma de bases, aumentando o complexo de troca, bem como, elevando a disponibilidade de nutrientes do mesmo (RONQUIM, 2010).

Em estudos avaliando solos com diferentes plantios florestais, Silva *et al.* (2009) observaram que em plantio com pinus, resultou no aumento da densidade e microporosidade do solo, seguido da diminuição da macroporosidade, em relação a solos com vegetação nativa. Esse aumento da densidade em solos florestais, pode estar relacionado com o tempo de utilização desta área, pouca cobertura do solo, arquitetura do sistema radicular e condições de umidade (COSTA *et al.*, 2003).

4.4 Solos florestais

A colheita florestal é uma atividade com a finalidade de extrair um povoamento florestal de uma determinada área, sendo composta pelo corte, descascamento e extração da madeira (MACHADO, 2002).

Essa atividade ocasiona a compactação do solo, através do impacto da passagem das máquinas sobre o mesmo, influenciando diretamente nas propriedades físicas (CAMARGO, 1999). A compactação é definida como um incremento na densidade do solo, ocasionada pela aplicação de pressão ou carga sobre o mesmo (BAVER; GARDNER, 1973). Esse fator, está diretamente relacionado a qualidade do solo e sua capacidade em promover o crescimento de plantas (DORAN; PARKIN, 1994).

Essa compactação de solo, depende do tipo e textura do solo, presença de resíduos florestais sobre o solo, teor de matéria orgânica, teor de umidade, e tipos e frequência de maquinários (WARKOTSCH *et al.*, 1994).

Além disso, outro desafio com a inserção de culturas anuais em solos florestais, principalmente posterior ao pinus, é a falta de nutrientes no local (SZYMCZAK, 2015), uma vez que a espécie não necessita de alto teor nutricional (REISSMANN; WISNIEWSKI, 1999).

O rápido desenvolvimento aliado a ausência de sintomas de deficiência nutricional, gerou nos produtores da cultura, a ideia de que a mesma não precisaria de fertilização mineral (EMBRAPA, 2001). Esse fator é ainda mais agravado através da exportação de nutrientes através da colheita, onde na maioria dos casos, só restam acículas e ponteiros como retorno de nutrientes ao solo, uma vez que após uma colheita florestal, o balanço nutricional do sistema solo-planta é negativo, o que gera a redução do potencial produtivo da área, sendo necessário um manejo do solo do local (SZYMCZAK, 2015).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização da área experimental

A área de estudo e manejo está localizada na área rural do Município de Goioxim – Paraná, localizado na região centro oeste do Paraná, sob as coordenadas 25°01'16" S e 52°04'12" W (Figura 02).

Figura 02 - Localização da área experimental.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

O clima da região é Cfb, segundo a classificação de Köppen, clima temperado com verão ameno, precipitação média entre 1100 e 2000 mm, e temperaturas médias abaixo de 22°C (IPARDES, 2007; ALVAREZ *et al.*, 2013).

A vegetação predominante é pertencente a Floresta Ombrófila Mista, dentro do bioma Mata Atlântica (IPARDES, 2007), e o solo da região é predominantemente Latossolo, porém com ocorrência também de Neossolos (GARCIA, 2007; EMBRAPA, 2018).

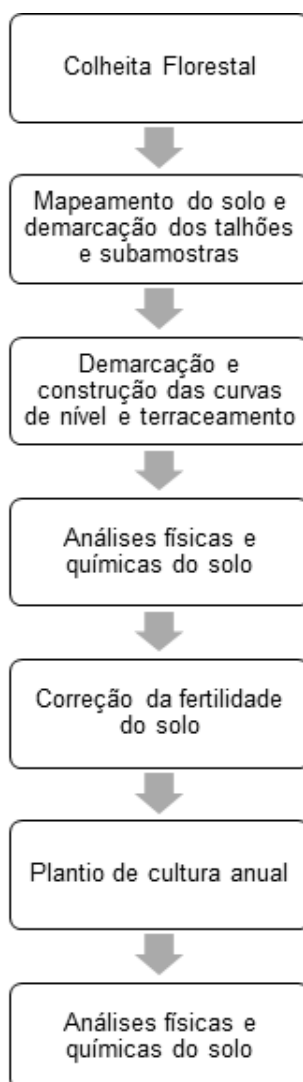
5.2 Caracterização do experimento

A área experimental apresenta 49,60 ha de extensão, sendo que inicialmente era composta por plantio florestal de *Pinus* sp.

Entre a área com cultivo florestal comercial, foram amostrados 4 talhões e, em cada talhão, foram feitas 3 subamostras para realização de todas as análises químicas e físicas da área.

A divisão dos talhões e sub amostras foram realizados após mapeamento da área, através de imagens do Google Earth (2021). O esquema abaixo, demonstra as etapas de realização do projeto.

Figura 3 - Esquema representativo da execução do presente projeto.



Fonte: Autoria própria (2021).

5.3 Colheita florestal

A colheita florestal e os processos subsequentes foram realizados através de maquinário próprio da fazenda em questão, não tendo finalidade no objeto de estudo.

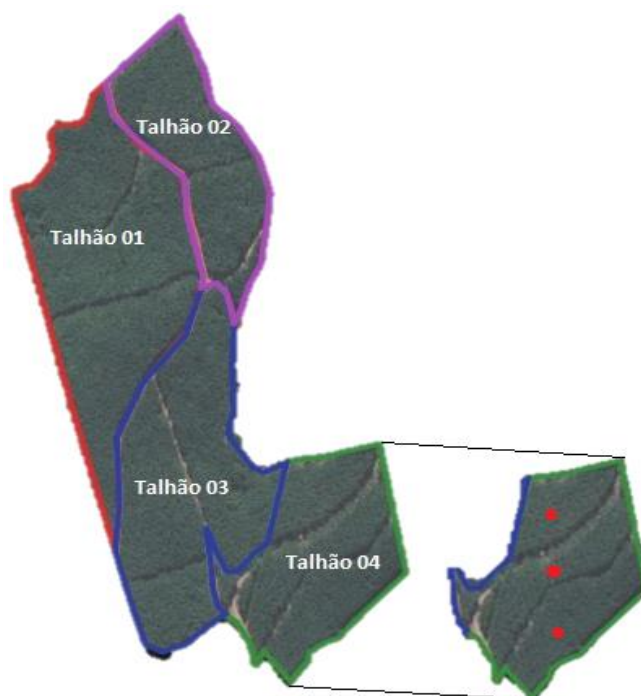
Após o término da colheita florestal presente na área, realizou-se o manejo inicial da propriedade para posterior implantação de culturas anuais.

5.4 Mapeamento da área experimental

Após a colheita florestal, foi realizado mapeamento da área com auxílio de imagens de satélite obtidas através de software Google Earth Pro, Versão 9.150.0.2.

Com base no mapeamento realizado, a área foi dividida em quatro talhões de acordo com o plantio que já se encontrava no local, e estes, divididos em 3 pontos, para realização das amostragens das variáveis analisadas. A divisão dos talhões e amostragem está esquematizada na figura abaixo.

Figura 4 - Representação da divisão de talhões e pontos de coleta.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2021).

5.5 Curvas de nível e terraceamento

Os dados de declividade do terreno foram obtidos através de mapeamento realizado. Após a obtenção do mapeamento, o planejamento do tipo do terraceamento Nichols foi obtido levando em consideração aspectos como o destino da água interceptada, modelo de construção, dimensão, topografia do terreno e a forma de secção (PASINI *et al.*, 2017).

Após a escolha do tipo de terraceamento utilizado, a distância entre os terraços foi obtida com auxílio de equipamento nível, levando em base as curvas de nível em que o relevo apresenta.

Com a determinação do tipo e distância dos terraços, a construção dos mesmos foi obtida através de máquina especializada para romper o horizonte textural e formar o canal coletor e o dique ou camalhão, conforme Zonta *et al.* (2012).

O manejo iniciou com o arranquio de tocos, utilizando máquina de retroescavadeira própria da fazenda. Após o arranquio, o solo foi preparado buscando revolver somente o necessário, a fim de evitar progressivas degradações físicas, químicas e biológicas no mesmo, bem como melhorar aspectos de aeração, estrutura e uniformidade dos agregados do solo no local

5.6 Análise de fertilidade do solo

As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-20 cm de profundidade com auxílio de pá de corte e encaminhadas ao laboratório de análises de solos provenientes de uma empresa terceirizada. Para todas as análises foram coletados 3 pontos em cada talhão, totalizando 12 amostras na área experimental.

As amostras foram coletadas após a preparação do solo pós colheita e após o plantio da cultura subsequente.

5.6.1 pH em CaCl₂

As amostras foram avaliadas segundo metodologia proposta pela Embrapa (1997), através do método de pH em CaCl₂. Para isso, 10 ml de solo foram colocados em um copo de plástico de 100 ml enumerados. Após, foram adicionados 25 ml de solução salina (CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹) no mesmo, as amostras foram homogeneizadas com auxílio de bastão de vidro individual e colocadas em repouso por uma hora. Posteriormente, as amostras foram agitadas novamente e submetidas a análise de pH com medidor de pH digital.

5.6.2 Teor de Fósforo (P) e Potássio (K)

As amostras foram analisadas com solução extratora Mehlich 1 (0,05 mol.L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol.L⁻¹), conforme metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017).

Para isso, foi pesado 10 g de solo (terra fina seca ao ar) e colocado em Erlenmeyer de 125 ml, com 100 ml da solução extratora. Agitou-se então a solução por cinco minutos em agitador circular horizontal, após, as amostras permaneceram em descanso por uma noite para decantar.

Para determinação de fósforo, 5 ml do extrato foi pipetado do tubo matriz e transferido para um novo recipiente e adicionado à mesma 10 ml de solução ácida de molibdato de amônio diluído e 30 mg de ácido ascórbico em pó (reductor). A solução foi agitada por dois minutos em agitador circular horizontal, e após, a solução permaneceu descansando por uma hora, para desenvolvimento de coloração. Em caso onde a solução apresentava elevada concentração, o extrato original foi diluído antes da adição da solução de molibdato de amônio para posterior leitura.

Por fim, foi realizada a leitura da solução através de espectrofotômetro-UV-Vis com comprimento de onda de 660 nm. A concentração de fósforo disponível no solo (mg kg⁻¹) foi obtido através da equação abaixo, em que, L é a leitura da amostra (absorbância); b é o coeficiente linear da reta dos padrões; a

é o coeficiente angular da reta dos padrões (intercepto); d é o fator de diluição da solução extratora Mehlich (d=1 quando não houver diluição de amostra) e o Valor 10 – valor da diluição solo: solução extratora.

$$P = \frac{(L - b)}{a} \cdot d \cdot 10$$

Para a determinação de potássio (K) trocáveis, a solução matriz do extrato obtido foi passada em fotômetro de chama. A equação utilizada está descrita abaixo, onde L é a leitura da amostra em meq L⁻¹, d é fator de correção que considera a diluição do extrato de leitura (quando necessário).

$$K = L \cdot d \cdot 390$$

5.6 3 Acidez Potencial

Para determinação da acidez potencial, foi utilizado metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017). Para isso, foi pesado 5 g de amostra de solo (terra fina seca ao ar) e colocada em Erlenmeyer de 125 ml, juntamente com 75 ml de solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ com pH 7,0.

A solução foi agitada por 10 minutos em agitador horizontal circular, e posteriormente, a solução permaneceu em descanso por uma noite. Após, foi pipetado 25 ml da solução sobrenadante e transferida para outro tubo, com cuidado para não ter arraste de partículas de solo.

Foi então adicionado três gotas de solução fenolftaleína e titulou-se a mesma com solução padronizada de 0,025 mol.L⁻¹ de NaOH até a mesma desenvolver coloração rósea. A equação para obtenção da acidez potencial do solo (cmol_c.kg⁻¹) está descrita abaixo, onde, H⁺+ Al³⁺ é a acidez potencial do solo; Va é o volume (ml) da solução padronizada de NaOH mol.L⁻¹ que foi utilizado para titulação; Vb é o volume de NaOH mol.L⁻¹ utilizado na prova em branco; valor 1,65 é fator de correção um; f é fator de correção dois (padronização da solução de NaOH)

$$(H^+ + Al^{3+}) = (Va - Vb) \cdot 1,65 \cdot f$$

5.6 4 Matéria Orgânica

Para determinação da acidez potencial, foi utilizado metodologia proposta por Teixeira *et al.* (2017). Para isso, foi pesado 5 g de amostra de solo (terra fina seca ao ar) e macerada a amostra em cadinho. Após, a amostra foi peneirada à 80 mesh e colocada em estufa a 65°C por um período de 24 horas. Posteriormente a amostra foi retirada da estufa e colocada em dessecador para resfriamento total.

Quando fria, a amostra foi pesada e levada à mufla a uma temperatura de 600°C por um período de 6 horas. A amostra foi então retirada e colocada em um dessecador para resfriamento total. Por fim, pesou-se o resíduo incinerado que sobrou no cadinho. A equação utilizada para determinação do teor de matéria orgânica (g.kg⁻¹) está descrita abaixo.

$$MOS = \frac{\text{massa seca (65°C)} - \text{massa do resíduo (600°C)}}{\text{massa seca (65°C)}} \cdot 1000$$

5.7 Análise de propriedades físicas do solo

As amostras foram coletadas nas profundidades de 0-20 cm de profundidade e encaminhadas ao laboratório de análises de solos provenientes de uma empresa terceirizada. Para todas as análises coletou-se 3 pontos em cada talhão, totalizando 12 amostras ao longo de toda área experimental.

As amostras foram coletadas após a preparação do solo pós colheita florestal.

5.7.1 Análise Granulométrica

A análise granulométrica foi realizada com base no método de densímetro descrito por Teixeira (2017). As amostras foi o coletadas nas profundidades de 0-20 cm de profundidade com auxílio de trado holandês.

As amostras ao chegarem ao laboratório de solos foram processadas em recipientes de vidro de 200 ml. Para montagem, foram pesados 50 g de solo,

10 ml de NaOH 6%, uma esfera de nylon e água destilada até completar o volume do recipiente. A prova controle foi realizada com todos os reagentes, exceto a amostra de solo.

5.8 Correção da fertilidade do solo

Após realização das análises de solo, foi realizada interpretação dos resultados a fim de se obter informações sobre a necessidade de compostos que o solo necessita.

Com as informações obtidas, foi realizada a correção da fertilidade do solo através de adubação e calagem conforme necessidade. A correção correspondeu à área experimental total.

5.9 Sistema de rotação de culturas

Com a correção da fertilidade realizada, o plantio das culturas terá início com a implantação da cultura da soja (*Glicine max*) pelo período do ano em que a área ficará apta ao plantio.

Após a colheita da soja, a entressafra outono-inverno será adotado sistema em consorcio de duas espécies de plantas de cobertura, a fim de proporcionar ao solo melhores condições para a cultura de inverno que será plantada na sequência.

5.10 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC). Os tratamentos foram: solo após floresta e solo após lavoura para comparação das demais variáveis. Após obtidos os dados, os mesmos foram tabulados em planilha eletrônica Excel®, e posteriormente submetidos ao teste de normalidade e posterior análise de variância, com comparação de médias entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa estatístico R versão 4.0.2 (R Core Team, 2019).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Manejo inicial da área

Após uma colheita florestal, as alterações nas características físicas do solo são inúmeras. Entre elas, pode-se citar a compactação do solo pela intensa movimentação de maquinários sobre ele, durante os processos de colheita, redução da porosidade do solo e conseqüentemente redução da umidade do mesmo (SZYMCZAK, 2013).

O preparo da área consistiu em várias etapas, sendo a primeira, uma operação mais grosseira, através do emparelhado com auxílio de trator com grade aradora para melhor revolvimento do solo, em uma profundidade entre 15 e 20 cm. Essa etapa inicial é realizada buscando um revolvimento do solo adequado, através do rompimento da camada compactada presente no mesmo, e com isso melhorar a penetração da água e desenvolvimento do sistema radicular das espécies implantadas subsequentes (ANJOS *et al.*, 2010).

Após a gradagem, realizou-se então a primeira parte das análises químicas, para determinar a necessidade de calagem, com base no Manual de Adubação e Calagem do Paraná.

Após a passagem da grade aradora, fez-se correção do solo através de calagem (fotografia 01) no mês de setembro/2021. Esse processo é necessário no preparo dos solos, pois é através da aplicação de calcário que se corrige a acidez do solo, e ao mesmo tempo fornece nutrientes às culturas, buscando sua máxima produção, seja em plantio convencional ou direto (MIRANDA *et al.*, 2005).

Fotografia 1 - Preparo do solo com grade aradora antes do plantio



Fonte: Autoria própria (2021).

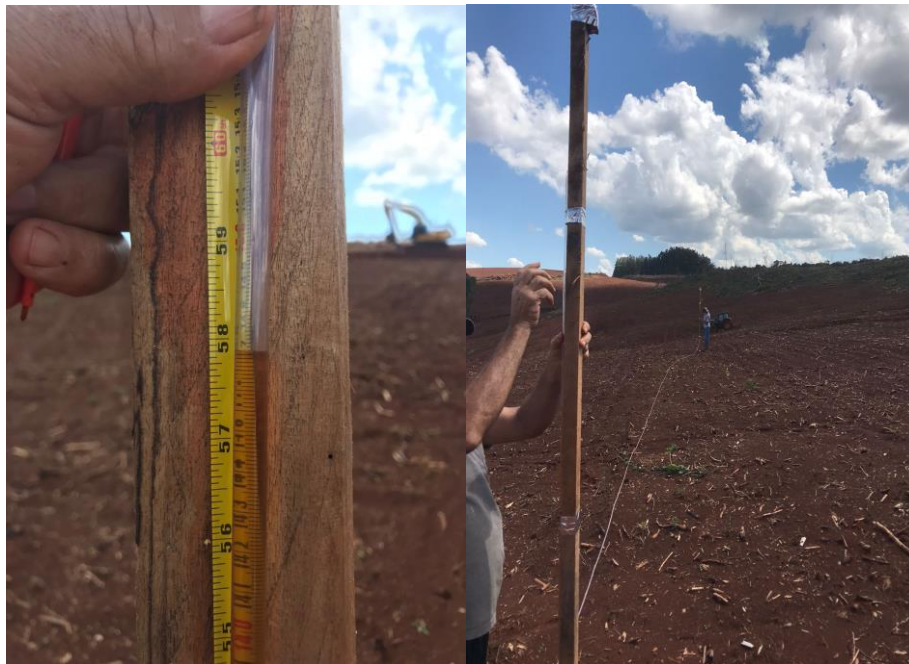
Após realização da calagem, foi revolvido esse solo com grade aradora novamente, buscando a incorporação desse produto no solo. Esse processo é realizado buscando a incorporação dos corretivos do solo utilizados, com o solo em preparo (ANJOS *et al.*, 2010). Savioli *et al.* (2019) ao avaliarem diferentes manejos do solo, constataram que a aplicação de calcário incorporada no solo com gradagem, resultou em maior diâmetro de caule para a soja.

A próxima etapa foi realizada buscando-se o nivelamento do terreno com auxílio de aferição de nível móvel, e movimentação do solo com niveladora acoplada em trator, a fim de determinar pontos para construção de curvas de nível (fotografia 2).

Análises físicas do solo como densidade do solo, porosidade do solo, água no solo e resistência mecânica do solo a penetração não puderam ser realizadas, por se tratar de uma área com grande movimentação do perfil superficial do solo, o que acarretaria em dados fora do padrão da área.

Após, realizou-se a aplicação de Superfosfato Simples, buscando a correção dos índices de P, S e Ca no solo. Essa aplicação foi realizada a 7 cm de profundidade do solo, e espaçamento entre linhas de 18 cm através de plantadeira acoplada em trator.

Fotografia 2 - Avaliação do nível da área para construção de curvas de nível.



Fonte: Autoria própria (2021).

Por fim, realizou-se a aplicação de cama de aviário na área, buscando melhorar a qualidade nutricional e aumentar a matéria orgânica do mesmo antes da semeadura.

Fotografia 3 – Plantio da cultura da soja (*Glicine max*) na área do experimento pós correção da fertilidade.



Fonte: Autoria própria (2021).

A semeadura (fotografia 03) foi realizada inicialmente com Soja (*Glycine max*) no dia 25/09/2021, com previsão de colheita em 10/03/2022, sendo a área dividida em duas cultivares (TMG 7062 e TMG 5909).

Para a cultivar TMG 7062 foi utilizado plantio com espaçamento de 8,33 cm entre as sementes, totalizando 12 sementes por metro de linha plantada. Já a cultivar TMG 5909 foi utilizado plantio com espaçamento de 6,25 cm entre as sementes, totalizando 16 sementes por metro de linha plantada.

6.2 Análise de fertilidade do solo

6.2.1 Acidez Potencial e pH em CaCl₂

Os resultados obtidos para as variáveis analisadas de saturação por bases e pH dos quatro talhões amostrados estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 1 - Média de saturação por base (V%) e pH em CaCl₂ dos talhões avaliados, antes e depois do manejo do solo, na profundidade de 0-20cm.

	Saturação por bases (V%)		pH (CaCl ₂ 0,01 mol. dm ³)	
	Antes manejo	Após manejo	Antes manejo	Após manejo
Talhão 01	41,09 a	49,2 a	4,4 a	4,77 a
Talhão 02	46,11 a	49,2 a	4,5 a	4,77 a
Talhão 03	41,10 a	49,3 a	4,3 a	4,79 a
Talhão 04	40,33 a	48 a	4,4 a	4,78 a
Média geral entre talhões	42,16 B	48,90 A	4,40 B	4,77 A
CV%	7,99%	1,68%	9,78%	11,59%

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e letras maiúscula na linha não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Fonte: Autoria própria (2021).**

Os índices avaliados (pH e saturação por bases) tiveram um aumento após o manejo do solo em todos os talhões analisados. Esse aumento ao ser comparado com antes do manejo e depois do manejo apresentaram diferenças estatísticas entre eles.

O média de pH (CaCl_2 0,01 mol.dm³) final da área de estudo após o manejo, ficou em 4,77, um pouco abaixo do recomendado pelo Manual de adubação e calagem do Estado do Paraná (2017) para o cultivo de soja, que está entre 5,0 e 5,5.

Da mesma forma, a saturação por bases (V%) recomendado pelo Manual de adubação e calagem do Estado do Paraná (2017) para o cultivo de soja, está entre 51% e 70%. Ambos apresentaram valores abaixo do esperado após o manejo, com média final de 48,90%.

Essa diferença após a correção do pH do solo, pode ser explicada por se tratar de uma análise realizada próximo ao manejo e sua correção do solo. Em áreas onde o solo é manejado de forma intensa, o recomendado é que a análise final do solo seja realizada entre dois a três meses após a correção do solo, visto que o mesmo leva tempo para reagir no solo e só assim alterar o pH do mesmo (SBCS, 2016).

A reatividade do calcário, depende da granulometria do produto após a moagem e da concentração de CaCO_3 e MgCO_3 em sua composição, pois partículas muito grandes de calcário levam mais tempo para reagir no solo, e com isso, mais tempo até apresentar os resultados desejados, enquanto partículas mais finas, reagem mais rápido e apresentam menor poder residual no mesmo (QUAGGIO, 2000).

Outro fator que explica essa baixa alteração no pH e na saturação por bases, é a técnica de manejo utilizada, material de origem do solo e a forma de relevo que a área se encontra (TEIXEIRA *et al.*, 2018).

6.2.2 Teor de Fósforo (P) e Potássio (K)

Os teores de fósforo e potássio no solo estão apresentados na tabela abaixo, nos quatro talhões avaliados, antes do manejo e depois do manejo.

Tabela 2. Médias de teores de fósforo e potássio no solo, antes e depois do manejo do solo.

	Teor de Fósforo (mg/dm ³)		Teor de Potássio (cmol/dm ³)	
	Antes manejo	Após manejo	Antes manejo	Após manejo
Talhão 01	3,3 a	3,17 a	0,43 a	0,25 a
Talhão 02	3,1 a	3,17 a	0,26 b	0,25 a
Talhão 03	3,1 a	2,95 a	0,28 b	0,26 a
Talhão 04	2,8 a	3,45 a	0,15 c	0,24 a
Média geral entre talhões	3,07 A	3,19 A	0,28 A	0,25 A
CV%	13,61%	9,21%	6,95%	11,15%

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e letras maiúscula na linha não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Fonte: Autoria própria (2021).**

Os dados apontam que para os níveis de fósforo no solo, não houve diferença significativa entre os talhões e entre os estados de manejo (antes e depois).

Para os níveis de fósforo no solo, os talhões antes do manejo do solo tiveram diferença significativa entre os mesmos, tendo maior variabilidade de teores nos talhões 1 (43 mg/dm³) e 4 (0,15 mg/dm³), enquanto que após o manejo e correção do solo, esses valores se mantiveram mais homogêneos, não apresentando variedade entre os talhões analisados.

Comparando os dados obtidos antes do manejo realizado, com os dados de recomendação de aplicação do Manual de Adubação e Calagem do Paraná, determinou-se que o teor de fósforo se enquadra como nível muito baixo,

necessitando de correção do mesmo no solo. Já o nível de potássio, enquadra-se como nível médio de teor de K no solo.

A disponibilidade de fósforo no solo logo após o plantio é baixa devido suas características químicas do fertilizante e do solo, sendo que o mesmo é disponibilizado ao longo do ciclo da cultura (OLIVEIRA; DUARTE, 2019).

O fósforo é um nutriente de grande importância no metabolismo das plantas, bem como nas taxas de fotossíntese e respiração da mesma (MELO; MENDONÇA, 2019). Quando o solo apresenta níveis baixos de fósforo, principalmente no início da cultura, seu desenvolvimento é afetado diretamente, resultando na baixa produção agrícola (HINSINGER, 2001).

Esse suprimento da deficiência por fósforo, pode ser obtida através de adubação fosfatada (CARMO *et al.*, 2014). Dessa forma, a partir da análise, realizou-se a correção do mesmo com fertilizante Superfosfato Simples® (18% de P_2O_5) como fonte, a fim de recuperar os níveis de fósforo na área.

Dados semelhantes foram obtidos por KANEKO *et al.* (2020), onde observaram que os índices de P não foram totalmente satisfatórios, pois o período entre a correção do solo e a análise foi muito curto, o que gerou indisponibilidade de parte do fósforo presente no solo, agravando mais ainda por esse nutriente estar em nível muito baixo inicialmente.

6.2.3 Matéria orgânica

Os dados apontam que dentre os talhões avaliados, antes do manejo do solo, o talhão quatro apresentava menor índice de matéria orgânica quando comparado com os demais. O talhão que apresentava maior índice de matéria orgânica antes do manejo foi o talhão 01, que foi o único que se diferenciou estatisticamente dos outros três.

Após o manejo e correção do solo, a matéria orgânica presente no mesmo aumentou em todos os talhões, criando maior uniformidade nos teores de matéria orgânica da área, dessa forma não se diferenciando estatisticamente

entre os pontos amostrados dos talhões, mas se diferenciando quando comparada com a área sem o manejo.

Esse aumento foi proporcionado pela adição de adubo formulado associado a aplicação de adubação com cama de aviário. A junção de fertilizantes químicos e fertilizantes orgânicos promove uma melhora na absorção dos nutrientes do solo pelas plantas.

Tabela 3. Índice de matéria orgânica (g/dm³) presente no solo dos talhões avaliados.

	Matéria Orgânica (g/dm ³)	
	Antes manejo	Após manejo
Talhão 01	34,93 a	41,58 a
Talhão 02	24,19 bc	41,58 a
Talhão 03	26,86 b	41,5 a
Talhão 04	18,81 c	40,81 a
Média geral entre talhões	26,18B	41,37A
CV%	13,52%	1,98%

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e letras maiúscula na linha não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Fonte: Autoria própria (2021).**

A adubação química por ser mais solúvel que a orgânica, promove uma liberação mais rápida de nutrientes no solo, enquanto a adubação orgânica promove uma liberação mais lenta, proporcionando maior período de suprimento nutricional para as plantas (MEDEIROS, 2007).

Essa liberação lenta pode ter sido o fator que ocasionou o baixo aumento dos teores de matéria orgânica no solo, pois o período entre a aplicação e a avaliação foi curto.

A adubação com cama de aviário proporciona ao solo alta carga de matéria orgânica e nutrientes, além de apresentar baixo custo nas lavouras, o que a torna muito utilizada para correção de solos durante o manejo do mesmo,

melhorando com isso a fertilidade do solo e aumentando o rendimento de culturas como a soja (BLANCO, 2015).

6.2.4 Nitrogênio (N)

O índice de nitrogênio no solo não foi levado em consideração neste trabalho, em vista de que a cultura implantada na área após o manejo, foi a cultura da soja.

Nesta cultura, o fornecimento de nitrogênio ocorre através da fixação biológica desse nutriente por bactérias do tipo rizóbios, principalmente pelas bactérias pelo gênero *Bradyrhizobium* (PAVINATO *et al.*, 2017).

6.3 Análises de propriedades físicas

6.3.1 Análise Granulométrica

A análise granulométrica dos talhões está apresentada na tabela abaixo. As análises de granulometria foram avaliadas só uma vez na área, por se tratar de uma variável que não sofre alteração significativa com o manejo.

Tabela 4- Análise granulométrica do solo nos talhões avaliados.

	Análise granulométrica		
	Areia	Silte	Argila
Talhão 01	18bc	24a	58a
Talhão 02	20b	24a	56a
Talhão 03	17c	25a	58a
Talhão 04	26a	18b	56a
Média geral entre talhões	20,25	22,75	57
CV%	4,05%	3,61%	1,44

Médias seguidas por letras minúsculas na coluna e letras maiúscula na linha não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Fonte: Autoria própria (2021).**

Os dados obtidos revelam que entre os talhões analisados, a granulometria do solo se diferenciou estatisticamente em relação a fração de areia e silte no quarto talhão, apresentando maior porção de areia comparado com os demais, e conseqüentemente menor fração de silte. Os demais não se diferenciam entre si.

A fração argila, por sua vez, foi semelhante em todos os talhões analisados, não apresentando diferença significativa entre os talhões.

A granulometria é uma análise muito importante, pois ela influencia diretamente nos processos de correção da acidez do solo, influenciando a velocidade que ocorre a neutralização do mesmo (SBCS, 2016).

Dados semelhantes foram observados por Dick *et al.* (2008), ao analisarem diferentes ambientes (com e sem pastejo e queima) também em um latossolo, e concluíram que na mesma área, não ocorreu diferença significativa na granulometria do solo entre os ambientes coletados, permanecendo um padrão em todos os ambientes, corroborando com os dados deste trabalho.

Outro resultado que se assemelhou aos dados encontrados neste trabalho, foi em relação a maior variância das frações de silte e areia na amostra, enquanto a fração de argila permaneceu mais estável entre os talhões. Graeff e colaboradores (2018) observaram que a fração areia e silte pode variar em uma amostra dependendo da técnica e do meio de extração utilizado, enquanto a fração argila permaneceu com pouca variação entre as amostras da mesma área.

6.4 Correção da fertilidade do solo

Os fertilizantes e produtos utilizados para a correção das variáveis analisadas durante o manejo realizado, estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 5. Doses de fertilizantes utilizados durante o manejo do solo da área antes do plantio da cultura da soja (*Glicine max*).

Produto	Calcário calcítico (FORT Cálcio)	Adubo formulado (NPK 5-25-25)	Adubação orgânica (Cama de aviário)	Superfosfato simples (P, S e Ca)
Unidade	Kg/ha	kg/ha	kg/ha	Kg/ha
Talhão 01	2.210	310	4.958	400
Talhão 02	1.720	310	4.958	400
Talhão 03	2.430	310	4.958	400
Talhão 04	2.210	310	4.958	400

Fonte: Autoria própria (2021).

As recomendações utilizadas foram baseadas nas análises químicas do solo, bem como no Manual de adubação e calagem do estado do Paraná. As baixas alterações obtidas foram ocasionadas pelo curto período entre a calagem e as análises finais.

A calagem é uma técnica muito utilizada buscando a redução da acidez potencial do solo, elevando o pH do mesmo a níveis melhores para culturas anuais implantadas na área. Esse aumento conseqüentemente melhora a capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (SB) da área, e a disponibilidade de nutrientes, elevando a produtividade da cultura (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

6.5 Sistema de rotação de culturas

O sistema de rotação de culturas iniciou-se com implantação da cultura Soja (*Glycine max*) no dia 25/09/2021, com previsão de colheita em 10/03/2022, sendo a área dividida em duas cultivares (TMG 7062 e TMG 5909).

Para a cultivar TMG 7062 foi utilizado plantio com espaçamento de 8,33 cm entre as sementes e 45cm entre linhas, totalizando 12 sementes por metro

de linha plantada. Já a cultivar TMG 5909 foi utilizado plantio com espaçamento de 6,25 cm entre as sementes e 45cm entre linhas, totalizando 16 sementes por metro de linha plantada.

Após, será realizada a semeadura consorciada de plantas de cobertura milheto (*Pennisetum americanum* L.), nabo forrageiro (*Rhaphanus sativus* L.), e crotalária (*Crotalaria juncea*) a fim de proporcionar maior matéria orgânica no solo e melhor descompactação.

As culturas utilizadas para cobertura do solo são muito importantes pois protegem o solo através da formação de palha, reduzindo assim danos que possam ocorrer e alterar as propriedades físicas, químicas e biológicas de um solo (BRAGAGNOLO; MIELNICZUK, 1990). Essa cobertura do solo pode ser realizada de forma consorciada, agregando mais benefícios ao solo, como melhora na ciclagem de nutrientes fixados, e mobilização dos nutrientes presentes na subsuperfície para a superfície do solo (CARNEIRO *et al.*, 2008).

Em experimentos utilizando consórcio de milheto com nabo forrageiro como cobertura entressafra outono-inverno, autores como Crusciol *et al* (2005) e Carneiro *et al.*, (2008) obtiveram resultados significativos na fixação de nutrientes e melhoria das qualidades observadas no solo.

Por fim, a cultura de inverno implantada em 2022 será a cultura do trigo (*Triticum* sp.) e após a colheita do mesmo, será implantado duas culturas na área, uma parte com milho e uma parte com soja, finalizando o primeiro ano de manejo de plantio direto na área do experimento.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que a inserção de culturas anuais agrícolas em solos antes florestais é viável, porém necessita de um correto manejo de solo buscando práticas conservacionistas de plantio e da correta correção dos atributos físicos e químicos do solo.

Todas as variáveis químicas apresentaram melhorias após correção e manejo do solo, porém se faz necessário uma nova avaliação química em um período maior de tempo, a fim de verificar o parâmetro real de fertilidade e nutrientes do solo.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C. BODDEY, R. M.; JANTALIA, C.P. CAMARGO, F.A.O Ed). **Manejo dos sistemas agrícolas: impacto no seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Gênese, 2006. p. 59-79.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, A.O. **Avaliação de propriedades físicas dos solos e da macrofauna edáfica em áreas submetidas a manejo florestal de vegetação nativa na Chapada do Araripe**. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará, 2010.
- ARAÚJO, Adriana Oliveira *et al.* Modificações nas propriedades dos solos de uma área de manejo florestal na Chapada do Araripe. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 754-762, 2013.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1099-1108, 2007
- ASSIS, Paula CR *et al.* Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 309-316, 2015.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H. **Física del Suelos**. México: Ed. HispanoAmericana, 1973.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.
- Bhering, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.17: 187-190p, 2017.
- BLANCO, Idelvan Bonadiman *et al.* Adubação da cultura da soja com dejetos de suínos e cama de aviário. 2015.
- CAMARGO, Carla Maria dos Santos. **Compactação do solo causada pela colheita de Pinus taeda, pelo sistema fuste (tree length)**. 1999.
- CARNEIRO, Marco Aurélio Carbone *et al.* Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado. **Bragantia**, v. 67, p. 455-462, 2008.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. Capítulo 5: hidrologia. 2006. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap5-INF.pdf>.

COSTA, F. de S. *et al.* Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

CRUSCIOL, C.A.C.; COTTICA, R.L.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n.2, p. 161-168, 2005.

DE ALCÂNTARA, Flávia Aparecida; MADEIRA, Nuno Rodrigo. Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças. **Embrapa Hortaliças. Circular Técnica**, 2008.

DE ALMEIDA JÚNIOR, Milton Cesar Delgado; DE CASTRO, Patrícia Alves Leão; SANTOS, Gilmar Oliveira. Taxa de infiltração de água no solo em diferentes usos do solo. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 8, n. 2, p. 115-121, 2020.

DICK, Deborah Pinheiro *et al.* Impacto da queima nos atributos químicos e na composição química da matéria orgânica do solo e na vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 633-640, 2008.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F., STEWART, B. A. (Eds) Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, 1994, p. 3-21. (Special Publication, 35).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo** / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Brasília, 1997. 212p.

FIDALSKI, Jonez. Sistema de terraceamento agrícola proposto para a região noroeste do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 20, p. 313-316, 1998.

FRÁGUAS, J. C. **Sistema de Produção de Uvas Rústicas para Processamento em Regiões Tropicais do Brasil**. Sistemas de Produção. Embrapa Uva e Vinho. 2005.

FREITAS, L. de; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S. FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista UNIMAR Ciências**, v. 6, p. 8-25, 2017.

GARCIA, A. F. . **Competição por terras entre o sistema cafeeiro e canavieiro, um caso na américa do sul, estado do Paraná, Brasil..** In: 8ª Bienal del Coloquio de Transformaciones Territoriales, 2010, Buenos Aires. Anais da 8ª Bienal del Coloquio de Transformaciones Territoriales, 2010. p. 1-17.

GONÇALVES, Sergio Luiz *et al.* Rotação de culturas. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2007.

GRAEF *et al.* Anais da XII Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo - Solo, Água, Ar e Biodiversidade: componentes essenciais para a vida / Maurício Vicente Alves, Carolina Riviera Duarte Maluche Baretta, Júlio César Ramos, Evandro Spagnollo, Leandro do Prado Wildner, Jaqueline Pereira Machado de Oliveira (Orgs.) / [recurso eletrônico]. -- Chapecó, SC : Argos, 2018.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil & Tillage Research**, v. 82, p. 121-145, 2005.

HINSINGER, P. Biology availability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by rootinduced chemical changes: A review. **Plant and Soil**, The Hague, v. 237, n. 1, p.173-195, 2001.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social Diagnóstico socioeconômico do Território Cantuquiriguaçu: 1.a fase: caracterização global / Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. – Curitiba : IPARDES, 2007.

KANEKO, Flávio Hiroshi *et al.* Doses e fontes de fósforo na cultura da soja. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 29, n. 4, p. 400-411, 2020.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZI JUNIOR, R.; LERPSCH, I. F. **Terraceamento Agrícola**. Campinas, SP: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1994. 39 p. (CATI. Boletim Técnico, 206).

MACHADO, C. C. **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV. 2002. 501 p

MAPA DE SOLOS DO ESTADO DO PARANÁ. 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/339505>

MARIA, Isabella C.; PECHE FILHO, Afonso. Terraceamento complementa proteção da superfície. **Revista Visão Agrícola**, nº9, p. 140-143, 2009.

MEA - Millennium **Ecosystem Assessment. Ecosystem and human well-being**: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. 137p.

MEDEIROS, J. C. Uso do fino de carvão vegetal e da adubação potássica na produção de berinjela (*Solanum melongena* L.) em Latossolo amarelo antrópico na Amazônia Central. Universidade Federal do Amazonas - UFAM, 2007.

MELO, F. M.; MENDONÇA, L. P. C. Avaliação da disponibilidade de fósforo em solo argiloso com diferentes teores de matéria orgânica. **Humanidades & Tecnologia, Paracatu**, v. 18, n. 1, p.52-67, 2019.

OLIVEIRA, Ivanildo Amorim de *et al.* Variabilidade espacial e densidade amostral da suscetibilidade magnética e dos atributos de Argissolos da Região de Manicoré, AM. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 668-681, 2015.

OLIVEIRA, L. V; DUARTE, I. N. Cultivo do milho em vasos com diferentes fontes de fósforo. Monte Carmelo, Unifucamp, 2019. Disponível em: <http://repositorio.fucamp.com.br/jspui/handle/FUCAMP/453>

PACHECO, Edson Bolivar. Conservação e manejo do solo. **Embrapa Milho e Sorgo-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E)**, 1978.

PASINI, Fernando *et al.* **Sistema de terraceamento para manejo agrícola**. Informe técnico. Universidade Federal De Santa Maria. 2017

PAVINATO, Paulo Sérgio *et al.* Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. 2017.

PITTA, G. V. *et al.* Cultivo do milho. **Embrapa sorgo e milho**, p. 1679-012, 2006.

QUAGGIO, J. A acidez e calagem em solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2000. 111p.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Áustria, 2019.

RAMOS, M. R.; DEDECEK, R. A.; SILVA, T. R. da; FREIRE, T. M. Atributos físicos do solo no horizonte superficial em diferentes usos. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 1, 2017.

REISSMANN, C. B.; WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de Pinus. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 135-166.

RODRIGUES, M. S.; SOUZA, C. de; LIMA, D. D.; SILVA, S. D. P. da; ALVES, D. C.; MACHADO, N. S. Impacto do cultivo do coqueiro irrigado na qualidade física do solo na região semiárida Brasileira. **Ciencia del Suelo**, v. 34, n. 1, p. 139-144, 2016.

RONQUIM, Carlos Cesar **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. – Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010

SANTOS, G. G. **Impacto de sistemas de integração lavoura-pecuária na qualidade física do solo**. Goiânia: UFG, 2010. 122p. Tese Doutorado.

SBCS-Sociedade Brasileira de Ciência do Solo Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul. – [s. l.] : Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.

SILVA, R.S.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Comparação entre os métodos do cilindro e do torrão na determinação da porosidade e da densidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.1065-1068, 2000.

SINGER, M.; Ewing, S. Soil quality. In: Sumner, M. E. (ed.). **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.271-298.

SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C. & PAULINO, H.B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes usos e manejos. **Pesq. Agropec. Bras.**, 4:1135-1139, 2005.

STEFANOSKI, Diane C. *et al.* Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

SZYMCZAK, Denise Andréia *et al.* COMPACTAÇÃO DO SOLO CAUSADA PELOS TRATORES FLORESTAIS HARVESTER E FORWARDER NA COLHEITA DE *Pinus taeda* L. Dissertação de mestrado. 2013.

SZYMCZAK, Denise Andréia *et al.* **Manejo dos resíduos da colheita de *Pinus taeda* L. e sua relação com compactação do solo, exportação de nutrientes e potencial energético**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

TEIXEIRA, Daniel DB *et al.* Mapping units based on spatial uncertainty of magnetic susceptibility and clay content. **Catena**, v. 164, p. 79-87, 2018.

TEIXEIRA, Paulo César *et al.* Manual de métodos de análise de solo. **Rio de Janeiro, Embrapa. 573p**, 2017.

WARKOTSCH, W. The impact of harvesting operation on timber quality: causes and remedies. **South African Forestry Journal**, n. 169, jun 1994.

ZONTA, João Henrique *et al.* Práticas de conservação de solo e água. **Embrapa Algodão-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2012.