



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AMANDA SILVEIRA REIS

**MANEJO DA ADUBAÇÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA CULTURA DO
MILHO**

BANDEIRANTES/PR - BRASIL
2017

AMANDA SILVEIRA REIS

**MANEJO DA ADUBAÇÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA CULTURA DO
MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz
Meneghel.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Ana Maria Conte

BANDEIRANTES/PR - BRASIL
2017

R732m

REIS, Amanda Silveira

Manejo da adubação em sistema de plantio direto na cultura do milho.

Amanda Silveira Reis. Orientadora Ana Maria Conte. Bandeirantes-Pr. 2017.
78p.

**Dissertação (Mestrado em Agronomia) -
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós Graduação em Agronomia, 2017.**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Maria Conte

1. Atributos do Solo. 2. Fertilidade do Solo. 3. Zea mays. I. Título.

AMANDA SILVEIRA REIS

**MANEJO DA ADUBAÇÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NA CULTURA DO
MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado em Agronomia, da Universidade
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz
Meneghel.

Aprovada em: 22/02/2017

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof ^a . Dr ^a . Ana Maria Conte (titular)	UENP
Prof. Dr. Francisco Carlos Mainardes da Silva (titular)	UENP
Prof. Dr. Fabio Augusto Manetti (titular)	FIO
Prof. Dr. Luis Guilherme Sachs (suplente)	UENP
Prof. Dr. João Pereira Torres (suplente)	UENP

Prof^a. Dr^a. Ana Maria Conte
Orientadora

Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel

DEDICATÓRIA

À Deus pelo dom da vida, à meus pais pelo amor incondicional, à meus irmãos pelo companheirismo e a minha orientadora pelo apoio, incentivo e amizade. Sem eles nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ser meu orientador na vida e por guiar meus passos.

À meus pais, Luiz Carlos e Teresinha, por serem alicerces em minha vida, pelos exemplos de honestidade, caráter, força, amor e fonte de inspiração para as minhas conquistas. Aos meus irmãos, João e Pedro, pelo companheirismo e amizade, exemplos de homens.

Às minhas avós, Luzia e Flauzina (*in memorian*), que desde a infância de seus netos os encorajavam a estudar e conquistar seus sonhos. À toda minha família que, de alguma forma, contribuem para meu crescimento e aprendizagem.

À meu namorado pela paciência, pelo ombro amigo e por me incentivar em meus objetivos. Aos meus amigos que sempre torcem pela minha vitória e estão ao meu lado nas comemorações.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Ana Maria Conte, pelos ensinamentos, paciência e compreensão durante todo o mestrado. Hoje, mais que uma orientadora és uma amiga.

Aos membros da banca examinadora, pela avaliação e sugestões fundamentais para a melhoria do trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro.

À todos os professores da UENP/CLM, responsáveis pela minha formação acadêmica, tanto na graduação como no mestrado. E um agradecimento especial ao Prof. Dr. Silvestre Bellettini, pela sugestão do tema que culminou com o projeto aqui apresentado, meu muito obrigada.

Ao técnico de laboratório de solos “Gil” e seus estagiários, pela ajuda em minhas análises. À secretaria do mestrado “Soninha” e a estagiária “Mari”.

À todos aqueles que de alguma maneira me ajudaram e incentivaram para a realização desse projeto.

MUITO OBRIGADA!

***“Ninguém é tão grande que não possa aprender,
e nem tão pequeno que não possa ensinar.”***

(Esopo)

REIS, Amanda Silveira. **Manejo da adubação em sistema de plantio direto na cultura do milho**. 2017. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2017.

RESUMO

Manejar de forma adequada as técnicas de correção e adubação exige um complexo processo de tomada de decisão. O manejo de fertilização se torna um fator importante devido à capacidade de interferir diretamente nas reações que ocorrem entre o fertilizante e o solo. Para proteger o ambiente e dar sustentabilidade à exploração agrícola, é adotado o sistema de plantio direto que provoca alterações na dinâmica da matéria orgânica e da atividade biológica, modificando, principalmente, os processos intrínsecos do solo, provocando alterações na estrutura e na dinâmica físico-hídrica do solo. Este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade técnica do modo de aplicação da adubação de nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do milho e nas propriedades do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico no sistema de plantio direto. O experimento foi realizado na fazenda experimental Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, no município de Bandeirantes/PR, utilizando a cultura do milho e os adubos nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), implantado no ano de 2015. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 7 tratamentos, sendo T1 (sem adubação), T2 (aplicação de NPK à lanço), T3 (aplicação de NPK na linha), T4 (NP à lanço e K na linha), T5 (NP na linha e K à lanço), T6 (NK à lanço e P na linha) e T7 (NK na linha e K à lanço), com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 6 linhas de milho, de 6 m de comprimento por 4,5 m de largura resultando em 27 m², considerando como área útil as 4 linhas centrais e desprezando um metro de cada extremidade da parcela. Foram avaliados parâmetros fitométricos, produtividade, atributos químicos, físicos e microbiológicos. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). Os tratamentos que apresentaram melhores condições, tanto na produtividade, como nos atributos do solo foram NP lanço e K na linha e NP na linha e K a lanço. Quando comparado apenas os tratamentos NPK à lanço e NPK na linha, a maior produtividade se deu ao se aplicar adubos à lanço.

Palavras-chave: Atributos do solo, fertilidade do solo, *Zea mays*.

REIS, Amanda Silveira. **Fertilization management under no-tillage system for corn**. 2017. Dissertação do Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2017.

ABSTRACT

Properly handling the correction and fertilization techniques requires a complex decision-making process. Fertilizer management becomes an important factor due to the ability to directly interfere with the reactions that occur between the fertilizer and the soil. In order to protect the environment and give sustainability to the farm, a no-tillage system is adopted that causes changes in the dynamics of organic matter and biological activity. The objective of this work was to evaluate the technical feasibility of the application of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization in the corn and in the properties in Oxisol in the no - tillage system. The experiment was conducted at the experimental farm in Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, of the State University of Northern Parana, Campus Luiz Meneghel in Oxisol, in the city of Bandeirantes/PR, using the corn crop and fertilizers nitrogen (N), phosphor (P) and potassium (K), established in 2015. The experimental delimitation was in randomize blocks with 7 treatments, being T1 (without fertilization), T2 (application of NPK by haul), T3 (application of NPK on the line), T4 (NP by haul and K on the line), T5 (NP on the line and K by haul), T6 (NK by haul and P on the line) and T7 (NK on the line and P by haul), with 4 repetitions. The plots consisted of 6 corn rows, 6 m long by 4.5 m wide resulting in 27 m², considering how useful area of 4-axis and despising one meter from each end of the plot. Phytometric parameters, productivity, chemical, physical and microbiological attributes. The results were submitted to analysis of variance and the means compared by the Duncan test. The treatments that presented the best conditions, both in productivity and soil attributes were NP by haul and K on the line and NP on the line and K by haul. When compared only to treatments NPK by haul and NPK on the line, the highest productivity occurred when applying fertilizers to the haul.

Key-words: Soil atributes, soil fertility, *Zea mays*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Foto aérea do local do experimento em Bandeirantes/PR.....	17
Figura 2. Precipitação diária (mm) no período experimental.....	18
Figura 3. Temperatura diária (°C) no período experimental.....	19
Figura 4. Croqui da disposição dos tratamentos na área experimental.....	21
Figura 5. Croqui da parcela experimental.....	21
Figura 6. Aspecto geral do perfurador de solo à gasolina.....	22
Figura 7A e B. Avaliação da altura de planta (m) e diâmetro do colmo (mm).....	24
Figura 8. Avaliação da massa seca da parte aérea (g).....	24
Figura 9A e B. Avaliação do peso da espiga (g) e diâmetro da espiga (mm).....	25
Figura 10A e B. Avaliação do comprimento da espiga (cm) e peso de 100 grãos (g).....	25
Figura 11. Aspecto geral do debulhador manual.....	25

LISTA DE TABELAS

ARTIGO A

Tabela 1. Análise química e granulométrica do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico do local do experimento.....	20
Tabela 2. Altura de planta (m), diâmetro de colmo (mm), número de folhas e massa seca da parte aérea (g pl^{-1}) de milho submetido a diferentes manejos da adubação.....	27
Tabela 3. Diâmetro da espiga (mm), tamanho da espiga (cm), peso da espiga (g), peso do sabugo (g), diâmetro do sabugo (mm) de milho submetida a diferentes manejos da adubação.....	28
Tabela 4. Peso de 100 grãos (g) e produtividade (kg) do milho em função do manejo da adubação.....	29
Tabela 5. Produtividade (Mg ha^{-1}), sacas (60kg) e porcentagem de aumento de produtividade do milho em função do manejo da adubação.....	29

ARTIGO B

Tabela 2. Características químicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em função da aplicação dos adubos NPK na cultura do milho em sistema de plantio direto.....	44
Tabela 3. Densidade de solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt) em função dos modos de aplicação dos adubos NPK, em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado com milho.....	47
Tabela 4. Porcentagem de classe de diâmetro de agregados (mm), em função dos modos de aplicação do adubo NPK em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado com milho.....	48
Tabela 5. Comparação dos atributos microbiológicos entre a testemunha, NPK aplicado a lanço e NPK aplicado na linha.....	49
Tabela 6. Atributos microbiológicos em diferentes aplicações de nitrogênio, fósforo e potássio.....	50
Tabela 7. Produtividade (Mg ha^{-1}), sacas (60kg) e porcentagem de aumento de produtividade do milho em função do manejo da adubação.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 SISTEMAS DE CULTIVO	3
2.2 PRÁTICAS DE CORREÇÃO E ADUBAÇÃO DO SOLO	4
2.2.1 Calagem	4
2.2.2 Manejo da adubação nos sistemas de cultivo	5
2.3 SISTEMAS DE CULTIVO, PRÁTICA DE CALAGEM E ADUBAÇÃO NAS PROPRIEDADES DO SOLO.	7
2.3.1 Propriedades químicas do solo	7
2.3.2 Propriedades físicas do Solo	9
3. ARTIGO A – MANEJO DA ADUBAÇÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO.	13
3.1 INTRODUÇÃO	15
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.2.1 Local, solo e cultura	17
3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	20
3.2.3 Condução experimental	22
3.2.4 Parâmetros avaliados	23
3.2.5 Análise estatística	26
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3.4 CONCLUSÃO	30

4 ARTIGO B – MANEJO DA ADUBAÇÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	
NAS PROPRIEDADES DO SOLO CULTIVADO COM MILHO E NA SUA	
PRODUTIVIDADE	31
4.1 INTRODUÇÃO	33
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	34
4.2.1 Local, solo e cultura	34
4.2.3 Condução experimental	39
4.2.5 Análise estatística	42
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.3.1 Propriedades químicas do solo	43
4.3.2 Propriedades físicas do solo	45
4.3.3 Propriedades microbiológicas do solo	48
4.3.4 Produtividade da cultura do milho	51
4.4 CONCLUSÃO	53
5. CONCLUSÃO GERAL	54
REFERÊNCIAS	55

1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vem apresentando na última década importantes avanços. Enquanto que em 2015 o Produto Interno Bruto (PIB) total brasileiro retraiu 3,8%, o agronegócio cresceu 1,8% em relação à 2014, representando 23% do total do PIB brasileiro (IBGE, 2015).

O milho (*Zea mays* L.) tem diversas utilizações na alimentação humana, animal ou como biocombustível, assumindo portanto, um relevante papel sócio econômico (FANCELI; DOURADO NETO, 2008). De acordo com a CONAB (2016), a produção brasileira de milho, reunindo a primeira e segunda safra, atingiu nesta temporada um montante de aproximadamente 67 milhões de toneladas, apresentando um decréscimo de 20,2% em relação à produção anterior, calculada em 85 milhões de toneladas, aproximadamente, devido ao excesso de chuva nesse período.

Os Estados Unidos, China e Brasil se tornaram os maiores produtores de milho do mundo. Na safra 2015/2016, os Estados Unidos produziram cerca de 345 milhões de toneladas de milho, a China 224 milhões e o Brasil, 67 milhões (FIESP, 2016).

A busca por espaços naturais para cultivos agrícolas causam alteração nas características físicas e químicas do solo, resultando, muitas vezes em degradação, perda de fertilidade, compactação e fracionamento dos agregados, comprometendo o crescimento radicular dos vegetais (OLIVEIRA et al., 2008).

Manejar de forma adequada as técnicas de correção e adubação exige um complexo processo de tomada de decisão, pois deve levar em consideração as características das plantas, do solo, o clima, as condições do mercado de insumos e produtos, entre outras, a partir daí é que se define as fontes e doses de nutrientes a serem aplicados (GITTI, 2014).

Para Mielniczuk (2005), é preciso rever alguns conceitos em relação a fertilidade de solo no Brasil, já que a maioria das pesquisas sobre esse tema foi desenvolvida com preparo convencional do solo.

Houve uma revolução do sistema produtivo com o surgimento do Sistema de Plantio Direto (SPD). Atualmente, estima-se que 70% das áreas cultivadas com soja e milho no Brasil estejam sob este manejo (EMBRAPA, 2011). Este sistema proporcionou grandes melhorias na qualidade física, química e biológica do solo, auxiliando na redução de perdas de nutrientes, perdas de solo por erosão, acúmulo de matéria orgânica e acúmulo na retenção e preservação da água no solo (CIOTTA et al., 2002; COSTA et al., 2003). Porém, devido ao não revolvimento e dinâmica dos nutrientes no sistema verificou-se um aumento das concentrações nutricionais na superfície do solo (ELTZ et al., 1989; AMADO et al., 2006).

O manejo de fertilização se torna um fator importante devido à capacidade de interferir diretamente nas reações que ocorrem entre o fertilizante e o solo e a consequente disponibilidade dos minerais para as plantas (CERETTA; FRIES, 1997). Desta forma, o modo de aplicação poderia alterar a velocidade e a capacidade do fertilizante em reagir no solo, como consequente solubilização e disponibilização de P na solução do solo, determinando o grau de eficiência da adubação fosfatada (BREVILIERI, 2012). Para Bernardi et al. (2009), a relação entre as doses e os modos de aplicação devem ser considerados.

Tradicionalmente na cultura do milho as adubações são feitas no sulco do plantio, onde os nutrientes são parcialmente incorporados, mas em alguns lugares do Brasil, está se praticando uma agricultura em que todos os adubos são aplicados a lanço, sem considerar a mobilidade e a dinâmica dos mesmos no solo, o que está acarretando em processo de imobilização e de fixação de alguns elementos, como mostra Gitti (2014), que verificou que em solos corrigidos a aplicação a lanço de NPK demonstraram bons resultados pois a cultura utiliza os nutrientes que já se encontra no solo, e ainda permite uma maior agilidade na semeadura.

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade técnica do modo de aplicação da adubação de nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do milho e nas propriedades do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico no sistema de plantio direto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE CULTIVO

O preparo do solo, o modo de aplicação de fertilizantes, além das características físicas, químicas e biológicas são fatores que influenciam no suprimento de nutrientes para as culturas (COSTA et al., 2009).

O adequado manejo do solo visa alterar seu estado físico, químico e biológico para que se consiga o máximo desenvolvimento da planta, porém, quando não se faz o manejo correto, o solo pode perder parte de seus nutrientes, desestruturar e diminuir sua vida biológica sob ação de agentes climáticos e pela ação antrópica (DERPSCH, 1985).

O sistema de preparo convencional em razão da frequência e intensidade de revolvimento do solo pode resultar em diminuição de sua qualidade. Tendo em vista que pode provocar um aumento da exposição dos compostos orgânicos e favorecer uma compactação abaixo da camada arada, além de promover a diminuição da dinâmica da matéria orgânica e da atividade biológica, destruindo a frágil condição estrutural dos solos tropicais e afetando seu comportamento e processo, tendo como consequência a pulverização excessiva da camada arável, o encrostamento superficial e a formação de camadas coesas (COSTA et al., 2006; FREITAS, 1994). O objetivo principal desse método é controlar as plantas daninhas e favorecer o desenvolvimento e produtividade das culturas, porém seu uso intensivo pode predispô-lo à formação de camadas compactadas e ao aparecimento de microporos, o que aumenta a perda de solo por erosão (SOUZA, 1988).

Como forma de proteger o ambiente e dar sustentabilidade à exploração agrícola, os agricultores têm adotado o sistema de plantio direto que preconiza o mínimo de revolvimento do solo no momento da semeadura e a manutenção de resíduos orgânicos na superfície do solo. Esse sistema provoca alterações na dinâmica da matéria orgânica e da atividade biológica, modificando, principalmente, os processos intrínsecos do solo, provocando alterações na estrutura e na dinâmica físico-hídrica do solo (ANDRAUS et al., 2013; COSTA et al.,

2006). Segundo Beutler et al. (2003), esse sistema vem sendo mais eficaz no controle das perdas de solo do que o preparo convencional com grade aradora.

Para Collier et al. (2008), o sistema de plantio direto preserva uma maior quantidade de resíduos, elevando o teor de matéria orgânica no solo, importante na manutenção da umidade do solo e também contribui para aumentar a disponibilidade de fósforo (P) para as plantas (ANGHINONI, 2007), além de vários outros benefícios proporcionados e comprovados por essa técnica (SANTOS et al., 2008).

2.2 PRÁTICAS DE CORREÇÃO E ADUBAÇÃO DO SOLO

2.2.1 Calagem

O sistema de plantio direto permitiu que os produtores elevassem sua produtividade, e ainda assim obtendo uma melhoria nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, tornando necessário encontrar métodos alternativos para a correção da acidez sem que revolvesse o solo (PÖTTKER; BEN, 1998).

No Paraná não tem uma recomendação de adubação e de calagem própria, para sistemas de rotação de culturas em plantio direto. São utilizados as recomendações desenvolvidas em outros estados, principalmente RS, SC e SP (VIEIRA et al., 2012).

A reação do calcário geralmente é limitada ao local de sua aplicação no solo. A calagem não tem um efeito rápido na redução da acidez do subsolo, que depende da lixiviação de sais através do perfil do solo (CAIRES et al., 2003).

A incorporação de corretivos com aração e gradagem aumenta os riscos de erosão hídrica (KLEIN, 2011), porém podem ser empregadas para correção de acidez em profundidade, diminuindo a compactação do solo pelo aumento da macroporosidade e da aeração bem como reduzir a resistência do solo à penetração das raízes (MARCOLAN et al., 2007).

Segundo Fidalski (2015), a incorporação do calcário não apresentou vantagens em relação à aplicação na superfície do solo, assim como não houve aumento de produtividade das culturas subsequentes à calagem.

2.2.2 Manejo da adubação nos sistemas de cultivo

Um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade das culturas é a fertilidade do solo, não apenas pela acidez e/ou teores de alumínio, ou mesmo pelos teores baixos de nutrientes no solo, mas também pelo uso inadequado de adubações, seja pela fonte, dose e modos de aplicação dos fertilizantes e corretivos (VALDERRAMA et al., 2011).

Destacam-se como formas de distribuição de fertilizantes o método usando a adubação na semeadura, que consiste na aplicação de fertilizantes e sementes ao mesmo tempo na linha de semeadura (GUARESCHI et al., 2008). E a distribuição a lanço, que antecipa a aplicação parcial ou total da quantidade de fertilizante que a cultura necessita, fazendo com que a semeadura se torne um processo mais rápido (CHUEIRI et al., 2005).

Hoje no Brasil Central, por volta de 10% da adubação da soja e do milho safrinha com fósforo e potássio são feitas no mesmo momento ou alguns dias antes do plantio da soja, só restando à adubação nitrogenada no milho que, às vezes, é feita na fase final da soja. No caso da adubação a lanço, estima-se que mais de 35% das áreas de safrinha já fazem este sistema e o processo é crescente (RAMOS, 2014).

Os métodos de aplicação do P mais utilizados para produção de grãos são a lanço em superfície, com ou sem incorporação; no sulco da semeadura; em covas e em faixas (SOUSA et al., 2004). Segundo Barbosa (2014), dessas opções, o manejo de adubação que mais está crescendo é a aplicação a lanço na superfície e sem incorporação, pois não existe a necessidade de interromper o trabalho da semeadora para abastecer o reservatório de fertilizante, permitindo uma maior agilidade comparado ao sistema convencional em linha de plantio.

Prado et al. (2001), avaliando os efeitos de modos de aplicação e de doses de fertilizante fosfatado em adubação de manutenção, em um solo com 66% de argila e teor médio de P, verificaram que os tratamentos com aplicações no sulco foram mais eficientes que a lanço. Resultados diferentes foram encontrados por Pavinatto; Ceretta (2004) estudando modos de aplicação do fertilizante fosfatado na

cultura do milho em um solo com teor muito alto de P. Segundo estes autores, não houve diferença entre o manejo da adubação na resposta em produtividade. Corroborando, Guareschi et al. (2008), trabalhando com a cultura da soja, também verificaram que não houve diferenças significativas em seus tratamentos com P e K, na semeadura e a lanço. Porém, Sá et al. (2009, 2013), investigando o efeito do modo de aplicação do fertilizante nitrogenado e fosfatado na cultura do milho sob SPD, encontraram melhor resposta na fertilização a lanço de P. Para Santos et al. (2008), resultados como este somente são expressos pelo fato de o solo já apresentar teores altos de P.

Para aplicação de potássio (K) no SPD em doses acima de 60 kg de $K_2O\ ha^{-1}$, recomenda-se o parcelamento da adubação, sendo feita a complementação a lanço, no pré-plantio ou em cobertura. Em solos corrigidos, a aplicação total à lanço tem mostrado bons resultados, tanto em pré-semeadura como em cobertura (GITTI, 2014). Ramos (2014) cita que outro fator que acelerou o processo de adubação a lanço foram às desvantagens da utilização de adubo na linha, principalmente com fertilizantes potássicos, sendo estes os principais responsáveis pela redução de produtividade causada pelo efeito salino e provocando danos ao sistema radicular das plantas, devido a maior mobilidade do potássio no solo.

A adubação a lanço faz com que praticamente 100% do fertilizante fosfatado entre em contato com o solo, possibilitando elevada adsorção de P e reduzindo o aproveitamento desse elemento pela planta, aumentando sua concentração na superfície em relação à subsuperfície (MALAVOLTA, 1981; SANTOS et al., 2008; GUARESCHI et al., 2008). Por outro lado, para diminuir a adsorção, utiliza-se a aplicação localizada do adubo fosfatado e, como consequência, pequena porção do sistema radicular entra em contato com o fósforo proveniente do adubo (MALAVOLTA, 1981).

Em relação ao potássio, a aplicação de altas doses no sulco da semeadura deve ser evitada devido ao efeito salino que pode causar. Por isso devem ser reduzidas as doses na semeadura, aplicando o restante em cobertura (BERNARDI et al., 2009). Além disso, podemos destacar a facilidade de absorção do elemento pela planta.

Segundo Guareschi et al. (2008), a aplicação na linha atrasa a semeadura pois necessita de grandes quantidades de adubos no momento do plantio, necessitando de maior tempo e número de abastecimentos, provocando quedas na produtividade. Constatação também encontrada por Paludo (2015), que a cada dia de atraso no plantio da safrinha, há uma redução de produção de mais de 18 kg de milho ha⁻¹.

Nessa mesma linha de pesquisa, se comparado ao sistema tradicional, a adubação a lanço consegue elevar o rendimento operacional da semeadora por não precisar reabastecê-la com fertilizantes, possibilitando uma diminuição do número de equipamentos, nos custos operacionais e totais e aumento na receita líquida (KURIHARA; HERNANI, 2011; MATOS, 2005).

Em estudos realizados por Kurihara; Hernani (2013), com grãos de soja em solos de baixa fertilidade, obtiveram diminuição da produtividade na adubação a lanço comparado a aplicação no sulco. Esses autores ressaltam que a substituição da aplicação de fertilizante no sulco da semeadura pela distribuição a lanço, deve ser feita quando o solo apresentar de média a alta fertilidade.

2.3 SISTEMAS DE CULTIVO, PRÁTICA DE CALAGEM E ADUBAÇÃO NAS PROPRIEDADES DO SOLO.

2.3.1 Propriedades químicas do solo

As modificações em propriedades químicas do solo sob plantio direto em comparação com o preparo convencional apresentam variações associadas à classe de solo, ao sistema de manejo de culturas e de fertilizantes. Além da matéria orgânica, outras propriedades ou elementos químicos têm sido estudados em relação aos sistemas de manejo (ANDRAUS et al., 2013).

Vários trabalhos (ELTZ et al., 1989; KLEPKER; ANGHINONI, 1995; BAYER; MIELNICZUK, 1997; RHEINHEIMER et al., 1998; FALLEIRO et al., 2003) mostraram que, alguns anos após o estabelecimento do sistema plantio direto, as camadas do solo mais superficiais apresentam propriedades químicas, físicas e biológicas diferenciadas em comparação ao sistema convencional, com aração e

gradagem. O solo sob plantio direto encontra-se, normalmente, em melhor estado, apresentando, principalmente na sua camada superficial, melhor estrutura, maiores teores de matéria orgânica e maior atividade microbiana.

O maior teor de matéria orgânica resultante da decomposição dos restos vegetais deixados na superfície do solo sob plantio direto (BAYER; BERTOL, 1999), além dos benefícios biológicos e nutricionais citados anteriormente, pode aumentar a CTC do solo (RHEINHEIMER et al., 1998; BAYER; BERTOL, 1999; FALLEIRO et al., 2003) e diminuir os efeitos nocivos do Al trocável (CIOTTA et al., 2002), a capacidade de adsorção e a energia de ligação de fosfatos aos grupos funcionais dos colóides do solo (OLOYA; LOGAN, 1980; GUERTAL et al., 1991). Segundo Sibanda; Young (1986), os ânions de ácidos orgânicos são capazes de complexar Fe e Al, bloqueando os sítios de adsorção de P dos solos, aumentando a sua disponibilidade para as plantas.

Os nutrientes adicionados por adubação no SPD, principalmente aqueles com menor mobilidade, como é o caso do P, permanecem nas camadas mais superficiais do solo, criando gradientes de concentração com as camadas inferiores (KLEPKER; ANGHINONI, 1995; RHEINHEIMER et al., 1998; FALLEIRO et al., 2003).

Diversos estudos mostraram que no SPD o acúmulo de P ocorre apenas nos primeiros centímetros superficiais do solo, próximo ao local de deposição do adubo (DE MARIA; CASTRO, 1993; BAYER; MIELNICZUK, 1997; KLEPKER; ANGHINONI, 1995; RHEINHEIMER et al., 1998; BAYER; BERTOL, 1999; FALLEIRO et al., 2003). Por sua vez, os resultados de Oloya; Logan (1980) e Guertal et al. (1991), mostraram que em solos sob SPD, independentemente da dose total de P aplicada, ocorre menor adsorção do elemento na camada de 0–20 cm, demonstrando decréscimo na retenção e possível aumento nas perdas por erosão.

2.3.2 Propriedades físicas do Solo

A qualidade física do solo é fundamental para a sustentabilidade agrícola e do agrossistema. O conhecimento de atributos físicos do solo como textura, densidade, resistência à penetração, porosidade, dentre outros, são importantes para explicar fenômenos relacionados ao meio e produtividade das culturas (TORMENA; FIDALSKI, 2007).

Segundo Salume et al. (2013), a porosidade do solo e a relação entre macroporosidade e microporosidade são fatores importantes para avaliação da influência da textura e da estrutura do solo na disponibilidade de água, ar e nutrientes, sendo um indicador importante da sustentabilidade nos diferentes tipos de uso das terras.

As alterações estruturais decorrentes do manejo inadequado também alteram a distribuição de tamanho e continuidade de poros (OLIVEIRA et al., 2004) e modifica, conseqüentemente, a dinâmica da água no solo relacionada à infiltração e recarga do lençol freático (REICHERT et al., 2007). Como resultado, o solo perde sua capacidade produtiva e tem a susceptibilidade à erosão aumentada, podendo desencadear perdas irreversíveis ao ambiente.

Segundo Theodoro et al. (2003), os atributos físicos e químicos do solo influenciam diretamente o crescimento e o desenvolvimento das culturas. Tais variações, que ocorrem pelo manejo do homem, mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do solo do que nos conservacionistas, influenciam principalmente o acúmulo de material orgânico, a infiltração da água no solo e a erosão hídrica (BERTOL et al., 2004).

Para que se tenha uma recuperação das propriedades físicas do solo, recomenda-se o uso de sistemas de manejo com menor revolvimento e que proporcionam acúmulo de resíduos das culturas na superfície em áreas degradadas pelo preparo inadequado do solo (MOURA et al., 2012).

Com relação à qualidade do solo, um dos principais atributos é a formação de macroagregados estáveis, que entre outras características, é responsável pela estrutura do solo (MIELNICZUK et al., 2003). Possui muita

influência nos ciclos do carbono e de nutrientes, tendo grande importância no comportamento do mesmo. Age diretamente na capacidade de receber, estocar e transmitir água, penetração das raízes, resistência à erosão, fatores esses, importantes para o crescimento das raízes. Geralmente avaliada pela distribuição e estabilidade dos agregados, a estrutura do solo é um importante indicador de qualidade do solo (SIX et al., 2000; PORTUGAL et al., 2008; SALTON et al., 2008).

Estudos identificaram que além da fração mineral, os principais fatores envolvidos na formação e estabilidade de agregados do solo são a fauna do solo, microrganismos, raízes, agentes inorgânicos e variáveis ambientais (SALTON et al., 2008).

Outro fator que também influencia na formação dos agregados são os teores e formas do C orgânico do solo que permitirá maior ou menor agregação do solo (CASTRO FILHO; LOGAN, 1991).

Para que tenha um manejo adequado de um agroecossistema é necessário entender as relações entre o estoque de C e o estado de agregação do solo, já que esse interfere no comportamento de outras variáveis, como aeração do solo e desenvolvimento radicular, e assim conseguir intervir previamente no meio de cultivo de modo a reduzir impactos negativos ao ambiente (CHAVES; FARIAS, 2008).

Com o uso do solo agrícola há uma diminuição na quantidade de agregados maiores que 2,0 mm, afetando a infiltração de água e tornando o solo mais susceptível à erosão (BOGNOLA et al., 1998).

A teoria mais aceita de como se formam os agregados do solo é a chamada “hierarquização dos agregados”, proposta por Tisdall; Oades (1982). Esses autores propuseram uma classificação conforme o tamanho, sendo denominados de microagregados, ou seja, aqueles agregados menores que 250 μm (0,25 mm) e os maiores, macroagregados. Observaram ainda que um agregado é formado pela junção de agregados de uma classe que vem logo abaixo, ou seja, agregados maiores que 2,0 mm seriam formados por agregados maiores que 0,25 mm de diâmetro; os agregados de 0,2 a 0,25 mm seriam formados por partículas de diâmetro entre 0,002 a 0,2 mm, tendo assim uma ordenação hierárquica.

Os macroagregados são mais sensíveis as práticas de manejo do solo do que os microagregados, pois são estabilizados pela matéria orgânica lábil e

os microagregados são estabilizados por óxidos de Fe e de Al (GOLDBERG et al., 1999).

A matéria orgânica do solo (MOS) possui um papel importante como um dos fatores determinantes da estabilização dos agregados após a aproximação das partículas (SILVA; MIELNICZUCK, 1997; SIX et al., 2000).

Segundo Salton et al. (2008), há uma relação direta entre a matéria orgânica e estabilidade dos agregados. Já Bastos et al. (2005), citam que as frações da matéria orgânica são mais importantes para a estabilidade estrutural que as da matéria orgânica total.

Para análise de agregados são usados métodos indiretos que estudam a estrutura do solo através de suas causas e consequências. São chamadas de causas agentes físicos, químicos e físico-químicos, necessários para a formação dos agregados. Já as consequências estão relacionadas com a estrutura e que influenciam no crescimento da planta, como o tamanho e distribuição dos agregados, a porosidade e estabilidade (BOGNOLA et al., 1998).

Stone; Silveira (2001) afirmaram que o sistema plantio direto proporcionava maiores valores de densidade e microporosidade, e, em consequência, menor porosidade total e macroporosidade. Os mesmos autores afirmam que a densidade do solo influenciou em diversos atributos do solo que regulam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, a saber: a aeração, a condutividade de água, o calor, a disponibilidade de nutrientes e a resistência à penetração do solo.

Tavares Filho et al. (2001), concluíram que o plantio direto apresentou melhores condições de continuidade estrutural para o desenvolvimento radicular do milho, quando comparado com o sistema convencional.

Alguns atributos físicos do solo como densidade e espaço poroso, podem ser utilizados como indicadores da qualidade do solo de acordo com o manejo a que o solo está sendo submetido. Uma contínua avaliação, no tempo, destes atributos físicos do solo permite monitorar a eficiência ou não destes sistemas de manejo do solo quando se objetiva estabilidade estrutural (SECCO et al., 2005).

Karlen; Stott (1994), relacionaram entre os indicadores físicos de qualidade a densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, dentre outros. De acordo com Torres; Saraiva (1999), a densidade do solo

varia de acordo com as suas características: em solos argilosos, varia de 1,00 a 1,45 Mg m^{-3} para condições de mata e muito compactado, respectivamente.

O manejo do solo altera a densidade e, como consequência, a aeração e a porosidade total. Com o aumento da densidade pode ocorrer uma redução no crescimento do sistema radicular das plantas devido ao impedimento físico (KLEIN; LIBORD, 2002).

2.3.3 Propriedades microbiológicas do solo

Atualmente os sistemas de produção agrícola buscam práticas de manejo que priorizem a manutenção da matéria orgânica do solo (MOS) (COSTA et al., 2008; SERAFIM et al., 2011).

A maior fração ativa da matéria orgânica do solo é a biomassa microbiana, com isso as mudanças nos níveis de matéria orgânica, causadas pelo manejo de plantas, de adubação (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000), por práticas de cultivo (GAMA-RODRIGUES, 1999; PASCUAL et al., 2001) e pelo sistema agrícola adotado (BALOTA et al., 1998) tornam o solo sensível.

A contagem de microrganismos no solo ajuda a entender os processos que nele ocorrem e podem servir como indicador de impacto de diferentes atividades antrópicas (BROOKES, 1995).

A biomassa microbiana serve como armazenadora de nutrientes, além de mostrar as mudanças ocorridas no solo, revelando a sensibilidade da microbiota a interferências nos sistemas (GRISI, 1995).

É de suma importância que se disponha de indicadores de sustentabilidade, que indiquem a quantidade e o grau de conservação de um dado sistema (DE-POLLI; PIMENTEL, 2005). Para a pesquisa, os atributos biológicos mais utilizados são C e N da biomassa microbiana, taxa de respiração (consumo de O_2 ou emissão de CO_2), quociente metabólico, quociente microbiano e nitrogênio microbiano (KARLEN et al., 1997; DE-POLLI; PIMENTEL, 2005).

3. ARTIGO A – MANEJO DA ADUBAÇÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO.

RESUMO: Constatou-se no Brasil um aumento na produção e cultivo do milho, destinada tanto para consumo humano como animal, mas ainda é considerada baixa quando comparada aos Estados Unidos e a China, primeiro e segundo maiores produtores, respectivamente. Isso se deve muito ao manejo praticado pelos produtores, pois práticas adequadas de correção e adubação do solo exigem um complexo processo de tomadas de decisões, onde se devem levar em consideração as características das plantas e do solo, o clima, entre outras. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica dos modos de aplicação da adubação de semeadura em sistema de plantio direto, nos parâmetros fitométricos e na produtividade da cultura do milho. O experimento foi realizado na fazenda experimental Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, no município de Bandeirantes/PR, utilizando a cultura do milho, implantado no ano de 2015. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 7 tratamentos, sendo T1 (sem adubação), T2 (aplicação de NPK à lanço), T3 (aplicação de NPK na linha), T4 (NP à lanço e K na linha), T5 (NP na linha e K à lanço), T6 (NK à lanço e P na linha) e T7 (NK na linha e K à lanço), com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 6 linhas de milho, de 6 m de comprimento por 4,5 m de largura resultando em 27 m², considerando como área útil as 4 linhas centrais e desprezando um metro de cada extremidade da parcela. Foram avaliados os parâmetros fitométricos: altura das plantas, número de folhas, diâmetro do colmo, da espiga e do sabugo, peso da espiga, do sabugo e de 100 grãos, tamanho da espiga, massa seca da parte aérea e produtividade. Os dados foram comparados pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, utilizando o software SASM-Agri. Os resultados permitiram concluir que o método de aplicação de NPK afetou significativamente a produtividade, a aplicação do NP la + K li apresentou a maior produtividade e entre os tratamentos NPK li e NPK la, a aplicação a lanço obteve o melhor resultado para a produtividade.

Palavras-chaves: Fertilidade do solo, plantio convencional, *Zea mays*.

ABSTRACT: It was found in Brazil increased production and cultivation of corn, intended for both human and animal consumption, but is still considered low compared to the United States and China, first and second largest producers respectively. This owes much to the management practiced by the producers, as appropriate practices correction and fertilization of the soil require a complex process of decision-making where it should take into account the characteristics of plants and soil, climate, among others. The objective of this study was to evaluate the technical feasibility of the modes of application of fertilizer seeding in no-till system in phytometric parameters and productivity of corn. The experiment was conducted at the experimental farm in Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, of the State University of Northern Parana, Campus Luiz Meneghel in Oxisol, in the city of Bandeirantes / PR, using the corn crop, established in 2015. The experimental design was a randomized block with 7 treatments and T1 (without fertilization), T2 (application of NPK to haul), T3 (NPK application on the line), T4 (NP to haul and K on the line), T5 (NP and K on the line to haul), T6 (NK to haul and P on the line) and T7 (NK and K on the line to haul), with four repetitions. The plots consisted of 6 corn rows, 6 m long by 4.5 m wide resulting in 27 m², considering how useful area of 4-axis and despising one meter from each end of the plot. We evaluated the fitométricos parameters: plant height, leaf number, stem diameter, ear and cob, ear weight, the cobs and 100 grain size of cob, dry weight of shoot and productivity. Data were compared by Duncan test at 5% probability, using the SASM-Agri software. The results showed that NPK application method significantly affected productivity, the application of nitrogen and phosphorus to haul and potassium in line showed the highest productivity and between NPK treatments in line and NPK to haul the broadcast application obtained the best result for productivity.

Key words: Soil fertility, conventional planting, *Zea mays*.

3.1 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira vem apresentando na última década importantes avanços. Enquanto que em 2015 o Produto Interno Bruto (PIB) total brasileiro retraiu 3,8%, o agronegócio cresceu 1,8% em relação a 2014, representando 23% do total do PIB brasileiro (IBGE, 2015).

A principal importância econômica do milho é devido à utilização na indústria de alimentação animal e humana, mas também com crescente destaque na indústria de alta tecnologia, como a produção de etanol. É o terceiro cereal mais cultivado no mundo e, devido a sua alta produtividade, figura como a cultura de maior rendimento produtivo (FAO, 2010).

De acordo com a CONAB (2016), a produção brasileira de milho, reunindo a primeira e segunda safra, atingiu nesta temporada um montante de 67 milhões de toneladas aproximadamente, apresentando um decréscimo de 20,2% em relação à produção anterior, calculada em 85 milhões de toneladas, aproximadamente.

Os Estados Unidos, China e Brasil se tornaram os maiores produtores de milho do mundo. Na safra 2015/2016, os Estados Unidos produziram cerca de 345 milhões de toneladas de milho, a China 224 milhões e o Brasil, 67 milhões (FIESP, 2016).

Manejar de forma adequada as técnicas de correção e adubação exige um complexo processo de tomada de decisão, pois deve levar em consideração as características das plantas, do solo, o clima, as condições do mercado de insumos e produtos, entre outras, partir daí é que se define as fontes e doses de nutrientes a serem aplicados (GITTI, 2014).

Houve uma revolução do sistema produtivo com o surgimento do Sistema de Plantio Direto (SPD). Atualmente, estima-se que 70% das áreas cultivadas com soja e milho no Brasil estejam sob este manejo (EMBRAPA, 2011).

O sistema de preparo convencional diz respeito à frequência e a intensidade de revolvimento do solo que pode resultar em diminuição de sua

qualidade. Provoca um aumento da exposição dos compostos orgânicos e favorece uma compactação abaixo da camada arada (COSTA et al., 2006; FREITAS, 1994). O objetivo principal desse método é controlar as plantas daninhas e favorecer o desenvolvimento e produtividade das culturas, porém seu uso intensivo pode predispô-lo à formação de camadas compactadas e ao aparecimento de microporos, o que aumenta a perda de solo por erosão (SOUZA, 1988).

Como forma de proteger o ambiente e dar sustentabilidade à exploração agrícola, os agricultores têm adotado o sistema de plantio direto que preconiza o mínimo de revolvimento do solo no momento da semeadura e a manutenção de resíduos orgânicos na superfície do solo. Esse sistema provoca alterações na dinâmica da matéria orgânica e da atividade biológica, modificando, principalmente, os processos intrínsecos do solo, provocando alterações na estrutura e na dinâmica físico-hídrica do solo (ANDRAUS et al., 2013; COSTA et al., 2006) e também é mais eficaz no controle das perdas de solo do que o preparo convencional com grade aradora, segundo Beutler et al. (2003).

Para Collier et al. (2008), o sistema de plantio direto preserva uma maior quantidade de resíduos, elevando o teor de matéria orgânica no solo, importante na manutenção da umidade do solo e também contribui para aumentar a disponibilidade de fósforo (P) para as plantas (ANGHINONI, 2007), além de vários outros benefícios proporcionados e comprovados por essa técnica (SANTOS et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnica dos modos de aplicação da adubação de semeadura em sistema de plantio direto, nos parâmetros fitométricos e na produtividade da cultura do milho.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Local, solo e cultura

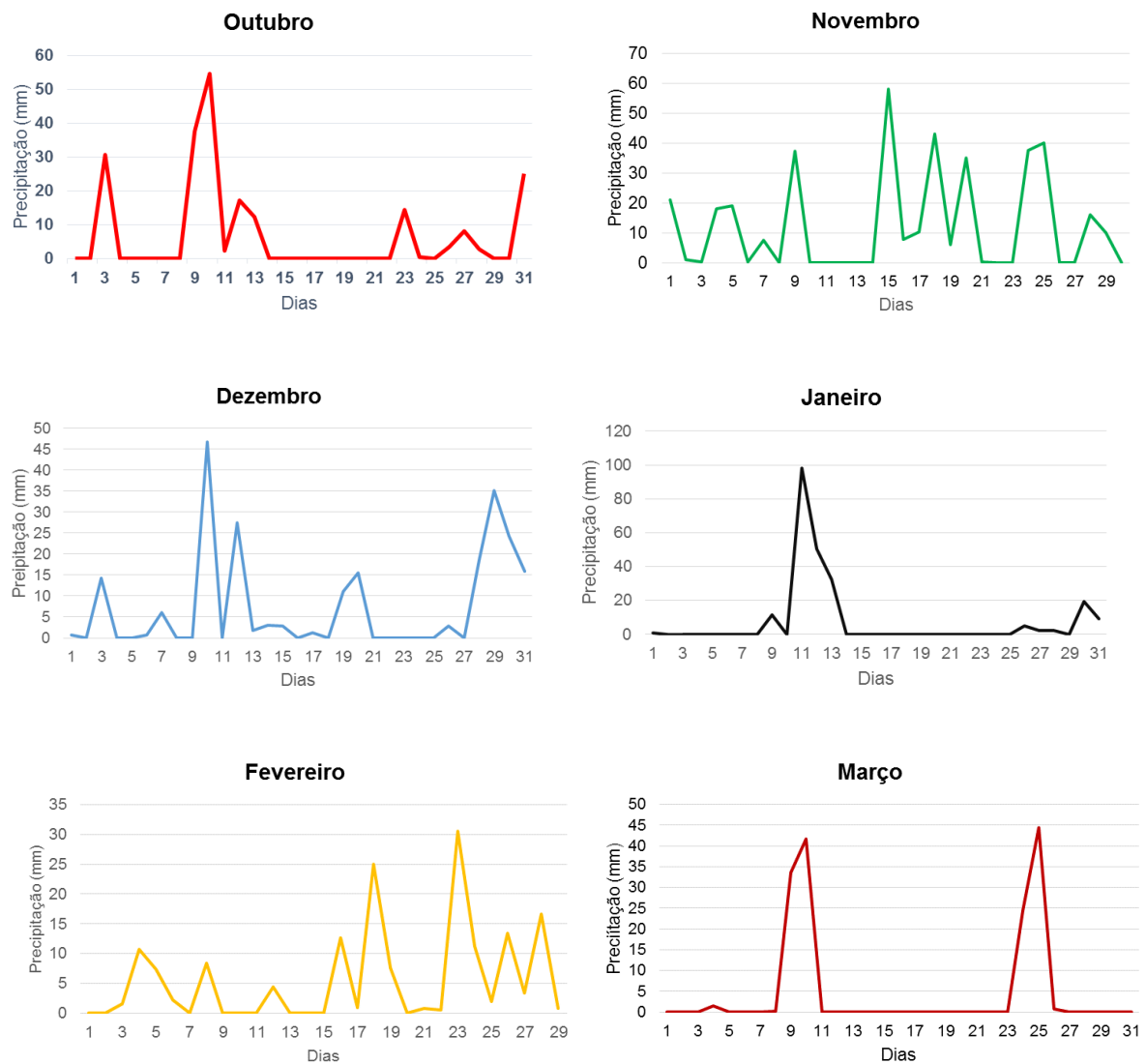
O experimento foi conduzido na fazenda experimental Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, da Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel (Figura 1), no município de Bandeirantes/PR localizado no retângulo compreendido pelas coordenadas $50^{\circ} 29' 44''$ a $50^{\circ} 09' 43''$ W e $23^{\circ} 17' 5''$ a $23^{\circ} 00' 59''$ S, altitude média de 440 metros e o clima, Cfa pela classificação de Köppen, é subtropical úmido, mesotérmico com verão quente, estiagem no inverno, precipitações médias anuais de 1.300 mm, média de 30 mm no mês mais seco e geadas menos frequentes (REIS et al., 2009).



Fonte: Google (2016)

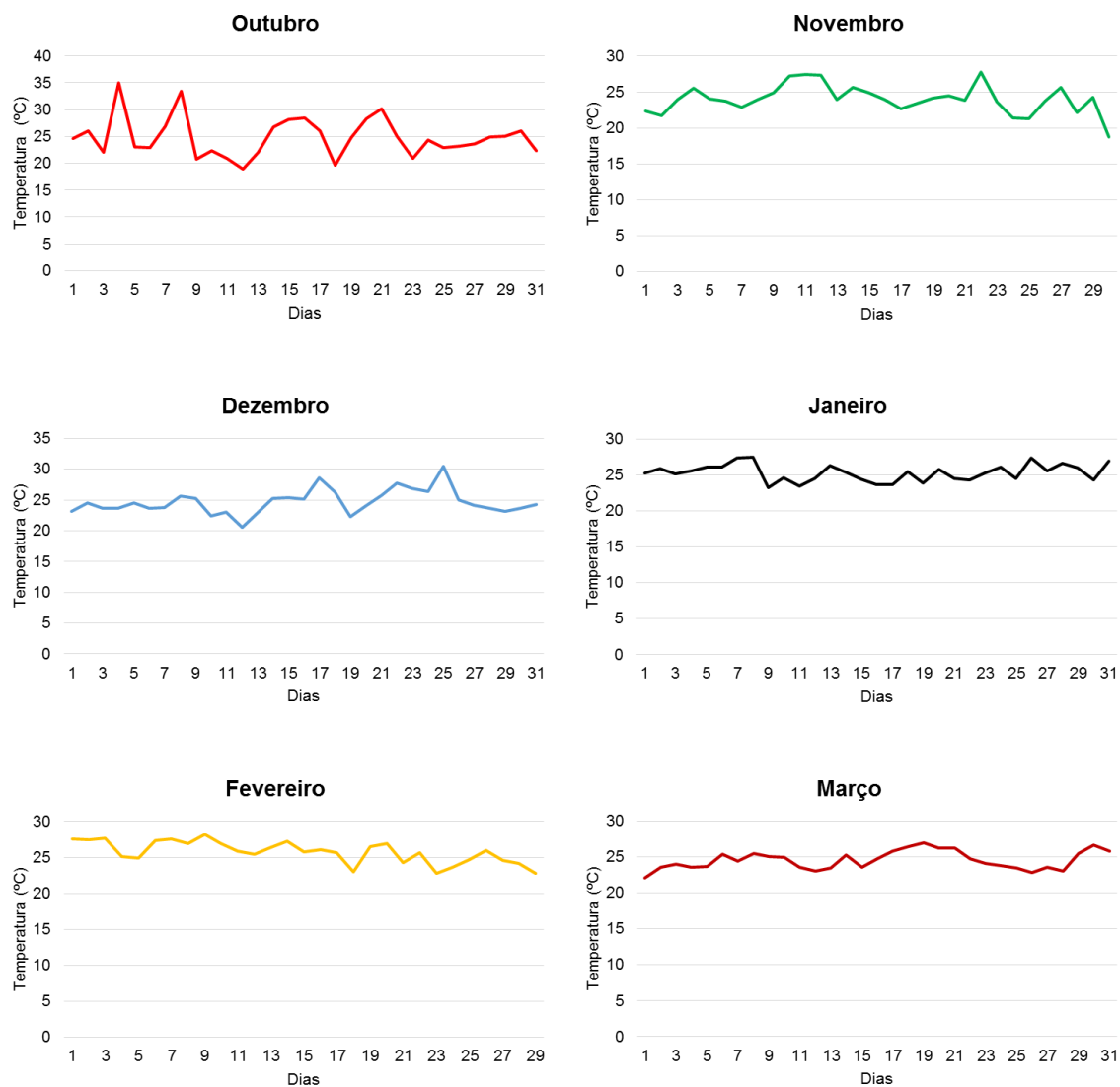
Figura 1. Foto aérea do local do experimento em Bandeirantes/PR.

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os dados meteorológicos do período experimental.



Fonte: Estação Meteorológica da UENP/Bandeirantes-PR

Figura 2. Precipitação diária (mm) no período experimental. Bandeirantes/PR 2015/2016.



Fonte: Estação Meteorológica da UENP/Bandeirantes-PR

Figura 3. Temperatura diária (°C) no período experimental. Bandeirantes/PR 2015/2016.

O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (EMBRAPA, 2013) e a análise química inicial e granulométrica se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química e granulométrica do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico do local do experimento - Bandeirantes/PR (2015).

Prof. (cm)	M.O. g kg ⁻¹	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al cmol _c dm ⁻³	H+Al	SB	CTC	V (%)
0-10	24,2	4,6	9,4	0,65	4,8	1,4	0,2	5,91	6,8	12,8	53,7
10-20	21,5	4,5	6,6	0,28	4,6	1,6	0,3	6,61	6,5	13,1	49,5
20-40	13,4	5,0	3,5	0,10	4,2	1,4	0,2	4,42	5,7	10,1	56,4
Textura (0-20 cm) g kg ⁻¹											
Areia				Silte				Argila			
86				234				680			

A cultura utilizada foi o milho (*Zea mays*), híbrido 30F53HR Pioneer e o período experimental a campo foi de outubro de 2015 até março de 2016.

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados com 7 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos utilizados foram: T1 (Sem adubação), T2 (aplicação de NPK à lanço), T3 (aplicação de NPK na linha), T4 (NP à lanço e K na linha), T5 (NP na linha e K à lanço), T6 (NK à lanço e P na linha) e T7 (NK na linha e P à lanço), com 4 repetições, e está representado na Figura 4.

Cada parcela experimental foi constituída de 6 linhas de 6 metros de comprimento e 4,5 metros de largura perfazendo uma área total para cada parcela de 27 m², sendo que entre os blocos e parcelas foi deixado um carreador de um metro de largura. A cultura foi semeada no espaçamento de 0,90 m entre linhas. A área útil foi considerada as quatro linhas centrais desprezando 0,5 m de cada extremidade da parcela. (Figura 5)

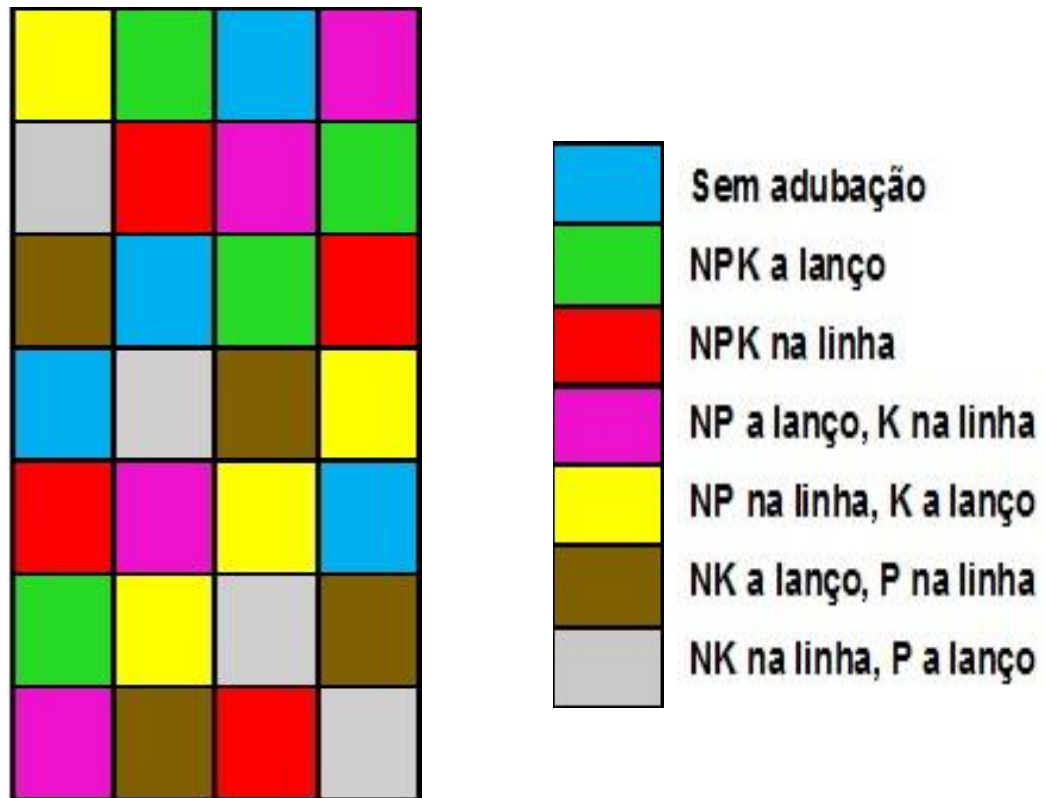


Figura 4. Croqui da disposição dos tratamentos na área experimental



Figura 5. Croqui da parcela experimental

3.2.3 Condução experimental

A coleta inicial do solo ocorreu em outubro de 2015, onde foram retiradas amostras em três profundidades, 0-10, 10-20 e 20-40 cm para fins de análise química de rotina e granulométrica. Para a coleta utilizou-se um perfurador de solo à gasolina, para abertura das trincheiras, que depois serviram para as coletas em profundidades. (Figura 6)



Figura 6. Aspecto geral do perfurador de solo à gasolina

A implantação da cultura ocorreu em novembro de 2015, onde através dos dados iniciais da análise de solo procedeu-se a adubação seguindo o boletim da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), não sendo realizada a calagem, devido à baixa recomendação, inferior a 1 Mg ha⁻¹ e considerando o poder tampão do solo e o tempo requerido para implantação do projeto.

Os tratamentos foram realizados com aplicação na semeadura de 20 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, tendo como fonte de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, os fertilizantes uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Para adubação em cobertura aplicou-se 90 kg ha⁻¹ N, parcelado em duas aplicações, no momento em que a cultura estava com seis e oito folhas totalmente desdobradas.

3.2.4 Parâmetros avaliados

Na colheita do experimento foram amostradas dez plantas por parcela, e avaliados quanto:

- a) Altura da planta (m), medido com uso de uma régua graduada do solo até o ápice da inflorescência masculina (Figura 7A)
- b) Diâmetro do colmo (mm), avaliado a 10 cm da superfície do solo com auxílio de paquímetro digital; (Figura 7B)
- c) Número de folhas;
- d) Massa seca da parte aérea da planta (g). Toda a parte aérea foi cortada, colocada em sacos de ráfia e deixados para secagem numa estufa em temperatura ambiente e após algumas pesagem em balança de precisão de duas casas e atingido o peso constante as mesmas foram pesadas. (Figura 8)
- e) Peso da espiga através da pesagem em balança com precisão de duas casas. (Figura 9A)
- f) Diâmetro da espiga (mm) realizada na parte mediana através de paquímetro digital. (Figura 9B)
- g) Comprimento da espiga (m) realizada com régua milimetrada. (Figura 10A)
- h) Peso dos 100 grãos (g). Foram coletados 100 grãos do total de milho debulhado por parcela e pesados em balança com precisão de duas casas e o dados transformados em 13% de umidade. (Figura 10B)
- i) Produtividade (Mg ha^{-1}). Foram coletadas dez espigas e debulhada em debulhador manual, pesados em balança com precisão de duas casas, e os dados corrigidos para uma umidade de 13 % e transformados em Mg ha^{-1} . (Figura 11)



(7A)



(7B)

Figura 7A e B. Avaliação da altura de planta (m) e diâmetro do colmo (mm)



Figura 8. Avaliação da massa seca da parte aérea (g)



(9A)

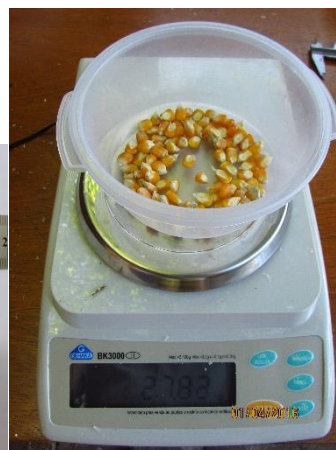


(9B)

Figura 9A e B. Avaliação do peso da espiga (g) e diâmetro da espiga (mm)



(10A)



(10B)

Figura 10A e B. Avaliação do comprimento da espiga (cm) e peso de 100 grãos (g).



Figura 11. Aspecto geral do debulhador manual

3.2.5 Análise estatística

Os dados foram comparados com auxílio da análise de variância, avaliados como blocos ao acaso, utilizando o teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade. O software utilizado foi o SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de plantas (m), diâmetro do colmo (mm), número de folhas e massa seca da parte aérea (MSPA) (g pl^{-1}) da cultura do milho submetida a diferentes manejos de adubação, estão apresentados na Tabela 2, onde se pode observar que houve diferenças estatísticas significativas apenas para o diâmetro do colmo, entre o tratamento sem adubação e os tratamentos NK La + P li e NK li + P La, onde a ausência de adubação produziu o menor diâmetro de colmo. Esse parâmetro tem importância fundamental quando se trata da cultura do milho, pois a fragilidade da cultura frente ao acamamento pode comprometer toda a produção, ou seja quanto maior o diâmetro menores chances de acamamento. O colmo também serve como reserva de fotoassimilados, que após a floração são direcionados para o enchimento de grãos. Quando não fabricado em quantidades suficientes para a manutenção dos tecidos, a maior necessidade desse produto pelos grãos faz com que os tecidos da raiz e da base do colmo tenham uma senescência precoce, fragilizando essa região (GOMES et al., 2010). Segundo o Instituto FNP (2007), são estimadas perdas de 5 a 20% na produção mundial, em consequência do acamamento e do quebramento do milho. Os demais tratamentos foram estatisticamente semelhantes. Ressalta-se que apesar do menor diâmetro de colmo obtido na ausência de adubação ele foi semelhante estatisticamente aos demais manejos.

Tabela 2. Altura de planta (m), diâmetro de colmo (mm), número de folhas e massa seca da parte aérea (g pl⁻¹) de milho submetido a diferentes manejos da adubação.

Tratamentos ⁽¹⁾ (ha ⁻¹)	Altura de planta (m)	Diâmetro do colmo (mm)	Número de folhas	MSPA(g pl ⁻¹)
Sem Adub.	2,41 a ⁽²⁾	9,75 b	10,98 a	0,98 a
NPK la	2,08 a	11,38 ab	11,00 a	1,07 a
NPK li	1,97 a	10,67 ab	10,80 a	0,96 a
NP la+K li	2,03 a	11,48 ab	11,28 a	1,03 a
NP li+K la	2,01 a	11,33 ab	10,83 a	1,03 a
NK la+P li	2,09 a	11,81 a	10,90 a	0,82 a
NK li+P la	2,08 a	12,08 a	11,13 a	0,96 a
F	ns	*	ns	ns
CV (%)	19,43	9,91	3,07	16,20

⁽¹⁾ Sem Adub.= sem adubação; NPK = nitrogênio, fósforo e potássio; la = a lanço; li = na linha

⁽²⁾ Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. * = significativo a 5% pelo teste de Tukey. ns = não significativo.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados de diâmetro da espiga (mm), tamanho da espiga (cm), peso da espiga (g), peso do sabugo (g) e diâmetro do sabugo (mm), da cultura do milho submetida a diferentes manejos de adubação, onde se pode observar que houve diferenças estatísticas significativas em todos os dados observados.

O diâmetro da espiga apresentou-se menor quando não se adubou a cultura, sendo estatisticamente semelhantes aos manejos NPK lanço, NPK na linha, NP la + K li e NP li + K la. Diferenciando estatisticamente dos tratamentos NK la + P li e NK li + P la.

O tamanho da espiga e o peso do sabugo tiveram comportamento estatístico semelhantes, onde o manejo sem adubação resultou em menor tamanho da espiga e peso do sabugo. Esse resultado também diferiu do manejo da adubação NPK a lanço e NK li + P la, resultando nesse último tratamento nos maiores valores para esses parâmetros.

É notório também o comportamento estatístico do peso da espiga e diâmetro do sabugo quando não se faz a adubação, sendo que o peso da espiga (157,83g) nesse manejo se comparado ao manejo com a aplicação de NK na linha e P à lanço (223,24g), teve uma aumento de mais de 40%.

Tabela 3. Diâmetro da espiga (mm), tamanho da espiga (cm), peso da espiga (g), peso do sabugo (g), diâmetro do sabugo (mm) de milho submetida a diferentes manejos da adubação.

Tratamentos ⁽¹⁾ (ha ⁻¹)	Diâmetro da Espiga (mm)	Tamanho da espiga (cm)	Peso da espiga (g)	Peso do sabugo (g)	Diâmetro do sabugo (mm)
Sem Adub.	45,51c	16,49 c	157,83 e	24,34 c	25,89 b
NPK la	46,76 bc	18,10 b	181,69 cd	29,98 b	27,21 a
NPK li	46,53 bc	17,52 bc	176,30 de	27,45 bc	26,61 ab
NP la+K li	46,71 bc	17,44 bc	182,85 cd	28,01 bc	26,81 ab
NP li+K la	47,97 ab	17,78 b	198,37 bc	29,78 b	27,26 a
NK la+P li	48,04 ab	18,58 ab	206,99 ab	31,24 ab	27,27 a
NK li+P la	49,36 a	19,34 a	223,24 a	34,68 a	27,70 a
F	*	*	*	*	*
CV (%)	2,06	4,43	7,03	8,60	2,87

⁽¹⁾ Sem Adub.= sem adubação; NPK = nitrogênio, fósforo e potássio; la = a lanço; li = na linha

⁽²⁾ Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. * = significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Os resultados de peso de 100 grãos (g) e produtividade (Mg ha⁻¹), da cultura do milho submetida a diferentes manejos de adubação estão apresentados na Tabela 4, onde se pode observar que houve diferenças estatísticas significativa para a produtividade. A ausência de adubação e a aplicação dos adubos na linha resultaram nas menores produtividades.

Comparando a aplicação NPK na linha e a lanço, tem-se diferença significativa entre eles, sendo que o tratamento NPK la apresentou um aumento de 23,28% na produtividade, como mostra a Tabela 5, sugerindo que a cultura tenha utilizado desses elementos já presentes no solo, corroborando com resultados encontrados por Gitti (2014).

Os demais manejos foram semelhantes estatisticamente entre si, ressaltando a adubação realizada com NP la + K li que obteve a maior produtividade dentre todos os tratamentos, e esse comentário é enfatizado quando se observa os dados da Tabela 5, onde esse manejo resultou num acréscimo de mais de 50 % na produtividade se considerar a ausência de adubação.

Tabela 4. Peso de 100 grãos (g) e produtividade (kg) do milho em função do manejo da adubação.

Tratamentos ⁽¹⁾ (ha ⁻¹)	Peso de 100 grãos (g)	Produtividade (Mg ha ⁻¹)
Sem Adub.	28,97 a	7,53 b
NPK la	36,68 a	10,73 a
NPK li	30,46 a	8,94 b
NP la+K li	31,11 a	11,70 a
NP li+K la	29,66 a	11,13 a
NK la+P li	33,72 a	10,86 a
NK li+P la	32,37 a	11,18 a
F	ns	*
CV (%)	23,03	11,13

⁽¹⁾ Sem Adub.= sem adubação; NPK = nitrogênio, fósforo e potássio; la = a lanço; li = na linha

⁽²⁾ Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. * = significativo a 5% pelo teste de Tukey. ns = não significativo.

Tabela 5. Produtividade (Mg ha⁻¹), sacas (60kg) e porcentagem de aumento de produtividade do milho em função do manejo da adubação.

Tratamentos ⁽¹⁾ (ha ⁻¹)	Produtividade (Mg ha ⁻¹)	Sacas (un)	Aumento de Produtividade (%)
Sem Adub.	7,53 b	125	00,00
NPK la	10,73 a	179	42,00
NPK li	8,94 b	149	18,72
NP la+K li	11,70 a	195	55,38
NP li+K la	11,13 a	185	47,81
NK la+P li	10,86 a	181	44,22
NK li+P la	11,18 a	186	48,47
F	*		
CV (%)	11,13		

⁽¹⁾ Sem Adub.= sem adubação; NPK = nitrogênio, fósforo e potássio; la = a lanço; li = na linha

⁽²⁾ Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. * = significativo a 5% pelo teste de Tukey. ns = não significativo.

Os tratamentos que apresentaram maiores produtividades são aqueles que contém as duas maneiras de aplicação, na linha e a lanço, destacando o NP la + K li, porém estatisticamente não diferem do tratamento onde todos os

adubos foram aplicados a lanço (NPK la), sendo esta uma alternativa mais viável e mais rápida, já que pode ser feita em momento diferente do plantio, facilitando o manejo.

3.4 CONCLUSÃO

O método de aplicação de NPK afetou significativamente a produtividade.

A aplicação do nitrogênio e fósforo a lanço e potássio na linha apresentou a maior incremento na produtividade.

Entre os tratamentos NPK na linha e NPK a lanço a aplicação a lanço obteve o melhor resultado para a produtividade.

4 ARTIGO B – MANEJO DA ADUBAÇÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO NAS PROPRIEDADES DO SOLO CULTIVADO COM MILHO E NA SUA PRODUTIVIDADE

RESUMO: O uso intensivo do solo tem causado degradação irreversível do mesmo e é um problema mundial. O sistema de plantio direto promove alterações das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, destacando o acúmulo de matéria orgânica e de nutrientes e maior atividade microbiana. O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo em relação aos modos de aplicação da adubação, em sistema de plantio direto na cultura do milho e a sua produtividade. O experimento foi realizado na fazenda experimental Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, no município de Bandeirantes/PR, utilizando a cultura do milho, implantado no ano de 2015. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 7 tratamentos, sendo T1 (sem adubação), T2 (aplicação de NPK à lanço), T3 (aplicação de NPK na linha), T4 (NP à lanço e K na linha), T5 (NP na linha e K à lanço), T6 (NK à lanço e P na linha) e T7 (NK na linha e K à lanço), com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 6 linhas de milho, de 6 m de comprimento por 4,5 m de largura resultando em 27 m², considerando como área útil as 4 linhas centrais e desprezando um metro de cada extremidade da parcela. Foram avaliados na análise química os teores de pH, M.O., P, K, Ca, Mg, H+Al, SB e CTC. Para as análises físicas, foram avaliados a densidade do solo, macro e microporosidade e porosidade total, e a estabilidade de agregados. Para as análises microbiológicas do solo foram determinados o carbono da biomassa microbiana, a respiração basal e os quocientes metabólicos e microbianos e também foi avaliada a produtividade. Os dados foram comparados pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, utilizando o software SASM-Agri. Os resultados permitiram concluir que em relação aos atributos químicos, biológicos e produtividade, NP li + K li apresentou maior quantidade de M.O., V%, CBMS e maior produtividade, enquanto o tratamento utilizando NP li + K li proporcionou melhoria nas propriedades físicas.

Palavras-chave: Atributos químicos do solo, atributos físicos do solo, atributos microbiológicos do solo.

ABSTRACT: The intensive use of the soil has caused irreversible degradation of the same and is a worldwide problem. The no-tillage system promotes changes in the chemical, physical and biological properties of the soil, featured the accumulation of organic matter and nutrients and greater microbial activity. The objective of this work was to evaluate the chemical, physical and microbiological attributes of the soil in relation to the fertilization, under no tillage system in the corn crop and its productivity. The experiment was conducted at the experimental farm in Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, of the State University of Northern Parana, Campus Luiz Meneghel in Oxisol, in the city of Bandeirantes/PR, using the corn crop, established in 2015. The experimental design was a randomized block with 7 treatments and T1 (without fertilization), T2 (application of NPK to haul), T3 (NPK application on the line), T4 (NP to haul and K on the line), T5 (NP and K on the line to haul), T6 (NK to haul and P on the line) and T7 (NK and K on the line to haul), with four repetitions. The plots consisted of 6 corn rows, 6 m long by 4.5 m wide resulting in 27 m², considering how useful area of 4-axis and despising one meter from each end of the plot. The values of pH, M.O., P, K, Ca, Mg, H + Al, SB and CTC were evaluated in the chemical analysis. For the physical analyzes, the soil density, macro and microporosity and total porosity and stability of aggregates and productivity was also evaluated. For the microbiological analyzes the carbon of the microbial biomass, the basal respiration and the metabolic and microbial quotients were determined. The data were compared by Duncan's test at 5% probability, using SASM-Agri software. The results allowed to conclude that in relation to the chemical, biological and productivity attributes, NP la + K li presented higher amounts of M.O., V%, CBMS and higher productivity, while NP li + K la provided improvement in physical properties.

Key - words: Chemical soil attributes, physical soil attributes, microbiological soil attributes.

4.1 INTRODUÇÃO

O preparo do solo pode ser definido como a manipulação física, química ou biológica do solo, utilizando-se várias técnicas adequadas, que permitem a alta produtividade das culturas a baixo custo (MUZILLI, 1985).

O uso intensivo das terras tem causado deformação e degradação irreversível do solo e é um problema mundial (STONE et al., 2006).

O plantio direto promove alterações das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e melhora a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas (SANTOS; TOMM, 1996). Dentre estas alterações destaca-se o acúmulo de matéria orgânica e de nutrientes na camada superficial dos solos (SILVEIRA; CUNHA, 2002) e maior atividade microbiana (SCHERER et al, 2007).

Em solos tropicais e subtropicais, visando a retenção dos nutrientes e a diminuição de sua perda por lixiviação, é de suma importância a manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Segundo Costa et al. (1999), a matéria orgânica pode ser responsável por até 80% da capacidade de troca de cátions.

A estrutura do solo é um dos atributos mais importantes para a adaptação das espécies e pode ser avaliada pela densidade do solo, macro e microporosidade, estabilidade de agregados, resistência do solo, permeabilidade, entre outros. Estes atributos podem ser utilizados como indicadores de adensamento, compactação, encostamento, susceptibilidade à perda da produtividade e degradação ambiental (GOMES et al., 2015).

A análise dos atributos físicos do solo é um indicador importante da sustentabilidade nos diferentes tipos de uso das terras. A porosidade do solo e a relação entre macroporosidade e microporosidade são fatores importantes para avaliação da influência da textura e da estrutura do solo na disponibilidade de água, ar e nutrientes (SALUME et al., 2013).

Segundo Tormena; Roloff (1996), entre os indicadores físicos de qualidades do solo se encontra a resistência mecânica do solo. Para Karlen; Stott (1994), outros fatores entram nesse quesito, como densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total.

O manejo do solo altera a densidade e, como consequência, a aeração e a porosidade total. Com o aumento da densidade pode ocorrer uma redução no crescimento do sistema radicular das plantas devido ao impedimento físico (KLEIN; LIBORD, 2002).

Segundo Kiehl (1979), a porosidade de um solo pode ser definida como a porcentagem do volume do solo não ocupado pelos componentes sólidos.

Quanto à microbiologia do solo, a biomassa microbiana do solo (BMS) é responsável pela decomposição e mineralização dos resíduos vegetais e animais do solo, representando importante indicador ecológico (JENKINSON; LADD, 1981).

O conhecimento da dinâmica da BMS pode auxiliar os estudos que visam à conservação da matéria orgânica do solo e ao melhor aproveitamento do material orgânico adicionado ao sistema (DE-POLLI; GUERRA, 2008).

É de suma importância que se disponha de indicadores de sustentabilidade, que indiquem a quantidade e o grau de conservação de um dado sistema (DE-POLLI; PIMENTEL, 2005). Para a pesquisa, os atributos biológicos mais utilizados são C e N da biomassa microbiana, taxa de respiração (consumo de O_2 ou emissão de CO_2), quociente metabólico, quociente microbiano e nitrogênio microbiano (KARLEN et al., 1997; DE-POLLI; PIMENTEL, 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os atributos químicos, físicos e microbiológicos do solo e a sua produtividade em relação aos modos de aplicação da adubação, em sistema de plantio direto na cultura do milho.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Local, solo e cultura

O experimento foi conduzido na fazenda experimental Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, da Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel (Figura 1), no município de Bandeirantes/PR localizado no retângulo compreendido pelas coordenadas 50° 29' 44" a 50° 09' 43" W e 23° 17' 5" a 23° 00' 59" S, altitude média de 440 metros e o clima, Cfa pela classificação de Köppen,

que se caracteriza por ser subtropical úmido, mesotérmico com verão quente, estiagem no inverno, precipitações médias anuais de 1.300 mm, média de 30 mm no mês mais seco e geadas menos frequentes (REIS et al., 2009).



Fonte: Google (2016)

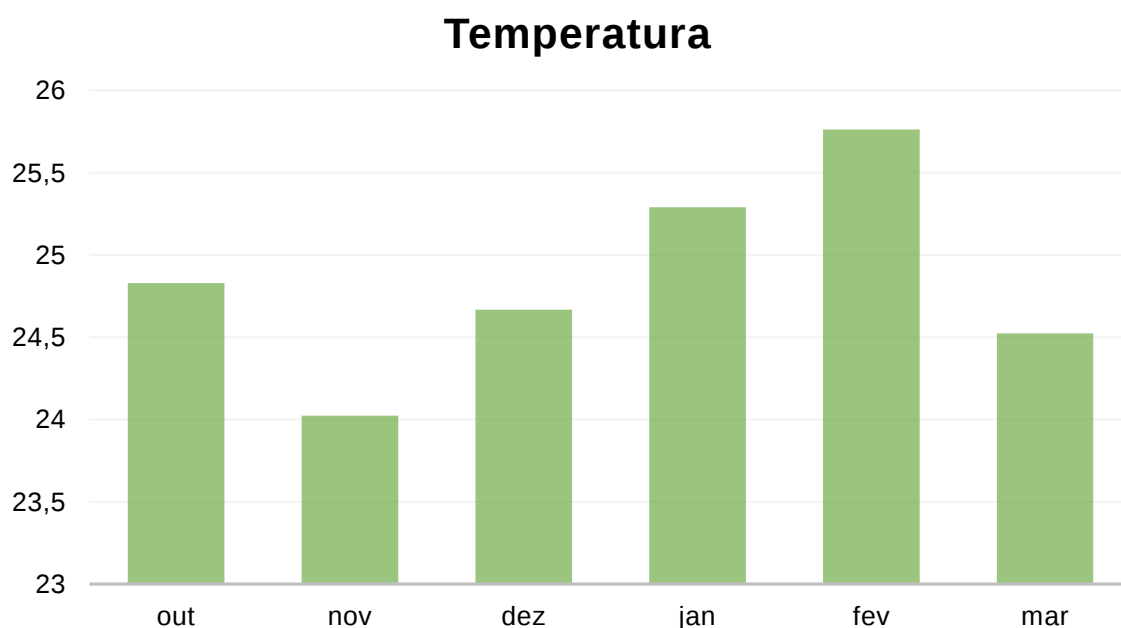
Figura 1. Foto aérea do local do experimento em Bandeirantes/PR.

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os dados meteorológicos do período experimental.



Fonte: Estação Meteorológica da UENP/Bandeirantes-PR

Figura 2. Precipitação diária (mm) no período experimental. Bandeirantes/PR 2015/2016.



Fonte: Estação Meteorológica da UENP/Bandeirantes-PR

Figura 3. Temperatura média (°C) no período experimental. Bandeirantes/PR 2015/2016.

O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico (EMBRAPA, 2013) e a análise química inicial e granulométrica se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química e granulométrica do LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico do local do experimento - Bandeirantes/PR (2015).

Prof. (cm)	M.O. g kg ⁻¹	pH CaCl ₂	P mg dm ³	K	Ca	Mg cmol _c dm ³	Al	H+Al	SB	CTC	V (%)
0-10	24,2	4,6	9,4	0,65	4,8	1,4	0,2	5,91	6,8	12,8	53,7
10-20	21,5	4,5	6,6	0,28	4,6	1,6	0,3	6,61	6,5	13,1	49,5
20-40	13,4	5,0	3,5	0,1	4,2	1,4	0,2	4,42	5,7	10,1	56,4
Textura (0-20 cm)											
g kg ⁻¹											
Areia				Silte				Argila			
86				234				680			

A cultura utilizada foi o milho (*Zea mays*), híbrido 30F53HR Pioneer e o período experimental a campo foi de outubro de 2015 até março de 2016.

4.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados com 7 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos utilizados foram: T1 (Sem adubação), T2 (aplicação de NPK à lanço), T3 (aplicação de NPK na linha), T4 (NP à lanço e K na linha), T5 (NP na linha e K à lanço), T6 (NK à lanço e P na linha) e T7 (NK na linha e P à lanço), com 4 repetições, e está representado na Figura 4.

Cada parcela experimental foi constituída de 6 linhas de 6 metros de comprimento e 4,5 metros de largura perfazendo uma área total para cada parcela de 27 m², sendo que entre os blocos e parcelas foi deixado um carreador de um metro de largura. A cultura foi semeada no espaçamento de 0,90 m entre linhas. A área útil foi considerada as quatro linhas centrais desprezando 0,5 m de cada extremidade da parcela. (Figura 5)

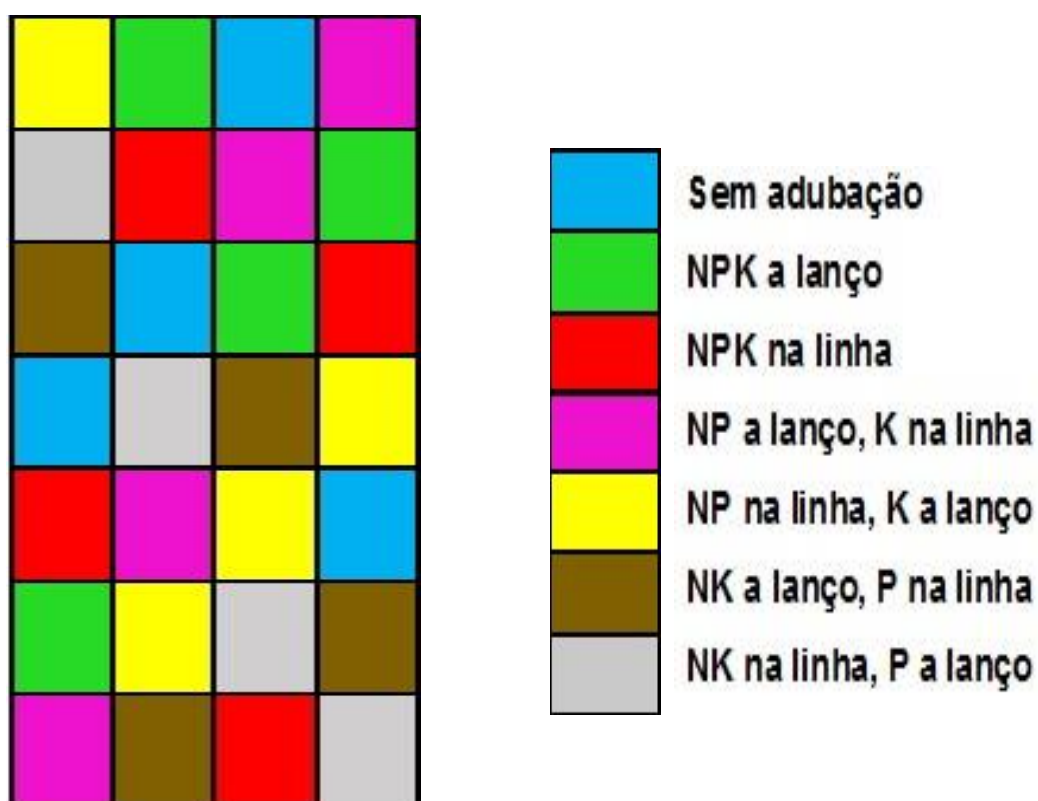


Figura 4. Croqui da disposição dos tratamentos na área experimental



Figura 5. Croqui da parcela experimental

4.2.3 Condução experimental

A coleta inicial do solo ocorreu em outubro de 2015, onde foram retiradas amostras em três profundidades, 0-10, 10-20 e 20-40 cm para fins de análise química de rotina e granulométrica. Para a coleta utilizou-se um perfurador de solo à gasolina, para abertura das trincheiras, que depois serviram para as coletas em profundidades. (Figura 6)



Figura 6. Aspecto geral do perfurador de solo à gasolina

A implantação da cultura ocorreu em novembro de 2015, onde através dos dados iniciais da análise de solo procedeu-se a adubação seguindo o boletim da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), não sendo realizada a calagem, devido à baixa recomendação, inferior a 1 Mg ha^{-1} e considerando o poder tampão do solo e o tempo requerido para implantação do projeto.

Visando o combate de pragas, principalmente a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), aplicou-se o inseticida Majesty® (0,6L/ha) nas folhas do milho. As aplicações foram realizadas com bomba costal.

Os tratamentos foram realizados com aplicação na semeadura de 20 kg ha^{-1} de N, 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 40 kg ha^{-1} de K_2O , tendo como fonte de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, os fertilizantes uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Para adubação em cobertura aplicou-se 90 kg ha^{-1} N, parcelado em duas aplicações, no momento em que a cultura estava com seis e oito folhas totalmente desdobradas.

Após a colheita do milho foram coletadas amostras do solo para a realização das análises de química, física e microbiológicas.

Foi realizada análise química completa, onde foram determinados: potencial hidrogeniônico - pH (em CaCl_2), matéria orgânica - M.O. (g kg^{-1}), fósforo - P (mg dm^{-3}), potássio - K, cálcio - Ca, magnésio - Mg, hidrogênio + alumínio - H+Al, soma de bases - SB, capacidade de troca catiônica - CTCtotal ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Para essa coleta foi usada as profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

O carbono orgânico (C) foi obtido por oxidação sulfocrômica, sendo determinado por titulação com sulfato ferroso (método Walkley-Black). Potássio e fósforo foram obtidos por meio da solução extratora Mehlich1; cálcio e magnésio pela solução extratora KCl 1 mol L^{-1} . A acidez ativa (pH) por meio de solução com CaCl_2 e a acidez potencial (H+Al) pelo método pH em SMP. Os valores de CTC efetiva, CTC a pH 7, soma de bases (SB) e saturação por bases (V %) foram obtidos por cálculos, segundo (EMBRAPA, 2009).

Amostras de solo para análise de macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade de solo foram retiradas com anel

volumétrico na profundidade de 0 a 10 cm, e amostras deformadas para realizar a granulometria e classe de tamanho de agregados foram coletados entre linhas na profundidade de 0 a 20 cm, após a colheita do milho.

Nas amostragens para avaliação de algumas propriedades físicas do solo e conforme Embrapa (1997), foram realizadas as análises de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, pelo método do anel volumétrico determinados na mesa de tensão e a classe de tamanho de agregados pela via seca, por tamisação.

Para as análises microbiológicas, foram coletadas três amostras simples da profundidade de 0 a 10 cm onde foram homogeneizadas para constituírem uma amostra composta para cada parcela, totalizando vinte oito amostras. O material foi acondicionado em sacos plásticos e transportado para o laboratório, onde foram peneiradas em malha de 2 mm e mantidas em geladeiras até serem analisadas.

O parâmetro microbiológico do carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) foi determinado pelo método proposto por Vance et al. (1987), pela fumigação das amostras de solo com adição de clorofórmio. As amostras de solo de cada uma das áreas foram separadas e pesadas (20 g) em duplicatas, sendo uma para fumigação e outra para não fumigação.

Para a extração do CBM-S foi adicionado 50 mL de solução de sulfato de potássio (K_2SO_4) 0,5 M nas amostras sob agitação a 175 rpm por período de 50 minutos e filtrado em papel quantitativo para obtenção do extrato. A determinação do teor de CBM-S foi realizada por titulometria (WALKLEY; BLACK, 1934, modificado por TEDESCO et. al., 1995).

Foram transferidos 8 mL dos extratos filtrados para erlenmeyers de 250 mL, adicionando 2 mL de solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,066 M e 10 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) P.A.

Após resfriamento foram acrescentados às amostras, 70 mL de água deionizada, 5 mL de ácido fosfórico concentrado (H_3PO_4) P.A. e 4 gotas de

difenilamina ((C₆H₅)₂NH) 1% (m/v) em H₂SO₄ P.A., seguido de titulação com sulfato ferroso amoniacal [(NH₄)₂Fe(SO₄)₂.6H₂O] 0,033 M.

Por este método, ocorre a oxidação do C orgânico a CO₂ e H₂O por íon de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,066 M em meio forte ácido. Com a reação descrita, é considerado que o dicromato consumido é equivalente ao C presente na amostra e o excedente titulado com solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal.

A atividade respiratória da biomassa microbiana, ou respiração basal do solo (RBS) foi avaliada pela quantificação do CO₂ liberado durante a incubação do solo em sistema fechado, onde o CO₂ é capturado em solução de NaOH (Hidróxido de sódio) a 0,05 mol L⁻¹ e posteriormente titulado com HCl (ácido clorídrico) (ISERMEYER, 1952).

A determinação do carbono orgânico total (COT) foi feita em combustão da matéria orgânica via úmida, com uso de 0,5g de amostra, segundo Walkley; Black (1934), modificado por Tedesco et al. (1995), sem aquecimento externo em chapa. A partir da relação entre o CBM e o conteúdo de matéria orgânica foi determinado o quociente microbiano (qMIC). A transformação dos valores de matéria orgânica para carbono orgânico foi feita pela relação M.O. = 1,724 x C.O. (SILVA, 2009).

Para a produtividade (Mg ha⁻¹) foram coletadas dez espigas e debulhada em debulhador manual, pesados em balança com precisão de duas casas, e os dados corrigidos para uma umidade de 13 % e transformados em Mg ha⁻¹.

4.2.5 Análise estatística

Os dados foram comparados com auxílio da análise de variância, avaliados como blocos ao acaso, utilizando o teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade. O software utilizado foi o SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Propriedades químicas do solo

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de M.O., P, K, Ca, Mg, pH, V%, H+Al, SB, CTC_{total} no solo, nas profundidades de amostragem de 0-20 e 20-40 cm, em função dos modos de aplicação dos adubos NPK.

Tanto o teor de matéria orgânica (M.O.) do solo como os teores de macronutrientes não apresentaram diferença estatísticas significativa na profundidade superficial.

A matéria orgânica do solo é considerada um dos componentes vitais de um solo saudável. A sua influência nas características físicas, químicas e biológicas do solo é crucial na fertilidade do mesmo (ZONA AGRO, 2016). Na profundidade de 20-40 cm, apenas os tratamentos T4 (NP la + K li) e T5 (NP li + K la) apresentaram diferença significativa, sendo menor e maior valor, respectivamente.

Os teores de P e K foram maiores quanto mais superficial foi a amostra, concentração essa também observado por diversos autores (HOLANDA et al., 1998; HOWARD et al., 2002; PAULETTI et al., 2005) e ocorre pela falta de revolvimento do solo (PAULETTI et al, 2009). Segundo Tisdale et al. (1985), outro fator que explica os valores de P é a menor adsorção na camada superficial devido ao recobrimento dos sítios de adsorção por radicais orgânicos e substituição de íons fosfatos por orgânicos nesses sítios. Em relação ao K, esse fato pode ser devido esse elemento ter mais cargas negativas para adsorção em função de mais MOS na camada superficial e, conseqüentemente, mais CTC e maior resistência ao processo de liviação.

Para o K, notou-se que não houve diferença significativa em nenhuma das profundidades, aliás, o solo apresentou menor teor desse nutriente quando comparado com a análise química inicial. Esse fato pode ser relacionado à extração desse nutriente pelo milho, visto que o K é um dos nutrientes extraído em

maior quantidade pela cultura, segundo Coelho (2006). Além disso, parte do K aplicado pode ter sido lixiviado, devido ao elevado volume de chuva observado durante a condução do experimento, como pode ser observado nos dados apresentados pela Figura 2.

Tabela 2. Características químicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm em função da aplicação dos adubos NPK na cultura do milho em sistema de plantio direto - Bandeirantes/PR (2016).

Prof. (cm)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	CV	F
M.O. (g kg⁻¹)									(%)
0-20	20,48	19,47	18,47	20,48	22,16	22,49	21,15	14,95	ns
20-40	15,44ab	15,11ab	16,12ab	13,09b	19,47a	16,79ab	16,12ab	21,16	*
P (mg dm⁻³)									
0-20	15,51	10,01	18,47	12,30	14,84	13,01	10,94	41,79	ns
20-40	4,48b	4,55ab	4,60ab	4,60ab	5,67ab	6,24a	5,38ab	20,07	*
K (cmol_c dm⁻³)									
0-20	0,31	0,25	0,27	0,30	0,32	0,30	0,25	40,82	ns
20-40	0,07	0,07	0,09	0,08	0,11	0,10	0,07	49,06	ns
Ca (cmol_c dm⁻³)									
0-20	2,60	2,78	2,70	2,55	3,13	2,98	2,78	16,9	ns
20-40	3,18	3,05	3,15	3,20	2,95	3,40	3,40	15,77	ns
Mg (cmol_c dm⁻³)									
0-20	1,33	1,08	1,20	1,00	1,13	1,25	1,13	22,31	ns
20-40	0,95b	1,03b	0,70b	0,88b	1,65a	0,98b	0,95b	39,86	*
pH (CaCl₂)									
0-20	4,75	4,60	4,68	4,68	4,80	4,80	4,80	2,89	ns
20-40	5,15	5,20	5,25	5,20	5,08	5,18	5,15	3,02	ns
V%									
0-20	50,59ab	48,62ab	48,65ab	44,95b	52,68a	53,30a	49,08ab	7,63	*
20-40	58,86	57,06	58,90	60,67	61,23	59,86	58,20	5,54	ns
H + Al (cmol_c dm⁻³)									
0-20	4,12ab	4,33ab	4,40ab	4,73a	4,11ab	3,98b	4,31ab	9,22	*
20-40	2,89	3,11	2,75	2,65	3,00	3,00	3,24	14,71	ns
SB (cmol_c dm⁻³)									
0-20	4,23ab	4,10ab	4,17ab	3,85b	4,57a	4,53a	4,15ab	7,62	*
20-40	4,20ab	4,14ab	3,94b	4,16ab	4,71a	4,48ab	4,42ab	9,36	*
CTC_{total} (cmol_c dm⁻³)									
0-20	8,35	8,43	8,57	8,57	8,68	8,50	8,46	3,75	ns
20-40	7,09	7,25	6,68	6,80	7,71	7,48	7,67	9,45	ns

* = significativo a 5% pelo teste de Duncan. ns = não significativo. Letras iguais não diferem pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. T1 (sem adubação); T2 (NPK a lanço); T3 (NPK na linha); T4 (NP la + K li); T5 (NP li + K la); T6 (NK la + P li); T7 (NK li + P la).

Para o P foi obtido diferença estatística significativa na profundidade 20-40 cm, entre a testemunha e a aplicação de NK la + P li, apresentando menor e maior valor do elemento, respectivamente, embora eles sejam semelhantes estatisticamente aos demais tratamentos. Isso ocorre devido a não aplicação do nutriente na testemunha e a baixa mobilidade do nutriente no solo, facilitando a absorção pela planta quando aplicado na linha.

No tratamento 5 (NP li + K la) o teor de magnésio apresentou diferença significativa aos demais tratamentos na profundidade 20-40 cm, apresentando a maior quantidade desse elemento.

Os tratamentos que apresentaram maior saturação por bases (V%) são os mesmos que obtiveram maior quantidade de M.O. (NP li + K la; NK la + P li) indicando que esse fator contribuiu para a fertilidade do solo, pois apresentou V% maior que 50% sendo considerado um solo fértil (EMBRAPA, 2010). Lembrando que na análise inicial (Tabela 1) se obteve o pH entre 4,6 – 5,0, sendo considerada acidez alta, o que pode ter influenciado nos resultados obtidos.

Segundo Pauletti et al. (2009), ao avaliar os atributos químicos de um Latossolo Bruno em função da estratégia de adubação com rotação de culturas, não ocorre modificações na distribuição da maioria dos atributos de fertilidade, em até seis anos após a adoção de diferentes estratégias de aplicação ou da ausência da adubação.

4.3.2 Propriedades físicas do solo

A análise dos atributos físicos do solo é um indicador importante da sustentabilidade nos diferentes tipos de uso da terra. A densidade do solo, porosidade do solo e a relação entre macroporosidade e microporosidade são fatores importantes para avaliação da influência da textura e da estrutura do solo na disponibilidade de água (SALUME et al., 2013), de nutrientes e, conseqüentemente, de produtividade das culturas.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados da análise física. Apresentaram diferença estatística significativa apenas a densidade do solo e a porosidade total.

Para a Ds, o tratamento NP la + K li apresentou o menor valor. Segundo Kiehl (1979), essa propriedade tem grande influência na produtividade da cultura, sendo que o menor valor da densidade ($1,07 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) observado no tratamento NP la + K li, está associado ao maior ganho em produtividade, (55,38%) apresentando coerência nesse estudo (Tabela 7). Ressalta-se ainda que em todos os manejos a Ds foi inferior a $1,23 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ enfatizando que esses valores são considerados bons segundo Reichert et al. (2009), Bayer et al. (2003), Costa et al. (2006), Silva et al. (2004) e Reinert et al. (2008), onde não há impedimentos físicos ao crescimento radicular e conseqüentemente ao desenvolvimento da cultura.

Todas as variáveis condicionantes da estrutura do solo, incluindo textura e matéria orgânica, afetam os valores da porosidade total, que deve variar entre $0,30$ e $0,70 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, sendo um atributo muito influenciado pelo uso e manejo do solo (FERREIRA, 2010). A Pt é inversamente proporcional a Ds e de grande importância direta para o crescimento das raízes e movimento de ar, água e solutos no solo (REINERT; REICHERT, 2006).

Contudo, esses atributos devem ser sensíveis para refletir a influência dos sistemas de manejo e clima numa escala de tempo que permita a verificação de suas alterações (ISLAM; WEIL, 2000), lembrando que o presente estudo foi efetuado em apenas uma safra em um período curto de tempo para se avaliar as propriedades físicas.

Tabela 3. Densidade de solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi) e porosidade total (Pt) em função dos modos de aplicação dos adubos NPK, em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado com milho. Bandeirantes/PR. (2016)

Tratamento	Ds (Mg m ⁻³)	Ma (m ³ m ⁻³)	Mi (m ³ m ⁻³)	Pt (m ³ m ⁻³)
Sem adub	1,17 ab	0,04	0,49	0,54 ab
NPK ⁽¹⁾ lanço	1,16 ab	0,04	0,50	0,54 ab
NPK linha	1,11 ab	0,04	0,51	0,54 ab
NP la + K li	1,07 b	0,05	0,48	0,53 b
NP li + K La	1,15 ab	0,05	0,51	0,56 a
NK la + P li	1,22 a	0,05	0,48	0,54 ab
NK li + P La=	1,11 ab	0,06	0,50	0,55 ab
CV (%)	7,43	37,55	4,13	3,6
F	*	ns	ns	*

⁽¹⁾ NPK = nitrogênio, fósforo e potássio; la = a lanço; li = na linha

⁽²⁾ Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. * = significativo a 5% pelo teste de Duncan. ns = não significativo a 5% pelo teste de Duncan.

Um dos principais atributos do solo relacionados a sua qualidade é a formação de macroagregados estáveis, os quais são responsáveis pela estrutura do solo, entre outras propriedades físicas (MIELNICZUK et al., 2003).

Na Tabela 4 estão apresentados os dados da análise da percentagem de classe de diâmetro de agregados (estabilidade dos agregados), onde não foram observadas diferenças estatísticas significativas em nenhuma classe, nos diferentes modos de aplicação dos adubos para a cultura do milho. Mas pode-se observar que todos os tratamentos possuem 80% ou mais de seus agregados maiores que 0,25 mm, indicando uma boa agregação do solo.

Outro fator que deve ser levado em consideração para confirmar a boa condição dos agregados é a produtividade, pois dos sete tratamentos, cinco apresentaram uma produtividade superior à 10 Mg ha⁻¹, indicando que a cultura se desenvolveu bem e conseqüentemente seu sistema radicular também, ocasionando uma boa agregação no solo.

Tabela 4. Percentagem de classe de diâmetro de agregados (mm), em função dos modos de aplicação do adubo NPK em LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico cultivado com milho. Bandeirantes/PR (2016).

Tratamentos	Classe de diâmetro de agregados (mm)				
	4-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25 - Fundo
	------(%)-----				
Sem adub.⁽¹⁾	24,70 a	26,55 a	21,63 a	16,37 a	10,76 a
NPK la	20,47 a	27,21 a	23,89 a	17,50 a	10,93 a
NPK li	19,17 a	27,83 a	25,38 a	18,01 a	9,61 a
NP la + K li	21,25 a	28,13 a	24,02 a	16,88 a	9,72 a
NP li + K la	25,11 a	29,43 a	23,48 a	14,33 a	7,66 a
NK la + P li	21,50 a	26,44 a	23,14 a	17,92 a	11,01 a
NK li + P la	20,49 a	29,60 a	25,51 a	16,22 a	8,19 a
CV (%)	26,6	9,87	10,92	20,66	33,95
F	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Sem Adub.= sem adubação; NPK = nitrogênio, fósforo e potássio; la = a lanço; li = na linha

⁽²⁾ Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. *= significativo a 5% pelo teste de Duncan. ns = não significativo a 5% pelo teste de Duncan.

4.3.3 Propriedades microbiológicas do solo

Com relação às propriedades microbiológicas do solo, não é suficiente basear-se em um único fator para representar a real qualidade microbiológica do solo, pois a interação entre eles ocorre de maneira complexa. Um indicador que se encaixa nas três vertentes da ciência do solo é a matéria orgânica, pois seus benefícios e funções não são restritos apenas a um tipo de atributo (MIELNICZUK, 2005).

Alguns trabalhos tem demonstrado que áreas de plantio direto apresentam o aumento da biomassa microbiana, demonstrando a importância da utilização de matéria orgânica para a manutenção da atividade microbiana (MATSUOKA et al., 2003).

A relação entre as taxas liberadas de CO₂ via respiração basal do solo (RBS) e o carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), através da atividade metabólica, são capazes de gerar dados mostrando a tendência de estresses causados por distúrbios, estes níveis gerados através do quociente metabólico (qCO_2) (ANDERSON; DOMSCH, 1989).

Na Tabela 5 foi analisada separadamente a testemunha (sem adubação) com os tratamentos NPK a lanço e NPK na linha.

Tabela 5. Comparação dos atributos microbiológicos entre a testemunha, NPK aplicado a lanço e NPK aplicado na linha.

Tratamentos ⁽¹⁾	COT g Kg ⁻¹	CBMS mg C Kg solo ⁻¹	$qMIC$ (%)	RBS mg C-CO ₂ Kg ⁻¹ h ⁻¹	qCO_2 RBS/CBMS
Sem Adub.	10,13 a ⁽²⁾	165,73 b	1,68 a	0,26 b	1,59 c
NPK la	11,28 a	176,53 b	1,58 a	0,44 b	2,48 b
NPK li	11,28 a	212,67 a	1,93 a	0,72 a	3,41 a
CV	9,91	8,3	14,34	23,35	19,3
F	ns	*	ns	*	*

⁽¹⁾ Sem Adub.= sem adubação; NPK = nitrogênio, fósforo e potássio; la = a lanço; li = na linha

⁽²⁾ Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. *= significativo a 5% pelo teste de Duncan. ns = não significativo a 5% pelo teste de Duncan.

Apesar da matéria orgânica não ter apresentado diferença estatística significativa, pode-se observar que entre os tratamentos NPK la e NPK li, os componentes CBMS, RBS e qCO_2 apresentaram diferenças significativas, sendo os maiores valores no tratamento onde todos os elementos são aplicados na linha, efeito positivo para a CBMS, pois segundo Berthrong et al. (2013), quanto maior o conteúdo da biomassa microbiana maior será a capacidade de estocagem e ciclagem de nutrientes. Pode-se aferir que os adubos aplicados na linha apresentaram-se menos nocivos aos microrganismos do solo.

Deve-se salientar que a alta taxa de respiração pode ser interpretada como uma característica desejável, visto que a decomposição dos resíduos orgânicos irá disponibilizar nutrientes para as plantas (ROSCOE et al., 2006). Porém, para Silva et al. (2010), altos níveis de respiração podem indicar tanto um distúrbio como uma alta taxa de produtividade do ecossistema. O fato do qCO_2 ter apresentado valores maiores indica que naquele tratamento houve um maior

estresse metabólico, isso deve-se ao fato da respiração também ter sido maior (ODUM, 1985).

Na Tabela 6 foram analisados todos os tratamentos, não apresentando diferença significativa apenas para o carbono orgânico total (COT).

Tabela 6. Atributos microbiológicos em diferentes aplicações de nitrogênio, fósforo e potássio. Bandeirantes/PR (2016).

Tratamentos ⁽¹⁾	COT g kg ⁻¹	CBMS mg C Kg solo ⁻¹	qMIC (%)	RBS mg C-CO ₂ Kg ⁻¹ h ⁻¹	qCO ₂ RBS/CBMS
Sem Adub.	10,13 a ⁽²⁾	165,73 bc	1,69 abc	0,26 c	1,59 c
NPK lanço	11,28 a	176,53 abc	1,59 bc	0,44 bc	2,48 abc
NPK linha	11,28 a	212,67 ab	1,94 ab	0,72 a	3,41 ab
NP la + K li	11,28 a	139,42 c	1,24 c	0,51 abc	3,78 a
NP li + K la	9,73 a	219,59 a	2,26 a	0,36 bc	1,67 c
NK la + P li	10,10 a	198,50 ab	1,99 ab	0,38 bc	1,92 bc
NK li + P la	11,70 a	202,25 ab	1,74 abc	0,57 ab	2,88 abc
CV	12,22	11,39	14,21	24,49	27,73
F	ns	*	*	*	*

⁽¹⁾ Sem Adub.= sem adubação; NPK = nitrogênio, fósforo e potássio; la = a lanço; li = na linha

⁽²⁾ Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. *= significativo a 5% pelo teste de Duncan. ns = não significativo a 5% pelo teste de Duncan.

Houve diferenças significativas entre as características avaliadas apenas para os tratamentos NP la + K li e NP li + K la.

A combinação de NP aplicado na linha e o K a lanço apresentou maior valor para CBMS e qMIC, e menor para RBS e qCO₂. A determinação do carbono da biomassa microbiana do solo funciona como indicador de quantidade de microrganismos presente no solo (DE-POLLI; GUERRA, 2008) e a menor taxa de qCO₂ nesse tratamento indica que houve menor estresse metabólico e consequentemente menor desequilíbrio do solo.

A atuação da matéria orgânica no fornecimento de carbono e energia aos microrganismos determina o acúmulo ou perda de material orgânico, o qual é representado pela relação entre carbono microbiano e carbono orgânico total (CBMS/COT), denominado de quociente microbiano (qMIC) (GARCIA; COUTO,

1997). Segundo Baretta et al. (2005), o valor 2,2% é considerado como sendo o nível em que o solo apresenta equilíbrio, e que valores maiores e menores indicam acúmulo ou perda de C, respectivamente. Ou seja, no tratamento NP li + K la, além de apresentar uma maior quantidade de CBMS, pode ser considerado um solo em equilíbrio.

4.3.4 Produtividade da cultura do milho

Na Tabela 7 são apresentados os resultados de produtividade (Mg ha^{-1}), sacas (60kg) e porcentagem de aumento de produtividade do milho em função do manejo da adubação, onde a ausência de adubação e a aplicação dos adubos na linha resultaram nas menores produtividades.

Comparando a aplicação NPK na linha e a lanço, tem-se diferença significativa entre eles, sendo que o tratamento NPK la apresentou um aumento de 23,28% na produtividade, como mostra a Tabela 7. Isso pode ser explicado pelo fato dos nutrientes P e K apresentarem níveis adequados a altos na análise química inicial (P: $9,4 \text{ mg dm}^{-3}$, K: $0,65 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), sugerindo que a cultura tenha utilizado desses elementos já presentes no solo, corroborando com resultados encontrados por Gitti (2014).

Os demais manejos foram semelhantes estatisticamente entre si, ressaltando a adubação realizada com NP la + K li que obteve a maior produtividade dentre todos os tratamentos, e esse comentário é enfatizado quando se observa os dados da Tabela 7, onde esse manejo resultou num acréscimo de mais de 50 % na produtividade considerando a ausência de adubação.

Tabela 7. Produtividade (Mg ha^{-1}), sacas (60kg) e porcentagem de aumento de produtividade do milho em função do manejo da adubação.

Tratamentos⁽¹⁾	Produtividade (Mg ha^{-1})	Sacas (un)	Aumento de Produtividade (%)
Sem Adub.	7,53 b ⁽²⁾	125	00,00
NPK La	10,73 a	179	42,00
NPK li	8,94 b	149	18,72
NP la+K li	11,70 a	195	55,38
NP li+K la	11,13 a	185	47,81
NK la+P li	10,86 a	181	44,22
NK li+P la	11,18 a	186	48,47
CV (%)	11,13		
F	*		

⁽¹⁾ Sem Adub.= sem adubação; NPK = nitrogênio, fósforo e potássio; la = a lanço; li = na linha

⁽²⁾ Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. * = significativo a 5% pelo teste de Tukey. ns = não significativo.

Os tratamentos que apresentaram maiores produtividades são aqueles que contêm as duas maneiras de aplicação, na linha e a lanço, destacando o NP la + K li, porém estatisticamente não diferem do tratamento onde todos os adubos foram aplicados a lanço (NPK la), sendo esta uma alternativa mais viável e mais rápida, já que pode ser feita em momento diferente do plantio, facilitando o manejo.

4.4 CONCLUSÃO

1) Propriedades químicas:

Houve incremento da M.O. na combinação da aplicação de NP li + K la na profundidade de 20-40 cm.

Maiores quantidades de P e K foram encontradas na superfície, sendo que para o P apenas a testemunha apresentou valor baixo.

Os maiores valores de V% foram encontrados nos tratamentos NP li + K la e NK la + P li.

2) Propriedades físicas

A densidade do solo se mostrou menor no tratamento NP la + K li, acompanhando o resultado encontrado na produtividade.

3) Propriedades microbiológicas

Os teores de CBMS, q_{MIC} , RBS e q_{CO2} sofreram alterações com o manejo da adubação, sendo que o tratamento que apresentou melhor equilíbrio do solo foi NP li + K la.

4) Produtividade

A combinação NP la + K li apresentou a maior produtividade.

Entre os tratamentos NPK na linha e NPK a lanço a aplicação a lanço obteve o melhor resultado para a produtividade.

5. CONCLUSÃO GERAL

Dois tratamentos se destacaram dos demais em relação aos atributos estudados nesse projeto. O tratamento NP la + K li apresentou melhor qualidade nos atributos físicos e maior produtividade. Enquanto que o tratamento NP li + K la apresentou maior qualidade de solo nos atributos químicos e microbiológicos.

Se faz necessário um estudo em uma escala de tempo maior para afirmar o real efeito dos tratamentos no solo.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, B.H.; VEIGA, M. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in Southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, p. 1599-1607, 2006.
- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Determination of ecophysiological maintenance requirements of soil microorganisms in dormant stage. **Biology and Fertility of Soils**, v.11, p. 81-89, 1989.
- ANDRAUS, M.P.; CARDOSO, A.A.; LEANDRO, W.M.; BRASIL, E.P.F. Matéria orgânica e características químicas de solos sob sistema de plantio convencional, plantio direto e mata nativa. **Cadernos de Agroecologia**, Recife v. 8, n. 2, 2013.
- ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.) **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, p. 873-928, 2007.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 641-649, 1998.
- BARBOSA, N.C; ARRUDA, E.M.; BROD, E.; PEREIRA, H.S. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação. Vertical distribution of phosphorus in soil in function of modes of application. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 87-95, 2014.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; FIGUEIREDO, S.R.; KLAUBERG, O. FILHO. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 29, p.715-724, 2005.
- BASTOS, R.S.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ, V.V.H.; CORRÊA, M.M.; COSTA, L.M. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 21-31, 2005.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 687-694, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p.105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (2ed.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Metrópole, p.7-18, 2008.

BAYER, C.; SPAGNOLLO, E.; WILDNER, L.P.; ERNANI, P.R.; ALBUQUERQUE, J.A. Incremento de carbono e nitrogênio num Latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo. **Ciência Rural**, v.33, p.469-475, 2003.

BERNARDI, A.C.C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.P. de; LEANDRO, W.M.; MESQUITA, T.G.S.; FREITAS, P.L.; CARVALHO, M.C.S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação de soja, milho e algodão em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 158-167, 2009.

BERTHRONG, S.T.; BUCKLEY, D.H.; DRINKWATER, L.E. Agricultural management and labile carbon additions affect soil microbial community structure and interact with carbon and nitrogen cycling. **Microbial Ecology**, v.66, p.158–170, 2013.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A. LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 155-163, 2004.

BEUTLER, J.F.; BERTOL, I.; VEIGA, M.; WILDNER, L.P. Perdas de solo e água num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, 2003.

BOGNOLA, I.A.; MAIA, C.M.B.F.; ANDRADE, G.C. **Estabilidade de agregados e DMG determinados por via úmida e via seca, em latossolo vermelho escuro sob plantios de *E. dunnii***. Embrapa, 1998.

BREVILIERI, R.C. **Adubação fosfatada na cultura da soja em Latossolo Vermelho cultivado há 16 anos sob diferentes sistemas de manejo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, p. 52, 2012.

BROOKES, P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 19, p. 269-279, 1995.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, 2003.

CANTERI, M.G.; ALTHAUS, R.A.; VIRGENS FILHO, J.S.; GIGLIOTI, E.A., GODOY, C.V. SASM-Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott – Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.

CASTRO FILHO, C.; LOGAN, T.J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, n. 5, p. 1407-1413, 1991.

CERETTA, C.A; FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. In: NUERNBERG, N. J. (ed.) **Plantio direto: conceitos, fundamentos e práticas culturais**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, cap.7, p. 111-120, 1997.

CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª. Aproximação**, Viçosa, p. 359, 1999.

CHAVES, L.H.G.; FARIAS, C.H.A. Variabilidade espacial do estoque de carbono nos tabuleiros costeiros da Paraíba: solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 1, p. 20-25, 2008.

CHUEIRI, W.A.; PAJARA, F., BOZZA, D. **Importância da inoculação e nodulação na cultura da soja**. São Paulo: Manah, p. 4, Divulgação Técnica, 169, 2005.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 1055-1064, 2002.

COELHO, A.M. **Nutrição e adubação do milho**. (Circular Técnica,78). Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, p.10, 2006.

COLLIER, L.S.; CORREIA, M.A.R.; RAMOS, L.N.; PRADO, R.M.; FLORES, R.A.; NUNES, T.V. Adubação fosfatada no sulco do milho e em faixas sob palhada de leguminosa e produtividade de milho em plantio direto no Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v.55, n.2, 2008.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 3, n.12 – Décimo segundo Levantamento, set/2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 13 Set 2016.

COSTA, A.C.S.; TORINO, C.A.; RAK, J.G. Capacidade de troca catiônica dos colóides orgânicos e inorgânicos de latossolos do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.21, n.3, p.491-496, 1999.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. Qualidade do solo submetido ao sistema de cultivo e preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191, 2006.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 527-535, 2003.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de

manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.323-332, 2008.

COSTA, S.E.V.G.A.; SOUZA, E.D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C.; ANDRIGHETTI, M.H. Distribuição de potássio e de raízes no solo e crescimento de milho em sistemas de manejo do solo e da adubação em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Porto Alegre, v.33, p. 1237-1247, n.5, 2009.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistema de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, p. 471-477, 1993.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. Carbono, nitrogênio e fósforo na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O., **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, p. 263-276, 2008.

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M.S. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (Ed.). **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa-SCT, p.17-28, 2005.

DERPSCH, R. Adubação verde e rotação de culturas. **Encontro Nacional de Plantio Direto**, v. 3, p. 85-104, 1985.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 259-267, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: p.212, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais**. Embrapa Campinas. 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Dia de campo na TV - Plantio direto reduz efeitos da degradação do solo**. Embrapa Cerrados. 2011. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/diacampo>>. Acesso em: 23 set. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ed. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627p, 2009.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1097-1104, 2003.

FANCELI, L.A.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Livroceres: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2. ed., p. 360, 2008.

FAO. **Production Crops Maize**. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/fYGr7h>>. Acessado em: 03 out. 2016.

FERREIRA, M.M. **Caracterização física do solo**. In: Física do Solo. Jong von Lie, Q. (ed). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa. 1ª Edição, 2010.

FIDALSKI, J.; YAGI, R.; TORMENA, C.A. Revolvimento ocasional e calagem em Latossolo Muito Argiloso em sistema de plantio direto consolidado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 39, n. 5, p. 1483-1489, 2015.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Informativo DEAGRO**. Safra Mundial de Milho 2016/2017 – 7º Levantamento do USDA. São Paulo, 2016.

FREITAS, P.L. de. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J. N. (Ed.). **Fascículos sobre experiências em plantio direto nos cerrados**. Goiânia, p.199-213, 1994.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, p. 227-244, 1999.

GARCIA, R.; COUTO, L. Silvopastoral systems: emergent technology of sustainability. In: GOMIDE, J.A. (Ed.) **Simpósio internacional de produção animal em pastejo, Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p.281-302, 1997.

GITTI, D.C. Manejo da Adubação do Milho. **Tecnologia de Produção: Milho safrinha e Culturas de inverno**, 2014. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.org.br/tecnologia-producao-milho-safrinha-2014>>. Acessado em: 12 Mai 2015.

GOLDBERG, S.; LEBRON, I.; SUAREZ, D.L. Soil colloidal behavior. In: SUMMER, M. (Ed.). **Handbook of Soil Science**. CRC Press, p. 195-240, 1999.

GOMES, L.S.; BRANDÃO, A.M.; BRITO, C.H.; MORAES, D.F.; LOPES, M.T.G. Resistência ao acamamento de plantas e ao quebramento do colmo do milho tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.2, p.140-145, 2010.

GOMES, R.L.R.; SILVA, M.C.; COSTA, F. R.; JUNIOR, A.F.L.; OLIVEIRA, I.P.; SILVA, D.B. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Faculdades Monte Belos (FMB)**, v. 8, nº 5, p. 72-139, 2015.

GRISI, B.M. Biomassa e atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica. **Revista Nordestina de Biologia**, João Pessoa, v. 10, n. 1, p. 1-22, 1995.

GUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P.R.; SOUCHIE, E.L.; ROCHA, A.C. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 4, p. 769-774, 2008.

GUERTAL, E.A.; ECKERT, D.J.; TRAINA, S.J.; LOGAN, T.J. Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production. **Soil Science Society of America Journal**, v.55, n.2, p. 410-413, 1991.

HOLANDA, F.S.R.; MENGEL, D.B.; PAULA, M.B.; CARVALHO, J.G.; BERTONI, J.C. Influence of crop rotations and tillage systems on phosphorus and potassium stratification and root distribution in the soil profile. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.29, p.2383-2394, 1998.

HOWARD, D.D.; ESSINGTON, M.E.; LOGAN, J. Long-term broadcast and banded phosphorus fertilization of corn produced using two tillage systems. **Agronomy Journal**, v.94, p.51-56, 2002.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/03/pib-do-agronegocio-cresceu-1-8-em-2015>>. Acessado em: 25 set. 16.

INSTITUTO FNP. **AGRIANUAL 2007**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, p.520, 2007.

ISERMEYER, H. Eine einfache methode zur bestimmung der bodenatmung und der karbonate im boden. **Z. Pflanzenernäh Bodenk**, v.56, p.26-38, 1952.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in midAtlantic soils as influenced by conservation management. **Journal Soil Water Conservation**, v.55, p. 69-79, 2000.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil: measurement and turn over. In: PAUL, E.A.; LADD J.N (eds). **Soil biochemistry**. Marcel Deker, p.425-471, 1981.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, p.4-10, 1997.

KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. **A framework for evaluating physical, and chemical indicators of soil quality**. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (eds.) *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, p.53-71. (Special. Publication, 35). 1994

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia. Relação solo – planta**. São Paulo: Editora CERES. 1979.

KLEIN, V.A.; LIBORD, L.P. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 26, p. 857-867, 2002.

KLEIN, V.A. Gradiente químico de solos sob plantio direto: uma condição que limita a produtividade das plantas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 20, p. 23-26, 2011.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 19, p. 395-401, 1995.

KURIHARA, C.H.; HERNANI, L.C. **Adubação antecipada da soja em plantio direto requer observação de alguns critérios**. 2013. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?secao=Artigos%20Especiais&id=25155>>. Acesso em: 25 ago. 16

KURIHARA, C.H.; HERNANI, L.C. **Adubação antecipada no sistema plantio direto**. Dourados: EMBRAPA Agropecuário Oeste, p.45, 2011.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo, Agronômica Ceres, p. 594, 1981.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1177-1182, 2000.

MARCOLAN, A.L.; ANGHINONI, I.; FRAGA, T.I.; LEITE, J.G.D.B. Recuperação de atributos físicos de um Argissolo em função de seu revolvimento e do tempo de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 571-579, 2007.

MATOS, M.A.; SALVI, J.V.; MILAN, M. Avaliação do custo indireto da pontualidade na semeadura direta da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) através da antecipação da adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, v.34, 2005, Canoas. **Anais...** Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2005. 1 CD-ROM.

MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F.R. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, p. 425-433, 2003.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T.L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, p. 165-176, 2005.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.S.; ALVAREZ V., V.H. (eds). **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.3, p. 209-248, 2003.

MOURA, J.B.; MARASCA, I.; MENESES, L.A.S.; PIRES, W.M.; MEDEIROS, L.C. Resistência a penetração do solo em pastagem cultivada com *Brachiaria decumbens* sob aplicação de dejetos líquidos suínos e cama de frango. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v.5, n. 3, p. 162-169, 2012.

MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FACELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. (Ed.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, p. 147-160. 1985.

ODUM, E.P. Trends expected in stressed ecosystems. **Bioscience**, Londres, v. 35, p. 419-422, 1985.

OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; CURI, N.; RESCK, D.V.S. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após 20 anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 335-344, 2004.

OLIVEIRA, J.T.; MOREAU, A.M.S.S.; PAIVA, A.Q.; MENEZES, A.A.; COSTA, O.V. Características físicas e carbono orgânico de solos sob diferentes tipos de uso da terra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2821-2829, 2008.

OLOYA, T.O.; LOGAN, T.J. Phosphate desorption from soils and sediments with varying levels of extractable phosphate. **Journal of Environmental Quality**, v. 9, n. 3, p. 526-531, 1980.

PALUDO, A.L. **Adubação a lanço versus na linha**, 2015. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/55/adubacao-a-lanco-versus-na-linha>>. Acesso: 22 de agosto de 2016.

PASCUAL, J.A.; ROS, M.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C. Effect of long-term monoculture on microbiological and biochemical properties in semiarid soils. **Communications in soil science and plant analysis**, Filadélfia, v.32, n.3-4, p.537-552, 2001.

PAULETTI, V.; LIMA, M.R.; BARCIK, C.; BITTENCOURT, A. Evolução nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes métodos de preparo do solo. **Sciencia Agricola**, v. 6, p. 9-14, 2005.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V.; SERRAT, B.M.; FAVARETTO, N.; ANJOS, A. Atributos químicos de um Latossolo Bruno sob sistema de plantio direto em função

da estratégia de adubação e do método de amostragem de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 581-590, 2009.

PAVINATO, P.S.; CERETTA, C.A. Fósforo e potássio na sucessão trigo/milho: épocas e formas de aplicação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.06, p.1779-1784, 2004.

PORTUGAL, A.F.; COSTA, O.D.V.; COSTA, L.M.; SANTOS, B.C.M. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.242-258, 2008.

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 675-684, 1998.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; ROQUE, C.G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Jaboticabal, v.25, p.83-90, 2001.

RAMOS, A.A. **Adubação antecipada e a lanco no milho safrinha**. Disponível em <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/171/adubacao-antecipada-e-a-lanco-no-milho-safrinha>>, 2014. Acesso em: 06 Ago 2015.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. (ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, p.49-134, 2007.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. Reference bulk density and critical degree of compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, v.102, p.242-254, 2009.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria/RS, 2006. Disponível em: <https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo__texto.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2017.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1805-1816, 2008.

REIS, L.C., REIS, T.E.S., SAAB, O.J.G.A. Diagnóstico das áreas de preservação permanente das microbacias hidrográficas do município de Bandeirantes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.3. 2009.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 713-721, 1998.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. Biomassa microbiana do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, p.163-198, 2006.

SÁ, J.C.M.; BRIEDIS, C.; FERREIRA, A.O. Desempenho da cultura do milho no plantio direto em resposta ao P e ao modo de fertilização. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 1, p. 96-101, 2013.

SÁ, J.C.M.; NETTO, C.Q.; NAVARRO, J.F.; BRIEDIS, C.; FERREIRA, A.O. Modos de aplicação de nitrogênio e fósforo na cultura de milho em plantio direto. **SynScy UTFPR**, v.4, n. 1, Pato Branco, 2009.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade dos agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 11-21, 2008.

SALUME, J.A.; ROBERTO, C.E.O.; VALENTIM, S.B.; BURAK, D.L.; RUIZ, H.A.; PASSOS, R.R. Planejamento amostral da porosidade do solo em relevo ondulado sob cafeeiro Conilon. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Florianópolis, 2013. **Resumos expandidos...** Florianópolis: SBCS e EPAGRI, 2013.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. Estudo da fertilidade do solo sob quatro sistemas de rotação de culturas envolvendo trigo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.407-414, 1996.

SANTOS, R.D.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade de fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria/RS, v. 38. p. 576-586, 2008.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; NESI, C.N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.31, p.123-131, 2007.

SECCO, D.; ROS, C.O.; SECCO, J.K.; FIORIN, J.E. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 407-414, 2005.

SERAFIM, M.E.; OLIVEIRA, G.C.; OLIVEIRA, A.S.; LIMA, J.M.; GUIMARÃES, P.T.G.; COSTA, J.C. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do alto São Francisco, MG: Um estudo de caso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, p.964-977, 2011.

SIBANDA, H.M.; YOUNG, S.D. Competitive adsorption of humus acids and phosphate on goethite, gibbsite and two tropical soils. **Journal of Soil Science**, v.37, n.2, p.197-204, 1986.

SILVA, F.C.; ABREU, M.F.; PÉREZ, D.V.; EIRA, P.A.; ABREU, C.A.; van RAIJ, B.; GIANELLO, C.; COELHO, A.M.; TEDESCO, M.J.; SILVA, C.A.; CANTARELLA, H.; BARRETO, W.O. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes: Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 627, 2009.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v. 21, p. 313-319, 1997.

SILVA, R.R. da; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.S. de; CURI, N.; ALOVISI, A.M.T.; Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1585-1592, 2010.

SILVA, V.R.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, p.399-406, 2004.

SILVEIRA, P.M.; CUNHA, A.A. Variabilidade de micronutrientes, matéria orgânica e argila de um Latossolo submetido a sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p.1325-1332, 2002.

SIX, J.; PAUSTRIAN, K.; ELLIOTT, E.T.; COMBRINK, C. Soil Structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 64, p. 681-689, 2000.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 416, 2004.

SOUZA, C.M. **Efeito do uso contínuo de grade pesada sobre algumas características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado, e sobre o desenvolvimento das plantas e absorção de nutrientes pela cultura de soja**, p.105, 1988. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A.A. Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto. **Documentos 191**. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás. GO. 2006. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br/downloads/atributos_fisicos_hidricos_do_solo_sob_plantio_direto.pdf>. Acesso em: 18 Jan. 2017.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 395-401, 2001.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F.; FONSECA, I.C.B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 725-730, 2001.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS-Departamento de Solos, p. 174. (Boletim Técnico, 5). 1995.

THEODORO, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1039-1047, 2003.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. Soil fertility and fertilizers. **Macmillan Publishing Company**, Nova Iorque, p. 754, 1985.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. **Journal of Soil Science**, v. 33, p.141-163, 1982.

TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J. Homogeneidade da qualidade física do solo nas entrelinhas de um pomar de laranjeira com sistemas de manejo da vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n. 3, p. 637-645, 2007.

TORMENA, C.A.; ROLLOF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.333-339, 1996.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistema agrícolas com soja**. Londrina, Embrapa-CNPSoja, p.58. 1999. (Circular Técnica, 23)

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C.G.S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. Na extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p. 703-707, 1987.

VIEIRA, R.C.B.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; ANGHINONI, I.; ERNANI, P.R.; MORAES, R.P. Critérios de calagem e teores críticos de fósforo e potássio em Latossolo sob plantio direto no centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 188-198, 2012.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, v.37, p.29-38, 1934.

ZONA AGRO – CONSULTORIA AGRÍCOLA LTDA. **Matéria Orgânica** (Artigo Explicativo). 2016 Disponível em: <http://www.zonaagro.com/web/files/Matria_Orgnica_ARTIGO1.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2017.