



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

RAFAEL GUERIN BENEVIDES

**DETERMINAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE FÓSFORO INDISPONÍVEL NO
SOLO COM DOSAGENS VARIADAS DE MATÉRIA ORGÂNICA**

Assis/SP

2017



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

RAFAEL GUERIN BENEVIDES

**DETERMINAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE FÓSFORO INDISPONÍVEL NO
SOLO COM DOSAGENS VARIADAS DE MATÉRIA ORGÂNICA**

Trabalho apresentado ao curso de Bacharel em Química Industrial do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

Orientando: Rafael Guerin Benevides

Orientadora: Gilcelene Bruzzon

Assis/SP

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

B465d BENEVIDES, Rafael Guerin
Determinação da liberação de fósforo indisponível no solo com dosagens
variadas de matéria orgânica / Rafael Guerin
Benevides.– Assis, 2017.

44 p.

Trabalho de conclusão do curso (Química Industrial). –Fundação
Educativa do Município de Assis-FEMA

Orientadora: Ms. Gilcelene Bruzon

1.Solo 2. Matéria orgânica 3.Fósforo
CDD 631.417

DETERMINAÇÃO DA LIBERAÇÃO DE FÓSFORO INDISPONÍVEL NO SOLO COM DOSAGENS VARIADAS DE MATÉRIA ORGÂNICA

RAFAEL GUERIN BENEVIDES

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

Orientadora: _____

Ma. Gilcelene Bruzon

Analísadora: _____

Dr. Patricia Cavani

Assis-SP

2017

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho para meus pais: Elísio Bezerra Benevides e a minha mãe Marisa Guerin Benevides, por todo apoio e incentivo durante a realização deste trabalho e a mim, Rafael Guerin Benevides, por total dedicação e pela busca incessante de conhecimento, almejando concluir este trabalho com êxito.

AGRADECIMENTOS

A meus pais por toda apoio nos quatro longos anos dessa jornada. As caronas para me buscar no trabalho e levar para pegar ônibus todos os dias. Aos lanches preparados enquanto tomava banho pois o tempo era curto. Obrigado por suportar todo meu estresse e nervosismo gerado pela faculdade. Obrigado por tudo pai e mãe, amo vocês.

À meus avos paterno por sempre me apoiarem na busca pela educação, alegando ser essa a maior virtude do homem. Meu eterno agradecimento a vocês.

À minha orientadora, professora Ma. Gilcelene Bruzon, por ter me aceitado como orientado.

À coordenadora do curso Mary Leiva e aos demais professores, pelos ensinamentos da nossa profissão durante estes quatro anos, deixo o meu carinho especial a todos vocês.

À mulher mais linda e companheiro do mundo minha namorada, Fernanda Aparecida da Silva, por todo apóia e bons momentos que passamos no curso.

À grande amigo Diego Gabriel Faustino, por todo apóia desde o primeiro ano, quando rolava alguma duvida era só falar com ele, que o problema era resolvido. Não tive o prazer de estudar com ele, mas pude conviver por três anos com ele, sem duvida, nunca será esquecido.

Aos amigos de sala, João Zimermam, Luana, Rafaela, agradeço por todo conhecimento dividido.

Aos amigos de sala, Khauan, Tayna, Láis, pelos momentos que juntos vivemos e que jamais esquecerei.

RESUMO

Com uma das maiores áreas agrícolas, o Brasil é um dos maiores produtores de grãos do mundo, com isso o consumo de adubos químicos no país é grande. Um dos elementos mais utilizados na agricultura é o fósforo, responsável por múltiplas funções na planta. Tem sua origem de rochas ígneas e sedimentares. Sendo um elemento de difícil mobilidade no solo, o fósforo, é encontrado em grandes quantidades na forma indisponível do elemento, não sendo absorvida pela planta. Este trabalho teve como objetivo demonstrar a eficiência da utilização de adubos orgânicos para liberação de fósforo indisponível para as planta. O adubo utilizado foi esterco bovino de gado leiteiro adquirido na cidade de Pedrinhas Paulista, aplicado na superfície do solo em áreas de 1m² em 4 dosagens, 5, 10, 50, 100 toneladas por alqueire Na área onde foi aplicada 5 toneladas de adubo obteve-se um aumento de 13,79% de fósforo disponível, na área de 10 toneladas o aumento foi de 50,38%, na de 50 toneladas o aumento foi de 75,86% e na área de 100 toneladas o aumento foi de 110,50% de fósforo, sendo assim podemos afirmar que a adubação orgânica colaborou para o aumento do fósforo disponível no solo. Através da análise do adubo e do solo foi possível quantificar o aumento do fósforo disponível para a planta por área amostrada. Os resultados por áreas demonstraram eficiência em todas as dosagens. Quanto maior a dosagem mais fósforo disponível foi detectada.

ABSTRACT

With one of the largest agricultural areas, Brazil is one of the largest grain producers in the world, so the consumption of chemical fertilizers in the country is great. One of the elements most used in agriculture is phosphorus, which is responsible for multiple functions in the plant. It has its origin of igneous and sedimentary rocks. Being an element of difficult soil mobility, phosphorus is found in large quantities in the unavailable form of the element, not being absorbed by the plant. This work aimed to demonstrate the efficiency of the use of organic fertilizers to release phosphorus unavailable to the plants. The fertilizer used was bovine manure of dairy cattle acquired in the city of Pedrinhas Paulista, applied on the surface of the soil in areas of 1 m² in 4 doses, 5, 10, 50, 100 tons per bushel. In the area where 5 tons of fertilizer was applied, there was an increase of 13.79% of available phosphorus, in the area of 10 tons the increase was 50.38%, in the 50 tons the increase was 75.86% and in the area of 100 tons the increase was 110, 50% of phosphorus, so we can say that organic fertilization helped to increase the available phosphorus in the soil. Through the analysis of the fertilizer and the soil it was possible to quantify the increase of the phosphorus available to the plant by area sampled. The results by area demonstrated efficiency at all dosages. The higher the dosage the more phosphorus available was detected.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fluxograma produção de adubos químicos.....	15
Figura 2: Classificação do solo conforme características morfológicas e genéticas (IN: EMBRAPA, 2006)	18
Figura 3: Modelo de substâncias húmicas e da associação substâncias húmicas-argila e substâncias húmicas-íons metálicos.....	22
Figura 4: Área experimental onde foram aplicados os adubos orgânicos.....	25
Figura 5: Solo coletado com trado de rosca, preparada para a moagem.....	29
Figura 6: Solo moído na espessura menor que 2 milímetros, pronto para as análises.....	30
Figura 7: Dosagem aplicada relacionada com as concentrações de fósforo.....	32
Figura 8: Dosagem aplicada relacionada com as concentrações de matéria orgânica.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo aparente de fertilizantes e matérias primas em 2015.....	16
Tabela 2: Propriedades gerais das substâncias húmicas e efeitos causados no solo.....	23
Tabela 3: Curva para matéria orgânica.....	33
Tabela 4: Curva para o fósforo	34
Tabela 5: Resultados das amostras do solo.....	35
Tabela 6: Resultados da análise do adubo orgânico.....	37
Tabela 7: Concentração de P e M.O. por área experimental.....	37
Tabela 8: Aumento de P e M.O. em porcentagem por área.....	38

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA.....	14
3.	EXTRAÇÃO DE ADUBO QUÍMICO.....	15
4.	SOLO.....	17
5.	FÓSFORO.....	19
6.	MATÉRIA ORGÂNICA.....	21
7.	FÓSFORO E MATÉRIA ORGÂNICA.....	24
8.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
8.1	MATERIAIS.....	26
8.2	MÉTODOS.....	27
8.2.1	Método volumétrico para preparo da curva da matéria orgânica.....	26
8.2.1.1	Solução de dicromato de potássio.....	27
8.2.1.2	Solução do indicador difenilamina.....	27
8.2.1.3	Solução de sulfato ferroso amoniacal.....	27
8.2.1.4	Procedimento analítico.....	27
8.2.2	Método espectrofotométrico para determinação de matéria orgânica.....	29
8.3	ANÁLISE DO FÓSFORO.....	29
8.3.1	Métodos.....	29
8.3.3.1	Solução padrão de fósforo.....	29
8.3.3.2	Solução padrão de trabalho contendo fósforo.....	30

8.3.3.3	Extração.....	30
8.3.3.4	Determinação do fósforo por espectrofotometria.....	30
8.3.3.5	Cálculos.....	31
9.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
9.1	PREPARO DAS AMOSTRAS.....	32
9.2	RESULTADOS DAS ANÁLISES.....	33
10.	CONCLUSÕES.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das maiores áreas de agricultura no Mundo, em torno de 77 milhões de hectares plantados todos os anos, chegando a ser o segundo maior produtor de grãos do mundo. Sua produção em 2016 atingiram mais de 200 milhões de toneladas de grãos, com um crescimento de 15% em relação a 2015. Os produtos de maior produção são, soja (113 milhões de toneladas) e milho (36 milhões de toneladas). Para manter uma produção nessa magnitude, o consumo de adubo químico é grande, chegando a 34 milhões de toneladas em 2016 (ANDA, 2016).

Os dois tipos de rochas que possuem teores de fosfatos consideráveis são as rochas ígneas e as rochas sedimentares, onde as sedimentares representam 85% da oferta mundial de rocha fosfática. No Brasil, 80% do fósforo explorado é extraído de rochas ígneas, que possui teores de P_2O_5 menores que as rochas sedimentares. A apatita é um mineral fonte de fósforo (com teor variando de 5 a 15% de P_2O_5) que se encontra quase sempre presente nas rochas carbonáticas, sendo o principal minério para a produção de fertilizantes (ALMEIDA, 2001).

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais importantes para as plantas, ajudando no crescimento, multiplicação, fotossíntese, formação de frutos e flores, possibilitando resistência aos órgãos e diminuindo as doenças. Grande parte desse fósforo será retido no solo, tornando indisponíveis para as plantas (GALETI, 1989).

A utilização de adubos orgânicos é de suma importância para o melhoramento de solos degradados pela produção agrícola, pois afeta diretamente fatores, físicos, químicos, físico-químicos e biológicos do solo. Segundo Kiehl (1985), a fertilidade do solo pode ser elevada pelo uso de fertilizantes minerais, corretivos e fertilizantes orgânicos.

Os adubos orgânicos de origem animal são uma grande fonte de nitrogênio, mas os valores de fósforo também não podem ser desprezados, sua liberação depende da mineralização da matéria orgânica. Há também a possibilidade de adubos minerais misturados com orgânicos, proporcionando uma melhor disponibilidade de P, e retenção da amônia, ocorrendo uma menor perda de nitrogênio no solo (BERTON, 1997).

Devido ao elevado intemperismo, o solo chega a absorver 4 mg cm^{-3} de P (KER, 1995). Os fatores responsáveis por essa adsorção do solo são o teor de argila (JUO & FOX, 1977;) o valor do pH (SILVA & RESCK, 1997) e a quantidade de matéria orgânica nesses solos (GONÇALVES et al., 1985).

Nos solos podem ser encontrados concentrações elevadas de fósforo, mas sua maioria na forma indisponível do elemento, chegando a atingir 20 vezes a concentração de fósforo disponível, exigindo meios para sua liberação para as plantas. Conforme Haynes (1984), “o solo pode adsorver ácidos orgânicos com grande energia, ocupando os sítios de adsorção de fosfato, aumentando a disponibilidade deste elemento para as plantas”. Portanto a liberação de P fica dependendo do valor de pH do solo, do complexo de ânions orgânicos e da permanência do mesmo (STEVENSON, 1986;).

Este trabalho teve como objetivo demonstrar a eficiência da utilização de adubos orgânicos para liberação de fósforo indisponível para as plantas.

2. PRODUÇÃO AGRÍCOLA BRASILEIRA

O Brasil é o segundo maior produtor de grãos do mundo, com uma produção em 2016 de 200 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que obteve uma produção próxima de 500 milhões de toneladas entre soja e milho. As culturas com maiores produções são soja e milho que juntas atingiram a marca de 139 milhões de toneladas em 2016. Quase toda produção de soja é utilizada na produção de óleos, exportações e produção de ração para bovinos, aves, suínos entre outros. O Brasil consumiu em 2016 42,5 milhões de toneladas de soja, o resto da produção foi exportado na forma de grãos (54,3 milhões de toneladas), óleos (1,7 milhões de toneladas) e farelo (14,8 milhões de toneladas), gerando um movimento de U\$28 bilhões (CONAB, 2017).

Para obter uma produção tão grande como essa, o país conta com 77 milhões de hectares plantados todo ano, e cada ano mais áreas são abertas, onde, o estado do Mato Grosso conta com a maior área plantada do país, 18,5% de toda área plantada, seguido pelo estado do Paraná, 13,8%, que conta com regiões de elevada altitudes e solos muito argilosos, propícios para a produção de sementes, assim como o estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2015).

Para adubar todos esses milhões de hectares é necessária uma elevada produção de adubo químico, porém o país não consegue suprir essa necessidade, pois a demanda atingiu 34 milhões de toneladas, e nossa produção não chega a 9 milhões de toneladas, o que exige a importação de muito adubo e a elevação no custo do produto (ANANDA, 2016). O setor agropecuário é peça fundamental para o desenvolvimento do país, sendo responsável por 28% do PIB do Brasil. Com investimentos em novas tecnologias, cuidado com o solo, a adubação, o clima e a melhor qualidade das sementes, o país vem elevando sua produção de grãos, com as médias de sacas por hectares cada vez mais altas (IBGE, 2015).

3. EXTRAÇÃO DE ADUBO QUÍMICO

Os adubos mais utilizados nas plantações são os conhecidos como NPK (nitrogênio, fósforo, potássio). Com uma das maiores áreas cultivadas no mundo, o Brasil é o 4º maior consumidor de adubos químicos, utilizando 7,4% de toda produção mundial. Já a produção interna no país chega apenas a 2% da produção mundial. Devido a isso, mais de 70% de todo adubo utilizado vem de países como China, Estados Unidos, Canadá. Mesmo com uma produção pequena de adubos, o país possui várias áreas exploradas, principalmente no estado de Minas Gerais, responsável por 68% da extração de rocha fosfática (ANDA, 2016).

Para cada um dos 3 elementos existe um processo de extração independente, mostrado na figura 1, onde o fósforo vem de rochas fosfáticas, o nitrogênio na exploração do petróleo e o potássio de minérios de potássio. Uma das matérias primas mais utilizadas na produção é o enxofre, vindo das piritas e enxofre natural, necessário na produção de sulfato de amônio, e na produção de ácido sulfúrico, esse um dos responsáveis pela extração dos elementos das rochas (DIAS & FERNANDES, 2006).

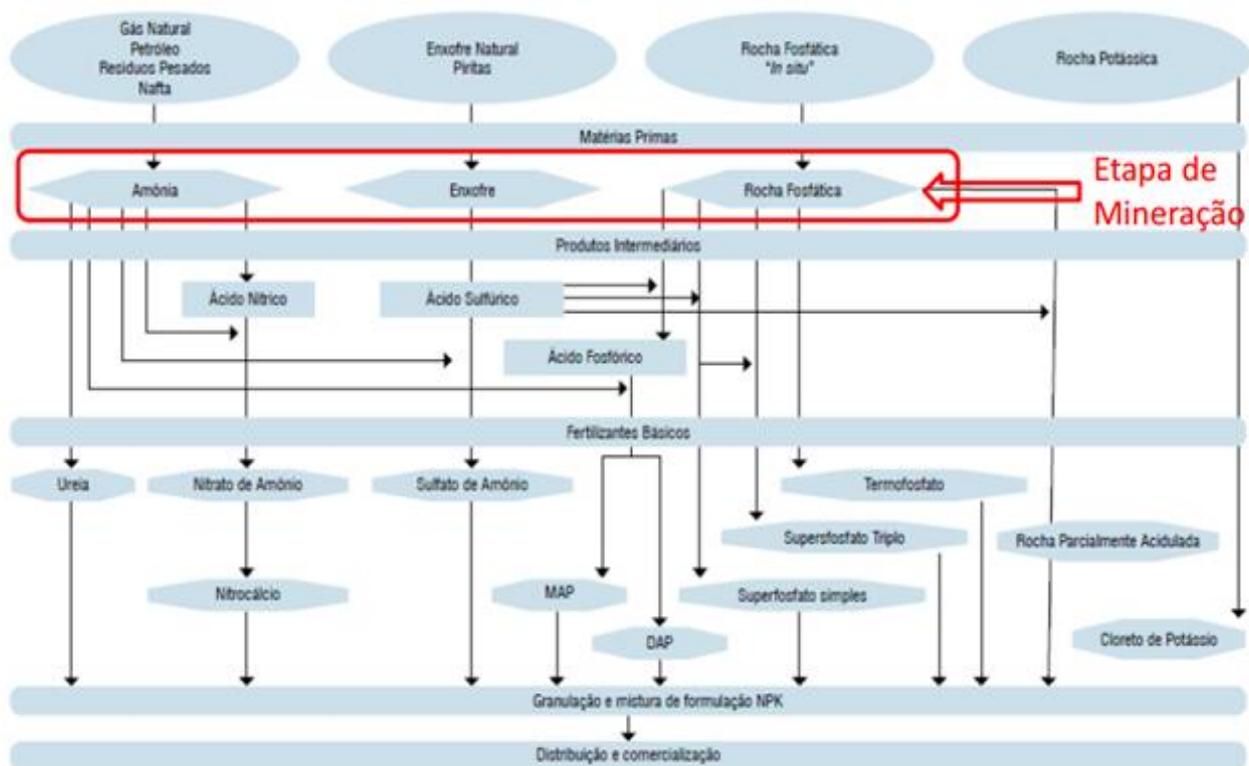


Figura 1: Fluxograma produção de adubos químicos (In: DIAS & FERNANDES, 2006).

A partir desse processo se inicia-se a fabricação de adubos, cada um com uma determinada concentração dos elementos, podendo combinar dois ou os três principais, além dos micronutrientes, o enxofre e o cálcio, sendo os fosfatados possuem maiores variações de tipos. A tabela 1 faz referência ao consumo de fertilizantes e matérias primas no ano de 2015.

Fertilizantes	Produção Nacional	Importação	Prod. Nac. + Import.	Exportação	Consumo Aparente
Toneladas métricas					
Sulfato de Amônio	255.277	1.724.996	1.980.273	1.295	1.978.978
Uréia	1.026.801	3.110.950	4.137.751	10.692	4.127.059
Nitrato de Amônio	288.094	1.116.489	1.404.583	122	1.404.461
Fosfato diamônio - DAP	α	394.935	394.935	2.362	392.573
Fosfato monoamônio - MAP	1.220.400	2.339.615	3.560.015	1.603	3.558.412
Superfosfato Simples	4.779.825	563.560	5.343.385	6.589	5.336.796
Superfosfato Triplo	859.375	867.572	1.726.947	2.841	1.724.106
Termofosfato	63.674 α		63.674	810	62.864
Fosfato Natural de aplic. direta	α	184.099	184.099 α		184.099
Cloreto de Potássio	481.269	8.325.413	8.806.682	14.147	8.792.535
Complexos (1)	140.547	1.992.451	2.132.998 α		2.132.998
TOTAL DE FERTILIZANTES	9.115.262	20.620.080	29.735.342	40.461	29.694.881

Tabela 1: Consumo aparente de fertilizantes e matérias primas em 2015 (IN: IBRAM, 2005).

Os adubos podem ser aplicados no solo de maneira separada como por exemplo o nitrogênio, que é encontrado na uréia ou podem fazer combinações dos elementos, realizando as misturas de forma direta, misturando um com o outro, ou podem ser homogeneizados os 3 elementos em um único grão. As diversas combinações possibilitam realizar a correção do solo conforme a necessidade apresentada (ALMEIDA, 2001).

4. SOLO

O solo é de vital importância para a vida no Planeta, dando suporte a produção de alimentos, sendo compostos praticamente de materiais sólidos, orgânicos, minerais. Os solos bem cuidados mantêm o futuro dos seres vivos, pois, garantem a sustentabilidade e a alimentação. Tendo papel fundamental nos processos biogeoquímicos que mantêm a vida na Terra, tal como na infiltração dos cursos da água, ciclo hidrológico, ciclo do carbono, fixando esse elemento, responsável por abrigar 25% da biodiversidade do ecossistema. A falta de informação e o manejo de forma errada contribuem para a degradação das terras, como as compactações, impermeabilização, erosões, degradação do solo entre outros (FIDALGO et al., 2007).

O solo é dividido em camadas, que são as seções no perfil pouco ou nada afetadas pelos processos pedogenéticos. Podendo também classificar o solo conforme suas características químicas, mineralógicas, morfológicas e físicas. A formação dos solos exige alguns fatores ambientais, como clima e organismos, onde no decorrer de muito tempo o solo passará por uma evolução, desde seu intemperismo do material de origem até alcançar o equilíbrio, sem alterar suas características. Para classificar o solo é realizada uma análise, onde se mostra a deposição do material de origem, que é a base para o desenvolvimento, formação e evolução dos diferentes solos, depois define-se os horizontes do solo, que são as seções distribuídas no perfil de solo, os quais representam os processos de formação, guardando a relação genética entre si (pedogênese). Podem ser separadas uns dos outros pela diferença de cor, textura, estrutura ou consistência (BATISTA &, PAIVA &, MARCOLINO, 2014).

O solo pode ser classificado na seguinte forma: ordem, subordem, grande grupo, subgrupo, família e série. Através de análises das características morfológicas e genéticas, encontraram 13 tipos de solo no Brasil, sendo eles, Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Espodossolos, Gleissolos, Latossolos, Luvisolos, Neossolos, Nitossolos, Organossolos, Planossolos, Plintossolos e Vertissolos, onde o Latossolo prevalece com 39% do território brasileiro, conforme figura 2. Dentro de cada tipo de solo ele pode ser classificações, conforme a cor, teor de carbono, teor de ferro entre outros, classificados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).



Figura 2: Classificação do solo conforme características morfológicas e genéticas (IN: EMBRAPA, 2006)

Outra forma de classificar é conforme a textura do solo, ou seja, os teores máximos de argila, areia fina e grossa e o silte. Para textura arenosa o solo precisa ter no máximo 15% de argila e no mínimo 70% de areia. Para textura argilosa os teores de argila devem estar entre 35% e 60%, já em texturas muito argilosas os teores de argila passam de 60%, esses teores podem ser encontrados realizando-se uma análise granulométrica do solo, onde as partículas são separadas e quantificadas conforme seu tamanho (BATISTA &, PAIVA &, MARCOLINO, 2014).

5. FÓSFORO

O fósforo é um elemento químico com símbolo P, de número atômico 15. Está no grupo V da tabela periódica. Não encontrado livre na natureza devido sua reatividade, esse elemento desempenha papel importante para as plantas e animais. É responsável pela geração de energia, fotossíntese, reprodução, crescimento e sustentação corporal de vegetais e animais. Tendo uma grande variação de utilidade, o P tem na agricultura umas de suas funções mais importantes, a de adubo, onde, sua falta pode causar perdas inestimáveis à produção. Sendo um dos nutrientes essenciais a planta, o fosfato está presente nos açúcares da fotossíntese, nos fosfolipídios que compõem as membranas vegetais, e também são utilizados na parte metabólica da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004). Portanto, o fósforo é fundamental em vários estágios, sendo insubstituível para um melhor desenvolvimento da planta.

Os adubos químicos usados como fonte de fósforos são divididos em três tipos, insolúveis, pouco solúveis e solúveis. Os solúveis e pouco solúveis são adubos que já aumentam a concentração de fósforo no solo logo na aplicação, mas sofrem a adsorção e fixação com o tempo. Já os insolúveis, são fontes de fósforo que serão liberados no solo com o decorrer do tempo, aumentando assim a concentração de fósforo disponível para a planta (LUCHINI, 2008).

A dinâmica do fósforo está ligada a atividade microbiana, que podem imobilizar ou liberam íons a partir da desprotonação do ácido fosfórico. Em solos jovens os fosfatos se encontram na forma orgânica e inorgânica no solo, adsorvida pelos minerais secundários. Em latossolos altamente intemperizados predomina a forma inorgânica na fração mineral e a forma orgânica estabilizada, resultando em uma concentração de fósforo baixa para a produção agrícola (CROSS & SCHLESINGER, 2005). A maior parte do fósforo presente no solo está na forma indisponível do nutriente, necessitando de meios de liberação para aumentar a concentração de fósforo disponível no solo.

O fósforo está presente em aproximadamente 170 diferentes minerais na natureza, esses minerais variam em uma enorme solubilidade. Como ele se transforma com facilidade no solo, há grande chance de se tornar insolúvel com o tempo. Com isso o fósforo é o mais imóvel, inacessível e indisponível dos nutrientes presentes no solo (HOLFORD, 1997).

Outro problema do fósforo no solo é sua fixação, a transformação de fósforo solúvel a lábeis e ou não lábeis, o que diminui a disponibilidade do nutriente. Segundo Novais e Smyth (1999), os principais fatores que afetam as quantidades fixadas do fósforo são: a mineralogia da fração de argila, conteúdo de colóides amorfos, conteúdo de alumínio trocável e potencial de oxi-redução.

O fósforo solúvel é a parte que se encontra disponível para as plantas do solo, já os lábeis são fósforos indisponíveis para a planta, que irão repor o fósforo retirado na solução do solo pelas plantas. O não lábeis são os compostos de fósforo que estão indisponíveis para as plantas, são responsáveis em repor o fósforo lábeis com o decorrer do tempo (Novais & Smith, 1999).

6. MATÉRIA ORGÂNICA

Os resíduos minerais e vegetais dão origem ao adubo orgânico, sendo constituídos de restos vegetais, gramas, resto de alimentos, folhas secas, esterco animal e outros materiais que possam se decompor, dando origem ao húmus. Para chegar à formação do húmus, os microorganismos fazem diversas reações com os restos de animais e vegetais. Normalmente o húmus possui um teor médio de 58% de carbono e 5% de nitrogênio. Considerando esses dois índices é possível avaliar a porcentagem de matéria orgânica humificada (LOPES & GUILHERME, 1989).

A matéria orgânica é o componente essencial para manter uma qualidade e produtividade elevada no solo, devido a sua grande reatividade e interação com os demais compostos no solo. De acordo com Christensen (2000), a matéria orgânica tem estreita relação com os indicadores de qualidade do solo. Fisicamente a matéria orgânica é responsável pela melhor estruturação do solo, reduzindo a coesão, e aumento em muito a capacidade do solo em retenção de água, e aeração, que permite um melhor crescimento das raízes (SILVA & RESCK, 1997). Um solo bem preparado deve ter um alto índice de material orgânico, pois seus benefícios são indispensáveis para o solo.

Na parte química do solo, a matéria orgânica, é o principal estoque de nutrientes para as plantas, capaz também de aumentar a capacidade de troca catiônica, possibilitando o aumento de íons, disponíveis para a planta (REIN & DUXBURY, 2008).

Os diversos tipos de culturas plantadas no solo, condições climáticas da região e sistema de manejo tem grande relação com os teores de matéria orgânica presente no solo, são esses fatores que determinam o processo de decomposição ou retardação da síntese da matéria orgânica. Em áreas onde é realizado a gradagem e aração, ou seja, o sistema convencional de plantio, a matéria orgânica será incorporada ao solo e sua decomposição será mais rápida do que no plantio direto, onde não há o reviramento do solo e a decomposição acontece mais lentamente devido à taxa de mineralização ser maior (LOVATO, 2001).

Sendo considerada como um dos maiores atributos do solo, a quantidade de carbono presente no solo chega a ser duas vezes maiores que a da biomassa vegetal e do carbono da atmosfera (SWIFT, 2001).

A matéria orgânica representa um conjunto de substâncias heterogêneas, incluindo proteínas, açúcares, vários compostos de carbono, ácidos orgânicos como ácido acético e oxálico, e os importantes ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, a figura 3 apresenta o modelo de ácido húmico (BUDZIAK et al., 2004).

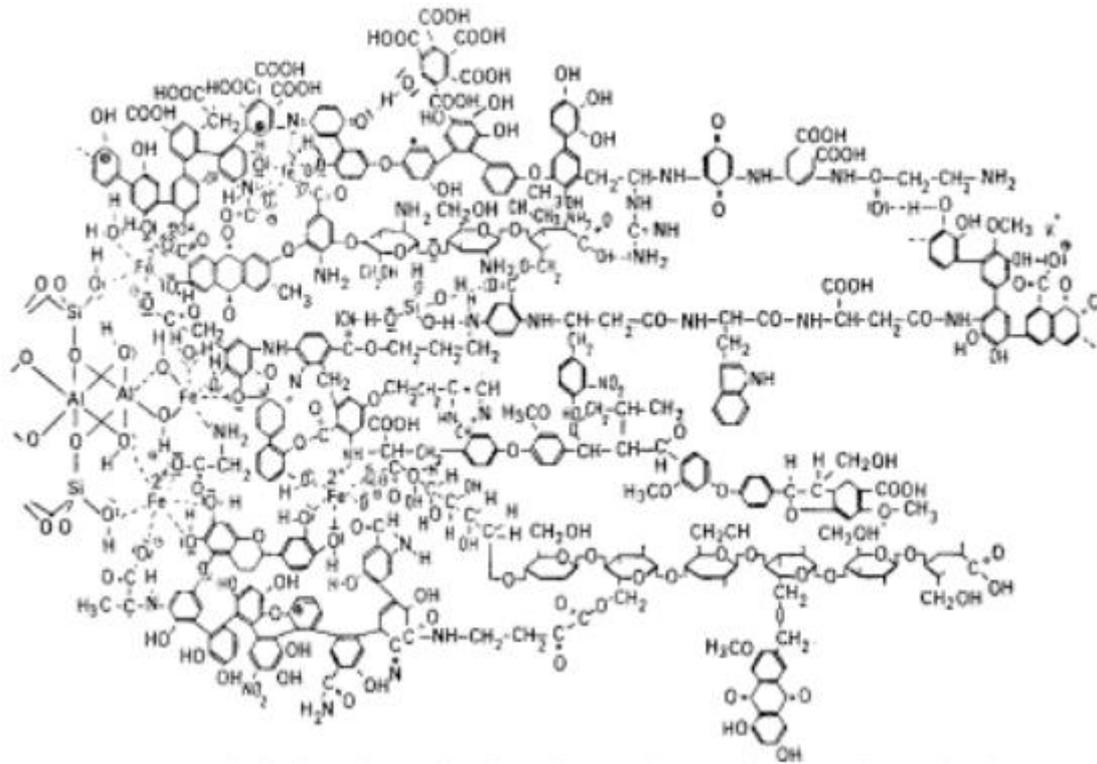


Figura 3: Modelo de substâncias húmicas e da associação substâncias húmicas-argila e substâncias húmicas-íons metálicos proposto por Kleinhempel, em 1970 (adaptado por Novotny, 2002).

Os ácidos húmicos e fúlvicos possuem um alto teor de grupos funcionais contendo oxigênio, como as hidroxilas fenólicas e carboxilas (JORDÃO & MAIA & MANCRICH, 1993). Os ácidos presentes na matéria orgânica são os responsáveis pelo aumento de cargas negativas no solo, ocorrendo o aumento da CTC, podendo ocorrer o aumento da disponibilidade de nutrientes. A tabela 2 mostra propriedades húmicas e seus efeitos no solo.

Propriedades	Substâncias húmicas	Efeitos no solo
Cor	Apresentam coloração variando de amarelo até escuro	Interferência no matiz e no croma do solo; retenção de calor
Retenção de água	Podem reter até 20 vezes a sua massa	Proteção contra erosão; armazenamento de água no solo
União de partículas sólidas	Cimentam partículas do solo, formando agregados	Formação de estruturas no solo; porosidade do solo; densidade do solo
Complexação	Formam complexos específicos (Cu^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} , Al^{+++}) e não específicos (Ca^{++} , Cd^{++})	Detoxificação de íons tóxicos (Al^{+++}) aumenta a mobilidade de íons
Insolubilidade em água	Devido à sua associação com argilas e sais de cátions di e trivalentes	Pouca matéria orgânica é perdida com a água de percolação
Efeito tampão	Tem função tamponante em aplos intervalos de pH	Ajuda a manter o equilíbrio da solução do solo
Troca de íons	A acidez total das frações isoladas do húmus varia de 300 a 1400 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$	Responsáveis pela capacidade de troca de cátions e de ânions no solo
Mineralização	A decomposição da matéria orgânica libera íons e moléculas (CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} e SO_4^{2-})	Fornecimento de nutriente para o crescimento das plantas

Tabela 2: Propriedades gerais das substâncias húmicas e efeitos causados no solo. (IN:CANELLAS & SANTOS, 2005).

7. FÓSFORO E MATÉRIA ORGÂNICA

O adubo orgânico pode ser utilizado como fonte de nutrientes, mas sua mineralização no solo é lenta se comparado aos adubos químicos. Ele irá disponibilizando nutrientes no decorrer do tempo, o que por outro lado pode ser um fator que favorece seu aproveitamento, principalmente nos minerais fósforo e nitrogênio. O esterco bovino por exemplo, dependendo do seu nível de pureza pode se aplicar de 10 a 100 toneladas por hectares (RAIJ et al., 1996).

O processo responsável pela liberação do fósforo da matéria orgânica é conhecido como mineralização onde o fósforo orgânico se transforma em inorgânico, o processo inverso é a imobilização. A mineralização é catalisada por enzimas do tipo fosfatase, que são produzidas por fungos, bactérias e plantas. Essas enzimas podem variar conforme o pH do solo, e a substância a ser degradada. Na faixa de pH de 4 a 6 ocorre a fosfatase ácida, e em pH entre 9 e 11 ocorre a fosfatase básica (FERNANDES, 2000).

A capacidade do solo em adsorver fósforo está relacionada diretamente com os teores de material orgânico presente no solo, pois uma vez que o solo estiver com níveis baixo de material orgânico, diminuindo os níveis de ácidos húmicos e anions que bloqueiam a superfície dos óxidos, ocorre maior adsorção do fósforo (FONTES &, WEED &, BOWEN, 1992).

Um dos compostos mais importantes presente na matéria orgânica são os ácidos húmicos. Entre sua composição apresenta grupos carboxílicos, fenólicos, cetonas, aldeídos, hidrocarbonetos alifáticos, que são capazes de competir na fração mineral do solo para aumentar a adsorção de fósforo. Sua melhor eficiência ocorre em pH ácido, na faixa de 4 a 5 (HENG, 1989).

A decomposição da matéria orgânica no solo tem seu lado positivo e o negativo, pois, ela pode tanto complexar os óxidos de alumínio e ferro ocupando os sítios de adsorção do solo e liberando fósforo, como, pode também realizar a formação de ligações metálicas que irá aumentar a adsorção do fósforo (GUPPY et al., 2005).

8. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em Pedrinhas Paulista, em campo, com cultura anterior de soja, com mais de 15 anos de plantio direto. Foi utilizada uma área de 5 m², onde foi dividido em 5 partes igual de 1m² conforme figura 4. Cada área recebeu uma dosagem de material orgânico diferente e em uma área não foi aplicado nenhum material. Foram feitas dosagens equivalente a 5, 10, 50 e 100 toneladas por alqueires. As amostras foram coletadas uma única vez depois de 5 meses. Utilizando trado de rosca ¾ para fazer a coleta, foram feitos 4 perfurações por área. As amostras foram homogeneizadas e encaminhadas ao laboratório da Cooperativa de Pedrinhas Paulista. As análises foram feitas utilizando a metodologia empregada pelo Sistema IAC (Instituto Agrônômico de Campinas).

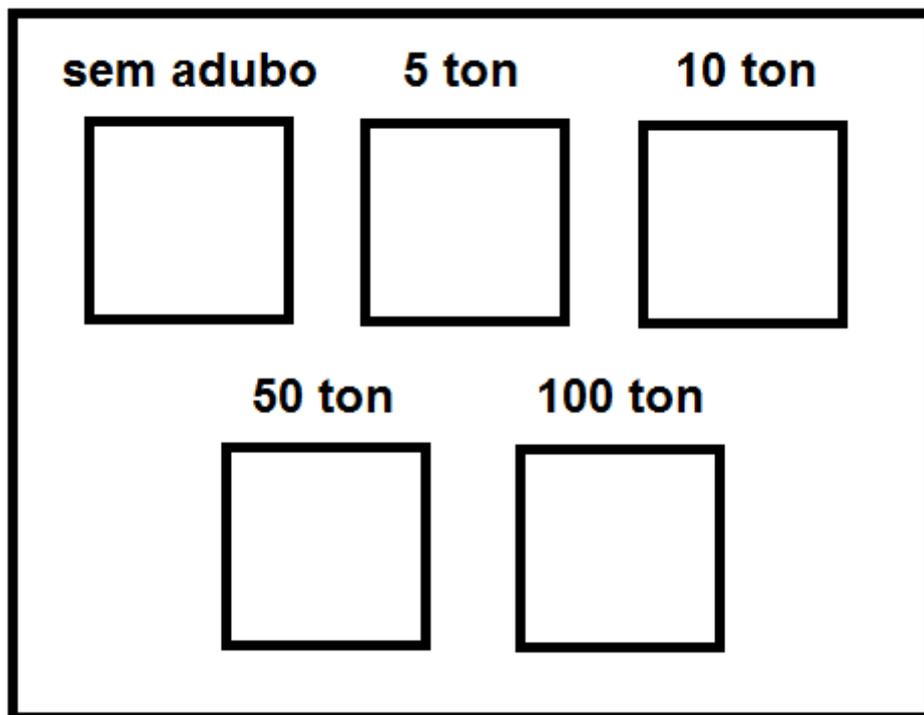


Figura 4: Área experimental onde foram aplicados os adubos orgânicos.

8.1 MATERIAIS

- .Espectrofotômetro Quimis Q898 DPT.
- .Mesa agitadora, com movimento circular horizontal Marconi MA 370
- .Bandejas de alumínio, para três bandejas de isopor com dez frascos de 100ml.
- .Cachimbo de 1cm^3 .
- .Cachimbo de $2,5\text{ cm}^3$.
- .Dispensador para 5 ml de solução.
- .Dispensador para 50 ml de água.
- .Diluidor para uso na proporção de 4 ml de extrato para 16 ml de diluente
- .Bolinha de vidro.
- .Balão volumétrico de 1 litro.
- .Erlenmeyers de 250 e 500 ml.
- .Bureta de 50 ml.
- .Resina trocadora de ânions tipo base forte. Amberlite IRA-400 ou similar.
- .Solução contendo $0,667\text{ mol L}^{-1}$ de dicromato de sódio e 5 mol L^{-1} de H_2SO_4 .
- .Solução de NH_4Cl $0,8\text{ mol L}^{-1}$ em HCL $0,2\text{ mol L}^{-1}$.
- .Solução estoque de molibdato.
- .Solução diluída de molibdato.
- .Solução de dicromato de potássio $0,167\text{ mol L}^{-1}$.
- . Ácido sulfúrico p.a. concentrado.
- .Ácido fosfórico p.a. concentrado.
- .Solução do indicador difenilamina, 10 g L^{-1} .
- .Solução $0,4\text{ mol L}^{-1}$ de sulfato ferroso amoniacal.

8.2. MÉTODO

8.2.1 Método volumétrico para preparo da curva da matéria orgânica

8.2.1.1 Solução de dicromato de potássio $0,167 \text{ mol L}^{-1}$.

Secou-se a $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ uma quantidade suficiente de K_2CrO_7 p.a. colocado em pesa-filtro durante pelo menos duas horas e resfriar em dessecador. Pesar $49,04 \text{ g}$ do sal e dissolver em água destilada ou deionizada, completar o volume a 1 L em balão volumétrico e homogeneizar a solução. Trata-se de um reagente estável, usado como padrão primário.

8.2.1.2 Solução do indicador difenilamina, 10 g L^{-1} .

Dissolveu-se $1,0 \text{ g}$ de indicador em 100 ml de ácido sulfúrico concentrado p.a.

8.2.1.3 Solução $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ de sulfato ferroso amoniacal.

Dissolveu-se 157 g de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ em água destilada contendo 20 ml de H_2SO_4 concentrado p.a. Após o resfriamento, completar o volume a 1 L e agitar. Este reagente é instável e deve ser padronizado antes do seu uso, contra a prova em branco ($10,00 \text{ ml}$ da solução K_2CrO_7 e demais reagentes, porém sem o solo, de acordo com marcha de titulação descrita a seguir).

8.2.1.4 Procedimento analítico.

Mediu-se, com cachimbo, $1,0 \text{ cm}^3$ de terra transferindo para erlenmeyer de 250 ml . Realizou-se uma prova em branco completa, sem terra. Essa indicação é para solos contendo até 55 g dm^{-3} de matéria orgânica. Para solos contendo entre 55 e 135 g dm^{-3} de matéria orgânica, transferir 1 cm^3 de terra para erlenmeyer de 500 ml .

Adicionou-se 10,0 ml da solução de dicromato de potássio $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ e, rapidamente, 20 ml de ácido sulfúrico concentrado p.a. Agitar manualmente por um minuto e deixou-se resfriando durante 30 minutos. As quantidades dos reagentes para solos com teores de matéria orgânica acima de 55 g dm^{-3} são, respectivamente: 25,0 ml da solução de dicromato e 50 ml de H_2SO_4 para solos contendo de 55 dm^{-3} a 135 g dm^{-3} .

Adicionou-se 200 ml de água destilada e filtrar através de papel filtro de filtragem rápida, resistente ao ácido, recebendo o filtrado em erlenmeyer de 500 ml. Em solos contendo de 55 dm^{-3} a 135 g dm^{-3} de matéria orgânica, acrescentou-se 400ml de água e filtrar, recebendo em balão volumétrico de 500ml. Completou-se o volume e homogeneizar. Retirou-se uma alíquota de 200 ml e transferir para erlenmeyer de 500 ml.

Acrescentou-se 10 ml de H_3PO_4 concentrado p.a. e 3 a 6 gotas da solução de difenilamina. Titular com a solução de sulfato ferroso amoniacal, até viragem de azul para verde. A titulação da prova em branco serviu para determinar a concentração exata de solução de sulfato ferroso amoniacal.

O sulfato ferroso amoniacal é padronizado por meio da titulação da prova em branco (todos os reagentes da marcha acima, sem o solo).

O cálculo é feito por: $C_{\text{Fe}^{2+}} = (10 \times 0,167 \times 6) / V_{\text{hr}}$

Em que: $C_{\text{Fe}^{2+}}$ a concentração, em mol L^{-1} . De Fe^{2+} na solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal, para a reação com o dicromato de potássio e V_{hr} o volume de sulfato ferroso amoniacal, em ml, gasto na titulação do branco. Os fatores multiplicativos correspondem ao volume de dicromato (10), em ml, à concentração da solução de dicromato (0,167), em mol L^{-1} , e ao número de elétrons transferidos (6) no processo de redução $\text{Cr (VI)} \rightarrow \text{Cr (III)}$.

Cálculo do teor de matéria orgânica

$\text{M.O.} = ((V_{\text{hr}} - V_{\text{am}}) \times C_{\text{Fe}^{2+}} \times 0,003 \times 1,33 \times 1,724 \times 1000) / V_{\text{solo}}$

Em que: M.O. o teor de matéria orgânica, em g dm^{-3} ; V_{am} o volume de sulfato ferroso amoniacal, em ml, gasto na titulação da amostra com solo; V_{solo} o volume de solo medido, em cm^3 . Os fatores multiplicativos são: 0,003 em g mmol^{-1} , referente à razão $[(0,001 \times 12)/4]$, onde 12 é a massa molar do carbono (g mol^{-1}), 0,001 é o fator para transformar em g mmol^{-1} e 4 é o número de elétrons na oxidação da M.O. $[\text{C(0)} \rightarrow \text{C (IV)}$, na forma de Co_2]; 1,33 o fator de correção para a oxidação apenas parcial da matéria

orgânica; 1,724 , o fator proposto por van Bemmelen, para converter o teor de C orgânico em teor de matéria orgânica; 1000, o fator para transformar cm^3 em dm^3 de solo.

8.2.2 Método espectrofotômetro para determinação de matéria orgânica

Foram transferidos 1 cm^3 de terra para frasco cilíndrico de 100ml, adicionou-se, com dispensador 5 ml da solução de dicromato em ácido sulfúrico, agitou-se por 10 minutos com velocidade mínima de 180 RPM.

Deixou-se em repouso por 1 hora, após o tempo adicionou-se 50 ml de água com dispensador, com um jato forte para promover a mistura das soluções, deixou-se decantar durante a noite.

No dia seguinte, transferiu-se o líquido sobrenadante para um copo descartável de 50 ml e realizou-se leitura em espectrofotométrico na faixa de 650 nm.

Para prova em branco, dispensou-se 5 ml da solução de dicromato em ácido sulfúrico com 50 ml de água.

8.3. ANÁLISE DO FÓSFORO

8.3.1 Método

8.3.3.1 Solução padrão estoque de fósforo

Pesou-se 0,1757 g de diidrogenofosfato de potássio (KH_2PO_4). Dissolveu-se esse reagente em um béquer, usando 70 ml de HCl mol L^{-1} e transferiu-se quantitativamente para um balão volumétrico de 1 L, utilizando na transferência a solução $0,8 \text{ mol L}^{-1}$ de NH_4Cl e $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ de HCl . Completou-se o volume e homogeneizou-se.

8.3.3.2 Solução padrão de trabalho contendo fósforo.

Transferiu-se 0, 1, 2, 3, 4, e 5 ml da solução estoque para balões volumétricos de 50 ml, identificados, respectivamente, por A, B, C, D, E e F. Completou-se os volumes com a solução de NH_4Cl $0,8 \text{ mol L}^{-1}$ em HCl $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ e homogeneizou-se.

8.3.3.3 Extração

Foram transferidos $2,5 \text{ cm}^3$ de terra pra um frasco plástico cônico truncado de 100 ml, acrescentou-se 25 ml de água e uma bolinha de vidro, tampou-se e agitou-se por 15 minutos para promover a desagregação do solo.

Retirou-se a bolinha de vidro e adicionou-se $2,5 \text{ cm}^3$ de resina, medida com cachimbo provido de fundo de malha de poliéster, em seguida fecho-se o frasco e agitou por 16 horas, até o dia seguinte, em agitador com movimento circular a uma velocidade de 220 RPM.

No dia seguinte, transferiu-se com um jato de água, a suspensão de solo e resina para uma peneira com malha de poliéster de 0,4 mm de abertura. Lavou-se a resina com o mínimo de água possível, até parar de sair argila.

Virou-se a peneira sobre um funil colocado em cima de um frasco de 100 ml, Transferiu-se toda a resina da peneira para o frasco usando exatamente 50 ml da solução NH_4Cl $0,8 \text{ mol L}^{-1}$ em HCl $0,2 \text{ mol L}^{-1}$.

Deixou-se em repouso por cerca de 30 minutos para permitir a evolução do gás carbônico. Em seguida, fechou-se os frascos e agitou-se por um hora a 220 RPM, após a agitação os extratos foram encaminhados para a determinação de fósforo.

8.3.3.4 Determinação de fósforo por espectrofotometria

Dilui-se 4 ml do extrato das resinas obtido com a solução de NH_4Cl $0,8 \text{ mol L}^{-1}$ em HCl $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ com 16 ml da solução diluída de molibdato com o auxílio do diluidor, após 15 minutos, realizou-se as leituras, no espectrofotômetro em 885 nm.

8.3.3.5 Cálculos.

A relação entre concentração e leitura para o fósforo é linear, permitindo o cálculo através de fatores. Utilizou os seguintes fatores correspondentes para os padrões, A : 0 mg/dm³, B : 16 mg/dm³, C : 32 mg/dm³, D: 48 mg/dm³, E: 64 mg/dm³ e F: 80 mg/dm³.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.1 Preparos das amostras

As amostras foram preparadas para a moagem, está apresentado um exemplo na figura 5.



Figura 5: Solo coletado com trado de rosca, preparada para a moagem.

Como a coleta foi feita com trado o tamanho das partículas do solo são muito grandes, necessitou-se passar por um processo de moagem.

Os solos foram registradas no laboratório e moídos com espessura de no máximo 2 milímetros (figura 6). Este procedimento é fundamental para permitir a realização das análises pois o tamanho da partícula influencia no resultado da análises.



Figura 6: Solo moído na espessura menor que 2 milímetros, pronto para as análises.

9.2 Resultados das análises

A curva padrão para a matéria orgânica já estava pré determinada. Utilizou-se metodologia de titulação para encontrar concentrações de matéria orgânica e determinou-se a curva,(tabela 3).

CONCENTRAÇÃO g/dm ³	ABSORÇÃO
0	0,0000
15	0,0915
30	0,1675
45	0,2441
60	0,3279
75	0,4089
90	0,5086

Tabela 3: Curva para a matéria orgânica.

Foram obtidos a partir dos dados da tabela os valores de $R^2= 0,998$ e equação da reta $y=0,00529 x + 0,01173$.

A curva para o fósforo foi preparada antes de se fazer as leituras do elemento, e as leituras foram feitas juntas, (tabela 4).

CONCENTRAÇÃO mg/dm ³	ABSORÇÃO
0	0,0000
16	0,0809
32	0,1612
48	0,2366
64	0,3098
80	0,3979

Tabela 4: Curva para o fósforo.

Para cada ponto da curva que foi preparado utilizando a solução padrão de trabalho contendo fósforo em concentrações diferentes, foi possível encontrar um valor para a absorção no espectrofotômetro, para 0 mg/dm³ de fósforo 0 de absorção, para 16 mg/dm³ de fósforo 0,0809 de absorção, para 32 mg/dm³ de fósforo 0,1612 de absorção, para 48 mg/dm³ de fósforo 0,2366 encontrado na absorção, para 64 mg/dm³ de fósforo 0,3098 de absorção e para 80 mg/dm³ de fósforo 0,3979 de absorção, a partir desses valores foi possível montar uma equação da reta $y = 0,00495x - 0,001347$ e o $R^2 = 0,999$

Na tabela 5 estão expressos os valores determinados nas análises do solo realizadas no laboratório.

IDENTIFICAÇÃO	P. (RES)	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	S.BASE	CTC
	mg/dm ³	g/dm ³		mmolc/dm ³				%	
SEM ADUBO 20/03	30	20	5,2	3,9	49	14	34	66,90	100,90
SEM ADUBO 20/08	29	21	5,2	3,8	50	13	33	66,80	101,80
5 TONELADA 20/08	32	24	5,3	4,8	51	16	33	71,80	104,80
10 TONELADA 20/08	44	27	5,2	5,0	51	15	36	71,00	107,00
50 TONELADA 20/08	50	29	5,0	6,1	43	12	42	61,10	103,10
100 TONELADA 20/08	61	32	5,0	7,1	45	13	40	65,10	105,10

Tabela 5: Resultados das amostras do solo.

Através dos resultados das análises do solo percebeu-se que houve um aumento nas concentrações de fósforo e material orgânico conforme a quantidade de adubo aplicada no solo.

Pelo fato do adubo orgânico ser um adubo ácido, nas dosagens de 50 toneladas e 100 toneladas ocorreu uma diminuição no valor do pH, assim como nos teores de cálcio e magnésio. A acidez (H + Al) aumentou com o aumento das dosagens de adubo. A S.BASE apresentou aumento nas dosagens de 5 e 10 toneladas e decaiu nas dosagens de 50 e 100 toneladas. O CTC aumentou em todas as dosagens. O potássio apresentou um aumento considerável em todas as determinações chegando a 6,1 mmolc/dm³ onde foi aplicado 50 toneladas de adubo e 7,1 mmolc/dm³ onde foi aplicado 100 toneladas. A concentração de fósforo na amostra sem adubo foi de 29 mg/dm³, se comparado com a aplicação de 100 toneladas de adubo percebe-se um que dobrou a concentração. A matéria orgânica apresentou aumentos consideráveis nas aplicações de 50 toneladas e 100 toneladas, liberando valores acima da concentração disponíveis no adubo. Os valores de fósforo e matéria orgânica estão apresentados nas figuras 7 e 8.

FÓSFORO

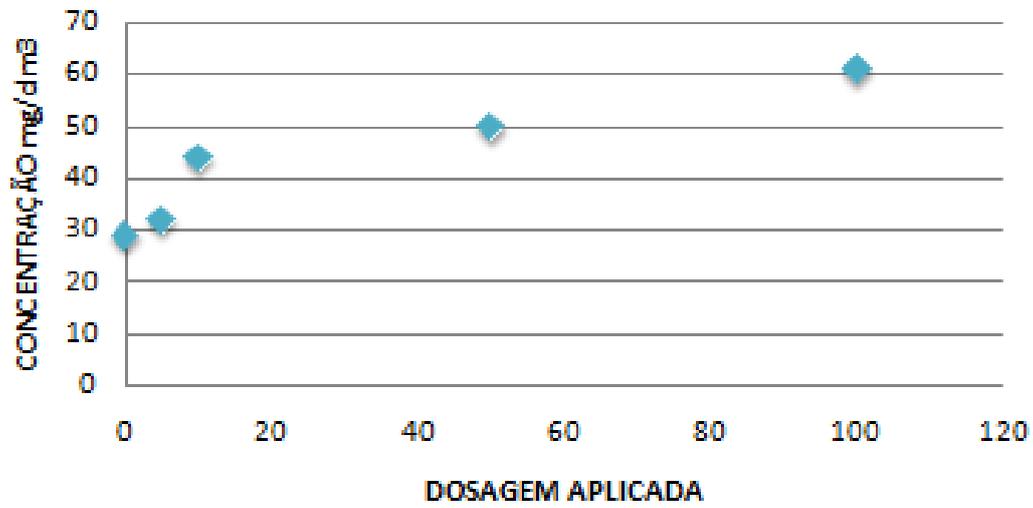


Figura 7: Dosagem aplicada relacionada com as concentrações de fósforo.

MATÉRIA ORGÂNICA

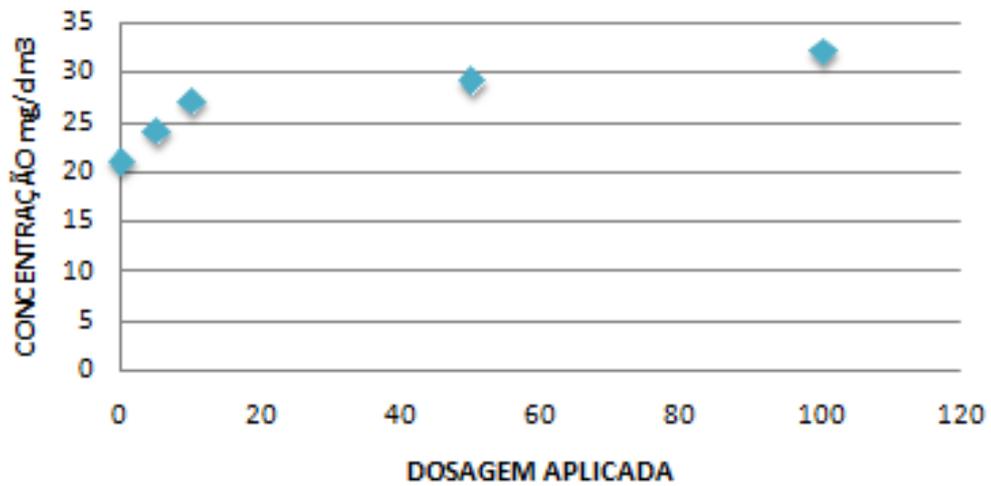


Figura 8: Dosagem aplicada relacionada com as concentrações de matéria orgânica.

Como foi verificado que a quantidade de adubo contribuiu para a elevação da matéria orgânica e fósforo, na tabela 6 estão expressos as concentrações encontradas na análise do adubo orgânico.

ESTERCO BOVINO	
UMIDADE	10,40%
MATÉRIA ORGÂNICA	34,98%
NITROGÊNIO	0,33%
P TOTAL	0,45%
K ₂ O	1,40%
CÁLCIO	0,60%
MAGNESIO	0,40%
ENXOFRE	0,27%
FERRO	3,50%
COBRE	138 mg/kg
MANGANES	950 mg/kg
ZINCO	153,16 mg/kg
RESIDUO MINERAL TOTAL	47,78%

Tabela 6: Resultados da análise do adubo orgânico.

O adubo orgânico continha quantidades significativas de fósforo, mas como nem todo esse elemento está disponível para a planta, uma parte veio de reações no solo para disponibilizar o nutriente. A tabela 7 demonstra as concentrações de P e M.O. determinados nas análises e dos adubos aplicada no solo convertidas para as mesmas medidas que são utilizadas nas análises.

ADUBO ORGÂNICO	CONCENTRAÇÃO P mg/dm ³	CONCENTRAÇÃO NO SOLO P mg/dm ³	CONCENTRAÇÃO M.O. g/dm ³	CONCENTRAÇÃO NO SOLO M.O. g/dm ³
5 t/alq	4,65	32	0,36	24
10 t/alq	9,30	44	0,72	27
50 t/alq	46,50	50	3,61	29
100 t/alq	93,00	61	7,23	32

Tabela 7: Concentração de P e M.O. por área experimental.

Para as conversões do adubo orgânico na mesma medida que se utiliza na análise de solo foram realizados os cálculos:

Fósforo: tonelada por alqueires $\times 500 / 2.42 =$ total de adubo em mg/dm^3 .

Total de adubo $\text{mg}/\text{dm}^3 \times$ porcentagem de fósforo do adubo = concentração do adubo em mg/dm^3 .

Matéria orgânica: tonelada por alqueires $\times 500 / 2.42 =$ total de adubo em mg/dm^3 .

Total de adubo $\text{mg}/\text{dm}^3 \times$ porcentagem de M.O. do adubo = concentração do adubo em mg/dm^3 .

Concentração do adubo em $\text{mg}/\text{dm}^3 \times 0,001 =$ concentração do adubo em g/dm^3

Os resultados demonstraram eficiência em todas as concentrações, onde quanto maior a quantidade de adubo aplicada, maior a concentração de fósforo e matéria orgânica, chegando a dobrar a quantidade de fósforo disponível no solo, a tabela 8 demonstra a porcentagem do aumento em relação a amostra não aplicada adubo para cada área.

ADUBO ORGÂNICO	Aumento em relação a área sem adubação P	Aumento em relação a área sem adubação M.O. g/dm^3
0,2066 Kg/m^2 ou 5 t/alq	10,00 %	15,00 %
0,4132 Kg/m^2 ou 10 t/alq	45,37 %	35,31 %
2,0660 Kg/m^2 ou 50 t/alq	70,00 %	47,21 %
4,1320 Kg/m^2 ou 100 t/alq	103,48 %	55,00 %

Tabela 8: Aumento de P e M.O. em porcentagem por área.

A matéria orgânica decompõe mais lentamente se não incorporada ao solo, levando mais tempo para decompôr se aplicada na superfície. Segundo estudos de Lovato (2001), os resultados demonstraram que em 5 meses já ocorreu liberação total da matéria orgânica do adubo.

O teor de fósforo cresceu conforme a quantidade de matéria orgânica aplicada no solo, segundo estudos de Gonçalves (1985) esse é um dos fatores responsáveis pelo aumento da concentração de fósforo.

As concentrações de cálcio e magnésio caíram nas amostras com aplicações de 50 e 100 toneladas, segundo estudos de FUNALI (1997) teores altos de cálcio são para cima de 10 mmolc/dm³.

As concentrações de fósforo apresentam valores 50 mg/dm³ na adubação de 50 toneladas e 61 mg/dm³ na adubação de 100 toneladas, segundo RAIJ (1996), os valores altos de fósforo no solo para o plantio milho e soja deve ultrapassar 50 mg/dm³.

O potássio apresentou aumento em todas as amostras, chegando 5,0 mmolc/dm³ na amostra de 10 toneladas, 6,1 mmolc/dm³ na amostra de 50 toneladas e 7,1 mmolc/dm³ na amostra de 100 toneladas, segundo RAIJ (1996) o índice alto para potássio no solo fica entre 3,1 e 6,0 mmolc/dm³ e para índices muito altos, acima de 6,0 mmolc/dm³.

10. CONCLUSÕES

Através das análises de solo percebeu-se uma melhora significativa nas concentrações de fósforo disponível no solo conforme a quantidade de adubo aplicada.

A melhora gradativa demonstra a eficiência de se utilizar adubos orgânicos no solo, mas em concentrações altas de adubos, a quantidade de fósforo contida não foi liberada de forma rápida, pois os teores eram muito altos e o aumento de fósforo foi menor que as concentrações encontradas nos adubos aplicados.

Um dos possíveis fatores que levam a essa quantidade menor de fósforo liberado seja provavelmente a forma orgânica que o nutriente se encontra no adubo, precisando passar para a forma inorgânica para se tornar disponível.

O estudo levou 5 meses de uma análise a outra, necessitando de mais tempo para permitir a liberação total de fósforo disponível no adubo.

A matéria orgânica obteve resultados expressivos, onde o aumento foi maior que o aplicado, provavelmente pelo fato de no solo aplicado vir de mais de 10 anos de plantio direto, onde sempre há sobras de compostos orgânicos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Luiz Otávio Afonso de – Engº de Minas – **FOSFÉRTIL** – Complexos de Mineração de Tapira (CMT) Dados Gerais – Fev. 2001 – Tapira / MG – Bem Mineral / Reservas – BMB 2001.

ANDA- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS – Setor de fertilizantes, **ANUÁRIO ESTATÍSTICO**, 2016.

BATISTA, M. de A.; PAIVA, D. W. de; MARCOLINO, A. (Org.). **Solos para todos: perguntas e respostas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014.

BERTON, R.S. Adubação orgânica. In: BERTON, R.S. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo/fundação IAC, 1997.

BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, 2004, p. 399-403.

CANELLAS, L.P. SANTOS, G.A. **Humosfera : Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes, 2005. 309 p.

CHRISTENSEN, B.T. Organic matter in soil - structure, function and turnover. In: **Plant Production**. Tjele 2000.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento - 8º Levantamento de grãos, safra 2016/2017

CROSS, A. F.; SCHLESINGER, W. H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, Amsterdam, v. 64, n. 3/4, Jan. 2005, p. 197- 214.

DIAS V.P., FERNANDES E. (2006) **Fertilizantes: uma visão sintética**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 24, set. 2006, p. 97-138.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

- FERNANDES, L. A.; Frações de fósforo e atividade da fosfatase ácida em plantas de feijoeiro cultivadas m solos de várzea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, 2000, p. 561- 571.
- FIDALGO, E.C.C, BENITES, V. M de; MACHADO, P. L. O. A. de; MADARI, B. E.; COELHO, M. R.; MOURA, I. B. de; LIMA, C. X. de. **Estoque de carbono nos solos do Brasil**. 1.ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-RJ, 2007
- FONTES, M.R.; WEED, S.B.; BOWEN, L.H. Association of microcrystalline goethite and humic acid in some Oxisols from Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, 1992 p.982-990.
- FURNALI, Ângela M. C.; RAIJ, Bernardo V.; CANTARELLA, Heitor; QUAGGIO, José A. **Boletim Técnico 100**. 2.ed. Campinas: Editora Prisma Printer,1997.
- GALETI, Paulo A. **Guia do Técnico Agropecuário**. 1.Ed. São Paulo: Editora: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1989.
- GONÇALVES, J.L.M.; FIRME, D.J.; NOVAIS, R.F. & RIBEIRO, A.C. Cinética de adsorção de fósforo em solos de cerrado. **R. Bras. Ci. Solo**, 1985. 9:107-111.
- GUPPY, C.N.; MENZIES, N.W.; MOODY, P.W.; BLAMEY, F.P.C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.43, 2005. p. 189-202.
- HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil plant system. **Adv. Agron.**, 1984. 37:249-315.
- HENG, L.C. Influence of some humic substances on P-sorption in some Malaysian soils under rubber. **J. Nature Rubber Research**, Hevea, v. 4, 1989. p.186-194.
- HOLFORD ICR (1997) Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Aust J Soil Res**. 1997. 35:227–239.
- IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA , **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal**, 2015.
- IBRAM- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, **ANUÁRIO ESTATÍSTICO**, 2005

JORDÃO, C. P. et al. Adsorção de cátions metálicos em ácidos húmicos de Latossolo. **Química Nova**, São Paulo, v. 16, 1993. p. 517-520.

JUO, A.S.R. & FOX, R.L. Phosphate sorption capacity of some benchmark soils in West Africa. **Soil Sci.**, 1997. 124:370-376.

KER, J.C. **Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil**. 1995. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 181p. (Tese de Doutorado).

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985

LOVATO, T. **Dinâmica do carbono e do nitrogênio do solo afetada por preparos do solo, sistemas de cultura e adubo nitrogenado**. 2001. 132 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LOPES, A.S E; GUILHERME, L.R.G. **Plant nutrition problems and management in rain dependent food crop production in cerrado region of Brazil**. Palestra apresentada em FAO/FIAC Working Party on the Economics of Fertilizer Use, Roma, Itália, 10 a 15/abril/1989a. 29p.

LUCHINI, I. **Fósforo disponível em solos ácidos e corrigidos com aplicação de fosfatos solúvel, reativo e natural** 2008. 37 f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2008.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.

NOVOTNY, E. H. **Estudos espectroscópicos e cromatográficos de substâncias húmicas de solos sob diferentes sistemas de preparo**. Tese (Programa de PósGraduação em Ciências – Físico Químico) Universidade de São Carlos, São Paulo, 2002.

RAIJ, B.VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Boletim Técnico Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, n. 100, 2. ed., 1996. 285 p.

REIN, T. A.; DUXBURY, J. M. Modeling the soil organic carbon, texture and mineralogy relations in the profile of oxisols from the Brazilian Cerrado. In: **SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO E II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 9., 2008, Brasília. Anais... Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. 1 CD ROM.**

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. p. 467-524.

SILVA, M.L.N. et al. Rotação adubo verde-milho e adsorção de fósforo em latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.6, p.7, 1997.

STEVENSON, F.J. **Cycles of carbon, nitrogen, phosphorus, sulphur and micronutrients**. New York, John Wiley & Sons, 1986. 380p.

SWIFT, R.S. Sequestration of carbon by soil. *Soil Sci.*, 166:858-871, 2001. TOMÉ JR., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba. Agropecuária. 1997.247p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.