

O USO DE GESSO AGRÍCOLA NO PROCESSO DE LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES EM DIFERENTES COBERTURAS DE SOLO

MORAES, Wagner Diogo¹

BARBOZA, Marcos Roberto²

RESUMO

A presença de nutrientes no solo é fundamental, mas depende do uso correto do solo, práticas conservacionistas, manejo adequado de fertilizantes e corretivos, preservação da matéria orgânica e rotação de cultura. No Brasil a implantação do sistema plantio direto (SPD) tornou-se base de produção de grãos, considerado o principal manejo conservacionista do solo, que está associado ao mínimo possível de revolvimento do solo, controle de tráfego de máquinas e a rotação de cultura. O manejo inadequado no SPD pode afetar a disponibilidade de nutrientes ao longo do perfil do solo devido a correção de acidez ocorrer apenas na superfície. O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência do gesso agrícola no processo de lixiviação de nutrientes em diferentes coberturas da camada superficial para a camada subsuperficial ao longo do perfil do solo. O experimento foi conduzido na Fazenda Limeira, situado no Município de Pinhão-PR, os tratamentos foram distribuídos em faixas com sete coberturas diferentes, cada cobertura dividida em seis parcelas, três com gesso e três sem, foram realizadas amostras de solo antes da aplicação do gesso e 120 dias após, nas camadas de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 40 cm. Os tratamentos onde se utilizaram leguminosa/gramínea na cobertura ocorreram maior lixiviação dos nutrientes de 0 a 10 cm para 10 a 20 cm. Na camada de 20 a 40 cm não houve aumento nos teores de nutrientes, devido ao pouco tempo entre as avaliações.

Palavras-chave: Amostras de solo, profundidade, sistema plantio direto

ABSTRACT

The presence of nutrients in the soil is essential, but it depends on the correct use of the soil, conservation practices, adequate management of fertilizers and correctives, preservation of organic matter and crop rotation. In Brazil, the implementation of the no-tillage system (DPT) has become the basis for grain production, considered the main conservationist management of the soil, which is associated with the least possible soil disturbance, control of machine traffic and crop rotation. Inadequate management in SPD can affect nutrient availability along the soil profile because acidity and fertility correction occurs only at the surface. The present work aimed to evaluate the efficiency of agricultural gypsum in the nutrient leaching process in different coverages from the surface layer to the subsurface layer along the soil profile. The experiment was carried out at Fazenda Limeira, located in the Municipality of Pinhão-PR, the treatments were distributed in strips with seven different coverages, each coverage divided into six plots, three with gypsum and three without, soil samples were taken before application of the plaster and 120 days later, in the layers of 0 to 10 cm, 10 to 20 cm and 20 to 40 cm. The treatments where legume/grass was used in the cover had greater leaching of nutrients from 0 to 10 cm to 10 to 20 cm. In the layer from 20 to 40 cm there was no increase in nutrient contents, due to the short time between evaluations.

Keywords: Soil samples, depth, no-tillage system

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica da Faculdade Campo Real, Guarapuava – PR, Brasil. (eng-wagnermoraes@camporeal.edu.br).

² Docente orientador do curso de Engenharia Agrônômica da Faculdade Campo Real, Guarapuava – PR, Brasil. (prof_marcosbarboza@camporeal.edu.br).

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da fertilidade do solo é importante para uma agricultura sustentável, conhecendo as características e suas limitações podendo intervir de forma racional para não causar desequilíbrios ambientais. Para conhecer fertilidade do solo da área a ser cultivada é necessário amostragem e análise em laboratório além de fazer a interpretação da análise. A análise química avalia a fertilidade do solo e traz valores que possibilitam indicações de manejo de fertilizantes e corretivos (PREZOTTI & GUARÇONI, 2013).

Segundo Arruda *et al.* (2014) as amostragens de solo devem seguir um critério para que não ocorra alterações nos valores das variáveis; as práticas podem ser a divisão da área em glebas homogêneas, utilização do mesmo equipamento de coleta em todas as amostragens, coleta do maior número de amostras simples para formar a amostra composta, não raspar a superfície do solo onde será realizada a coleta, coletar em zig-zag, nas profundidades de interesse por exemplo de 0-20 cm, 20-40 cm ou 40-60 cm. Análises em profundidades intermediárias como 0-10 cm, 10-20 cm podem ser realizadas com objetivos específicos.

A presença de nutrientes no solo é fundamental, mas depende do uso correto e do manejo adequado de fertilizantes, garantindo assim uma boa qualidade de solo em um agroecossistema. Os nutrientes presentes no solo são absorvidos pelas plantas e devem ser repostos ao solo, por meio de práticas conservacionistas como a preservação de matéria orgânica que fornece Carbono (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Enxofre (S) e retêm Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Potássio (K) aumentando a capacidade de troca catiônica (CTC), uso correto de fertilizantes minerais, adubação verde e a implantação do sistema plantio direto (SPD) (BRANDÃO, 2021).

O SPD tornou-se base de produção de grãos no Brasil a partir da década de 1990, é o principal manejo conservacionista do solo e abrange uma área de 32,8 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2018). O SPD está associado ao mínimo possível de revolvimento do solo, semeadura direta + palhada + rotação de cultura e controle de tráfego de máquinas, diferente do plantio que desconsidera a rotação de culturas. Esses três princípios associados diminuem o escoamento superficial e a erosão do solo, além de promover um aumento no teor e incorporação de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes que é de extrema importância na fertilidade do solo trazendo benefícios químicos, físicos e biológicos acarretando na redução do uso de fertilizantes, danos ao meio ambiente no custo de produção (BARCELOS, 2021).

Conforme Pias (2020), no Brasil algumas práticas de manejo como adubação e calagem do solo ainda devem ser melhor compreendidas, o SPD é relativamente recente e grande parte das recomendações foram adaptadas de recomendações de solo em sistema

de preparo convencional. O SPD comparado ao sistema de preparo convencional resulta e modifica a dinâmica de acidez e dos nutrientes no solo, sendo um com o conceito de camada arável e outro com concentração de nutrientes e matéria orgânica no perfil do solo mais com uma alta variação de teores de nutrientes ao longo do mesmo. Mas isso pode acarretar problemas como a acidez do solo, que é um fator limitante na produção agrícola.

A acidez e a alcalinidade do solo são medidas na escala do pH do solo que varia de 0 (muito ácido) a 14 (muito alcalino) sendo o pH 7 o valor neutro. O pH do solo tem efeito primordial na limitação e na disponibilidade de nutrientes no solo, pH <5,6 limita a disponibilidade de Ca, Mg e K e favorece a disponibilidade de Al^{3+} fitotóxico, o aumento de pH disponibiliza M.O e Cl e reduz a disponibilidade dos micronutrientes Cu, Fe, Mn, Ni e Zn podendo atingir níveis de insuficiência na faixa de alcalinidade. A acidez média a elevada (pH <5,5) pode diminuir a disponibilidade de P e em condições de alcalinidade (pH >7,5), N e S aumentam na disponibilidade com maior mineralização da M.O e aumento do pH e o B diminui a disponibilidade em solo com condições alcalinas, com isso o pH do solo adequado na faixa de 6,0 a 7,0 para a maioria das culturas (BATISTA *et al.*, 2018).

A acidez tende a ser corrigida com a aplicação superficial de calcário, mais devido à baixa solubilidade sua eficiência é afetada, dificultando a decida no perfil do solo, neutralizando assim apenas camada superficial do solo, as camadas subsuperficiais continuam com acidez elevada caracterizada por altos teores de Al^{3+} trocável e baixos teores de cátions básicos (Ca^{2+} e Mg^{2+}), limitando o desenvolvimento radicular das culturas e assim reduzindo a absorção de água e nutrientes e por consequência a produção. Nesse caso o gesso agrícola pode ser uma importante ferramenta, pois é considerado um condicionador de subsuperfícies, é uma fonte de cálcio (Ca) e enxofre (S), apresenta maior solubilidade que o calcário se translocando rapidamente no perfil do solo aumentando a concentração de cátions básicos em subsuperfície e reduzindo a atividade do Al^{3+} trocável (PIAS, 2020).

Para Brasil *et al.* (2020) o gesso agrícola não tem a função de corrigir a acidez e nem diminuir o Al^{3+} trocável do solo, mas sim alterar a forma iônica do Al trivalente (mais tóxica) para menos tóxica. Em relação a redução da acidez o gesso diminui a saturação por alumínio em função do aumento do teor de cálcio em profundidade melhorando o ambiente radicular.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a eficiência do gesso agrícola no processo de lixiviação de nutrientes em diferentes coberturas da camada superficial para a camada subsuperficial ao longo do perfil do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Limeira, situado no Município de Pinhão-PR, localizado nas coordenadas (lat.-25.613761 e long.-51.784588), e altitude de 929 m. O clima da região é predominantemente temperado, do tipo Cfb conforme a classificação de Koppen (IAPAR, 2019). O local do experimento foi designado após a cultura implantada nesse talhão não ter atingido o teto produtivo almejado comparado com outros talhões que também sofreram com a estiagem que ocorreu no período de desenvolvimento da cultura.

O histórico de rotação desse talhão era; inverno 2015 (aveia), verão 2015/16 (soja), inverno 2016 (aveia), verão 2016/17 (soja), inverno 2017 (trigo), verão 2017/18 (soja), inverno 2018 (aveia preta), verão 2019/20 (milho) inverno 2020 (aveia preta), verão 2019/20 (soja), inverno 2020 (aveia preta), verão 2020/21 (soja), inverno 2021 (aveia preta), verão 2021/22 (milho) e inverno 2022 (cevada).

Antes da semeadura foram coletadas 7 amostras de solo nas camadas de 0 a 20 cm e 3 amostras de 20 a 40 cm na área do experimento. As amostras foram encaminhadas a um laboratório para análise dos parâmetros referentes a fertilidade do solo. Os resultados obtidos indicaram bom teor de nutrientes de 0 a 20 cm e na camada de 20 a 40 cm foi constatado baixa teor de nutrientes e a presença de Alumínio, então foi realizado uma nova amostragem na camada de 0 a 10 cm e na camada de 10 a 20 cm constatando assim que a maior partes dos nutrientes estavam concentrado na camada de 0 a 10 cm (tabela 1).

Tabela 1 – Teor de nutrientes presentes nas camadas de solo de 0 a 10 cm, 0 a 20 cm, 10 a 20 cm e de 20 a 40 cm, na fazenda Limeira em Pinhão, PR – 2022.

Nutrientes	Extrator	Camada 1	Camada 2	Camada 3	Camada 4
		0-10 cm	10-20 cm	0-20 cm	20-40 cm
pH	CaCl ₂	5,5	4,8	5,1	4,7
Fósforo (P)	Mehlich	20,1 mg/dm ³	4,9 mg/dm ³	13,3 mg/dm ³	1,7 mg/dm ³
Alumínio (Al)	KCl	0	0,12 cmolc/dm ³	0	0,35 cmolc/dm ³
Potássio (K)	Mehlich	0,46 cmolc/dm ³	0,12 cmolc/dm ³	0,36 cmolc/dm ³	0,13 cmolc/dm ³
Cálcio (Ca)	KCl	6,52 cmolc/dm ³	3,55 cmolc/dm ³	6,6 cmolc/dm ³	1,58 cmolc/dm ³
Magnésio (Mg)	KCl	3,69 cmolc/dm ³	2,20 cmolc/dm ³	3,51 cmolc/dm ³	1,08 cmolc/dm ³
CTC		15,3 cmolc/dm ³	12 cmolc/dm ³	11,9 cmolc/dm ³	9,35 cmolc/dm ³
% Al na CTC efetiva		0 %	2,3 %	2,3 %	11%

Fonte: O autor (2022).

A dessecação do local do experimento onde havia restos culturais da cultura antecessora (palhada de milho), foi realizada duas semanas antes da semeadura das diferentes coberturas, onde foram utilizados Glifosato (1.2l.ha⁻¹) e 2,4-D (1l.ha⁻¹). A semeadura dos tratamentos foi realizada em 21 de março de 2022 utilizando uma semeadora com espaçamento de 17 cm entre linhas, num total de 22 linhas que foram distribuídas em 2 partes com 11 linhas cada tratamento.

O experimento foi conduzido em faixas com 7 coberturas, cada faixa recebeu um tipo de cultura, cada cobertura foi dividida em 6 parcelas, onde 3 receberam aplicação de gesso e 3 sem gesso, onde foram distribuídos os tratamentos; T1 – Milheto com gesso, T2 – Milheto sem gesso, T3 – Centeio com gesso, T4 – Centeio sem gesso, T5 – Nabo com gesso, T6 – Nabo sem gesso, T7 – Ervilhaca com gesso, T8 – Ervilhaca sem gesso, T9 – Nabo/aveia com gesso, T10 Nabo/aveia sem gesso, T11 – Ervilhaca/aveia com gesso, T12 – Ervilhaca/aveia sem gesso, T13 – Pousio com gesso, T14 pousio sem gesso.

Para milheto foram semeadas 25 kg.ha⁻¹ de sementes, centeio 40 kg.ha⁻¹, nabo 12 kg.ha⁻¹, ervilhaca 25 kg.ha⁻¹, aveia 80 kg.ha⁻¹, esses foram distribuídos em uma de área de 189 m² (10,5m x 18m). A aplicação do gesso agrícola (15% S e 18% Ca) ocorreu no dia 10 de maio de 2022 com base na recomendação de gesso agrícola descrita por Souza et al. (2005), que estima essa quantidade por meio da equação NG (kg/ha) = 50 x Argila (%) ou NG = 5,0 x Argila (g/kg) onde NG= Necessidade de gesso, a classificação do solo é Latossolo Bruno Distrófico, com 696 g/kg de argila, 226 g/kg de silte e 79 g/kg areia dado então a recomendação de 3.000 kg/ha, distribuído de forma manual na superfície do solo sobre os tratamentos.

A dessecação pré-semeadura da cevada ocorreu vinte dias antes com Glifosato (1.5l.ha⁻¹), 2,4-D (0.3l.ha⁻¹) e Sulfoniluréias (5gm.ha⁻¹) e Cletodim (0.5l.ha⁻¹). No dia 13 de junho de 2022 foi realizado a semeadura da cultura de cevada sobre os tratamentos de cobertura dessecados, a variedade utilizada foi a Imperatriz (156 kg.ha⁻¹), com adubação no sulco do plantio na formulação 08-30-20 (515 kg.ha⁻¹) e na cobertura aplicação de adubação nitrogenada (ureia-N 45%) com a dose de 80 kg.ha⁻¹.

Após 120 dias depois da aplicação do gesso sobre os tratamentos foram realizadas novas coletas de solo, em todas as parcelas dos tratamentos, nas camadas de 0 a 10, 10 a 20 e de 20 a 40 cm, em cada parcela foram coletadas 3 amostras por profundidade, cada amostra representava uma repetição ao total de 42 amostras por camada de solo, totalizando 126 amostras de solo. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste de comparação de médias pelo Teste Scott-Knott (1974) a nível de significância 0,05 com auxílio do software Sisvar.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 apresenta os teores de nutrientes 120 dias após a aplicação dos tratamentos nas coberturas, como pode ser observado o pH em comparação com resultados anteriores, (5,5) em todos os tratamentos tiveram aumento que variou de 5 a 20%, os tratamentos 2, 12, 13 e

14, continuaram com valores próximos aos anteriores, os demais tiveram elevação se diferenciando destes citados.

Tabela 2. Teores de nutrientes e parâmetros físico-químicos presentes na camada de solo de 0 a 10 cm, em diferentes tratamentos de cobertura vegetal e aplicação ou não de gesso na fazenda Limeira em Pinhão, PR – 2022.

Tratamentos	pH	P	K	Ca	Mg	CTC
T1 - Milheto c/ gesso	6,2 b	32,06 b	0,24 a	8,49 b	2,95 a	14,83 b
T2 - Milheto s/ gesso	5,7 a	30,93 b	0,37 a	7,22 a	4,02 c	15,03 b
T3 - Centeio c/ gesso	6,3 b	39,90 b	0,27 a	9,03 b	2,92 a	15,30 b
T4 - Centeio s/ gesso	6,1 b	19,60 a	0,31 a	8,13 a	4,43 c	15,76 b
T5 - Nabo f. c/ gesso	6,3 b	29,43 b	0,37 a	7,91 b	3,45 b	14,80 b
T6 - Nabo f. s/ gesso	6,1 b	34,40 b	0,61 b	6,61 a	3,62 b	14,30 a
T7 - Ervilhaca c/ gesso	6,4 b	34,03 b	0,29 a	8,15 b	2,89 a	14,16 a
T8 - Ervilhaca s/ gesso	6,1 b	19,20 a	0,36 a	6,30 a	3,51 b	13,43 a
T9 - Nabo/aveia c/ gesso	6,6 b	36,13 b	0,26 a	9,36 b	3,64 b	15,80 b
T10 - Nabo/aveia s/ gesso	6,1 b	22,26 a	0,29 a	6,35 a	3,52 b	13,36 a
T11 - Ervilhaca/aveia c/ gesso	6,4 b	28,36 b	0,32 a	7,64 b	2,52 a	13,16 a
T12 - Ervilhaca/aveia s/ gesso	6,0 a	29,63 b	0,33 a	5,93 a	3,24 a	12,90 a
T13 - Pousio c/ gesso	5,9 a	30,90 b	0,27 a	7,67 b	2,48 a	13,46 a
T14 - Pousio s/ gesso	5,7 a	25,07 a	0,31 a	5,80 a	3,17 a	13,26 a
Média	6,16	29,42	0,33	7,47	3,31	14,25
CV%	3,95	23,41	33,21	9,45	11,33	4,60

Fonte: O autor (2022)

O teor de fósforo (P) na camada de 0 a 10 cm, nos tratamentos 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 11, 12 e 13 apresentaram aumento significativo variando de 40% e alguns tratamentos chegando a 100% comparado com os valores obtidos nas análises de solo anteriores que eram de 20,1 mg/dm³, já os tratamentos 4, 8, 10 e 14 continuaram com os valores relativamente próximos as primeiras análises.

O potássio (K), somente no tratamento 6 aumentou em 33% comparado ao resultado anterior que era de 0,46 cmolc/dm³, que é considerado um valor muito alto no manual de adubação e calagem para o estado do Paraná, todos os outros tratamentos sofreram decréscimo em seus teores que variaram de 20% a 50% principalmente os tratamentos onde se utilizou o gesso agrícola.

Com o cálcio (Ca) os tratamentos onde utilizou-se gesso 1, 3, 5, 7, 9, 11, e 13 tiveram um acréscimo de 17% a 43% em seus teores, comparado com os valores obtidos nas análises anteriores que era de 6,52 cmolc/dm³, onde os demais tratamentos 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 os quais não foram submetidos a gessagem continuaram com valores próximos a análise anterior.

Para o magnésio (Mg) os tratamentos 1, 3, 11, 12, 13 e 14 sofreram um decréscimo de 20 a 33%, e os tratamentos 5, 6, 8, 9 e 10 não apresentaram resultados significativos em relação as análises anteriores, os tratamentos 2 e 4 tiveram um aumento de mais de 10% comparado com os resultados anteriores que eram de 3,69 cmolc/dm³.

Na CTC os tratamentos 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14 sofreram um decréscimo de até 15% em relação a resultados anteriores, 1, 2, 3, 4, 5 e 9 não sofreram alterações significantes comparados a CTC anterior que era de 15,3 cmolc/dm³, alumínio (Al) e % Al (CTC efetiva) foram avaliados na camada de 0 a 10 cm mais permaneceram nulos portanto não foram acrescentados na tabela 2.

A tabela 3 apresenta os resultados dos parâmetros na camada de 10 a 20 cm de profundidade, pode se observar para pH que somente nos tratamentos 5, 7, 9 e 11 se diferenciaram estatisticamente dos demais e em comparação ao resultado anterior que era de 4,8 todos apresentaram um aumento que variou de 5 a 15%. Para P os tratamentos 7, 9, 11 e 13 foram os que tiveram aumento relevante em comparação aos resultados anteriores que era de 4,9 mg/dm³, os demais tratamentos continuaram com valores próximos aos anteriores onde alguns tiveram redução em seus teores. Para K, não houveram diferenças estatísticas entre os tratamentos, mais em relação a resultados anteriores que eram de 0,12 Cmolc/dm³, os tratamentos 2, 6 e 13 obtiveram um aumento.

Tabela 3. Teores de nutrientes e parâmetros físico-químicos presentes na camada de solo de 10 a 20 cm, em diferentes tratamentos de cobertura vegetal e aplicação ou não de gesso na fazenda Limeira em Pinhão, PR – 2022.

Tratamentos	pH	P	K	Ca	Mg	CTC	Al	% Al (CTC ef.)
T1 - Milheto c/ gesso	5,3 a	5,23 a	0,15 a	4,45 b	2,44 b	11,60 b	0 a	0 a
T2 - Milheto s/ gesso	5,1 a	4,53 a	0,18 a	3,84 a	2,28 a	11,16 a	0,01 b	0,13 a
T3 - Centeio c/ gesso	5,4 a	4,76 a	0,12 a	4,89 b	2,59 b	12,10 b	0 a	0 a
T4 - Centeio s/ gesso	5,3 a	4,46 a	0,12 a	4,51 b	2,75 b	12 b	0 a	0 a
T5 - Nabo f. c/ gesso	5,5 b	5,30 a	0,11 a	3,82 a	2,21 a	10,70 a	0 a	0 a
T6 - Nabo f. s/ gesso	5,1 a	6,26 a	0,28 a	3,45 a	2,09 a	10,86 a	0 a	0 a
T7 - Ervilhaca c/ gesso	5,6 b	7,80 b	0,15 a	5,06 b	2,64 b	11,80 b	0 a	0 a
T8 - Ervilhaca s/ gesso	5,3 a	3,96 a	0,14 a	3,66 a	2,19 a	10,66 a	0,01 b	0,33 a
T9 - Nabo/aveia c/ gesso	5,8 b	10,23 b	0,11 a	5,74 b	3,03 b	12,83 b	0 a	0 a
T10 - Nabo/aveia s/ gesso	5,4 a	5,50 a	0,12 a	3,60 a	2,18 a	10,56 a	0 a	0 a
T11 - Ervilhaca/aveia c/ gesso	5,8 b	7,03 b	0,13 a	4,88 b	2,32 a	11,26 b	0 a	0 a
T12 - Ervilhaca/aveia s/ gesso	5,3 a	5,66 a	0,12 a	3,52 a	2,10 a	10,50 a	0 a	0 a
T13 - Pousio c/ gesso	5,5 a	8,83 b	0,22 a	4,12 b	1,98 a	10,83 a	0 a	0 a
T14 - Pousio s/ gesso	5,0 a	4,60 a	0,16 a	2,93 a	1,79 a	10,03 a	0,02 a	0,30 a
Média	5,4	6,01	0,15	4,18	2,33	11,20	0,004 a	0,05
CV%	3,99	29,06	42,88	13,16	11,52	4,55	283,72	350,80

Fonte: O autor (2022)

Para Ca, os tratamentos 1, 3, 4, 7, 9, 11 e 13 se diferenciaram estatisticamente, com um aumento acima de 15% comparado a resultados anteriores que eram de 3,55 cmolc/dm³, os demais tratamentos se mantiveram com valores próximos, mais no T14 ocorreu um decréscimo de 18%. No Mg, os tratamentos 1, 3, 4, 7 e 9 se diferenciaram estatisticamente em relação aos demais tratamentos e também com os resultados anteriores que eram de 2,20 cmolc/dm³, com um aumento de 10 a 38%, os demais tratamentos se manteve com valores próximos exceto os tratamentos 13 e 14 que seus teores decresceram até 20% em comparação ao resultados anteriores.

Para a CTC nessa profundidade, os tratamentos 1, 3, 4, 7, 9 e 11 foram os que apresentaram melhores resultados, em relação a resultados anteriores que era de 12 cmolc/dm³ somente o T9 obteve um aumento de 7%, os demais tratamentos decresceram até 15% comparados com valores anteriores.

Na tabela 4 pode ser observado que para o pH os tratamentos não se diferenciaram entre eles, os tratamentos 9,11 e 13 tiveram aumento de até 12% em relação a resultados anteriores que era e 4,7. Para P somente o T13 se destacou em relação aos demais tratamentos e ao resultado anterior onde o teor era de 1,7 mg/dm³, mais no geral todos os tratamentos apresentaram aumento, os que mais se destacaram foram os tratamentos 11 e 13. Para K o tratamento que destacou estatisticamente em relação aos demais e também ao resultado anterior que era 0,13 cmolc/dm³ foi o T13 com um aumento de mais de 25%, os demais tratamentos apresentaram um decréscimo de que variou de 20 a 60% em relação ao resultado anterior.

Tabela 4. Teores de nutrientes e parâmetros físico-químicos presentes na camada de solo de 20 a 40 cm, em diferentes tratamentos de cobertura vegetal e aplicação ou não de gesso na fazenda Limeira em Pinhão, PR – 2022.

Tratamentos	pH	PF	K	Ca	Mg	CTC	Al	% Al (CTC ef.)
T1 - Milheto c/ gesso	4,8 a	1,93 a	0,07 a	2,08 b	1,56 b	8,83 b	0,06 a	1,53 a
T2 - Milheto s/ gesso	4,8 a	2,06 a	0,08 a	2,09 b	1,51 b	8,73 b	0,07 a	1,76 a
T3 - Centeio c/ gesso	4,8 a	2,30 a	0,06 a	2,43 b	1,77 b	9,59 b	0,11 a	2,63 a
T4 - Centeio s/ gesso	4,9 a	2,06 a	0,07 a	2,34 b	1,79 b	9,16 b	0,05 a	1,06 a
T5 - Nabo f. c/ gesso	4,8 a	2,70 a	0,06 a	1,71 a	1,28 a	8,33 a	0,13 a	4,26 a
T6 - Nabo f. s/ gesso	4,7 a	2,06 a	0,11 a	1,61 a	1,20 a	8,33 a	0,10 a	3,33 a
T7 - Ervilhaca c/ gesso	5,0 a	2,43 a	0,07 a	2,10 b	1,60 b	8,60 a	0,06 a	2,00 a
T8 - Ervilhaca s/ gesso	4,8 a	2,00 a	0,06 a	1,88 a	1,46 a	8,50 a	0,09 a	2,96 a
T9 - Nabo/aveia c/ gesso	5,3 a	2,76 a	0,06 a	2,28 b	1,63 b	8,80 b	0,04 a	0,46 a
T10 - Nabo/aveia s/ gesso	4,6 a	2,23 a	0,05 a	1,50 a	1,15 a	8,00 a	0,15 a	5,73 a
T11 - Ervilhaca/aveia c/ gesso	5,2 a	3,15 a	0,07 a	2,70 b	1,83 b	9,20 b	0,01 a	0,06 a
T12 - Ervilhaca/aveia s/ gesso	4,9 a	2,53 a	0,07 a	1,63 a	1,22 a	8,20 a	0,11 a	4,03 a
T13 - Pousio c/ gesso	5,0 a	4,53 b	0,17 b	2,33 b	1,40 a	8,93 b	0,07 a	2,03 a
T14 - Pousio s/ gesso	4,8 a	2,13 a	0,07 a	1,54 a	1,42 a	8,06 a	0,13 a	4,46 a
Média	4,92	2,49	0,08	2,01	1,48	8,66	0,08	2,59
CV%	4,62	28,61	45,18	15,01	15,63	3,08	94,75	118,38

Fonte: O autor (2022)

Para Ca, os tratamentos 1, 2, 3, 4, 7, 9, 11 e 13 foram os que se destacaram em relação aos demais e também ao resultado anterior que era de 1,58 cmolc/dm³ com um aumento que variou de 30 a 70%, os demais tratamentos permaneceram com valores próximos ao resultado anterior. Para teores de Mg, os tratamentos 1, 2, 3, 4, 7, 9 e 11 foram diferentes estatisticamente e também apresentaram aumento que variou de 40 a 70% em relação ao resultado anterior que era de 1,08 cmolc/dm³ os demais tratamentos também obtiveram um aumento em relação ao resultado anterior que variou de 5 a 35%.

Na CTC os tratamentos 1, 2, 3, 4, 9, 11 e 13 foram os que mais se destacaram estatisticamente em relação aos demais, mais em relação ao resultado anterior 9,35 cmolc/dm³ nenhum obteve um valor relevante onde alguns sofreram um decréscimo de até 15%. Em Al e % Al na CTC efetiva os tratamentos não se diferenciam estatisticamente entre si, mais todos apresentam redução em seus teores comparados com a análise anterior. A presença de Al nessa camada é devido ao baixo teor de Ca < 3,0 em todos os tratamentos e o baixo pH < 5,6.

Segundo Dalla Nora e Amado (2013), o calcário aplicado na superfície tem facilidade de corrigir a acidez na superfície, mais a sua baixa solubilidade não tem uma mesma eficiência na subsuperfície, dependendo muito do tipo de solo e qualidade do corretivo utilizado. Isso

pode restringir o desenvolvimento radicular das plantas e por consequência a redução da produtividade das culturas.

A acidez do solo é primordial na disponibilidade de nutrientes nas camadas mais profundas para as plantas, por mais que o gesso agrícola não altere pH e seu uso não tenha essa finalidade, sua solubilidade no solo é de 150 vezes maior em comparação ao calcário (Caires *et al.*, 2011).

O gesso agrícola na camada de 0-10 cm elevou os teores de Ca, diminuiu Mg e K, sendo que o objetivo era esse. Além de aumentar a disponibilidade de enxofre, ele proporciona um aumento do teor de Ca, Mg e K nas camadas subsuperficiais do solo reduzindo a atividade Al^{3+} tóxico (Caires *et al.*, 2011^a; 2011b; Rampim *et al.*, 2011; Dalla Nora e Amado, 2013).

Mesmo sem estar relacionado a alteração do pH, o gesso agrícola possui uma alta solubilidade, é um condicionador de solo favorecendo a um crescimento e desenvolvimento radicular das plantas, distribuindo-as raízes em camadas mais profundas resultando em uma maior absorção de água e nutrientes do solo, resultando em uma maior produtividade e um menor estresse em anos atípicos (Souza *et al.* 2005; Seixas *et al.* 2020).

Para o aumento no teor de P na camada de 0 a 10 cm, ocorreu devido sua baixa mobilidade no solo e o acréscimo da adubação utilizada na cevada. Segundo Fontoura *et al.* (2012) a relatos de aumento de teor de fósforo na camada de 0 a 10cm após a aplicação de gesso agrícola devido a possíveis utilizações de P (0,5 a 0,8% de P_2O_5) como impurezas no gesso utilizado.

Segundo Nunes *et al.* (2008), a distribuição do P no perfil do solo pode ser influenciada pelo tipo de solo, sistema de cultivo, tipo de manejo de adubação fosfatada, além de diversos outros fatores que influenciam a ampliação ou redução da disponibilidade de P ao longo de seu perfil. No entanto para cultivos anuais o fósforo encontra-se limitado na camada de 0-20 cm independente do manejo adotado isso afetara profundamente a distribuição do mesmo.

Favaretto *et al.* (2008), relatam em estudos que a aplicação de gesso agrícola ao solo de cultivo de milho diminuiu a lixiviação de fósforo e potássio e aumenta a concentração de cálcio. No entanto os estudos ainda são escassos sobre efeitos nas propriedades químicas do solo.

Para Ernani *et al.* (2007) o potássio é pouco adsorvido (retido) nos colóides do solo por apresentar apenas uma carga de valência (K^+). Conforme Rajj (2011) solos que apresenta baixa CTC (capacidade troca catiônica) e bem drenados tendem a perder mais potássio por lixiviação.

A CTC do solo tem papel fundamental, quanto maior a CTC (cargas negativas presentes no solo) maior será a quantidade de elementos adsorvidos nos colóides do solo,

esse aumento da CTC ocorre devido ao aumento do pH, esse aumento do pH retém Ca e Mg nas cargas elétricas diminuindo assim a mobilidade vertical desses nutrientes. Segundo Ernani (2016) o gesso não gera carga elétrica diretamente em suas reações de dissolução deixando assim que o Ca migre para as subcamadas do solo, que por sua vez eleva a saturação por bases e diminui a saturação por Al.

Para Dalla Nora e Amado (2013), inicialmente no sistema de plantio direto (SPD) deve-se realizar a correção da fertilidade e acidez do solo no estabelecimento do sistema em pelo mesmo 20 cm de profundidade. Caso contrário a aplicação de fertilizantes e corretivos de acidez em superfície sem a incorporação acaba ocorrendo a estratificação dos nutrientes no perfil do solo, onde a uma alta fertilidade na camada de 0 a 10 cm e nas camadas de 10 a 20 cm e 20 a 40 cm uma baixa fertilidade, apresentando acidez elevada devido ao baixo pH, presença de Al, baixos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Na camada de 20 a 40 todos os tratamentos apresentam pH baixo, teor de Ca baixo, e em consequência presença de Al. Uma alternativa seria revolvimento do solo para incorporação de nutrientes e corretivos nas subsuperfícies do solo, aí então empregar o SPD novamente. Segundo Fontoura et al. (2019), apesar do SPD apresentar inúmeros benefícios devido ao não revolvimento do solo, se a realização do manejo não for correta pode ocorrer a elevação da acidez em profundidade assim afetando o desenvolvimento radicular devido a presença de alumínio tóxico.

De acordo com Bortoluzzi et al. (2014), a prática de gessagem no solo vem sendo bastante discutida desde a implantação do (SPD), devido a correção da acidez do solo ser apenas nas camadas superficiais, onde favorece o desenvolvimento radicular apenas nessa região. O Ca é absorvido especificamente pela coifa da raiz, e devido a correção acontecer na superfície esse nutriente demora ser lixiviado para as camadas mais profundas (PAULETTI et al., 2014).

Para Souza et al. (2016) o SPD altera a dinâmica de nutrientes, caracterizado pela baixa mobilidade no solo a camada mais superficial concentra uma maior disponibilidade de nutrientes devido a aplicação de fertilizantes e calagem sem incorporação e acúmulo de matéria orgânica. Com isso pode ocorrer uma carencia de nutrientes, podendo prejudicar o desenvolvimento radicular e em consequência o desenvolvimento da planta como um todo.

Nas camadas subsuperficiais (20 a 40 cm) o gesso agrícola não teve influência devido ao curto tempo de avaliação, o teor de Ca sendo $< 3,0$, o pH do solo sofreu uma queda direta, a presença de Al^{3+} é nítida. Alcântara et al. (2014), afirma que a aplicação do gesso fornece Ca em profundidade estimulando o crescimento das raízes permitindo uma maior absorção de outros nutrientes.

Para Burcher et al. (2018), a mobilidade de nutrientes esta restrita ao solo, o desenvolvimento das raízes é essencial, por que o sistema radicular é quem vai determinar a capacidade de exploração e absorção de nutrientes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Tratamentos 7, 9 e 11 ambos onde se utilizou ao menos uma cobertura com o sistema radicular pivotante o gesso agrícola teve maior facilidade em lixiviar os nutrientes (Ca, Mg, P e K) presentes na camada 0 a 10 cm para 10 a 20 cm, isso ocorreu devido esse sistema de raiz ter maior facilidade em explorar camadas mais profundas do solo. Na camada de 20 a 40 cm não houve aumento nos teores de nutrientes, devido ao pouco tempo entre as avaliações.
- A deficiência de nutrientes nas camadas de 10 a 20 cm e 20 a 40 cm pode ser caracterizada pelo mal manejo na pré implantação do SPD, mas pode estar ligada a inúmeras outras coisas, como: falta de manejo adequado após a implantação do SPD, compactação do solo, falta de rotação de culturas, falta de M.O e o tipo de solo.

5 REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, J. et al. Influência da aplicação de calcário e gesso na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill). **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 18, p.1980-1988, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/WLPMFvd3HzJ3bQ6HRshKxyk/?lang=pt> . Acesso em 31 out. 2022.

BARCELOS, K. (org.). Matopiba: **perspectivas sobre a sustentabilidade da soja**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio Editorial, 2021. cap. 3, p. 75-77. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1135504> . Acesso em 05 set. 2022.

BORTOLUZZI, E. C. et al. Soybean root growth and crop yield in response to liming at the beginning of a no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 38, p. 262-271, 2014. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/2480/EFETIVIDADE_DO_GESSO_AGR_COLA_NO_APROVEITAMENTO_DE_F_SFORO_E_NA_RESISTENCIA_RESTRI_O_HDRICA_PELA_CULTURA_DA_SOJA_16177245779844_2480.pdf . Acesso em 31 out. 2022.

BUCHER, C. P. C.; ARAUJO, A. P.; SPERANDIO, M. V. L. Fósforo. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa: SBCS, p. 401-428, 2018. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/2480/EFETIVIDADE_DO_GESSO_AGR_COLA_NO_APROVEITAMENTO_DE_F_SFORO_E_NA_RESISTENCIA_RESTRI_O_HDRICA_PELA_CULTURA_DA_SOJA_16177245779844_2480.pdf . Acesso em 31 out. 2022.

BRANDÃO, Débora S.; SILVEROL, Aline C.; SEVERO, Fabiane F.; et al. **Química e Fertilidade do Solo**: Grupo A, 2021. E-book. 9786556901763. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556901763/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S.; VIEGAS, I. de J. M. (Ed.). Recomendações de calagem e adubação para o estado do Pará: **Uso de gesso na agricultura**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 11, p. 133-145. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1127247> . Acesso em 21 set. 2022.

Caires, E.F.; Maschietto, E.H.G.; Garbui, F.J.; Churka, S.; Joris, H.A.W. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. Sci. Agric. 68:209- 16. 2011b. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/R8zjSNrXnNtMr8hXVkdZRNd/?format=pdf&lang=en> . Acesso em 01 nov. 2022.

Dalla Nora, D.; Amado, T.J.C. Improvement in Chemical Attributes of Oxisol Subsoil and Crop Yields under No-Till. Agron. J. 105: 1393. 2013. Disponível em: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2013.0031> . Acesso em 01 nov. 2022.

ERNANI, P. R. et al. **Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 393-402, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/R5xzTFSvMXmkCNtdnzFVd7k/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em 31 out. 2022.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages, 2016, 254p. Disponível em: <https://paulorobertoernani.files.wordpress.com/2016/10/capa-final-abril-2016-3.pdf>. Acesso 31 out. 2022.

FAVARETTO, N.; NORTON, L. D.; BROUDER, S. M.; JOERN, B. C. Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium effects on plant nutrition under conditions of intensive nutrient extraction. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 173, n. 2, p. 108- 118, 2008. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76724/1/semina.pdf> . Acesso em 31 out. 2022.

FEBRAPDP - **FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA**. Área de sistema plantio direto [internet]. Foz do Iguaçu, PR: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2018. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/download/34024evolucao-do-sistema-plantio-dibeto-1972a2018-jpg.jpg> . Acesso em 05 set. 2022

fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 113-162. ISBN: 978-65-86383-01-0. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9786586383010.0006> Acesso em 06 set. 2022.

FONTOURA, S. M. V. et al. **Calcário e gesso: Efeito na produtividade de culturas e na melhoria química do solo em plantio direto no Centro Sul do Paraná**: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2012. 62 p. (Boletim Técnico) Acesso em 31 out 2022.

FONTOURA, S. M. V. et al. Effect of gypsum rates and lime with different reactivity on soil acidity and crop grain yields in a subtropical Oxisol under no-tillage. Soil and Tillage Research. v. 193, p. 27-41, 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002956965> . Acesso em 31 out. 2022.

Murilo Rodrigues de Arruda... [et al.]. **Amostragem e cuidados na coleta de solo para fins de fertilidade**— Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2014. 18 p. – (Documentos / Embrapa Amazônia Ocidental, ISSN 1517-3135; 115). Disponível em: <http://www.sapc>.

embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/Amazonia_Ocidental_Coleta_para_Fertilidade_do_Solo.pdf . Acesso em 28 ago. 2022.

NUNES, R.S; SOUSA, D.M.G.; GOEDERT, W.J.; SOARES, J.R.R. **Impacto dos Sistemas de Plantio Direto e Preparo Convencional nas Interações entre Matéria Orgânica e Fertilidade do Solo**. IX Simpósio Nacional do Cerrado/II SIMPÓSIO Internacional Savanas Tropicais, Brasília. 6p, 2008, CD ROM. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/5915/1/2010_RafaeldeSouzaNunes.pdf . Acesso em 31 out 2022.

Pablo Ricardo Nitsche... [et al.]. **Atlas climático do estado do Paraná** [recurso eletrônico] / – Londrina (PR): **IAPAR**. Instituto Agrônomo do Paraná, 2019. 210 p. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico> . Acesso em 11 ago.2022.

PAULETTI, V. et al. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 495-505, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/w6NzxQcRXdhpVNgwnBbrq5B/abstract/?lang=pt> . Acesso em 31 out. 2022.

PIAS, Osmar H. C. **Manejo da acidez do solo e adubação sulfatada no sistema plantio direto**. 2020. 144f. Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo Porto Alegre, BR-RS, Abril de 2020. Disponível em: https://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/tese_osmarhcpias.pdf Acesso em 06 set. 2022.

Prezotti, Luiz Carlos. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar** / Luiz Carlos Prezotti; André Guarçoni M. – Vitória, ES: Incaper, 2013. 104 p. Disponível em: <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf> . Acesso em 16 ago. 2022.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/R5xzTFSvMXmkCNtdnzFVd7k/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em 31 out. 2022.

Rampim, L.; Lana, M.C.; Frandoloso, J.F.; Fontaniva, S. **Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso agrícola em sistema semeadura direta**. Rev. Bras. Ci. Solo. 35:1687-1698. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/WLPMFvd3HzJ3bQ6HRshKxyk/?lang=pt> . Acesso em 01 nov. 2022.

SEIXAS, C. D. S. et al. TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA. Embrapa, Sistemas de Produção, n. 17, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1123928/1/SP-17-2020-online-1.pdf> . Acesso em 31 out. 2022.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos do cerrado**. 2. ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 19 p. (Embrapa Cerrados. Circular técnica, 32). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/218403/1/LV-RecomendacaoSolo-2020-135-147.pdf> . Acesso em 15 ago.2022.

SOUZA, L. C. F. et al. The effects of crop rotation systems on maize agronomic traits under no-tillage in optimal and dry cropping seasons. African Journal of Agricultural Research, v. 11, p. 2369-2377, 2016. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/2480/EFETIVIDADE_DO_GESSO_AGRICOLA_NO_APROVEITAMENTO_DE_FOSFORO_E_NA_RESISTENCIA_RESTRIÇÃO_HIDRICA_PELA_CULTURA_DA_SOJA_16177245779844_2480.pdf . Acesso em 31 out. 2022.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M.A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. Biometrics, Washington, v. 30, p. 507-512, Sept. 1974. Disponível em: <https://www.scielo.br/i/brag/a/qyfhKgsyYFbtdVmVqVyFMPM/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em 05 out. 2022.