

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO

MAURICI ANTONIO DE MOURA

**EFEITO DO CARBONATO DE CÁLCIO DE ALTO PRNT NA FÍSICA
DO SOLO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

DOIS VIZINHOS

2016

MAURICI ANTONIO DE MOURA

**EFEITO DO CARBONATO DE CÁLCIO DE ALTO PRNT NA FÍSICA
DO SOLO**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo da Fertilidade do Solo, com ênfase em agricultura de precisão aplicada ao manejo da fertilidade do solo.

Orientador: Prof. Dr. André Pellegrini.

Dois Vizinhos

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Coordenação de Agronomia
Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia n° 024

Efeito do carbonato de cálcio de alto PRNT na física do solo

por

Maurici Antonio de Moura

Monografia apresentada às 11:00 horas do dia 23 de dezembro de 2016 como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manejo da Fertilidade do Solo, com Ênfase em Agricultura de Precisão Aplicada ao Manejo da Fertilidade do Solo, Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Examinadora:

Renato Marchesan

Carlos Alberto Casali

André Pellegrini
Orientador

Prof. Dr Carlos Alberto Casali
Coordenador do Curso

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo.

Dedico este trabalho a minha família, esposa, meus filhos Fabiana dos Santos Moura e Mateus dos Santos Moura, que me fortalecem na continuidade e conclusão dos objetivos, pois eles serão o meu futuro.

AGRADECIMENTOS

Aos professores do Curso de Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo, *Campus Dois Vizinhos*, pelo profissionalismo e competência no exercício do ensinamento.

Ao Orientador Professor Dr. André Pellegrini, por sua gentileza e profissionalismo em todo este tempo de orientação.

Agradeço a minha esposa Rosemari dos Santos Moura, que acima de qualquer circunstância sempre me apoiando, me fortalecendo e incentivando para não desistir do objetivo de conclusão dos estudos, pois estes somente serão alcançados a partir da determinação de nos colocamos a disposição da sua realização.

RESUMO

MOURA, Maurici Antonio de. **Efeito do carbonato de cálcio de alto PRNT na física do solo**. 2016. 26f. Monografia (Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo) – Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da aplicação de carbonato de cálcio (CaCO_3) de alto PRNT granulado sobre os atributos físicos do solo e sobre a produção de matéria seca (MS) da cultura de aveia preta em sistema de plantio direto (SPD) em um solo Nitossolo Vermelho Distroférico com 49,5% de argila. Foi utilizado um CaCO_3 de alto PN e PRNT originário de Pains - MG granulado, aplicado na linha de plantio na da cultura de aveia preta em SPD. A dose aplicada foi de 570 kg/ha de CaCO_3 , correspondente a 31% da dose ideal para corrigir o Ca na CTC para 55%. Para as avaliações de matéria seca sobre o solo, foram feitas 3 coletas por parcela, totalizando 6 amostras com tratamento e 6 amostras sem tratamento. Para as análises física, foram coletadas 3 amostras de cada profundidade, ou seja de 00-05 cm, 05-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm e 20-25 cm, em cada repetição nas parcelas com tratamento e coletando da mesma forma nas parcelas testemunha, totalizando 60 amostras. O resultado de matéria seca (MS) proporcionou um aumento de 30,8% a mais em relação as parcelas não tratadas. Já o resultado de densidade do solo foi menos significante, porém mesmo assim com apenas 130 dias da aplicação nas parcelas tratadas, melhorou a porosidade total em cerca de 2,2%, os macroporos aumentaram em torno de 11%, e a densidade do solo melhorou cerca de 3,3% a favor do tratamento, portanto resultado significativo em tão pouco tempo.

Palavras-chave: Densidade do solo. Porosidade do solo. Déficit hídrico. Cálcio na CTC.

ABSTRACT

MOURA, Maurici Antonio de. **Effect of high PRNT calcium carbonate on soil physics**. 2016. 26f. Monografia (Especialização em Manejo da Fertilidade do Solo) – Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

The objective of this work was to evaluate the effect of the application of calcium carbonate (CaCO_3) of high PRNT granulated on the physical attributes of the soil and on the dry matter (DM) production of black oats in no - tillage system (SPD) In a Red Dystrophic Nitosol soil with 49.5% clay. A high PN and PRNT CaCO_3 originated from Pains - MG granulated was used, applied in the planting line in the black oat crop in SPD. The applied dose was 570 kg / ha of CaCO_3 , corresponding to 31% of the ideal dose to correct the Ca in the CTC to 55%. For soil dry matter evaluations, 3 samples were taken per plot, totaling 6 samples with treatment and 6 samples without treatment. For the physical analysis, 3 samples of each depth were collected, that is of 00-05 cm, 05-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm and 20-25 cm, in each replicate in the treatment plots and collecting In the same way in the control plots, totaling 60 samples. The dry matter (DM) result gave an increase of 30.8% more over the untreated plots. The soil density was less significant, however, with only 130 days of application in the treated plots, total porosity improved by 2.2%, macropores increased by around 11%, and soil density Improved by around 3.3% in favor of treatment, so a significant result in such a short time.

Palavras-chave: Soil density. Soil porosity. Deficit water. Calcium in CTC.

LISTA DE ABREVIATURAS

Al	Alumínio
Mg	Magnésio
N	Nitrogênio
K	Potássio
P	Fósforo
S	Enxofre
Mn	Manganês
Cu	Cobre
Mo	Molibdênio
F	Flúor
AIA	Ácido Indolético
PRNT	Poder Real de Neutralização do Total
SPD	Sistema Plantio Direto
CTC	Capacidade de Troca de Cátions

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Análise química e textura do solo coletadas antes do tratamento (15/04/16) e depois do tratamento (25/08/16).....	16
Tabela 2	- Características do produto CaCO ₃ avaliado - FORT Cálcio.....	17
Tabela 3	- Análise estatística de matéria seca (MS) da aveia preta	20
Tabela 4	- Resultados por porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo	21
Tabela 5	- Análise estatística de porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo.....	22

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	5
1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Manejo de solo.....	11
2.2 Carbonato de cálcio (CaCO_3) de alto PN e PRNT.....	12
2.3 Matéria seca no solo (MS).....	13
2.3 Densidade do solo (DS).....	13
2.4 Funções do cálcio no solo e na planta.....	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 Localização da área de estudo.....	15
3.2 Descrição do método.....	16
3.3 Análise estatística.....	19
4 RESULTADOS	20
4.1 Caracterização da cobertura do solo – Matéria Seca.....	20
4.2 Caracterização física do solo – densidade e porosidade	20
5 CONCLUSÃO	23
6 REFERÊNCIAS	24
7 ANEXO	26

1 INTRODUÇÃO

Dentre todos os nutrientes, o cálcio geralmente encontra-se em baixa concentração nos solos ácidos, que são típicos do território brasileiro. Tal nutriente participa nas funções estruturais, osmóticas e de mensageiro citoplasmático (MARSCHENER, 1995; WHITE, 1998). Possivelmente a relação mais discutida e conhecida do ponto de vista agrônomo é a relação cálcio e magnésio (Ca:Mg). Ela é importante por haver uma competição entre cálcio e magnésio pelos sítios de adsorção no solo (MOREIRA *et al.*, 1999), o que pode afetar o desenvolvimento das plantas. Yadare e Girdhar (1981) citam que o cálcio apresenta maior preferência em relação ao magnésio no complexo de troca do solo. O cálcio é um elemento importante para a estabilização da matéria orgânica do solo e dos agregados, através de seu papel na formação de complexos com a argila e a matéria orgânica pela ponte catiônica (BRONICK; LAL, 2005).

De acordo com Giracca e Nunes (2016) os efeitos indiretos do cálcio são tão importantes quanto o seu papel como nutriente. Por sua vez o cálcio promove a redução da acidez do solo, melhora o crescimento das raízes, aumento da atividade microbiana, aumento da disponibilidade de molibdênio (Mo) e de outros nutrientes. Além disso, o cálcio reduz a acidez do solo, diminui a toxidez do alumínio (Al), cobre (Cu) e manganês (Mn). Plantas que apresentam altos teores de cálcio resistem melhor à toxidez destes elementos.

Tem se observado que as informações sobre manejo da adubação, considerando a utilização de corretivos e fertilizantes e seu efeito na fertilidade do solo e na nutrição mineral, estão bem consolidadas e já dispõem de resultados práticos para os agricultores. No entanto, nota-se que a tecnologia de aplicação dos corretivos e fertilizantes, um dos fatores determinantes para o aumento da eficiência no fornecimento de nutrientes para o sistema solo-planta, muitas vezes não recebe a devida atenção por parte do produtor rural (LUZ *et al.*, 2010).

Neste sentido, busca-se através da presente pesquisa avaliar o efeito da aplicação de CaCO_3 de alto PN, alto PRNT granulado sobre os atributos físicos do solo e produção de matéria seca sobre o solo como cobertura morta para o sistema de plantio direto (SPD).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Visando atender aos objetivos proposto no estudo foram dados destaques aos seguintes temas: Manejo do solo, manejo do carbonato de cálcio com alto PN e PRNT com plantas de aveia preta, matéria seca sobre o solo, propriedades físicas do solo e funções do cálcio no solo e na planta, sendo que cada tema será discorrido individualmente, logo a seguir.

2.1 Manejo de solo

Na atividade agrícola trabalha-se com uma pequena porção do solo, a mais superficial, a qual é chamada de camada arável. O solo faz parte do meio ambiente e está ligado a todos os seus outros componentes, como a água, as plantas, os animais e o homem. Desta forma, tudo que acontece com o solo terá algum reflexo, positivo ou negativo, no ambiente do qual ele faz parte (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2013, s/p).

Uma das principais metas da pesquisa em manejo de solos é identificar e desenvolver sistemas de manejo de solo adaptados às condições edafoclimáticas, sociais e culturais (NEIS, 2009). No entendimento técnico, o sistema de manejo deve contribuir para a manutenção ou melhoria da qualidade do solo e do ambiente, bem como para a obtenção de adequadas produtividades das culturas a longo prazo.” Daí, surge necessidade do desenvolvimento de novas práticas de manejo, bem como adaptar as já existentes às condições da região buscando maior sustentabilidade” (NEIS, 2009, p. 21).

O manejo do solo consiste num conjunto de operações realizadas com objetivos de propiciar condições favoráveis à semeadura, ao desenvolvimento e à produção das plantas cultivadas, por tempo ilimitado. Para que esses objetivos sejam atingidos, é imprescindível a adoção de diversas práticas, dando-se prioridade ao uso do sistema plantio direto, visto que, envolve, simultaneamente, todas as boas

práticas conservacionistas. Alternativamente justificado, poderão ser utilizadas práticas racionais de preparo do solo (EMBRAPA, 2003).

O manejo do solo significa aplicar o conjunto de todas as práticas a um solo visando a produção agrícola. Abrange operações de cultivo, práticas culturais, práticas de correção e fertilização, entre outras (ALCÂNTARA; MADEIRA, 2008).

2.2 Carbonato de cálcio (CaCO_3) de alto PN e PRNT

A qualidade dos corretivos de acidez no Brasil poderia ser superior a que tem se apresentado se houvesse maior exigência do setor agrônomo. As compras, de uma maneira geral, são feitas pelo menor preço apenas: o critério de qualidade normalmente fica fora das negociações. Qualidade tem preço, mas tem retorno. Deve-se procurar avaliar bem a relação benefício e custo da qualidade. Para tanto, os conhecimentos sobre os atributos de qualidade dos corretivos e seus efeitos na produção agrícola são indispensáveis (ALCARDE, 2005).

As práticas da calagem e adubação assumem lugar de destaque, sendo responsáveis por, aproximadamente, 50% dos ganhos de produtividade das culturas, necessitando, de tal modo, serem feitas da forma mais eficiente possível (LOPES; GUILHERME, 2000, p. 7). Para que esse objetivo seja atingido, compete ao agricultor a aplicação de conceitos basilares “que envolvem a eficiência dos fertilizantes e corretivos agrícolas e o comportamento desses no sistema solo – planta – atmosfera, com o intuito de maximizar os retornos sobre os investimentos pelo uso desses insumos” (LOPES; GUILHERME, 2000, p. 7). Entretanto, o que se observa muitas vezes, talvez por falta de conhecimento, é que esses conceitos não são aplicados pelos agricultores, “levando, muitas vezes, a níveis extremamente baixos de eficiência dos fertilizantes e corretivos agrícolas aplicados” (LOPES; GUILHERME, 2000, p. 7).

2.3 Matéria seca no solo (MS)

A contribuição das espécies de cobertura do solo se reflete não só em termos de nutrição da cultura em sucessão, mas também na melhoria das condições físicas e biológicas do solo (CAZETTA *et al.*, 2005).

Derpsch *et al.* (1985), ao estudarem os efeitos de algumas espécies de plantas utilizadas como adubação verde ou cobertura do solo durante o inverno, chegaram a conclusão que a relação entre massa seca e massa verde (MS/MV) das gramíneas foi quase 2,5 vezes maior do que a das leguminosas. Também a associação de espécies gramíneas e leguminosas tem sido preconizada com o intuito de aumentar a quantidade e a qualidade de massa seca formada (FONTANELI; FREIRE JÚNIOR, 1991).

Efeitos benéficos da calagem no desenvolvimento das culturas são comprovados pela elevação do pH do solo, redução do teor de alumínio trocável, elevação dos teores de cálcio e magnésio disponíveis e aumento da disponibilidade de fósforo para as plantas (ANDREOTTI, 2001).

No que diz respeito a produção de matéria seca e de grãos, a calagem é uma prática em destaque nos trabalhos de Forestieri e De-Polli (1990) os quais concluíram que além do aumento da produção de grãos houve aumentos significativos dos teores de Ca e Mg na matéria seca de folhas e colmos de milho.

2.3 Densidade do solo (DS)

A capacidade do solo em promover ao sistema radicular condições físicas adequadas para o crescimento e desenvolvimento das plantas é denominada qualidade física do solo. A estrutura do solo pode ser alterada pelas práticas de manejo, influenciando a produtividade das culturas por meio das modificações na disponibilidade de água, na difusão de oxigênio e na resistência do solo à penetração das raízes (TORMENA *et al.*, 1998).

A quantificação e a compreensão do impacto dessas práticas sobre a qualidade física do solo são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (Dexter & Youngs, 1992). A relação entre a estrutura do solo e a

produtividade das culturas ainda é pouco compreendida, considerando as dificuldades em quantificar os vários atributos físicos do solo ligados à estrutura. A variabilidade espacial e temporal da estrutura é um dos fatores que dificultam essa quantificação (Dexter, 1988). As condições físicas do solo na zona radicular, as quais estão relacionadas com a estrutura do solo, são determinadas pela disponibilidade de água, pela aeração, pela temperatura e pela resistência que a matriz do solo oferece à penetração das raízes (Eavis, 1972; Letey, 1985; Hamblin, 1985; Boone et al., 1986). Os atributos físicos do solo diretamente relacionados com o crescimento das plantas são: a retenção de água, a aeração e a resistência à penetração das raízes (Letey, 1985).

A compactação do solo pelo uso de práticas inadequadas de manejo resulta diretamente em aumento na densidade do solo e, por conseqüência, em alterações detrimenais em outras propriedades físicas, tais como: a porosidade do solo, a retenção de água, a aeração e a resistência do solo à penetração das raízes (LETEY, 1985). Denardin & Kochhann (1997), dividiram a profundidade do solo explorada pelas plantas em uma camada arável pulverizada, superficial, e uma outra camada compactada, subsuperficial. Estas camadas subsuperficiais, quando sujeitas ao uso de máquinas cada vez maiores e pesadas para as operações de preparo do solo, podem levar as modificações na sua estrutura, agravando sua compactação, que poderá interferir na densidade do solo, na porosidade, na infiltração de água no solo e no desenvolvimento radicular das plantas e, conseqüentemente, na redução de seu crescimento e desenvolvimento (TAVARES FILHO et al., 2001).

A densidade do solo é um importante indicativo das condições de manejo do solo, pois esta propriedade reflete o arranjo das partículas do solo, que por sua vez define as características do sistema poroso. O aumento da densidade do solo restringe o crescimento radicular à medida que a raiz encontra poros menores e em menor número. E o estudo das transformações que ocorrem no solo, resultantes do uso e manejo, é de grande valia na escolha do sistema mais adequado para que se recupere a potencialidade do solo (FERNANDES, 1982).

2.4 Funções do cálcio no solo e na planta

O cálcio existe tanto na forma de cátion como parte insolúvel dos minerais do solo. As formas disponíveis Ca^{2+} são adsorvidas nos colóides do solo. Pela troca de cátions, elas passam para a solução do solo e depois são absorvidas pelas plantas (BRAGA, 2009).

As funções do cálcio nas plantas são: Divisão celular e parede celular; Melhora a nodulação na fixação biológica de N, pois está ligado ao encurvamento do pelo radicular, por meio da divisão celular juntamente com o ácido indolético (AIA) na parte superior do pelo, o que faz com que este se curve e facilite a infecção pelas bactérias fixadoras; Atua como mensageiro secundário na ativação da proteína calmodulina, a qual é também reguladora da concentração de Ca no interior da célula.

Já Fassbender (1984) relatou que a floculação depende da suscetibilidade do complexo de troca, das características da dupla camada difusa e dos cátions adsorvidos. Além da interferência da valência dos cátions na floculação do solo, a dupla camada difusa tem grande influência sobre os fenômenos de floculação e dispersão; a sua espessura é alterada pelas concentrações ou atividades iônicas na suspensão coloidal. Em ambientes de baixa concentração eletrolítica, a dupla camada difusa torna-se mais espessa, mantendo, dessa maneira, os colóides afastados e dispersos. O carbonato de cálcio tem efeito direto sobre o pH do solo; com a sua elevação, ocorre a redução da atividade iônica do alumínio e do ferro, alterando, assim, o comportamento da dupla camada difusa.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Localização da área de estudo

O experimento foi conduzido em área de lavoura comercial no Município de Cruzeiro do Iguaçu, (Figura 1), localizado na mesorregião do Sudoeste Paranaense, latitude 25°38'50,83"S, longitude 53°5'40,61"O e altitude em 528 metros em relação ao nível do mar, sendo o solo classificado tipo Nitossolo Vermelho Distroférico úmbrico (EMBRAPA, 2016). O histórico desta área foi a mais de 10 anos utilizada com plantio direto, porém a cada 2 anos ocorre a colheita de milho para silagem, a área foi escarificada, revolvendo o mínimo a cobertura do solo



Figura 1: Localização do experimento

Fonte: *Google EarthPró* (2015).

3.2 Descrição do método

Para análise química antes do tratamento, foram coletadas 10 subamostras ao acaso na parcela, não tendo ainda identificado onde seria feito o tratamento e onde seria a testemunha, nas profundidades de 00-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. E as coletas para análise química após o tratamento foram 2 subamostras por parcela tratada e também 2 subamostras por parcela testemunha, totalizando 4 subamostras por tratamento.

As análises químicas do solo, realizadas na área do experimento estão representados na Tabela 1, os dados sobre pH, saturação de Al, saturação do solo, SB, Ca, Mg, S, Ca na CTC, Mg na CTC e K na CTC. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Agronômicas Maravilha Ltda.

Tabela 1 – Análises química e textura do solo coletadas antes do tratamento (15/04/16) e depois do tratamento (25/08/16). Profundidade 00 -20 cm.

Parâmetros analisados	Unidade	Antes do tratamento	Após o tratamento	
			Testemunha	Tratado
pH CaCl ₂	-	4,30	4,50	4,85
Saturação Al ³⁺	%	21,14	14,62	3,65
Saturação V %	%	31,69	39,67	54,07
Soma de Bases	-	5,04	5,99	8,18
Ca	cmol _c .dm ⁻³	3,01	3,73	4,93
Mg	cmol _c .dm ⁻³	1,63	1,82	2,59
K	cmol _c .dm ⁻³	0,40	0,44	0,67
P	mg.dm ⁻³	13,71	18,63	29,07
S	mg.dm ⁻³	8,99	9,29	10,11
Ca na CTC	%	18,94	24,72	32,57
Mg na CTC	%	10,23	12,03	17,10
K na CTC	%	2,52	2,92	4,40

Argila	%	49,5
Silte	%	27,5
Areia	%	23,0

Foi utilizado para o experimento, o CaCO_3 com alto poder de neutralização (PN) e alto Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) originário do Município de Pains, Estado de Minas Gerais. As características do produto são apresentadas na tabela 2. Suas características físicas são classificadas até a peneira 325 mesh, ou seja 0,044 mm ficando apenas 25,28% retido nesta peneira e para facilitar sua aplicação o produto foi granulado de acordo com as especificações do Ministério da Agricultura; Aplicado na linha de plantio da cultura de aveia preta em SPD na dose de 570 kg/ha de CaCO_3 que correspondeu a 31% da dose ideal para corrigir o Ca na CTC para 55%; Porém para fazer essa dose foi considerado alguns aspectos como teor de CaO, PRNT, tipo de solo e resposta econômica da cultura a ser implantada subsequente ao tratamento. O fato é que vai ser feito outras aplicações nos próximos cultivos de inverno, até que o nível de cálcio chegue no ideal, isso deve acontecer em três aplicações.

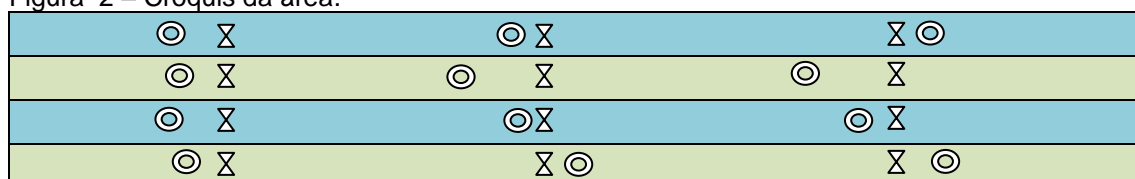
Tabela 2: Características do produto CaCO_3 avaliado - FORT Cálcio

Características	Unidades	Valores
Carbonato de Cálcio (CaCO_3)	g kg	> 950
Carbonato de Magnésio (MgCO_3)	g kg	< 50
Poder de Neutralização (PN)	%	> 98
Reatividade (RE)	%	> 99
Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT)	%	> 99
Retido na peneira 10 (2,000 mm)	%	0,00
Retido na peneira 20 (0,840 mm)	%	0,51
Retido na peneira 50 (0,297 mm)	%	1,10
Retido na peneira 100 (0,149 mm)	%	16,76
Retido na peneira 200 (0,074 mm)	%	19,47
Retido na peneira 325 (0,044 mm)	%	25,28

Para as avaliações de matéria seca sobre o solo, foi coletado após 30 dias da aplicação de herbicida para manejo químico da cultura de aveia preta e esta apresentar-se com a umidade no tecido em condição de campo. A coleta contou com 3 amostras por parcela, sendo um total de 6 amostras por tratamento, assim totalizando 12 amostras entre tratamentos. Após feito as pesagens para avaliar a matéria seca (MS) sobre o solo, foi lançados os resultados no *software* ASSISTAT.

As amostras para análises física foram coletadas em 3 locais de cada profundidade, ou seja de 00-05 cm, 05-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm e 20-25 cm e em cada repetição nas parcelas com tratamento e, coletando da mesma forma nas parcelas sem tratamento totalizando 60 amostras. As avaliações físicas do solo foram feitas pela coleta de amostras indeformadas, através de anéis metálicos de aproximadamente 3 cm de altura e 6 cm de diâmetro. Em cinco camadas de solo, nas profundidades médias de 0-5; 5-10; 10-15; 15-20 e 20-25 cm. Nestas amostras foram determinadas as seguintes propriedades físicas: densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, seguindo a metodologia proposta pela Embrapa (2011). Para estas determinações foram necessárias pesagens posterior: a saturação das amostras; aplicação de uma tensão de 60 cm de coluna d'água na mesa com areia; e finalizando com a secagem das amostras a 105 °C. Em cada tratamento foram feitas seis repetições, totalizando 60 amostras.

Figura 2 – Croquis da área.



- Parcelas com tratamento;
- Parcelas sem tratamento;
- X Locais de coleta das amostras para análises física do solo;
- ⊙ Locais de coleta das amostras para avaliações de matéria seca (MS).

3.3 Análise estatística

Para as análises estatísticas os dados obtidos foram submetidos ao software ASSISTAT, que tem as seguintes referências: Silva FAS, Azevedo CAV (2016). Versão 7.7. Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância e testados pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Nos casos em que foi verificada interação, realizou-se o teste de médias por Tukey a 5% de probabilidade, para os fatores qualitativos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização da cobertura do solo – Matéria Seca

A experimentação com o uso do CaCO_3 com alto PRNT e alto PN na dose de 570 kg/ha de CaCO_3 na linha de plantio na cultura de aveia preta em SPD, apresentou resultado de produção de MS significativo na nível de 1% de probabilidade, dando 30,8% a mais de produção de MS da parte aérea (Tabela 3). A maior proteção de cobertura morta sobre o solo diminui as perdas de água por evaporação, a compactação superficial pelo tráfego de máquinas e erosão do solo pelo impacto das gotas de chuvas e melhor ciclagem de nutrientes no solo.

Tabela 3 - Análise estatística de matéria seca (MS) da aveia preta.

Tratamentos	Médias dos tratamentos	CV	F
	(kg ha)	(%)	(estatística do teste f)
CaCO₃	5.950 a	6,91	44,71 **
Testemunha	4.550 b		

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

4.2 Caracterização física do solo – densidade e porosidades

A experimentação estratificada por profundidade mostrou que de 00 – 05 cm aumentou a porosidade total em 5,9% e os macroporos em 18,5% e diminui os microporos em 4,8% e a densidade do solo em 2,1%; Na profundidade de 15 – 20 cm aumentou a porosidade total em 2,3% e os macroporos em 9,4% e diminui os microporos em 3% e a densidade do solo em 4,7%; E na profundidade de 20 - 25 cm aumentou a porosidade total em 3,4% e os macroporos em 21,7 e diminui os microporos em 6,7% e a densidade do solo em 8,2%. Já na profundidade de 05 -10 cm e 10 – 15 cm, não houve melhora significativa com o uso do corretivo.

Os percentuais entre macroporos e microporos na profundidade de 00-05 cm com o CaCO_3 ficou em 21/79 contra a testemunha em 17/83; na profundidade de 05–10 cm com CaCO_3 em 14/86 contra a testemunha em 16/84; na profundidade de 10–15 cm com CaCO_3 em 19/81 contra a testemunha em 18/81 também; na profundidade de 15–20 cm com CaCO_3 em 24/76 contra a testemunha em 22/78 e na profundidade de 20–25 cm em 24/76 contra a testemunha 19/81. Sabe-se através da literatura que a melhor relação entre os macroporos e os microporos é 33/67 ou seja uma relação 1/3, portanto a experiência de manejo do solo com o CaCO_3 de alto PN e PRNT na cultura de aveia preta está melhorando a qualidade física do solo nas profundidades e 00-05, 15-20 e 20-25 cm 23/77 contra a testemunha com 19/81.

Tabela 4 - Resultados de porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo nas profundidades de 00-05 cm, 05-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm e 20-25 cm nas parcelas com tratamento e sem tratamento.

Profundidades	Porosidade Total		Macroporosidade		Microporosidade		Densidade do solo	
	Tratado	Não tratado	Tratado	Não tratado	Tratado	Não tratado	Tratado	Não tratado
 (cm^3/cm^3)(g/cm^3)	
00 - 05 cm	0,633	0,596	0,130	0,100	0,503	0,496	1,19	1,21
05 – 10 cm	0,586	0,595	0,082	0,094	0,504	0,501	1,17	1,19
10 – 15 cm	0,619	0,614	0,124	0,115	0,495	0,499	1,16	1,20
15 - 20 cm	0,629	0,614	0,150	0,132	0,479	0,481	1,19	1,26
20 – 25 cm	0,634	0,613	0,150	0,113	0,485	0,499	1,19	1,24

No experimento avaliado dos atributos físicos do solo na tabela 5 estão os resultados da análise estatística realizados integrando todas as profundidades. No tratamento com CaCO_3 com alto PRNT e alto PN na dose de 570 kg/ha de CaCO_3 na linha de plantio na cultura de aveia preta em SPD, melhorou percentualmente a porosidade total em cerca de 13,8%, já os macroporos para os microporos ficou o percentual de 20/80 contra a testemunha o percentual de 18/82, uma melhoria de 9,3% nos macroporos; considerando que a literatura fala do melhor percentual entre os macroporos e microporos é 33/67, ou seja uma relação de 1/3, o experimento é

positivo levando em consideração o pouco espaço de tempo avaliado. Já a densidade do solo melhorou cerca de 3,3% a favor do tratamento com CaCO_3 com alto PRNT e alto PN.

Tabela 5 - Análise estatística de porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo nas parcelas com tratamento e sem tratamento integrando as amostras entre as profundidades de 00 a 25 cm.

Tratamentos	Porosidade Total	Macroporosidade	Microporosidade	Densidade do solo
	(cm^3/cm^3)	(cm^3/cm^3)	(cm^3/cm^3)	(g/cm^3)
CaCO_3	0,653 a	0,151 a	0,501 a	1,18 b
Testemunha	0,597 b	0,102 b	0,494 b	1,22 a
CV (%)	7,3	28,0	7,1	5,7
F (estatística do teste f)	11,99 **	9,14 **	9,14 **	4,61*

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

5 CONCLUSÃO

Através do presente estudo foi possível concluir que o uso do produto a base de CaCO_3 de alta concentração, alto PN e alto PRNT, na dose de 570 kg/ha de CaCO_3 , mesmo a dose usada sendo parcial na proporção de 31% da dose necessária para corrigir o Ca na CTC para 55%, aumenta a produtividade da matéria seca na cultura de aveia preta em 30,8%, melhorando significativamente a proteção do solo contra a erosão, compactação e outras características do SPD.

Nos atributos de física do solo, a densidade do solo diminuiu quando usou-se o CaCO_3 na dose acima descrita, em 3,3% em relação a testemunha e a macroporosidade aumentou em 11% em relação a microporosidade, possibilitando assim uma melhora na taxa de infiltração mediante a altas precipitações em curto espaço de tempo e possibilitando o solo armazenar um maior volume de água para posterior uso pelas plantas.

6 REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. **Corretivos da Acidez do Solo**. Características e Interpretações Técnicas (2005). ANDA Boletim Técnico nº 6 - Ítem VI
- ANDREOTTI, Marcelo; SOUZA, Euclides Caxambu Alexandrino de; CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa. Componentes morfológicos e produção de matéria seca de milho em função da aplicação de calcário e zinco. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 321-327, abr./jun. 2001.
- BRAGA, Gatão Ney Monte. **Os nutrientes das plantas (3) - Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S)**. (2009).
- CAMARGO, Mônica S. **A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente**. Pesquisa e Tecnologia (2012).
- CAZETTA, Amélio; FORNASIERI FILHO, Domingos; GIROTTO, Fabrizzio. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária Disney. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 27, n. 4, p. 575-580, Oct./Dec., 2005.
- DERPSCH, J.E. *et al.* Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.
- FONTANELI, R.S.; FREIRE JUNIOR, N. Avaliação de consorciação de aveia e azevém anual com leguminosas de estação fria. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 623-630, 1991.
- FORESTIERI, E. F.; DE-POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna preta num podzólico Vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.167-172, 1990.
- LOPES, A. S. GUILHERME, L. R. G. **Acidez do solo e calagem**. 3. ed. São Paulo, ANDA 1990. 22 p. (Boletim Técnico, 1).
- LOPES, A. S. GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos**. 3. ed. São Paulo, ANDA, 2000. (ANDA, Boletim Técnico, 4).
- LUZ, Pedro Henrique C. da *et al.* **Otimização da aplicação de corretivos agrícolas fertilizantes**. (2010).
- PAULETTI, Volnei. **Nutrição mineral nas plantas**. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

ZANDONÁ, Renan Ricardo. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical Goiânia**, v. 45, n. 2, p. 128-137, abr./jun. 2015.

ANEXO

ANEXO 1 – Fotos da cultura de aveia preta usada como melhor manejo para o inverno com o produto.

Esquerda: Sem tratamento

Direita: Com tratamento



Aveia Preta em estágio de perfilhamento



Aveia Preta em estágio de pleno perfilhamento