

# Atributos químicos de um solo sob o plantio de cebola em sistema convencional e em sistema de manejo agroecológico

Cleiton Junior Ribeiro Lazzari<sup>(1)</sup>; Jucinei José Comin<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Estudante de Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346 - Itacorubi, Florianópolis - SC, 88034-000, [cleitonlazzari@yahoo.com.br](mailto:cleitonlazzari@yahoo.com.br);

<sup>(2)</sup> Professor Titular, PGA/UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346 - Itacorubi, Florianópolis - SC, 88034-000.

## Resumo

Santa Catarina tem grande destaque na produção de cebola, sendo um dos principais estados produtores do Brasil. Entretanto o sistema utilizado para a produção da cebola, em sua grande maioria, não leva em conta o manejo sustentável do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos químicos do solo, em diferentes profundidades em um Cambissolo Húmico, cultivado com cebola em sistema de plantio convencional e sistema de manejo agroecológico, tendo como referência um solo de mata nativa adjacente, na região do Alto Vale do Itajaí (SC). O estudo foi realizado na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), no município de Ituporanga, região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina (SC). O solo foi coletado nas camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-40; 40-50 cm e determinou-se os atributos: pH, P, K, Ca, Mg, Al, COT, CTC<sub>efetiva</sub>, CTC<sub>pH7,0</sub>, saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V). Houve aumento nos valores de pH, P, K, Al, Ca, Mg, CTC<sub>efetiva</sub> e V nos solos com SMA quando comparados à área de mata e também aumento nos valores de pH, P, Al, Ca, Mg e V no SPC quando comparado à mata.

**Palavras-chaves:** Aumento de nutrientes, plantas de cobertura, sistemas de plantio.

## **Chemical attributes of a soil under the onion planting in conventional system and agro-ecological management system**

### **Abstract**

Santa Catarina is of great importance in the production of onions, one of the main producing states of Brazil. However the system used for the production of onion, for the most part, does not take into account sustainable soil management. The objective was to evaluate the soil chemical properties at different depths in a Humic cultivated with onions in conventional tillage system and agro-ecological management system, with reference to an adjacent native Forest soil, in the Alto Vale do Itajaí region (SC). The study was conducted at the Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) in the municipality of Ituporanga, region of Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina (SC). The soil was collected in layers of 0-2.5; 2.5-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-40; 40-50 cm and was determined attributes: pH, P, K, Ca, Mg, Al, TOC,  $CEC_{effective}$ ,  $CEC_{pH7,0}$ , aluminum saturation (m) and base saturation (V). There was an increase in pH, P, K, Al, Ca, Mg, and V  $CEC_{effective}$  in soils with SMA compared to Forest area and also an increase in pH, P, Al, Ca, Mg and V in the SPC when compared Forest area.

**Key words:** Increase of nutrients, cover crops, tillage systems.

### **1. Introdução**

A cultura da cebola em Santa Catarina é desenvolvida principalmente em sistema de plantio convencional (SPC) com frequente revolvimento do solo devido ao uso de implementos como grades e arados para nivelar e incorporar adubos ao solo (SOUZA et al., 2013). Este sistema causa degradação do solo através da erosão, perda na capacidade de retenção de água, desestruturação dos agregados e perda da diversidade biológica (macro e micro organismos), o que acarreta na diminuição da produtividade do solo (SCHELBAUER et al., 2009; PANACHUKI et al., 2011).

Uma das alternativas para minimizar os problemas de degradação é a utilização do sistema de manejo agroecológico (SMA). Este sistema preconiza o revolvimento restrito

(mínimo) e a proteção do solo, por meio da utilização de plantas de cobertura, reduzindo e impedindo a degradação do solo pela erosão, compactação e perda de água. Além disso promovem melhorias das características físicas, químicas e biológicas do solo ao longo do tempo. As plantas de cobertura promovem a ciclagem de nutrientes no solo, devido ao acúmulo nos tecidos vegetais e liberação durante a decomposição dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo (PAVINATO & ROSOLEM, 2008; PAULETTI et al., 2009). Em adição, a decomposição do material vegetal depositado sobre o solo também promove alterações nos atributos químicos do solo, aumentando o pH e a CTC em virtude da liberação de ácidos orgânicos que aumentam os sítios de adsorção na matriz do solo e complexam os íons  $H^+$  (PAVINATO & ROSOLEM, 2008; LOURENZI et al., 2011; BRUNETTO et al., 2012). Além disso, a presença de plantas de cobertura promove a proteção ao solo quanto ao aparecimento de plantas espontâneas, estabelecendo uma barreira física à emergência destas espécies, assim como a partir da liberação de exsudatos e compostos aleloquímicos que inibem a sua emergência e crescimento (SOUZA et al., 2013).

Ao contrário do SPC, onde o uso de fertilizantes químicos é o mais empregado, no SMA se preconiza o emprego de insumos orgânicos, como dejetos de animais, fosfato de rocha e cinzas, na adubação da cultura da cebola. Estes produtos, no entanto, apresentam teores de nutrientes desbalanceados e variáveis em sua composição. Assim, a sua aplicação, sem critérios técnicos definidos, pode promover o acúmulo de nutrientes no solo, comprometendo a sua qualidade e a produção vegetal. Desta forma, estudos que avaliem a fertilidade em sistemas de cultivo agroecológicos tornam-se importantes para a elaboração de modelos produtivos que promovam o incremento da fertilidade do solo.

O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos químicos do solo, em diferentes profundidades de um Cambissolo Húmico, cultivado com cebola em sistema de plantio convencional e sistema de manejo agroecológico, tendo como referência um solo de mata nativa adjacente, na região do alto Vale do Itajaí (SC).

## **2. Material e Métodos**

### **2.1. Localização do estudo e tratamentos**

O estudo foi realizado na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), no município de Ituporanga, região do Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina (SC) (Latitude 27° 24' 52", Longitude 49° 36' 9" e altitude de 475 m) em um Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2006). O clima da região é subtropical mesotérmico úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen, temperatura média anual de 17,6°C e a precipitação média anual é de 1.400 mm.

As amostras foram coletadas em duas áreas com plantio de cebola, uma delas cultivada em Sistema Manejo Agroecológico (SMA) durante 14 anos e a outra cultivada com Sistema de Plantio Convencional (SPC) a aproximadamente 30 anos. Como referência foram coletadas amostras de solo de uma região de mata nativa próxima às áreas de plantio de cebola, sem histórico de cultivo.

Na área de SPC são utilizados apenas fertilizantes minerais conforme a recomendação do Manual de Adubação e Calagem (CQFS-RS/SC, 2004) e o preparo da linha é feito com microtrator que incorpora o adubo a uma profundidade de no máximo 10 cm, sendo o plantio da cebola realizado manualmente. A quantidade de adubos utilizados no SPC varia em torno de 15 a 30 kg de N ha<sup>-1</sup>, 60 a 120 kg de P ha<sup>-1</sup> e 30 a 60 kg de K ha<sup>-1</sup> por safra. Neste sistema também utiliza-se calcário quando existe a necessidade de correção de pH. Já na área de SMA não utiliza-se fertilizantes químicos, apenas fertilizantes naturais. Quando há necessidade de adubação no SMA utiliza-se esterco de peru, pó-de-ardósia, fosfato natural e plantas de cobertura como adubos verdes. Durante os anos de 2009 e 2014 foram aplicados na área de SMA um total de: 800 kg/ha de fosfato natural e 5 t ha<sup>-1</sup> de pó-de-ardósia, sendo estes incorporados após sua aplicação; e 5 t ha<sup>-1</sup> de esterco de peru em cobertura. Além disso, foi utilizado *Avena sativa* (150 kg ha<sup>-1</sup>) como adubação verde de inverno e as espécies *Crotalaria ochroleuca* e *Mucuna cinereum* como adubação verde de verão, sendo que em 2008 foi realizado um coquetel com oito espécies utilizando milho (*Zea mays*), milheto (*Pennisetum americanum*), girassol (*Helianthus annuus*), soja (*Glycine max*), mucuna cinza (*Mucuna cinerium*), *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria mucronata* e feijão de porco (*Cajanus cajan*s).

Antes da implantação do experimento de SMA com cebola já eram cultivadas hortaliças orgânicas nesta mesma área, como repolho, alface, beterraba (utilizando o mesmo manejo empregado hoje em dia na cebola) que eram adubadas com composto e esterco de peru e utilizava-se a adubação verde com *Crotalaria ochroleuca* e *Mucuna*

*cinereum* no verão e *Avena sativa* no inverno. O solo já havia recebido calcário antes da implantação do SMA. O plantio no SMA é realizado com uso de uma máquina que apenas prepara a linha de plantio e o transplante da muda é feita manualmente.

## 2.2. Coleta do solo

As coletas de solo foram realizadas a partir da abertura de três trincheiras com, aproximadamente, 30 cm de largura, 50 cm de comprimento e 50 cm de profundidade. O solo foi coletado nas camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-40; 40-50 cm. Após a coleta, o solo foi armazenado em sacos plásticos e encaminhado ao Laboratório de Água, Solo e Tecidos Vegetais do Departamento de Engenharia Rural na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). No laboratório, o solo foi seco em estufa de ar forçado a 45°C, moído e passado em peneira de malha de 2 mm.

## 2.3. Análises do solo

O solo foi submetido à análise de granulometria (EMBRAPA, 1997) sendo seus valores apresentados na Tabela 1. Os valores de pH foram determinados em água, na proporção 1:1 (TEDESCO et al., 1995). O teor de carbono orgânico total do solo foi determinado por digestão úmida sulfocrômica a quente ( $K_2Cr_2O_7$  1,25 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado), de acordo com o método Walkley-Black (TEDESCO et al., 1995). Os teores de P disponível e K trocável foram extraídos usando a solução de Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>), em uma relação solo/solução 1:10. O P disponível foi determinado em espectrofotômetro e o K trocável em fotômetro de chama (TEDESCO et al., 1995). O Ca, Mg e Al foram extraídos usando a solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> na relação 1:20 (solo/solução). O Al trocável foi determinado por titulação com ácido-base, com uma solução de NaOH 0,0125 mol L<sup>-1</sup> e os teores de Ca e Mg trocáveis foram determinados por titulação com EDTA (EMBRAPA, 1997). A capacidade de troca de cátions efetiva (CTC<sub>efetiva</sub>) foi calculada pela soma dos cátions trocáveis (Al<sub>e</sub> + Ca<sub>e</sub> + Mg<sub>e</sub> + K<sub>e</sub>). A capacidade de troca em pH 7.0 (CTC<sub>pH7.0</sub>) foi calculada a partir da soma das bases trocáveis (Ca<sub>e</sub> + Mg<sub>e</sub> + K<sub>e</sub>) e dos cátions ácidos (H + Al) (CSFC-RS/SC, 2004).

## 2.4. Análises estatísticas

Os dados dos atributos químicos do solo entre os sistemas de plantio em uma mesma profundidade e entre as diferentes camadas foram submetidas ao teste de homogeneidade de variância de Cochran. Quando significativas as médias foram submetidas

à análise de variância (F-teste,  $p < 0,05$ ) e comparadas a partir do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizando o programa computacional Sisvar.

Tabela 1- Análise granulométrica no perfil de um solo submetido aos sistemas de plantio convencional (SPC) de cebola e sistema de manejo agroecológico (SMA) e em área de Mata em Ituporanga – SC.

Profundidade	Mata			SPC			SMA		
	areia	argila	silte	areia	argila	silte	areia	argila	silte
<b>0-2,5</b>	47,23	30,9	21,86	46,95	35,55	17,49	51,76	28,0	20,24
<b>2,5-5</b>	49,19	32,2	18,6	47,22	35,05	17,72	51,27	28,35	20,37
<b>5-10</b>	51,05	31,3	17,64	46,5	36,7	16,79	49,05	29,9	21,04
<b>10-15</b>	46,21	30,15	23,64	42,51	30,65	26,83	48,32	33,1	18,57
<b>15-20</b>	49,63	33,6	16,76	40,05	34,2	25,75	47,84	31,7	20,46
<b>20-40</b>	49,42	32,45	18,125	41,67	36,95	21,37	43,43	35,35	21,22
<b>40-50</b>	50,27	32,0	17,72	38,53	40,15	21,31	41,76	42,45	15,78

### 3. Resultados e Discussões

Os valores de pH no solo com SMA foram superiores em todas as profundidades em comparação à área de Mata e SPC, com exceção das camadas de 2,5-5 e 40-50 cm que não apresentaram diferenças ao solo com SPC (Tabela 2). Os valores de pH na área de Mata foram inferiores aos do solo com SPC e SMA em todas as profundidades avaliadas. Foi observado um menor valor de pH na área de Mata na camada de 15-20 cm em comparação às demais profundidades avaliadas, com exceção das camadas de 5-10 e 20-40 cm (Tabela 2). No entanto, todas as camadas apresentaram valores de pH na faixa de muito baixo (CQFS-RS/SC, 2004). No solo com SPC houve redução nos valores de pH a partir da profundidade de 5 cm, que foi mais acentuada a partir dos 20 cm, correspondendo à camada arável. No SMA, foi observada a diminuição dos valores de pH apenas a partir da profundidade de 20 cm.

Os altos valores de pH encontrados no sistema SPC e SMA podem ser explicados pela aplicação e incorporação de calcário na área de cultivo. Em contrapartida, os valores mais elevados de pH no solo do sistema SMA podem ser atribuídos à presença do material vegetal oriundo das plantas de cobertura. A liberação de compostos orgânicos dos resíduos

vegetais presentes na superfície do solo promove a complexação dos íons  $H^+$  e  $Al^{3+}$  e o aumento dos teores de pH do solo (PAVINATO & ROSOLEM, 2008).

Tabela 2-Valores de pH e carbono orgânico total (COT) no perfil de um solo cultivado com cebola sob sistema de plantio convencional (SPC) e agroecológico (SMA), e uma área de Mata.

Profundidade cm	pH			COT ( $g\ kg^{-1}$ )		
	Mata	SPC	SMA	Mata	SPC	SMA
0-2,5	4,73aC <sup>1</sup>	6,1abB	6,63aA	62,83aA	28,66aB	24,23abB
2,5-5	4,9aB	6,4aA	6,63aA	36,4bA	20,56bB	25,2aB
5-10	4,53abC	5,9bB	6,4abA	30,6bA	19,33bcB	24,26abB
10-15	4,76aC	5,93bB	6,33abA	17,13cA	18,1bcA	21,0abcA
15-20	4,26bC	5,83bB	6,23abA	16,3cA	20,6bA	22,76abcA
20-40	4,63abC	5,3cB	6,03bA	15,63cA	12,13cA	17,43bcA
40-50	4,76aB	5,26cA	5,56cA	11,96cA	16,66bcA	16,06cA
CV%		2,96			13,14	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula não apresentam diferenças entre as profundidades em cada tratamento. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre os tratamentos em uma mesma profundidade (Teste Tukey,  $p < 0,05$ ).

Ao se comparar os teores de COT entre os tratamentos, a área de Mata apresentou os maiores valores até a camada de 10 cm, sendo que os teores analisados no solo com SPC e SMA foram semelhantes entre si. A partir da camada de 10-15 cm não houve diferença estatística entre os tratamentos. O maior valor de carbono orgânico total (COT) na área de Mata e no solo com SPC foi encontrado na camada mais superficial (0-2,5 cm), enquanto que no solo com SMA os teores mais elevados ocorreram até a profundidade de 20 cm.

É normal encontrar valores superiores de COT em áreas de mata quando comparado a cultivos, mesmo sendo cultivos mais sustentáveis, já que nos cultivos tanto convencional quanto no agroecológico a matéria orgânica é degradada mais rapidamente. Adicionalmente, o acúmulo de COT até a profundidade de 20 cm no solo com SMA, que possivelmente pode estar relacionado aos resíduos vegetais depositados em sua superfície do solo e a menor taxa de revolvimento do solo, que promove uma taxa mais lenta na mineralização da matéria orgânica.

Tabela 3- Teores de fósforo (P) e potássio (K) trocáveis no perfil de um solo cultivado com cebola sob sistema de plantio convencional (SPC) e agroecológico (SMA), e uma área de Mata.

Profundidade cm	P (mg kg <sup>-1</sup> )			K (mg kg <sup>-1</sup> )		
	Mata	SPC	SMA	Mata	SPC	SMA
0-2,5	9,13aC <sup>1</sup>	59,36bB	283,06aA	19,06aB	10,53aC	36,56aA
2,5-5	6,46aC	128,23aB	208,1bA	13,6bB	9,36abC	28,86bA
5-10	5,86aC	60,76bB	178,16cA	8,86cB	8,16bcB	23,56cA
10-15	3,13aC	46,5bcB	97,43dA	6,06dC	7,83bcB	14,66dA
15-20	2,23aB	34,63cA	16,66eB	4,33eC	6,63cB	9,33eA
20-40	0,8aA	3,8dA	5,13eA	3,16efB	2,96dB	4,96fA
40-50	0,5aA	2,0dA	4,83eA	2,56fAB	1,96dB	3,3gA
CV%		14,73			5,9	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula não apresentam diferenças entre as profundidades em cada tratamento. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre os tratamentos em uma mesma profundidade (Teste Tukey,  $p < 0,05$ ).

Entre os tratamentos, o solo no sistema SMA apresentou os maiores teores de P até a camada de 15-20 cm, seguido pelo SPC, que apresentou valores superiores aos da Mata até 10-15 cm (Tabela 3). A área de Mata apresentou os teores mais baixos. A partir da camada de 20-40 cm não houve diferenças entre os tratamentos. O maior teor de P no solo com SPC foi observado na profundidade de 2,5-5 cm em comparação às demais camadas avaliadas. Este tratamento apresentou teores de P classificados como muito altos até a camada de 15-20 cm (CQFS-RS/SC, 2004). O solo manejado sob SMA apresentou o maior teor de P na camada de 0-2,5 cm. Os teores de P neste sistema de plantio decaem gradualmente até a camada de 15-20 cm, onde o teor estabiliza. O solo de SMA apresentou valores de P na faixa de muito alto até a camada de 10-15 cm (CQFS-RS/SC, 2004). Os teores de P encontrados no tratamento Mata variaram desde médio na camada de 0-2,5 cm até muito baixo nas camadas de 10-15 até 40-50 cm (CQFS-RS/SC, 2004).

Os altos valores de P encontrados no solo com SMA se devem principalmente às adubações realizadas com pó-de-ardósia, fosfato natural e esterco de peru. Adicionalmente, a extração realizada por Mehlich-1, em solos adubados com fosfato natural, pode provocar valores elevados de P, pois a extração dissolve minerais apatíticos (Tedesco et al., 1995)

presentes no fosfato natural. A utilização de RTA (resina trocadora de ânions) não apresenta esse problema, o que seria mais apropriado para determinar os teores de P com maior precisão em solos adubados com fosfato natural (Tedesco et al., 1995).

Os teores de K do solo sob SMA foram superiores aos teores presentes no SPC e na área de Mata para todas as camadas analisadas, com exceção da profundidade de 40-50 cm, onde não houve diferenças nos valores no SMA e a Mata (Tabela 3). Em relação aos teores de K, no solo sob SPC os maiores teores foram encontrados nas primeiras camadas do solo, até 5 cm. Os teores de K no solo em todas as camadas do sistema SPC, foram classificados como muito baixo (CQFS-RS/SC, 2004). O solo sob SMA e a área de Mata apresentaram o maior teor de K na camada 0-2,5 cm. O teor de K no SMA presente na camada de 0-2,5 cm se enquadra na faixa de teor baixo, enquanto os demais teores até a camada de 20 cm de profundidade enquadram-se na faixa de teor muito baixo (CQFS-RS/SC, 2004). Esses baixos teores de K no solo estão ligados ao rendimento final das culturas, onde teores mais baixos de K no solo podem afetar a produtividade da cultura da cebola.

O aumento nos teores de K no SMA pode ser decorrente da utilização e incorporação dos fertilizantes orgânicos ao solo em sua aplicação, o que está em acordo ao estudo conduzido por Souza et al. (2013) que encontrou aumento nos teores de P disponível e K trocável com a utilização de plantas de cobertura em cultivo de cebola em SPDH (Sistema de Plantio Direto de Hortaliças). Almeida et al. (2005) explica que o aumento do K no sistema plantio direto ocorre devido a aplicação de adubos na superfície do solo e a não incorporação do mesmo.

Dentre os tratamentos a Mata apresentou os maiores teores de alumínio (Al) em todas as camadas quando comparada aos demais tratamentos (Tabela 4). O SPC e o SMA apresentaram valores iguais até a camada de 15-20 cm, onde não se verificou a presença de Al. Na área de Mata, os maiores teores de Al foram encontrados nas camadas mais profundas, sendo o maior teor observado na camada de 15-20 cm. O solo sob SPC não apresentou presença de Al até a profundidade de 20 cm, enquanto que no SMA não houve a presença de Al em nenhuma das camadas avaliadas. Esses teores mais baixos de Al principalmente nas camadas superficiais da Mata, se devem em relação à presença do material vegetal oriundo das plantas na superfície do solo, que liberam compostos orgânicos dos resíduos vegetais presentes na superfície do solo promovendo a

complexação do  $Al^{3+}$  (PAVINATO & ROSOLEM, 2008). Já a ausência de Al no tratamento SMA em todas suas camadas e no tratamento SPC até a profundidade de 20 cm está relacionada à aplicação de calcário e, conseqüentemente, aos valores de pH superiores a 5,5 no solo, o que faz com que o alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) deixe de existir na solução do solo (ERNANI, 2008).

Tabela 4- Teores de alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis no perfil de um solo cultivado com cebola sob sistema de plantio convencional (SPC) e agroecológico (SMA), e uma área de Mata.

Profundidade cm	Al $cmol_c/kg$			Ca $cmol_c/kg$			Mg $cmol_c/kg$		
	Mata	SPC	SMA	Mata	SPC	SMA	Mata	SPC	SMA
0-2,5	2,13dA <sup>1</sup>	0cB	0aB	6,66aB	6,8abAB	7,7aA	3,76aAB	2,7abB	4,0abA
2,5-5	2,65cA	0cB	0aB	2,83bB	7,3aA	8,1aA	3,36aA	2,93abA	3,9abA
5-10	5,63bA	0cB	0aB	1,66bcC	6,5abB	7,6aA	1,06bB	3,36aA	3,0bcA
10-15	5,53bA	0cB	0aB	0,83cdC	5,16cB	6,36bA	0,6bC	2,86abB	5,03aA
15-20	6,06aA	0cB	0aB	0,6cdC	5,73bcB	7,6aA	0,53bC	2,4abcB	3,56bA
20-40	5,76bA	1,66bB	0aC	0,6cdC	3,4dB	4,36cA	0,4bB	1,83bcA	2,16cA
40-50	5,3bA	2,96aB	0aC	0,36dB	1,8Ae	2,5dA	0,36bB	1,2AcB	1,96cA
CV%		2,0			10,5			22,35	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula não apresentam diferenças entre as profundidades em cada tratamento. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre os tratamentos em uma mesma profundidade (Teste Tukey,  $p < 0,05$ ).

Quando comparados os teores de cálcio (Ca) entre os tratamentos, os solos sob SPC e SMA apresentaram teores semelhantes até a profundidade de 5 cm, além da camada de 40-50 cm, sendo que nas demais camadas o tratamento SMA obteve valores superiores (Tabela 4). Os teores de Ca no SMA também foram superiores aos obtidos na área de Mata em todas as profundidades. Em relação ao SPC, este apresentou os teores de Ca iguais a área de Mata apenas na camada de 0-2,5 cm, nas demais profundidades todos os teores no SPC foram superiores. Os solos sob SPC e SMA apresentaram os maiores teores até a profundidade de 10 cm, sendo que no SMA a camada de 15-20 cm também apresentou o valor mais alto. Na área de Mata, o maior teor de Ca foi encontrado na camada de 0-2,5 cm.

Os teores de magnésio (Mg) entre as diferentes profundidades no solo no SPC não apresentaram diferença até a camada de 15-20 cm (Tabela 4). No solo sob SMA o teor mais elevado foi obtido na camada de 10-15 cm, sendo que não apresentou diferenças em

relação aos teores encontrados na camada de 0-5 cm. Na área de Mata, os teores mais elevados se concentraram nas camadas mais superficiais (0-5 cm). O solo sob SMA teve teores superiores de Mg em comparação ao SPC, apenas nas camadas de 0-2,5, 10-20 e 40-50 cm.

Os tores altos de Ca e Mg no solo dos tratamentos SPC e SMA podem ser explicados devido a utilização e incorporação de calcário para a correção do pH do solo. Além disto, maiores teores de Ca e Mg principalmente na camada de 0-2,5 cm ocorrem devido à liberação de Ca e Mg no solo, como resultado da utilização de plantas de cobertura e à deposição de seus resíduos sobre o solo (GAMA-RODRIGUES et al.,2007). Borkert et al. (2003) observaram, em trabalho realizado com plantas de cobertura, a capacidade das plantas em acumular Ca, Mg e micronutrientes em quantidades satisfatórias em sua biomassa, os quais podem ser disponibilizados a partir de sua degradação.

Entre os tratamentos, o solo sob SMA teve os maiores valores de  $CTC_{efetiva}$  em comparação ao SPC e a área de Mata até a profundidade de 20 cm, com exceção da camada de 0-2,5 cm onde o valor foi similar ao da área de Mata (Tabela 5). Em relação à  $CTC_{efetiva}$ , o solo sob SPC apresentou os maiores valores nas camadas de 0-2,5 até 5-10 cm. No SMA, os maiores valores de  $CTC_{efetiva}$  foram encontrados na camada de 0-5 cm, não apresentando diferenças com os valores calculados na camada de 10-20 cm. Na área de Mata, o valor mais elevado foi obtido na camada mais superficial (0-2,5 cm).

O maior valor de  $CTC_{pH7,0}$  no solo sob SPC foi obtido na camada 20-40 cm, sendo que não apresentou diferenças com os valores das camadas de 0-5 e 40-50 cm (Tabela 5). No sistema SMA, o maior valor foi encontrado na camada mais superficial do solo (0-2,5 cm) que não diferiu da camada de 15-20 cm. Na área de Mata, a camada de 5-10 cm apresentou o maior valor de  $CTC_{pH7,0}$ , não diferindo da camada de 2,5-5 cm. Com relação aos tratamentos, a área de Mata apresentou os valores mais elevados de  $CTC_{pH7,0}$  em comparação ao solo sob SPC e SMA. Os valores obtidos de  $CTC_{pH7,0}$  em SPC foram superiores em comparação ao valor do SMA apenas nas camadas de 2,5-5 e 20-50 cm.

A presença de Al e íons  $H^+$  no solo, juntamente com os baixos valores de pH dos solos de Mata explicam os menores valores de  $CTC_{efetiva}$  encontrados nos solos de Mata a partir da profundidade de 2,5 cm, devido a esses íons ocuparem os sítios de adsorção desse solo. No entanto, os maiores teores de  $CTC_{efetiva}$  na camada de 0-2,5 cm e  $CTC_{pH7,0}$ , em

todas as camadas, se deve principalmente à maior presença de COT nos solos de Mata, o que gera maior quantidade de sítios de adsorção para cátions no solo e consequentemente aumenta os teores de CTC (MEURER, 2010). Além disso, o não revolvimento do solo na área de Mata também pode ter influenciado a sua  $CTC_{pH7,0}$ , já que a preservação dos agregados pode favorecer a presença de um maior número de sítios de adsorção do solo.

Tabela 5- Valores de  $CTC_{efetiva}$  e  $CTC_{pH7,0}$  no perfil de um solo cultivado com cebola sob sistema de plantio convencional (SPC) e agroecológico (SMA), e uma área de Mata.

Profundidade cm	$CTC_{efetiva} \text{ cmol}^c \text{ kg}^{-1}$			$CTC_{pH7,0} \text{ cmol}^c \text{ kg}^{-1}$		
	Mata	SPC	SMA	Mata	SPC	SMA
<b>0-2,5</b>	12,6aA <sup>1</sup>	9,5aB	11,8aA	36,36bcA	17,6abcB	19,23aB
<b>2,5-5</b>	9,86bB	10,3aB	12,13aA	38,4abA	18,3abcB	16,6bcC
<b>5-10</b>	8,36cC	9,86aB	10,7bA	39,83aA	17,1cB	16,6bcB
<b>10-15</b>	6,96deC	8,03bB	11,4abA	36,53bA	16,83cB	17,9abB
<b>15-20</b>	7,2dC	8,13bB	11,16abA	33,53dA	17,3bcB	15,66cdB
<b>20-40</b>	6,73deC	6,9cC	6,5cC	34,3bcA	19,46aB	12,1eC
<b>40-50</b>	6,03eA	5,96cA	4,46dB	30,06eA	19,23abB	13,96deC
<b>CV%</b>		4,63			3,61	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula não apresentam diferenças entre as profundidades em cada tratamento. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre os tratamentos em uma mesma profundidade (Teste Tukey,  $p < 0,05$ ).

A saturação por Al (m) no solo sob SPC foi maior nas camadas mais profundas, sendo o maior valor de m encontrado na camada de 40-50 cm (Tabela 6). No solo sob SMA, a saturação por alumínio foi nula. Na área de Mata, os maiores valores de m foram obtidos nas profundidades de 20-50 cm, que não apresentaram diferenças com a camada de 10-15 cm.

Em relação à saturação por bases (V), comparada entre os tratamentos, o solo sob SMA obteve os maiores valores de saturação por bases em todas as profundidades, com exceção da camada 5-10 cm, onde os valores entre o SPC e SMA foram semelhantes. Os valores da área de Mata foram os mais baixos em comparação aos sistemas de plantio, em todas as profundidades avaliadas. Entre as camadas, o solo sob SPC apresentou o maior valor de V na camada de 5-10 cm, sendo que não diferiu das camadas mais superficiais de

0-2,5 e 2,5-5 cm (Tabela 6). No solo sob SMA, os valores mais altos de V foram obtidos nas camadas de 2,5-5, 10-15 e 15-20 cm. Na área de Mata, a camada mais superficial (0-2,5 cm) apresentou o valor mais elevado de V.

Tabela 6- Valores de saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V) no perfil de um solo cultivado com cebola sob sistema de plantio convencional (SPC) e agroecológico (SMA), e uma área de Mata.

Profundidade cm	Saturação por Al %			Saturação por bases %		
	Mata	SPC	SMA	Mata	SPC	SMA
0-2,5	16,89eA <sup>1</sup>	0cB	0aB	28,85aC	54,42abB	61,3bcA
2,5-5	36,94dA	0cB	0aB	16,24bC	56,43abB	72,91aA
5-10	67,61cA	0cB	0aB	6,87cB	57,72aA	64,31bcA
10-15	79,24abA	0cB	0aB	3,96cC	47,77bB	63,77abA
15-20	84,13cdA	0cB	0aB	3,42cC	47,15bB	71,36aA
20-40	85,52aA	24,17bB	0aC	2,84cC	26,92cB	54,19cA
40-50	87,75aA	49,67aB	0aC	2,45cC	15,62dB	32,05dA
CV%		2,8			4,85	

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra minúscula não apresentam diferenças entre as profundidades em cada tratamento. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não apresentam diferenças entre os tratamentos em uma mesma profundidade (Teste Tukey,  $p < 0,05$ ).

As maiores porcentagens de saturação por Al encontradas nos solos de mata e nas camadas mais profundas do tratamento com SPC se devem à presença de Al trocável na solução e sítios de adsorção do solo devido ao pH inferior a 5,5 (MEURER, 2010).

Já os altos teores de V% encontrados no SMA e no SPC podem ser atribuídos aos valores mais altos de pH e aos cátions trocáveis adicionados ao solo pela adubação (K) e pela calagem (Ca e Mg).

#### 4. Conclusões

O Sistema de Manejo Agroecológico promoveu o aumento dos valores dos atributos químicos do solo quando comparado ao Sistema de Plantio Convencional e a Mata quando relacionado aos valores de pH, P, K, Al, Ca, Mg, CTC<sub>efetiva</sub> e Saturação por

bases. Também ocorreu o aumento dos atributos químicos no Sistema de Plantio Convencional quando comparado a Mata nos atributos pH, P, Al, Ca, Mg e saturação por bases.

A utilização de plantas de cobertura no sistema de manejo agroecológico juntamente com a adubação utilizada e a menor taxa de revolvimento do solo provocaram o aporte de nutrientes nas primeiras camadas do solo e, em determinados casos, o aumento dos teores em camadas mais profundas do solo.

## 5. Referencias

ALMEIDA, Jaime Antonio de et al. PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM CAMBISSOLO HÚMICO SOB PREPARO CONVENCIONAL E SEMEADURA DIRETA APÓS SEIS ANOS DE CULTIVO. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p.437-445, jun. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v29n3/25744.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

BORKERT, Clóvis Manuel et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p.143-153, jan. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n1/a19v38n1.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre:SBSC/NRS, 2004. 400p. Disponível em: <<http://www.bs.cca.ufsc.br/publicacoes/manual%20de%20aduba%E7%E3o%20e%20calagem%20-%202004.pdf>>. Acesso em: 23 de nov. 2014.

Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2014.

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. 306 p.

GAMA-RODRIGUES, Antonio Carlos da; GAMA-RODRIGUES, Emanuela Forestieri da; BRITO, Elio Cruz de. DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS CULTURAIS DE PLANTAS DE COBERTURA EM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO NA REGIÃO NOROESTE FLUMINENSE (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p.1421-1428, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n6/19.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

GATIBONI, Luciano Colpo et al. FORMAS DE FÓSFORO NO SOLO APÓS SUCESSIVAS ADIÇÕES DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS EM PASTAGEM NATURAL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p.1753-1761, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n4/a40v32n4.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

LOURENZI, Cledimar Rogério et al. SOIL CHEMICAL PROPERTIES RELATED TO ACIDITY UNDER SUCCESSIVE PIG SLURRY APPLICATIONS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p.1827-1836, out. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n5/a37v35n5.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

MEURER, Egon José. **Fundamentos de Química do Solo**. 4. ed. Porto Alegre: Porto Alegre, 2010. 266 p.

PANACHUKI, E. et al. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1777-1785, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000500032>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

PAULETTI, V. et al. Atributos químicos de um Latossolo bruno sob sistema plantio direto em função da estratégia de adubação e do método de amostragem de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.581-590, jun. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n3/v33n3a11.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

PAVINATO, Paulo Sérgio; ROSOLEM, Ciro Antonio. DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES NO SOLO - DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS DE RESÍDUOS VEGETAIS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p.911-920, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n3/a01v32n3.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

SANTOS, Loana Bergamo dos et al. SUBSTITUIÇÃO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA MINERAL PELA CAMA DE FRANGO NA SUCESSÃO AVEIA/MILHO. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p.272-281, jun. 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/17979/14538>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

SCHELBAUER, C. et al. Teste e difusão de sistemas agroecológicos de melhoramento do solo. **EXTENSIO: Revista Eletrônica de Extensão**, v.6, n.8, dez. 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/extensio/article/view/1807-221.2009v6n8p15/11360>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

SOUZA, Monique et al. Matéria seca de plantas de cobertura, produção de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p.21-27, jan. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v43n1/a2313cr2012-0165.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2014.

TEDESCO, Marino José et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, Ufrgs, 1995. 174 p.

## 6. Apêndice

Tabela 7-  $H^+ + Al^{3+}$  no perfil de um solo submetido aos sistemas de plantio convencional (SPC) de cebola e sistema de manejo agroecológico (SMA) e em área de Mata em Ituporanga – SC.

Profundidade	Mata	SPC	SMA
	$H^+ + Al^{3+}$		
	cmol <sub>c</sub> /kg		
<b>0-2,5</b>	25,9	8,06	7,43
<b>2,5-5</b>	32,16	8,0	4,5
<b>5-10</b>	37,13	7,2	5,9
<b>10-15</b>	35,06	8,8	6,5
<b>15-20</b>	32,36	9,13	4,5
<b>20-40</b>	33,3	14,23	5,53
<b>40-50</b>	29,33	16,23	9,5