

Balço de Macronutrientes de Cultivares de Sorgo Sacarino e Biomassa em Áreas de Reforma de Canavial



ISSN 1679-0154
Novembro, 2017

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 156

Balanco de Macronutrientes de Cultivares de Sorgo Sacarino e Biomassa em Áreas de Reforma de Canavial

Michelli de Souza dos Santos
Cristiano Alberto de Andrade
Flavia Cristina do Santos
André May

Embrapa Milho e Sorgo
Sete Lagoas, MG
2017

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo

Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Sidney Netto Parentoni
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau
Membros: Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone, Roberto dos Santos Trindade, Paulo Eduardo de Aquino Ribeiro, Rosângela Lacerda de Castro

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro
Tratamento de ilustrações: Tânia Mara Assunção Barbosa
Editoração eletrônica: Tânia Mara Assunção Barbosa
Foto(s) da capa: André May (2015)

1ª edição

Formato digital (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Milho e Sorgo**

Balanco de macronutrientes de cultivares de sorgo sacarino e biomassa em áreas de reforma de canavial / Michelli de Souza dos Santos... [et al.]. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2017.
37 p. : il. -- (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-0154; 156).

1. *Sorghum bicolor*. 2. Variedade. 3. Fertilidade do solo. 4. Nutriente. I. Santos, Michelli de Souza dos. II. Série.

CDD 633.174 (21. ed.)

© Embrapa 2017

Sumário

Resumo	4
Abstract	7
Introdução	8
Matedologia	13
Resultados e Discussão	18
Conclusões	33
Referências	34

Balanço de Macronutrientes de Cultivares de Sorgo Sacarino e Biomassa em Áreas de Reforma de Canavial

Michelli de Souza dos Santos¹

Cristiano Alberto de Andrade²

Flavia Cristina do Santos³

André May⁴

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar as diferenças no balanço de macronutrientes de diferentes cultivares de sorgo em solos de reforma de canavial, sob sistema de cultivo convencional e plantio direto. Foram realizados dois ensaios. O primeiro com delineamento experimental em blocos ao acaso, com seis cultivares de sorgo (CR 1339, CR 1349, CR 1352, CR 1342, BRS 716, e CMSXS 647). As cultivares CR 1352, CR 1342, CR 1349, CR 1339 receberam adubações com NPK, 8-28-16, no plantio e uma adubação de cobertura com NPK, 20-00-20 e as cultivares BRS 716 e CMSXS 647 receberam uma adubação no sulco do adubo Polybren, NPK 40-00-00. O segundo com

¹Pós-Doutoranda, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP-340, km 127,5, Bairro Tanquinho Velho, CEP: 13820-000, Jaguariúna, SP, michellisantos30@hotmail.com

²Eng.-Agrôn., D.Sc., em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador na Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP-340, km 127,5, Bairro Tanquinho Velho, CEP: 13820-000, Jaguariúna, cristiano.andrade@embrapa.br

³Eng.-Agrôn., D.Sc., em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora em Fertilidade do Solo da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Rod. MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP: 35701-970, Sete Lagoas, MG, flavia.santos@embrapa.br

⁴Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo Rod. MG 424 Km 45, Zona Rural, CEP: 35701-970, Sete Lagoas, MG andre.may@embrapa.br

o delineamento experimental em blocos casualizados em faixas, em arranjo fatorial 2x2, com três repetições, com duas cultivares de sorgo (BRS 716 e BRS 511) e dois sistemas de cultivo (convencional e plantio direto). Foram avaliadas a massa fresca e seca por planta (expressas em g planta⁻¹) e a produtividade de massa fresca da planta (expressa em t ha⁻¹). A partir da massa seca foram determinados os teores de macronutrientes extraídos pelas plantas. Houve a coleta de amostras no solo antes do semeio e depois da colheita para determinação dos teores de nutrientes contidos no solo. Com esses dados realizou-se o balanço de nutrientes na cultura e no solo. Os resultados encontrados para o primeiro ensaio foram: balanço na cultura de N (nitrogênio) negativo para todas as cultivares, exceto para a cultivar BRS 716; balanço da cultura de P (fósforo) foi positivo para todas as cultivares, exceto para as cultivares BRS 716 e CMSXS 647; balanço no solo de P (fósforo) foi negativo para todas as cultivares; o balanço no solo de K (potássio) foi positivo para as cultivares CR 1352, CR 1349, BRS 716 e CMSXS 647 e negativo para as cultivares CR 1342 e CR 1339, e por fim os balanços na cultura e no solo de Ca e Mg para as seis cultivares foram positivos. Para o segundo ensaio os resultados foram: balanço no solo de N (nitrogênio) negativo para as duas cultivares no sistema convencional, também negativo no plantio direto para cultivar BRS 716 e positivo para cultivar BRS 511; balanço da cultura de K (potássio) positivo no sistema de plantio direto para BRS 716 e negativo para BRS 511, e ao contrário no sistema convencional; balanço de K (potássio) no solo negativo para o sistema convencional para as duas cultivares e para a cultivar BRS 716 no plantio direto e positivo para a cultivar BRS 511 no sistema de plantio direto. Os resultados encontrados mostram que para a maioria dos

nutrientes ocorre um acréscimo dos nutrientes no solo e que o sistema de cultivo pouco interferiu no balanço de nutrientes.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, fluxo de nutrientes, fertilidade do solo

Macronutrient Budget of Different Cultivars of Saccharine Sorghum and Biomass Sorghum at Sugarcane Reform Areas

Michelli de Souza dos Santos¹

Cristiano Alberto de Andrade²

Flavia Cristina do Santos³

André May⁴

Abstract

The objective of this work was to evaluate the differences in the macronutrient balance of different sorghum cultivars in sugarcane areas soils under reform under conventional and no-tillage systems. Two tests were performed. The first one was a randomized complete block design with six sorghum cultivars (CR 1339, CR 1349, CR 1352, CR 1342, BRS 716, and CMSXS 647). The cultivars CR 1352, CR 1342, CR 1349, CR 1339 were fertilized with NPK, 8-28-16 at planting and a cover fertilizer with NPK, 20-00-20 and cultivars BRS 716 and CMSXS 647 were fertilized in the Polybren fertilizer budget, NPK 40-00-00. The second one was a randomized complete block, in a 2x2 factorial arrangement, with two sorghum cultivars (BRS 716 and BRS 511) and two cultivation systems (conventional and no-tillage). Fresh and dry mass per plant (expressed as g-1 plant) and fresh plant mass yield (expressed as t ha⁻¹) were evaluated. The macronutrient contents extracted by the plants were determined from the dry mass. Samples were collected in the soil before sowing and after harvesting to determine the nutrient content

of the soil. With these data the balance of nutrients in the crop and in the soil was carried out. The results found for the first trial were: balance in the N (nitrogen) culture negative for all cultivars, except for the cultivar BRS 716; P (phosphorus) crop balance was positive for all cultivars, except for cultivars BRS 716 and CMSXS 647; Soil balance of P (phosphorus) was negative for all cultivars; The soil balance of K (potassium) was positive for cultivars CR 1352, CR 1349, BRS 716 and CMSXS 647 and negative for cultivars CR 1342 and CR 1339. Finally, the soil and crop balance in Ca and Mg for the six cultivars was positive. For the second trial the results were: nitrogen (N) soil balance negative for both cultivars in the conventional system, also negative in no-tillage to cultivar BRS 716 and positive to cultivar BRS 511; Positive K (potassium) culture balance in the no-tillage system for BRS 716 and negative for BRS 511, unlike the conventional system; K (potassium) balance in the negative soil for the conventional system for both cultivars and for cultivar BRS 716 in no-tillage and positive for BRS 511 cultivar in the no-tillage system. The results show that for most of the nutrients an increase of nutrients occurs in the soil and that the cultivation system little interfered in the balance of nutrients.

Keywords: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, flow of nutrients, soil fertility

Introdução

Em razão de a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) ser bastante produtiva, e conseqüentemente bem exigente quanto à disponibilidade de nutrientes no solo, torna-se necessário o conhecimento sobre a fertilização das áreas nas quais o plantio será implantado, contribuindo para o manejo

adequado da cultura. As exigências nutricionais do sorgo, igualmente às de qualquer cultura, são apontadas pelas quantias totais de nutrientes extraídos. A informação dessas quantias permite avaliar as quantidades que deverão ser exportadas por meio da colheita dos grãos ou da forragem, e as que possivelmente deverão voltar ao solo, através dos restos culturais. Assim, a disponibilidade de nutrientes deve estar de acordo com a demanda da cultura, em quantidade, forma e tempo (BULL; CANTARELLA, 1993).

A partir de conhecimentos sobre a fertilização do solo e exigências nutricionais da cultura é possível realizar um balanço de nutrientes do solo. Com base no balanço de nutrientes, considerado para muitas culturas como importante ferramenta para a adubação do solo, foram criados sistemas computacionais para a recomendação de fertilizantes no Brasil. O primeiro deles foi para o plantio de eucalipto, com a criação de um programa que calcularia o balanço por meio do teor de nutrientes do solo, a extração de nutrientes e a produtividade de cada espécie de eucalipto (BARROS et al., 1995). Outras culturas como soja (SANTOS et al., 2008), abacaxi (SILVA et al., 2009) e cenoura (DEZORDI et al., 2015) também incluíram esses sistemas como uma alternativa às tabelas de recomendação de adubação. Segundo Gustafson et al. (2006), o balanço nutricional, assim como as estimativas de fluxos de nutrientes, em uma área agrícola nos fornece conhecimentos fundamentais para a análise ao longo do tempo sobre a sustentabilidade e o impacto ambiental de áreas agrícolas. Os autores comentam também que estudos sobre balanço nutricional se tornaram uma ferramenta útil nos últimos dez anos para os problemas com os excedentes de fertilizantes industrializados.

Desse modo, o balanço de nutrientes se resume na diferença entre a entrada e a saída de nutrientes de um sistema definido por um período de tempo. Ele pode ser feito para todos os elementos, por exemplo, nutrientes das plantas e metais, e para todos os tipos de ecossistemas e escalas como, por exemplo, glebas, propriedades (OENEMA et al., 2003). Segundo Gustafson et al. (2003), a entrada que excede a perda de um nutriente gera o acúmulo desse nutriente no solo, assim como o contrário gera a escassez desse para o sistema, desse modo o ideal é que a diferença entre a entrada e a exportação do nutriente seja o seu mínimo.

A maioria dos estudos sobre balanço nutricional encontrados na literatura é sobre nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) (GUSTAFSON et al., 2003; OENEMA et al., 2003; FERREIRA et al., 2011), pois são os nutrientes mais exigidos pela planta e que têm os seus comportamentos mais estudados e definidos. Cerca de 80% do nitrogênio está disponível na forma de N_2 na atmosfera, e no solo está pouco disponível para a planta (possivelmente devido à alta estabilidade do N_2), podendo assim limitar o crescimento da planta. O fósforo, por ser um nutriente com elevada adsorção nos solos, é o mais limitante ao crescimento das plantas nos solos brasileiros, que são muito intemperizados (NOVAIS et al., 2007). O potássio é o segundo nutriente mais extraído e exportado pela maioria das culturas, no entanto, é bastante lixiviado em solos com baixa troca catiônica. Por isso, o uso desse nutriente aumentou com a ampliação da produção agrícola, mas seu aumento no solo é preocupante, pois interfere na absorção de outros cátions, sendo imprescindível o seu equilíbrio no solo (ROSOLEM et al., 1988).

Além desses três nutrientes também existem alguns trabalhos sobre balanço de cálcio e magnésio. Sendo pouco exigidos pelas plantas, desde que haja equilíbrio dos demais nutrientes, concentrações equilibradas de Ca e Mg são mais importantes para a nutrição do que seus respectivos teores isolados, que podem interferir na absorção dos outros nutrientes (SALVADOR et al., 2011). De acordo com Munoz Hernandez e Silveira (1998), as relações mais altas de Ca:Mg, em um trabalho conduzido em casa de vegetação num Neossolo Quartzarênico com aplicação de corretivo, aumentaram a concentração de cálcio e diminuíram a de magnésio e de fósforo no tecido vegetal do milho, provavelmente devido ao efeito sinérgico entre fósforo e o magnésio. Por isso a necessidade de se fazer o balanço desses nutrientes, pois suas alterações no solo poderão interferir na absorção e, conseqüentemente, no balanço dos outros nutrientes primordiais para o desenvolvimento das plantas.

Desse modo, para que haja a sustentabilidade de um sistema produtivo é necessário que aconteça um monitoramento constante do balanço de nutrientes do solo, a fim de evitar o esgotamento ou excesso de um ou mais nutrientes que possam interferir no ciclo de todos os nutrientes. Em trabalho realizado por Zaia e Gama-Rodrigues (2004), com três diferentes espécies de eucalipto, *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis* e *E. pellita*, com idade de seis anos, em solos de tabuleiros (Latossolo e Argissolo Amarelo), verificou-se que o balanço de nutrientes no sistema solo-planta, nas três espécies de eucalipto, foi positivo somente para magnésio, o balanço de fósforo e potássio foi positivo no *E. grandis*. e o balanço de cálcio foi negativo somente no *E. camaldulensis*, com base nos resultados desse

balanço poderia ser realizada a racionalização de fertilizantes na rotação de próximas culturas.

Segundo Gatto et al. (2014), o déficit no balanço de macronutrientes no sistema solo-planta sugere a necessidade de reposição dos nutrientes exportados pela colheita, visando a manutenção da produtividade e da sustentabilidade do sistema de cultivo. Os mesmos autores verificaram em um plantio de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com cinco anos de idade, na Fazenda Água Limpa, no Distrito Federal, que os balanços de P, K, Ca, Mg e S no sistema solo-planta foram positivos, no entanto, para um próximo cultivo da floresta deveria ser realizada a adubação de P e S, pois haveria um déficit de 10,66 kg ha⁻¹ de P e 23,16 kg ha⁻¹ de S.

As plantas se comportam de maneira diferente em cada ambiente, tipo de solo e sistema de cultivo, por isso o balanço deve ser feito nas mais diferentes culturas e ambientes. Por exemplo, o sistema de plantio direto promove modificações na ciclagem dos nutrientes, por causa da composição química dos resíduos vegetais, juntamente com a ausência do revolvimento do solo (SILVA et al., 2006), o que colabora com um manejo sustentável do solo diminuindo o uso de fertilizantes químicos. Segundo Watson et al. (2002), fazendas orgânicas têm dificuldades em realizar o balanço de nutrientes, por causa da composição dos compostos orgânicos utilizados, no entanto, estudando 88 balanços de nutrientes de fazendas com sistema de cultivo orgânico, verificaram que em todos os balanços houve um acréscimo de nitrogênio no solo em média de 83,2 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de N. Os mesmos autores afirmam que o balanço de nutrientes é uma ferramenta útil em longo prazo para a sustentabilidade dos sistemas orgânicos.

A partir dos resultados do balanço de nutrientes é possível até uma recomendação do tipo de fertilizante, orgânico ou químico, pois a maneira de agir no sistema dependeria de como a fertilização do solo se encontra e de como se comportaria no próximo plantio com relação aos nutrientes, de acordo com o balanço, pois a manutenção da maioria das culturas é dependente da quantidade e do fluxo de nutriente nos ecossistemas.

Assim, o balanço é necessário para controlar a entrada e saída de nutrientes no sistema de cultivo, sendo diferente para cada tipo de manejo estudado. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar as diferenças no balanço de macronutrientes de diferentes cultivares de sorgo em solos de reforma de canavial, sob sistema de cultivo convencional e plantio direto.

Metodologia

Os dois ensaios foram instalados no ano agrícola de 2014-2015, em uma área comercial de cultivo de cana-de-açúcar da Usina Mandu, pertencente ao Grupo Guarani, no município de Guaira-SP, em área de reforma de canavial, sob condições de sequeiro, em Latossolo Vermelho distroférico típico, manejado sob sistema convencional. O plantio de sorgo do ensaio 1 foi realizado no final do mês de novembro de 2014 adjacente ao ensaio 2, que também teve o plantio realizado no final do mês de novembro de 2014.

Um ensaio seguiu o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e três repetições, os

tratamentos foram constituídos pela cultivar de sorgo e a adubação (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos do Ensaio 1 em delineamento em blocos casualizados.

Tratamentos				
Cultivares	Adubações		Empresa	Tipo
	Plantio	Cobertura		
CR 1352			CERES	Biomassa
CR 1342	400 kg ha ⁻¹ de NPK (8-28-16)	600 kg ha ⁻¹ de NPK (20-00-20)	CERES	Biomassa
CR 1349			CERES	Sacarino
CR 1339			CERES	Sacarino
BRS 716	350 kg ha ⁻¹ do adubo Polybren (fertilizante da empresa)		Embrapa	Biomassa
CMSXS 647		Produquímica de liberação controlada) NPK (40-00-00)	Embrapa	Sacarino

Na área da Usina, sob sistema de plantio direto, as cultivares de sorgo foram semeadas em sucessão à cultura da cana-de-açúcar, cuja dessecação foi realizada 60 dias antes do plantio do sorgo.

O outro ensaio seguiu o delineamento experimental em blocos casualizados em faixas, em arranjo fatorial 2x2, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos de duas cultivares de sorgo BRS 716 e BRS 511 (sorgo sacarino desenvolvido pela Embrapa) e dois sistemas de cultivo, convencional (CV) e plantio direto (PD) A adubação de plantio foi de 400 kg ha⁻¹ de NPK com formulação 8-28-16 e uma adubação de cobertura de 600 kg ha⁻¹ de NPK com formulação 20-00-20. As cultivares sob o sistema de cultivo convencional foram semeadas em solo, sem a presença da palha de cana-de-açúcar, e o solo foi preparado convencionalmente, através de uma subsolagem após dessecação da soqueira de cana-

de-açúcar, uma gradagem aradora pesada realizada após a calagem e duas gradagens niveladoras em sequência. Sob sistema de plantio direto, as cultivares de sorgo foram semeadas em sucessão à cultura da cana-de-açúcar, cuja dessecação foi realizada 60 dias antes do plantio do sorgo.

Nos dois ensaios, o semeio foi realizado mecanicamente utilizando uma semeadora desenvolvida para condições de alto volume de palhada de cana-de-açúcar: Semeadora Marchesan Cop-CA de 6 linhas com disco de corte de palha de 24 polegadas. Os ensaios foram em faixas, com parcelas subdivididas. As faixas tinham 400 m com 12 linhas espaçadas de 0,6 m em cada faixa, por cultivar. Foram colhidas duas linhas de 10 metros de comprimento em cada repetição, aleatoriamente escolhidas, eliminando a bordadura.

A análise de solo para fins de fertilidade e para o balanço no solo foi realizada antes do plantio das cultivares de sorgo, em amostras provenientes da camada de 0 a 20 cm, apresentando os seguintes resultados (Tabela 2).

Foram realizadas calagens no solo um mês antes do semeio para elevar a porcentagem da saturação de base (%V) para 60% com uso de calcário dolomítico (PRNT 100%). A aplicação do calcário foi feita a lanço, sendo incorporado na área do cultivo convencional com o auxílio de uma grade aradora pesada e sem incorporação na área com a presença de palha e sob plantio direto.

Tabela 2. Resultado da análise química do solo utilizado no estudo antes do plantio das cultivares de sorgo, nas profundidades de 0-20 cm.

Solo	pH	Al	Ca	Mg	CTC	K	P	MO	V
	(água)	cmol _e dm ⁻³			mg dm ⁻³			dag kg ⁻¹	%
Sem palha	6,5	0,00	0,68	0,35	3,93	42,67	24,26	2,24	28,91
Com palha	6,1	0,00	0,14	0,09	3,78	17,17	27,55	2,12	7,24

A colheita dos ensaios foi realizada no dia 15/04/2015, quando as plantas estavam em início de florescimento, e as variáveis analisadas foram massa fresca e seca por planta (expressas em g planta⁻¹) e produtividade de massa fresca da planta (expressa em t ha⁻¹). Para fins da determinação da massa seca e análises nutricionais, a secagem do material colhido foi feita em estufa de circulação forçada a 65 °C até o peso constante. A matéria seca das cultivares foi enviada ao laboratório de química da Embrapa Milho e Sorgo para determinar os teores de macronutrientes contidos nas plantas, a fim de determinar a extração de cada macronutriente por kg ha⁻¹. No mesmo local em que foram retiradas as plantas para determinação dos teores dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) foram coletadas amostras do solo para compor três repetições na profundidade de 0-20 cm. As amostras de solo foram coletadas na linha e entrelinha da cultura com o auxílio de um trado. Logo após retiradas, as amostras de cada tratamento foram acondicionadas em sacos plásticos identificados, sendo armazenadas em caixa de isopor e encaminhadas para o laboratório de química da Embrapa Milho e Sorgo.

Com os resultados dos teores dos macronutrientes, massa seca de uma planta e a população de plantas final de sorgo de cada

cultivar, foi realizado o cálculo da extração de nutrientes (EN) de cada cultivar, conforme equação abaixo:

$TN * (g \text{ planta}^{-1}) = \text{Massa seca de uma planta (kg)} * \text{Teor do nutriente (g kg}^{-1})$

$EN (kg \text{ ha}^{-1}) = TN * \text{População de plantas final ha}^{-1}$

* Teor de nutriente

No cálculo para o balanço da cultura (BC) para cada macronutriente foram utilizados os dados da adubação e a extração de nutrientes, por meio da equação abaixo:

$BC (kg \text{ ha}^{-1}) = \text{Entrada de Fertilizante (kg ha}^{-1}) - \text{Saída EN (kg ha}^{-1})$

Com os resultados da análise do solo inicial, antes do semeio do sorgo, análise do solo final, após a colheita do sorgo, com os dados da adubação e a extração de nutrientes foi realizado o balanço no solo (BN) de cada macronutriente, de acordo com as equações abaixo:

$\text{Balanço Teórico (BT) (kg ha}^{-1}) = \text{Análise do solo inicial (kg ha}^{-1}) + \text{adubação (kg ha}^{-1}) - \text{EM (kg ha}^{-1})$

$BN (kg \text{ ha}^{-1}) = \text{Análise do solo final (kg ha}^{-1}) - \text{BT (kg ha}^{-1})$

As equações supracitadas foram adaptadas de Oenema et al. (2003).

Os resultados da extração de nutrientes, dos balanços e a produtividade foram submetidos à análise de variância, e as

médias dos tratamentos foram comparadas ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Resultados e Discussão

A média dos resultados da análise química do solo na profundidade de 0-20cm, das diferentes cultivares de sorgo estudada após a colheita está contida na Tabela 3.

Tabela 3. Análises químicas de solo na camada de 0-20 cm, após a colheita de cultivares de sorgo.

Cultivares	pH (água)	Al	Ca	Mg	CTC	K	P	MO	V
		cmol. dm ⁻³				mg dm ⁻³		dag kg ⁻¹	%
CR 1352	5,37	0,05	2,63	0,37	6,65	20,26	6,81	2,09	45,77
CR 1342	5,57	0,04	3,61	0,62	7,64	13,82	7,18	2,24	54,89
CR 1349	5,83	0	3,50	0,74	7,50	29,89	9,01	2,16	57,37
CR 1339	6,27	0	4,09	0,85	7,51	1,29	11,81	2,22	65,03
BRS 716	5,73	0,01	3,28	0,62	6,98	8,03	8,25	2,19	56,06
CMSXS 647	6,7	0	1,56	0,43	5,13	3,40	6,83	2,34	39,66
BRS 716 PD	5,93	0,09	4,34	0,95	7,9	6,84	9,05	1,99	65,46
BRS 511 PD	7,27	0	2,59	0,53	6,16	19,03	10,04	2,32	51,34
BRS 716 CV	5,90	0,02	3,82	0,95	8,44	22,34	13,16	2,23	57,02
BRS 511 CV	6,93	0	1,70	0,57	5,82	13,48	18,35	2,22	40,00

PD= Plantio direto e CV=Plantio convencional

A análise de variância demonstrou que não houve diferença significativa entre as cultivares de sorgo para os teores de todos os macronutrientes extraídos pelas plantas (Tabela 4). O mesmo ocorreu para a produtividade das cultivares de sorgo. Desse modo, os teores de nutrientes extraídos de cada cultivar estão de acordo com a sua respectiva produtividade, e ainda as extrações dos teores de nutrientes dessa cultura independe da

cultivar utilizada nesse tipo de solo estudado. Pitta et al. (2001), em trabalho verificando a extração média de nutrientes pelo sorgo em distintos graus de produtividade, constataram que a extração de N, P, K, Ca e Mg aumentou linearmente conforme o aumento da produtividade, desse modo, como não houve diferença da produtividade das cultivares de sorgo nesse trabalho, era esperado que também não houvesse diferença na extração dos nutrientes.

Tabela 4. Produtividade e extração de macronutrientes de diferentes cultivares de sorgo.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Produtividade
	kg ha ⁻¹					t ha ⁻¹
CR 1352	278,26 a	38,84 a	204,81 a	86,91 a	93,13 a	87,78 a
CR 1342	161,29 a	23,91 a	173,41 a	83,10 a	91,14 a	68,75 a
CR 1349	188,72 a	19,86 a	165,12 a	49,33 a	61,24 a	90,50 a
CR 1339	214,89 a	29,17 a	191,63 a	64,72 a	68,54 a	75,22 a
BRS 716	135,68 a	18,06 a	74,78 a	62,85 a	95,07 a	64,39 a
CMSXS 647	213,22 a	31,15 a	119,61 a	81,51 a	89,67 ^a	72,35 a
DMS	239,52	35,51	288,18	78,75	85,90	36,57
CV %	35,35	47,65	61,25	41,05	36,48	16,97

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A extração de macronutrientes das duas cultivares (BRS 716 e BRS 511) sob os dois sistemas de cultivo (Plantio Direto e Convencional), apresentou interação significativa para todos os teores de macronutrientes ($0,01 < p < 0,05$), sendo estes influenciados pela interação entre o sistema de cultivo e as cultivares (Tabela 5).

Os teores de macronutrientes seguiram a seguinte ordem decrescente de extração: N>K>Mg>Ca>P, para os dois sistemas de cultivo e as duas cultivares. Assim, o N é o nutriente mais requerido pela planta, seguido pelo K. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Cantarella et al. (1996), que apontaram que para a produção de 1 t de grãos são exportados 17 kg de N e 5 kg de K.

A produtividade foi significativa ($0,01 \leq p < 0,05$) na interação do sistema de cultivo e as cultivares. Embora Pitta et al. (2001) tivessem afirmado que o aumento da produtividade aumenta a extração de nutrientes das plantas de sorgo, a cultivar BRS 511 se comportou de forma contrária, apresentando uma maior extração de N, P e K e uma menor produtividade quando comparado com a cultivar BRS 716. A cultivar BRS 511 exige mais nutrientes para o seu crescimento, no entanto, a relação não é proporcional, comparando-se com a cultivar BRS 716, que tem uma produção maior e requisita uma menor quantidade de nutrientes do solo.

O balanço da cultura (entrada de adubo – exportação da cultura) para o N foi negativo para todas as cultivares estudadas, exceto para a cultivar BRS 716 (Tabela 6). O que implica que adubação somente não seria suficiente para suprir as necessidades da cultura. No entanto, o solo em estudo apresentava uma quantidade de N estocado no suficiente para suprir as necessidades de todas as cultivares com relação a esse nutriente.

Tabela 5. Extração de macronutrientes por duas cultivares de sorgo em diferentes sistemas produtivos.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	Produti- vidade t ha ⁻¹
BRS 716(CONV)	203,26 ab	28,16 bc	197,87 ab	87,96 ab	105,26 ab	122,08 a
BRS 511(CONV)	194,51 b	39,64 b	172,88b	58,00 b	75,29 b	45,68 b
BRS 716(PD)	118,17 c	16,49 c	96,84 b	62,35 ab	70,31 b	67,28 b
BRS 511(PD)	491,05 a	86,53 a	435,49 a	132,75 a	163,89 a	65,66 b
DMS	116,85	21,56	121,49	52,84	54,83	26,14
CV%	24,53	26,82	28,61	32,93	28,10	18,48

Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%. Colunas sem letras significam que não houve interação entre o tratamento e a cultivar.

O balanço no solo de N (N solo final + exportado = N solo inicial + N adubado) foi positivo para todas as cultivares estudadas que foram cultivadas no sistema de plantio direto, exceto para a cultivar BRS 716 (Tabela 6). Assim, o teor de N no solo depois da colheita da maioria das cultivares apresentou aumento, mesmo com a exportação desse nutriente pelas cultivares. Em estudo, em cultivo orgânico de beterraba, feijão-de-vagem e de cenoura na presença ou ausência de faixas de guandu, com ou sem incorporação da biomassa proveniente da poda do guandu, Alves et al. (2004) verificaram excedente no balanço de N para o cultivo de cenoura nos tratamentos com a incorporação da biomassa: ocorreu um excesso de +293 kg ha⁻¹ de N no tratamento com as faixas de guandu e um excedente de +280 kg ha⁻¹ de N no tratamento com a ausência das faixas de guandu.

Tabela 6. Balanço de N na cultura do sorgo e no solo (camada de 0-20 cm) sob sistema plantio direto.

	Cultivares de sorgo					
	CR 1352	CR 1342	CR 1349	CR 1339	BRS 716	CMSXS 647
Balanço na cultura						
Entrada						
Fertilizante	152	152	152	152	140	140
Saída						
Biomassa	278,26	161,29	188,72	214,89	135,68	213,22
Saldo ⁽¹⁾	-126,26 a	-9,29 a	-36,72 a	-62,89 a	+4,32 a	-73,22 a
Balanço no solo						
N solo Inicial	2120	2120	2120	2120	2120	2120
Total ⁽²⁾	1993,74	2110,71	2083,28	2057,11	2124,32	2046,78
N solo Final	2090	2240	2160	2220	2190	2340
Saldo ⁽³⁾	92,92 a	125,96 a	80,06 a	159,56 a	69,01 a	293,22 a

– Total ⁽²⁾, CV% 22,61 e DMS 683,92. Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%.

Os autores verificaram ainda um déficit de N para o cultivo de beterraba mais feijão-de-vagem sem a incorporação da biomassa -27 kg ha^{-1} ; esse valor negativo em médio prazo pode inferir a diminuição da fertilidade do solo e, assim, requisitar uma maior adubação no solo para a próximo cultivo. Já o balanço positivo pode ser benéfico em curto prazo ou não, pois o excedente do nutriente pode ser lixiviado ou imobilizado no solo.

O balanço da cultura de N (entrada de adubo – exportação da cultura) foi negativo para a cultivar BRS 511 nos dois sistemas de cultivo e para BRS 716 no sistema convencional.

As cultivares se comportaram de maneira contrária, sendo notadamente influenciadas pelo sistema de cultivo. No caso do balanço no solo de N ele apresentou déficit do nutriente para a cultivar BRS 716 nos dois sistemas de cultivo, e para a cultivar BRS 511 houve excedente de N no plantio direto e déficit para o sistema convencional. Esses últimos dados estão coerentes com a literatura, na qual ocorre a decomposição de restos culturais no plantio direto, e assim há uma maior liberação de N no solo, havendo um aumento do elemento (Tabela 7).

Tabela 7. Balanço de N na cultura do sorgo e no solo (camada de 0-20 cm) em diferentes sistemas de cultivo.

	Convencional		Plantio Direto	
	Cultivares de sorgo			
	BRS 716	BRS 511	BRS 716	BRS 511
Balanço na cultura	kg ha ⁻¹			
Entrada				
Fertilizante	152	152	152	152
Saída				
Biomassa	203,26	194,51	118,17	491,05
Saldo ⁽¹⁾	-51,26 a	-42,51 a	33,83 a	-339,05 b
Balanço no solo	kg ha ⁻¹			
N solo Inicial	2340	2340	2120	2120
Total ⁽²⁾	2288,74	2297,49	2153,83	1780,95
N solo Final	2226,67	2213,33	1993,33	2316,67
Saldo ⁽³⁾	-62,08 a	-84,15 a	-160,50 a	535,71 b

⁽¹⁾ Entrada - Saída, CV% 15,43 e DMS 116,22; ⁽²⁾ N solo inicial + saldo ⁽¹⁾; saldo ⁽³⁾ N solo final - Total ⁽²⁾, CV% 35,62 e DMS 373,61. Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%.

O balanço da cultura de P foi positivo para todas as cultivares, exceto para as cultivares BRS 716 e CMSXS 647, que receberam adubação diferente como adubo Polybren, que não contém o fósforo na sua composição. Desse modo, a quantidade de P aplicado no solo foi maior que as exigências da cultura e esse excedente de P, poderá ou não ser incorporado no solo. Como esperado, o balanço de P no solo foi negativo para todas as cultivares, ou seja, o fósforo excedente no solo pela adubação e o presente no solo inicialmente foi perdido ou retido pelo solo (Tabela 8). Segundo Alves et al. (2004), solos que apresentam déficit ou pequeno excedente de N e P, com base no balanço nutricional, deveriam ter uma aplicação de doses mais altas de fertilizantes externos. Zaia e Gama-Rodrigues (2004), em estudo com três diferentes espécies de eucalipto, *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis* e *E. pellita*, com idade de cinco anos, em solos de tabuleiros (Latosolo e Argissolo Amarelo), também encontraram valores negativos do balanço de P para as espécies *E. camaldulensis* e *E. pellita* -1,9 e -4,1 kg ha⁻¹, respectivamente.

De acordo com o balanço de P na cultura e no solo, os sistemas de cultivo e as cultivares apresentaram o mesmo comportamento, com excedente do nutriente para o balanço na cultura e déficit para o balanço no solo (Tabela 9). Resultado semelhante foi encontrado no trabalho de Gatto et al. (2014), no qual realizou-se o balanço de nutrientes de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* com cinco anos de idade, na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal. Os autores verificaram um pequeno excedente, no entanto, afirmaram um déficit de 10,66 kg ha⁻¹ de P analisando um segundo ciclo da floresta, havendo assim, a necessidade de adubação desse nutriente para um

novo ciclo, assim como deveria haver a adubação de P para os próximos plantios de sorgo, de acordo com esse estudo.

Tabela 8. Balanço de P na cultura do sorgo e no solo (camada de 0-20 cm) sob sistema plantio direto.

	Cultivares de sorgo					
	CR 1352	CR 1342	CR 1349	CR 1339	BRS 716	CMSXS 647
Balanço na cultura						
Entrada						
Fertilizante	112	112	112	112	0	0
Saída						
Biomassa	38,84	23,91	19,86	29,17	18,06	31,15
Saldo ⁽¹⁾	73,16 a	88,09 a	92,14 a	82,83 a	-18,06 b	-31,15 b
Balanço no solo						
P solo Inicial	55,10	55,10	55,10	55,10	55,10	55,10
Total ⁽²⁾	128,25	143,19	147,24	137,93	37,04	23,95
P solo Final	13,61	14,36	18,02	23,61	16,51	13,66
Saldo ⁽³⁾	-114,64 bc	-128,83 c	-129,22 c	-114,32 bc	-20,53 a	-10,28 a

⁽¹⁾ Entrada - Saída, CV% 7,87 e DMS 33,51; ⁽²⁾ P solo inicial + saldo ⁽¹⁾; saldo ⁽³⁾ P solo final - Total ⁽²⁾, CV% 10,80 e DMS 34,27. Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%.

As cultivares CR 1342 e CR 1349 foram as únicas que apresentaram balanço positivo de K; nas demais cultivares o balanço foi negativo. (Tabela 10), conforme resultados encontrados por Cantarella et al. (1996). No entanto, o que tinha desse nutriente no solo e mais o que foi aplicado no solo seriam suficientes para suprir as necessidades das cultivares CR 1352, CR 1342, CR 1349 e CR 1339. Para as cultivares BRS 716 e CMSXS 647, com aplicação de Polybren no sistema convencional, a quantidade de K no solo foi insuficiente.

Tabela 9. Balanço de N na cultura do sorgo e no solo (camada de 0-20 cm) em diferentes sistemas de cultivo.

	Convencional		Plantio Direto	
	Cultivares de sorgo			
	BRS 716	BRS 511	BRS 511	BRS 511
Balanço na cultura	kg ha ⁻¹			
Entrada				
Fertilizante	112	112	112	112
Saída				
Biomassa	28,16	39,65	16,49	86,53
Saldo ⁽¹⁾	83,84 a	72,35 a	95,51 a	25,47 b
Balanço no solo	kg ha ⁻¹			
P solo Inicial	48,52	48,52	55	55
Total ⁽²⁾	132,36	120,87	150,60	80,56
P solo Final	26,31	36,71	18,09	20,08
Saldo ⁽³⁾	-106,05 a	-84,16 a	-132,51 a	-60,48 b

Entrada - Saída, CV% 16,53 e DMS 21,56; ⁽²⁾ P solo inicial + saldo ⁽¹⁾; saldo ⁽³⁾ P solo final - Total ⁽²⁾, CV% 15,08 e DMS 29,57. Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%.

O balanço do solo de K foi positivo para as cultivares CR 1352, CR 1349, BRS 716 e CMSXS 647 e negativo para as cultivares CR 1342 e CR 1339. A partir desses dados, observa-se que houve um acréscimo do nutriente em razão provavelmente das transformações do K no solo, pois, segundo Rosolem et al. (1988), o potássio da solução do solo pode ser sorvido pelas plantas, fixado às cargas negativas do solo, adsorvido em formas não trocáveis ou lixiviado para as camadas mais densas, longe das raízes de absorção.

Tabela 10. Balanço de K na cultura do sorgo e no solo (camada de 0-20 cm) sob sistema plantio direto.

	Cultivares de sorgo					
	CR 1352	CR 1342	CR 1349	CR 1339	BRS 716	CMSXS 647
Balanço na cultura						
Entrada						
Fertilizante	184	184	184	184	0	0
Saída						
Biomassa	204,81	173,41	165,12	191,63	74,78	119,61
Saldo ⁽¹⁾	-20,81 a	10,59 a	18,88 a	-7,63 a	-74,78 a	-119,61 a
Balanço no solo						
K solo Inicial	34,34	34,34	34,34	34,34	34,34	34,34
Total ⁽²⁾	13,53	44,93	53,22	26,71	-40,44	-85,27
K solo Final	40,52	27,63	59,78	2,58	16,05	6,80
Saldo ⁽³⁾	26,99 a	-17,30 a	6,56 a	-24,13 a	56,49 a	92,07 a

⁽¹⁾ Entrada - Saída, CV% 21,44 e DMS 295,89; ⁽²⁾ K solo inicial + saldo ⁽¹⁾; saldo ⁽³⁾ K solo final - Total ⁽²⁾, CV% 47,48 e DMS 300,77. Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%.

As cultivares apresentaram influências do sistema de cultivo para o balanço na cultura de K, sendo positivo no sistema de plantio direto para BRS 716 e negativo para BRS 511; e o contrário no sistema convencional, a interação foi significativa ($0,01 \leq p < 0,05$) (Tabela 11). Já o balanço do solo de K foi negativo para o sistema convencional para as duas cultivares e para a cultivar BRS 716 no plantio direto, o que implica perda desse nutriente por lixiviação ou adsorção no solo. Apenas a cultivar BRS 511 no sistema de plantio direto apresentou um balanço positivo de K no solo, possivelmente em razão do sistema de cultivo, que liberou mais o nutriente dos restos culturais para a solução do solo.

Calonego e Rosolem (2013), em trabalho realizado por dois anos em um Latossolo Vermelho com 420 g kg^{-1} de argila na cidade de Botucatu-SP, constataram que as perdas de potássio foram de 120 a 160 kg ha^{-1} para a safra milho no verão e de 115 a 150 kg ha^{-1} para a cultura da soja. Zaia e Gama-Rodrigues (2004), em seu estudo com três diferentes espécies de eucalipto, *Eucalyptus grandis*, *E. camaldulensis* e *E. pellita*, com idade de cinco anos, em solos de tabuleiros (Latossolo e Argissolo Amarelo), também encontraram valores negativos do balanço de K para as espécies *E. camaldulensis* e *E. pellita* $-34,2$ e $-8,7 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente, e para o *Eucalyptus grandis* o balanço foi positivo $+18,3 \text{ kg ha}^{-1}$, mostrando, desse modo, que o balanço de K pode ser influenciado pela espécie de planta.

Os balanços na cultura e no solo de Ca e Mg foram positivos para todas as cultivares (Tabela 12 e 14). Os balanços também apresentaram valores positivos para os dois sistemas de cultivo e as duas cultivares (Tabela 13 e 15). Com base nos resultados encontrados é possível verificar que a quantidade de Ca e Mg disponível no solo foi suficiente para suprir as necessidades da cultura, pois a extração foi baixa. No entanto, normalmente ocorre a aplicação do calcário, a fim de neutralizar o alumínio do solo, e com isso pode ocorrer o aumento desses

nutrientes no solo, superiores às exigências da cultura (SILVA, 1980), fato que pode explicar o balanço positivo encontrado nesse trabalho. A relação desses dois nutrientes no solo pode influenciar na absorção deles, e na dos outros nutrientes. Segundo Moreira et al. (1999), essa relação tem importância por causa de uma concorrência entre cálcio e magnésio pelos sítios de adsorção no solo, podendo afetar o desenvolvimento das plantas.

Tabela 11. Balanço de K na cultura do sorgo e no solo (camada de 0-20 cm) em diferentes sistemas de cultivo.

	Convencional		Plantio Direto	
	Cultivares de sorgo			
	BRS 716	BRS 511	BRS 716	BRS 511
Balanço na cultura	kg ha ⁻¹			
Entrada				
Fertilizante	184	184	184	184
Saída				
Biomassa	197,87	172,88	96,84	435,49
Saldo ⁽¹⁾	-13,87 a	11,12 a	87,16 a	-251,49 b
Balanço no solo	kg ha ⁻¹			
K solo Inicial	85,34	85,34	34,34	34,34
Total ⁽²⁾	71,47	96,46	121,50	-217,15
K solo Final	44,68	26,95	13,69	38,05
Saldo ⁽³⁾	-26,79 ab	-69,50 b	-107,81 b	255,20 a

Entrada - Saída, CV% 14,10 e DMS 121,58; ⁽²⁾ K solo inicial + saldo ⁽¹⁾; saldo ⁽³⁾ K solo final - Total ⁽²⁾, CV% 33,20 e DMS 132,94. Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 12. Balanço de Ca na cultura do sorgo e no solo (camada de 0-20 cm) sob sistema plantio direto.

	Cultivares de sorgo					
	CR 1352	CR 1342	CR 1349	CR 1339	BRS 716	CMSXS 647
Balanço na cultura						
Entrada						
Fertilizante	427,81	427,81	427,81	427,81	427,81	427,81
Saída						
Biomassa	86,91	83,10	49,33	64,72	62,85	81,51
Saldo ⁽¹⁾	340,9 b	344,71 b	378,48 ab	363,09 b	364,96 b	346,3 b
Balanço no solo						
Ca solo Inicial	109,48	109,48	109,48	109,48	109,48	109,48
Total ⁽²⁾	450,38	454,19	487,96	472,57	474,44	455,78
Ca solo Final	2054,05	2820,41	2737,00	3198,38	2562,35	1217,31
Saldo ⁽³⁾	1603,67 ab	2366,22 a	2249,04 ab	2725,81 a	2087,91 ab	761,53 bc

Entrada - Saída, CV% 18,22 e DMS 196,72; ⁽²⁾ Ca solo inicial + saldo ⁽¹⁾; saldo ⁽³⁾ Ca solo final - Total ⁽²⁾, CV% 20,85 e DMS 1, 54. Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%.

O alto valor do teor de Ca no balanço solo final (761,53 a 2725,81 kg ha⁻¹) sugere que houve uma liberação e/ou decomposição desse para o solo, por causa do aumento da saturação de bases (V%). O teor de Mg acompanhou o aumento do teor de Ca, porém em menor proporção, indicando como outros autores já relataram que, na troca catiônica, o Ca prevalece sobre o Mg.

O balanço no solo de Mg também foi alto (119,05 a 426,37 kg ha⁻¹) e esse excedente de Mg no solo, assim como o de Ca, é preocupante, pois pode desequilibrar o sistema e prejudicar a absorção dos outros nutrientes pelas plantas. Por exemplo, em trabalho realizado por Moreira et al. (1999), altos teores de cálcio e magnésio no solo provocaram inibição competitiva de K (Ca: Mg 1:0 =K 99,3 mg dm³ e Ca: Mg 3:1 =K 64 mg dm³). No entanto, esses excedentes, desde que não sejam lixiviados, poderão ser usados para o próximo plantio e não será preciso uma nova calagem do solo, conforme os resultados do balanço.

De acordo com as Tabelas 13 e 15, os resultados demonstram que o sistema de cultivo não interfere no balanço de solo de Ca e Mg, ou seja, a quantidade de palha ou restos culturais deixados pela cultura anterior não interfere na troca catiônica no solo, ou seja, apenas um ciclo da cultura não é o suficiente para verificar a interferência desse sistema de cultivo para os dois nutrientes citados. No entanto, a cultivar BRS 716 apresentou um maior excedente significativo de Mg, nos dois sistemas de cultivo, quando comparada com a cultivar BRS 511.

Tabela 13. Balanço de Ca na cultura do sorgo e no solo (camada de 0-20 cm) em diferentes sistemas de cultivo.

	Convencional		Plantio Direto	
	Cultivares de sorgo			
	BRS 716	BRS 511	BRS 716	BRS 511
Balanço na cultura	kg ha ⁻¹			
Entrada				
Fertilizante	262,36	262,36	427,81	427,81
Saída				
Biomassa	87,96	58,00	62,35	132,75
Saldo⁽¹⁾	174,40 c	204,36 c	365,46 a	295,06 b
Balanço no solo	kg ha ⁻¹			
Ca solo Inicial	531,76	531,76	109,48	109,48
Total ⁽²⁾	706,16	736,12	474,94	404,54
Ca solo Final	2989,85	1326,79	3396,49	2022,77
Saldo⁽³⁾	2283,69 a	590,67 b	2921,55 a	1618,23 a

Entrada - Saída, CV% 15,85 e DMS 52,84; ⁽²⁾ Ca solo inicial + saldo ⁽¹⁾; saldo ⁽³⁾ Ca solo final - Total ⁽²⁾, CV% 41,20 e DMS 1,01. Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 14. Balanço de Mg na cultura do sorgo e no solo (camada de 0-20 cm) sob sistema plantio direto.

	Cultivares de sorgo					
	CR 1352	CR 1342	CR 1349	CR 1339	BRS 716	CMSXS 647
Balanço na cultura						
Entrada						
Fertilizante	239,10	239,10	239,10	239,10	239,10	239,10
Saída						
Biomassa	93,13	91,14	61,24	68,54	95,07	89,67
Saldo ⁽¹⁾	145,97 a	147,96 a	177,86 a	170,56 a	144,03 a	149,43 a
Balanço no solo						
Mg solo Inicial	70,38	70,38	70,38	70,38	70,38	70,38
Total ⁽²⁾	216,35	218,34	248,24	240,94	214,41	219,81
Mg solo Final	289,34	487,45	576,07	667,31	484,84	338,87
Saldo ⁽³⁾	72,99 ab	269,11 ab	327,83 ab	426,37 a	270,43 ab	119,05 ab

Entrada - Saída, CV% 29,11 e DMS 138,34; ⁽²⁾ Mg solo inicial + saldo ⁽¹⁾; saldo ⁽³⁾ Mg solo final - Total ⁽²⁾, CV% 23,46 e DMS 529,04 Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 15. Balanço de Mg na cultura do sorgo e no solo (camada de 0-20 cm) em diferentes sistemas de cultivo.

	Convencional		Plantio Direto	
	Cultivares de sorgo			
	BRS 716	BRS 511	BRS 716	BRS 511
Balanço na cultura	kg ha ⁻¹			
Entrada				
Fertilizante	146,63	146,63	239,10	239,10
Saída				
Biomassa	105,26	75,29	70,31	163,89
Saldo ⁽¹⁾	41,37 b	71,34 b	168,79 a	75,21 b
Balanço no solo	kg ha ⁻¹			
Mg solo Inicial	273,60	273,60	70,38	70,38
Total ⁽²⁾	315,07	345,04	239,17	145,59
Mg solo Final	740,29	448,35	742,90	414,46
Saldo ⁽³⁾	425,22 a	103,31 b	503,73 a	268,87 b

Entrada - Saída, CV% 26,69 e DMS 54,83; ⁽²⁾ Mg solo inicial + saldo ⁽¹⁾; saldo ⁽³⁾ Mg solo final - Total ⁽²⁾, CV% 55,99 e DMS 242,40. Valores seguidos pela mesma letra não diferem na mesma coluna pelo teste de Tukey a 5%.

Conclusões

1. O balanço no solo foi positivo para a maioria dos nutrientes (N, K, Ca e Mg).
2. As seis cultivares de sorgo estudadas não se distinguiram na exportação dos macronutrientes.
3. O sistema de cultivo influenciou na exportação de N e P para as cultivares BRS 716 e BRS 511.
4. Os sistemas de cultivo, em geral, não apresentaram interferência com relação aos balanços no solo.
5. O incremento no teor de Ca no solo foi alto, podendo provocar desequilíbrio de nutrientes no solo.

Referências

ALVES, S. M. C.; ABBOUD, A. D. S.; RIBEIRO, R. D. L. D.; ALMEIDA, D. L. D. Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após a incorporação de biomassa de guandu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 11, p. 1111-1117, 2004.

BARROS, N. D.; NOVAIS, R. D.; TEIXEIRA, J. L.; FERNANDES FILHO, E. I. NUTRICALC 2.0: sistema para cálculo del balance nutricional y recomendación de fertilizantes para el cultivo de eucalipto. **Bosque**, Valdivia, v. 16, n. 1, p. 129-131, 1995.

BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, 1993. 301 p.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A. Phosphorus and potassium balance in a corn-soybean rotation under no-till and chiseling. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 96, n. 1, p. 123-131, 2013.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 45-71. (Boletim Técnico, 100).

DEZORDI, L. R.; AQUINO, L. A. D.; NOVAIS, R. F.; AQUINO, P. M. D.; SANTOS, L. P. D. D. Nutrient recommendation model for carrot crop-ferticalc carrot. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 6, p. 1714-1722, 2015.

FERREIRA, E. V. D. O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M. H.; MARTINS, A. P.; CARVALHO, P. C. D. F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 161-169, 2011.

GATTO, A.; BUSSINGUER, A. P.; RIBEIRO, F. C.; AZEVEDO, G. B. de; BUENO, M. C.; MONTEIRO, M. M.; SOUZA, P. F. de. Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de *Eucalyptus* sp., no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 38, n. 3, p. 879-887, 2014.

GUSTAFSON, G. M.; SALOMON, E.; JONSSON, S.; STEINECK, S. Fluxes of K, P, and Zn in a conventional and an organic dairy farming system through feed, animals, manure, and urine: a case study at Öjebyn, Sweden. **European Journal of Agronomy**, v. 20, n. 1, p. 89-99, 2003.

GUSTAFSON, G. M.; SALOMON, E.; JONSSON, S. Barn balance calculations of Ca, Cu, K, Mg, Mn, N, P, S and Zn in a conventional and organic dairy farm in Sweden. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 160-170, 2006.

MOREIRA, A.; CARVALHO, J. G. de; EVANGELISTA, A. R. Influência da relação cálcio: magnésio do corretivo na nodulação, produção e composição mineral da alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 2, p. 249-255, 1999.

MUNOZ HERNANDEZ, R. J.; SILVEIRA, R. I. Efeito da saturação por bases, relações Ca: Mg no solo e níveis de fósforo sobre

a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 1, p. 79-85, 1998.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

OENEMA, O.; KROS, H.; DE VRIES, W. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. **European Journal of Agronomy**, v. 20, n. 1, p. 3-16, 2003.

PITTA, G. V. E.; VASCONCELLOS, C. A.; ALVES, V. M. C. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. (Ed.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. cap. 9, p. 243-262.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R.; RIBEIRO, D. B. O. Formas de potássio no solo e nutrição potássica da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 12, p. 121-125, 1988.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27-32, 2011.

SANTOS, F. C.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SEDIYAMA, C. S. Modelagem na recomendação de corretivos e

fertilizantes para a cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1661-1674, 2008.

SILVA, J. E. da. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solos sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 15, n. 3, p. 329-333, 1980.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, p. 477-486, 2006.

SILVA, A. P. D.; ALVAREZ, V.; HUGO, V.; SOUZA, A. P. D.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; DANTAS, J. P. Fertilizer and lime recommendation system for pineapple-fertcalc-abacaxi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1269-1280, 2009.

ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 843-852, 2004.

WATSON, C. A.; BENGTSSON, H.; EBBESVIK, M.; LØES, A. K.; MYRBECK, A.; SALOMON, E.; STOCKDALE, E. A. A review of farm-scale nutrient budgets for organic farms as a tool for management of soil fertility. **Soil Use and Management**, Oxford, v. 18, n. 1, p. 264-273, 2002.

Embrapa

Milho e Sorgo

CGPE - 14072



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

