

233

Circular
TécnicaSete Lagoas, MG
Dezembro, 2017**Autores****Flávia Cristina dos Santos**Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição
de Plantas, Pesquisadora da Embrapa
Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45,
Caixa Postal: 285, CEP 35701-970, Sete
Lagoas, MG,
flavia.santos@embrapa.br**Álvaro Vilela de Resende**Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição
de Plantas, Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45,
Caixa Postal: 285, CEP 35701-970, Sete
Lagoas, MG,
alvaro.resende@embrapa.br**Alexandre Martins Abdão dos Passos**Eng.-Agrôn., D.Sc. em Fitotecnia,
Pesquisador da Embrapa Milho e
Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Caixa
Postal: 285, CEP 35701-970, Sete
Lagoas, MG,
alexandre.abdao@embrapa.com.br**Maria Lúcia Ferreira Simeone**Química, D.Sc. em Química Orgânica,
Pesquisadora da Embrapa Milho e
Sorgo, Rod. MG 424, km 45, Caixa
Postal: 285, CEP 35701-970, Sete
Lagoas, MG,
marialucia.simeone@embrapa.br**Manoel Ricardo de Albuquerque Filho**Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição
de Plantas, Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 45,
Caixa Postal: 285, CEP 35701-970, Sete
Lagoas, MG,
manoel.ricardo@embrapa.br**Rafael Augusto da Costa Parrella**Eng.-Agrôn., D.Sc. em Genética e
Melhoramento de Plantas, Pesquisador
da Embrapa Milho e Sorgo, Sete
Lagoas, MG, rafael.parrella@embrapa.br**Guilherme Moura Ferreira Júlio**Graduando em Engenharia
Agrônoma pela Universidade
Federal de São João del-Rei/UFESJ e
Bolsista PIBIC do CNPq na Embrapa
Milho e Sorgo, Rod.MG-424, Km 47,
s/n - Indústrias, Sete Lagoas - MG,
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG;
guilhermemoura15@hotmail.com**Embrapa**

Demanda Nutricional do Sorgo Biomassa para a Recomendação de Adubação

Introdução

No Brasil, significativa parte da demanda na matriz energética é atendida por energia gerada em hidrelétricas (cerca de 68% em 2017, segundo o Ministério de Minas e Energia). Entretanto, os problemas de déficit hídrico enfrentados pelo País nos últimos anos, bem como o aumento populacional, têm contribuído para a elevação do preço da energia e da demanda energética. Como resposta a esta situação, emerge a necessidade de se buscar alternativas para a geração de energia e, neste contexto, destaca-se a utilização de fontes renováveis, tal como a queima de biomassa de plantas para produção de energia elétrica (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017).

Dentre as matérias primas existentes para essa finalidade, destaca-se a cultura do sorgo biomassa, que apresenta maior tolerância ao déficit hídrico, é mecanizável da semeadura à colheita e quando manejada de forma correta atinge produtividades elevadas, com relatos de rendimentos de mais de 100 toneladas de massa verde por hectare em algumas condições (VINUTHA et al., 2014).

Contudo, em razão da sua relativa rusticidade, o sorgo costuma ser cultivado em áreas menos aptas e com um manejo de correção do solo e adubação inapropriada, apesar de ser comprovadamente uma cultura responsiva à fertilização (RESENDE et al., 2009). Adicionalmente, as recomendações de corretivos e fertilizantes existentes se concentram em pesquisas realizadas com o sorgo granífero e forrageiro, sendo recentes as pesquisas envolvendo cultivares de sorgo voltadas para a produção de biomassa.

Na utilização do sorgo para produção de biomassa, é feita a colheita da planta inteira, o que resulta em elevada exportação de nutrientes da área de cultivo, o que pode comprometer a viabilidade desta atividade agrícola, por critérios econômicos ou mesmo de sustentabilidade da produção, caso não haja uma reposição adequada dos nutrientes via corretivos e fertilizantes (químico e orgânico).

Dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) e potássio (K) merecem atenção por serem elementos absorvidos em maiores quantidades pelas plantas de sorgo e estarem associados a ganhos de produtividade. Conseqüentemente, em condições de solos tropicais, normalmente são necessárias altas doses desses nutrientes via adubação. Além disso, o nitrogênio e o potássio apresentam mobilidade relativa no solo, com possibilidade de perdas por lixiviação, que é favorecida pela aplicação de

doses elevadas, principalmente em solos com textura mais arenosa e sob regime hídrico mais intenso.

O fósforo, por sua vez, é um dos nutrientes limitantes para a produção agrícola em solos tropicais intemperizados, que normalmente apresentam elevado potencial de adsorção de fosfato, principalmente quando a textura é mais argilosa. Cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e micronutrientes, estes últimos absorvidos em menores quantidades, também não podem ser negligenciados, uma vez que um bom programa de nutrição de plantas deve envolver o equilíbrio nutricional entre todos os elementos essenciais. Portanto, o manejo de todos os nutrientes na cultura do sorgo biomassa merece especial atenção visando o aumento da eficiência técnica, econômica e ambiental nessa atividade produtiva.

Frente a estes fatos, há alguns anos vêm sendo desenvolvidas pesquisas na Embrapa Milho e Sorgo com a cultura do sorgo biomassa (SANTOS et al., 2013, 2015, 2016; SANTOS; RESENDE, 2013), envolvendo o manejo da fertilidade do solo e exigências nutricionais da planta, com foco em análises de produtividade e extração de nutrientes pelas plantas visando fornecer subsídios para a elaboração de recomendações de doses e manejo de corretivos e fertilizantes para a cultura, de acordo com o potencial de produtividade almejada.

Sendo o dimensionamento da adubação dependente do balanço entre o requerimento de nutrientes pela cultura, para uma dada produtividade, e o suprimento de nutrientes provenientes do solo e da ciclagem dos restos vegetais existentes na lavoura, esta publicação objetiva apresentar informações de extração de nutrientes pelo sorgo biomassa, visando subsidiar as recomendações de fertilizantes para o seu cultivo.

Extração de Nutrientes pelo Sorgo Biomassa

A extração de nutrientes pelas plantas sofre influência de diversos fatores, como genética, estágio fenológico e estado fitossanitário da lavoura, pH do solo, umidade e capacidade tampão, disponibilidade de nutriente no solo, localização e fonte do adubo, sistemas de produção, entre outros (BULLEN et al., 1983; BORKERT; BARBER, 1985; RUIZ et al., 1990; SANTOS et al., 2008). A combinação destes diversos fatores determina a produtividade primária da cultura, interferindo no nível de extração de nutrientes, o que definirá a demanda nutricional.

Valores de extração de nutrientes pelo sorgo biomassa, obtidos em diversos experimentos da Embrapa Milho e Sorgo, entre os anos de 2010 e 2016, são apresentados na Tabela 1. Esses dados permitem estimar demandas de nutrientes pela cultura, de acordo com níveis de produtividade mais baixos (massa seca < 20 t ha⁻¹) e níveis mais elevados (massa seca > 20 t ha⁻¹).

Pela análise dos dados da Tabela 1, observa-se que, embora as taxas médias de extração de macronutrientes nas duas faixas de produtividade tenham ficado muito próximas, os cultivos mais produtivos tendem a ser também mais eficientes na utilização dos nutrientes absorvidos, pois para cada tonelada de biomassa seca produzida acumulam menor quantidade de nutrientes, à exceção do Mg. Entretanto, ao se calcular as quantidades extraídas por hectare, constata-se, como esperado, maior demanda de nutrientes no caso de produtividades acima de 20 t ha⁻¹ de massa seca. Assim, a exportação média de macronutrientes pela colheita das plantas com produtividade acima de 20 t ha⁻¹ de massa seca seria, em ordem decrescente, de 232, 161, 75, 50, 17 e 15 kg ha⁻¹ de K, N, Ca, Mg, P e S, respectivamente. Para produtividades menores que 20 t ha⁻¹ de massa seca, esses valores seriam de 197, 116, 50, 32, 12 e 10 kg ha⁻¹ para K, N, Ca, Mg, P e S, respectivamente.

Tabela 1. Produtividade de massa seca (MS) e extração de macro e micronutrientes por tonelada de massa seca de parte aérea produzida por genótipos de sorgo biomassa, com níveis de produtividade abaixo ou acima de 20 t ha⁻¹. Sete Lagoas-MG

Genótipo	MS t ha ⁻¹	kg t ⁻¹							g t ⁻¹						
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Safra			
MS < 20 t ha⁻¹															
CMSXS 7012	12,88	6,20	0,72	14,54	3,38	2,01	0,70	2,96	196,57	41,20	13,90	2013/2014			
CMSXS7020	15,54	7,84	0,85	11,29	3,30	2,73	0,61	3,34	156,69	54,27	12,44	2011/2012			
CMSXS7022	16,86	6,97	0,94	11,20	2,76	1,54	0,63	2,96	217,73	27,41	8,39	2013/2014			
CMSXS7026	17,61	8,40	0,81	9,57	2,38	1,38	0,72	2,54	223,33	28,70	8,47	2013/2014			
CMSXS7031	17,69	5,60	0,66	8,65	2,89	1,95	0,54	2,73	152,23	31,78	10,66	2013/2014			
CMSXS7028	17,72	6,73	0,74	14,07	3,33	2,19	0,64	3,73	176,30	29,64	13,86	2013/2014			
CMSXS7027	19,77	6,20	0,49	12,32	2,82	1,53	0,53	2,70	172,50	29,67	5,61	2013/2014			
Média	16,87	6,85	0,74	11,66	2,98	1,90	0,62	2,99	185,05	34,67	10,48				
MS > 20 t ha⁻¹															
CMSXS 7015	21,46	6,93	0,84	11,97	3,25	2,30	0,64	3,13	372,73	26,82	11,38	2010/2011			
CMSXS7015	22,06	5,73	0,45	6,68	2,85	1,94	0,69	2,05	145,78	48,49	11,62	2013/2014			
CMSXS7023	22,15	4,87	0,58	8,14	2,65	1,75	0,49	2,52	144,83	27,08	8,22	2013/2014			
CMSXS7025	22,39	5,43	0,62	13,29	3,22	2,04	0,56	2,57	180,03	28,52	9,44	2013/2014			
CMSXS7021	22,44	7,17	0,78	7,28	1,98	1,35	0,57	2,12	145,00	19,99	4,71	2013/2014			
CMSXS7030	23,24	7,10	0,68	10,94	2,84	1,83	0,70	2,95	183,63	34,66	10,46	2013/2014			
CMSXS652	23,34	7,80	1,00	8,55	3,93	2,23	0,69	3,33	196,27	53,65	12,59	2011/2012			
CMSXS7024	24,12	5,77	0,62	11,74	3,02	1,81	0,62	2,82	204,60	28,01	9,26	2013/2014			
CMSXS7029	24,20	5,47	0,51	13,01	2,98	1,97	0,55	2,83	205,73	38,71	10,74	2013/2014			
CMSXS 7016	24,88	6,60	0,96	9,59	2,83	2,09	0,68	2,80	241,33	29,44	10,81	2013/2014			
BRS716	26,19	6,74	0,55	6,07	3,02	2,27	0,52	2,78	225,33	48,90	15,11	2016/2017			
CMSXS7015	32,54	7,05	0,79	6,89	3,37	2,23	0,65	3,88	799,39	59,66	11,17	2014/2015			
BRS 716	37,16	6,82	0,45	6,13	2,69	2,28	0,54	2,99	222,70	63,27	18,14	2016/2017			
Média	25,09	6,42	0,68	9,25	2,97	2,01	0,61	2,83	251,33	39,02	11,05				

As extrações médias de nutrientes pelo sorgo biomassa ficaram abaixo dos valores obtidos por Franco (2011), à exceção do Mg, com as culturas do sorgo forrageiro BRS 610, (331, 289, 104, 49, 34 e 20 kg ha⁻¹ de K, N, Ca, P, Mg e S, respectivamente) e do sorgo granífero DKB 599 (319, 251, 83, 62, 35 e 22 kg ha⁻¹ de N, K, Ca, P, Mg e S, respectivamente).

Considerando os micronutrientes (Tabela 1), as extrações por tonelada de massa seca produzida indicam, em princípio, que os genótipos menos produtivos foram mais eficientes na utilização dos nutrientes. Como nesse caso as produtividades alcançaram menores patamares, levanta-se a possibilidade de que tenha havido absorção insuficiente de micronutrientes, levando à ocorrência de deficiência nutricional (fome oculta), à exceção do Cu. A ordem decrescente de extração dos micronutrientes, para as menores produtividades, foi de 3.100, 600, 200 e 50 g ha⁻¹ de Fe, Mn, Zn e Cu, respectivamente. Enquanto para as maiores produtividades foram, em kg ha⁻¹, de 6.300, 900, 300, 70 g ha⁻¹ de Fe, Mn, Zn e Cu, respectivamente.

Merecem destaque as elevadas quantidades de N e K extraídas pelo sorgo biomassa, seguidos pela Ca, o que alerta para a

atenção necessária ao manejo da adubação considerando a exploração dessa cultura, uma vez que toda planta é retirada da área, ou seja, a exportação de nutrientes equivale à extração.

Dessa forma, considerando que a base da recomendação de adubação fundamenta-se no balanço entre demanda de nutrientes pela planta menos o suprimento pelo solo e ciclados nos resíduos vegetais, as informações aqui apresentadas subsidiam uma primeira aproximação para o estabelecimento de programas de adubação para o sorgo biomassa. O suprimento do compartimento solo é representado pelos teores disponíveis pela análise de solo e pelos nutrientes provenientes da decomposição dos resíduos vegetais sobre o solo, quando presentes. Abaixo são apresentados dados de rendimento de massa seca e acúmulo de nutrientes por hectare que indicam a contribuição dos resíduos vegetais para o sistema de ciclagem em sistemas de produção envolvendo rotação e sucessão de culturas (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividades de massa seca da parte aérea e extração de macronutrientes por diferentes culturas.

Cultura	MS t ha ⁻¹	N P K Ca Mg				
		----- kg ha ⁻¹ -----				
Milho ¹	7,65	78	16	90	34	12
Milheto ¹	7,10	122	16	124	26	17
Soja ¹	5,42	54	8	77	28	15
Aveia ¹	3,10	62	8	60	12	4
Sorgo granífero ²	22,20	319	62	251	83	35
Sorgo forrageiro ²	22,70	289	49	331	104	34

Fonte: ¹Adaptado de Marques et al. (2002); ²Franco (2011), considerando a soma da massa seca da planta e grãos.

Conclusões e Recomendações

A produtividade de massa seca, bem como a extração de nutrientes pelo sorgo biomassa, sofre influência de diversos fatores. Entretanto, os resultados de pesquisa levantados neste trabalho permitem estimar a demanda nutricional dessa cultura.

A produtividade média dos cultivos mais produtivos foi de 25,09 t ha⁻¹ de massa seca e dos menos produtivos de 16,87 t ha⁻¹ de massa seca. Com estas produtividades, a extração média de macronutrientes por tonelada de massa seca produzida nos cultivos mais produtivos foi de 9,25; 6,42; 2,97; 2,01; 0,68 e 0,61 kg t⁻¹ de K, N, Ca, Mg, P e S, respectivamente. Para produtividades menores, a extração média, em kg t⁻¹, e em ordem decrescente, foi de 11,66; 6,85; 2,98; 1,90; 0,74 e 0,62 de K, N, Ca, Mg, P e S, respectivamente.

A extração de micronutrientes seguiu a seguinte ordem decrescente nos cultivos mais produtivos, em g t⁻¹: 251,33; 39,02; 11,05 e 2,83 de Fe, Mn, Zn e Cu, respectivamente; e para as menores produtividades: 185,05; 34,67; 10,48 e 2,99 de Fe, Mn, Zn e Cu, respectivamente.

Recomenda-se a utilização dessas informações de forma a subsidiar os programas de manejo da fertilidade do solo, cujo aperfeiçoamento deve levar em conta também os resultados de análise de solo e a contribuição dos resíduos vegetais existentes nas lavouras. Portanto, considerando solos de fertilidade construída, as quantidades de nutrientes a serem aplicadas (via fertilização, manejo de resíduos vegetais) devem, no mínimo, repor as quantidades exportadas na colheita, de forma a garantir a sustentabilidade do sistema.

Agradecimentos

À Fapemig, Petrobrás e Finep, pelo apoio financeiro.

Referências

BORKERT, C. M.; BARBER, S. A. Soybean shoot and root growth and phosphorus concentration as affected by phosphorus placement. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, n. 1, p. 152-155, 1985.

BULLEN, C. W.; SOPER, R. C.; BAILEY, L. D. Phosphorus nutrition of soybeans as affected by placement of fertilizer phosphorus. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 63, n. 2, p. 199-210, 1983.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2026**. Rio de Janeiro, 2017. 66 p. (Estudos do PDR 2026). Nota técnica DEA 015/17. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDE/Documents/Arquivos/PDE2026/NT%20DEA%20015_17.pdf> Acesso em: 8 nov. 2017.

FRANCO, A. A. N. **Marcha de absorção e acúmulo de nutrientes na cultura do sorgo**. 2011. 47 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2011.

MARQUES, R. R.; DELAVALE, F. G.; LAZARINI, E.; BUZZETTI, S.; ARATANI, R. G. Quantidades de nutrientes restituídos ao solo através de plantas de cobertura e resíduos das culturas de soja e milho, em função da presença ou ausência de calcário na implantação do sistema de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. **Agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado**. [Rio de Janeiro]: SBCS: SBM: UFRRJ: Embrapa Solos; [Seropédica]: Embrapa Agrobiologia, 2002. 1 CD-ROM. Fertbio 2002.

RESENDE, A. V.; COELHO, A. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. C. **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 119).

RUIZ, H. A.; FERNANDES, B.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H. Teor, acúmulo e distribuição de fósforo em plantas de soja em relação ao conteúdo de água do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 14, p. 181-185, 1990.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; RESENDE, A. V.; OLIVEIRA, A. C. **Efeito da adubação de cobertura com nitrogênio e potássio na cultura do sorgo biomassa**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 38 p. il. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 73).

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; RESENDE, A. V.; OLIVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, M. S.; GOMES, T. C. Adubação nitrogenada e potássica na nutrição de macronutrientes pelo sorgo biomassa. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 14, n. 1, p. 10-22, 2015.

SANTOS, F. C.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SEDIYAMA, C. S. Modelagem da recomendação de corretivos e fertilizantes para a cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1661-1674, 2008.

SANTOS, F. C.; PASSOS, A. M. A.; RESENDE, A. V.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; MAY, A.; PARRELLA, R. A. C.; JÚLIO, G. M. F.; NOGUEIRA, D. R. **Manejo de nitrogênio e potássio na adubação de cobertura para sorgo energia em solos argilosos da região Central de Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 226).

SANTOS, F. C.; RESENDE, A. B. Adubação da cultura. In: MAY, A.; SILVA, D. D.; SANTOS, F. C. (Ed.). **Cultivo do sorgo biomassa para a cogeração de energia elétrica**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. p. 23-30. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 152).

VINUTHA, K. S.; RAYAPRULU L.; YADAGIRI, K.; UMAKANTH, A. V.; PATIL, J. V.; RAO, P. S. Sweet sorghum research and development in India: status and prospects. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 16, n. 2, p. 133-143, 2014.

Circular Técnica, 233

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: 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
1ª edição
Versão Eletrônica (2017)

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê de publicações

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

Expediente

Revisão de texto: Antonio Cláudio da Silva Barros.
Normalização bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro.
Tratamento das ilustrações: Tânia Mara A. Barbosa.
Editoração eletrônica: Tânia Mara A. Barbosa.