

## BALANÇO DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA – 2009 A 2012

José Francisco da Cunha<sup>1</sup>  
Eros Artur Bohac Francisco<sup>2</sup>

Valter Casarin<sup>3</sup>  
Luís Ignácio Prochnow<sup>4</sup>

### 1. INTRODUÇÃO

O balanço de nutrientes é uma das ferramentas para avaliação do uso de fertilizantes na agricultura e, devido sua importância, o IPNI Brasil vem fazendo o seu acompanhamento periódico. Yamada e Lopes (1998) publicaram o balanço de nutrientes para o período de 1993 a 1996. Cunha et al. (2010) avaliaram o balanço de nutrientes detalhadamente para o ano de 2008 e, finalmente, Cunha et al. (2011) levantaram o histórico do balanço de nutrientes para o período de 1988 a 2010, permitindo a elaboração de uma tabela com a evolução do desfrute de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na agricultura brasileira.

A comparação dos balanços de nutrientes durante determinados períodos permite a avaliação da evolução da exploração agrícola. A eficiência de aproveitamento do fertilizante pode ser quantificada por intermédio de índices de uso ou por outros indicadores. Um dos índices, denominado de fator de consumo, baseia-se na relação entre consumo e demanda de nutrientes por uma ou várias culturas, em um determinado intervalo de tempo. A Tabela 1 mostra, de maneira comparativa, o fator de consumo de nutrientes no Brasil e na Argentina. Fica evidente a diferença no sistema de exploração agrícola adotado, já que na Argentina o consumo de fertilizantes está abaixo da demanda das culturas devido à presença de solos muito férteis, enquanto no Brasil há necessidade de aplicar elevadas quantidades de nutrientes em decorrência da baixa fertilidade natural dos seus solos.

Este estudo tem como objetivo dar continuidade a esse esforço e avaliar a evolução do consumo de fertilizantes, da área plantada, da produção e do rendimento agrovegetal, bem como determinar o balanço de nutrientes das 18 principais culturas agrícolas cultivadas no Brasil no período de 2009 a 2012. A avaliação deste período é importante, pois revela a evolução mais recente no uso dos fertilizantes.

**Tabela 1.** Fator de consumo<sup>1</sup> médio de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e S na Argentina<sup>2</sup> e no Brasil<sup>3</sup>.

Nutriente	País	
	Argentina	Brasil
N	0,4	1,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,7	1,9
K <sub>2</sub> O	0,02	1,2
S	0,5	2,9

<sup>1</sup> Fator de consumo é a relação entre o consumo e a exportação de nutrientes pelas colheitas.

<sup>2</sup> Refere-se ao consumo dos nutrientes pelas culturas de soja, milho, trigo e girassol no ano de 2011.

<sup>3</sup> Refere-se ao consumo de nutrientes pelas 18 culturas citadas neste balanço no período de 2009 a 2012.

Fonte: adaptada de Garcia e Sanjuan (2013).

**Abreviações:** AC = Acre; AL = Alagoas; AM = Amazonas; AP = Amapá; B = boro; BA = Bahia; Ca = cálcio; CE = Ceará; Cu = cobre; ES = Espírito Santo; DF = Distrito Federal; Fe = ferro; GO = Goiás; K = potássio; MA = Maranhão; Mg = magnésio; MG = Minas Gerais; Mn = manganês; Mo = molibdênio; MS = Mato Grosso do Sul; MT = Mato Grosso; N = nitrogênio; Ni = níquel; P = fósforo; PA = Pará; PB = Paraíba; PE = Pernambuco; PI = Piauí; PR = Paraná; RJ = Rio de Janeiro; RN = Rio Grande do Norte; RO = Rondônia; RR = Roraima; RS = Rio Grande do Sul; S = enxofre; SC = Santa Catarina; SE = Sergipe; SP = São Paulo; TO = Tocantins; Zn = zinco.

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Consultor, Tec-fértil; e-mail: [cunha@agroprecisa.com.br](mailto:cunha@agroprecisa.com.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Diretor Adjunto do IPNI Brasil; e-mail: [efrancisco@ipni.net](mailto:efrancisco@ipni.net)

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo e Florestal, Doutor, Diretor Adjunto do IPNI Brasil; e-mail: [vcasarin@ipni.net](mailto:vcasarin@ipni.net)

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Diretor do IPNI Brasil; e-mail: [lprochnow@ipni.net](mailto:lprochnow@ipni.net)

## INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Publicação trimestral gratuita do International Plant Nutrition Institute (IPNI), Programa Brasil. O jornal publica artigos técnico-científicos elaborados pela comunidade científica nacional e internacional visando o manejo responsável dos nutrientes das plantas.

ISSN 2311-5904

### COMISSÃO EDITORIAL

#### Editor

Valter Casarin

#### Editores Assistentes

Luís Ignácio Prochnow, Eros Francisco, Silvia Regina Stipp

#### Gerente de Distribuição

Evandro Luis Lavorenti

### INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE (IPNI)

#### Presidente do Conselho

Steve Wilson (CF Industries Holdings, Inc.)

#### Vice-Presidente do Conselho

Mhamed Ibnabdeljalil (OCP Group)

#### Tesoureiro

Jim Prokopanko (Mosaic Company)

#### Presidente

Terry L. Roberts

#### Vice-Presidente, Coordenador do Grupo da Ásia e África

Adrian M. Johnston

#### Vice-Presidente, Coordenadora do Grupo do Oeste Europeu/Ásia Central e Oriente Médio

Svetlana Ivanova

#### Vice-Presidente Senior, Diretor de Pesquisa e Coordenador do Grupo das Américas e Oceania

Paul E. Fixen

### PROGRAMA BRASIL

#### Diretor

Luís Ignácio Prochnow

#### Diretores Adjuntos

Valter Casarin, Eros Francisco

#### Publicações

Silvia Regina Stipp

#### Analista de Sistemas e Coordenador Administrativo

Evandro Luis Lavorenti

#### Assistente Administrativa

Renata Fiuza

#### Secretária

Elisangela Toledo Lavorenti

### ASSINATURAS

Assinaturas gratuitas são concedidas mediante aprovação prévia da diretoria. O cadastramento pode ser realizado no site do IPNI:

<http://brasil.ipni.net>

Mudanças de endereço podem ser solicitadas por email para:

[rfiuza@ipni.net](mailto:rfiuza@ipni.net) ou [etoledo@ipni.net](mailto:etoledo@ipni.net)

Nº 145 MARÇO/2014

## CONTEÚDO

### Balanco de nutrientes na agricultura brasileira – 2009 a 2012

*José Francisco da Cunha, Eros Artur Bohac Francisco, Valter Casarin, Luís Ignácio Prochnow* ..... 1

### Adubação para qualidade nutricional dos alimentos

*Cynthia Grant* ..... 14

**Divulgando a Pesquisa** ..... 18

**IPNI em Destaque** ..... 19

**Painel Agronômico** ..... 21

**Cursos, Simpósios e outros Eventos** ..... 22

**Publicações Recentes** ..... 26

**Lançamentos Recentes do IPNI** ..... 27

**Ponto de Vista** ..... 28

### NOTA DOS EDITORES

Todos os artigos publicados no *Informações Agronômicas* estão disponíveis em formato pdf no website do IPNI Brasil: <<http://brasil.ipni.net>>

Opiniões e conclusões expressas pelos autores nos artigos não refletem necessariamente as mesmas do IPNI ou dos editores deste jornal.

### FOTO DESTAQUE



Deficiência de fósforo em milho.  
Foto: Valter Casarin.

## 2. ENTRADAS E SAÍDAS DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA

A entrada de nutrientes na forma de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O no sistema agrícola através do uso de fertilizantes, no período de 2009 a 2012, corresponde aos dados estatísticos disponíveis por estado da federação publicados anualmente pela Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA (Tabela 2). No período estudado, o consumo de fertilizantes pelas culturas envolvidas neste balanço foi de 92,92% do total utilizado no país, excluindo-se o consumo em pastagens, reflorestamento e demais culturas. As quantidades fornecidas de cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B),

cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn) foram estimadas com base no consumo aparente dos principais fertilizantes e corretivos, levando-se em conta o teor médio estimado desses nutrientes nesses insumos (Tabela 3). Especialmente no caso do Mo, deve ser ressaltado que a forma principal e mais significativa de fornecimento é por meio de produtos específicos para tratamento de sementes ou aplicação foliar, os quais não estão computados neste estudo.

De acordo com a Tabela 2, a entrega de fertilizantes no Brasil, no período avaliado, atingiu um total de 104,8 milhões de toneladas, sendo que os estados que apresentaram maior consumo, em ordem decrescente, foram: Mato Grosso (MT), São Paulo (SP),

**Tabela 2.** Consumo de fertilizantes por estado no período de 2009 a 2012.

Estado/Região	Produto	Consumo de fertilizantes			
		Nutrientes			Total
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
----- (t) -----					
Rio Grande do Sul	12.881.369	1.737.847	1.991.597	1.868.762	5.598.206
Santa Catarina	2.671.695	465.758	359.419	308.310	1.133.487
Paraná	13.244.553	1.475.904	2.092.110	1.969.311	5.537.325
<b>Total Sul</b>	<b>28.797.617</b>	<b>3.679.509</b>	<b>4.443.126</b>	<b>4.146.383</b>	<b>12.269.018</b>
Distrito Federal	204.506	27.467	38.384	22.925	88.776
Goiás	9.080.716	949.880	1.600.518	1.478.704	4.029.102
Mato Grosso	17.475.305	1.140.451	2.872.620	3.210.110	7.223.181
Mato Grosso do Sul	4.750.781	458.998	817.601	858.044	2.134.643
<b>Total Centro-Oeste</b>	<b>31.511.308</b>	<b>2.576.796</b>	<b>5.329.123</b>	<b>5.569.783</b>	<b>13.475.702</b>
Minas Gerais	13.430.213	2.073.105	1.593.534	1.926.215	5.592.854
Espírito Santo	1.426.243	279.727	88.865	198.989	567.581
Rio de Janeiro	197.028	26.454	14.952	26.311	67.717
São Paulo	14.788.449	2.252.494	1.389.886	2.219.679	5.862.059
<b>Total Sudeste</b>	<b>29.841.933</b>	<b>4.631.780</b>	<b>3.087.237</b>	<b>4.371.194</b>	<b>12.090.211</b>
Alagoas	906.974	130.995	52.875	146.520	330.390
Bahia	6.870.777	602.462	977.031	986.167	2.565.660
Ceará	126.863	24.955	11.181	16.922	53.058
Maranhão	1.737.899	85.326	327.984	281.207	694.517
Paraíba	225.386	33.382	12.357	36.604	82.343
Pernambuco	833.005	124.057	50.420	135.404	309.881
Piauí	1.173.226	59.240	214.616	193.510	467.366
Rio Grande do Norte	178.558	25.387	17.636	27.104	70.127
Sergipe	311.841	61.069	39.481	32.620	133.170
<b>Total Nordeste</b>	<b>12.364.529</b>	<b>1.146.873</b>	<b>1.703.581</b>	<b>1.856.058</b>	<b>4.706.512</b>
Acre	8.492	1.050	1.600	1.098	3.748
Amapá	41.100	3.873	5.095	6.833	15.801
Amazonas	26.541	3.263	2.469	3.946	9.678
Pará	854.897	69.148	101.850	135.079	306.077
Rondônia	335.895	23.773	66.297	50.705	140.775
Roraima	64.559	9.615	9.779	10.152	29.546
Tocantins	1.003.406	66.175	174.622	166.292	407.089
<b>Total Norte</b>	<b>2.334.890</b>	<b>176.897</b>	<b>361.712</b>	<b>374.105</b>	<b>912.714</b>
<b>Total Brasil</b>	<b>104.850.277</b>	<b>12.211.855</b>	<b>14.924.779</b>	<b>16.317.523</b>	<b>43.454.157</b>

Fonte: ANDA (2010 a 2013).

**Tabela 3.** Quantidade estimada de macronutrientes secundários e micronutrientes fornecida pelos fertilizantes e corretivos no período de 2009 a 2012.

Produto	Consumo	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Zn
----- (t) -----											
Sulfato de amônio	7.766.013	-	-	1.863.843	-	-	-	-	-	-	-
Superfosfato simples	22.023.544	3.964.238	-	2.422.590	661	440	460.182	3.414	66	837	1.718
Superfosfato triplo	7.502.775	900.333	-	75.028	825	75	96.636	2.251	68	75	825
DAP	1.851.254	-	-	-	185	13	-	435	20	-	226
MAP	10.512.666	-	-	-	1.051	74	195.536	946	147	-	-
Termofosfato	191.338	34.441	13.394	-	1	8	7.349	425	1	631	72
Fosfato natural	286.861	57.372	-	-	6	9	8.488	1.123	4	34	212
Fosfato natural reativo	838.740	234.847	-	-	-	16	1.879	23	-	34	310
Gesso	16.393.486	3.278.697	-	2.459.023	49	131	10.984	246	262	33	148
Calcário	107.618.000	18.402.678	9.039.912	-	3.229	495	231.702	14.582	108	1.464	3.239
Micronutrientes	1.108.000	-	-	-	40.996	22.160	69.189	58.724	nd	nd	84.208
<b>Total</b>		<b>26.872.606</b>	<b>9.053.306</b>	<b>6.820.484</b>	<b>47.004</b>	<b>23.421</b>	<b>1.081.944</b>	<b>82.168</b>	<b>677</b>	<b>3.107</b>	<b>90.958</b>
<b>Utilizado pelas culturas deste balanço</b>	<b>92,92%</b>	<b>24.970.085</b>	<b>8.412.351</b>	<b>6.337.608</b>	<b>43.676</b>	<b>21.763</b>	<b>1.005.345</b>	<b>76.351</b>	<b>629</b>	<b>2.887</b>	<b>84.518</b>

Fonte: estimado a partir de diversas fontes: Amaral Sobrinho (1992); Prochnow (1996); Campos (2005); FERTIPAR (2009); ANDA (2010 a 2013); Borsari (2012); ABRACAL (2013); Mamprin (2013).

Minas Gerais (MG), Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS), Goiás (GO) e Bahia (BA). Esses sete estados foram responsáveis por 83,7% do total de fertilizantes consumidos no país. O maior consumidor de N, proporcionalmente, foi o estado de SP, devido à alta demanda deste nutriente pelas culturas de cana-de-açúcar, citros e café. O MT apresentou o maior consumo de  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , em virtude da grande área de produção de soja. Ressalta-se, também, o baixo consumo de fertilizantes pelos estados da região Norte (2,2% do total). Na região Nordeste (NE), o consumo é baixo (11,8% do total), com exceção da BA, devido à existência de uma área expressiva com sistemas de cultivo similares aos do Centro-Oeste. Nota-se que os estados considerados como fronteiras agrícolas se destacam pelo maior consumo de fertilizantes. É o caso da BA, MA e PI, na região Nordeste, e do PA, na região Norte.

O consumo total médio anual de fertilizantes no período avaliado foi de 26,2 milhões de toneladas, com taxa de crescimento anual de 7,12%, retomando o crescimento bloqueado após a crise de 2008. Em 2012 ocorreu o maior consumo na história da agricultura brasileira – 29,5 milhões de toneladas – o que representou 31% a mais da quantidade de fertilizante consumida em 2008. Comparativamente, os estados que apresentaram os maiores aumentos foram TO, PI, AP e RO com 149%, 149%, 142% e 115%, respectivamente. Os estados do AC e RN apresentaram retração no consumo de fertilizantes: -42% e -15%, respectivamente. Entre os macronutrientes primários, o que apresentou maior incremento no consumo, comparando-se 2008 e 2012, foi o N (37,2%), seguido de  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , com 35,3% e 31,3%, respectivamente.

Destaca-se, na Tabela 3, o consumo aproximado de 16,4 milhões de toneladas de gesso no período de 2009 a 2012, totalizando o fornecimento médio anual de 625 mil toneladas de S. Comparativamente, em 2008, a quantidade de S fornecida pelo uso de gesso agrícola foi de 375 mil toneladas (CUNHA et al., 2010). Deve-se salientar que o uso do gesso tem caráter corretivo de subsolo, com aplicações de doses de S superiores àquelas necessárias para atender as necessidades nutricionais das culturas.

Para o cálculo do balanço de nutrientes determinou-se a saída, ou exportação, de nutrientes calculada a partir de dados estatísticos da produção agrícola, por cultura (Tabela 4) e por estado e região (Tabela 5), juntamente com os dados de concentração de nutrientes no produto colhido (Tabela 6). A partir dessas informações foi possível avaliar a exportação de nutrientes pelas principais culturas e por estados brasileiros, conforme apresentado nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

Um dos fatores que colaboraram para o aumento no consumo de fertilizantes neste período foi o crescimento da área plantada das culturas avaliadas neste estudo. A Tabela 4 apresenta as áreas plantada e colhida, a produção total e agrovegetal e os rendimentos observados, no período de 2009 a 2012. Os dados desta tabela mostram que 70,9% da área total colhida foram cultivados com soja, milho e cana-de-açúcar. Em relação aos estados (Tabela 5), o MT foi o que apresentou maior área colhida, seguido por PR, RS e SP. Ressalta-se que o crescimento da área colhida ocorreu em quase todos os estados, com exceção de AL, CE, ES, RN e SC, que apresentaram certo decréscimo. Comparativamente a 2008, a soja foi a cultura que apresentou maior acréscimo em área colhida em 2012 – 27,6% –, enquanto a área colhida de feijão retraiu 35,4%.

Notadamente, por ser a cultura com maior área de cultivo no Brasil, a soja é a que apresenta maior exportação de nutrientes (Tabela 7). Embora não seja necessário o uso de N na adubação desta cultura, vale destacar que sua exportação foi da ordem de 66% do total de N exportado por todas as culturas, atingindo 17,2 milhões de toneladas de N, o que equivale a 1,41 vez o consumo total do nutriente na forma de fertilizante, enquanto as exportações de  $P_2O_5$  e  $K_2O$  na soja foram da ordem de 49% e 50%, respectivamente.

Avaliando-se a exportação de nutrientes por unidade de área, observa-se que as culturas que mais exportaram N foram soja ( $172 \text{ kg ha}^{-1}$ ), tomate ( $152 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e amendoim ( $95 \text{ kg ha}^{-1}$ ). O tomate ( $52 \text{ kg ha}^{-1}$ ), o sorgo ( $44 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e o milho ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foram as culturas que mais exportaram  $P_2O_5$  por unidade de área. Quanto ao  $K_2O$ , o tomate ( $188 \text{ kg ha}^{-1}$ ), a banana ( $142 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e o fumo ( $107 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foram as culturas que exportaram as maiores quantidades do elemento por unidade de área.



**Tabela 4.** Área e produção das culturas no período de 2009 a 2012.

Cultura	Área plantada	Área colhida	Participação	Produção	Rendimento	Produção agrovegetal <sup>(1)</sup>	Rendimento agrovegetal
	----- (ha) -----		(%)	(t)	(kg ha <sup>-1</sup> )	(t)	(kg ha <sup>-1</sup> )
Soja	100.217.715	100.012.402	36,5	290.525.429	2.905	290.525.429	2.905
Milho	53.507.111	51.467.217	19,5	235.056.557	4.567	235.056.557	4.567
Cana-de-açúcar	41.027.010	36.621.481	14,9	2.794.953.286	76.320	139.747.664	3.816
Café em coco	9.427.567	8.487.205	3,4	22.052.564	2.598	22.052.564	2.598
Algodão herbáceo	4.590.843	4.547.958	1,7	16.365.790	3.598	16.365.790	3.598
Arroz	10.308.789	10.182.548	3,8	47.840.596	4.698	47.840.596	4.698
Feijão	14.253.821	13.136.379	5,2	12.493.401	951	12.493.401	951
Fumo	1.712.613	1.711.493	0,6	3.388.099	1.980	3.388.099	1.980
Laranja	3.737.879	3.262.548	1,4	76.411.566	23.421	7.641.157	2.342
Trigo	8.714.003	8.638.591	3,2	21.077.179	2.440	21.077.179	2.440
Batata	558.969	558.601	0,2	14.621.721	26.176	2.193.258	3.926
Banana	2.087.368	1.961.441	0,8	28.142.771	14.348	2.814.277	1.435
Sorgo	2.927.796	2.866.046	1,1	7.287.819	2.543	7.287.819	2.543
Tomate	252.140	251.639	0,1	15.969.205	63.461	1.596.921	6.346
Cacau	2.831.928	2.687.849	1,0	960.442	357	960.442	357
Mandioca	9.391.110	6.701.829	3,4	93.861.798	14.005	14.079.270	2.101
Amendoim	394.486	394.195	0,1	1.107.441	2.809	1.107.441	2.809
Mamona	648.318	595.806	0,2	324.069	544	324.069	544
<b>Subtotal</b>	<b>266.589.466</b>	<b>254.085.228</b>	<b>97</b>	<b>3.682.439.733</b>	<b>-</b>	<b>826.551.932</b>	<b>3.253</b>
<b>Outras culturas</b>	<b>8.111.775</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Total das culturas</b>	<b>274.701.241</b>		<b>100</b>				

<sup>(1)</sup> Produção agrovegetal é a produção reduzindo a 5% a produção de cana-de-açúcar, a 10% a produção de banana, laranja e tomate e a 15% a produção de batata e mandioca.

Fonte: IBGE (2010 a 2013).

Os dados de exportação de nutrientes por estado brasileiro estão apresentados na Tabela 8. Ressalta-se que os valores relativos a cada nutriente são resultado da soma das exportações das 18 culturas consideradas subtraindo-se as deduções referentes à fixação biológica do N, ao K<sub>2</sub>O oriundo da vinhaça na cultura de cana-de-açúcar e ao retorno de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O contido na palha de café, conforme indicado na Tabela 9.

### 3. RESULTADOS DO BALANÇO DE NUTRIENTES

A Tabela 9 apresenta o balanço de nutrientes, no qual constam as entradas e as saídas bem como as deduções de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. Destaca-se a elevada quantidade de N fornecida pela fixação biológica, equivalente a 1,54 vez a quantidade total de N consumida como fertilizante. Isso demonstra, por um lado, a importância da cultura da soja na economia de uso de fertilizantes nitrogenados e, por outro, a necessidade do uso eficiente da sucessão e rotação de culturas.

Dentre os macronutrientes primários, o P foi o que apresentou menor índice de eficiência, explicado pela dinâmica do elemento no solo. O fator de consumo de 1,9 mostra que foi aplicado quase o dobro da quantidade exportada de P, deixando um saldo que deve contribuir para a elevação da fertilidade dos solos cultivados, sendo, por isso, importante a prevenção de perdas por processos erosivos. Apesar de grande parte deste nutriente ser empregada na agricultura em terras

de cultivo já consolidado, onde as dosagens podem ser menores, houve, em anos recentes, grande avanço da agricultura em áreas de pastagem degradadas, onde a dosagem de P para correção da fertilidade é elevada. Assim, no período de 2009 a 2012, o desfrute médio obtido com o uso de fertilizantes fosfatados foi próximo do obtido em 2008: 53,3%. No caso dos fertilizantes potássicos, o desfrute médio observado aumentou, no período estudado, para 81,6% devido à maior exportação deste nutriente, o que representou 44% a mais da entrada total, comparativamente. Por outro lado, houve redução no valor do desfrute médio dos fertilizantes nitrogenados, comparado ao obtido no balanço de 2008, em decorrência do maior consumo do nutriente em alguns estados, como RS e BA, sem alteração acentuada na exportação, como será apresentado a seguir.

A Tabela 9 mostra também que, para todos os macronutrientes, as quantidades aplicadas foram superiores às exportadas. Com relação ao Ca e ao S, devido à maior quantidade aplicada de gesso agrícola no período analisado, houve leve alteração no fator de consumo destes nutrientes, principalmente de S, que aumentou de 2,5 para 2,9. Quanto ao balanço de micronutrientes, verificou-se também que a aplicação dos elementos foi superior à exportação, evidenciando a disponibilidade suficiente destes nutrientes. Isto não significa que o seu uso atenda, de forma adequada, todas as situações de fertilidade do solo e exigências nutricionais das culturas.

**Tabela 5.** Área média anual ocupada pelas culturas, por estado e região, no período de 2009 a 2012.

Estado/Região	Área plantada	Área colhida	Produção	Produção agrovegetal <sup>(1)</sup>	Rendimento agrovegetal
	----- (ha) -----		----- (t) -----		(kg ha <sup>-1</sup> )
Rio Grande do Sul	7.862.707	7.764.312	29.165.310	26.053.535	3.356
Santa Catarina	1.544.669	1.531.946	7.995.428	6.609.613	4.315
Paraná	9.746.549	9.699.584	87.762.191	34.908.352	3.599
<b>Total Sul</b>	<b>19.153.925</b>	<b>18.995.842</b>	<b>124.922.929</b>	<b>67.571.500</b>	<b>3.557</b>
Distrito Federal	123.531	123.318	655.671	583.261	4.730
Goiás	5.005.726	4.857.202	68.720.883	18.354.630	3.779
Mato Grosso	10.338.876	10.301.931	50.989.034	35.221.261	3.419
Mato Grosso do Sul	3.491.804	3.450.333	44.390.491	11.527.527	3.341
<b>Total Centro-Oeste</b>	<b>18.959.937</b>	<b>18.732.784</b>	<b>164.756.078</b>	<b>65.686.679</b>	<b>3.507</b>
Minas Gerais	5.188.474	4.822.256	82.151.318	17.610.626	3.652
Espírito Santo	719.773	657.439	6.865.366	1.730.271	2.632
Rio de Janeiro	209.038	195.659	6.649.496	432.502	2.210
São Paulo	8.346.646	7.575.466	424.083.460	29.176.460	3.851
<b>Total Sudeste</b>	<b>14.463.931</b>	<b>13.250.819</b>	<b>519.749.640</b>	<b>48.949.860</b>	<b>3.694</b>
Alagoas	632.932	557.475	27.987.119	1.507.804	2.705
Bahia	4.322.613	3.829.311	18.514.720	8.244.493	2.153
Ceará	1.345.174	1.245.792	3.885.652	792.345	636
Maranhão	1.795.123	1.740.696	7.464.524	3.262.974	1.875
Paraíba	448.816	360.741	6.535.151	412.764	1.144
Pernambuco	976.440	724.123	18.956.637	1.158.573	1.600
Piauí	1.238.885	1.124.709	3.151.474	1.964.534	1.747
Rio Grande do Norte	191.134	161.941	4.459.376	298.487	1.843
Sergipe	351.405	279.651	4.828.845	743.398	2.658
<b>Total Nordeste</b>	<b>11.302.520</b>	<b>10.024.439</b>	<b>95.783.498</b>	<b>18.385.372</b>	<b>1.834</b>
Acre	127.148	118.619	1.084.487	263.761	2.224
Amapá	22.927	21.586	169.128	29.920	1.386
Amazonas	140.678	121.576	1.292.544	197.038	1.621
Pará	1.108.012	934.370	7.352.397	2.064.039	2.209
Rondônia	648.149	619.594	1.849.509	1.364.866	2.203
Roraima	41.152	38.951	243.780	132.856	3.411
Tocantins	678.989	662.730	3.405.946	1.992.092	3.006
<b>Total Norte</b>	<b>2.767.054</b>	<b>2.517.424</b>	<b>15.397.789</b>	<b>6.044.573</b>	<b>2.401</b>
<b>Total Brasil</b>	<b>66.647.367</b>	<b>63.521.307</b>	<b>920.609.933</b>	<b>206.637.983</b>	<b>3.253</b>

<sup>(1)</sup> Produção agrovegetal é a produção reduzindo a 5% a produção de cana-de-açúcar, a 10% a produção de banana, laranja e tomate e a 15% a produção de batata e mandioca.

Fonte: IBGE (2010 a 2013).

A Tabela 10 mostra o balanço de nutrientes nos estados brasileiros. Com base nesses resultados, Cunha et al. (2010) demonstraram que alguns estados (CE, MA, SE, AC, AM e RO) praticavam agricultura extrativista, em decorrência da baixa entrada de nutrientes pela aplicação de fertilizantes. Destes, MA e SE mostraram melhora considerável no aproveitamento dos nutrientes NPK, pois a quantidade de fertilizantes aplicada superou a demanda por nutrientes. Por outro lado, houve pouca melhora nos estados de AM, CE e RO, enquanto no estado do AC observou-se o pior desfrute no uso dos fertilizantes no período estudado. A quantidade média de nutrientes NPK aplicada nesse estado foi de apenas 6,8 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a quantidade média exportada foi de 71 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, resultando em baixa produtividade média agrovegetal, de 2.224 kg ha<sup>-1</sup>, e insustentabilidade da atividade agrícola.

A Tabela 11 mostra os resultados do balanço do consumo de nutrientes por estado para cada ano do período avaliado. Dois estados apresentaram acentuada redução no desfrute do uso de N, comparativamente ao balanço de 2008: RS e BA. As estiagens ocorridas nas safras de 2011/12 no Rio Grande do Sul e de 2012/13 na Bahia afetaram significativamente as colheitas das culturas e, com isso, contribuíram negativamente para o balanço de nutrientes nesses estados.

A Tabela 12 apresenta os resultados do balanço do consumo de nutrientes para as nove principais culturas. Pode-se observar que a cultura do milho apresentou fator de consumo menor que 1 para N, o que indica consumo do nutriente abaixo da demanda da cultura. Esse fato ocorre devido, principalmente, ao aumento da produção de milho de segunda safra, na qual as adubações utilizadas são

**Tabela 6.** Concentração de nutrientes no produto colhido das principais culturas no Brasil.

Cultura	Macronutrientes						Micronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----						----- (mg kg <sup>-1</sup> ) -----					
Soja <sup>(1,2)</sup>	59,2	5,50	18,80	2,9	2,30	3,00	24,2	13,0	134,3	33,7	5,0	37,7
Milho <sup>(1)</sup>	15,8	3,80	4,80	0,5	1,50	1,10	3,2	1,2	11,6	6,1	0,6	27,6
Cana-de-açúcar <sup>(3,12)</sup>	0,83	0,11	0,78	0,4	0,31	0,24	1,2	2,6	14,3	9,7	0,016	3,3
Café em coco <sup>(4)</sup>	17,5	1,20	26,50	3,4	1,40	1,35	16,7	16,5	105,0	25,0	0,06	41,0
Algodão <sup>(4)</sup>	20,1	3,10	16,00	6,9	4,00	8,00	39,9	8,6	188,9	13,3	0,2	11,0
Arroz <sup>(5)</sup>	12,5	2,24	4,42	1,0	1,08	1,47	4,4	6,3	61,1	25,1	0,17	40,9
Feijão <sup>(1)</sup>	34,9	4,00	15,40	3,1	2,60	5,70	13,3	6,6	119,4	23,2	-	29,9
Fumo <sup>(6)</sup>	39,0	6,70	45,0	12,3	30,7	10,0	22,0	14,0	-	249,0	-	32,0
Laranja <sup>(7)</sup>	1,9	0,173	1,51	0,526	0,127	0,137	2,2	1,2	6,6	2,8	0,008	0,9
Trigo <sup>(1)</sup>	20,1	3,20	3,50	0,20	0,80	1,20	2,9	3,0	13,9	13,0	-	14,8
Batata <sup>(6)</sup>	3,6	0,22	3,30	0,15	0,18	0,40	2,0	2,0	20,0	20,0	1,0	4,0
Banana <sup>(8)</sup>	1,9	0,265	8,22	0,273	0,282	0,064	2,14	0,9	9,18	10,6	0,004	1,81
Sorgo <sup>(9)</sup>	15,0	7,50	3,93	0,25	1,25	1,42	3,0	1,8	12,0	10,7	0,6	12,5
Tomate <sup>(6,10)</sup>	2,4	0,36	2,46	0,14	0,22	0,28	2,8	1,4	25,0	2,6	0,012	3,2
Cacau <sup>(10)</sup>	33,0	2,00	8,00	1,00	2,00	1,00	12,0	16,0	80,0	28,0	0,04	47,0
Mandioca <sup>(6,10)</sup>	2,1	0,21	1,95	0,63	0,32	0,08	1,8	0,8	24,0	1,6	-	4,6
Amendoim <sup>(10)</sup>	34,0	2,00	9,00	0,50	1,00	2,00	-	-	-	-	-	-
Mamona <sup>(11)</sup>	29,0	3,70	7,20	6,20	2,40	2,00	52,0	40,0	690	116,0	-	69,0

**Fontes:** <sup>(1)</sup> Pauletti (1998), <sup>(2)</sup> Bataglia e Mascarenhas (1986), <sup>(3)</sup> Orlando Filho (1983), <sup>(4)</sup> Malavolta (2006), <sup>(5)</sup> Furlani et al. (1977), <sup>(6)</sup> Hawkes e Collins, 1983 e Howeler, 1981 apud Yamada e Lopes (1998); <sup>(7)</sup> Bataglia et al. (1977), <sup>(8)</sup> Azeredo et al. (1986), <sup>(9)</sup> Kansas University (1998), <sup>(10)</sup> Malavolta et al. (1997), <sup>(11)</sup> adaptados de Freire e Nobrega (2006); <sup>(12)</sup> Rossetto (2009).

**Tabela 7.** Exportação total de nutrientes pelas principais culturas no Brasil.

Cultura	Macronutrientes						Micronutrientes					
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- (t) -----											
Soja	17.199.105	3.661.358	6.579.387	842.524	668.208	871.576	7.031	3.777	39.018	9.791	1.453	10.953
Milho	3.713.894	2.049.412	1.359.118	117.528	352.585	258.562	752	282	2.727	1.434	141	6.488
Cana-de-açúcar	2.319.811	705.546	2.626.108	1.117.981	866.436	670.789	3.354	7.267	39.968	27.111	45	9.223
Café em coco	384.817	60.730	703.961	74.979	30.874	29.771	367	364	2.316	551	1,3	904
Algodão	328.952	116.806	315.428	112.924	65.463	130.926	653	141	3.091	218	3,3	180
Arroz	595.615	245.971	254.720	47.841	51.668	70.326	210	301	2.923	1.201	8,1	1.957
Feijão	436.020	114.866	231.763	38.730	32.483	71.212	166	82	1.492	290	-	374
Fumo	132.136	52.033	183.659	41.674	104.015	33.881	75	47	-	844	-	108
Laranja	145.640	30.341	139.265	40.192	9.704	10.468	168	92	504	214	0,6	69
Trigo	423.651	154.546	88.864	4.215	16.862	25.293	61	63	293	274	-	312
Batata	52.638	7.380	58.124	2.193	2.632	5.849	29	29	292	292	15	58
Banana	54.034	17.215	278.665	7.683	7.936	1.801	60	25	258	298	0,1	51
Sorgo	109.317	125.360	34.501	1.822	9.110	10.349	22	13	87	78	4,4	91
Tomate	38.326	13.201	47.322	2.236	3.513	4.471	45	22	399	42	0,2	51
Cacau	31.695	4.465	9.256	960	1.921	960	12	15	77	27	-	45
Mandioca	192.417	45.558	220.479	59.133	30.036	7.509	169	75	2.253	150	-	432
Amendoim	37.653	5.078	12.006	554	1.107	2.215	-	-	-	-	-	-
Mamona	9.398	2.785	2.811	2.009	778	648	17	13	224	38	-	22
<b>Total Brasil</b>	<b>26.205.121</b>	<b>7.412.649</b>	<b>13.145.435</b>	<b>2.515.178</b>	<b>2.255.330</b>	<b>2.206.607</b>	<b>13.191</b>	<b>12.610</b>	<b>95.922</b>	<b>42.852</b>	<b>1.671</b>	<b>31.318</b>

**Tabela 8.** Exportação de nutrientes pelos estados do Brasil, no período de 2009 a 2012.

Estado/Região	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
----- (t) -----												
RS	3.384.680	946.315	1.367.059	189.102	220.386	222.067	1.275	825	8.025	2.915	222	3.613
SC	683.451	239.546	329.546	43.527	71.760	52.667	241	141	1.340	687	37	833
PR	4.779.894	1.365.163	2.013.611	306.475	318.022	318.736	1.928	1.424	12.213	4.693	321	4.706
<b>Total Sul</b>	<b>8.848.025</b>	<b>2.551.025</b>	<b>3.710.216</b>	<b>539.105</b>	<b>610.167</b>	<b>593.470</b>	<b>3.443</b>	<b>2.390</b>	<b>21.578</b>	<b>8.296</b>	<b>579</b>	<b>9.153</b>
DF	70.563	24.021	28.380	3.342	4.206	4.809	25	13	139	40	4	69
GO	2.597.963	745.536	1.156.575	202.786	187.354	195.562	1.200	1.021	8.173	3.356	182	2.692
MT	5.954.356	1.531.003	2.418.526	357.804	315.851	392.571	2.632	1.418	14.709	3.938	452	4.742
MS	1.639.740	457.142	720.545	130.539	119.499	121.251	758	658	5.180	2.157	116	1.728
<b>Total Centro-Oeste</b>	<b>10.262.622</b>	<b>2.757.702</b>	<b>4.324.027</b>	<b>694.471</b>	<b>626.911</b>	<b>714.192</b>	<b>4.614</b>	<b>3.109</b>	<b>28.202</b>	<b>9.490</b>	<b>754</b>	<b>9.232</b>
MG	1.730.534	548.728	1.161.688	206.465	178.038	166.192	967	1.093	7.498	3.588	88	2.685
ES	121.055	24.120	202.146	26.988	14.741	12.824	118	142	889	338	1	300
RJ	29.356	8.765	38.312	11.048	8.389	6.436	37	67	408	245	-	95
SP	2.248.578	698.924	2.030.928	712.801	554.611	444.922	2.341	4.379	24.909	16.155	71	6.225
<b>Total Sudeste</b>	<b>4.129.523</b>	<b>1.280.538</b>	<b>3.433.074</b>	<b>957.301</b>	<b>755.779</b>	<b>630.374</b>	<b>3.464</b>	<b>5.680</b>	<b>33.703</b>	<b>20.328</b>	<b>161</b>	<b>9.305</b>
AL	102.168	31.891	113.878	45.966	36.702	27.836	138	290	1.621	1.091	2	379
BA	1.126.112	307.176	603.705	102.990	80.384	102.235	649	347	3.871	987	71	1.034
CE	59.234	23.207	51.831	8.248	7.765	7.261	34	35	321	140	1	109
MA	468.094	122.593	204.432	32.343	27.763	30.949	206	136	1.379	414	33	473
PB	29.428	9.258	35.873	10.859	8.526	6.778	35	65	390	249	-	92
PE	81.175	25.464	97.881	31.258	24.343	19.241	99	191	1.136	722	1	265
PI	307.337	80.711	126.308	18.166	16.522	19.441	128	74	773	214	22	272
RN	20.462	6.886	24.971	7.469	5.799	4.499	24	44	269	166	-	63
SE	49.318	20.417	35.102	9.029	7.660	5.917	32	41	278	149	1	102
<b>Total Nordeste</b>	<b>2.243.327</b>	<b>627.602</b>	<b>1.293.982</b>	<b>266.327</b>	<b>215.462</b>	<b>224.157</b>	<b>1.345</b>	<b>1.224</b>	<b>10.037</b>	<b>4.133</b>	<b>132</b>	<b>2.790</b>
AC	15.761	5.885	14.255	2.709	1.945	981	9	4	102	14	-	32
AP	1.789	512	2.011	421	237	109	1	1	16	2	-	4
AM	12.010	3.747	13.938	2.846	1.841	916	9	7	105	25	-	26
PA	192.111	56.561	126.937	21.060	16.132	11.685	95	58	832	179	9	271
RO	168.480	46.114	90.487	11.334	9.715	10.254	73	47	459	118	10	190
RR	7.164	2.913	5.106	706	688	742	3	3	36	13	-	20
TO	324.309	80.052	131.401	18.897	16.453	19.726	134	86	851	256	24	297
<b>Total Norte</b>	<b>721.625</b>	<b>195.783</b>	<b>384.136</b>	<b>57.974</b>	<b>47.010</b>	<b>44.413</b>	<b>325</b>	<b>207</b>	<b>2.402</b>	<b>606</b>	<b>44</b>	<b>839</b>
<b>Total Brasil</b>	<b>26.205.121</b>	<b>7.412.649</b>	<b>13.145.435</b>	<b>2.515.178</b>	<b>2.255.330</b>	<b>2.206.607</b>	<b>13.191</b>	<b>12.610</b>	<b>95.922</b>	<b>42.852</b>	<b>1.671</b>	<b>31.318</b>

insuficientes para a manutenção do sistema. Igualmente, a cultura do feijão tem baixa estimativa de consumo de K, provavelmente devido às grandes áreas cultivadas utilizando pouca tecnologia e baixo uso de insumos.

O desfrute de nutrientes pelas culturas é um índice de grande importância para se avaliar o manejo dos nutrientes, correspondendo ao percentual exportado em relação ao consumo. Neste estudo, destaca-se o baixo desfrute dos fertilizantes na cultura de café. No balanço, foi considerada a exportação de nutrientes do café em coco, a qual é maior que a do café beneficiado. O retorno da palha de café é uma prática essencial para o manejo eficiente de nutrientes e, desta forma, considerou-se que nas deduções das exportações de nutrientes estavam incluídos 50% dos nutrientes contidos na palha de café. A Tabela 13 permite contrastar o balanço de nutrientes nas duas situações – café em coco e café beneficiado – evidenciando, de um lado, o melhor desfrute do café em coco, e de outro lado, a

importância do aproveitamento da palha, principalmente devido à grande quantidade de K contida nesse material.

O desfrute apresentado pela cultura do algodão também é baixo, no entanto, trata-se de uma cultura que apresenta elevado consumo de fertilizantes, buscando alcançar resultados econômicos mais atraentes. O estudo do balanço revela a necessidade de melhorar o aproveitamento dos sistemas de sucessão e rotação com outras culturas para melhor aproveitamento do saldo residual de nutrientes desta cultura.

A cultura de laranja, também considerada como de baixo desfrute de nutrientes por Cunha et al. (2010), apresentou melhora no fator de consumo, mas continua abaixo do ideal. De forma geral, destaca-se o baixo aproveitamento do P (48%, em média, para as culturas em destaque na Tabela 12), principalmente pelas culturas de café, algodão, feijão e laranja, nas quais há necessidade de desenvolvimento de boas práticas de uso deste nutriente.



**Tabela 9.** Resultado do balanço do consumo médio de nutrientes na agricultura brasileira, no período de 2009 a 2012.

Balanço Brasil	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
----- (t) -----												
Exportação total das culturas (saídas)	26.205.121	7.412.649	13.145.435	2.515.178	2.255.330	2.206.607	13.191	12.610	95.922	42.852	1.671	31.318
Deduções das exportações	18.827.693 <sup>(1)</sup>	17.713 <sup>(2)</sup>	774.264 <sup>(3)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportação líquida de nutrientes (I)	7.377.428	7.394.936	12.371.171	2.515.178	2.255.330	2.206.607	13.191	12.610	95.922	42.852	1.671	31.318
Total de entradas <sup>(4)</sup> (II)	11.347.282	13.868.137	15.162.278	24.970.085	8.412.351	6.337.608	43.676	21.763	1.005.345	76.351	-	84.518
Balanço de nutrientes (II - I)	3.969.854	6.473.201	2.791.107	22.454.907	6.157.021	4.131.001	30.485	9.153	909.423	33.499	(1.671)	53.200
Desfrute médio obtido com o uso de fertilizantes (I/II x 100)	65,0%	53,3%	81,6%	10,1%	26,8%	34,8%	30,2%	57,9%	9,5%	56,1%	0,0%	37,1%
Fator de consumo (II/I)	1,5	1,9	1,2	9,9	3,7	2,9	3,3	1,7	10,5	1,8	0,0	2,7

<sup>(1)</sup> As deduções de nitrogênio correspondem a 17.199.105 t referentes à fixação biológica de todo o N exportado pela soja, 218.010 t referentes a 50% do N exportado pelo feijão, 792.310 t considerando 50% da exportação do milho de segunda safra e 40% e 50% das exportações de trigo (169.461 t) e sorgo (54.659 t), respectivamente, e ainda a exportação de 30 kg ha<sup>-1</sup> das culturas em rotação com soja, atribuindo-se um percentual de 30% da área de milho (268.469 t) e 20% da área de algodão (27.545 t), e 50% do N contido na casca de café colhido (98.134 t).

<sup>(2)</sup> As deduções de fósforo correspondem a 50% do P contido nas cascas de café (17.713 t).

<sup>(3)</sup> As deduções de potássio correspondem a 20% do K exportado pela cana-de-açúcar provindo do uso de vinhaça (525.221 t) e 50% do K contido nas cascas de café (249.043 t).

<sup>(4)</sup> As entradas correspondem a 92,92% do consumo de fertilizantes indicado nas Tabelas 2 e 3.

Na Figura 1 estão apresentados os valores da produtividade agrovegetal média de todos os estados brasileiros. Nota-se que os estados tradicionalmente agrícolas (DF, GO, MG, MS, MT, PR, RR, RS, SC e SP) apresentam valores acima da média nacional (3.253 kg ha<sup>-1</sup>) e se destacam, também, pela quantidade de produção agrovegetal (Tabela 5). Por outro lado, ressalta-se o estado do Ceará, com produtividade agrovegetal de apenas 636 kg ha<sup>-1</sup>, o que representa 13,5% do maior valor observado (4.730 kg ha<sup>-1</sup>).

Outra forma de avaliar os dados gerados no cálculo do balanço de nutrientes é pelo índice de conversão de nutrientes em produtos agrícolas. Utilizando-se os dados da Tabela 5 e considerando que as culturas citadas neste balanço utilizaram 92,92% do total de fertilizantes no período avaliado (2009 a 2012), os índices médios de conversão foram: (i) para cada kg de nutrientes NPK aplicado foram produzidos 20,2 kg de produto agrícola, e (ii) para produzir 1.000 kg de produto agrícola foi necessária a aplicação de 49,5 kg de nutrientes NPK.

A Figura 2 apresenta as quantidades de nutrientes NPK aplicadas por unidade de área e aquelas necessárias para produzir 1.000 kg de produto agrícola, nos estados com maior consumo de fertilizantes. Nota-se que estes estados aplicam, com algumas exceções, quantidades de fertilizantes acima da média nacional (151,5 kg ha<sup>-1</sup> de NPK) e também apresentam as maiores produtividades agrovegetais (Figura 1). O estado de MG apresenta extensa área com a cultura de café e utiliza a maior quantidade de NPK por unidade de área (250,4 kg ha<sup>-1</sup>), valor bem acima dos demais, porém não detém a maior produtividade agrovegetal, indicando, assim, a necessidade de adequação das boas práticas de uso de fertilizantes

para melhor aproveitamento dos nutrientes. Comparativamente, os estados do MA e PI utilizam quantidades de NPK abaixo da quantidade média aplicada. Esses estados possuem áreas agrícolas que utilizam baixa tecnologia, contribuindo para a baixa produtividade agrovegetal (Figura 1). De forma geral, houve pequeno incremento de 3,3% na quantidade de nutrientes NPK aplicada para produzir 1.000 kg de produto agrícola, comparado ao balanço de 2008, sendo os maiores valores observados nos estados de PI e TO: 43,6% e 24,3%, respectivamente.

A Figura 3 ilustra a quantidade consumida de K<sub>2</sub>O no período de 2009 a 2012. O crescimento no consumo de K<sub>2</sub>O está associado ao aumento da área cultivada nos estados estudados. A expansão da área de cultivo da soja no estado do MT e de cana-de-açúcar no estado de SP permitiram os aumentos mais significativos. A área plantada de soja no MT em 2008 foi de 5,7 milhões de ha, enquanto em 2012 foi de 7,0 milhões de ha, representando um aumento de 22%. Por outro lado, o consumo total de K<sub>2</sub>O em 2008 foi de 648 mil toneladas, aumentado para 905 mil toneladas em 2012, equivalendo a uma expansão de aproximadamente 40% no consumo de K.

## CONCLUSÕES

No geral, o balanço do consumo de nutrientes no Brasil no período de 2009 a 2012 apresentou resultados satisfatórios quanto ao uso de fertilizantes. Os índices finais de aproveitamento de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O foram de 65,0%, 53,3% e 81,6%, respectivamente. Neste período, o aproveitamento de N dos fertilizantes foi inferior ao observado em 2008, porém, reflete os efeitos das quebras de safras no período.

**Tabela 10.** Resultados do balanço do consumo médio de nutrientes por estado no período de 2009 a 2012.

Estado/ Região	Exportação líquida de nutrientes <sup>(1)</sup> (I)			Total de entradas (II) <sup>(2)</sup>			Desfrute (I/II x 100) <sup>(3)</sup>		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	----- (t) -----						----- (%) -----		
RS	868.915	946.315	1.366.095	1.614.811	1.850.596	1.736.458	54	51	79
SC	319.286	239.546	329.546	432.783	333.973	286.482	74	72	115
PR	1.051.895	1.364.474	1.966.156	1.371.413	1.943.993	1.829.888	77	70	107
<b>Total Sul</b>	<b>2.240.096</b>	<b>2.550.336</b>	<b>3.661.798</b>	<b>3.419.008</b>	<b>4.128.562</b>	<b>3.852.828</b>	<b>66</b>	<b>62</b>	<b>95</b>
DF	22.816	24.013	28.276	25.522	35.666	21.302	89	67	133
GO	531.920	745.409	1.116.409	882.631	1.487.205	1.374.015	60	50	81
MT	593.529	1.530.946	2.405.552	1.059.710	2.669.245	2.982.841	56	57	81
MS	283.625	457.133	694.851	426.502	759.717	797.296	67	60	87
<b>Total Centro-Oeste</b>	<b>1.431.890</b>	<b>2.757.502</b>	<b>4.245.089</b>	<b>2.394.364</b>	<b>4.951.833</b>	<b>5.175.455</b>	<b>60</b>	<b>56</b>	<b>82</b>
MG	846.575	539.693	986.125	1.926.334	1.480.715	1.789.843	44	36	55
ES	95.337	19.884	138.826	259.923	82.574	184.901	37	24	75
RJ	28.280	8.665	32.451	24.581	13.893	24.448	115	62	133
SP	1.787.445	697.320	1.709.032	2.093.022	1.291.485	2.062.531	85	54	83
<b>Total Sudeste</b>	<b>2.757.637</b>	<b>1.265.563</b>	<b>2.866.434</b>	<b>4.303.860</b>	<b>2.868.667</b>	<b>4.061.723</b>	<b>64</b>	<b>44</b>	<b>71</b>
AL	99.059	31.891	93.176	121.721	49.132	136.147	81	65	68
BA	317.549	306.106	584.333	559.809	907.859	916.349	57	34	64
CE	31.238	23.188	49.908	23.188	10.389	15.724	135	223	317
MA	86.661	122.593	202.234	79.285	304.763	261.298	109	40	77
PB	23.775	9.258	31.320	31.019	11.482	34.013	77	81	92
PE	69.533	25.453	84.402	115.274	46.850	125.818	60	54	67
PI	44.033	80.711	125.665	55.046	199.422	179.810	80	40	70
RN	17.615	6.886	21.950	23.590	16.387	25.185	75	42	87
SE	35.964	20.417	32.796	56.745	36.686	30.311	63	56	108
<b>Total Nordeste</b>	<b>725.429</b>	<b>626.502</b>	<b>1.225.784</b>	<b>1.065.677</b>	<b>1.582.971</b>	<b>1.724.653</b>	<b>68</b>	<b>40</b>	<b>71</b>
AC	13.818	5.877	14.148	976	1.487	1.020	1.416	395	1.387
AP	1.602	512	2.011	3.599	4.734	6.349	45	11	32
AM	11.242	3.747	13.692	3.032	2.294	3.667	371	163	373
PA	96.576	56.484	125.337	64.252	94.639	125.516	150	60	100
RO	47.750	45.450	81.272	22.090	61.603	47.115	216	74	172
RR	6.791	2.913	5.106	8.934	9.087	9.433	76	32	54
TO	44.596	80.052	130.500	61.490	162.259	154.519	73	49	84
<b>Total Norte</b>	<b>222.376</b>	<b>195.034</b>	<b>372.067</b>	<b>164.373</b>	<b>336.104</b>	<b>347.619</b>	<b>135</b>	<b>58</b>	<b>107</b>
<b>Total Brasil</b>	<b>7.377.428</b>	<b>7.394.936</b>	<b>12.371.171</b>	<b>11.347.282</b>	<b>13.868.137</b>	<b>15.162.278</b>	<b>65,0</b>	<b>53,3</b>	<b>81,6</b>

<sup>(1)</sup> Demanda líquida equivale ao total exportado menos as deduções de fixação biológica, uso de vinhaça e beneficiamento do café.

<sup>(2)</sup> O total de entradas corresponde a 92,92% do total de fertilizantes utilizados.

<sup>(3)</sup> Desfrute é o índice de uso dos fertilizantes, correspondendo ao percentual exportado em relação ao consumo.

O aumento do consumo de fertilizantes deve estar associado às boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. O desfrute médio de K no período analisado foi superior ao obtido em 2008, o que pode ser resultado do baixo consumo deste nutriente em 2009, em função da crise econômica de 2008.

Os resultados do balanço no período de 2009 a 2012 mostram que os macronutrientes secundários e os micronutrientes estão sendo aplicados em quantidades suficientes para atender a demanda de exportação pelas culturas.

O balanço de nutrientes é uma ferramenta importante para identificar as deficiências de uso de fertilizantes, tanto para diagnóstico das regiões como das culturas, podendo ser utilizado também para projeções futuras do consumo de nutrientes. Em todas essas aplicações fica evidente a necessidade do uso de boas práticas de uso de fertilizantes, visando tornar o manejo deste insumo cada vez mais eficiente.

**Tabela 11.** Resultados do balanço do consumo de nutrientes por estado nos anos 2009, 2010, 2011 e 2012.

Estado/ Região	Desfrute <sup>(1)</sup> 2009			Desfrute 2010			Desfrute 2011			Desfrute 2012		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
----- (%) -----												
RS	63	51	90	61	63	95	44	38	52	50	53	81
SC	73	68	118	79	85	132	66	69	109	76	67	104
PR	77	67	127	85	80	121	66	59	80	79	75	107
<b>Total Sul</b>	<b>71</b>	<b>60</b>	<b>110</b>	<b>72</b>	<b>73</b>	<b>110</b>	<b>56</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>95</b>
DF	104	81	194	95	79	137	90	66	135	76	53	96
GO	73	57	105	64	50	81	56	48	73	54	48	75
MT	67	59	98	58	61	81	49	55	79	55	56	72
MS	66	58	113	72	62	87	60	57	77	69	63	81
<b>Total Centro-Oeste</b>	<b>69</b>	<b>58</b>	<b>102</b>	<b>63</b>	<b>58</b>	<b>82</b>	<b>54</b>	<b>53</b>	<b>77</b>	<b>57</b>	<b>55</b>	<b>74</b>
MG	45	34	56	44	39	49	39	36	44	39	35	45
ES	34	24	57	27	21	40	26	18	39	26	16	40
RJ	135	71	146	118	62	130	103	56	122	99	58	113
SP	95	61	102	93	63	87	77	49	74	77	46	71
<b>Total Sudeste</b>	<b>70</b>	<b>45</b>	<b>80</b>	<b>68</b>	<b>49</b>	<b>69</b>	<b>57</b>	<b>42</b>	<b>59</b>	<b>56</b>	<b>39</b>	<b>58</b>
AL	87	93	81	68	55	53	89	68	78	83	55	68
BA	64	38	80	67	40	77	55	33	59	40	25	43
CE	72	161	278	380	516	479	65	126	256	65	114	242
MA	131	39	98	180	47	92	76	40	73	94	37	61
PB	93	117	138	67	85	82	80	68	92	70	65	70
PE	72	72	91	61	60	63	60	48	68	49	37	51
PI	83	48	96	143	60	95	85	45	75	40	24	41
RN	82	50	97	77	50	82	66	37	78	73	33	93
SE	44	23	73	84	100	134	64	59	121	61	42	108
<b>Total Nordeste</b>	<b>73</b>	<b>43</b>	<b>88</b>	<b>82</b>	<b>50</b>	<b>82</b>	<b>64</b>	<b>39</b>	<b>68</b>	<b>53</b>	<b>30</b>	<b>51</b>
AC	2.742	589	2.419	1.794	541	2.901	905	224	668	1.303	485	1.599
AP	102	22	60	58	11	35	49	12	36	23	7	20
AM	281	151	342	442	170	427	393	188	394	353	144	329
PA	199	67	127	186	72	116	144	58	92	108	49	80
RO	278	85	192	240	78	193	208	75	153	136	61	114
RR	69	33	61	89	39	61	74	34	53	73	26	46
TO	108	78	140	116	64	118	74	53	82	39	30	52
<b>Total Norte</b>	<b>177</b>	<b>76</b>	<b>147</b>	<b>178</b>	<b>70</b>	<b>133</b>	<b>132</b>	<b>60</b>	<b>99</b>	<b>89</b>	<b>41</b>	<b>74</b>
<b>Total Brasil</b>	<b>71,6</b>	<b>54,6</b>	<b>97,4</b>	<b>71,0</b>	<b>59,9</b>	<b>86,6</b>	<b>57,8</b>	<b>48,4</b>	<b>69,8</b>	<b>59,1</b>	<b>51,1</b>	<b>72,5</b>

<sup>(1)</sup> Desfrute é o índice de uso dos fertilizantes, correspondendo ao percentual exportado em relação ao consumo.

**Tabela 12.** Resultados do balanço do consumo de nutrientes pelas principais culturas brasileiras no período de 2009 a 2012.

Cultura	Consumo de nutrientes			Fator de consumo <sup>(1)</sup>			Desfrute médio <sup>(2)</sup> (%)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
----- (t) -----									
Soja	413.824	7.356.018	6.622.860	N/A <sup>(3)</sup>	2,00	1,00	-	50	99
Milho	3.348.625	2.133.540	2.095.344	0,90	1,00	1,50	79	96	65
Cana-de-açúcar	2.882.600	1.003.868	3.134.529	1,20	1,40	1,50	80	70	67
Café em coco	1.437.329	395.074	1.008.148	3,70	6,50	1,40	20	11	45
Algodão herbáceo	685.307	733.458	543.487	2,10	6,30	1,70	44	16	58
Arroz	576.666	332.844	279.593	1,00	1,40	1,10	103	74	91
Feijão	323.768	324.473	202.072	1,10	2,80	0,90	67	35	115
Laranja	283.327	109.016	208.599	1,90	3,60	1,50	51	28	67
Trigo	440.266	322.680	250.580	2,10	2,10	2,80	58	48	35

<sup>(1)</sup> Fator de consumo é a relação entre o consumo e a demanda das culturas.

<sup>(2)</sup> Desfrute é o índice de uso dos fertilizantes, correspondendo ao percentual exportado em relação ao consumo estimado por cultura.

<sup>(3)</sup> N/A = não aplicável.

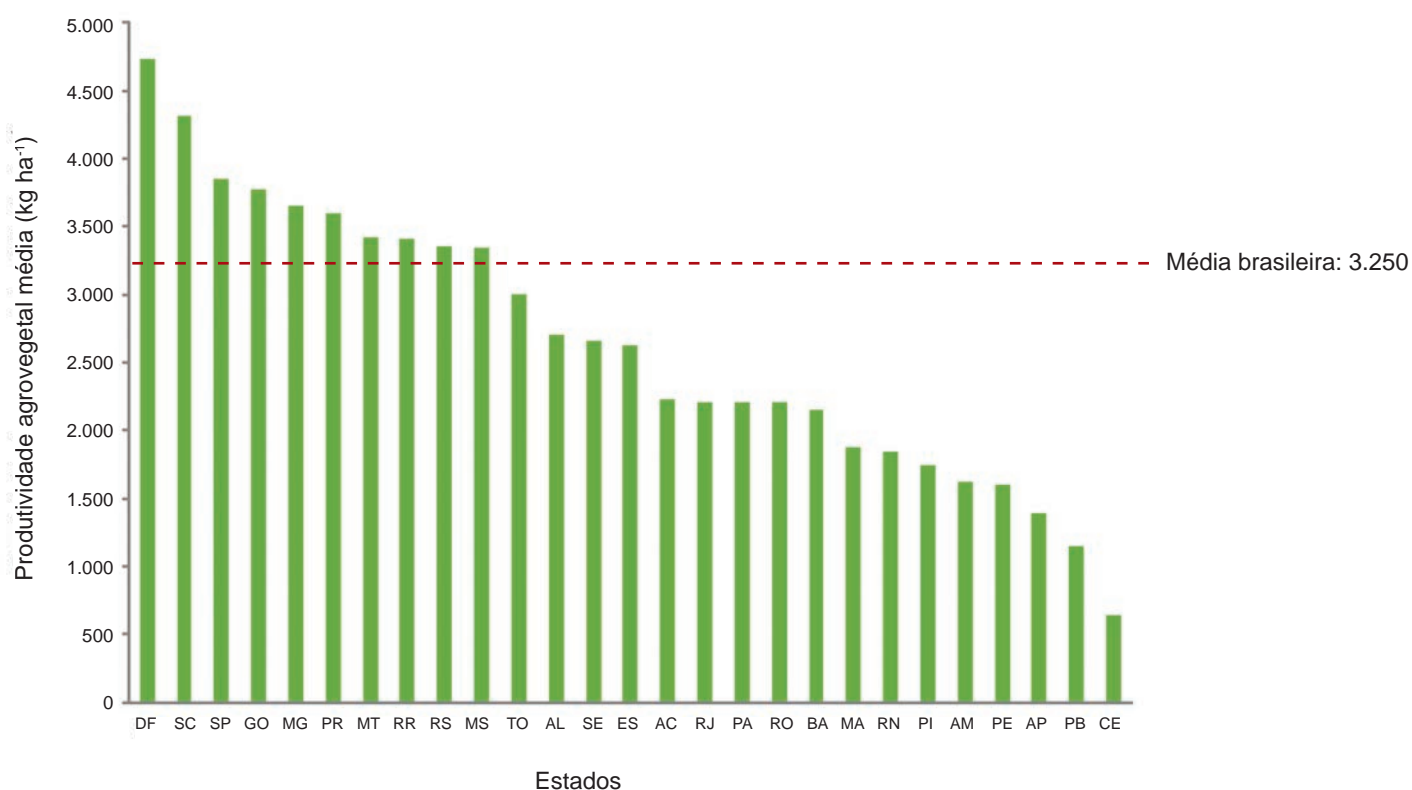
**Tabela 13.** Resultados do balanço de NPK para a cultura do café considerando-se a exportação de nutrientes pelo café em coco e pelo café beneficiado no período de 2009 a 2012.

Cultura	Consumo de nutrientes			Exportação de nutrientes			Fator de consumo <sup>(1)</sup>			Desfrute médio <sup>(2)</sup>		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	----- (t) -----						----- (%) -----					
Café em coco	1.437.329	395.074	1.008.148	384.817	60.730	703.961	3,70	6,50	1,40	20	11	45
Café beneficiado	1.437.329	395.074	1.008.148	188.549	25.304	205.875	7,62	15,61	4,90	13	6	20

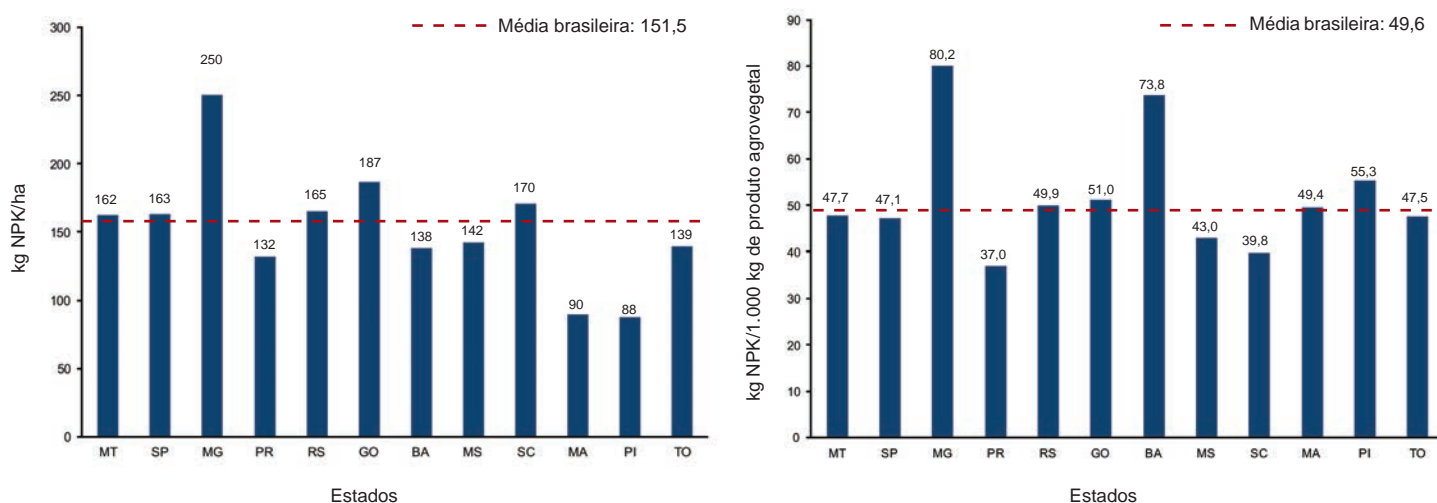
<sup>(1)</sup> Fator de consumo é a relação entre o consumo e a demanda das culturas.

<sup>(2)</sup> Desfrute é o índice de uso dos fertilizantes, correspondendo ao percentual exportado em relação ao consumo estimado pela cultura.

A diferença no desfrute entre café em coco e café beneficiado é devida ao desconto de 50% dos nutrientes contidos na casca do café em coco. Supõe-se que a casca é reaproveitada na lavoura.



**Figura 1.** Rendimento agrovegetal médio, em ordem decrescente, dos estados brasileiros no período de 2009 a 2012.



**Figura 2.** Índices kg NPK/ha plantado e kg NPK/1.000 kg de produto agrovegetal de alguns estados brasileiros no período de 2009 a 2012.

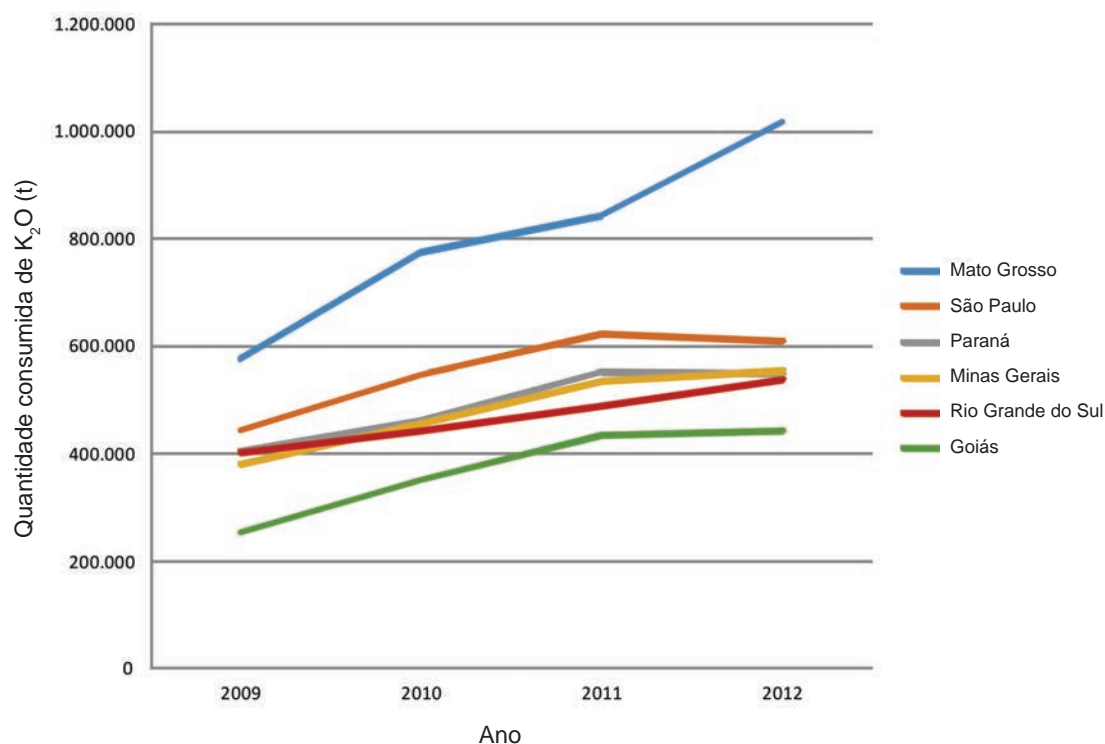


Figura 3. Quantidade consumida de  $K_2O$  nos principais estados consumidores, no período de 2009 a 2012.

## REFERÊNCIAS

ABRACAL. Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola. **Calcário agrícola – Brasil produção**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_tematicas/Insumos\\_agropecuarios/67RO/App\\_Calcario\\_Insumos.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_tematicas/Insumos_agropecuarios/67RO/App_Calcario_Insumos.pdf)>. Acesso em: 06 mai. de 2013.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B. et al. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 271-276, 1992.

ANANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes – 2009**. São Paulo, 2010. 160 p.

ANANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes – 2010**. São Paulo, 2011. 178 p.

ANANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes – 2011**. São Paulo, 2012. 178 p.

ANANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário estatístico do setor de fertilizantes – 2012**. São Paulo, 2013. 176 p.

AZEREDO, J. A.; GENÚ, P. J. C.; AQUINO, A. R. L.; CAMPELO JUNIOR, J. H.; RODRIGUEZ, A. P. M. Nutrição mineral e adubação da bananeira. In: HAAG, P. H. (Coord.). **Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 59-102.

BATAGLIA, O. C.; RODRIGUEZ, O.; HIROCE, H.; GALLO, J. R.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C. Composição mineral de frutos cítricos na colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 21, p. 215-221, 1977.

BATAGLIA, O.; MASCARENHAS, H. A. A. **Absorção de nutrientes pela soja em latossolo roxo sob vegetação de cerrado**. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 36 p. (Boletim Técnico n. 41).

BORSARI, F. Cenário nacional e internacional de micronutrientes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICRONUTRIENTES E MAGNÉSIO, 2012, Piracicaba, SP. Piracicaba: GAPE, 2012.

CAMPOS, M. L.; SILVA, F. N.; FURTINI NETO, A. E.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; ANTUNES, A. S. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 361-367, 2005.

CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 130, Piracicaba, jun. 2010. 11 p.

CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira no período de 1988 a 2010. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 135, set. 2011. 7 p.

FERTIPAR FERTILIZANTES LTDA. **O que é fosfato natural reativo de GAFSA**. Disponível em: <<http://www.fertipar.com.br/produtos/nfi-de-gafsa-tunisia>>. Acesso em: 02 jul. de 2009.

FREIRE, R. M. M.; NOBREGA, M. B. M. Sub-produto: torta. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**. Sistemas de Produção 4. Embrapa Algodão, 2006. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona\\_2ed/autores.html#editor](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/autores.html#editor)>. Acesso em 20 jan. 2009.

FURLANI, P. R. et al. Composição química inorgânica de três cultivares de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 8, p. 109-115, 1977.

GARCIA, F.; SANJUAN, M. F. G. La nutrición de suelos y cultivos y el balance de nutrientes: ¿Cómo estamos? **Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica**, Buenos Aires, n. 4, p. 1-7, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área plantada. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 12, p. 1-80, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área plantada. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, v. 24, n. 12, p. 1-82, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área plantada. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 12, p. 1-84, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área plantada. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 10, p. 1-80, 2013.

KANSAS STATE UNIVERSITY AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION AND COOPERATIVE EXTENSION SERVICE. **Grain sorghum production handbook**. Manhattan, Kansas, 1998. Disponível em: <<http://www.oznet.ksu.edu/library/crpsl2/c687.pdf>>. Acesso em 22 jan. 2009.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2a. ed. rev. e atualizada. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MAMPRIN NETO, J. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <fmcunha@uol.com.br> em 29 nov. 2013.

ORLANDO FILHO, J. (Coord.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1983. 369 p. (Coleção Planalsucar, 2).

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. Campinas: Fundação ABC/Fundação Cargill, 1998. 59 p.

PROCHNOW, L. I. **Disponibilidade do fósforo da fração solúvel em citrato neutro de amônio e insolúvel em água de fosfatos acidulados**. 1996. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1996.

ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; TAVARES, S. Cana-de-açúcar. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes – Culturas**. v. 3. Piracicaba: IPNI, 2010. p. 163-230.

YAMADA, T.; LOPES, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 84, dez. 1998. 8 p. (Encarte Técnico)