



## EVOLUÇÃO DOS NÍVEIS DE FERTILIDADE DO SOLO EM LAVOURAS DE SOJA INTERPRETADOS COM DUAS RECOMENDAÇÕES OFICIAIS

<sup>1</sup>Paulo Ricardo Ebert Siqueira; <sup>2</sup>Paulo Ricardo Baier Siqueira

<sup>1</sup>Eng. Agr. Dr. Professor do Curso de Agronomia – URCAMP, Bagé-RS.

Email: [siqueira@urcamp.edu.br](mailto:siqueira@urcamp.edu.br); <sup>2</sup>Eng. Agr. M.Sc. Cooperativa Agrícola Mista Aceguá Ltda, Bagé-RS. Email: [agrosiqueira@yahoo.com.br](mailto:agrosiqueira@yahoo.com.br)

**RESUMO** - O Brasil apresenta a segunda maior área de cultivo de soja *Glycine max* L. (Merrill) no mundo, e esta cultura ocupa a maior área de lavouras anuais no país. As elevadas produtividades obtidas com a leguminosa requerem a utilização de uma série de insumos agrícolas e técnicas perfeitamente integradas. A nutrição da cultura da soja de forma adequada é um condicionante preliminar para alcançar a potencialidade das atuais cultivares e dos recursos naturais como a energia solar e o fluxo de água no solo. Alguns elementos minerais são demandados em quantidades elevadas pela cultura e recebem por este aspecto a denominação de macronutrientes, como o Fósforo e o Potássio. O presente trabalho avaliou diversas análises de solos provenientes de lavouras de soja da Região da Campanha destinadas ao cultivo de soja durante quatro anos agrícolas consecutivos. Foram consideradas amostras de solo de 50 lavouras no ano agrícola 2014/2015, de 78 lavouras no ano agrícola 2015/2016, 101 lavouras no ano agrícola 2016/2017 e, no ano agrícola 2017/2018 80 lavouras. As amostras foram obtidas com a mesma técnica de coleta e os níveis de Fósforo e Potássio foram categorizados conforme os parâmetros oficiais da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul editados em 2004 e com a versão vigente editada em 2016. Calculou-se conforme cada versão de recomendação oficial a frequência de amostras enquadradas nos níveis Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto e multiplicou-se o valor da frequência pela recomendação de Fósforo e Potássio para a obtenção do nível de produtividade de 3.000Kg por hectare. O somatório dos produtos (frequência de cada nível de disponibilidade multiplicado pela recomendação para esta classe) constituiu dessa forma a adubação representativa para as lavouras consideradas em cada ano agrícola. Verificou-se que os níveis de disponibilidade de Fósforo e de Potássio dos solos cultivados com soja apresentaram em média redução progressiva no decorrer dos anos agrícolas e, em função disto, a adubação com Fósforo e Potássio apresentou tendência de aumento no decorrer dos anos agrícolas. Concluiu-se que o Manual de Calagem e Adubação vigente (SOCIEDADE..., 2016) apresenta a tendência de rebaixar os níveis de disponibilidade de Fósforo e de Potássio do solo em cultivo com soja na Região da

Campanha, em relação ao manual anterior (SOCIEDADE..., 2004), o que resulta em recomendação de maior quantidade de Fósforo e de Potássio com a versão atual Manual de Calagem e Adubação.

**Palavras-chave:** Balanço nutricional, fertilização, macronutrientes

## EVOLUTION OF SOIL FERTILITY LEVELS IN SOYBEAN CROPS INTERPRETED WITH TWO OFFICAL RECOMENDATIONS

*ABSTRACT - Brazil presents the second larger area of soybean cultivation *Glycine max L. (Merrill)* on the world, and actually, this culture occupies the most area of crops in the country. The high yields obtained with the legume require the employ of a technics and agricultural inputs series perfectly integrated. The nutrition of soybean cultivation in an appropriate form is a preliminary conditioning to achieve the potentiality of the current cultivars and natural resources such as the solar energy and the water flow in the ground. Some mineral elements are required in large quantities for the culture and they receive by this aspect the denomination of macronutrients, such as the Phosphorus and Potassium. In this study assessed, several analyses of grounds arise from Southernmost Area of Rio Grande do Sul State soybean crops intended for the cultivation of soybean during four consecutive agricultural years. They were considered soil samples of 50 crops in the 2014/2015 agricultural year, 78 crops in the 2015/2016 agricultural year, 101 crops in the 2016/2017 agricultural year, and 80 crops in the 2017/2018 agricultural year. Samples were obtained from the same technique of collection and the Phosphorous and Potassium were categorized according to the official parameters of Soil Sciences Brazilian Society – South Regional Center edited in 2004 and with the current version edited in 2016. It has been estimated, according to each official recommendation version the frequency of samples under the levels Very Low, Low, Medium, High, and Very High, and it has been multiplied by value of frequency by the Phosphorous and Potassium recommendations for obtaining of the productivity level of 3.000Kg per hectare. The sum of products (frequency of each level of availability multiplied by the recommendation for this class) thus forming the fertilization representative for the crops considered in each agricultural year. It was found that the phosphorous and potassium availability levels of cultivated soils with soybean performed on average progressive reduction in the course of agricultural years and, as a result, the phosphorous and potassium fertilization presented trend of increase throughout agricultural years. It was concluded the Manual of Liming and Current Fertilization (SOCIEDADE..., 2016) presents the tending of downgrade the phosphorous and potassium availability levels of soil in soybean cultivation in Southernmost Area of Rio Grande do Sul State. In relation to the previous manual (SOCIEDADE..., 2004), which results in the recommendation of phosphorous and potassium greater amount with the current version Manual of Liming and Fertilization.*

**Keywords:** Nutricional Balance, fertilization, macronutrients

## INTRODUÇÃO

A soja *Glycine max* L. (Merrill) é a leguminosa com a maior área de cultivo mundial e ocupa na safra 2017/2018 a nível de mundo um total de 126,5 milhões de hectares. As maiores lavouras desta leguminosa estão estabelecidas nos Estados Unidos da América (36,2 milhões de hectares), no Brasil (35,0 milhões de hectares), e na Argentina (19,1 milhões de hectares) (USDA, 2017). Os estados brasileiros maiores produtores de soja são: Mato Grosso (9,5 milhões de hectares), Rio Grande do Sul (5,6 milhões de hectares) e Paraná (5,4 milhões de hectares), e a produtividade média brasileira registrada na safra 2016/2017 foi de 3.362Kg.ha<sup>-1</sup> a mesma obtida no Estado do Rio Grande do Sul que produziu na mesma safra 3.360Kg.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017a).

Para a obtenção de elevadas produções é necessário que os nutrientes essenciais atendam às demandas da cultura de modo satisfatório. Na cultura da soja as maiores necessidades quantitativas são respectivamente de Nitrogênio, Potássio e Fósforo (SFREDO, 2008).

Devido à capacidade do estabelecimento de relações simbióticas nas raízes da soja com bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Rhizobium*, as quais são capazes de fixarem Nitrogênio no sistema radicular desta leguminosa, o suprimento deste nutriente via fixação biológica tem se mostrado satisfatório na maioria das ocasiões, principalmente quando são observadas práticas conservacionistas como o sistema de semeadura direta na palha, dispensando deste modo o uso de adubação nitrogenada, a qual em geral compromete a fixação biológica de Nitrogênio (BIZARRO, 2008).

De acordo com Eyre (2016) a adubação na cultura da soja busca a produtividade que proporcione o máximo retorno econômico, e promova a sustentabilidade do sistema produtivo sem impactar negativamente na sanidade da cultura.

O Fósforo é um elemento nutritivo absorvido pelas plantas na forma aniônica principalmente como H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> e atua principalmente nos processos fisiológicos geradores de energia para o crescimento e desenvolvimento vegetal (SFREDO, 2008). Plantas de soja com deficiência de Fósforo apresentam como sintomas a coloração verde azulada nas folhas mais velhas, redução no porte e baixa inserção

dos legumes (SFREDO; BORKERT, 2004). Já o Potássio é o cátion absorvido em maior quantidade pelas plantas de soja e a participação deste nutriente ocorre em diversos processos fisiológicos da planta como a ativação de enzimas, o transporte de assimilados e, muito intensamente na intensidade do processo fotossintético (PETTIGREW, 2008). A deficiência de Potássio nas plantas de soja tem como sintomas iniciais a clorose internerval que evolui para necrose nos bordos e ápice das folhas mais velhas. Durante as fases de formação das sementes e maturação podem ser verificados redução no tamanho e o enrugamento das sementes e ainda atraso na maturação, ocorrência de retenção foliar e a presença de vagens chochas (SFREDO, 2008)

O presente trabalho objetivou comparar a interpretação e a recomendação de Fósforo e Potássio com base nos manuais de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, versões editadas em 2004 (SOCIEDADE..., 2004) e 2016 (SOCIEDADE..., 2016). O material analisado para fins de comparação dos dois manuais foram amostras de solo originárias de áreas destinadas ao cultivo de soja na Região da Campanha do Rio Grande do Sul, no decorrer de quatro anos agrícolas consecutivos,

## METODOLOGIA

O experimento consistiu no estudo comparativo dos resultados de análises de solo provenientes de lavouras localizadas na Região da Campanha do Estado do Rio Grande do Sul e destinadas ao cultivo de soja. Foram estudadas as análises provenientes de um mesmo coletor, obtidas com calador de solo, resultando em estudo conjunto de 50, 78, 101 e 80 análises, respectivamente para os anos agrícolas 2014/2015, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018.

A interpretação dos resultados foi realizada pela frequência das classes de disponibilidade de Fósforo e de Potássio conforme as categorias estabelecidas no Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, versões editadas em 2004 (SOCIEDADE..., 2004) e em 2016 (SOCIEDADE..., 2016). Foi comparada a categorização dos solos pelas análises interpretadas pelas duas edições.

Para comparar a necessidade de adubação por ano agrícola, calculou-se a frequência de amostras enquadradas nos níveis Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto e multiplicou-se o valor da frequência pela recomendação de Fósforo e de Potássio prevista para a obtenção do nível de produtividade de 3.000Kg por hectare (Tabela 1), por ser esta a produtividade básica considerada na edição atual de recomendação (SOCIEDADE..., 2016). O somatório dos produtos (frequência de cada nível de disponibilidade multiplicado pela recomendação para esta classe) constituiu dessa forma a adubação representativa para as lavouras consideradas em cada ano agrícola. No sentido de verificar tendências no manejo da fertilidade, foram correlacionadas as recomendações representativas para cada ano agrícola para Fósforo e Potássio com a sequência dos cultivos, ou seja, do primeiro ao quarto ano agrícola.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano agrícola 2014/2015 considerando os parâmetros de interpretação de análises de solo vigentes até 2015 (SOCIEDADE..., 2004) verificou-se que das lavouras amostradas, 4% apresentaram nível de Fósforo disponível muito baixo, 26% das lavouras nível baixo, 26% das lavouras nível médio, nível alto em 30% dos casos e, nível muito alto nas restantes 14% (Tabela 1). Com o emprego do Manual, na edição atual editada no ano 2016 (SOCIEDADE..., 2016), observou-se aumento na frequência das análises enquadradas em limites inferiores de disponibilidade. Desse modo, pela versão atual várias amostras cujos níveis de Fósforo as enquadravam anteriormente em um determinado nível de disponibilidade passaram a ser atualmente enquadradas em níveis inferiores.

Nesse sentido, as mesmas amostras do ano agrícola 2014/2015 antes categorizadas, passaram a ter na atual recomendação a seguinte distribuição: muito baixo 12%, baixo 40%, médio 22%, alto 26% e no nível muito alto nenhuma lavoura teve a análise enquadrada na versão atual (Tabela 1).

No ano agrícola 2015/2016, respectivamente para os níveis de disponibilidade muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto a frequência encontrada nas lavouras, pelos padrões de recomendação anteriores (SOCIEDADE..., 2004) foi, respectivamente, 31%, 19%, 13%, 27% e 10%. Para as mesmas categorias, a recomendação vigente

(SOCIEDADE..., 2016) enquadraram as amostras, respectivamente, na frequência de 41,0%, 22,0%, 15,0%, 18,0% e 4% (Tabela 1).

Tabela 1. Frequência de categorias de disponibilidade de Fósforo em amostras de solo de lavouras destinadas ao cultivo de soja na Região da Campanha conforme dois manuais de adubação e calagem. Bagé-RS, 2017.

Ano Agrícola	Frequência das Categorias nas Amostras (%)										n
	Muito Baixo		Baixo		Médio		Alto		Muito Alto		
	2004*	2016**	2004	2016	2004	2016	2004	2016	2004	2016	
2014/2015	4,0	12,0	26,0	40,0	26,0	22,0	30,0	26,0	14,0	0,0	50
2015/2016	31,0	41,0	19,0	22,0	13,0	15,0	27,0	18,0	10,0	4,0	78
2016/2017	32,7	45,0	29,7	23,8	7,9	11,9	19,8	12,9	9,9	5,9	10
2017/2018	43,8	63,8	27,4	18,8	12,5	7,5	11,2	8,8	5,0	1,3	80
Média	27,9	40,4	25,5	26,1	14,9	14,2	22,0	16,4	9,7	2,8	

\*(SOCIEDADE..., 2004), \*\* (SOCIEDADE..., 2016).

No ano agrícola 2016/2017, os níveis de disponibilidade de Fósforo nas amostras apresentaram a seguinte frequência: muito baixo 32,7%, baixo 29,7%, médio 7,9%, alto 19,8 e muito alto 9,9, nos padrões em vigor até 2015 (SOCIEDADE..., 2004) e, pela a recomendação vigente (SOCIEDADE..., 2016), respectivamente para os mesmos níveis, a frequência passou a ser de 45%, 23,8%, 11,9%, 12,9% e 5,9% (Tabela 1).

Para o ano agrícola 2017/2018, os níveis de disponibilidade de Fósforo categorizaram as amostras como muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto, respectivamente em 43,8%, 27,4%, 12,5%, 11,2% e 5,0% dos casos, nos padrões anteriores (SOCIEDADE..., 2004) e pela recomendação atual (SOCIEDADE..., 2016), respectivamente a frequência para os mesmos níveis passou a ser de 63,8%, 18,8%, 7,5%, 8,8% e 1,3% (Tabela 1).

O melhoramento genético da soja no Brasil tem buscado prioritariamente o desenvolvimento de elevado potencial produtivo. Nesse contexto, quando as cultivares de soja apresentam desempenho produtivo elevado mesmo em condições de disponibilidade nutricional limitada as mesmas são classificadas como eficientes, do contrário são consideradas ineficientes. Por outro lado, o potencial de resposta produtiva de uma cultivar frente a doses crescentes do nutriente e em níveis superiores aos recomendados oficialmente permite classificar as cultivares como responsivas, quando as mesmas apresentam altos incrementos por unidade



adicional de nutriente aportado, ou como não responsivas, quando os incrementos por unidade adicional são baixos ou mesmo negativos (SANTOS RIBEIRO, 2016).

A produtividade de soja no Rio Grande do Sul apresenta-se em elevação e muito deste aumento decorre da interação do emprego de cultivares responsivas à tecnologia e práticas de manejo adotadas. A produtividade média das lavouras de soja no Estado no decênio (1993/1994 a 2002/2003) anterior à edição das recomendações de adubação anterior (2004) foi de 1.908Kg.ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, a média dos anos agrícolas do decênio 2005/2006 a 2014/2015, anterior à edição de 2016 foi de 2.373 Kg.ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017b).

Desse modo, a atual recomendação de adubação e calagem foi precedida por um decênio cuja produtividade no Rio Grande do Sul aumentou 24,4% em relação a igual período da edição anterior.

As respostas das cultivares mais responsivas proporcionam de um lado uma maior expectativa de retorno técnico e econômico às adubações crescentes e, por outro, condicionam uma necessidade de suprimento das quantidades exigidas cada vez maiores para a reposição nutrientes exportados da lavoura com a produção comercializada.

A recomendação de adubação fosfatada, expressa em Kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>, mostrou-se crescente no decorrer do período estudado passando de 62,2 no primeiro ano, para 78,1 no segundo ano, 82,4 no terceiro ano e no último ano de estudo 93,3, com base nos parâmetros anteriormente vigentes (SOCIEDADE..., 2004) (Tabela 2). Todavia, considerada a recomendação atual (SOCIEDADE..., 2016), os valores se elevam, para os mesmos períodos, para 87, 105,4, 109,1 e 126,9 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Tabela 2. Recomendação de adubação de Fósforo (Kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) para lavouras de soja na Região da Campanha conforme dois manuais de adubação e calagem, para a produtividade prevista de 3.000Kg.ha<sup>-1</sup>. Bagé-RS, 2017.

Ano Agrícola	Recomendação de adubação conforme a frequência das categorias nas amostras												
	Muito Baixo		Baixo		Médio		Alto		Muito Alto		Total		
	2004*	2016**	2004	2016	2004	2016	2004	2016	2004	2016	201	200	2016
2014/2015	5,0	18,6	22,1	38,0	19,5	18,7	13,5	11,7	2,1	0,0	6	4	62,2
2015/2016	38,5	63,6	16,4	20,7	9,6	13,1	12,1	8,1	1,5	0,0			78,1
													105,4

2016/2017	40,8	70,6	25,2	22,6	5,9	10,1	8,9	5,8	1,5	0,0	82,4	109,1
2017/2018	54,7	98,8	23,4	17,8	9,4	6,4	5,1	4,0	0,8	0,0	93,3	126,9

\*(SOCIEDADE..., 2004) Recomendação de  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , por classe de disponibilidade: Muito Baixo = 125; Baixo = 85; Médio = 75; Alto = 45 e; Muito Alto = 15.

\*\* (SOCIEDADE..., 2016) Recomendação de  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , por classe de disponibilidade: Muito Baixo = 155; Baixo = 95; Médio = 85; Alto = 45 e; Muito Alto = zero.

Observa-se que a recomendação atual, em relação à anterior apresentou majoração de 24,8, 27,3, 26,7 e 33,6  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , do primeiro ao quarto ano de estudo. Em percentagem o aumento no igual período correspondeu, respectivamente, a 39,8, 35,0, 32,4 e 36%.

Comparando as recomendações de Fósforo para as lavouras regionais com a quantidade extraída por uma lavoura com produção de  $3.000\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e, a exportação de Fósforo junto destes grãos, respectivamente de 46,2 e  $30,0\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , de acordo com Sfredo (2008), verifica-se que as quantidades recomendadas em ambas as edições dos manuais de adubação (SOCIEDADE..., 2004; SOCIEDADE..., 2016) suprem satisfatoriamente as necessidades da cultura gerando um excedente favorável à melhoria dos níveis de disponibilidade (Tabela 3). Naturalmente que outros aspectos relevantes devem ser considerados quanto às quantidades de Fósforo que estarão disponibilizados às raízes, como a atividade de Hidrogênio a qual pode reduzir de forma sensível a solubilidade deste nutriente e as perdas pelo processo erosivo. Nesse sentido, Caires e Fonseca. (2000) observaram que à medida que a dose de calcário aumentou, até o limite de seis toneladas por hectare, a soja em sistema de plantio direto apresentou aumentos crescentes e significativos de Fósforo nos tecidos da parte aérea, associando o efeito observado à liberação do Fósforo presente no solo ligado ao ferro e alumínio, tornado então solúvel pelo aumento do pH. Devem ser consideradas ainda as quantidades de Fósforo que são associadas às perdas das camadas superficiais de solo por erosão hídrica (BERTOL et al., 2007). A eficácia do uso da adubação fosfatada é ainda influenciada pela época de aplicação e local de colocação, havendo respostas melhores quando o nutriente é colocado no sulco de adubação e por ocasião da semeadura (SANTOS et al., 2008).



Tabela 3. Recomendação de adubação de Fósforo ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{P}_2\text{O}_5$ ) para as lavouras de soja da Região da Campanha, quantidades extraídas e exportadas para a produtividade prevista de  $3.000 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e balanço final. Bagé-RS, 2017.

Ano Agrícola	Recomendação		Demanda da Cultura		Balanço Final ****	
	2004*	2016**	Extração***	Exportação***	2004*	2016**
	2014/2015 5	62,2	87,0	46,2	30	32,2
2015/2016 6	78,1	105,4	46,2	30	48,1	75,4
2016/2017 7	82,4	109,1	46,2	30	52,4	79,1
2017/2018 8	93,3	126,9	46,2	30	47,1	96,9
Média	79,0	107,1	46,2	30	49,0	77,1

\*(SOCIEDADE..., 2004), \*\*\*(SOCIEDADE..., 2016), \*\*\*(SFREDO, 2008) \*\*\*\* Quantidade recomendada – quantidade exportada.

Com relação ao Potássio, os parâmetros do Manual editado em 2004, aplicados às análises relativas ao ano agrícola 2014/2015 indicam que 8% das lavouras apresentaram nível de Potássio disponível médio, que em 58% das lavouras o nível era alto e, o nível muito alto nos restantes 34%. Os mesmos solos, interpretados pelos parâmetros edição atual (SOCIEDADE..., 2016), passaram a ter a seguinte distribuição de níveis de disponibilidade: baixo 2%, médio 32%, alto 50% e muito alto em 16% das amostras (Tabela 4).

No ano agrícola 2015/2016, os níveis de disponibilidade de Potássio apresentaram segundo SOCIEDADE... (2004) foram: baixo 1,0%, médio 9,0%, alto 40,0% e, muito alto 50,0%, enquanto pela a recomendação atual (SOCIEDADE..., 2016), os níveis baixo, médio, alto e muito altos apresentaram respectivamente a frequência de 7,7%, 12,8%, 56,4%, e 23,1% (Tabela 4).

No ano agrícola 2016/2017, os níveis de disponibilidade de Potássio apresentaram segundo SOCIEDADE... (2004) a seguinte frequência: baixo 2,0%, médio 21,8%, alto 53,5% e, muito alto 22,8%, enquanto pela a recomendação vigente (SOCIEDADE..., 2016), os níveis baixo, médio, alto e muito altos apresentaram respectivamente a frequência de 14,9%, 33,7%, 45,5%, e 5,9% (Tabela 4).

Já no ano agrícola 2017/2018, os níveis de Potássio conforme o Manual de 2004 apresentaram a seguinte frequência: baixo 2,5%, médio 13,7%, alto 56,3% e, muito alto 27,5%, enquanto pela a recomendação vigente (SOCIEDADE..., 2016), os

níveis baixo, médio, alto e muito alto apresentaram respectivamente a frequência de 12,5%, 40,0%, 45,0% e 2,5% (Tabela 4).

Tabela 4. Frequência de categorias de disponibilidade de Potássio em amostras de solo de lavouras destinadas ao cultivo de soja na Região da Campanha conforme dois manuais de adubação e calagem. Bagé-RS, 2017.

Ano Agrícola	Frequência das Categorias nas Amostras (%)										n
	Muito Baixo		Baixo		Médio		Alto		Muito Alto		
	2004*	2016**	2004	2016	2004	2016	2004	2016	2004	2016	
2014/2015	0,0	0,0	0,0	2,0	8,0	32,0	58,0	50,0	34,0	16,0	50
2015/2016	0,0	0,0	1,0	7,7	9,0	12,8	40,0	56,4	50,0	23,1	78
2016/2017	0,0	0,0	2,0	14,9	21,8	33,7	53,5	45,5	22,8	5,9	10
2017/2018	0,0	0,0	2,5	12,5	13,7	40,0	56,3	45,0	27,5	2,5	80
Média	0,0	0,0	1,4	9,3	13,1	29,6	52,0	49,2	33,6	11,9	

\*(SOCIEDADE..., 2004), \*\* (SOCIEDADE..., 2016).

Na Tabela 5 são apresentadas as recomendações de adubação potássica conforme a frequência de níveis de disponibilidade de nutrientes, para os diferentes anos agrícolas e conforme as duas edições (SOCIEDADE..., 2004; SOCIEDADE..., 2016).

Comparando as recomendações de Potássio para as lavouras regionais com a quantidade extraída por uma lavoura com produção de 3.000Kg por hectare e, a exportação destes grãos, respectivamente 114 e 60,0 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>, de acordo com Sfredo (2008), observa-se que as quantidades recomendadas atualmente (SOCIEDADE..., 2016) suprem satisfatoriamente as necessidades da cultura gerando um excedente favorável à melhoria dos níveis de disponibilidade (Tabela 6). Por outro lado, observa-se que a recomendação anterior (SOCIEDADE..., 2004) apresentou balanço negativo para as lavouras representativas dos anos agrícolas 2014/2015 e 2015/2016 e balanço superavitário nos anos agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, gerando um déficit médio anual de 0,6 Kg K<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup> (Tabela 6). Desse modo a versão atual proporciona uma recomendação melhor ajustada para Potássio, minimizando situações de recomendação inferior à quantidade exportada do nutriente e, dessa forma, o gradativo empobrecimento do solo agrícola.

De acordo com Lana et al. (2002) o fornecimento de Potássio tende a apresentar respostas elevadas na produção da soja, tendo os autores observado, em condições de solo do Cerrado Brasileiro respostas quadráticas até a dosagem de 90Kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Tabela 5. Recomendação de adubação de Potássio ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) para lavouras de soja na Região da Campanha conforme dois manuais de adubação e calagem, para a produtividade prevista de  $3.000\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Bagé-RS, 2017.

Ano Agrícola	Recomendação de adubação conforme a frequência das categorias nas amostras											
	Muito Baixo		Baixo		Médio		Alto		Muito Alto		Total	
	2004*	2016**	2004	2016	2004	2016	2004	2016	2004	2016	2016	
2014/2015	0,0	0,0	0,0	2,3	8,0	33,6	40,6	37,5	8,5	0,0	57,1	73,4
2015/2016	0,0	0,0	1,4	8,8	9,0	13,5	27,8	42,3	12,5	0,0	50,7	64,6
2016/2017	0,0	0,0	2,2	17,1	21,8	35,3	37,4	34,2	5,7	0,0	67,1	86,6
2017/2018	0,0	0,0	2,8	14,4	13,8	42,0	39,4	33,8	6,9	0,0	62,8	90,1

\*(SOCIEDADE..., 2004) Recomendação de  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , por classe de disponibilidade: Muito Baixo = 150; Baixo = 110; Médio = 100; Alto = 70 e; Muito Alto = 25.

\*\* (SOCIEDADE..., 2016) Recomendação de  $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , por classe de disponibilidade: Muito Baixo = 155; Baixo = 115; Médio = 105; Alto = 75 e; Muito Alto = zero.

Um aspecto que merece destaque é o predomínio na atualidade de cultivares de soja de hábito indeterminado as quais, segundo Oliveira Junior et al. (2013) tem necessidade de Potássio superior aos  $38 \text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  por tonelada de grãos considerados por Sfredo (2008), o que pode explicar parcialmente a tendência de redução da frequência dos níveis Alto e Muito alto observado no decorrer dos anos agrícolas (Tabela 5). Em cultivares de hábito indeterminado os sintomas de deficiência se manifestam mais tardiamente e com mais evidência nas folhas jovens do terço superior, com mais intensidade nos períodos em que já há sementes em fase de enchimento e ainda ocorrem flores, vagens em formação e folhas recém-formadas (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2013).

É oportuno destacar que além do balanço a ser considerado quanto às quantidades de Potássio aportadas no sistema agrícola via fertilizantes e as exportações deste nutriente através das colheitas, ocorrem perdas deste cátion através da lixiviação pelas águas da chuva e da irrigação. O Potássio aportado nas lavouras através da adubação apresenta perdas por lixiviação de forma mais rápida em solos arenosos, enquanto nos argilosos este fenômeno se dá de maneira mais constante, sendo as maiores perdas verificadas em solos bem drenados e com baixa capacidade de troca de cátions (WERLE et al., 2008).

A tendência de aumento das dosagens recomendadas de Fósforo e de Potássio conforme observado nas Tabelas 2 e 5, amplia a expectativa de obtenção de produtividades elevadas por serem as cultivares atualmente em cultivo responsivas às elevações de fertilidade com estes nutrientes. Nesse sentido respostas significativas foram observadas na produtividade da cultura da soja com o emprego de até duas vezes a dosagem oficialmente recomendada de Fósforo e Potássio (DUARTE et al., 2016).

Tabela 6. Recomendação de adubação de Potássio ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) para as lavouras de soja da Região da Campanha, quantidades extraídas e exportadas para a produtividade prevista de  $3.000\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  e balanço final de nutrientes. Bagé-RS, 2017.

Ano Agrícola	Recomendação		Demanda da Cultura		Balanço Final ****	
	2004*	2016**	Extração***	Exportação***	2004*	2016**
	2014/2015	57,1	73,4	114	60	(-2,9)
2015/2016	50,7	64,6	114	60	(-9,3)	4,6
2016/2017	67,1	86,6	114	60	7,1	26,6
2017/2018	62,8	90,1	114	60	2,8	30,1
Média	59,4	78,7	114	60	(-0,6)	18,7

\*Recomendação da SOCIEDADE (2004), \*\*Recomendação da SOCIEDADE (2016), \*\*\*Conforme SFREDO (2008) \*\*\*\* Quantidade recomendada – quantidade exportada.

Com base nos resultados obtidos verifica-se que a versão atual das recomendações oficiais para adubação no Estado do Rio Grande do Sul está mais adequada em relação à edição anterior por suprir mais adequadamente as demandas da cultura quanto às quantias extraídas de Fósforo e de Potássio nos padrões atuais de produtividade.

No mesmo sentido, a atual edição proporciona que a quantidade de Fósforo e Potássio exportada seja satisfatoriamente suprida evitando dessa maneira o gradativo empobrecimento do mesmo. Este maior aporte proporciona ainda, a reposição parcial dos nutrientes perdidos pela erosão superficial (BERTOL et al., 2007) e por lixiviação (WERLE et al., 2008).

Quando é correlacionada a sequência de cultivos com as recomendações para cada ano agrícola, verifica-se que há uma correlação positiva, forte e significativa para Fósforo, com ambos os instrumentos de recomendação (Tabela 7). Este resultado indica que está havendo um progressivo empobrecimento deste

nutriente nas lavouras consideradas e/ou a incorporação de novas áreas ao cultivo ainda não satisfatoriamente fertilizadas com tal nutriente.

Entre as prováveis causas pode-se elencar a não observância por parte dos agricultores das dosagens recomendadas, gerando déficits em relação à quantia exportada de nutrientes via colheita de grãos.

Tabela 7. Equações de regressão, coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e probabilidade (p) dos parâmetros recomendação de adubação de Fósforo ( $\text{Kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) e Potássio ( $\text{Kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) e sequência de anos agrícolas com dois manuais de recomendação. Bagé-RS, 2017.

Variável Dependente	Variável independente	Equação de regressão	$r^2$	p
Manual 2004				
$\text{Kg.ha}^{-1}$ de $\text{P}_2\text{O}_5$	Sequência de cultivos	$Y = 54,6 + 9,76 x$	0,95	< 0,01
$\text{Kg.ha}^{-1}$ de $\text{K}_2\text{O}$	Sequência de cultivos	$Y = 51,0 + 3,35 x$	0,37	< 0,01
Manual 2016				
$\text{Kg.ha}^{-1}$ de $\text{P}_2\text{O}_5$	Sequência de cultivos	$Y = 76,2 + 12,3 x$	0,95	< 0,01
$\text{Kg.ha}^{-1}$ de $\text{K}_2\text{O}$	Sequência de cultivos	$Y = 60,6 + 7,21 x$	0,62	< 0,01

É oportuno ainda considerar a perda de nutrientes pelo efeito da erosão hídrica. Nesse sentido Bertol et al. (2007) compararam os sistemas de cultivo convencional, cultivo mínimo e semeadura direta na palha e verificaram perdas médias anuais de Fósforo equivalentes a 5,1, 4,1 e 4,7  $\text{Kg.ha}^{-1}$  de superfosfato triplo para os respectivos sistemas e, perdas médias anuais de Potássio equivalentes a 51,8, 37,1 e 35  $\text{Kg.ha}^{-1}$  de cloreto de Potássio para a mesma sequência de sistemas de cultivo de solos.

No presente estudo quando a sequência de cultivos é correlacionada com as recomendações de Potássio para cada ano agrícola verifica-se uma correlação positiva e significativa, mas com coeficiente de determinação fraco a partir do Manual de 2004 e moderado com base nas recomendações do Manual de 2016 (Tabela 7).

Este resultado evidencia que as classes de disponibilidade de Potássio antes consideradas resultavam em recomendações por vezes menores de  $\text{K}_2\text{O}$ , pois várias lavouras estavam, até então enquadradas em níveis mais altos e desse modo recebiam recomendações de menores quantias. Estes indicativos requerem atenção para que a menor disponibilidade deste nutriente não venha a limitar a produção da cultura ou proporcionar a manifestação de determinadas pragas favorecidas por tais condições.

A redução da disponibilidade de Potássio no solo acarreta menores influxos deste nutriente na planta e um dos primeiros efeitos percebidos é o menor potencial osmótico nas células, reduzindo o turgor e o alongamento celular, com consequente diminuição da área fotossintética e finalmente a restrição de fotoassimilados, cujos reflexos imediatos se dão na produtividade da cultura que é reduzida (PETTIGREW, 2008).

Aspectos fitossanitários importantes na cultura da soja estão associados à baixa disponibilidade de Potássio. Nesse sentido Walter e Difonzo (2007) verificaram nos Estados Unidos da América, que o crescimento populacional de *Aphis glycine* Matsumara (Hemiptera: Aphididae) é maior em plantas de soja deficientes em Potássio, atribuindo o fenômeno à interferência no balanço nutricional do Nitrogênio que nestas condições resulta em altas concentrações de aminoácidos como a asparagina no floema, fator nutricional reconhecido como favorável aos afídeos.

A Tabela 5 evidencia oscilações na dose média de Potássio recomendada ao longo do estudo conforme o Manual de 2004, por outro lado, a recomendação atual (SOCIEDADE..., 2016) amplia os limites mínimos de cada categoria e, desse modo, rebaixa de nível várias lavouras, com tendência constante de aumento na recomendação ( $r^2=0,62$ ) (Tabela 7).

## CONCLUSÃO

Os níveis de disponibilidade de Fósforo e de Potássio dos solos cultivados com soja apresentaram em média redução progressiva no decorrer dos anos agrícolas.

A necessidade de adubação com Fósforo e Potássio apresentou tendência de aumento no decorrer dos anos agrícolas.

O Manual de Calagem e Adubação (SOCIEDADE..., 2016) vigente apresenta tendência de rebaixar os níveis de disponibilidade de Fósforo e de Potássio do solo em cultivo com soja na Região da Campanha, em relação ao manual anterior (SOCIEDADE..., 2004).

A recomendação de adubação com Fósforo e Potássio é maior com a versão atual Manual de Calagem e Adubação.



## REFERÊNCIAS

- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F. **Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície**. *Bragantia*, v.59, n.2, p.213-220, 2000.
- BERTOL, I; COGO, N.P.; SCHICK, J. **Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo de solo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.133-142, 2007.
- BIZARRO, M.J. **Simbiose e variabilidade de estirpes de *Bradyrhizobium* associadas à cultura da soja em diferentes manejos do solo**. 2008. 107f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos Safra 2017/2018: terceiro levantamento**. v.5, n.7 Brasília: CONAB, 2017. 130p. Disponível em: < [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_12\\_12\\_17\\_59\\_52\\_dezembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_12_12_17_59_52_dezembro.pdf) > Acesso em: 31 dez. 2017a.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas: soja Brasil – série histórica de produtividade – safras 1976/1977 a 2016/2017**. Brasília: CONAB, 2017. Disponível em: < [http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina\\_objcmsconteudos=3#A\\_objcmsconteudos](http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos) > Acesso em: 31 jul. 2017b.
- DUARTE, T.C.; CRUZ, S.C.S.; SOARES, G.F. **Spatial arrangements and fertilizer doses on soybean yield and its components**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, n.11, p.960-964, 2016.
- EYRE, M.M. **Characterizing the effect of increased Phosphorus and Potassium on seedling disease and sudden death syndrome of soybean on Ohio**. 2016. 172f. Thesis (Master of Science in Plant Patology), Graduate Program in Plant Pathology, Graduate School of the Ohio State University.
- LANA, R.M.Q.; HAMAWAKI, O.T.; LIMA, L.M.L. de et al. **Resposta de soja a doses e modos de aplicação de Potássio em solos de cerrado**. *Bioscience Journal*, v.18, n.2, p.17-23, 2002.
- OLIVEIRA JUNIOR, A. de; OLIVEIRA, F.A. de; CASTRO, C. de et al. **Adução potássica da soja: cuidados no balanço de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute – Brasil, 2013. 10p. (Informações Agronômicas, n.143).
- PETTIGREW, W. T. **Potassium influence on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton**. *Physiologia Plantarum*, n.133, p.670-681, 2008.
- SANTOS, D. R. dos; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. **Fatores que afetam a disponibilidade do Fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto**. *Ciência Rural*, v.38, n.2, p.576-586, 2008.
- SANTOS RIBEIRO, G.R. dos; PELUZIO, J.M.; BARBOSA, T.F. et al. **Eficiência agrônômica de cultivares de soja quanto ao uso de Fósforo**. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*. v.10, n.6. p.15-19, 2016.
- SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M. **Deficiência e toxicidades de nutrientes em plantas de soja: Descrição dos sintomas e ilustração com fotos**. Londrina, Embrapa: Centro Nacional de Pesquisa de Soja, 2004. 44p. (Documentos, 231).
- SFREDO, G.J. **Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral**. Londrina, Embrapa Soja, 2008. 148p. (Documentos/Embrapa Soja, n.305).

SOCIEDADE BRASILEIRA de CIÊNCIA do SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.

SOCIEDADE BRASILEIRA de CIÊNCIA do SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016. 3ed. 376p.

USDA - United State Departament of Agriculture. **World Agricultural Production. Foreign Agricultural Series**. 30p. Dec. 2017. Disponível em: <  
<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf> > Acesso em: 31 dez. 2017.

WALTER, A.J.; DIFONZO, C.D. **Soil potassium deficiency affects soybean phloem nitrogen and soybean aphid population**. Environmental Entomology, v.36, n.1, p.26-33, 2007.

WERLE, R.; GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A.; **Lixiviação de Potássio em função da textura e da disponibilidade de nutriente no solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.2297-2305, 2008.