

Cientific Paper

## Mistura de NPK 4-14-8 com MAP como alternativa para a adubação de plantio da batata 'Atlantic'

Renato Yagi<sup>1</sup>

Nilceu Ricetti Xavier de Nazareno<sup>2</sup>

Ana Kelly Chornobay<sup>3</sup>

Jocemar Ferreira de Campos<sup>1</sup>

Alexandre Dzierwa<sup>4</sup>

### Resumo

Dois experimentos foram realizados para avaliar se a mistura de MAP ao NPK 4-14-8, para manter a dose de P e reduzir as quantidades de N e K no plantio conforme demandas nutricionais da batata 'Atlantic', poderia manter ou aumentar as produtividades e os pesos específicos de tubérculos comerciais. Em ambos os experimentos foi empregado delineamento em blocos ao acaso, com 6 tratamentos e cinco repetições, sendo: 0) Testemunha, sem adubação de plantio; 1) Tratamento padrão com 3 Mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8 (120, 420, 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente); 2) 25% da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP; 3) 50% da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP; 4) 75% da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP e 5) 100% da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP. Em solo com teores muito altos de P e K, a cultura da batata 'Atlantic' não responde à adubação tradicional com NPK 4-14-8, às misturas de NPK 4-14-8 com MAP e ou à aplicação isolada de MAP. Em solo com teores baixos de P e médios de K, a aplicação de 420 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, metade como NPK 4-14-8 e metade como MAP, reduz pela metade as quantidades de N e K no plantio e mantém as produtividades de tubérculos comerciais e as exportações de N, P e K em relação à adubação com 3 mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8.

**Palavras chave:** *Solanum tuberosum* L., manejo de nutrientes, peso específico, tubérculos comerciais.

### Abstract

## Mixture of NPK 4-14-8 with MAP as an alternative for the planting fertilization of 'Atlantic' potato

Two experiments were carried out to evaluate whether the mixture of MAP to NPK 4-14-8 to maintain the P dose and reduce N and K amounts at planting according to nutritional demands of 'Atlantic' potato could maintain or increase yields and the specific gravities of commercial tubers. In both experiments, a randomized block design was used, with 6 treatments and five replications, being: 0) Control, without fertilization of planting; 1) Standard treatment with 3 Mg ha<sup>-1</sup> of NPK 4-14-8 (120, 420, 240 kg ha<sup>-1</sup> of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O, respectively); 2) 25% of the P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dose as MAP; 3) 50% of the P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dose as MAP; 4) 75% of the P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dose as MAP and 5) 100% of the P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dose as MAP. In soil with very high levels of P and K, the 'Atlantic' potato crop does not respond to traditional fertilization with NPK 4-14-8, NPK 4-14-8 mixtures with MAP and or to isolated MAP application. In soil with low P and K average values, the application of 420 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, half as NPK 4-14-8 and half as MAP, halved the amounts of N and K in the planting and maintains

Received at: 14/02/17

Accepted for publication at: 27/07/17

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo. Dr. Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR - Rodovia do Café, km 496, Avenida Presidente Kennedy. Ponta Grossa - PR, 84001-970. Email:ryagi@iapar.br

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo. Dr. Prof. Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR - Rodovia do Café, km 496, Avenida Presidente Kennedy. Ponta Grossa - PR, 84001-970. Email:nilceu@iapar.br

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma. Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais - CESCAGE - Rua Balduino Taques, 810 - Centro, Ponta Grossa - PR, 84010-000. Email: anakellyc@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo. Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR - Rodovia do Café, km 496, Avenida Presidente Kennedy. Ponta Grossa - PR, 84001-970. Email:Alexandre@grupodzierwa.com

the marketable yields and N, P and K exports of tubers relative to fertilization with 3 mg ha<sup>-1</sup> of NPK 4-14-8.

**Key words:** *Solanum tuberosum* L., nutrient management, specific gravity, marketable tubers.

## Resumen

### Mezcla de NPK 4-14-8 con MAP como alternativa para la fertilización de plantío de la patata 'Atlantic'

Se realizaron dos experimentos para evaluar si la mezcla de MAP al NPK 4-14-8, para mantener la dosis de P y reducir las cantidades de N y K en la plantación conforme demandas nutricionales de la patata 'Atlantic', podría mantener o aumentar las productividades y los pesos específicos de tubérculos comerciales. En ambos experimentos se empleó diseño en bloques al azar, con seis tratamientos y cinco repeticiones, siendo: 0) Testigo, sin fertilización de siembra; 1) Tratamiento estándar con 3 Mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8 (120, 420, 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente); 2) 25% de la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP; 3) 50% de la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP; 4) 75% de la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP y 5) 100% de la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP. En suelo con niveles muy altos de P y K, la cultura de la patata 'Atlantic' no responde a la fertilización tradicional con NPK 4-14-8, a las mezclas de NPK 4-14-8 con MAP ya la aplicación aislada de MAP. En suelo con niveles bajos de P y medios de K, la aplicación de 420 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, la mitad como NPK 4-14-8 y la mitad como MAP, reduce a la mitad las cantidades de N y K en la plantación y mantiene las productividades de tubérculos comerciales y las exportaciones de N, P y K en relación a la fertilización con 3 Mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8.

**Palabras clave:** *Solanum tuberosum* L., manejo de nutrientes, peso específico, tubérculos comerciales.

## Introdução

Curvas de resposta da cultura da batata à fórmula NPK 4-14-8 são historicamente estudadas há mais de três décadas para a estimativa de dose de máxima eficiência técnica deste adubo à batateira (CRISOSTOMO et al., 1983; QUEIROZ et al., 2013). Queiroz et al. (2013) observaram que independentemente de tamanhos de batata-semente, doses de NPK 4-14-8 acarretaram em efeito quadrático sobre as produtividades de tubérculos comerciais de batata 'Ágata', havendo variação de 3,5 a 4,2 mg ha<sup>-1</sup> da dose de NPK 4-14-8 da máxima eficiência econômica para a de máxima eficiência técnica. Na prática, doses de 3,3 a 4,1 mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8 são tradicionalmente empregadas para o cultivo de batata, podendo acarretar em problemas nutricionais como o crescimento vegetativo abundante em detrimento da menor produtividade de tubérculos no caso do excesso de N, e a redução de plantas e de massa seca e produtividade de tubérculos no caso do excesso de K (SORATTO e FERNANDES, 2015).

A batata 'Atlantic' representa a cultivar mais plantada no Brasil em contratos entre produtores e indústrias processadoras de batatas fritas (FONTES et al., 2010). Até os 41 dias após o plantio, a cultivar Atlantic absorve no máximo 26% do N e 35% do K (FERNANDES et al., 2011), e com produtividade

de 22,5 mg ha<sup>-1</sup> de tubérculos (Fernandes e Soratto, 2013) esta cultivar demanda cerca de 23 kg ha<sup>-1</sup> de N e 64/78 kg ha<sup>-1</sup> de K/K<sub>2</sub>O até cerca de 41 dias após o plantio (FERNANDES et al., 2011), produzindo 256 e 123 kg ha<sup>-1</sup> de tubérculos por cada kg ha<sup>-1</sup> de N e K absorvidos, respectivamente (FERNANDES e SORATTO, 2013). Sem restrições de disponibilidade hídrica e com teores elevados de K no solo, a adubação potássica pode até ser dispensada para a cultura da batata, e por outro lado, N e P possuem efeito sinérgico para a cultura, no caso da produção de batata-semente (NAVA et al., 2007).

Pesquisas de cunho prático também têm sido desenvolvidos na tentativa de se ofertar tecnologias que diminuam as doses tradicionais de NPK 4-14-8 no plantio da batata. Por exemplo, Jadoski et al. (2010), avaliando a utilização de 1,75 mg ha<sup>-1</sup> de fertilizante NPK 8-30-20 acrescido de 3,0 mg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola em comparação com a adubação de 3,5 mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8 para o cultivo de batata 'Ágata', observaram que as produtividades de tubérculos maiores que 33 mm assim como as produtividades totais foram similares (P < 0,05) entre estes dois tratamentos. Também de caráter prático, a presente pesquisa teve por hipótese que a aplicação conjunta de NPK 4-14-8 com fosfato monoamônico (MAP), com a finalidade de se manter a dose de com P com fonte mais solúvel e de diminuir as doses de

N e K no plantio conforme demandas nutricionais da batata 'Atlantic', pudesse manter ou aumentar as produtividades de tubérculos com aumento de eficiência técnica e redução de custos.

MAP e fosfato diamônico (DAP) representam as principais fontes de P utilizadas por produtores de batata nos EUA, que aplicadas em batata 'Russet Burbank', resultaram em aumentos lineares nas produtividades totais de tubérculos independentemente da fonte e das aplicações no plantio e em coberturas (ROSEN e BIERMAN, 2008). Quando adicionado ao solo, os grânulos de MAP são invadidos por fluxos de água por capilaridade formando rapidamente diversas formas solúveis de fosfato de amônio, cuja subsequente dissolução pode resultar em reações de nitrificação do amônio e na formação de fosfato bicálcico dihidratado (FIXEN e BRUSELMA, 2014). Em um Nitossolo Vermelho a aplicação localizada de MAP aumenta ( $P < 0,05$ ) a disponibilidade de P do solo em relação ao superfosfato simples, superfosfato triplo e DAP, enquanto em um Cambissolo Háplico, a aplicação de MAP aumenta ( $P < 0,05$ ) os teores de P do solo e as concentrações de P nas raízes de milho em relação a

estas outras fontes de adubo fosfatado (OLIVEIRA et al., 2017).

Assim, o objetivo com a presente pesquisa foi o de avaliar as produtividades, os pesos específicos e as exportações de N, P e K de tubérculos de batata 'Atlantic' com aplicações conjuntas de NPK 4-14-8 e MAP no plantio em dois tipos de solos.

## Material e métodos

Foram realizados dois experimentos de setembro a dezembro de 2015, em áreas contíguas a lavouras comerciais de batata no centro-sul do Paraná, clima cfb conforme classificação de Köppen-Geiger, pertencentes ao Grupo Dzierwa. Os experimentos foram implantados sobre Cambissolos Háplicos distróficos, de textura arenosa no distrito de São Luiz do Purunã pertencente ao município de Balsa Nova ( $25^{\circ}27'43''S$ ;  $49^{\circ}42'36''W$ ; 865 m) e de textura média no município de Contenda ( $25^{\circ}40'32''S$ ;  $49^{\circ}32'05''W$ ; 883 m), cujas características químicas (PAVAN et al., 1992) e físicas (EMBRAPA, 1997) encontram-se na Tabela 1.

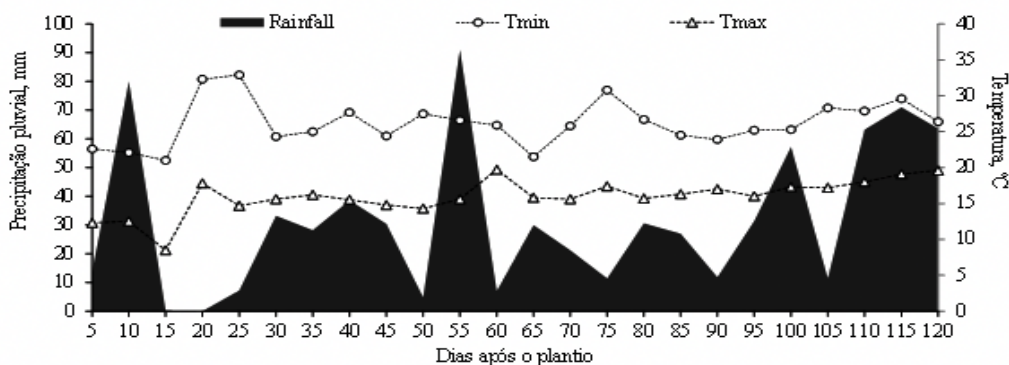
**Tabela 1.** Caracterizações químicas e físicas médias de amostras de solos (0-0,20 m) dos experimentos em Balsa Nova e Contenda.

Município	pH*	P**	C	Ca	Mg	K	V	Argila	Areia
	-	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		-	%	----- g kg <sup>-1</sup> -----	
Balsa Nova	5,3	9,6	22,3	1,20	4,40	0,14	60	88	773
Contenda	4,8	18,7	22,7	1,55	3,89	0,47	47	138	554

\*CaCl<sub>2</sub>; \*\*Mehlich1

As condições meteorológicas durante o período experimental foram monitoradas a partir de estação meteorológica localizada nas Estação Experimental do IAPAR, no município da Lapa, a cerca de 34 km do experimento em São Luiz do Purunã e de 21 km do experimento em Contenda

(Figura 1). As precipitações, as temperaturas máximas e mínimas foram registradas diariamente, e os dados foram somados e calculados em média para cada cinco dias, para chuvas e temperaturas, respectivamente.



**Figura 1.** Temperaturas máximas (Tmax) e mínimas (Tmin) e precipitações pluviais.

Em ambos os experimentos foi empregado delineamento em blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 5 repetições (Tabela 2). Os tratamentos foram definidos com base na dose de 420 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em adubação comum de plantio utilizada por bataticultores do centro-sul do Paraná, de 3 Mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8 (tratamento 1). A partir desta dose de P, foram definidas proporções de 25%, 50%, 75% e 100% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP (tratamentos 2 a 5, respectivamente), diminuindo-se conseqüentemente as quantidades de N e K e a participação da fórmula NPK 4-14-8 no plantio. O tratamento 0 consistiu no tratamento testemunha, sem adubação de plantio. Todos os tratamentos receberam adubação nitrogenada de cobertura, a partir da aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio.

O preparo do solo foi realizado a partir de dessecação, escarificação, aração e gradagens 7

dias antes dos plantios, em 17/09/2015 em Balsa Nova e em 25/09/2015 em Contenda. As parcelas experimentais constavam de quatro linhas de 5 m espaçadas de 0,8 m cada. Os respectivos tratamentos foram pesados e devidamente homogeneizados por linha de plantio, sendo armazenados em sacos de plástico para as aplicações. Após sulcamento da área experimental, foram aplicados os respectivos tratamentos nos sulcos de plantio, para então serem plantadas batatas-semente de 'Atlantic', empregando-se 10 do tipo 0 (acima de 60 mm) em Balsa Nova e 20 do tipo 3 (entre 30 e 40 mm) em Contenda. Cerca de 40 dias após os plantios, foram realizadas as adubações nitrogenadas em cobertura. Os tratos fitossanitários adotados foram os empregados pelo produtor, em concordância com os padrões utilizados pelos produtores de batata da região (NAZARENO et al., 1995).

**Tabela 2.** Tratamentos com doses de NPK 4-14-8 e MAP e as respectivas quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O no plantio.

Trat.*	NPK 4-14-8	MAP	Total	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Custos
kg ha <sup>-1</sup>							R\$
0	0	0	0	0	0	0	0,00
1	3,000	0	3,000	120	420	240	2,994.00
2	2,250	202	2,252	108	420	180	2,548.50
3	1,500	404	1,904	96	420	120	2,103.00
4	750	606	1,356	85	420	60	1,657.50
5	0	808	808	73	420	0	1,212.00

\*Tratamentos: T0-Testemunha; T1-3 Mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8; T2-25% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> do NPK 4-14-8 como MAP; T3-50% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> do NPK 4-14-8 como MAP; T4-75% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> do NPK 4-14-8 como MAP; T5-100% do P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> do NPK 4-14-8 como MAP. \*\*Com base em preços médios da região centro-sul do Paraná: R\$ 998,00 t<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8 e R\$ 1,500.00 t<sup>-1</sup> de MAP.

Cerca de 3 semanas antes das colheitas, foram realizadas dessecações da parte aérea das plantas com o herbicida Diquat (330 g ha<sup>-1</sup> do i.a.), e aos 113 e 132 dias após o plantio (DAP) no experimento em Balsa Nova e Contenda, respectivamente, foram colhidos os tubérculos das duas linhas centrais de cada parcela, os quais foram classificados com auxílio de mesa classificadora em tubérculos comerciais e não comerciais com diâmetros maiores e menores que 45 mm, respectivamente. Os tubérculos de ambas as classes foram pesados, e partir de seus somatórios, foram calculadas as produtividades totais de tubérculos dos respectivos tratamentos.

De cada parcela experimental, foram amostrados 10 tubérculos comerciais representativos ao acaso, para determinação do peso específico médio [(Peso específico de tubérculos = peso no ar / (peso no ar - peso na água)]. Estas mesmas amostras de

tubérculos foram picadas com auxílio de cortador de batata do tipo "palito" e secas em estufa com circulação forçada de ar a cerca de 65 °C, para então serem moídas e analisadas quimicamente quanto a N, P e K (MIYAZAWA et al., 2009). A partir do produto entre os teores de nutrientes e as produtividades de tubérculos comerciais, foram então calculadas as exportações de N, P e K nestes tubérculos.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo F a 5% de probabilidade, e a partir da constatação de diferenças entre quadrados médios dos resíduos dos experimentos inferiores a 7 para cada variável dependente, procedeu-se análise conjunta de experimentos, comparando as médias por meio de teste de t de Student a 5% de probabilidade. Testes de correlação linear de Pearson a 5% e a 1% de probabilidade também foram realizados entre variáveis dependentes, desconsiderando-se o

tratamento 0 sem adubação de plantio.

## Resultados e discussão

As diferenças entre os quadrados médios dos resíduos dos experimentos permitiram sua análise conjunta. Os efeitos dos tratamentos foram dependentes dos experimentos, havendo interações ( $P < 0.05$ ) entre estes fatores nas produtividades não comerciais ( $d < 45$  mm), comerciais ( $d > 45$  mm) e totais de tubérculos, e pesos específicos e

exportações de N e P de tubérculos comerciais de batata 'Atlantic' (Tabela 3). Em Balsa Nova, aplicações no plantio de misturas de NPK 4-14-8 com MAP e de MAP isoladamente aumentaram ( $P < 0,05$ ) as produtividades de tubérculos não comerciais em  $5,29 \text{ mg ha}^{-1}$  (79.7%) em média em relação à testemunha, e em Contenda, proporções de 25% e 50% da dose de  $420 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como MAP aumentaram ( $P < 0,05$ ) as produtividades de tubérculos não comerciais em  $3,08 \text{ mg ha}^{-1}$  (81,5%) em média em relação à testemunha (Figura 2a).

**Tabela 3.** Análise de variância pelo teste F ( $P < 0.05$ ) para produtividades não comerciais (Prod.  $< 45$  mm), comerciais (Prod.  $> 45$  mm) de tubérculos, pesos específicos (PE) e exportações de N, P e K de tubérculos comerciais de batata 'Atlantic' em função de quantidades de NPK 4-14-8 e MAP no plantio, em duas localidades (Balsa Nova e Contenda).

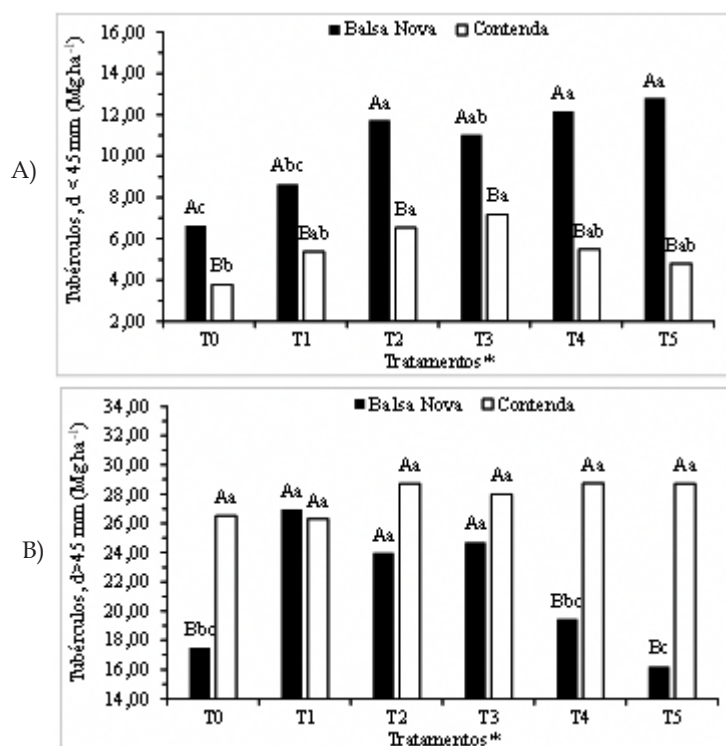
Causas de variação	Prod.< 45 mm	Prod.> 45 mm	PE	N	P	K
Locais (L)	35,6**	10,8*	29,4**	6,1ns	6,1*	0,4ns
Tratamentos (T)	2,4ns	0,8ns	0,3ns	1,8ns	1,8ns	4,7*
L x T	2,7*	3,5*	3,0*	2,9*	2,9*	1,8ns
$\Delta$ QMR*	4,5	1,4	4,9	1,4	1,4	1,5
CV%1**	21,9	16,9	15,9	29,8	29,8	24,2
CV%2***	21,3	15,6	21,2	19,5	19,5	28,1

\* $\Delta$ QMR: Diferença entre maior e menor quadrados médios dos resíduos dos experimentos. \*\*CV%1: Coeficiente de variação (%) em Balsa Nova. \*\*\*CV%2: Coeficiente de variação (%) em Contenda.

Em relação ao tratamento utilizado como padrão, de  $3,00 \text{ mg ha}^{-1}$  de NPK 4-14-8 no plantio, aplicações de 25%, 75% e de 100% da dose de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como MAP aumentaram em  $3,59 \text{ mg ha}^{-1}$  (41.6%) em média, as produtividades de tubérculos não comerciais em Balsa Nova, enquanto em Contenda, estas produtividades não diferiram ( $P > 0.05$ ) entre a adubação NPK padrão e as aplicações de NPK com MAP e de MAP isoladamente (Figura 2a). Os resultados obtidos no presente trabalho podem estar relacionados ao aporte de fonte de N de alta solubilidade no plantio, uma vez que diversas formas solúveis de fosfatos de amônio se difundem por capilaridade para o exterior do grânulo de MAP rapidamente após sua aplicação (FIXEM e BRUSELMA, 2014), favorecendo a produção de tubérculos pequenos em detrimento dos grandes (ERREBHI et al., 1998). Resultados similares foram observados por Rosen e Bierman (2008), em que foi observado aumento ( $P < 0,05$ ) de tubérculos não comercializáveis, classificados com pesos inferiores

a  $85 \text{ g}$ , com aumento de doses de MAP no plantio de batata 'Russet Burbank' em solo argilo-arenoso com teores de P classificados como médios a altos.

Em Balsa Nova, as aplicações de misturas de NPK 4-14-8 e MAP em até 50% da dose de  $\text{P}_2\text{O}_5$  de plantio como MAP aumentaram ( $P < 0,05$ ) as produtividades de tubérculos comerciais em  $6,48 \text{ mg ha}^{-1}$  (37.0%) em média em relação ao tratamento testemunha, e não diferenciaram ( $P > 0,05$ ) do tratamento com  $3,0 \text{ mg ha}^{-1}$  de NPK 4-14-8 no plantio (Figura 2b). Aplicações de até 50% da dose de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como MAP misturado com NPK 4-14-8 proporcionam doses de  $96 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  no plantio de batata 'Atlantic', com respectivas reduções de 24 (19,7%) e 120 (50,0%)  $\text{kg ha}^{-1}$  (Tabela 2), o que condiz com as exigências nutricionais em N e K para batata 'Atlantic', e que fomentam a recomendação de se aplicar uma pequena parte do N e do K no plantio e o restante em cobertura pouco antes dos períodos de máximas absorções, por volta dos 40 dias após o plantio (FERNANDES et al., 2011).



**Figura 2.** Produtividades de tubérculos não comerciais ( $d < 45$  mm) (a) e comerciais ( $d > 45$  mm) (b) de batata 'Atlantic' em função de quantidades de NPK 4-14-8 e MAP no plantio, em duas localidades (Balsa Nova e Contenda). \*T0: Testemunha; T1: 3 Mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8; T2: 25% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP; T3: 50% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP; T4: 75% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP; T5: 100% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP. Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas entre tratamento e minúsculas entre localidades em cada tratamento, não diferem estatisticamente pelo teste de t de Student a 5% de probabilidade.

Por outro lado, com 75% e 100% da dose de P como MAP, não houve diferenças ( $P > 0.05$ ) das produtividades de tubérculos comerciais em relação ao tratamento testemunha no experimento em Balsa Nova, havendo no entanto, produtividades 18,5% (6,58 mg ha<sup>-1</sup>) menores ( $P < 0.05$ ) de tubérculos comerciais no tratamento com 100% do P no plantio como MAP em relação à adubação com 3,0 mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8; ainda no tratamento com MAP somente no sulco de plantio, observou-se produtividade 12,8% (4,26 mg ha<sup>-1</sup>) menor ( $P < 0,05$ ) de tubérculos comerciais no experimento em Balsa Nova em relação ao de Contenda (Figura 2a).

Estes resultados indicam que doses de N e K<sub>2</sub>O inferiores a 85 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e K<sub>2</sub>O no plantio (Tabela 2), respectivamente, não foram suficientes para manter as produtividades da batata 'Atlantic' em solo relativamente menos fértil de Balsa Nova, classificado (NEPAR-SBCS, 2017) com teores baixo de P, médio de K e médio de matéria orgânica do solo.

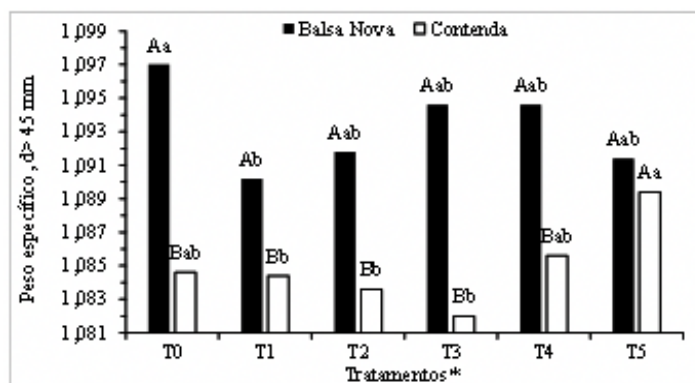
Para Rosen e Bierman (2008), os aumentos ( $P < 0,05$ ) em tubérculos não comercializáveis com doses de MAP são justificados pelos aumentos em tubérculos comercializáveis ( $> 85$  g), o que vem de encontro com o observado no presente trabalho, uma vez que houve correlação ( $r = 0,63^{**}$ ) entre produtividades de tubérculos comerciais e não comerciais em Balsa Nova, ao contrário do experimento em Contenda em que não foi observada esta correlação ( $r = 0,01ns$ ).

Ademais, batatas-semente de tamanho maior não necessariamente demandam menos adubo (QUEIROZ et al., 2013), o que vem de encontro com as diminuições ( $P < 0,05$ ) de produtividades de tubérculos comerciais quando se aportou menos N e K para batatas-semente do tipo 0 em Balsa Nova, e com a manutenção destas produtividades com plantio de batata semente do tipo III em Contenda, mesmo sem adubação de plantio (Figura 2b). Cabe destacar também que em Contenda, a aplicação de 3,0 mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8 não aumentou ( $P > 0.05$ )

a produtividade de tubérculos comerciais de batata 'Atlantic' em relação à testemunha, provavelmente devido às condições ótimas de fertilidade do solo, particularmente pelos teores muito altos de P e K (NEPAR-SBCS, 2017). O uso muitas vezes indiscriminado de fertilizantes na cultura da batata não considera as exigências nutricionais de cada cultivar e a disponibilidade de nutrientes no solo, podendo gerar desequilíbrio nutricionais, custos desnecessários que em termos de fertilizantes e corretivos, podem ultrapassar em 20% os custos totais de produção.

Com exceção da aplicação da aplicação isolada de MAP no plantio, os pesos específicos foram 0.89% maiores ( $P < 0,05$ ) em Balsa Nova em relação à Contenda (Figura 3), o que pode ser justificado pela

teor muito alto de K (NEPAR-SBCS, 2017) nesta área experimental. Neste solo, a eliminação da adubação potássica de plantio com aplicação de  $420 \text{ kg ha}^{-1}$  com MAP aumentou ( $P < 0,05$ ) o peso específico em 0.46% em relação ao tratamento com  $3 \text{ mg ha}^{-1}$  de NPK 4-14-8, o que também pode ser atribuído à eliminação da adubação potássica e à diminuição da adubação nitrogenada de plantio com a aplicação de isolada de MAP (Tabela 2) em solo com teor muito alto de K (Tabela 1), diminuindo ( $P < 0,05$ ) a exportação de K em tubérculos comerciais (Figura 4c) e o seu peso específico (Figura 3). Segundo Laboski e Kelling (2007), aplicações excessivas de N e K em solo com teores altos de qualquer um destes nutrientes podem diminuir o conteúdo de sólidos nos tubérculos e consequentemente seu peso específico.

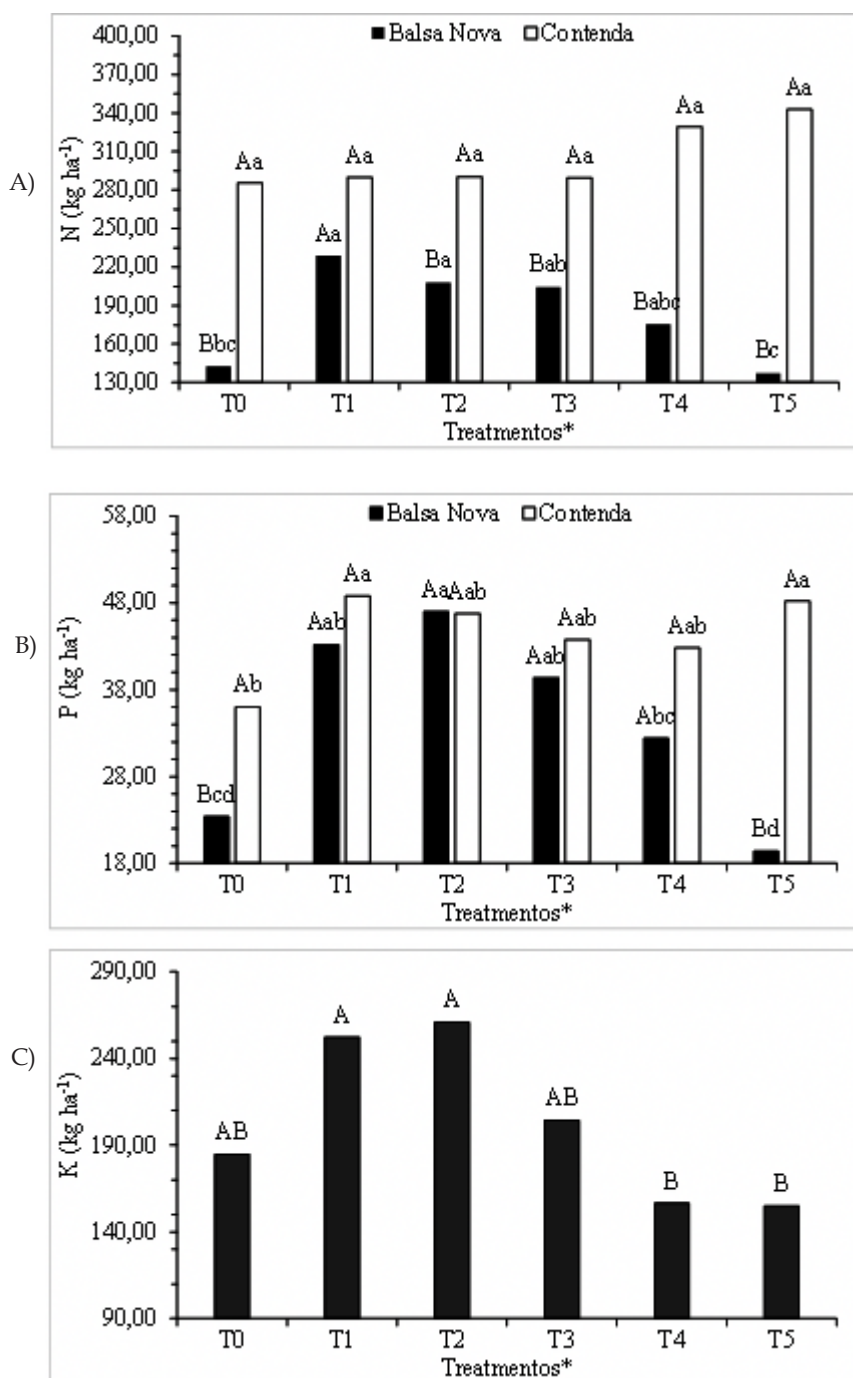


**Figura 3.** Pesos específicos de tubérculos comerciais ( $d > 45 \text{ mm}$ ) de batata 'Atlantic' em função de quantidades de NPK 4-14-8 e MAP no plantio, em duas localidades (Balsa Nova e Contenda). \* T0: Testemunha; T1:  $3 \text{ mg ha}^{-1}$  de NPK 4-14-8; T2: 25% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como MAP; T3: 50% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como MAP; T4: 75% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como MAP; T5: 100% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como MAP. Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas entre localidades em cada tratamento e minúsculas entre tratamentos em cada localidade, não diferem estatisticamente pelo teste de t de Student a 5% de probabilidade.

Com  $3 \text{ mg ha}^{-1}$  de NPK 4-14-8 não houve diferença na exportação de N pelos tubérculos comerciais entre as duas localidades, porém nos demais tratamentos os tubérculos comerciais exportaram em média  $134,0 \text{ kg ha}^{-1}$  (93.7%) de N a mais ( $P < 0,05$ ) em Contenda do que em Balsa Nova (Figura 4a). Em Contenda, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos tratamentos nas quantidades de N exportadas pelos tubérculos, mas em Balsa Nova, as quantidades de N exportadas diminuíram com o aumento das proporções de MAP na adubação de plantio, em que a aplicação isolada deste fertilizante acarretou em média  $76,5 \text{ kg ha}^{-1}$  (35.8%) menos ( $P < 0,05$ ) N em tubérculos comerciais do que as aplicações de  $3 \text{ mg ha}^{-1}$  de NPK 4-14-8 e de até 50% da dose P como

MAP (Figura 4a).

Maiores ( $P < 0,05$ ) quantidades de P exportadas em tubérculos comerciais foram observadas em Contenda em relação à Balsa Nova, nos tratamentos testemunha ( $12,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ; 53,8%) e com aplicação isolada de MAP ( $28,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ; 148,5%) (Figura 4b). Em Contenda, os tratamentos com aplicações de  $420 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como NPK 4-14-8 e MAP aumentaram ( $P < 0,05$ ) em 34,7% ( $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ) as quantidades de P exportadas em relação ao tratamento testemunha, o que não aconteceu ( $P > 0,05$ ) com os tratamentos com misturas estes adubos no plantio; em Balsa Nova, as quantidades exportadas de P se comportaram de maneira semelhante com as de N, diminuindo com as proporções de MAP



**Figura 4.** Exportações de N (a), P (b) e K (c) em tubérculos comerciais ( $d > 45$  mm de batata ‘Atlantic’ em função de quantidades de NPK 4-14-8 e MAP no plantio, em duas localidades (Balsa Nova e Contenda). \*T0 (Testemunha); T1 (3 Mg ha<sup>-1</sup> de NPK 4-14-8); T2 (25% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP); T3 (50% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP); T4 (75% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP); T5 (100% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> como MAP). Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas entre localidades em cada tratamento e minúsculas entre tratamentos em cada localidade, não diferem estatisticamente pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.



com NPK 4-14-8, havendo diminuição ( $P < 0,05$ ) de 55.1% ( $23,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ) da aplicação da fórmula NPK com a do adubo simples, ambos isoladamente. Tanto as quantidades exportadas de N quanto as de P em Balsa Nova, provavelmente variaram em função das produtividades de tubérculos comerciais neste experimento (Figura 2b).

Não houve interação ( $P > 0,05$ ) para as quantidades de K exportadas em tubérculos comerciais de 'Atlantic' em função dos tratamentos (Figura 4c). Foram observadas maiores ( $P < 0,05$ ) quantidades de K exportadas nos tratamentos com  $3 \text{ mg ha}^{-1}$  de NPK 4-14-8 e 25% da dose de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como MAP, que não se diferenciaram entre si ( $P > 0,05$ ). Estas quantidades foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos tratamentos com 75% e 100% da dose de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como MAP, exportando em média,  $100,8 \text{ kg ha}^{-1}$  (64,7%) mais K. Estas diminuições foram condizentes com as reduções em K nas aplicações das proporções de

75% e 100% da dose de P como MAP, as quais foram da ordem de 180 a  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

## Conclusões

Em solo fértil com teores muito altos de P e K, a cultura da batata 'Atlantic' não responde à adubação tradicional com NPK 4-14-8, às misturas de NPK 4-14-8 com MAP e ou à aplicação isolada de MAP. Porém, a aplicação de  $420 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como MAP neste tipo de solo mantém a produtividade de tubérculos comerciais com pesos específicos mais elevados. Em solo com teores baixos de P e médios de K, a aplicação de  $420 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , metade como NPK 4-14-8 e metade como MAP, reduz pela metade as quantidades de N e K no plantio e mantém as produtividades de tubérculos comerciais e as exportações de N, P e K em relação à adubação com  $3 \text{ mg ha}^{-1}$  de NPK 4-14-8.

## Referências

- CRISOSTOMO, L. A.; SILVA CAMPOS, T. G.; CORDEIRO, C. M. T.; CASTOR, O. S. Diferentes níveis de adubação da fórmula 4-14-8 na rentabilidade e risco da produção comercial de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 3, p. 205-212, 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, - DF, EMBRAPA, 1999. 412 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo. 2.ed.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- ERREBHI, M.; ROSEN, C. J.; GUPTA, S. C.; BIRONG, D. E. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v. 90, n. 1, p. 10-15, 1998.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de batata. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 91-100, 2013.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2039-2056, 2011.
- FIXEN, P. E.; BRUULSEMA, T. W. Potato management challenges created by phosphorus chemistry and plant roots. **American Journal of Potato Research**, v. 91, n. 2, p. 121-13, 2014.
- JADOSKI, O. S.; FURLAN, M.; DOS SANTOS, A.; VIEIRA, D. J.; WAZNE, R. Avaliação da fórmula NPK 8-30-20 com adição de gesso agrícola em comparação à adubação convencional para produção de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 1, p. 111-115, 2010.
- LABOSKI, C. A.; KELLING, K. A. Influence of fertilizer management and soil fertility on tuber specific gravity: a review. **American Journal of Potato Research**, v. 84, n. 4, p. 283-290, 2007.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F.S.; MELLO, W.J. **Análise química de tecido vegetal**. In: Fabio Cesar da Silva. (Org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 191-234, 2009.
- NAVA, G.; DECHEN, A. R.; IUCHI, V. L. Produção de tubérculos de batata-semente em função das adubações nitrogenada, fosfatada e potássica. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 365-370, 2007.

Yagi et al. (2017)

NÚCLEO ESTADUAL PARANÁ - SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DOS SOLOS (NEPAR-SBCS). **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. 2017. (No Prelo).

OLIVEIRA, J. P. M.; OLIVEIRA FILHO, L. C. I.; POCOJESKI, E. A aplicação localizada de monoamônio fosfato favorece a disponibilidade de P no solo e sua absorção. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 1, p. 12-19, 2017.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. IAPAR, 1992. 40p. (Circular técnica, 76)

QUEIRÓZ, L. D. M.; KAWAKAMI, J.; MULLER, M.; OLIVARI, I.; UMBURANAS, R.; ESCHEMBACK, V. Adubação NPK e tamanho da batata-semente no crescimento, produtividade e rentabilidade de plantas de batata. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, 119-127. 2013.

ROSEN, C. J.; BIERMAN, P. M. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. **American Journal of Potato Research**, v. 85, n. 2, p. 110-120, 2008.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M. Adubação e nutrição na cultura da batata: 1- Principais problemas. **Revista Batata Show**. v.14, n. 41, p. 29 - 33, 2015.