

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

MARCO THÚLIO MENEZES NOGUEIRA

**UTILIZAÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E
RECOMENDAÇÃO (DRIS) EM BATATEIRA (CULTIVAR CUPIDO) SOB
DOSES DE FERTILIZANTES NPK**

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL

2017

MARCO THÚLIO MENEZES NOGUEIRA

**UTILIZAÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E
RECOMENDAÇÃO (DRIS) EM BATATEIRA (CULTIVAR CUPIDO) SOB
DOSES DE FERTILIZANTES NPK**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências
da Graduação em Agronomia para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof^a Dr^a José Magno
Queiroz

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS-BRASIL
2017

MARCO THÚLIO MENEZES NOGUEIRA

**UTILIZAÇÃO DO SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSE E
RECOMENDAÇÃO (DRIS) EM BATATEIRA (CULTIVAR CUPIDO) SOB
DOSES DE FERTILIZANTES NPK**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências
de Graduação em Agronomia para
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Prof^ª Dr^ª José Magno Queiroz
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS-BRASIL

2017

RESUMO

O alto custo das adubações, a importância da nutrição mineral na produtividade e o nível de tecnologia adotado nas lavouras de batata tornam relevante a utilização de técnicas de avaliação do estado nutricional, como a diagnose foliar. Entre os métodos para diagnóstico nutricional das plantas, destaca-se o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), que utiliza o conceito do balanço de nutrientes. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a influência da variação de doses de fertilizante nitrogenado (N), fosfatado (P_2O_5) e potássico (K_2O) no balanço de nutrientes na planta através da utilização do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), para a cultivar Cupido. Foram conduzidos três experimentos de delineamento experimental de blocos ao acaso. [nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K)] em Perdizes em MG. As doses testadas foram: 0; 30; 70; 120 e 280 kg ha⁻¹ de N, 0; 150; 300; 600 e 900 kg ha⁻¹ de P_2O_5 e 0; 70; 110; 200 e 400 kg ha⁻¹ de K_2O . Aos 30 DAP, foram amostradas folhas de cada parcela para análise foliar. Ao final dos experimentos os tubérculos foram colhidos e calculada a produtividade das parcelas. O DRIS permite conhecer a ordem de limitações dos nutrientes nas lavouras de batata, possibilitando a adequação das relações entre os nutrientes ao longo dos ciclos de cultivo na área, o que otimiza o manejo da adubação. Diante dos resultados obtidos, no grupo estabelecido como de alta produtividade, observou-se que o nutriente que esteve mais limitante foi o fósforo, quando submetido a uma adubação sem aplicação de K, ou seja, quando a cultura obteve apenas aporte de K via o residual de cultivos anteriores presente no solo. Quanto aos micronutrientes observou-se que doses elevadas de fósforo geram desbalanços intensos de B (anion e neutro) e Mn (cátion), o que também pode estar relacionado a competição no momento de absorção pelo sistema radicular.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L; nutrição mineral; Diagnose foliar.

ABSTRACT

The high cost of fertilization, the importance of mineral nutrition in productivity and the level of technology adopted in potato plantations make relevant the use of nutritional status assessment techniques, such as foliar diagnosis. Among the methods for nutritional diagnosis of plants, the Integrated Diagnosis and Recommendation System (DRIS) stands out, using the concept of nutrient balance. The objective of this study was to evaluate the influence of nitrogen fertilizer (N), phosphate (P₂O₅) and potassium (K₂O) fertilizer doses on nutrient balance in soil using the Integrated Diagnosis and Recommendation System (DRIS) For the cultivar Cupido. Three experiments (nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K)) were conducted in Perdizes, MG. The doses tested were: 0; 30; 70; 120 and 280 kg ha⁻¹ of N, 0; 150; 300; 600 and 900 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 0; 70; 110; 200 and 400 kg ha⁻¹ of K₂O. At 30 DAP, leaves of each plot were sampled for leaf analysis. At the end of the experiments the tubers were harvested and the yield of the plots was calculated. The DRIS allows us to know the order of nutrient limitations in potato crops, allowing the adequacy of the relationships among nutrients throughout the crop cycles in the area, which optimizes the management of fertilization. In the group established as high productivity, it was observed that the nutrient that was most limiting was the phosphorus, when submitted to a fertilization without application of K, that is, when the crop only obtained K via the residual of previous crops present Not alone. As for the micronutrients it was observed that high doses of phosphorus generate intense imbalances of B and Mn, both anions, which can also be related to competition at the moment of absorption by the root system.

Keywords: *Solanum tuberosum* L; mineral nutrition; Leaf diagnosis.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química de solo da camada de 0-20 cm da área experimental.....15

Tabela 2. Produtividade, Índices DRIS e IBNm para macronutrientes em lavouras de alta produtividade ($> 14.55 \text{ t ha}^{-1}$) e baixa produtividade ($<14.55 \text{ t ha}^{-1}$) de batata cultivar Cupido.....18

Tabela 3. Produtividade, Índices DRIS e IBNm para micronutrientes em lavouras de alta produtividade ($> 14.55 \text{ t ha}^{-1}$) e baixa produtividade ($<14.55 \text{ t ha}^{-1}$) de batata cultivar Cupido.....20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 A cultura da batata.....	10
2.2 Importância econômica da batata	11
2.3 Nutrientes na cultura da batata	12
2.4 DRIS na avaliação do estado nutricional da batata	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4. CONCLUSÕES.....	22
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.), tanto em área cultivada como em preferência alimentar é considerada a principal hortaliça (FILGUEIRA, 2003). Com produção de 341 milhões de toneladas por ano em uma área de 19,3 milhões de hectares é considerada uma opção potencial para acabar com a fome no mundo (AGRIANUAL, 2017).

Importante constituinte da alimentação humana em cerca de 125 países totalizando 18 milhões de hectares (FAO, 2009), ocupa o terceiro lugar no ranking dos alimentos mais consumidos no mundo ficando atrás somente do arroz e do trigo (EMBRAPA, 2011). No Brasil a produção da batata está estimado em 3,9 milhões de toneladas sendo o Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul os principais produtores na primeira safra e Minas Gerais, Paraná, e São Paulo os principais produtores na segunda safra (IBGE, 2017).

A cultura da batata é muito exigente em nutrição refletindo na aplicação de doses elevadas de fertilizantes, o que pode gerar redução na qualidade dos tubérculos, além de onerar o custo de produção (CARDOSO et al., 2007). Logo, é importante ressaltar que doses adequadas de fertilizantes permitem um equilíbrio entre os nutrientes no solo e na planta culminando em elevadas produções.

As atuais indicações de adubação para a cultura da batata estão baseadas unicamente na análise de solo (COGO et al., 2006) e levando em conta a produtividade desejada, porém de acordo com Malavolta (2006) a identificação da quantidade de nutrientes a ser adicionada ao solo deve ser feita pela avaliação da fertilidade do solo e complementada com análise foliar.

As folhas constituem a parte metabolicamente mais ativa das plantas, conseqüentemente, as alterações que ocorrem ao seu redor, e na planta como um todo, são rapidamente refletidas neste órgão. Nesse sentido, o nível de composição nutricional nas folhas representa um ponto de partida para aferir à diagnose de nutrientes e, por conseguinte, relacionar com as recomendações que aumentem a viabilidade e a otimização do cultivo, uma vez que a variação na concentração estão interligados com o nível produtivo (EVENHUIS; WAARD, 1980).

Algumas das limitações dos critérios dos níveis críticos, diagnose visual, entre outros métodos utilizados para avaliação do estado nutricional, podem ser superadas pelo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS). Segundo Beaupils (1973), o DRIS é um método direcionado ao cálculo de índices para cada nutriente

mensurado, além de efetuar relações com os demais nutrientes se comparando cada relação obtida com relações de uma população de referência, a qual possui média distinta e desejada.

O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) é considerado uma ferramenta promissora para a identificação de limitações nutricionais que não são suficientemente diagnosticadas pelas análises de solos, como macro e micronutrientes (NZIGUHEBA et al., 2009).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a influência da variação de doses de fertilizante nitrogenado (N), fosfatado (P_2O_5) e potássica (K_2O) no balanço de nutrientes na planta através da utilização do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), para a cultivar Cupido.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum*) é uma dicotiledônea da família Solanaceae pertencente ao gênero *Solanum*. Duas subespécies tem importância para a cultura: a subsp. *andigena*, que caracteriza - se como sendo de dias curtos, e sua utilização se dá apenas como fonte de variabilidade genética nos programas de melhoramento genético e a subsp. *tuberosum*, considerada de dias longos e mais adaptada e utilizada para o cultivo comercial (FILGUEIRA, 2003).

É originária da Cordilheira dos Andes na América do Sul. Sua introdução na Europa, por volta de 1570, fez com que a espécie fosse selecionada para tuberação em dias longos. Por volta de 1620, foi levada da Europa para a América do Norte, onde se tornou alimento popular. A partir de então, espalhou-se para muitos outros países, sendo hoje um dos produtos alimentares mais difundidos em todo o mundo (FILGUEIRA, 2003).

Trata-se de uma espécie perene, embora seja cultivada como planta anual. Sua parte aérea é herbácea, com altura variável entre 50 e 70 cm. Apresentam caules aéreos e caules subterrâneos especializados denominados tubérculos, adaptados para reserva de alimentos e também para reprodução. As folhas são compostas, o sistema radicular é superficial, o caule aéreo é normalmente oco na sua parte superior, a flor possui coloração que varia de branca a roxa, as inflorescências apresentam geralmente mais de 10 flores e os frutos são biloculares do tipo baga. Muito embora algumas cultivares floresça e produza sementes, a batata cultivada é propagada vegetativamente por meio dos tubérculos (CARDOSO et al., 2007).

O ciclo vegetativo da cultura pode ser precoce (<90 dias), médio (90 – 110 dias) ou longo (>110 dias), dependendo do cultivar. O número de hastes por planta pode variar, dependendo da brotação e da idade fisiológica do tubérculo, da região produtora e das condições climáticas de cultivo (FORTES; PEREIRA, 2003).

A batata é cultivada nas áreas com clima tropical de altitude preferencialmente no outono/inverno e nas áreas com clima temperado normalmente na primavera/verão em regiões de altitude. Nas zonas com clima tropical (ao norte do paralelo 24°S) a batata é cultivada em regiões acima de 600m de altitude (próximo ao paralelo 24°S) e, normalmente acima de 900m (entre 13°S e 23°S). Já nas áreas com clima temperado (ao

sul do paralelo 24°S), vem sendo cultivada em regiões com altitude superior a 4000m (exceções ao sul do paralelo 28°S) (WREGGE et al., 2004).

No Brasil, há cerca de 100 cultivares registradas no Catálogo Nacional de Cultivares, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo que cerca de 30 são protegidas. Atualmente no Brasil são cultivadas as variedades Ágata, Asterix, Atlantic, Cupido, Monalisa e Mondial, sendo que a variedade Ágata representa mais de 60% da área plantada e consequentemente mais de 70% da produção nacional, chegando a produzir mais de 50 toneladas por hectare (BORGES et al., 2008).

A variedade Cupido é uma batata de mesa, com matéria seca superior a Monalisa, de excelente sabor, de textura firme, sem descoloração, quando cozida. Porém não se presta para batata fritas, seja na forma de chips ou palito pelo alto conteúdo de açúcares redutores. É uma variedade que se caracteriza por ter tubérculos de ótimos aspectos com produtividades superiores a outras cultivares e por ter menor descarte.

2.2 Importância econômica da batata

Em todo o mundo, aproximadamente 341 milhões de toneladas de batatas foram produzidos. Os principais países produtores são China, Índia, Rússia, Ucrânia e Estados Unidos (FAO, 2017). Nestes países, o consumo de batatas frescas é estável, embora as batatas processadas continuem crescendo em popularidade graças aos alimentos de preparo rápido (ACTUALITIX, 2017).

No Brasil a produção da batata está estimado em 3,9 milhões de toneladas. Na primeira safra os principais estados produtores foram Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Já na segunda safra a produção de batata está estimado em 1,17 toneladas, aumento de 2,5% frente ao ano anterior, representando 30,0% do total produzido pelo país, sendo Minas Gerais, Paraná, e São Paulo os principais produtores. As estimativas de área plantada e rendimento médio também ficaram maiores que o ano anterior em 1,6% e 0,9%, respectivamente (IBGE, 2017).

De acordo com o Agrianual (2017), mesmo o Brasil sendo um grande produtor de batata, o país importa batata semente e batata para o consumo de outros países. Atualmente o Brasil consome em torno de 300 mil toneladas da batata pré-cozida, no entanto o volume processado no país não chega a 20% do total. A importância desta cultura a médios e longos prazos, tende a crescer para atender a crescente demanda alimentar da população.

2.3 Nutrientes na cultura da batata

A cultura da batata é alta é altamente responsiva à adição de nutrientes no solo, especialmente nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (CARDOSO et al., 2007). Desta forma, em sistemas intensivos recomenda-se altas doses de fertilizantes (COGO et al., 2006; SILVA et al., 2007), porém, por se tratar de um empreendimento de custo elevado, muitos produtores não acatam as recomendações técnicas de adubação para a cultura e adubam muitas vezes sem sequer realizar a análise química do solo (NAVA et al., 2007).

As necessidades de macronutrientes em quilos para produzir uma tonelada de batata são: nitrogênio 2,4 a 8,2; fósforo 0,3 a 1,2; potássio 3,7 a 13,3; cálcio 0,4 a 3,0; magnésio 0,2 a 0,9 e enxofre 0,2 a 1,5. Já as necessidades de micronutrientes em gramas são: boro 1,4 a 9,0; cobre 0,6 a 3,9; ferro 32,9 a 136,6; manganês 5,4 a 24,1 e zinco de 3,4 a 12.

Em muitos casos a adubação adotada pelos produtores de batata fornece quantidades de nutrientes bastante superiores às preconizadas pela recomendação oficial, sendo comum verificar, após a colheita da batata, a presença visível de fertilizantes no solo (FELTRAN, 2005). Isso impacta substancialmente nos custos de produção da cultura da batata (SILVA et al., 2000) e reduz a qualidade dos tubérculos, além do fato de que os nutrientes não absorvidos pelas plantas podem representar risco de poluição ambiental (ANDRIOLO et al., 2006).

Recomenda-se fazer calagem para elevar a saturação por bases a 60 % e procurar elevar o teor de Mg no solo ao mínimo de $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Já a adubação nitrogenada deve ser feita com dose que varia de 40 a 80 kg ha^{-1} no plantio e a mesma dose em cobertura, antes da amontoa. Quanto ao P, a recomendação é de aplicar 300, 200 e 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 quando o teor de P_{resina} no solo estiver entre zero e 25, 25 e 60 e maior que 60 mg dm^{-3} , respectivamente. Na adubação potássica é recomendado aplicar 250, 150 e 100 kg ha^{-1} de K_2O quando o teor no solo for de zero a 1,5, de 1,6 a 3,0 e maior que $3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente. Não há recomendação de adubação sulfatada para a cultura (LORENZI et al., 1997).

Em solos com baixos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) a cultura da batata apresenta incrementos de produtividade com a aplicação de calcário (FONTES, 1997), pois o Ca é o terceiro elemento mais absorvido pela cultura, sendo fundamental para o processo de tuberização e crescimento dos tubérculos (FILGUEIRA, 1993). O Mg e o enxofre (S) são os macronutrientes absorvidos em menor quantidade pela cultura, com

valores de extração semelhantes (PAULA et al., 1986) e, ou, inferiores aos de fósforo (P) (YORINORI, 2003), porém é necessário que eles sejam disponibilizados em níveis adequados para que se obtenham elevadas produtividades na cultura da batata. Contudo, pouca atenção tem sido dada a esses elementos em áreas de cultivo de batata, uma vez que a calagem não é utilizada pela maioria dos bataticultores, além de ser comum o uso de altas doses de adubos com fórmulas N-P-K concentradas e pobres em S.

Diversos fatores interferem na produtividade da batateira, porém a nutrição mineral é um dos que mais contribuem para obtenção de elevada produtividade e qualidade dos tubérculos, de forma que os nutrientes devem ser aplicados de acordo com as exigências da cultura e nas quantidades e épocas adequadas (CORASPE-LEÓN et al., 2009). Segundo Sancho (1999), a extração de nutrientes depende de fatores externos, que estão relacionados com o ambiente de cultivo, mas também de fatores internos, como o potencial genético e a idade da planta. Portanto, para o manejo correto da adubação em cada cultivar, são necessários estudos sobre a absorção e exportação de nutrientes para auxiliar nos programas de adubação, com a finalidade de otimizar a produção de tubérculos e reduzir o uso excessivo de fertilizantes (CORASPE-LEÓN et al., 2009).

2.4 DRIS na avaliação do estado nutricional da batata

Com a elevada produtividade da batata, a necessidade de sua manutenção e o elevado custo dos fertilizantes, o conhecimento da nutrição mineral dessa cultura passou a ser de extrema importância. Assim, técnicas de avaliação do estado nutricional dela passaram a constituir ferramentas potenciais para o monitoramento da oferta e do equilíbrio entre nutrientes.

As folhas constituem a parte metabolicamente mais ativa das plantas, consequentemente, as alterações que ocorrem ao seu redor, e na planta como um todo, são rapidamente refletidas neste órgão. O uso da análise foliar como critério de diagnóstico baseia-se na premissa de existir relação entre o suprimento de nutrientes pelo solo e os seus teores na planta e que aumentos ou decréscimos nas concentrações dos nutrientes se relacionam com produções mais altas ou mais baixas, respectivamente (EVENHUIS; WAARD, 1980).

Existem diversos métodos de interpretação da diagnose foliar. O nível crítico ou as faixas de suficiência são os mais utilizadas para essa interpretação. Todavia, esses métodos estão sujeitos a algumas limitações, por considerarem apenas a

concentração isolada do nutriente em um determinado estágio fenológico (HANSON, 1981).

Diante do exposto, faz-se necessário a utilização de outros métodos com maior acurácia e com resultados promissores (CAMACHO et al., 2012), sendo o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), o principal método com essas características. Esse método utiliza o conceito do balanço de nutrientes e parece estar menos sujeito às interferências de particularidades locais do ambiente e das variações de amostragem com respeito à idade e origem do tecido da planta.

Esse sistema, proposto por Beaufils (1973), considera as relações entre os nutrientes e as compara com um padrão de alta produtividade, calculando um índice para cada nutriente e permitindo identificar quais são os elementos mais limitantes e, ou, em excesso. O DRIS utiliza as relações binárias entre os nutrientes e transforma os valores das concentrações em índices, que variam de negativo a positivo. Quanto menor for o índice, se negativo, mais limitante por deficiência estará o nutriente, e quanto maior for o índice, se positivo, mais excessivo estará o nutriente. O índice de valor zero indica que o nutriente está nas melhores condições de balanço nutricional (WALWORTH; SUMNER, 1987).

Após a definição das normas e das relações para cada par de nutrientes, é possível calcular os índices DRIS para as concentrações de nutrientes de uma amostra. Assim, o cálculo do índice DRIS depende, inicialmente, do estabelecimento dos valores-padrão ou normas, obtidos para todos os nutrientes dois a dois, em que se utiliza uma população de alta produtividade como população de referência (BATAGLIA; SANTOS, 1990). Adicionalmente aos índices DRIS, é possível calcular o Índice de Balanço Nutricional (IBN), que resulta do somatório, em módulo, dos valores dos índices DRIS de cada nutriente, indicando o estado nutricional da planta. Quanto menor for o valor da soma, menor será o desequilíbrio entre nutrientes e, portanto, maior será a produtividade da cultura (WALWORTH, SUMNER, 1987). Vários trabalhos mostram que o IBN apresenta alta correlação negativa com a produtividade (CRESTE; NAKAGAWA, 1997; VELOSO et al., 2000; MOURÃO FILHO et al., 2002; SILVA et al., 2003; HOOGERHEIDE, 2005).

O cálculo dos índices DRIS tem a vantagem de possibilitar um ordenamento de nutrientes, desde os mais limitantes até os excessivos. Ao contrário dos critérios de nível crítico e de faixa de suficiência, onde os padrões de referência são estabelecidos em experimentos de adubação, o DRIS usa como padrão nutricional, uma população de

referência estabelecida com base em plantas de alta produtividade onde a nutrição é equilibrada (BEAUFILS, 1973). O sistema DRIS permite modelar a resposta biológica das culturas às variações na disponibilidade dos nutrientes (WADT et al., 2007). O DRIS, não indica qual nutriente está em deficiência ou em concentração de toxidez, mas qual nutriente é o mais limitante e a ordem de limitação dos nutrientes (FAQUIN, 2002). Assim, apresentam as vantagens da escala de interpretação do método ser contínua, os nutrientes serem ordenados dos mais limitantes aos mais excessivos e a indicação de casos nos quais a produção está sendo limitada devido a um desequilíbrio nutricional (BALDOCK; SCHULTE, 1996).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimento foram conduzidos na Fazenda dos Rochetos (19°21'10" S e 47°17'34" O), no município de Perdizes, Minas Gerais entre novembro de 2014 e abril de 2015, utilizando a cultivar Cupido. Antes do plantio a análise química do solo foi realizada, segundo o método descrito pela EMBRAPA (1999).

Foram conduzidos simultaneamente três experimentos, sendo um para cada nutriente (N, P e K). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco doses e quatro repetições, totalizando 20 parcelas para cada nutriente estudado. Cada parcela era constituída por seis linhas, espaçadas em 0,8 cm entre linhas com 10 metros de comprimento, totalizando 48 m² de área total por parcela. As características químicas do mesmo encontram-se na tabela 1.

Tabela 1- Análise química de solo da camada de 0-20 cm da área experimental.

Ph	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	T	SB	MO	V	M
H ₂ O (1:2,5)	mgdm ⁻³		cmol _c dm ⁻³					g dm ⁻³		%
5,7	38,72	71,74	1,71	0,39	0,00	5,80	8,29	-	39,2	0,00

P e K- Extrator Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹; + H₂SO₄) 0,025 mol L⁻¹; Ca, Mg e Al – Extrator KCl 1 mol L⁻¹; T-CTC potencial (pH 7,0); V- saturação por bases.

As cinco doses testadas dos nutrientes foram: 0; 30; 70; 120 e 280 kg ha⁻¹ de N, 0; 150; 300; 600 e 900 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 0; 70; 110; 200 e 400 kg ha⁻¹ de K₂O. Em cada experimento foi utilizada a dose padrão dos nutrientes N, P e K, fixada em 120 kg ha⁻¹ de N, 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ de K₂O de acordo com as recomendações da

Comissão de Fertilidade dos Solos de Minas Gerais (CFSEMG, 1999). Em cada experimento houve variação de apenas um nutriente, sendo as doses dos demais nutrientes fixos na dose recomendada. A calagem foi efetuada de acordo com os resultados das análises de solos e recomendadas de acordo com a CFSEMG (1999).

Após o preparo do solo (aração, gradagem e abertura dos sulcos), as doses estudadas de cada nutrientes (N, P e K) foram misturadas com 30 kg ha⁻¹ de uma fonte de micronutrientes (2,7% de Ca (cálcio), 8,2% de S (enxofre), 12% de Zn (zinco) e 6% de B (boro)), e adicionadas manualmente ao sulco de plantio, sendo incorporadas com auxílio de enxada. Posteriormente a batata-semente foi distribuída, também de forma manual, no sulco de plantio. Antes de fechar os sulcos foi realizada aplicação de produtos fitossanitários para proteção inicial dos tubérculos contra agentes patogênicos e insetos. As doses de N foram parceladas, sendo 20% da dose aplicados no sulco no momento do plantio e 80% da dose aplicados em cobertura, no momento da amontoa aos 30 dias após o plantio (DAP).

O tratamento fitossanitário realizado durante todo o desenvolvimento da cultura foi baseado no monitoramento de pragas e doenças, sendo os mesmos usados na lavoura comercial. Os produtos utilizados para controle de pragas, doenças e plantas infestantes são registrados para a cultura da batata e foram aplicados nas doses recomendadas.

Trinta dias após o plantio (DAP) foi realizada a amostragem de folhas, onde 30 folhas completas (limbo+pecíolo), do terceiro trifólio completamente desenvolvido segundo o preconizado por CFSEMG (1999), foram coletadas por parcela. As folhas foram acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas ao laboratório de análise. As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar (65 °C ± 5 °C), e após a secagem, foram moídas e submetidas à determinação química dos nutrientes, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (1999). Foram avaliados os teores foliares de macro e micronutrientes.

Ao final do ciclo da cultura, cerca de 110 DAP, os tubérculos da área útil das parcelas foram colhidos e pesados e os valores então extrapolados para kg ha⁻¹, obtendo assim a produtividade.

Os cálculos para o estabelecimento das normas do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) foram baseados em populações de alta produtividade (ou população de referência) e de baixa produtividade. As planilhas de produtividade dos experimentos, bem como os índices DRIS e o Balanço Nutricional (IBN) foram

obtidos utilizando-se o software Excel (Microsoft) e os cálculos propostos pelo método original proposto por Beaufils (1973).

Com a fórmula do DRIS, calcularam-se os índices relativos para os nutrientes, os quais foram negativos, positivos ou iguais a zero. Os índices negativos e positivos indicam deficiência e excesso, respectivamente, sendo que os valores próximos a zero são indicativos de teores adequados. Após o cálculo do índice de cada nutriente, foi estabelecido o índice de balanço nutricional (IBN) de acordo com método original proposto por Beaufils (1973).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 a produtividade, o índice DRIS e o IBNm para macronutrientes em lavouras de alta e baixa produtividade.

Tabela 2. Produtividade, Índices DRIS e IBNm para macronutrientes em lavouras de alta produtividade ($> 14.55 \text{ t ha}^{-1}$) e baixa produtividade ($< 14.55 \text{ t ha}^{-1}$) de batata cultivar Cupido.

Trat.	Produtividade (t há^{-1})	Índices DRIS para o grupo de alta produtividade						
		N	P	K	Ca	Mg	S	IBNm
N70	18.97	-0.48	0.47	-0.39	7.12	11.37	2.59	124.76
N120	27.41	0.73	1.65	5.98	0.17	10.37	11.67	160.17
N280	19.41	13.09	14.62	9.38	7.83	15.07	4.24	225.56
P900	16.80	9.29	8.40	6.99	-0.60	-5.94	-6.91	63.39
K0	16.40	1.98	-17.03	-0.52	11.69	10.06	10.66	84.03
K110	16.30	-9.74	2.80	-2.46	0.89	-11.26	-10.20	81.40
K200	18.80	3.02	3.60	2.13	5.20	-3.33	4.26	43.37
K450	15.96	1.25	5.10	-2.14	-9.98	-4.04	7.18	66.18

Trat.	Produtividade (t há^{-1})	Índices DRIS para o grupo de baixa produtividade						
		N	P	K	Ca	Mg	S	IBNm
N0	15	-1.30	2.85	-2.49	17.04	24.70	-10.65	130.16
N30	10.42	-0.30	2.80	1.86	-0.08	5.31	3.13	99.27
P0	10.56	8.83	-15.21	4.43	-27.04	-7.40	-3.44	117.26
P150	13.1	19.21	-4.38	8.60	-18.48	-3.22	-8.43	113.90
P300	12.81	10.58	0.83	4.61	-9.38	-11.49	-21.38	100.01
P600	13.91	13.31	-7.48	19.22	-18.61	-11.64	-8.55	97.22
K70	12.15	4.53	-7.65	-5.52	4.15	-3.42	0.94	49.08

Trat: Tratamento

A dose N120 proporcionou maior produtividade, doses maiores de fósforo podem elevar a produção, todas as doses de potássio exceto K70 foram de altas produtividades. Quanto menor o IBN mais próxima a amostra estará do equilíbrio nutricional com isso na dose de K110 teve o menor IBN.

De acordo com Baldock e Schulte (1996) o índice DRIS quando negativo indica que o nutriente está abaixo do nível ótimo; e quando positivo, indica que o nutriente está acima do nível ótimo. Logo, valores negativos, indicam deficiências, ao passo que valores positivos, indicam excesso de nutrientes, em relação aos demais.

No grupo estabelecido como de alta produtividade, observou-se que o nutriente que esteve mais limitante foi o fósforo, quando submetido a uma adubação sem aplicação de K, ou seja, quando a cultura obteve apenas aporte de K via o residual de cultivos anteriores presente no solo. Observou-se também, quanto ao fósforo, que em geral os solos apresentam considerável reserva no solo, uma vez que os índices foram positivos para as diversas combinações de nutrição implementada.

Quanto ao K, maiores limitações foram observados em populações de plantas que receberam diferentes dosagens deste elemento. A maior dosagem relacionou-se com índices de limitação elevados, o que infere a interações entre os elementos, ocorrentes especialmente no solo.

Os índices de magnésio no solo revelam interessante aspecto frente às aplicações de dosagens de potássio, bem como a maior dosagem aplicada (450 kg ha^{-1}) para o índice de cálcio. Foi possível observar o balanço entre estes elementos catiônicos frente ao efeito de concentração do potássio, íon monovalente catiônico, portanto, pode-se visualizar o potencial competitivo entre os cátions no solo pelos sítios de absorção do sistema radicular das plantas. O aumento de potássio reduz a quantidade de magnésio

Segundo Reis Junior e Monnerat (2003) a relação entre produtividade e conteúdo foliar de nutrientes, é uma premissa para utilizar a análise foliar como critério de diagnose, e a relação entre a concentração de nutrientes e os índices DRIS pode ser um critério para validar a norma DRIS. Ainda de acordo com Reis Junior e Monnerat (2003) se existe uma relação entre a concentração de nutrientes e os índices DRIS, os índices DRIS podem ser usados para a diagnose nutricional.

De acordo com White et al. (2009), os teores dos nutrientes presentes nos tubérculos e folhas são influenciados por fatores ambientais e genéticos e White e Broadley (2005) relataram que estas diferenças são, provavelmente, consequência de diferentes práticas de adubação e irrigação, uma vez que a primeira fornece os nutrientes e o segundo auxilia na sua absorção, visto que a maior parcela dos nutrientes são absorvidos junto com a água por fluxo em massa.

Na tabela 2 observa-se a produtividade, o índice DRIS e o IBNm para micronutrientes em lavouras de alta e baixa produtividade.

Tabela 3. Produtividade, Índices DRIS e IBNm para micronutrientes em lavouras de alta produtividade ($> 14.55 \text{ t ha}^{-1}$) e baixa produtividade ($< 14.55 \text{ t ha}^{-1}$) de batata cultivar Cupido.

Trat.	Produtividade (t há^{-1})	Índices DRIS para o grupo de alta produtividade					
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	IBNm
N70	18.97	9.56	-1.00	-60.51	25.72	5.56	124.76
N120	27.41	10.45	18.55	-78.37	-1.72	20.51	160.17
N280	19.41	20.04	6.02	-112.78	4.17	18.31	225.56
P900	16.80	-10.98	-1.37	7.02	-4.69	-1.20	63.39
K0	16.40	-4.91	-11.25	7.63	-5.27	-3.04	84.03
K110	16.30	-7.04	11.42	7.11	6.82	11.66	81.40
K200	18.80	-0.89	-3.65	3.48	-4.10	-9.72	43.37
K450	15.96	4.03	-1.33	9.97	5.56	-15.60	66.18
Trat.	Produtividade (t há^{-1})	Índices DRIS para o grupo de baixa produtividade					
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	IBNm
N0	15	10.44	6.68	-45.55	-5.09	3.38	130.16
N30	10.42	10.54	10.82	-44.30	15.18	-4.96	99.27
P0	10.56	-5.54	34.22	4.17	3.23	3.76	117.26
P150	13.1	-2.52	16.62	12.52	-17.93	-2.00	113.90
P300	12.81	7.37	16.49	9.65	-7.75	0.46	100.01
P600	13.91	0.25	0.21	10.14	-2.34	5.49	97.22
K70	12.15	-1.72	-2.88	11.26	-3.35	3.65	49.08

Trat: Tratamento

Quanto aos micronutrientes observou-se que doses elevadas de fósforo geram desbalanços intensos de B e Mn, o que também pode estar relacionado a competição no momento de absorção pelo sistema radicular.

A dose na qual não houve deficiência com interação com o K foi a dose de $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$. Outro cátion que marcadamente manifestou deficiência com o aumento da dose de K foi o Zn, sendo a maior dosagem, com reflexo em alto índice de deficiência. O Fe apresentou alta deficiência nas diferentes dosagens de N, sendo maior a deficiência quanto maior a dose de N aplicado. Ferro importante na redução do nitrato, com a alta quantidade de nitrogênio, aumenta demanda por ferro, sendo este elemento importante na redução no nitrato.

Os maiores desbalanços observados no grupo de alta produtividade referem-se as proporções distintas de nitrogênio, sendo crescente com o aumento da dose de N aplicada. Para o grupo de baixa produtividade, a ausência da aplicação de N e P relacionaram-se ao maiores desequilíbrios entre os nutrientes.

Com relação aos índices de deficiência, os resultados foram distintos entre os locais e populações avaliadas, com isso, observa-se a interferência de fatores diversos sobre o estado nutricional, entre eles o nível tecnológico empregado nas áreas onde foram conduzidos os experimentos e provavelmente também devido a diferença de insolação entre as regiões, justificando a necessidade de avaliar e acompanhar as lavouras, o que possibilita melhoria no manejo e controle através do conhecimento à cerca da dinâmica que compõe a produtividade. De acordo com Bangroo et al. (2010), as normas DRIS devem ser desenvolvidas para condições específicas, no qual todos os outros fatores a serem correlacionados com a produtividade como cultivar, clima, solo e cultura devem ser conhecidos, atingindo assim objetivos específicos.

De acordo com a Tabela 3, pode-se estabelecer as ordens de insuficiência nas áreas de alta e baixa produtividade que apresentaram a seguinte ordem respectivamente: $Fe > P > S > Zn > Mg > B > Ca > N > Mn > Cu > K$ e $Fe > Ca > S > Mg > Mn > P > K > Zn > B > Cu > N$.

4. CONCLUSÕES

Ocorre intensa dinâmica entre os nutrientes relacionados aos sítios de competição por absorção, portanto, maiores teores de um determinado nutriente por ação de concentração influenciam na absorção dos demais e interação entre eles. O nitrogênio teve maior produtividade na dose de 120, o fósforo na dose de 900 foi que teve melhor produtividade e o potássio na dose de 200 foi a dose que teve melhor produtividade dentre as outras doses de potássio. O nutriente mais limitante tanto em populações de alta como de baixa produtividade foi o Ferro. Os macronutrientes fósforo apresenta elevada limitação em populações de alta produtividade.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL – ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. 2017. *Batata*. São Paulo: FNP. 482p.
- ACTUALITIX, **World Atlas – Statistics by country**. Disponível em: <<https://pt.actualitix.com/>>. Acesso em: maio de 2017.
- BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 3, p. 448- 456, 1996.
- BATAGLIA, O.C. & SANTOS, W.R. Efeito do procedimento de cálculo e da população de referência nos índices do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). **R. Bras.Ci. Solo**, 14:339-344, 1990.
- ANDRIOLO, J.L.; BISOGNIN, D.A.; PAULA, A.L.; PAULA, F.L.M.; GODOI, R.S. & BANGROO, S. A. et al. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) - A Review. **International Journal of Current Research**, v. 10, p. 84-97, 2010.
- BARROS, G.T. Curva crítica de diluição de nitrogênio da cultivar Asterix de batata. **Pesq. Agropec. Bras.**, 41:1179-1184, 2006.
- BEAUFILS, E.R. Physiological diagnosis - a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal, Lynnwoodrif**, v.1, p.1-30, 1973.
- BORGES, M. e LUZ, J. M. Q., SILVA, I. R., FRANÇA, R. de O. O cultivo da batata no Brasil: Aspectos gerais da cultura. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2008. 156 p. **Associação Brasileira da Batata**. Apostila. CD Room.
- CAMACHO, M.A.; SILVEIRA, M.V.S.; CAMARGO, R.A. & NATALE, W. Faixas normais de nutrientes pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pelo método de distribuição normal reduzida para laranjeira-pera. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p.193-200, 2012.
- CFSEMG - Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais (Viçosa, MG). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: **5ª aproximação**. Viçosa, 1999. 176p.
- CARDOSO, A. D. et al. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1729-1736, 2007.
- CARDOSO, A.D.; ALVARENGA, M.A.R.; MELO, T.L. & VIANA, A.E.S. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função de doses e parcelamentos de nitrogênio e potássio. **Ci. Agrotec.**, 31:1729-1736, 2007.

COGO, C. M. et al. Relação potássio-nitrogênio para o diagnóstico e manejo nutricional da cultura da batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1781-1786, 2006.

CORASPE-LEÓN, H.M.; MURAOKA, T.; FRANZINI, V.I.; PIEDADE, S.A.S. & GRANJA, N.P. Absorción de macronutrientes por plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) em la producción de tubérculo-semilla. **Interciencia**, 34:57-63, 2009.

EMBRAPA. 2011. *Produção de Batata no Rio Grande do Sul. Sistemas de Produção*. 19. Versão Eletrônica. Disponível em: http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/catalogo/tipo/sistemas/sistema19_novo/autos.htm. Acesso em: 11 de julho de 2012.

EVENHUIS, B.; WAARD, P.W.F. *Principles and practices in plant analysis*. In: FAO. Soils. Rome, 1980. p.152-163. (FAO Bulletin, 38/1).

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (Roma, Itália). **FAOSTAT: Crops**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx>. Acesso em: 08 dez. 2009.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (Roma, Itália). **FAOSTAT: Crops**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx>. Acesso em: 08 dez. 2017.

FELTRAN, J.C. & LEMOS, L.B. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica**, 33:106-113, 2005.

FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. 2 ed. Viçosa: UFV, 2003, 421 p. 10

FILGUEIRA, F.A.R. Nutrição mineral e adubação em bataticultura, no Centro-Sul. In: FILGUEIRA, F.A.R. Nutrição mineral e adubação de hortaliças. Piracicaba, **Potafós**, 1993. p.401-428.

FONTES, P.C.R.; ROCHA, F.A.T. & MARTINEZ, H.E.P. Produção de máxima eficiência econômica da batata em função da adubação fosfatada. **Hortic. Bras.**, 15:104-107, 1997.

FORTES, G. R. L.; PEREIRA, J.E.S. Classificação e Descrição Botânica. In: PEREIRA, A. da S.; DANIELS, J. (Eds.). O cultivo da batata na região sul do Brasil. Brasília – DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2003, p. 69 – 79. EMBRAPA clima Temperado.

HANSON, R.G. DRIS evaluation on N, P, K status of determinants soybeans in Brazil. Comm. **Soil Sci. Plant Anal.**, 12, 933-948, 1981.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE: Produção de Batata. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201701.pdf. Acesso em: abril de 2017.

- FAQUIN, V. Diagnose do estado nutricional das plantas. 2002. 77 f. Curso de Pós Graduação; “Lato Sensu” à distância. (Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas no Agronegócio) - **Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão**, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 2006, 638p.
- NAVA, G.; DECHEN, A.R. & IUCHI, V.L. Produção de tubérculos de batata-semente em função das adubações nitrogenada, fosfatada e potássica. **Hortic. Bras.**, 25:365-370, 2007.
- NZIGUHEBA, G. et al. Assessment of nutrient deficiencies in maize in nutrient omission trials and long-term field experiments in the West African Savanna. **Plant and Soil**, v. 314, p. 143-157, 2009.
- LORENZI, J.O.; MONTEIRO, P.A.; MIRANDA FILHO, H.S. & RAIJ, B.van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, **Instituto Agrônomo de Campinas**, 1997. p.221-229. (Boletim Técnico, 100).
- PAULA, M.B.; FONTES, P.C.R. & NOGUEIRA, F.D. Produção de matéria seca e absorção de macronutrientes por cultivares de batata. **Hortic. Bras.**, 4:10-16, 1986.
- REIS JUNIOR, R. dos A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 3, p. 379-385, 2003.
- SANCHO H. Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y uso en los programas de fertilización. **Inf. Agron.**, 36:11- 13, 1999.
- SILVA, T.O.; MENEZES, R.S.C.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. & SILVEIRA, L.M. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. I - Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:39-49, 2007.
- SILVA, F.L.; PINTO, C.A.B.P.; ALVES, J.D.; BENITES, F.R.G.; ANDRADE, C.M.; RODRIGUES, G.B.; LEPRE, A.L. & BHERING, L.P. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, 68:295-302, 2000.
- YORINORI, G.T. Curva de crescimento e acúmulo de nutrientes pela cultura da batata cv. ‘Atlantic’. **Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, 2003. 66p. (Tese de Mestrado)
- WADT, P.G.S.; SILVA, D.J.; MAIA, C.E.; TOMÉ Jr., J.B.; PINTO, P.A. C. & MACHADO, P.L.O.A. Modelagem defunções no cálculo dos índices DRIS. **Pesq. Agropec. Bras.**, 42:57-64, 2007.

WALWORTH, J.L. & SUMNER, M.E. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). **Adv. Soil Sci.**, 6:149-188, 1987.

WHITE, P. J. et al. Relationships between yield and mineral concentrations in potato tubers. **HortScience**, v. 44, p. 6-11, 2009.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Historical variation in the mineral composition of edible horticultural products. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 80, p. 660- 66, 2005.

WREGE, M. S.; PEREIRA, A. da S.; HERTER, F. G.; CARAMORI, P. H.;
Caracterização Climática das regiões produtoras de batata no Brasil. Documentos 133: Embrapa, Pelotas – RS, Versão On Line, dezembro. 2004.