

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**  
**Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**  
**Ari Medeiros Braga Neto**

**ADUBAÇÃO NPK PARA CULTIVO DE FISALIS**

**Diamantina - MG**  
**2020**

**Ari Medeiros Braga Neto**

**ADUBAÇÃO NPK PARA CULTIVO DE FISALIS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração Produção Vegetal, para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador: Prof. Dr. Enilson de Barros Silva

**Diamantina - MG  
2020**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B813a

Braga Neto, Ari Medeiros

Adubação NPK para cultivo de fisalis / Ari Medeiros Braga Neto, 2020.

40 p.: il.

Orientador: Enilson de Barros Silva

Tese (Doutorado– Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

1. Fertilizantes. 2. Nutrição mineral. 3. Nível crítico. I. Silva, Enilson de Barros. II. Título. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

**CDD 631.8**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**ARI MEDEIROS BRAGA NETO**

**Adubação NPK para cultivo de físalis**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, nível de Doutorado, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Enilson de Barros Silva

Data de aprovação 22/05/2020.

Prof. Dr. José Roberto de Paula  
Instituto Federal de Minas Gerais  
Campus São João Evangelista

Prof. Dr. Reynaldo Santana Campos  
Departamento de Engenharia Florestal - UFVJM

Profa. Dra. Maria do Céu Monteiro da Cruz  
Departamento de Agronomia - UFVJM

Prof. Dr. Enilson de Barros Silva  
Departamento de Agronomia - UFVJM



Documento assinado eletronicamente por Enilson de Barros Silva, Servidor, em 05/06/2020, às 15:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Maria do Céu Monteiro Cruz, Servidor, em 05/06/2020, às 15:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por José Roberto de Paula, Usuário Externo, em 05/06/2020, às 16:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por Reynaldo Campos Santana, Servidor, em 08/06/2020, às 14:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



[8 de outubro de 2015.](#)



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site  
[https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 0104887 e o código CRC 52F7F675.

## **DEDICATÓRIA**

A DEUS, por ter me concedido a graça de concluir mais uma etapa de minha caminhada com sucesso e ter me proporcionado saúde e sabedoria para suportar esta jornada, sabendo lidar com todas as situações vivenciadas durante este período.

Aos meus pais “Juninho (*in memoriam*) e Pretta”, que juntos, formaram o alicerce de minha formação.

Às minhas irmãs Renata e Karla pelo constante incentivo e cumplicidade.

À minha namorada Ramony, pelo apoio e compreensão.

E a todos que acreditaram em mim.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a DEUS pelo dom da vida e pela graça alcançada.

Aos meus pais “Juninho (*in memoriam*) e Pretta”, pelo apoio, carinho, compreensão e amor.

Às minhas irmãs Renata e Karla, pelo constante incentivo e cumplicidade.

À minha namorada Ramony pelo carinho e compreensão.

Ao professor Enilson de Barros Silva, pela orientação, pela confiança, amizade, paciência e todos os ensinamentos transmitidos, que certamente levarei por toda a vida.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) pela oportunidade de realização do curso e pela contribuição à minha formação acadêmica.

Ao Instituto Federal de Minas Gerais campus São João Evangelista, pelo suporte ofertado na realização de experimentos e flexibilização de jornada de trabalho.

A todos os professores, funcionários, colaboradores e amigos do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da UFVJM.

Às instituições: UFVJM, PPGPV, IFMG-SJE, EPAMIG, CAPES, CNPq e FAPEMIG, que proporcionaram suporte técnico, financeiro e estrutural para realização deste trabalho.

A todos, que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

## RESUMO

A *Physalis peruviana* L. (físalis) vem ganhando espaço no cenário agrícola brasileiro devido suas atrativas características organolépticas e relevantes benefícios à saúde. Contudo, devido à falta de informações específicas aspectos relacionados à sua adubação devem ser estudados. O objetivo deste trabalho foi determinar a dose recomendada de NPK, bem como estimar os níveis críticos de P e K no solo extraído por três extratores (Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina trocadora de íons) e de N, P e K nas folhas. Três experimentos, separados por tipos de solos (Neossolo Quartzarênico Órtico típico, Latossolo Vermelho Amarelo distrófico e Latossolo Vermelho distrófico) foram conduzidos a campo, em localidades diferentes. Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de N, P e K, dispostos em blocos casualizados em esquema fatorial fracionado  $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$ , sendo as doses de N 0, 40, 80 e 160 kg ha<sup>-1</sup>; de P 0, 20, 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> e de K 0, 30, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>. A produtividade dos frutos, os teores de P e K nos solos e de N, P e K nas folhas foram submetidas à análise de variância conjunta e estudos de regressão em função das doses de N, P e K. Os níveis críticos de P e K no solo e de N, P e K nas folhas foram estabelecidos em função da produtividade econômica de frutos. A produtividade econômica de 1.710 kg ha<sup>-1</sup> de frutos foi atingida com as doses de 59 kg de N, 32 kg de P e 36 kg de K por ha. Os níveis críticos de P e K no solo foram 14,5 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich-1), 78,6 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich-3), 55,2 mg kg<sup>-1</sup> (Resina) para P e, 1,9 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Mehlich-1), 1,6 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Mehlich-3), 1,1 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Resina) para K, e nas folhas de 41,2 g kg<sup>-1</sup> de N, 3,7 g kg<sup>-1</sup> de P e 30,6 em g kg<sup>-1</sup> de K para atingir a produtividade econômica de frutos.

Palavras-chave: Fertilizantes; Nutrição mineral; Nível crítico.

## ABSTRACT

*Physalis peruviana* L. (physalis) has been gaining ground in the Brazilian agricultural scenario due to its attractive organoleptic characteristics and relevant health benefits. However, due to the lack of specific information aspects related to its fertilization must be studied. The objective of this work was to determine the recommended dose of NPK, as well as to estimate the critical levels of P and K in the soil extracted by three extractors (Mehlich-1, Mehlich-3 and Ion exchange resin) and of N, P and K in the leaves. Three experiments, separated by soil types (Typic Quartzipsamment, Xantic Hapludox and Rhodic Hapludox) were conducted in the field, in different locations. The treatments consisted of four doses of N, P and K, arranged in randomized blocks in a fractional factorial scheme  $(4 \times 4 \times 4)^{1/2}$ , with the doses of N 0, 40, 80 and 160 kg ha<sup>-1</sup>; P 0, 20, 40 and 80 kg ha<sup>-1</sup> and, K 0, 30, 60 and 120 kg ha<sup>-1</sup>. Fruit productivity, nutrient concentrations of P and K in soils and N, P and K in the leaves was subjected to joint analysis of variance and regression studies depending on the doses of N, P and K. The critical levels of P and K in the soil and N, P and, K in the leaves were established as a function of the economic productivity of fruits. The economic productivity of 1.710 kg ha<sup>-1</sup> of fruits was reached with the doses of 59 kg of N, 32 kg of P and 36 kg of K per ha. The critical levels of P and K in the soil were 14.5 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich-1), 78.6 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich-3), 55.2 mg kg<sup>-1</sup> (Resin) for P and, 1.9 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Mehlich-1), 1.6 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Mehlich-3), 1.1 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Resin) for K, and in the leaves of 41.2 g kg<sup>-1</sup> of N, 3.7 g kg<sup>-1</sup> of P and 30.6 in g kg<sup>-1</sup> of K to achieve economic fruit productivity.

Key words: Fertilizers; Mineral nutrition; Critical level.

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

- Figura 1 - Produtividade de frutos de *fisalis* em função das doses de N (a), P (b) e K (c) aplicadas em três tipos de solos. RQo: Neossolo Quartzarênico Órtico. LVAd: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. LVd: Latossolo Vermelho distrófico ..... 21

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 -	Atributos químicos e texturais dos solos antes da correção de acidez e tratamentos com N, P e K para o cultivo de fisalis .....	18
Tabela 2 -	Produtividade máxima e produtividade correspondente a 90 % da máxima de frutos de fisalis e as doses de N, P e K para promover essas produtividades em três tipos de solos .....	22
Tabela 3 -	Equações de regressão ajustadas para P e K no solo extraído pelo Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina e teores foliares de N, P e K ( $\hat{y}$ ) como variável dependente em função das doses de N, P e K ( $x$ , kg ha <sup>-1</sup> ) e o valor para atingir 90 % da produtividade máxima de frutos de fisalis cultivada em três tipos de solo .....	23

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	i
<b>ABSTRACT.....</b>	ii
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	iii
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	iv
<b>1 – INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	12
<b>2 – INTRODUÇÃO.....</b>	13
<b>3 – MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	16
<b>3.1 Locais de condução dos experimentos.....</b>	16
<b>3.2 Características dos solos.....</b>	17
<b>3.3 Unidade experimental, estabelecimento e manejo.....</b>	18
<b>3.4 Variáveis avaliadas.....</b>	19
<b>3.5 Análises dos dados.....</b>	20
<b>4 – RESULTADOS.....</b>	20
<b>4.1 Adubação NPK e produtividade de frutos.....</b>	20
<b>4.2 Efeito da adubação NPK nos solos e nas folhas.....</b>	22
<b>5 – DISCUSSÃO.....</b>	24
<b>6 – CONCLUSÃO.....</b>	29
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	30
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	31
<b>ANEXOS.....</b>	38

## 1 - INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo de fisalis (*Physalis peruviana* L.) vem ganhando cada vez mais espaço no cenário agrícola brasileiro, devido o recente reconhecimento como atividade econômica. É um pequeno fruto, de sabor agridoce, que se destaca pelo seu grande potencial de comercialização. Além do potencial econômico, o fruto é considerado uma excelente fonte de compostos antioxidantes naturais, rico em vitaminas A e C, e nutrientes como Ca, P e Fe.

A composição, o sabor e a aparência do fruto chamam a atenção de produtores, comerciantes e principalmente dos consumidores, consequentemente, aumentar a produtividade de fisalis é necessário para atender sua demanda de mercado. Desta forma, o cultivo da espécie torna-se uma alternativa econômica promissora, principalmente para pequenos e médios agricultores. Porém, informações relacionadas à recomendação de adubação são incipientes no Brasil, que inicialmente eram baseadas em parâmetros estabelecidos para o tomateiro.

Gastos econômicos desnecessários e a expressão de distúrbios metabólicos resultantes do suprimento insuficiente ou elevado de determinado nutriente são fatores cruciais no cultivo de plantas como um todo. O estabelecimento de padrões de cultivo e a adoção de técnicas mais específicas de manejo que possibilitem maiores ganhos em produtividade são essenciais para que a cultura de fisalis possa atingir maiores patamares na cadeia produtiva do agronegócio brasileiro.

Os nutrientes têm funções importantes no metabolismo vegetal e, na ausência destes, as plantas interrompem o fluxo normal de reações fisiológicas, consequentemente, não completam seu ciclo de vida. Como solução, uns dos componentes mais importantes que vem impulsionando o desenvolvimento da agricultura brasileira são a pesquisa em fertilidade do solo e as inovações tecnológicas que permitiram o uso de fertilizantes. Com a função de aportar nutrientes aos solos, os fertilizantes agem suprindo as necessidades das plantas sendo, portanto, indissociável a estreita inter-relação entre fertilidade do solo e produção agrícola.

Em função do exposto e da necessidade de disponibilizar informações que orientem os produtores quanto ao manejo da adubação de fisalis, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de determinar a dose recomendada de NPK, bem como estimar os níveis críticos de P e K no solo extraído por três extratores (Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina trocadora de íons) e de N, P e K nas folhas.

## 2 INTRODUÇÃO

A *Physalis peruviana* L.) é originária dos Andes Sul-Americanos (PUENTE *et al.*, 2011), apresenta hábito de crescimento decumbente, com ramificações muito densas (RUFATO *et al.*, 2012). Usualmente é tratada como anual em plantações comerciais, entretanto, é uma planta perene que se caracteriza por ser herbácea e rústica, podendo chegar a até 2 m de altura quando tutorada (LORENZI; SOUZA, 1995; FISCHER; HERRERA; ALMANZA, 2011). Suas folhas são aveludadas e triangulares, com pecíolo piloso (ALVARENGA *et al.*, 2016).

É uma espécie da família das Solanaceae, pouco tolerante a geadas e possui bom crescimento em diferentes tipos de solo (LUCHESE; GURAK; MARCZAK, 2015). Produz metabólitos primários e secundários que lhes conferem propriedades antioxidantes, anti-diabéticas, anti-inflamatórias e anticancerígenas (MEDINA *et al.*, 2019).

Os seus frutos são climatéricos (PEREDA; NAZARENO; VITURRO; 2019), do tipo baga, com 1,5 a 2,5 cm de diâmetro, peso entre 4 a 10 g e a coloração que vai do verde ao laranjado quando maduro (ALMANZA-MERCHÁN; FISCHER, 2012; FISCHER; ALMANZA-MERCHÁN; MIRANDA, 2014). Encontram-se dentro de um cálice formado por cinco sépalas, popularmente chamado de capulho (RUFATO *et al.*, 2012).

No Brasil, os trabalhos com *Physalis* começaram em 1999, na Estação Experimental Santa Luzia/SP, sendo a pioneira no cultivo dessa fruteira, com excelentes resultados em diversidade de solo e espaçamento. No sul do país, o plantio vem sendo ampliado, principalmente no estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (RUFATO *et al.*, 2012).

Devido à sua diversidade de sabor e doçura (VARGAS-PONCE *et al.*, 2016) os frutos são amplamente apreciados e cultivados, com destinação ao consumo doméstico e à venda comercial (PUENTE *et al.*, 2011). Além do consumo *in natura*, o fruto, pode ser incorporado em sucos, sorvetes, doces e geleias. Possui altos níveis de vitamina A e C, bem como, Ca, P, Fe e fibras (MUNIZ *et al.*, 2014). O valor agregado da planta é alto, pois, suas raízes e folhas são ricas em propriedades medicinais, podendo ser utilizadas nas indústrias farmacêuticas (ETZBACH *et al.*, 2019).

Pesquisas de mercado mostram que o preço de *Physalis* variou de R\$24,60 a R\$47,30 por kg em um período de cinco anos (2015 a 2019) no CEASA de Campinas/SP, tendo sua maior média anual em 2016 onde o valor comercializado pelo kg do fruto ficou em torno R\$42,00 (CEASA Campinas, 2019). Já no CEASA do Paraná, um dos principais centros de distribuição de frutos de *Physalis* do país, o valor do fruto oscilou de R\$14,60 a R\$37,90 por kg

neste mesmo período de cinco anos, tendo a sua maior média anual também em 2016, onde o preço atingiu um valor de R\$30,85 (CEASA Paraná, 2019).

A produtividade de *fisalis* é muito variável. Experimentos já realizados apresentam valores próximos de 1 t ha<sup>-1</sup> com variações de até 14 t ha<sup>-1</sup> (RUFATO *et al.*, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2013). Ao longo do processo de domesticação de *fisalis*, fatores como o tipo de condução, espaçamento, fertilidade do solo e condições de plantio passaram a interferir diretamente na quantidade de frutos colhidos por hectare (VEASEY *et al.*, 2011).

Para atender às necessidades futuras de produção, os sistemas agrícolas precisam atuar maximizando os rendimentos tradicionalmente alcançados (ROTHWELL; ELPHINSTONE; DODD, 2015). Dessa forma, a aplicação de fertilizantes de forma correta é vital na agricultura moderna (AMEEN *et al.*, 2018). Além de aplicar fertilizantes, é preciso entender a dinâmica destes, nos diversos tipos de solos existentes. Estudos sobre as interações entre nutrientes e a parte coloidal dos solos (COSTA *et al.*, 2006; COSTA *et al.*, 2009), influência da textura na disponibilidade de nutrientes (MACHADO *et al.*, 2011) e a mobilidade dos nutrientes ao longo do perfil dos solos (LACERDA *et al.*, 2018) mostram a importância de se conhecer estas relações para a tomada de decisão.

Em relação à diagnose foliar, o estado nutricional das plantas é baseado na análise mineral das folhas, desta forma, o solo é analisado indiretamente, usando-se a planta como solução extratora (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Assim, a análise foliar aliada à análise do solo permite um diagnóstico mais eficiente do estado nutricional da cultura e das necessidades de alterações no programa de adubação (FAQUIN, 2005). São vários os mecanismos e interações que podem refletir na composição mineral das plantas (SILVA; TREVIZAM, 2015). O elevado suprimento de determinado nutriente pode induzir a imobilização ou redução na concentração de outro nutriente seja pela formação de compostos insolúveis ou pelo efeito de diluição (ARAUJO; MACHADO, 2006; SILVA; TREVIZAM, 2015). A fisiologia de cada planta também pode promover acúmulos internos de nutrientes além do nível crítico (KANG *et al.*, 2014; SHI *et al.*, 2019).

Como se trata de uma cultura adaptada a algumas regiões brasileiras, o fornecimento de nutrientes para a *fisalis* é um aspecto importante que precisa ser desenvolvido para aumentar a sua produtividade (TORRES *et al.*, 2014). Informações sobre as exigências nutricionais de *fisalis* são escassas (ALBAYRAK; SONMEZ; BIYIKLI, 2014), sobretudo, apesar do recente cultivo no Brasil, é evidente que há a necessidade de produção de conhecimento a cerca das interações solo-planta com ênfase em solos com diferentes disponibilidades de nutrientes.

Os cálculos de adubações necessários para o suprimento da sua demanda nutricional, são na maioria das vezes, baseados nas informações existentes para o tomateiro (MOURA *et al.*, 2016) ou em boletins regionais. Dessa maneira, as recomendações de adubação geralmente tornam-se obsoletas, comprometendo a produtividade e qualidade dos frutos (SANTOS *et al.*, 2019).

O nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são os principais nutrientes susceptíveis de se tornarem deficientes na maioria dos solos, devido à quantidade elevada aos quais estes nutrientes são requeridos, desta forma, suas aplicações tornam-se um método eficaz de melhorar o rendimento das culturas (CANTARUTTI *et al.*, 2007). Presente na constituição de aminoácidos, proteínas, vitaminas e clorofilas, o N se destaca como um dos principais elementos envolvidos no desenvolvimento vegetal (BERTONCELLI *et al.*, 2017). O P desempenha papel importante na transferência de energia das células, sua deficiência causa alterações nas funções metabólicas, acarretando em danos nos ácidos nucleicos, proteínas, enzimas, dentre outros (HOYOS; FONSECA, 2019). Já o K é um importante ativador enzimático, participando também da síntese proteica e do metabolismo oxidativo, além de ser responsável pela manutenção da turgescência celular (ÇIKILI; SAMET, 2016).

Apesar de ser uma planta considerada como rústica (ALVARENGA *et al.*, 2016), que cresce em diferentes tipos de solo e requer baixa fertilização (LUCHESE; GURAK; MARCZAK, 2015), uma adequada nutrição das plantas de *Physalis* é crucial para se obter um alto rendimento da cultura e garantir um nível de qualidade do produto até mesmo para exportação (ALI; SINGH, 2016). Faz-se necessário, portanto, a adequação do manejo agrônomo de *Physalis*, além do monitoramento constante do estado nutricional das plantas por análises de solo e foliar (MARSCHNER, 2012).

Os extratores são soluções químicas, adicionadas à amostra do solo com a função de solubilizar determinado nutriente e torná-lo disponível para posterior quantificação e avaliação de sua disponibilidade para as plantas. Nas últimas décadas, vários métodos têm sido estudados e desenvolvidos com o intuito de aperfeiçoar cada vez mais as avaliações de fertilidade dos solos (SIMÕES NETO *et al.*, 2011; BORTOLON; GIANELLO, 2012).

A solução extratora Mehlich-1, chamada de solução duplo ácida ou de Carolina do Norte, é constituída por uma mistura de  $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ . O emprego dessa solução como extratora de P e K baseia-se na solubilização desses elementos pelo efeito de pH, entre 2 e 3, sendo o papel do  $\text{Cl}^-$  o de restringir o processo de readsorção dos fosfatos recém extraídos (SILVA, 2009). Além do P e K, esse extrator também possibilita a quantificação de sódio e micronutrientes catiônicos.

O extrator Mehlich-3 atua em pH ácido, com a particularidade de possuir o íon fluoreto atuando como complexante de  $Al^{3+}$  liberando assim, o P ligado ao metal. É uma solução à base de HCl  $0,025 \text{ mol L}^{-1}$  com  $NH_4F$   $0,03 \text{ mol L}^{-1}$  e adição de EDTA para complexar os micronutrientes (SILVA, 2009). Mehlich (1984) propôs o extrator Mehlich-3 para melhorar a predição do P disponível e extrair simultaneamente outros nutrientes. O Mehlich-3 é amplamente utilizado, pois é capaz de determinar rápida e facilmente os elementos: P, K, Ca, Mg, Na, B, Cu, Fe, Mn e Zn (KULHÁNEK *et al.*, 2018).

A resina é outro método usado na determinação de P e K extraído, simultaneamente, Ca e Mg (BORTOLON; GIANELLO; SCHLINDWEIN, 2010). A extração é feita com uma mistura de resinas de troca catiônica e aniônica saturadas com bicarbonato de sódio em solução aquosa (SILVA, 2009). Silva; Rajj (1999) consideram adequado o uso da resina trocadora de ânions para estimar a capacidade de suprimento, pois o processo de extração assemelha-se à ação das raízes das plantas e não ocorreria exaustão em solos com alto teor de argila.

Os extratores universais de solo estão sendo usados rotineiramente, principalmente para melhorar a eficiência e a aplicabilidade em uma grande variedade de solos (KULHÁNEK *et al.*, 2018). São diversos os estudos que avaliam a capacidade de extração e, ou relação entre os extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e resina (STEINER *et al.*, 2012; MUMBACH *et al.*, 2018) e, devido a particularidade das propriedades químicas e físicas de cada solo, não se pode afirmar de forma aleatória que determinado extrator é melhor em relação aos demais (SIMONETE *et al.*, 2015). Um método adequado para avaliar a disponibilidade de nutrientes às plantas deve ser eficiente para uma grande variabilidade de tipos de solo e diferentes tipos de cultura (BORTOLON; GIANELLO; SCHLINDWEIN, 2010).

Diante do exposto, é fundamental a busca pela determinação de atributos que promovam maiores incrementos em produtividade, permitindo que a físalis atinja a expectativa de produtores que visam maiores rendimentos durante o cultivo.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Locais de condução dos experimentos**

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo em três locais distintos. O primeiro experimento foi conduzido em Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) (EMBRAPA, 2018) localizado no setor de olericultura do Departamento de Agronomia, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), no município de

Diamantina (MG), região do Alto Vale do Jequitinhonha, a 1.250 m de altitude, latitude 18°15'S, longitude 43°36'W. O clima regional é do tipo Cwb (KÖPPEN, 1948), durante o período experimental a pluviosidade acumulada foi de 901 mm e a temperatura média foi de 19,6±2,9 °C.

O segundo experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) (EMBRAPA, 2018) localizado na Fazenda Experimental de Maria da Fé da Epamig, no município de Maria da Fé, região Sul de Minas Gerais, a 1.285 m de altitude, latitude 22°17'S, longitude 45°23'W. O clima regional é do tipo Cwb (KÖPPEN, 1948), durante o período experimental a pluviosidade acumulada foi de 879 mm e a temperatura média foi de 17,1±3,2 °C.

O terceiro experimento foi conduzido em Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (EMBRAPA, 2018) localizado no setor de propagação de plantas do Instituto Federal de Minas Gerais, no município de São João Evangelista (MG), região do Vale do Rio Doce, a 690 m de altitude, latitude 18°33'S, longitude 42°45'W. O clima regional é do tipo Cwa, (KÖPPEN, 1948), durante o período experimental a pluviosidade acumulada foi de 302 mm e a temperatura média foi de 22,8±3 °C.

Para as três localidades de condução dos experimentos foram quantificadas os valores da distribuição mensal de precipitação e temperaturas médias do período experimental (Anexo A).

### **3.2 Características dos solos**

Antes da correção de acidez e aplicação dos tratamentos com N, P e K foram realizadas análises químicas e de textura dos solos (TEIXEIRA *et al.*, 2017) (Tabela 1). Para corrigir a acidez do solo foram realizados cálculos de calagem com objetivo de elevar a saturação por bases para 65 % (RUFATO *et al.*, 2012). O calcário foi aplicado, com antecedência de 90 dias antes do plantio na dose recomendada com calcário dolomítico, com PRNT 90 %, sendo o mesmo incorporado aos solos com aração e gradagem em área total na profundidade de 0,20 m.

Tabela 1 - Atributos químicos e texturais dos solos antes da correção de acidez e tratamentos com N, P e K para o cultivo de fisalis.

Atributo	Unidade	RQo - DTA	LVAd - MFE	LVd - SJE
pH <sub>água</sub>	-	5,3 B	5,3 B	5,3 B
P	mg kg <sup>-1</sup>	10,3 B	0,4 MB	3,2 MB
K	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,5 B	0,1 MB	0,9 B
Ca	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	10,0 B	15,7 M	12,9 M
Mg	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	2,6 B	8,3 M	5,7 M
Al	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	0,4 MB	1,4 MB	9,1 M
T	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	31,1 B	48,1 M	53,9 M
m	%	3,0 MB	5,0 MB	32,0 M
V	%	42,0 M	50,0 M	36,0 B
MO	g kg <sup>-1</sup>	2,9 B	5,0 B	16,0 B
Areia	g kg <sup>-1</sup>	820	470	310
Silte	g kg <sup>-1</sup>	120	270	130
Argila	g kg <sup>-1</sup>	60 Arenosa	260 Média	560 Argilosa

pH<sub>água</sub>: Relação solo:água 1:2,5. P e K: extrator Mehlich<sup>-1</sup>. Ca, Mg e Al: extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. T: Capacidade de troca de cátions a pH 7,0. m: Saturação de alumínio. V: Saturação por bases. MO: Matéria orgânica pelo método *Walkey-Black*. Areia, silte e argila: Método da pipeta. RQo - DTA: Neossolo Quartzarênico Órtico de Diamantina/MG. LVAd - MFE: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de Maria da Fé/MG. LVd - SJE: Latossolo Vermelho distrófico de São João Evangelista/MG. MB - Muito baixo. B - Baixo. M - Médio. Bm - Bom. MBm - Muito bom.

### 3.3 Unidade experimental, estabelecimento e manejo

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados dispostos em esquema fatorial fracionado (4x4x4)<sup>1/2</sup> (CONAGIN; NAGAI; IGUE, 1997), contendo quatro blocos atuando como controlador de ambiente e não como repetição. A parcela experimental foi constituída de quatro plantas dispostas em fileira e a parcela útil, as duas plantas centrais.

Os tratamentos consistiram de quatro doses dos nutrientes N, P e K que foram N = 0; 40; 80 e 160 kg ha<sup>-1</sup> na forma de uréia (44 % de N); P = 0; 20; 40 e 80 kg ha<sup>-1</sup> na forma de superfosfato triplo (41 % de P) e K = 0; 30; 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> na forma de cloreto de potássio (58 % K), com distribuições de todos os tratamentos de acordo com o Anexo B. As doses de N, P e K foram baseadas nas análises dos solos (Tabela 1) e na proposta de Rufato *et al.* (2012) para *Physalis peruviana* L.

As doses de P foram incorporadas na cova de plantio, enquanto as doses de N e K foram aplicadas em cobertura ao redor das plantas, em um raio de 0,25 m da base das plantas, em quatro parcelamentos iguais, aplicados de 15 em 15 dias após o plantio.

Além dos tratamentos com N, P e K, as plantas receberam aplicações de 1 kg ha<sup>-1</sup> de B na forma de bórax (11 % de B) e 2 kg ha<sup>-1</sup> de Zn na forma de sulfato de zinco (20 % de Zn), sendo aplicados junto ao primeiro parcelamento de N e K.

As mudas utilizadas no experimento foram provenientes de sementes da população de plantas de *Physalis* cultivadas na Fazenda Experimental da EPAMIG em Maria da Fé no Sul de Minas Gerais. Para os experimentos, as sementes foram semeadas em bandejas de isopor com 72 células cada. Após a germinação, as plântulas foram transferidas para sacos plásticos com volume de  $0,5 \text{ dm}^3$ , contendo substrato comercial Bioplant®. As plantas permaneceram nos sacos plásticos até a fase de transplântio para o campo, que ocorreu com cerca de 60 dias. As mudas na ocasião do transplântio apresentavam de quatro a cinco folhas expandidas com 8,5 cm de altura e 2,13 mm de diâmetro do coleto. No campo, as mudas de *Physalis* foram plantadas no espaçamento de 3 x 1 m com densidade de 3.333 plantas por hectare em sistema de condução do tipo espaldeira vertical.

Como forma de suprir os déficits hídricos em Diamantina e São João Evangelista foi feito uma irrigação de suplementação. Desta forma, utilizou-se o método de irrigação localizada por gotejamento. A fita gotejadora foi instalada na linha de plantio, possuindo emissores espaçados de 0,20 m, com vazão de  $1,6 \text{ L h}^{-1}$ . Em Maria da Fé não foi realizado suplementação com irrigação.

O manejo da irrigação baseou-se na utilização do tanque Classe A, adotando-se um turno fixo de irrigação de um dia. A lâmina de irrigação aplicada foi calculada com base na evaporação diária do tanque Classe A, utilizando-se coeficientes de tanque ( $K_p$ ) e de cultura ( $K_c$ ) baseado nas fases do ciclo da cultura do tomateiro, no sistema convencional de plantio (MAROUELLI; SILVA, 2002). A lâmina diária foi de 4,5 mm por dia, sendo suplementado quando necessário.

### **3.4 Variáveis avaliadas**

A amostragem para as determinações dos teores foliares dos nutrientes foi realizada colhendo a folha completa, composta de pecíolo e limbo, localizada no terço médio das plantas de *Physalis* em pleno florescimento (SILVA *et al.*, 2018) coletando 10 folhas por parcela útil em cada local de cultivo. Após a coleta, as amostras de folhas foram analisadas quimicamente para determinação dos teores de nutrientes (N, P e K) conforme metodologia descrita por Silva (2009).

O início da coleta dos frutos nas três locais foi aos 100 dias após o transplântio das mudas de *Physalis* para o campo. As coletas foram realizadas semanalmente durante um período de 110 dias, após este período, as plantas pararam de produzir. Os frutos foram colhidos juntamente com o cálice que os recobrem, sendo esta, a forma de comercialização *in natura*.

Os dados de produção de frutos da parcela útil foram convertidos em produtividade de frutos *in natura* em kg por hectare.

A amostragem de solo foi realizada no fim do ciclo, retirando-se uma amostra de solo na projeção da copa das plantas de *fisalis*, com oito sub-amostras na parcela útil, na profundidade de 0 a 0,20 m. Os atributos químicos avaliados foram P e K extraídos pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina trocadora de íons (SILVA, 2009).

### **3.5 Análises dos dados**

Os dados de produtividade dos frutos obtidos durante todo o período de coleta, teores de P e K no solo e de N, P e K nas folhas foram submetidos à análise de variância conjunta e estudos de regressão cujas equações foram ajustadas em função das doses de N, P e K. A partir das equações obtidas para produtividade de frutos, estimaram-se as doses recomendadas de N, P e K necessárias para obtenção de 90 % da produtividade máxima, sendo considerada como de produtividade de máxima eficiência econômica.

Os níveis críticos de P e K no solo e de N, P e K nas folhas foram estimados substituindo-se as doses de N, P e K associadas à produtividade máxima eficiência econômica nas equações que relacionam as doses de N, P e K com essas variáveis. Para os procedimentos estatísticos, foi utilizado o programa SAS for Windows, pelo procedimento PROC GLM e REG, os gráficos foram confeccionados pelo software Sigma Plot.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Adubação NPK e produtividade de frutos**

A produtividade de frutos foi influenciada pela adubação com doses crescentes de NPK aplicadas aos solos ( $p < 0,01$ ), com resposta segundo modelo quadrático (Figura 1) com efeito isolado de N e K e com interação entre doses de P e tipo de solo de cultivo (Figura 1) (Anexo C). A produtividade de frutos aumentou com aplicação das doses de N e K, independente do tipo de solo (Figuras 1a, c). O que pode estar relacionada à disponibilidade de N e K nos solos cultivados e a exigência nutricional de *fisalis*. Observou-se maior produtividade de *fisalis* quando as doses de P foram aplicadas no RQo, seguido do LVd e LVAd devido a diferença de disponibilidade de P entre os solos.

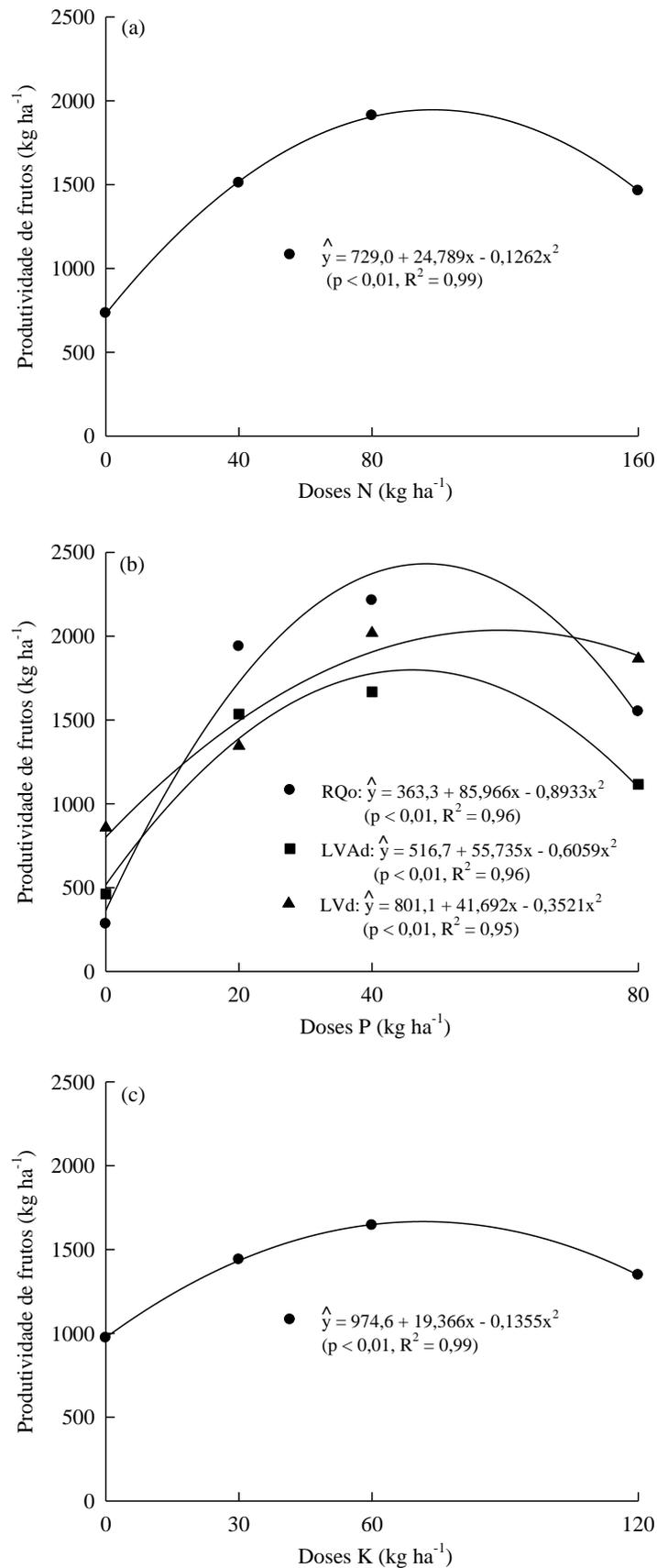


Figura 1 - Produtividade de frutos de fisalis em função das doses de N (a), P (b) e K (c) aplicadas em três tipos de solos. RQo: Neossolo Quartzarênico Órtico. LVAd: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. LVD: Latossolo Vermelho distrófico.

Baseado nas equações ajustadas entre a produtividade de frutos e as doses de N, P e K aplicadas (Figura 1). Recomenda-se, para os três solos, a dose de 59 kg ha<sup>-1</sup> de N para obter a produtividade de 1.752 kg ha<sup>-1</sup> e 36 kg ha<sup>-1</sup> de K para obter 1.500 kg ha<sup>-1</sup> de frutos (Figura 1 a, c). Para as doses de P, recomenda-se aplicar 32 kg ha<sup>-1</sup> no RQo, 29 kg ha<sup>-1</sup> no LVAd e 35 kg ha<sup>-1</sup> no LVd para obter uma produtividade média de frutos igual a 1.879 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1b). Estas oscilações de produtividade também podem ter a causa relacionada com interferências das características climáticas e geográficas de cada localidade. De forma geral, a recomendação de nutrientes para a produtividade média de 1.710 kg ha<sup>-1</sup> de frutos foi de 59 kg ha<sup>-1</sup> de N, 32 kg ha<sup>-1</sup> de P e 36 kg ha<sup>-1</sup> de K (Tabela 2).

Tabela 2 - Produtividade máxima e produtividade correspondente a 90 % da máxima de frutos de físalis e as doses de N, P e K para promover essas produtividades em três tipos de solos.

Solo	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	
	90 %	Máxima	90 %	Máxima
..... Doses de N.....				
RQo/LVAd/LVd	1.752	1.946	59	98
..... Doses de P.....				
RQo	2.188	2.432	32	48
LVAd	1.619	1.798	29	46
LVd	1.832	2.035	35	59
..... Doses de K.....				
RQo/LVAd/LVd	1.500	1.667	36	71

RQo: Neossolo Quartzarênico Órtico. LVAd: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. LVd: Latossolo Vermelho distrófico.

#### 4.2 Efeito da adubação NPK nos solos e nas folhas

A tabela 3 mostra a influencia das doses de NPK nos valores de P e K dos três solos e nas concentrações de N, P e K nas folhas de físalis (p<0,01). A adubação nitrogenada proporcionou aumento na concentração foliar de N (Tabela 3).

A adubação fosfatada influenciou somente as concentrações de P nos solos, com diferença entre os tipos de solos e extratores de P utilizado para avaliação da disponibilidade de P (p<0,01). A maior concentração de P foi encontrado no RQo, seguido do LVd e LVAd (Tabela 3) devido a diferença de adsorção de P entre os solos cultivados. De forma geral, entre os solos, o extrator Mehlich-3, permitiu determinar maior disponibilidade de P nos solos, seguido da Resina e Mehlich-1 devido à diferença do processo de extração para avaliação da disponibilidade de P. Quanto à concentração foliar, o aumento das doses de P resultou em maior concentração foliar de P (p<0,01), com diferença entre os solos (Tabela 3).

Sendo que nas folhas de físalis cultivadas no RQo houve maior concentração de P seguido do LVAd e LVd (Tabela 3).

A concentração de K no solo foi influenciada, e aumentou, pelas aplicações de doses de K ( $p < 0,01$ ), apresentando diferença entre os extratores na avaliação da disponibilidade K ( $p < 0,01$ ). A maior extração de K nos solos foi com o extrator Mehlich-3, seguido pelo Mehlich-1 e Resina. Houve aumento na concentração foliar de K ( $p < 0,01$ ) independente do tipo de solo cultivado (Tabela 3).

Em geral, os valores de P e K no solo para atingir a máxima eficiência econômica com as doses recomendadas de P e K, para os três solos foram de P extraído por Mehlich-1 de  $14,5 \text{ mg kg}^{-1}$ , P extraído por Mehlich-3 de  $78,6 \text{ mg kg}^{-1}$  e P extraído por resina trocadora de ânions de  $55,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ; K extraído por Mehlich-1 de  $1,9 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , K extraído por Mehlich-3 de  $1,6 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e K extraído por resina trocadora de cátions de  $1,1 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$  (Tabela 3). Para os níveis críticos de N, P e K nas folhas para atingir a máxima eficiência econômica as doses recomendadas de N, P e K, foram de  $41,2 \text{ g kg}^{-1}$  para N,  $3,7 \text{ g kg}^{-1}$  para P e  $30,6 \text{ g kg}^{-1}$  para K (Tabela 3).

Tabela 3 - Equações de regressão ajustadas para P e K no solo extraído pelo Mehlich-1, Mehlich-3 e Resina e teores foliares de N, P e K ( $\hat{y}$ ) como variável dependente em função das doses de N, P e K ( $x$ ,  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e o valor para atingir 90 % da produtividade máxima de frutos de físalis cultivada em três tipos de solo.

Variável	Extrator	Solo <sup>1/</sup>	Equação de regressão	R <sup>2</sup>	Teste F	Valor
..... Doses de N .....						
N foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ )		RQo/LVAd/LVd	$\hat{y} = 36,5 + 0,0791x$	0,89	15,5**	41,2
..... Doses de P .....						
P solo ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	Mehlich-1	RQo	$\hat{y} = 8,9 + 0,4588x$	0,94	29,1**	23,6
		LVAd	$\hat{y} = 2,7 + 0,2924x$	0,98	90,8**	11,2
		LVd	$\hat{y} = 6,6 + 0,0538x$	0,91	20,5**	8,5
	Mehlich-3	RQo	$\hat{y} = 145,0 + 0,4971x$	0,90	19,8**	160,9
		LVAd	$\hat{y} = 41,4 + 0,1908x$	0,85	18,7**	47,0
		LVd	$\hat{y} = 10,4 + 0,5114x$	0,95	41,7**	28,3
	Resina	RQo	$\hat{y} = 94,0 + 0,1846x$	0,92	23,2**	100,0
		LVAd	$\hat{y} = 36,9 + 0,1553x$	0,92	24,0**	41,4
		LVd	$\hat{y} = 7,8 + 0,4745x$	0,93	25,1**	24,4
P foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ )		RQo	$\hat{y} = 3,9 + 0,0639x$	0,94	29,7**	6,0
		LVAd	$\hat{y} = 2,6 + 0,0121x$	0,94	31,3**	3,0
		LVd	$\hat{y} = 2,1 + 0,0047x$	0,92	25,1**	2,1
..... Doses de K .....						
K solo ( $\text{mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ )	Mehlich-1	RQo/LVAd/LVd	$\hat{y} = 1,1 + 0,0214x$	0,99	104,8**	1,9
	Mehlich-3	RQo/LVAd/LVd	$\hat{y} = 0,9 + 0,0201x$	0,99	174,4**	1,6
	Resina	RQo/LVAd/LVd	$\hat{y} = 0,7 + 0,0114x$	0,91	239,6**	1,1
K foliar ( $\text{g kg}^{-1}$ )		RQo/LVAd/LVd	$\hat{y} = 28,6 + 0,0564x$	0,88	35,5**	30,6

\*\* Significativo a 1 %. <sup>1/</sup> RQo: Neossolo Quartzarênico Órtico. LVAd: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. LVd: Latossolo Vermelho distrófico.

## 5 DISCUSSÃO

São poucos os estudos que determinam doses de NPK específicas para a cultura de físalis. Apesar de a físalis ser uma planta conhecida por sobreviver em condições de baixa fertilização (LUCHESE; GURAK; MARCZAK, 2015), quando submetidas a diferentes doses de NPK mostram um ganho real em produtividade de frutos (Figura 1), confirmando os resultados encontrados por Thomé; Osaki (2010); Parra *et al.* (2014); Santos *et al.* (2019). Alterar a fertilidade do solo, fornecendo uma nutrição equilibrada, principalmente de N, P e K, de acordo com os requisitos da cultura é uma das maneiras mais fáceis de aumentar a produtividade das plantas de físalis (ALI; SINGH, 2017). Observa-se ainda que os estudos sobre o nível crítico de N, P e K completam a diagnose do estado nutricional da físalis e auxiliam os produtores na tomada de decisão em relação ao manejo da adubação, de forma que, ter este conhecimento é de fundamental importância para a compreensão da dinâmica destes nos solos e nas plantas e, conseqüentemente, para o aumento da produtividade das culturas (MARSCHNER, 2012; SILVA; TREVIZAM, 2015).

Os resultados do presente estudo mostraram que as plantas de físalis responderam positivamente ao aumento das doses de N nas condições dos três solos (Figura 1). Este resultado está de acordo com estudos, onde doses crescentes de N em diferentes solos aumentaram a produtividade de físalis (EL-TOHAMY *et al.* 2009; ALBAYRAK; SONMEZ; BIYIKLI, 2014). Independente do tipo de solo a dose de 59 kg ha<sup>-1</sup> de N foi suficiente para atingir a produtividade econômica de físalis, que foi de 1.710 kg ha<sup>-1</sup>. Ou seja, não sendo necessárias doses muito elevadas para se atingir o rendimento econômico, indicando que a físalis não é tão exigente em N (SILVA *et al.*, 2017; LAGE, 2018). Outros estudos relatam que as plantas de físalis apresentaram maior produção e qualidade de frutos com a aplicação de 100 kg de N ha<sup>-1</sup> (ALI; SINGH, 2016) e 135 kg ha<sup>-1</sup> de N (PARRA *et al.*, 2014). Existem ainda recomendações de fertilizantes nitrogenados para físalis que diferem consideravelmente, em doses variando de 50 a 310 kg ha<sup>-1</sup> N (TORRES *et al.*, 2014).

Na dose estimada, independente do tipo de solo, as plantas conseguiram equilíbrio entre crescimento vegetativo e produtividade. Entretanto, para dose de N acima de 59 kg N ha<sup>-1</sup> são esperados efeitos adversos na produtividade das plantas (Figura 1a). Resultados contraditórios foram observados em estudos que verificaram maior rendimento de físalis sob alta dose de N aplicada (CASTRO-BRINDIS *et al.*, 2004; EL-TOHAMY *et al.*, 2009). Indicando que o aumento da dose de N, principalmente em condições de solo arenoso é essencial para a obtenção de alto crescimento e rendimento das plantas de físalis. Em outros

estudos realizados em diferentes países e tipos de solo, foi observado que a dose ideal de N para *fisalis* varia 90 a 200 kg ha<sup>-1</sup> (GIRAPU; KUMAR 2006; EL-TOHAMY *et al.*, 2009; ALBAYRAK; SONMEZ; BIYIKLI, 2014). As diferentes condições experimentais de tipo de solo e nível de fertilidade podem influenciar a resposta de *fisalis* a adubação nitrogenada.

Apesar da falta de interação do tipo de solo e dose de N (Figura 1a), deve-se levar em conta que o N é um elemento essencial, que quando ausente afeta o crescimento e a produtividade das plantas (BERTONCELLI *et al.*, 2017), especialmente em solos com baixa fertilidade, como os solos arenosos. Contudo, a alta dose de N pode fazer com que as plantas de *fisalis* apresentem maior crescimento vegetativo sobre a produtividade, e, nesse caso, são esperados baixo rendimento e qualidade dos frutos de *fisalis* (EL-TOHAMY *et al.*, 2009).

Maiores doses de N proporcionaram aumento na concentração foliar de N (Tabela 3). O nível crítico foliar de 41,2 g kg<sup>-1</sup> de N observado nas folhas de *fisalis* (Tabela 3) confirma que a dose aplicada foi suficiente para deixar as plantas bem nutridas, pois este nível está compreendido dentro do intervalo considerado como ideal para os tecidos vegetais que é de 10,0 a 56,0 g kg<sup>-1</sup> para N (RAVIV; LIETH, 2008). Porém, é um valor que está acima do proposto por Silva *et al.* (2018), que é de 34,1 g kg<sup>-1</sup> para N.

A produtividade das plantas de *fisalis* também respondeu positivamente a adubação fosfatada, porém houve resultados diferentes para cada tipo de solo (Figura 1 b). No entanto, para atingir a produtividade média econômica de 1.710 kg ha<sup>-1</sup> de frutos, recomenda-se aplicar um valor médio de 32 kg ha<sup>-1</sup> de P, independente da textura solo. Uma maior produtividade de *fisalis* foi observada por Ali; Singh (2016) com a aplicação de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P. Para Fischer; Almanza-Merchán; Miranda (2014); Gaitan; González; Villamizar (2018) o recomendado foi a aplicação de 150g por planta de adubo formulado com 30% de P, o que resultou em uma dose de 147 kg ha<sup>-1</sup> de P. A recomendação média de 32 kg ha<sup>-1</sup> de P foi suficiente para aumentar os teores de P no solo e na planta (Tabela 3). Esse nutriente é um fator limitante na produtividade das culturas, ajuda na melhor utilização da água e de outros nutrientes (ALI; SINGH, 2017) e desempenha papel importante na transferência de energia das células (HOYOS; FONSECA, 2019). Seu baixo suprimento reduz a floração, produtividade e qualidade de frutos de *fisalis* (THOME; OSAKI, 2010; PARRA *et al.*, 2014).

As equações de regressão mostram rápido ganho em produtividade de *fisalis*, frente a doses baixas de P aplicadas no RQo em relação aos solos LVAd e LVd (Figura 1b). Por se tratar de um solo de textura arenosa (Tabela 1), devido a menor adsorção de P, o mesmo proporcionou maior disponibilidade de P no solo, quando comparado a solos mais argilosos (COSTA *et al.*, 2009; MACHADO *et al.*, 2011). Consequentemente houve maior absorção e

incremento do teor foliar de P nas plantas cultivadas no RQo, seguido pelo LVAd e LVd (Tabela 3). A difusão é o mecanismo mais expressivo do transporte do P no solo, sendo dependente de vários fatores, dentre eles, a interação P-coloide. Em geral, são registrados valores muito baixos de transporte de P, em razão de sua forte interação com os coloides do solo, especialmente em solos tropicais muito intemperizados (COSTA *et al.*, 2006; COSTA *et al.*, 2009). O P é essencial nos estágios iniciais do desenvolvimento das plantas, concentrando nas partes vegetativas, e no momento da frutificação, o mesmo é translocado para os frutos (PARRA *et al.*, 2014). Esta afirmação explica maior absorção de P mesmo em baixas doses, e a maior produtividade das plantas de *fisalis* cultivadas no RQo.

Por outro lado, após o RQo atingir o ponto máximo de produtividade, houve uma queda mais acentuada, que pode ter como causa a textura mais arenosa do solo atuando na elevada e rápida disponibilidade do P. Quantidades excessivas de determinado nutriente podem causar um desbalanço nutricional nas plantas, induzindo o aumento do crescimento vegetativo e conseqüente comprometimento da produtividade (TAIZ *et al.*, 2017). Quando cultivada no LVAd e LVd a produtividade de frutos de *fisalis* aumentou de forma menos proeminente ao RQo (Figura 1b) devido a maior adsorção de P nas argilas relacionada a diferença textural (Tabela 1), com isso, foi necessário doses mais altas de P para que as plantas atingissem o máximo de produtividade. Entretanto, o declínio da produtividade com aumento das doses de P foi menos acentuado em relação ao RQo (Figura 1b).

Ainda que todos os solos tenham demonstrado uma relação positiva ao aumento da disponibilidade de P, baseado nos extratores utilizados para determinação de P no solo, o incremento foi maior no RQo seguido do LVAd e LVd (Tabela 3). Este resultado confirma que diferenças no teor de argila (Tabela 1) influenciaram diretamente na disponibilidade de P no solo, conseqüentemente na extração (MACHADO *et al.*, 2011). Solos mais intemperizados, como o LVAd e LVd possuem maiores níveis de energia de interação entre os coloides do solo e o P, comprometendo a disponibilidade de P (COSTA *et al.*, 2006; COSTA *et al.*, 2009).

Quanto aos extratores, o Mehlich-3 extraiu 42 % a mais de P que o Resina, corroborando com a média, apresentada por Bortolon; Gianello (2012), que foi de aproximadamente 50 %. Geralmente os métodos de extração de P pelo Mehlich-3 e Resina extraem, em média, 11 a 12 % mais P que o Mehlich-1 (MUMBACH *et al.*, 2018), porém neste trabalho os valores Mehlich-3 e Resina encontrados foram de 3 a 4 vezes superiores ao Mehlich-1 (Tabela 2). As maiores quantidades de P extraídas pelo Mehlich-3 podem ser devidas às suas características químicas, que contribui para extrair principalmente o P ligado

ao Fe e Al (BORTOLON; GIANELLO 2012). Em solos argilosos com alta capacidade de tamponamento, é comum ocorrer redução da capacidade de extração por Mehlich-1, subestimando o teor de P no solo (STEINER *et al.*, 2012). Isso acontece porque da mesma forma que o P é adsorvido pelo solo, o  $\text{SO}_4^{2-}$  do Mehlich-1 também é rapidamente adsorvido em sítios ainda não ocupados pelo P, perdendo seu poder de extração (NOVAIS *et al.*, 2007). O indicado nestes casos é fazer uma adequação dos valores extraídos às características químicas e físicas dos solos quando for determinar os níveis críticos de P no solo com o extrator Mehlich-1 (SIMÕES NETO *et al.*, 2011; SIMONETE *et al.*, 2015), ou utilizar-se de extratores com maior poder de extração do P disponível no solo, como Mehlich-3 e Resina (MEHLICH, 1984; KULHÁNEK *et al.*, 2018).

Considerando a extração por Mehlich-1, que é o método mais comumente utilizado nos laboratórios de Minas Gerais, os níveis críticos médios obtidos de P pelo Mehlich-1 foram de 23,6 mg kg<sup>-1</sup> para o RQo, 11,2 mg kg<sup>-1</sup> para o LVAd e 8,5 mg kg<sup>-1</sup> para o LVd. Para os três solos avaliados os valores ficaram abaixo do proposto por Alvarez V. *et al.* (1999) que foi de 30 mg kg<sup>-1</sup> para um solo de textura arenosa (RQo), 20 mg kg<sup>-1</sup> para um solo de textura média (LVAd) e 12 mg kg<sup>-1</sup> para um solo de textura argilosa (LVd). No entanto, esses baixos valores não foram suficientes para influenciar negativamente a absorção e concentração de P nas folhas e conseqüentemente na produtividade da cultura, uma vez que o nível crítico foliar de P igual a 3,6 g kg<sup>-1</sup> encontra-se acima do proposto por Silva *et al.* (2018), que é de 2,9 g kg<sup>-1</sup> para P, além de estar compreendido no intervalo considerado como ideal para os tecidos vegetais que é 1,2 a 5,0 g kg<sup>-1</sup> (RAVIV; LIETH, 2008).

Para a adubação com K, independente do tipo de solo a dose de 36 kg ha<sup>-1</sup> de K foi suficiente para atingir a produtividade econômica (1.710 kg ha<sup>-1</sup> de frutos). Ali; Singh (2016) recomendam uma dose de mais que o dobro de K (80 kg ha<sup>-1</sup>), entretanto, Fischer; Almanza-Merchán; Miranda, (2014); Gaitan; González; Villamizar (2018) afirmam que 48 kg ha<sup>-1</sup> de K é o suficiente para atender a demanda nutricional de físalis, reafirmando o baixo requerimento de K pela cultura (SILVA *et al.*, 2017; LAGE, 2018). O aumento da absorção de K é importante para uma maior ativação enzimática (ÇIKILI; SAMET, 2016) e melhor eficiência fotossintética devida o aumento do número de cloroplastos por célula, por folha e conseqüentemente maior área foliar, refletindo em maior produtividade da cultura (ALI; SINGH 2017).

O decréscimo menos acentuado da curva a partir da produtividade máxima de físalis (Figura 1c) é uma característica apresentada pela maioria das plantas, ou seja, absorver o K além do seu nível crítico sem prejudicar o crescimento e desenvolvimento, é o chamado

consumo de luxo (KANG *et al.*, 2014; SHI *et al.*, 2019). Geralmente essa absorção de luxo de K ocorre frente a uma alta disponibilidade de K no solo, sendo uma das razões pela qual ocorre uma variação na quantidade de nutrientes necessária para atingir determinada produtividade (AULAR; NATALE, 2013; SHI *et al.*, 2019). Geralmente, plantas de *Physalis* requerem baixas quantidades de K no início do crescimento, e depois aumentam o requerimento à medida que a planta se desenvolve (PARRA *et al.*, 2014).

A adubação potássica proporcionou aumento nos teores de K no solo (Tabela 3). Porém, apesar de apresentarem características químicas diferentes, não houve diferença na disponibilidade K entre os solos estudados. Em virtude de sua configuração eletrônica, o K, não é adsorvido aos colóides do solo por meio de complexos de superfície (adsorção química) (ERNANI *et al.*, 2007) dessa forma, o teor encontrado nos solos não diferiu. No entanto, as avaliações de disponibilidade de K nos solos mostraram diferenças entre os extratores utilizados. A maior extração de K foi obtida pelo extrator Mehlich-3, que foi 40 % maior que a extração feita por Resina e 20 % maior que a extração feita pelo Mehlich-1. Na média, a solução Mehlich-3 extrai cerca de 20 % a mais de quantidades de K que os outros extratores (BORTOLON; GIANELLO, 2012). As maiores quantidades de K extraídas pelo Mehlich-3 deve-se à formação do acetato de amônio neste extrator, possibilitando maior quantificação de K nos solos em relação ao Mehlich-1 e Resina (HANLON; JOHNSON 1996 *apud* BORTOLON; GIANELLO, 2012). Em termos de extração por Mehlich-1, o valor médio encontrado neste trabalho foi de  $1,9 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , se enquadrando na faixa de disponibilidade considerada como sendo boa por Alvarez V. *et al.* (1999) que é de  $1,82 - 3,07 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .

A aplicação de doses elevadas de K no solo induziu em elevação do teor foliar de K (Tabela 3). O nível crítico estimado para atingir a produtividade econômica de frutos foi de  $30,6 \text{ g kg}^{-1}$  para K estando dentro do intervalo considerado como ideal para os tecidos vegetais que é de  $14 \text{ a } 64 \text{ g kg}^{-1}$  para K (RAVIV; LIETH, 2008) e acima do proposto por Silva *et al.* (2018), que é de  $17,1 \text{ g kg}^{-1}$  de K.

Desde que domesticadas, plantas como *Physalis peruviana*, perdem sua rusticidade por ser constantemente selecionadas, e são muito mais dependente de alterações humanas e intervenções em seu ambiente (VEASEY *et al.*, 2011). Em geral, as doses de NPK recomendadas para *Physalis* no presente estudo (Figura 1) oscilam entre as recomendadas na literatura para *Physalis* e as indicadas para o cultivo do tomate ( $15 \text{ a } 44 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $37 \text{ a } 140 \text{ kg ha}^{-1}$  de P e  $15 \text{ a } 27 \text{ kg ha}^{-1}$  de K (FILGUEIRA, 2013), cultura muito utilizada como base para recomendar a adubação para *Physalis* (MOURA *et al.*, 2016). Contudo, sabe-se que essa

variação nas doses recomendadas é dependente da fertilidade do solo, ciclos de cultivo, condições climáticas e manejo da cultura (TORRES *et al.*, 2014; MOLIN; TAVARES, 2019).

Além disso, a produtividade econômica de físalis foi alcançada com doses próximas de 40 % a menos de NPK, quando comparadas com as doses necessárias para atingir a máxima produtividade (Tabela 2). E geralmente as doses recomendadas na literatura são para a produtividade máxima, o que também explica a discrepância entre os valores recomendados. Isso mostra quão importante é considerar o manejo da adubação, que é um dos investimentos mais determinantes nos custos de produção dos cultivos. É fundamental considerar também, que a adubação é um procedimento realizado com o propósito de complementar o que o solo tem para disponibilizar para as plantas, dadas suas características de material de origem e histórico de uso (CERETTA *et al.*, 2007). Sendo assim, o tipo de solo e o nível de fertilidade se tornam fatores determinantes para o cultivo de físalis (EL-TOHAMY *et al.*, 2009).

Baseado nos resultados do presente estudo é notável a importância do N, P e K, na eficiência produtiva da cultura de físalis. Sabe-se que o desenvolvimento de físalis é comprometido pela deficiência de macronutrientes, e que a ordem de restrição observada foi: S>N>P>Ca>K>Mg (SILVA *et al.*, 2017; LAGE, 2018). Ao avaliar estes três nutrientes (N, P e K), diversos estudos relatam que uma deficiência de N pode reduzir em até 89 % no peso fresco dos frutos físalis e a deficiência de K em até 53 % (MARTÍNEZ *et al.*, 2008). Embora as plantas de físalis apresentem pequenas quantidades de P, este nutriente é essencial na fase de crescimento e no início amadurecimento de frutos onde 94 % do P estão concentrados nos frutos e apenas 6 % nas folhas e caules (MARTÍNEZ *et al.*, 2008; FISCHER; ALMANZAMERCHÁN; MIRANDA, 2014; PARRA *et al.*, 2014).

Em resumo, experimentos de resposta das culturas frente á doses de nutrientes são fundamentais para dar sustentação a recomendações de adubação, resultando assim, na definição das doses a serem recomendadas (CANTARUTTI *et al.*, 2007; CASARIN; STIPP, 2013). A falta ou a quantidade em excesso de determinado nutriente podem induzir deficiências ou acúmulos anormais de outros nutrientes (TAIZ *et al.*, 2017), sendo, portanto, importante um equilibrado e adequado suprimento de fertilizantes N, P e K (ROTHWELL; ELPHINSTONE; DODD, 2015; AMEEN *et al.*, 2018).

## 6 CONCLUSÃO

Para atingir uma produtividade econômica de 1.710 kg ha<sup>-1</sup> de frutos de físalis as doses recomendadas são: 59 kg de N, 32 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 36 kg de K<sub>2</sub>O por ha.

Os níveis críticos de P e K no solo foram 14,5 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich-1), 78,6 mg kg<sup>-1</sup> (Mehlich-3), 55,2 mg kg<sup>-1</sup> (Resina) para P e, 1,9 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Mehlich-1), 1,6 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Mehlich-3), 1,1 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Resina) para K para atingir a produtividade econômica de frutos.

Os níveis críticos nas folhas de *fisalis* foram 41,2 g kg<sup>-1</sup> de N, 3,7 g kg<sup>-1</sup> de P e 30,6 g kg<sup>-1</sup> de K para atingir a produtividade econômica de frutos.

### **AGRADECIMENTOS**

A todos, que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho. Às instituições: UFVJM, PPGPV, IFMG-SJE, EPAMIG, CAPES, CNPq e FAPEMIG, que proporcionaram suporte técnico, financeiro e estrutural.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- ALBAYRAK, B.; SONMEZ, A.; BIYIKLI, M. The Determination of Nitrogen Demand of *Physalis* (*Physalis peruviana* L.) in Yalova/Turkey. **Journal of Agricultural and Natural Sciences**. Turkey, v. 2, 2014.
- ALI, A.; SINGH, B. P. Effect of plant spacing and fertility level on leaf area variation at different phenological stages of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) grown in sodic soil. **Journal of Applied and Natural Science**. Haridwar, v. 9, n. 1, p. 274-279, 2017.
- ALI, A.; SINGH, B. P. Studies on production potential of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in sodic soil under varying agronomic manipulations. **Journal of Applied and Natural Science**. Haridwar, v. 8, n. 1, p. 368-374, 2016.
- ALMANZA-MERCHÁN, P. J.; FISCHER, G. Fisiología del cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Lages, **Anais... II Reuniao Técnica da Cultura da Physalis**. p. 32-52. 2012.
- ALVARENGA, A. M.; BARAN, C.; AVELAR, M.; WACHSNER, S. *Physalis*: Alto valor agregado e nutracêutico. **Revista a lavoura**. Rio de Janeiro. Sociedade Nacional de Agricultura – SNA. n. 716, p. 27-31, 2016.
- ALVAREZ V, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, p. 25-32.
- AMEEN, A., TANG, C., HAN, L., XIE, G. H. Short-term response of switchgrass to nitrogen, phosphorus, and potassium on semiarid sandy wasteland managed for biofuel feedstock. **BioEnergy Research**. Berlin, v.11, p. 228–238, 2018.
- ARAUJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p. 253 - 280.
- AULAR, J.; NATALE, W. Nutrição mineral e qualidade do fruto de algumas frutíferas tropicais: goiabeira, mangueira, bananeira e mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1214-1231, 2013.
- BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Multielement Extraction from Southern Brazilian Soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. Philadelphia, v.43, p.1615–1624, 2012.
- BORTOLON, L.; GIANELLO, C.; SCHLINDWEIN, J. A. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do sul do brasil estimada por métodos multielementares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 34, p.1753-1761, 2010.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2007, p. 769-850.

CASARIN, V.; STIPP, S. R. Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **International Plant Nutrition Institute**. Informações Agronômicas, n.º 142, 2013.

CASTRO-BRINDIS, R.; GALVIS-SPINOLA, A.; SANCHEZ-GARCIA, P.; PENA-LOMELI, A.; SANDOVAL-VILLA, M.; ALCANTAR-GONZALEZ, G. R. Nitrogen demand in husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.). **Revista Chapingo Serie Horticultura**. Chapingo, v. 10, n. 2, p. 147-152, 2004.

CEASA Campinas. **Cotações de preços**. Disponível em: <<http://www.ceasacampinas.com.br/cotacoes-antiores>>. Acesso em: 26/11/2019.

CEASA Paraná. **Cotações diárias de preços**. Disponível em: <<http://www.ceasa.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=386>>. Acesso em: 26/11/2019.

CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; PAVINATO, A. Manejo da adubação. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2007, p. 851-872.

ÇIKILI, Y.; SAMET, H. Response of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plant at early growth stage to mutual effects of boron and potassium. **Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University**. Tokat, v. 33, n. 2, p. 184-193, 2016.

CONAGIN, A.; NAGAI, V.; IGUE, T. **Delineamento (1/2)<sup>4</sup> em blocos de oito unidades**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, Boletim Científico, n.º 36.1997. 9p.

COSTA, J. P. V.; BARROS, N. F.; ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J. R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, n.4, p. 828-835, 2006.

COSTA, J. P. V.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; MARTINS, G. O.; SANTOS, A. F. Difusão de fósforo em solos de alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 22, n. 3, p. 225-231, 2009.

EL-TOHAMY, W. A.; EL-ABAGY, H. M.; ABOU-HUSSEIN, S.D.; GRUDA, N. Response of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) to nitrogen application under sandy soil conditions. **Gesunde Pflanzen**. Heidelberg, v.61, p. 123-127, 2009.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2007, p. 551-594.

ETZBACH, L.; PFEIFFER, A.; SCHIEBER, A.; WEBER, F. Effects of thermal pasteurization and ultrasound treatment on the peroxidase activity, carotenoid composition, and physicochemical properties of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) puree. **LWT - Food Science and Technology**. Amsterdam, v.100, p. 69-74, 2019.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª ed. revisada e ampliada. Viçosa: UFV, 2013.

FISCHER, G.; ALMANZA-MERCHÁN, P. J.; MIRANDA, D. Importancia y cultivo de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 001-015, 2014.

FISCHER, G.; HERRERA, A.; ALMANZA, P.J. Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) In: Yahia, E.M. **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits**. Acai to citrus. Cambridge: Woodhead Publishing, v. 2, p. 374-396, 2011.

GAITAN, L. M. R.; GONZÁLEZ, L. C.; VILLAMIZAR, C. J. El cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Revista Científica Agroecosistemas**. Cienfuegos. v. 6, n. 1, 46-53p. 2018.

GIRAPU, R.; KUMAR, A. Influence of nitrogen and spacing on growth, yield and economics of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.). Bihar. **Annals...** National Symposium on Production, Utilization and Export of Underutilized Fruits with Commercial. 2006. p. 22-24.

HANLON, E. A.; JOHNSON, G. V. **Bray/Kurtz, Mehlich III, AB/D, and ammonium acetate extractions of P, K, and Mg in four Oklahoma soils**. Philadelphia, 1996 *apud* BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Multielement Extraction from Southern Brazilian Soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. Philadelphia, v.43, p.1615–1624, 2012.

HOYOS, G. R.; FONSECA, L. M. Physiological and antioxidant responses of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) seedlings to phosphorus deficiency. **Agronomía Colombiana**. Bogotá, v. 37, n. 1, p. 3-11, 2019.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações automáticas**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2018. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 14/12/2018.

KANG, W.; FAN, M.; MA, Z.; SHI, X.; ZHENG, H. Luxury Absorption of Potassium by Potato Plants. **American Journal of Potato Research**. New York, v. 91, p. 573–578, 2014.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. Ciudad del Mexico: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KULHÁNEK, M.; ČERNÝ, J.; BALÍK, J.; SEDLÁŘ, O.; SURAN, P. Potential of Mehlich 3 method for extracting plant available sulfur in the Czech agricultural soils. **Plant, Soil and Environment**. Praga, v. 64, n. 9, p. 455–462, 2018.

LACERDA, C. F.; FERREIRA, J. F. S.; SUAREZ, D. L.; FREITAS, E. D.; LIU, X.; RIBEIRO, A. A. Evidence of nitrogen and potassium losses in soil columns cultivated with maize under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.22, n.8, p.553-557, 2018.

LAGE, P. **Deficiências de nutrientes no estado nutricional de fisalis**. 2018. 55p. Tese de doutorado (Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2018.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas ornamentais do Brasil, arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. Nova Odessa: Plantarum, 1995.

LUCHESE, C.L.; GURAK, P.D.; MARCZAK, L.D.F. Osmotic Dehydration of *Physalis* (*Physalis peruviana* L.): Evaluation of Water Loss and Sucrose Incorporation and the Quantification of Carotenoids. **LWT-Food Science Technology**. Amsterdam, v. 63, n. 2, p. 1128–1136, 2015.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B. B.; LANA, R. M. Q; KORNDORFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Junior**. Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 70-76, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 30. 2002. 32p.

MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3ª ed. San Diego: Academic Press, 2012.

MARTÍNEZ, F. E.; SARMIENTO, J.; FISCHER, G.; JIMÉNEZ, F.; Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). **Agronomía Colombiana**. Bogotá, v. 26, n. 3, p. 389-398, 2008.

MEDINA, S.; GONZÁLEZ, J. C.; FERRERES, F.; LONDOÑO, J. L.; CARTAGENA, C. J.; GUY, A.; DURAND, T.; GALANO, J. M.; IZQUIERDO, A. G. Potential of *Physalis peruviana* calyces as a low-cost valuable resource of phytoprostanes and phenolic compounds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. West Bengal, v. 99, p. 2194–2204, 2019.

MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. Philadelphia, v.15, p.1409- 1416, 1984.

MOLIN, J. P.; TAVARES, T. R. Sensor systems for mapping soil fertility attributes: challenges, advances, and perspectives in Brazilian tropical soils. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.39, p.126-147, 2019.

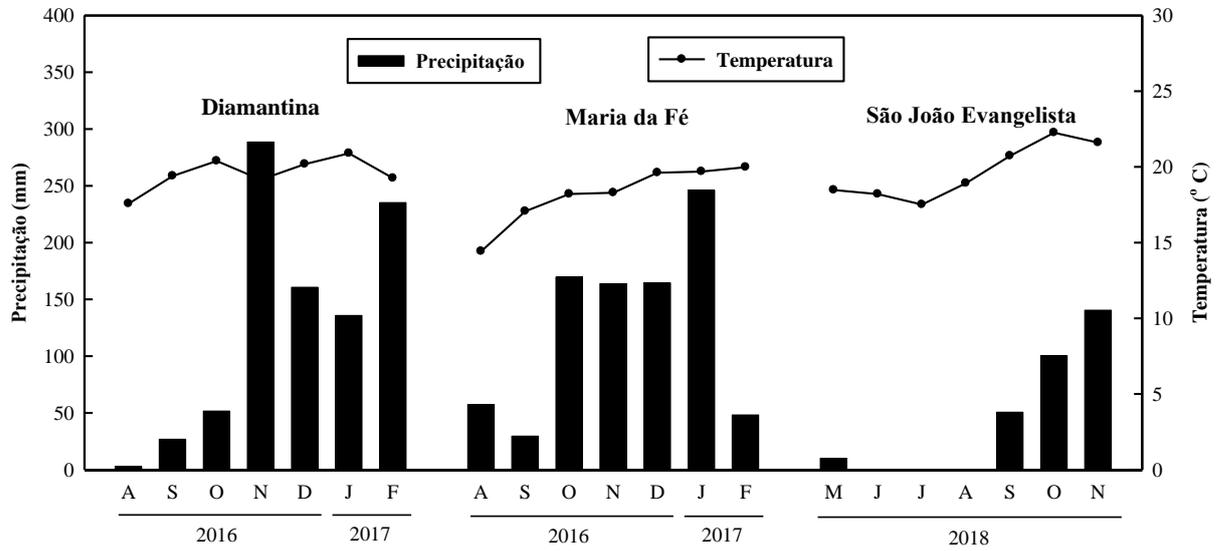
MOURA, A.; HENRIQUE, P.; GIVAGO, C.; RAFAEL, P.; GABRIEL, B. F; PAULA, N. C. Plastic covering, planting density, and pruning in the production of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in subtropical region. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 29, n. 2, p. 367-374, 2016.

- MUMBACH, G. L.; OLIVEIRA, D. A.; WARMLING, M. I.; GATIBONI, L. C. Quantificação de fósforo por Mehlich 1, Mehlich 3 e Resina Trocadora de Ânions em solos com diferentes teores de argila. **Revista Ceres**. Viçosa, v. 65, n.6, p. 546-554, 2018.
- MUNIZ, J.; KRETZSCHMAR, A. A.; PELIZZA, L. R. T. R.; RUFATO, A. R.; MACEDO, T. A. General aspects of physalis cultivation. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 44, n. 6, p. 964-970, 2014.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2007, p. 471-550.
- PARRA, S. A.; ALBORNOZ, B. C.; CASTILLO, M. A.; CHECA, C. O.; LAGOS, T. C. Response of *Physalis peruviana* to fertilization with different doses of N, P and K in the Pasto Altiplano, Colombia. **Acta Agronómica**. Palmira, v. 64, n. 4, p. 330-335, 2014.
- PEREDA, M. S. B.; NAZARENO, M. A.; VITURRO, C. I. Nutritional and Antioxidant Properties of *Physalis peruviana* L. Fruits from the Argentinean Northern Andean Region. **Plant Foods for Human Nutrition**. Gewerbestrasse, v. 74, p. 68-75, 2019.
- PUENTE, L.; MUÑOZ, C. A. P.; CASTRO, E. S.; CORTÉS, M. *Physalis peruviana* Linnaeus, themultiple properties of a highly functional fruit: a review. **Food Research International**. São Paulo, v. 44, n. 7, p. 1733-1740, 2011.
- RAVIV, M.; LIETH, J. H. **Soiless culture: Theory and practice**. Amsterdam: Elsevier Science. 2008.
- RODRIGUES, F. A.; PENONI, E. S.; SOARES, J. D. R.; SILVA, R. A. L.; PASQUAL, M. Caracterização Fenológica e Produtividade de *Physalis peruviana* Cultivada em casa de vegetação. **Bioscience Júnior**. Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1771-1777, 2013.
- ROTHWELL, S. A.; ELPHINSTONE, E. D.; DODD, I. C. Liming can decrease legume crop yield and leaf gas exchange by enhancing root to shoot ABA signalling. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v. 66, n. 8, p. 2335-2345, 2015.
- RUFATO, A. R.; RUFATO, L.; LIMA, C. S. M.; MUNIZ, J. **A cultura da physalis**. Lages: CAV/UEDESC, 2012.
- SANTOS, C. F.; DIAS, G. C.; PINTO, S. I. C.; LEITE, P. C.; SILVA, K. P. Adubação de plantio com NPK para a cultura da *Physalis peruviana* L.). **Revista Agrogeoambiental**. Pouso Alegre, v.11, n.2, p.179-192, 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2018, 590 p.
- SHI, X.; ZHANG, X.; KANG, W.; CHEN, Y.; FAN, M. Possibility of recommending potassium application rates based on a rapid detection of the potato petiole K status with a portable K ion meter. **American Journal of Potato Research**. New York, v. 96, p. 48-54, 2019.

- SILVA, E. B.; CRUZ, M. C. M.; BRAGA NETO, A. M. B.; GONÇALVES, E. D.; SILVA, L. F. O. Leaf index for foliar diagnosis and critical levels of nutrients for *Physalis peruviana*. In: ZUFFO, A. M.; AGUILERA, J. G. **Solos nos Biomas Brasileiros**. Ponta Grossa: Atena, v. 2, 2018, p. 125-129.
- SILVA, E. B.; SANTOS, A. A.; MATTOS, A. M.; BRAGA NETO, A. M.; CRUZ, M. C. M.; MOREIRA, R. A.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; GONÇALVES, E. D.; OLIVEIRA, L. F. Visual symptoms of nutrient deficiencies in *Physalis peruviana* L. **Bioscience Junior**. Uberlândia, v. 33, n. 1, p. 105-112, 2017.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009.
- SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **International Plant Nutrition Institute**. Informações Agrônomicas, nº. 149, 2015.
- SILVA, F. C.; RAIJ, B. V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 34, n. 2, p. 267-288, 1999.
- SIMONETE, M. A.; ERNANI, P. R.; MORO, L.; GANDRA, C. F. A. T.; GATIBONI, L. C. Eficiência de métodos analíticos na predição da disponibilidade de fósforo para arroz irrigado em solos catarinenses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 39, p.1151-1160, 2015.
- SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; ROCHA, A. T.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.6, p. 802-810, 2011.
- STEINER, F.; LANA, M. C.; ZOZ, T.; FRANDOLOSO, J. F.; FEY, R. Extraction methods and availability of phosphorus for soybean in soils from Paraná State, Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 33, n. 3, p. 1005-1014, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E; MOLLER, I. M; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. (Eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2017.
- THOMÉ, M.; OSAKI, F. Adubação de nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento de *Physalis spp*. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 8, n. 1, p. 11-18, 2010.
- TORRES, J.; PASCUAL-SEVA, N.; BAUTISTA, A. S.; PASCUAL, B.; LÓPEZ-GALARZA, S.; ALAGARDA, J.; MAROTO, J. V.; Growth and Nutrient Absorption of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in Soilless Culture. **Journal of Plant Nutrition**. London, v.38, n.4, p. 485-496, 2014.
- VARGAS-PONCE, O.; MARTÍNEZ, J. S.; TAVARES, M. P. Z.; VALDIVIA MARES, L. E. Traditional management of a small-scale crop of *Physalis angulata* in Western Mexico. **Genetic Resources and Crop Evolution**. Berlim, v. 63, n. 8, p. 1383-1395, 2016.

VEASEY, E.A.; PIOTTO, F.A.; NASCIMENTO, W.F.; RODRIGUES, J.F.; MEZETTE, T.F.; BORGES, A.; BIGUZZI, F.A.; SANTOS, F.R.C.; SOBIERAJSKI, G.R.; RECCHIA, G.H.; MISTRO, J.C.; Processos evolutivos e a origem das plantas cultivadas. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1218-1228, 2011.

**ANEXO A - Distribuição mensal da precipitação pluviométrica e temperatura média do período experimental em três locais de cultivo da físalis.**



Fonte: INMET (2018).

**ANEXO B - Distribuição dos tratamentos pelo delineamento em blocos casualizados dispostos em esquema fatorial fracionado (4x4x4)<sup>1/2</sup> e as respectivas doses de nutrientes aplicadas.**

Número da parcela	Tratamento NPK	Doses de nutrientes		
		N	P	K
		-----kg ha <sup>-1</sup> -----		
<b>Bloco I</b>				
1 .....	111	0	0	0
2 .....	122	0	20	30
3 .....	133	0	40	60
4 .....	144	0	80	120
5 .....	212	40	0	30
6 .....	221	40	20	0
7 .....	234	40	40	120
8 .....	243	40	80	60
<b>Bloco II</b>				
9 .....	313	80	0	60
10 ....	324	80	20	120
11 ....	331	80	40	0
12 ....	342	80	80	30
13 ....	414	160	0	120
14 ....	423	160	20	60
15 ....	432	160	40	30
16 ....	441	160	80	0
<b>Bloco III</b>				
17 ....	114	0	0	120
18 ....	123	0	20	60
19 ....	132	0	40	30
20 ....	141	0	80	0
21 ....	213	40	0	60
22 ....	224	40	20	120
23 ....	231	40	40	0
24 ....	242	40	80	30
<b>Bloco IV</b>				
25 ....	312	80	0	30
26 ....	321	80	20	0
27 ....	334	80	40	120
28 ....	341	80	80	0
29 ....	411	160	0	0
30 ....	422	160	20	30
31 ....	433	160	40	60
32 ....	444	160	80	120

N – nitrogênio (uréia 44% de N), P – Fósforo (superfosfato triplo 41% de P), K – Potássio (Cloreto de potássio 58% K).

**ANEXO C - Resumo da análise de variância conjunta e respectivos níveis de significância referentes à produtividade de frutos de fisalis em função das doses de N, P e K aplicadas em três tipos de solos.**

Causa de variação	GL	Quadrado Médio
Bloco (Solo)	11	1.736.572,68**
N	2	5.906.004,56**
P	3	8.098.613,08**
K	3	1.540.098,51**
Solo x N	4	530.437,65
Solo x P	6	1.152.452,47**
Solo x K	6	285.513,00
Resíduo	60	278.105,85
CV%		37,56
Média		1.404,04

\*\* Significativo a 1% pelo teste de F.