



EMANUELLY SILVA ASSIS

**INTERAÇÃO NITROGÊNIO E ENXOFRE NO
CRESCIMENTO DO MORANGUEIRO E NA QUALIDADE
DOS FRUTOS**

LAVRAS-MG

2017

EMANUELLY SILVA ASSIS

**INTERAÇÃO NITROGÊNIO E ENXOFRE NO CRESCIMENTO DO
MORANGUEIRO E NA QUALIDADE DOS FRUTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Profa. Dra. Maria Ligia de Souza Silva

Coorientador

Prof. Dr. Valdemar Faquin

LAVRAS-MG

2017

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Assis, Emanuely Silva.

Interação Nitrogênio e Enxofre no Crescimento do Morangueiro
e na Qualidade dos Frutos / Emanuely Silva Assis. - 2017.

74 p. : il.

Orientador(a): Maria Lígia de Souza Silva.

Coorientador(a): Valdemar Faquin.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Fragaria x ananassa Duch. 2. Nutrição mineral. 3. Isótopos. I.
Silva, Maria Lígia de Souza. II. Faquin, Valdemar . III. Título.

EMANUELLY SILVA ASSIS

**INTERAÇÃO NITROGÊNIO E ENXOFRE NO CRESCIMENTO DO
MORANGUEIRO E NA QUALIDADE DOS FRUTOS**

**NITROGEN AND SULFUR INTERACTION IN THE GROWTH AND FRUIT QUALITY OF
STRAWBERRY CROP**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2017.

Prof. Dr. Carlos Alberto Silva UFLA

Prof. Dr. José Lavres Junior USP/CENA

Profa. Dra. Maria Ligia de Souza Silva
Orientadora

LAVRAS-MG

2017

*Aos meus pais, Lauro e Sueli, que são meu alicerce e que com muito carinho estiveram ao meu lado, não medindo esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida;
Ao meu noivo Lucas, por seu amor e apoio incondicional durante essa árdua caminhada;
Á minha grande amiga Juliana (in memorian), que tanto me apoiou e torceu por meu sucesso.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que é o maior Mestre que alguém pode conhecer e que tanto me ouviu em orações e que me deu forças para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais, Lauro e Sueli, por todo amor concedido, por sempre acreditarem em mim e pelo estímulo de lutar por um futuro melhor.

Ao meu noivo Lucas, por todo seu amor, paciência, compreensão e companhia em meus estudos e afazeres do mestrado.

À minha família, por entender meus momentos de ausência e pelos exemplos de honestidade, carinho e união.

À todos os colegas e professores da pós-graduação em Ciência do Solo, que de maneira grandiosa contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

Aos alunos de iniciação científica do laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, em especial à Bárbara, pela ajuda ao longo do experimento.

À Dirce e Damiany, pelos conselhos, amizade e ajuda.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo pelo convívio e amizade, em especial ao “Pezão” e à Denise.

Aos integrantes do Núcleo de Estudos em Ciência do Solo, pela grande amizade e por todos os momentos de ensinamento, trabalho e também momentos de descontração.

À minha querida irmã de coração Juliana, que mesmo tendo breve passagem por minha vida, esteve sempre ao meu lado, estando presente tanto nos bons momentos quanto nas aflições.

À professora Maria Ligia, pela orientação e por dividir seu conhecimento e atenção ao longo do mestrado.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência do Solo pelo excelente ensino, ética e por permitir aprimorar meus conhecimentos.

Às FAPEMIG, CAPES e CNPq, pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de estudos.

Enfim, à todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

RESUMO

O morangueiro é cultivado em diversos países do mundo, sendo popular devido sua coloração, aroma, sabor e propriedades bioativas, e vem ganhando cada vez mais espaço no cenário econômico brasileiro. Entretanto, ainda são escassos os estudos sobre tal cultura no país. Assim, faz-se importante pesquisas relacionadas à nutrição mineral no morangueiro, o que irá contribuir para maior conhecimento acerca dessa cultura. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento, a produção e a qualidade pós-colheita da cultura do morango em função da interação entre os nutrientes N e S. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da UFLA, Lavras-MG, tendo início em Abril de 2015, com duração de 7 meses. Utilizou-se um DIC, com sistema fatorial 3x5, correspondendo a três doses de S (0, 30 e 60 mg dm⁻³) e cinco doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 mg dm⁻³), utilizando como fonte dos nutrientes gesso agrícola e ureia marcada com o isótopo ¹⁵N, respectivamente. Foram utilizadas mudas da cultivar Albion. As características de produção e teores nutricionais são influenciadas pelas adubações nitrogenada e sulfatada, variando conforme a característica estudada. A matéria fresca de frutos, os teores de N e S na parte aérea da planta e o acúmulo de S na parte aérea da planta são influenciados pela interação entre N e S. As propriedades físico-químicas dos frutos, com exceção da acidez titulável, são influenciadas pela interação entre N e S.

Palavras-chave: Fragaria x ananassa Duch.. Nutrição mineral. Isótopos. Nutrientes. Sinergismo.

ABSTRACT

The strawberry crop is grown in several countries around the world, being popular due to its color, aroma, flavor and bioactive properties, and it has been gaining more and more significance in the Brazilian economic scenario. However, studies in such culture in the country are still scarce. Thus, it is important to research the mineral nutrition in the strawberry crop have been done, in which will contribute to a better knowledge about this crop. The present work aims to evaluate the development, production and post-harvest quality of the strawberry crop as a function of the interaction between nutrients N and S. The experiment was conducted in a greenhouse in the Department of Soil Science of UFLA, Lavras-MG. The experiment began on April 2015, during 7 months. A DIC, with factorial system 3x5, corresponding to three doses of S (0, 30 and 60 mg dm⁻³) and five doses of N (0, 30, 60, 90 and 120 mg dm⁻³) using as a source of the agricultural gypsum nutrients and urea labeled with the ¹⁵N isotope, respectively. Seedlings of the cultivar Albion were used. The production characteristics and nutritional contents are influenced by the nitrogen and sulfated fertilizations, varying according to the studied characteristic. Fresh matter of fruits, N and S contents and accumulation of S in the aerial part of the plant are influenced by N and S interaction. The physicochemical properties of the fruits, with the exception of titratable acidity are also influenced by the interaction between N and S.

Keywords: *Fragaria x ananassa* Duch.. Mineral nutrition. Isotopes. Nutrients. Synergism.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Matéria fresca de frutos do morangueiro em função da aplicação de N e S.....	38
Figura 2 -	Matéria seca da parte aérea de morangueiro em função da aplicação de N.....	39
Figura 3 -	Teor de N na parte aérea do morangueiro em função da aplicação de N e S.....	41
Figura 4 -	Acúmulo de N no morangueiro em função da aplicação de N.....	42
Figura 5 -	Teor de S na parte aérea do morangueiro em função da aplicação de N e S.....	43
Figura 6 -	Acúmulo de S no morangueiro em função da aplicação de N e S.....	44
Figura 7 -	N na planta proveniente do fertilizante nitrogenado em função das doses de N.....	47
Figura 8 -	Quantidade de ¹⁵ N na planta proveniente do fertilizante em função das doses de N e S.....	48
Figura 9 -	Aproveitamento do ¹⁵ N proveniente do fertilizante em função das doses de N e S.....	49
Figura 10 -	Teor de sólidos solúveis totais em infrutescência de morangueiro em função da aplicação de N e S.....	52
Figura 11 -	Relação SS/AT em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de N e S.....	54
Figura 12 -	pH em infrutescência de morangueiro em função da aplicação de N e S.	55
Figura 13 -	Antocianinas em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de N e S.....	57
Figura 14 -	Vitamina C em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de N e S.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados analíticos do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf).....	30
Tabela 2 -	Resumo da análise de variância para matéria fresca de frutos (MFF), matéria seca da parte aérea (MSPA), teor de N na parte aérea (TNPA), acúmulo de N na planta (AcN), teor de S na parte aérea (TSPA), acúmulo de S na planta (AcS) e relação entre N e S (N/S) em morangueiro em função da aplicação de N e S.....	36
Tabela 3 -	Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S referente à matéria fresca de frutos (MFF), teor de N na parte aérea (TNPA) e teor de S na parte aérea (TSPA) e acúmulo de S na planta (AcS) em morangueiro em função da aplicação de N e S.....	37
Tabela 4 -	Matéria seca da parte aérea (MSPA), acúmulo de N (AcN) e relação N/S (N/S) em morangueiro em função da aplicação de S.....	40
Tabela 5 -	Resumo da análise de variância para porcentagem de ¹⁵ N na planta proveniente do fertilizante (NppF), quantidade de ¹⁵ N na planta proveniente do fertilizante (QNppF) e aproveitamento pela planta do ¹⁵ N proveniente do fertilizante (ApF) em morangueiro em função da aplicação de N e S.....	46
Tabela 6 -	Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S referente ao aproveitamento pela planta do ¹⁵ N proveniente do fertilizante (ApF) e quantidade de ¹⁵ N na planta proveniente do fertilizante (QNppF) em morangueiro em função da aplicação de N e S.....	46
Tabela 7 -	Resumo da análise de variância para sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), pH, antocianinas (Ant) e vitamina C (VitC) em infrutescência de morangueiro em função da aplicação de N e S.....	50
Tabela 8 -	Resumo da análise de variância do desdobramento das doses N dentro de cada nível de S referente a sólidos solúveis (SS), relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) e pH em infrutescência morangueiro em função da aplicação de N e S.....	51
Tabela 9 -	Resumo da análise de variância do desdobramento das doses N dentro de cada nível de S referente a antocianinas (Ant) e vitamina C (VitC) em infrutescência morangueiro em função da aplicação de N e S.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Histórico e características do morangueiro	14
2.2	Importância econômica do cultivo do morangueiro	15
2.3	Nutrição Mineral e adubação do Morangueiro	16
2.3.1	Nitrogênio	18
2.3.1.1	Isótopos de N	19
2.3.2	Enxofre	20
2.3.3	Interação entre N e S	22
2.4	Pós-colheita do Morango	23
2.4.1	Qualidade pós-colheita	23
2.4.2	Sólidos solúveis	24
2.4.3	Acidez titulável e pH	25
2.4.4	Relação sólidos solúveis e acidez titulável	25
2.4.5	Compostos bioativos	26
2.4.5.1	Antocianinas	27
2.4.5.2	Vitamina C	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Local do Experimento	29
3.2	Solo	29
3.3	Material experimental	30
3.4	Delineamento experimental e condução	31
3.5	Adubação e tratos culturais	31
3.6	Colheita e acondicionamento	32
3.7	Avaliações realizadas	32
3.7.1	Teor de N e S na parte aérea do morangueiro	32
3.7.2	Análises pós-colheita	32
3.7.2.1	Conteúdo de sólidos solúveis	33
3.7.2.2	Acidez titulável	33
3.7.2.3	Relação SS/AT	33
3.7.2.4	pH	33
3.7.2.5	Antocianinas	33
3.7.2.6	Vitamina C	33
3.7.2.7	Cálculos isotópicos e atributos avaliados nos experimentos	34
3.8	Análise estatística dos dados	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	Matéria Fresca de Frutos	36
4.2	Matéria seca da parte aérea	38
4.3	Teor e acúmulo de N na parte aérea	40
4.4	Teor e acúmulo de S na parte aérea	42
4.5	Relação N/S	45
4.6	Porcentagem de ¹⁵N na planta proveniente do fertilizante, quantidade de ¹⁵N na planta proveniente do fertilizante e aproveitamento pela planta do ¹⁵N proveniente do fertilizante	45
4.7	Caracterização físico-química de infrutescências	50
4.7.1	Sólidos solúveis	51
4.7.2	Acidez Titulável	53
4.7.3	Relação SS/AT	53

4.7.4	pH.....	55
4.7.5	Antocianinas.....	56
4.7.6	Vitamina C.....	58
5	CONCLUSÕES.....	60
	REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

O morango é produzido e apreciado nas mais diversas regiões do mundo. O cultivo do morangueiro no Brasil vem sendo desenvolvido desde o final do século XVIII, em jardins e hortas caseiras, mas foi em meados do século XIX que a cultura ganhou importância econômica no país, a partir da introdução de cultivares mais adaptadas aliadas a novas técnicas de cultivo.

As condições edafoclimáticas favoráveis à produção fizeram com que o estado de Minas Gerais se tornasse o detentor da maior produção nacional de morango, sendo que na região Sul de Minas, concentra-se cerca de 95% da produção.

Além disso, o cultivo do morangueiro é responsável por agregar valor para a agricultura familiar devido à necessidade de mão de obra e de pequenas áreas de cultivo, gerando incremento significativo de renda e diminuindo o êxodo rural.

O morango é uma infrutescência de coloração vermelho-intensa e possui diversos grupos de fitoquímicos que são capazes de trazer inúmeros benefícios para a saúde. Seu consumo, quando parte de uma dieta usual, está relacionado à prevenção de algumas doenças crônicas e não transmissíveis, pela presença de compostos bioativos, como as antocianinas (flavonoides), ácido ascórbico, dentre outros.

A qualidade físico-química e nutricional do morangueiro influencia muito em sua aceitação frente ao mercado consumidor, promovendo também aumento no rendimento no processo de industrialização. Dessa forma, inúmeros fatores são considerados para aprimorar as características de qualidade, de conservação pós-colheita e de alta produtividade.

Quando se trata do aumento da produtividade, qualidade e conservação pós-colheita, uma das práticas de maior importância na cultura do morangueiro é a adubação, visto que os nutrientes disponibilizados à cultura podem estar associados aos teores de alguns compostos orgânicos nas plantas, exercendo influência em processos bioquímicos e fisiológicos.

Um correto manejo da nutrição do morangueiro visa manter o equilíbrio nutricional das plantas durante seu desenvolvimento, tornando-a mais resistente às intempéries, pragas e doenças, além de garantir uma melhor qualidade pós-colheita.

O N e o S são nutrientes que possuem seu metabolismo diretamente relacionados, pois ambos fazem parte da constituição de inúmeros compostos da planta. O N participa de todos os aminoácidos da planta, enquanto o S, por fazer parte de enzimas e aminoácidos essenciais, é responsável por apresentar efeitos na coloração, aroma e sabor das culturas.

A planta não é capaz de formar proteína com N ou S independentemente, e a absorção de qualquer um deles de maneira desbalanceada faz com que o outro elemento seja absorvido, mas não aproveitado pela produção. Tal fato auxilia na explicação da existência de uma relação N/S que está associada com o crescimento e a produção.

O N e o S são passíveis de interação entre si, ocorrendo principalmente na síntese proteica. A interação entre N e S está diretamente relacionada com a alteração das respostas fisiológicas e bioquímicas das plantas. Assim, é possível inferir que o metabolismo das plantas pode ser alterado de acordo com a forma de N combinada com o S na adubação.

Entretanto, no Brasil, há pouca ênfase em pesquisas relacionadas à nutrição mineral do morangueiro, apesar da enorme expansão da cultura no país nos últimos anos. Por isso, é importante a realização de trabalhos científicos que visem avaliar a influência dos nutrientes nessa cultura.

Nesse ínterim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o crescimento, a produção e a qualidade pós-colheita da cultura do morango em função da interação entre os nutrientes N e S, usando a técnica do elemento marcado (^{15}N).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico e características do morangueiro

De acordo com relatos históricos, o cultivo do morangueiro teve início em civilizações indígenas da América pré-Colombiana, sendo que as espécies *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana* foram provavelmente cultivadas pelos índios (SEELIG, 1975). Desde o século XIV, inúmeras espécies de *Fragaria* passaram a ser cultivadas para fins medicinais e ornamentais (PASSOS, 1999).

O oficial do exército francês, Amédée Francois Frézier, em uma de suas missões no Chile, encontrou a espécie *Fragaria chiloensis*, a qual produzia frutos, e levou exemplares dessas plantas para a França, em 1714 (RONQUE, 1998). A partir daí, ocorreram hibridações naturais entre as plantas, o que culminou no morangueiro que é cultivado atualmente (*Fragaria x ananassa* Duch.), uma espécie octaplóide (8x), com 56 cromossomos (SANTOS; MEDEIROS, 2003).

A cultura do morangueiro no Brasil se estabeleceu ainda no século XVIII, em jardins e hortas caseiras, e passou a ter importância econômica nos estados de São Paulo e do Rio Grande do Sul (CAMARGO; ALVES; ABRAMIDES, 1963). No estado de Minas Gerais, a cultura foi introduzida no ano de 1958, no município de Estiva, tendo sua produção estendida principalmente para a região sul do estado, devido às características edafoclimáticas favoráveis à produção da cultura (SILVEIRA; GUIMARÃES, 2014).

O morangueiro (*Fragaria sp.*) é uma angiosperma dicotiledônea, representando a única hortaliça pertencente à família *Rosaceae* (RONQUE, 1998). Produz uma planta herbácea, rasteira e perene, entretanto, é cultivada anualmente, com o intuito de reduzir riscos de pragas e doenças e maximizar rendimento e qualidade (ANDRIOLO et al., 2014).

A forma de propagação mais comum do morangueiro é vegetativamente por meio de estruturas denominadas estolões, que são órgãos vegetativos oriundos das gemas axilares das folhas. O auge da produção dos estolões ocorre em condições de dias longos e temperaturas na faixa de 20°C a 26°C (SMEETS, 1980).

O sistema radicular é do tipo fasciculado e superficial, sendo que o maior volume de raízes encontra-se nos primeiros cinco centímetros de solo (FILGUEIRA, 2003). As raízes são distribuídas em função de fatores relativos ao solo em que elas se encontram, como a resistência mecânica, a aeração, a umidade e a fertilidade do solo (PIRES et al., 2000).

O caule é um rizoma estolhoso, com formato cilíndrico e retorcido; os entrenós são curtos e nas gemas apicais surgem folhas compostas, as inflorescências ou até mesmo os estolões, dependendo da sua idade fisiológica, de condições de fotoperíodo e temperatura (RONQUE, 1998).

A folha do morangueiro é usualmente constituída por duas estípulas membranáceas, com um pecíolo longo, podendo ter de três a cinco folíolos, dependendo da cultivar. A cor do limbo varia de verde-clara a verde escura, podendo esse ser brilhante ou opaco, piloso ou glabro (QUEIROZ-VOLTAN et al., 1996).

As flores estão agrupadas em inflorescências, as quais são formadas a partir de gemas localizadas nas axilas das folhas. As flores são geralmente hermafroditas, podendo haver flores unissexuais em algumas cultivares (RONQUE, 1998). A primeira flor geralmente dá origem ao primeiro fruto. Após essa flor, os botões laterais se abrem um a um, formando uma cimeira (ANTUNES et al., 2006).

A parte comestível é constituída por um receptáculo suculento e carnoso, apresentando coloração vermelho-intensa, constituindo um pseudofruto. Os aquênios, frutos verdadeiros, são estruturas pequenas e escuras que contêm as sementes e se prendem ao receptáculo (FILGUEIRA, 2003).

2.2 Importância econômica do cultivo do morangueiro

Vários países possuem um grande interesse comercial pelo morango devido sua coloração, aroma e sabor, além das propriedades nutritivas, tornando a fruta muito apreciada pelos consumidores e também pela indústria. O morango possui uma série de propriedades atrativas, apresentando alto poder antioxidante, juntamente com componentes fenólicos e pigmentos, além de possuir o ácido gálico, uma substância com propriedades anticancerígenas e antimutagênicas. Além disso, o morango é também rico em ácido fólico e vitamina C (GIMENEZ; ANDRIOLO; GODOI, 2008).

Ademais, o morango está inserido no grupo das pequenas frutas, as quais têm possibilidade de alto retorno econômico em pequenas áreas e em curto espaço de tempo (PAGOT; HOFFMANN, 2006). Assim, o cultivo do morango é considerado promissor e crescente devido a sua alta rentabilidade e sua importância social (ANTUNES et al., 2006).

A produção mundial de morango aumentou expressivamente nos últimos anos, sendo que em 2013 foi de 7.739.622 toneladas em cerca de 361.662 hectares, correspondendo a uma produtividade de 21.400 kg ha⁻¹. A produção concentra-se principalmente nas Américas e na

Europa, o que equivale a cerca de 75% da produção mundial. Os Estados Unidos lideram a produção, com 29% de todo o total produzido, seguido pela Turquia, México e Espanha (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2016).

No Brasil, a cultura é nova, sendo introduzida na década de 1950 (DUARTE FILHO, 2006). O cultivo é realizado em locais com clima temperado e subtropical, onde são produzidas frutas com aptidão para consumo *in natura* e para industrialização (SANTOS; MEDEIROS, 2003).

O morangueiro é uma cultura de grande expressão econômica, sendo os principais produtores os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Espírito Santo, Paraná, Santa Catarina e Distrito Federal. A área plantada hoje aproxima-se de 4.000 hectares (REISSER JÚNIOR et al., 2015).

A produtividade média brasileira é de 30 toneladas/ha, atingindo até mesmo valores como 60 toneladas/ha em locais providos de mais tecnologia. O estado de Minas Gerais, destaque como maior produtor nacional, tem produção média de 25 toneladas/ha, seguido pelo Rio Grande do Sul com 32 toneladas/ha, São Paulo com 34 toneladas/ha e pelo Paraná, com 21 toneladas/ha (ANTUNES et al., 2010; REISSER JÚNIOR et al., 2015).

Segundo dados do Anuário da Agricultura Brasileira (ANUÁRIO..., 2016), no ano de 2014 o Brasil importou 8.555 toneladas de morangos, com destaque para produção proveniente da Argentina (2.525 toneladas), China (1.846 toneladas) e Chile (1.426 toneladas).

Como o morangueiro é cultivado em pequenas propriedades, configura uma atividade importante para fixar o homem no campo, gerando assim emprego rural, principalmente para as camadas da população com menor grau de qualificação, já que a cultura do morango necessita de uma elevada mão-de-obra durante todo o seu ciclo (REICHERT; MADAIL, 2003). Segundo Silveira e Guimarães (2014), nas regiões produtoras, juntamente com o aumento da área plantada, houve também a criação de aproximadamente 15 mil empregos diretos e 24 mil indiretos.

2.3 Nutrição Mineral e adubação do Morangueiro

Para que haja um equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e a frutificação do morangueiro, assim como a redução da susceptibilidade ao ataque de doenças e pragas, é imprescindível o fornecimento de quantidades adequadas de nutrientes, o que auxilia também

em produções com alta qualidade. A quantidade dos nutrientes exportada pela planta varia de acordo com a cultivar e época de plantio (ARAÚJO, 2014).

Os solos podem variar quanto ao fornecimento de nutrientes aos vegetais. Assim, pode-se dizer que essa capacidade de fornecimento é um fator determinante para inferir se a planta terá ou não sua exigência nutricional suprida de maneira adequada, para que os processos metabólicos ocorram em seu nível ótimo (SILVEIRA; FREITAS, 2007).

A cultura do morangueiro é exigente em relação às condições químicas e físicas do solo. Tem preferência por solos de textura média, de alta fertilidade e considerável teor de matéria orgânica, com pH na faixa de 5,3 a 6,2, podendo também ser cultivada em solos arenosos e argilosos (FILGUEIRA, 2003).

Além disso, por apresentar um rápido crescimento, em torno de dois a três meses, o morangueiro é altamente influenciado por condições ambientais, como luz, temperatura, salinidade, qualidade de água e nutrientes, requerendo portanto uma eficiente absorção dos macronutrientes, com o intuito de atender a demanda fotossintética e de crescimento adequado do fruto (LI et al., 2010).

O conhecimento da absorção de nutrientes pelas plantas ao longo do ciclo é fundamental e permite a determinação do requerimento nas diferentes épocas do desenvolvimento, viabilizando o fornecimento dos nutrientes no momento certo, fazendo com que a planta expresse sua total potencialidade (SANTOS; MEDEIROS, 2003).

A nutrição e a adubação do morangueiro, aliadas a utilização de outras técnicas, são imprescindíveis para otimizar a produtividade, a conservação pós-colheita e a qualidade físico-química dos frutos. Segundo Guedes (2012) tanto a adubação quanto a aplicação de corretivos agrícolas, devem ser realizadas com base na análise química do solo, a qual informa a quantidade de nutrientes oferecida pelo solo, e também baseadas na marcha de absorção da cultura em questão, de forma a fornecer os nutrientes nas fases de maior demanda pela planta.

Pesquisas demonstram que aplicações de N e P elevam a produtividade do morangueiro até mesmo em solos considerados férteis (FILGUEIRA, 2003). Castellane (1993) constatou que mesmo havendo uma diferença entre as cultivares de morangueiro em relação à absorção de nutrientes, em todas elas destacam-se o N e o K entre os macronutrientes, e dentre os micronutrientes os mais exportados são o Fe e o Zn.

Grassi Filho, Santos e Creste (1999) salientam a importância em pesquisas sobre os efeitos da adubação em morangueiro, principalmente do N, que é facilmente lixiviado.

Entretanto, mesmo diante da importância da adubação para a cultura do morangueiro, são escassas as pesquisas sobre a nutrição da cultura no Brasil (PREZOTTI, 2006).

2.3.1 Nitrogênio

O N está entre os nutrientes minerais mais requeridos pelas plantas e é o que mais limita o crescimento. Ele integra proteínas, ácidos nucleicos e demais constituintes celulares, incluindo membranas e vários hormônios vegetais (SOUZA; FERNANDES, 2006). Além disso, está relacionado com os mais importantes processos fisiológicos que ocorrem na planta, como a fotossíntese, respiração, atividades radiculares, e até mesmo absorção iônica de demais nutrientes.

O N passível de ser disponibilizado para as plantas e que é responsável pelo potencial produtivo das culturas é oriundo do ar atmosférico (no caso da maioria das leguminosas), da matéria orgânica do solo, da reciclagem de resíduos advindos de culturas anteriores e da aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto de origem mineral, quanto de origem orgânica (KLUTHCOUSKI et al., 2006).

A forma predominante de N no solo é a orgânica, representando mais de 95% do N total. As frações inorgânicas são compostas principalmente pelos íons amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-), podendo ocorrer em algumas situações, pequenas concentrações de nitrito (NO_2^-) (CANTARELLA, 2007).

O íon amônio, por ser um cátion, encontra-se no solo em forma trocável, adsorvido pelas cargas negativas do solo, enquanto o nitrato tem carga negativa e é repelido devido sua superfície negativa das partículas do solo, permanecendo assim em solução, sendo móvel no solo e susceptível à lixiviação. Já o nitrito é um ânion efêmero no solo, sendo rapidamente oxidado a nitrato (RAIJ, 2011).

A matéria orgânica presente no solo é capaz de suprir grandes quantidades de N para as culturas, entretanto, à medida que a produtividade das culturas aumenta, há a necessidade de aporte do nutriente para as plantas, o que exige a adição de fertilizantes nitrogenados (RAIJ, 2011).

Segundo Xu, Fan e Miller (2012) a reprodução das culturas, a produção e a aplicação de fertilizantes nitrogenados nas últimas cinco décadas, resultou em aumento na produção mundial de alimentos e na diminuição da fome no mundo.

Pereira et al. (2013) avaliando a influência de doses de N no crescimento vegetativo, na produção e nos níveis foliares de nutrientes de amoreira-preta, verificaram que as doses de

N em adubação de manutenção influenciaram significativamente todas as variáveis analisadas, sendo que a massa de matéria seca de poda e o índice de clorofila aumentaram linearmente em resposta às doses de N.

Kano et al. (2010) analisando a ação de doses de N em cobertura na produção e qualidade da couve-flor cultivar Teresópolis Gigante, observaram que houve aumento linear na massa média das “cabeças”, no teor de N nas “cabeças” e incremento linear no pH da hortaliça com o aumento da dose de N.

No caso do morangueiro, o N tem papel importante no desenvolvimento vegetativo, produtividade e qualidade do morango. É essencial durante o crescimento inicial, a diferenciação de gemas e a floração (ALBREGTS; HOWARD, 1980). A ausência de N pode acarretar em plantas mal desenvolvidas e, por conseguinte, menor produção de frutos. Nas folhas mais velhas há o desenvolvimento gradual de coloração vermelha, partindo das margens internas dos folíolos (RONQUE, 1998).

Já o excesso de N é responsável por aumentar muito o vigor das plantas, o que faz com que haja menor indução floral, reduzindo assim a qualidade dos frutos no que se refere ao conteúdo de açúcares, textura, coloração e deformações (ARAÚJO, 2014).

Hochmuth et al. (1996), estudando doses de N fornecidas para a cultura do morangueiro via fertirrigação para as cultivares “Oso Grande” e “Sweet Charlie”, verificaram que a produção total de frutos aumentou quando as doses de N aumentaram até $0,54 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Aumento da produção da matéria seca no morangueiro foi observado por Acuña-Maldonado e Pritts (2008) em experimento com morango, com doses de N em solução nutritiva.

2.3.1.1 Isótopos de N

Isótopos são átomos de um mesmo elemento que possuem o mesmo número de prótons, entretanto, diferente número de nêutrons em seu núcleo. Os isótopos estáveis estão presentes nos ecossistemas e sua distribuição natural reflete que os processos físicos e metabólicos do ambiente, ocorrem de forma integrada (PEREIRA; BENEDITO, 2007).

Na natureza é possível encontrar, naturalmente, isótopos de N de massas 14 e 15 estáveis e, portanto, não emitem radiações. Enquanto o ^{14}N apresenta abundância natural de 99,634% de átomos, o ^{15}N apresenta 0,366% (MAXIMO, 2005).

O conhecimento dos processos envolvidos na incorporação e transformação do N no sistema solo-planta-atmosfera é de extrema importância para se desenvolver melhores técnicas de manejo que incrementem o seu aproveitamento pelas culturas (SILVA et al., 2006).

Dessa forma, utiliza-se o método de traçador com o isótopo ^{15}N , em que um substrato ou fonte é marcado com ^{15}N e são monitorados o tempo e o movimento do isótopo no sistema. Assim, é possível estimar a eficiência de uso ou a percentagem de recuperação, pelas plantas, do N proveniente dos fertilizantes nitrogenados (CANTARELLA, 2007).

Gava et al. (2010) ao utilizar a técnica de diluição isotópica com ^{15}N , estudaram as alterações na produtividade, no acúmulo de fitomassa vegetal e da eficiência da utilização de N no milho, cultivado com diferentes doses de N-fertilizante. Os autores observaram que a elevação da dose de N-fertilizante provocou aumento da massa da matéria seca, taxa de produção de matéria seca da cultura, produtividade e acúmulo de N nas plantas de milho.

Araújo et al. (2011) utilizaram substrato enriquecido com ^{15}N para produção de palhada de diferentes adubos verdes com o intuito de verificar a eficiência de recuperação, no sistema solo-planta, do N proveniente desses adubos para a cultura do repolho. Foi verificado que o tratamento com palha de feijão-de-porco é o que apresenta maior eficiência de recuperação comparado aos demais adubos estudados.

Schultz et al. (2016) avaliando a produtividade e a diluição isotópica de ^{15}N em cana-de-açúcar inoculada com bactérias diazotróficas, constataram que a abundância natural de ^{15}N nas folhas-bandeira diminuiu ao longo dos anos, o que indica aumento da fixação biológica de N na medida em que a disponibilidade de N no solo vem sendo reduzida.

2.3.2 Enxofre

O S, assim como o N, o P e o K, é considerado um nutriente chave ao desenvolvimento das culturas. O elemento químico faz parte de inúmeros compostos, tais como aminoácidos e proteínas, coenzimas, sulfolipídeos, flavonoides, lipídeos, entre outros. Juntamente com o N, o S participa de todas as funções e processos vitais das plantas, desde a absorção iônica até o controle hormonal, para o crescimento e diferenciação das células (STIPP; CASARIN, 2010).

Cerca de 95% do S total do solo encontra-se na forma orgânica, e para que seja possível sua absorção pelas plantas, precisa ser mineralizado por bactérias e fungos que utilizam compostos de S como fonte de energia (TABATABAI, 1984).

Como o S é um importante constituinte de aminoácidos essenciais, como cistina e a metionina, a deficiência limita o crescimento da planta através da interrupção da síntese proteica. Plantas com deficiência em S tem o crescimento retardado e suas folhas novas apresentam-se com coloração verde-clara, incluindo as nervuras (ALVAREZ et al., 2007).

Entretanto, a adubação com S têm recebido pouca ênfase, já que a maioria dos fertilizantes utilizados na agricultura apresentava consideráveis teores desse elemento, o que supria, em parte a demanda das culturas. Ademais, o surgimento de novos fertilizantes formulados e com baixo teor ou até mesmo ausência de S, elevada exportação do elemento juntamente com a colheita e solos com baixo teor de matéria orgânica contribuem para a baixa disponibilidade desse nutriente às plantas (FURTINI NETO et al., 2000; RESENDE et al., 2011).

A adubação sulfatada favorece incremento na produção de culturas, assim como observado por Ahmad et al. (2007) que encontraram aumento nos teores de óleo, tioglicerídeos e proteínas na cultura da canola, com a aplicação de 20 Kg ha⁻¹ de S.

Resende et al. (2011) relataram aumento da produtividade de diferentes cultivares de alho após aplicação complementar de S elementar.

Reyes et al. (2015) avaliando a influência de doses de S elementar em bulbos de cebola, relataram que a pungência foi influenciada em função das doses de S aplicadas, sendo que a dose de 300 kg ha⁻¹ proporcionou bulbos com pungência alta (8,19 µmol ácido pirúvico g⁻¹).

Rheinheimer et al. (2005) verificaram que o aumento das doses de sulfato fornecidas ao nabo forrageiro proporcionaram incrementos nos teores de S no tecido da cultura.

Crusciol (2006) ao estudar a aplicação de S em cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto, observaram que a aplicação de S aumentou o teor do elemento das folhas, a produção de matéria seca da parte aérea, o número de vagens por planta, além da produtividade de grãos.

No morangueiro, a deficiência de S ocorre em folhas mais novas, gerando clorose de tamanhos desiguais em folíolos recém-desenvolvidos de uma mesma folha, além do surgimento de uma coloração escura nas margens externas dos folíolos (RONQUE, 1998).

Silva, Piccolo e Trevizam (2013) estudando o gesso agrícola como fonte de S para a cultura do morangueiro, observaram que a produção de frutos de morango foi influenciada pelas doses de S, sendo que a maior produtividade foi obtida na dose de 60 mg kg⁻¹ de S, juntamente com a aplicação de 300 mg kg⁻¹ de P e na aplicação de 600 mg kg⁻¹ de P combinada com a dose de 37 mg kg⁻¹ de S.

2.3.3 Interação entre N e S

A absorção de nutrientes pelas plantas pode variar conforme fatores externos e internos relativos à própria planta. A interação entre íons é muito estudada, pois configura grande importância no aproveitamento de fertilizantes pelas plantas (MALAVOLTA, 2006).

A interação entre nutrientes ocorre quando a adição de determinado nutriente provoca aumento ou diminuição da resposta a um segundo elemento. Quando o resultado da adição de dois nutrientes supera a soma das respostas individuais dos mesmos, aplicados separadamente, há um efeito sinérgico, entretanto, quando o resultado é inferior, diz-se que o efeito é antagônico (CANTARELLA, 2007).

O N e o S caminham juntos na nutrição vegetal como constituintes de proteínas. O S integra os aminoácidos metionina, cistina, cisteína e taurina, sendo os dois primeiros considerados essenciais e fundamentais para uma adequada nutrição humana e animal. Quando há deficiência de S, ocorre diminuição na produção desses dois aminoácidos essenciais citados e conseqüentemente, as proteínas que os contêm não podem ser formadas. Por conseguinte, plantas não supridas com S não conseguem assimilar o N em proteínas (CANTARELLA, 2007).

Conforme Malavolta e Moraes (2007), N e S são passíveis de sofrer sinergismo e, dessa forma, são capazes de influenciar diretamente na qualidade do produto, como no caso de cereais que tem o teor de metionina incrementado a partir da adição de S e a proporção de albuminas, globulinas, poliaminas e glutelinas influenciadas pelo N.

Ademais, a adubação balanceada com N e S é imprescindível para a produção e qualidade de proteínas e demais características desejáveis nos alimentos, tais como sabor, coloração e aroma (VITTI; HEIRINCHS, 2007).

Existe uma relação estreita entre os teores de N e S na planta, que exige 1 parte de S para 15 de N para a síntese proteica. Usualmente, a adição de S aumenta a concentração de N na planta também. No entanto, o quociente N/S pode variar conforme o estágio do crescimento e também com a espécie (MALAVOLTA, 2006).

Dessa forma, a interação entre N e S é relevante, devendo ser considerada nos programas de adubação. A utilização de fórmulas de fertilizantes concentrados, sem a adição de S, pode ocasionar baixo aproveitamento do fertilizante nitrogenado (CANTARELLA, 2007).

Tea et al. (2007) demonstraram que a aplicação conjunta de N e S promoveu respostas promissoras para a cultura do trigo, aumentando o teor de proteína da farinha, extensibilidade, força de glúten e volume de pão.

Batista e Monteiro (2006) ao estudarem as combinações entre N e S no capim-marandu, observaram que a concentração de N e os seus acúmulos totais no capim mostraram-se dependentes da interação entre as doses.

Aulakh, Pasricha e Sahota (1980) com base em resultados de três anos de experimentos de campo com mostarda, relataram que os rendimentos máximos de óleo foram obtidos quando aplicadas as doses de 75 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de S, indicando interação significativa entre N e S.

Bonfim-Silva, Monteiro e Silva (2007) observaram interação significativa entre as doses de N e S no primeiro crescimento do capim Braquiária para área foliar, produção de massa seca, consumo de água e eficiência no uso de água.

Souza (2013) ao analisar os teores de macronutrientes em relação a diferentes doses de S na cultura da cebola, observou que houve aumento no teor de N nas folhas em função do aumento das doses de S no solo. O mesmo autor observou ainda que a dose de 47 kg ha⁻¹ foi responsável pela máxima matéria seca foliar, sendo esta dose próxima às que proporcionaram máxima altura de plantas e número de folhas.

2.4 Pós-colheita do Morango

2.4.1 Qualidade pós-colheita

O termo qualidade apresenta diversas definições, podendo ser considerado como características que incluem aspectos técnicos mensuráveis. A qualidade pode ainda ser dividida em intrínseca, quando relacionada ao produto, quanto extrínseca, quando associada à percepção do produto dentro do sistema de manuseio (VILAS BOAS, 2002).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a qualidade pode ser definida como um conjunto de atributos capazes de diferenciar componentes individuais de um mesmo produto, além da relevância na determinação no grau de aceitação do produto.

Os atributos relacionados à qualidade pós-colheita de frutas e hortaliças são boa aparência visual (frescor, cor, injúrias e deterioração), textura (firmeza, resistência e integridade do tecido), aroma e sabor, além do valor nutricional e da segurança do alimento,

que ganham cada vez mais importância por estarem atrelados à saúde do consumidor (CENCI, 2006).

O sabor do morango, importante atributo de qualidade, é resultado da junção de diversos compostos voláteis como açúcares e ácidos orgânicos, combinando essas características, como a textura. A qualidade nutricional do morango está vinculada à presença de açúcares solúveis, ácidos orgânicos, aminoácidos e determinados metabólitos secundários. Tais compostos desempenham um papel relevante na manutenção da qualidade dos frutos e valor nutritivo (ZHANG, 2011).

A caracterização química e física dos frutos é relevante, pois permite a obtenção de informações a respeito da qualidade do produto. Grande parte dos atributos de qualidade recebem modificações físico-químicas e bioquímicas ao decorrer da fase de pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Melhores características físico-químicas nos frutos são responsáveis por melhor aceitação pelo mercado consumidor e aumentam o rendimento no processo de industrialização (MARODIN et al., 2010).

2.4.2 Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis fornecem indicativo da quantidade de sólidos que estão dissolvidos no suco ou na polpa de frutas, sendo um importante componente na determinação da qualidade do fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O teor de sólidos solúveis pode ser expresso em °Brix. Por meio do valor de sólidos solúveis, obtêm-se indicativo da quantidade de açúcares que existe no fruto. No morango, a quantidade de sólidos solúveis se eleva continuamente durante o desenvolvimento do fruto, aumentando de 5% em frutos verdes e pequenos para 6% a 9% em morangos maduros (KADER, 1991).

O teor de sólidos solúveis é relevante nos frutos, tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento industrial, pois elevados teores desses constituintes na matéria-prima resultam em menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, um menor gasto energético, além de maior rendimento do produto, o que promove economia durante o processamento (PINHEIRO et al., 1984). Os principais açúcares solúveis presentes nos frutos são a glicose, a frutose e a sacarose (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Rezende et al. (1998) ao avaliarem a qualidade pós-colheita de morangos cultivados sob túnel plástico e com diferentes tipos de cobertura do solo, encontraram teores superiores a 4% de açúcares totais para a cultivar AGF-80.

Guimarães et al. (2013) ao estudarem características físico-químicas e antioxidantes de cultivares de morangueiro, obtiveram valores de 6,17°Brix para a cultivar Oso Grande e 5,17°Brix para a cultivar Albion.

2.4.3 Acidez titulável e pH

A acidez reflete a soma dos ácidos orgânicos livres (GOMES et al., 2004). Com o amadurecimento, ocorre diminuição da acidez devido à oxidação dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos em decorrência da respiração, entretanto, em alguns casos, pode haver um pequeno aumento nos valores com o avanço da maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A acidez titulável pode ser determinada por titulometria e os resultados expressos em porcentagem do ácido predominante (AZEVEDO, 2007). Em morangos maduros, os valores de acidez titulável variam entre 0,5 e 1,87g de ácido cítrico 100g⁻¹ de polpa (KADER, 1991).

O pH mede, de maneira geral, a acidez de frutas e alimentos, sendo um importante indicador da finalidade de uso das cultivares (CONTI; MINAMI; TAVARES, 2002). Frutos com pH mais ácido são destinados à indústria. Outro importante efeito do pH está na estabilidade da antocianina e na expressão da coloração dos frutos (HOLCROFT; KADER, 1999).

A acidez titulável é utilizada para expressar o sabor ácido ou azedo. Já para a determinação da qualidade dos produtos processados, o método mais recomendado é o pH (NUNES, 2001).

Moraes et al. (2008) ao avaliarem a influência do tempo de armazenamento na qualidade de morangos, encontrou valores de pH variando de 3,60 a 3,70 para frutos da cultivar Oso Grande e de 3,60 a 3,66 para frutos da cultivar Sweet Charlie, nos dias 0 e 6, respectivamente, quando armazenados sob temperatura ambiente.

2.4.4 Relação sólidos solúveis e acidez titulável

Outro parâmetro bastante importante é a relação entre o teor de sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT). Essa relação é uma das maneiras mais utilizadas para avaliar o sabor, da fruta, já que relaciona a quantidade de açúcares e ácidos presentes.

Os sólidos solúveis tendem a aumentar concomitantemente ao avanço da maturação, enquanto que a acidez titulável diminui com o amadurecimento, dessa forma, a relação SS/AT

é diretamente proporcional aos sólidos solúveis e inversamente proporcional a acidez titulável (CHITARRA; CHITARRA, 2005; COCOZZA, 2003).

A relação SS/AT é mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez. Para morangos, o mínimo teor de sólidos solúveis é em torno de 7 °Brix e o teor máximo para acidez titulável é de aproximadamente 0,8 g de ácido cítrico 100 g⁻¹ polpa (CHITARRA; CHITARRA, 2005; KADER, 1999).

Conforme Pierro (2002) o sabor do fruto é determinado pela quantidade de açúcares e ácidos orgânicos, e o equivalente entre eles é utilizado como critério de avaliação do “flavor”. Outros fatores, como temperatura, água, adubação e luz influenciam diretamente a fotossíntese da planta e conseqüentemente a quantidade de massa seca e sua constituição.

Krolow, Schwengber e Ferri (2007) encontraram para a cultivar Aromas, uma relação SS/AT para os frutos do sistema orgânico 24,3% superior aos frutos do sistema convencional.

Dias et al. (2002) relataram valores de SS/AT equivalentes a 5,0; 4,6 e 5,1 para os frutos das cultivares Campinas, Dover e Sweet Charlie, respectivamente, produzidas em sistema convencional de cultivo.

2.4.5 Compostos bioativos

Alimentos funcionais são aqueles que beneficiam uma ou mais funções orgânicas além da nutrição básica, contribuindo assim para a melhoria do estado de saúde e bem estar (CARVALHO et al., 2006).

As frutas de coloração avermelhada possuem vários fitoquímicos, ou compostos não nutrientes, que são benéficos para a saúde quando consumidos como parte da dieta usual, sendo portanto consideradas como alimentos funcionais. O consumo dessas frutas se relaciona com a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis pela presença de compostos bioativos, como antocianinas, ácido elágico, dentre outros (VIZZOTTO, 2012).

O morango é um fruto que apresenta grande potencialidade, é tido como grande fonte de vitamina C, além de ser bem aceito pela população brasileira, principalmente pela introdução de inúmeras variedades no país, o que permite que ele seja cultivado o ano todo. Ademais, o morango é rico em flavonoides, como as antocianinas, e derivados de ácido elágico, que são compostos com alto potencial biológico (PINTO; LAJOLO; GENOVESE, 2008).

2.4.5.1 Antocianinas

Os compostos fenólicos são considerados os principais grupos de metabólitos secundários produzidos pelas plantas, em resposta a estresses causados por fatores edafoclimáticos ou até mesmo por agressores, como insetos, microrganismos, entre outros (KEUTGEN; PAWELZIK, 2007).

Tais compostos incluem desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. Possuem uma estrutura variável e multifuncional, e por essa razão desempenham atividade antioxidante (PODSEDEK, 2007).

O mais importante grupo de compostos fenólicos presentes no morango é o grupo dos flavonoides, os quais manifestam propriedades antioxidantes e anticarcinogênicas (TULIPANI et al., 2009).

Em morangos, os flavonoides presentes em maior quantidade são as antocianinas, sendo as principais encontradas a pelargonidina-3-glicosídeo, cianidinina-3-glicosídeo e pelargonidina-3-rutinosídeo (GIL; HOLCROFT; KADER, 1997). As antocianinas são amplamente encontradas na natureza e responsáveis por grande parte das colorações azul, violeta e vermelho das flores e frutos, sendo sua principal utilização na indústria como corante natural (MALACRIDA; MOTTA, 2005).

Devido ao seu papel na coloração, as antocianinas são responsáveis por atrair pássaros e insetos, fazendo com que haja a dispersão de sementes e também a polinização. A coloração de frutos é um fator que exerce grande influência no seu valor estético, funcionando como parâmetro para sua aceitação por parte dos consumidores (STRINGHETA, 1991).

Calvete et al. (2008) analisando teores de antocianinas em diferentes cultivares de morangueiro, encontraram valores variando de 21 a 56 mg de cianidina-3-glicosídeo.100g de amostra⁻¹.

Maro et al. (2004) ao estudarem morangos cultivados em Minas Gerais, encontraram valores de 19 e 13,26 mg de cianidina-3-glicosídeo 100g de amostra⁻¹ para as cultivares Guarani e Sweet Charlie, respectivamente.

2.4.5.2 Vitamina C

A vitamina C (ácido ascórbico) é um componente de diversos vegetais do consumo humano, principalmente, das frutas e hortaliças. Trata-se de um nutriente relevante em razão

de sua grande importância na nutrição humana, devido a sua atividade antioxidante (DEUTSCH, 2000).

Ademais, é responsável por prevenir o escorbuto, apresenta grande importância na defesa do organismo contra infecções e é fundamental na integridade das paredes dos vasos sanguíneos. Participa também da formação das fibras colágenas que compõe os tecidos do corpo humano (MANELA-AZULAY et al., 2003).

Nas plantas, o ácido ascórbico atua como componente chave do sistema antioxidante, além de desempenhar funções como cofator enzimático (atuando na síntese da hidroxiprolina, etileno, ácido giberélico, antocianinas e demais metabólitos secundários) e também está envolvido na divisão celular (SMIRNOFF; CONKLIN; LOEWUS, 2001).

A atividade antioxidante da vitamina C é ocasionada por sua facilidade em perder seus elétrons, desempenhando papel de agente redutor em muitas espécies reativas (KAUR; KAPOOR, 2001). A dose recomendada da substância em questão para a manutenção do seu nível de saturação no organismo é de cerca de 100 mg.dia⁻¹, exceto em situações especiais, como em casos de infecções, gravidez e amamentação, onde são requeridas doses mais elevadas (MANELA-AZULAY et al., 2003).

O teor de ácido ascórbico no morango varia de acordo com a cultivar, a época do ano, o estágio de maturação, luz, adubação, além de condições de cultivo e armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O morango apresenta em média 82 mg de ácido ascórbico a cada 100 g do peso fresco (PINTO; LAJOLO; GENOVESE, 2008).

Guimarães et al. (2013), estudando diferentes cultivares de morangueiro, encontraram para as infrutescências teores de vitamina C variando de 58,98 a 67,79 mg.100g de fruto⁻¹, para as cultivares Ventana e Albion, respectivamente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do Experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizada no sul do estado de Minas Gerais, sob as coordenadas geográficas 21° 14' S de latitude, 45° 00' W de longitude e altitude de 918 m, no período de junho a novembro de 2015.

De acordo com Dantas, Carvalho e Ferreira (2007), o clima de Lavras, segundo a classificação de Köppen é Cwb, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, subtropical, com temperatura média anual de 19,3 °C e precipitação média anual de 1.411mm.

3.2 Solo

O solo utilizado no experimento foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico com textura argilosa (SANTOS et al., 2013). As análises física e química do solo foram determinadas conforme Donagema et al. (2011) e Silva (2009), e os resultados encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 - Resultados analíticos do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf).

Características	LVdf	Unidade
pH água	5,0	
Potássio (K)	54	mg dm ⁻³
Fósforo (P)	1,1	mg dm ⁻³
Cálcio (Ca)	1,5	cmol _c dm ⁻³
Magnésio (Mg)	0,2	cmol _c dm ⁻³
Alumínio (Al)	0,4	cmol _c dm ⁻³
Acidez Potencial (H + Al)	6,3	cmol _c dm ⁻³
Soma de Bases (SB)	1,8	cmol _c dm ⁻³
Capacidade Troca Catiônica efetiva (t)	2,2	cmol _c dm ⁻³
Capacidade Troca Cationica (T)	8,1	cmol _c dm ⁻³
Saturação de Bases (V)	22,6	%
Saturação por Alumínio (m)	18	%
Matéria Orgânica (M. O.)	29	g kg ⁻¹
Fosforo remanescente (P-Rem)	12,9	mg L ⁻¹
Zinco (Zn)	0,4	mg dm ⁻³
Ferro (Fe)	28,0	mg dm ⁻³
Manganês (Mn)	17,5	mg dm ⁻³
Cobre (Cu)	2,5	mg dm ⁻³
Boro (B)	0,3	mg dm ⁻³
Enxofre (S)	11,7	mg dm ⁻³
Areia	160	g kg ⁻¹
Silte	150	g kg ⁻¹
Argila	690	g kg ⁻¹
Textura	Argilosa	

pH (água); Ca, Mg e Al (KCl 1mol L⁻¹); P, K, Fe, Zn, Mn e Cu (Mehlich 1); Acidez potencial (SMP); Matéria orgânica (Na₂Cr₂O₇ 4 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 5 mol L⁻¹) de acordo com metodologia de Silva (2009). Areia, silte e argila (Bouyoucos) modificado por Carvalho (1985).

Fonte: Da autora.

3.3 Material experimental

A cultivar de morangueiro utilizada no experimento foi a Albion, que é proveniente do Programa de Melhoramento Genético da Universidade da Califórnia, EUA (DIAS et al., 2014). É uma cultivar de dia neutro, o que permite maior produção em épocas mais quentes do ano, pois é menos sensível aos estímulos exercidos pelo fotoperíodo e pela temperatura na

emissão de estolões, o que faz com que aumente o período de frutificação (STRASSBURGER et al., 2010).

A cultivar Albion apresenta resistência à murcha-de-Verticillium e à podridão-de-Phytophthora, e é moderadamente resistente à antracnose do rizoma. Os frutos são cônicos, simétricos, longos e firmes; apresentam coloração vermelho-intensa e um excelente sabor quando cultivados em condições uniformes de solo (SHAW, 2004). Tais frutos podem ser utilizados para processamento e também para consumo *in natura*.

As mudas de morango foram compradas por ocasião do transplântio, em comércio especializado em mudas dessa cultura.

3.4 Delineamento experimental e condução

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com sistema fatorial 3x5, correspondendo a três doses de S e cinco doses de N, com quatro repetições por tratamento, totalizando 60 parcelas experimentais, sendo que cada parcela foi constituída por um vaso plástico com 3 dm³ de solo, contendo uma planta em cada. Os tratamentos com S foram aplicados em uma única aplicação, incorporados ao solo no plantio, nas doses de 0, 30 e 60 mg dm⁻³, na forma de gesso agrícola (14% de S).

Os tratamentos com N foram aplicados ao longo do experimento, nas doses de 0, 30, 60, 90 e 120 mg dm⁻³, na forma de ureia P.A. enriquecida em ¹⁵N em 10%. As doses de N aplicadas foram diluídas em água e parceladas em quatro aplicações durante o experimento.

3.5 Adubação e tratos culturais

A calagem foi realizada para elevar a saturação por bases a 80%, com a aplicação de 7,06 g de calcário comercial por vaso, com PRNT 99,23%. A adubação mineral de macronutrientes e micronutrientes foi realizada de acordo com exigência nutricional da cultura, em conformidade com a análise de solo. Foram aplicados 500 mg dm⁻³ de P₂O₅, utilizando como fonte o superfosfato triplo, incorporados ao solo no plantio. As adubações potássicas foram parceladas em quatro aplicações de 55 mg dm⁻³, totalizando 220 mg dm⁻³ de K₂O na forma de KCl. Foram aplicados os micronutrientes, zinco (Zn), via solo, na dose de 4 mg dm⁻³, na forma de sulfato de zinco P.A. no plantio, e boro (B) a partir da época do florescimento pleno, via foliar, na concentração de 1 g L⁻¹ de ácido bórico em solução, com intervalo de 20 dias, até o final da colheita dos frutos.

Durante a condução do experimento, foram realizados tratamentos fitossanitários para o controle de ácaros e pulgões, sendo utilizado o Kraft, inseticida acaricida de origem biológica do grupo químico avermectina.

3.6 Colheita e acondicionamento

Os frutos do morangueiro foram colhidos semanalmente no decorrer do experimento, período compreendido entre os meses de agosto a novembro de 2015, quando os mesmos apresentavam $\frac{3}{4}$ de maturação ou com a superfície vermelho-escura. Os frutos foram pesados e mantidos sob refrigeração, sendo que a produção total foi calculada com o somatório de todas as colheitas realizadas ao longo do ciclo produtivo. Ao término da colheita dos frutos, a parte aérea das plantas foi cortada rente ao solo, lavada e submetida à secagem em estufa a 65°C até massa constante, sendo posteriormente moída e analisada.

3.7 Avaliações realizadas

3.7.1 Teor de N e S na parte aérea do morangueiro

As amostras foram moídas, passadas em peneiras de 40 mesh e pesadas em balança de precisão. As análises do enriquecimento em ^{15}N (% de átomos) e de N total foram determinadas em espectrômetro de massa (IRMS), interfaceado com analisador elementar, conforme metodologia descrita em Barrie e Prosser (1996). O teor de S foi determinado pelo método turbidimétrico de acordo com Silva (2009).

3.7.2 Análises pós-colheita

As análises pós-colheita foram realizadas para as infrutescências de morango, através da obtenção de polpa homogeneizada em politron. A partir da polpa homogeneizada, foram realizadas as avaliações descritas a seguir.

3.7.2.1 Conteúdo de sólidos solúveis

A determinação do teor de sólidos solúveis foi obtida por refratometria, com o auxílio de refratômetro digital (Reichert AR 200) conforme Association Official of Analytical Chemists (AOAC, 2005) sendo os valores expressos em graus Brix ($^{\circ}$ BRIX).

3.7.2.2 Acidez titulável

A determinação de acidez titulável foi realizada pelo método titulométrico de acordo com metodologia descrita no Instituto Adolfo Lutz (2005), sendo os valores expressos em g de ácido cítrico 100 g^{-1} .

3.7.2.3 Relação SS/AT

A relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável foi obtida por meio da divisão entre as leituras de sólidos solúveis e os teores em porcentagem de acidez titulável.

3.7.2.4 pH

O pH foi determinado utilizando um pHmetro (Tecnam TEC-3MP) segundo AOAC (2005).

3.7.2.5 Antocianinas

O teor de antocianinas totais foi determinado pelo método diferencial de pH descrito por Giusti e Wroslad (2001).

3.7.2.6 Vitamina C

A determinação do teor de vitamina C foi realizado por meio do método titulométrico padrão AOAC (2005) modificado por Benassi e Antunes (1988). Os resultados foram expressos em mg de vitamina C por 100 g de amostra.

3.7.2.7 Cálculos isotópicos e atributos avaliados nos experimentos

Os cálculos da eficiência de utilização do N foram realizados considerando-se a quantidade e o enriquecimento (% de átomos de ^{15}N em excesso) da fonte de N aplicada (ureia marcada), descontados a abundância natural do isótopo estável de ^{15}N , que é de 0,366%. Os tratamentos foram avaliados pela produtividade de matéria seca, teor e acúmulo de N, porcentagem de N na planta proveniente do fertilizante (%NppF), quantidade de N na planta proveniente do fertilizante (QNppF) e o aproveitamento do N pela planta proveniente do fertilizante (%AppF).

Nitrogênio acumulado (NA)

$$NA = N \times MS \quad (1)$$

Em que: N = Nitrogênio (g dm^{-3}); MS= Matéria seca (g vaso^{-1}).

Porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%NppF)

$$\%NppF = \frac{a - c}{b - c} \times 100 \quad (2)$$

Em que: a = abundância de ^{15}N (% de átomos) na planta; b = abundância de ^{15}N (% de átomos) no fertilizante; c = abundância natural de ^{15}N (0,366% de átomos).

Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNppF)

$$QNppF = \frac{\%Nppf}{100} \times NA \quad (3)$$

Em que: %NppF = Porcentagem de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%); NA = Nitrogênio acumulado (mg vaso^{-1}).

Aproveitamento de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (%AppF)

$$\% AppF = \frac{QNppF}{QNaF} \times 100 \quad (4)$$

Em que: QNppF = Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante;
QNaF = Quantidade de nitrogênio aplicado através do fertilizante.

3.8 Análise estatística dos dados

A análise e variância dos dados foram realizadas aplicando-se o teste F, a 5% de significância, comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de significância e análise de regressão. O programa estatístico utilizado foi o Sisvar (FERREIRA, 2000), para as análises estatísticas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme demonstrado na análise de variância, a matéria fresca de frutos, os teores de N e S na parte aérea do morangueiro e o acúmulo de S no morangueiro foram influenciados pela interação entre os fatores. A massa seca da parte aérea e o acúmulo de N apresentaram efeitos isolados para as doses de N e S. Já a relação N/S foi influenciada pelas doses de S (TABELA 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para matéria fresca de frutos (MFF), matéria seca da parte aérea (MSPA), teor de N na parte aérea (TNPA), acúmulo de N na planta (AcN), teor de S na parte aérea (TSPA), acúmulo de S na planta (AcS) e relação entre N e S (N/S) em morangueiro em função da aplicação de N e S.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		MFF	MSPA	TNPA	
Dose de N	4	10431,1209***	9,4661***	26,5555***	
Dose de S	2	8641,8385***	45,2329***	37,9784***	
Interação N x S	8	1534,0729***	2,4745 ns	4,9944**	
Resíduo	45	43,0358	1,3222	1,2497	
CV (%)		8,22	9,2	5,67	

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		AcN	TSPA	AcS	N/S
Dose de N	4	14713,5307***	0,0548***	20,0668***	14,3586 ns
Dose de S	2	4555,11331**	0,2810***	8,1397**	368,9915***
Interação N x S	8	1253,7929 ns	0,0166***	2,8506*	14,267 ns
Resíduo	45	610,5827	0,0025	0,9596	9,7474
CV (%)		10,04	8,21	12,88	9,47

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($P < 0,01$)

***Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F ($P < 0,001$)

ns: não significativo

¹ g vaso⁻¹, ² g kg⁻¹, ³ mg vaso⁻¹

Fonte: Da autora.

4.1 Matéria Fresca de Frutos

Na avaliação da matéria fresca de frutos, a análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S demonstrou efeito significativo para as doses de N dentro de todas as doses de S (TABELA 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S referente à matéria fresca de frutos (MFF), teor de N na parte aérea (TNPA) e teor de S na parte aérea (TSPA) e acúmulo de S na planta (AcS) em morangueiro em função da aplicação de N e S.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		MFF ¹	TNPA ²	TSPA ²	AcS ³
N : 0 S	4	5395,6363***	11,3563***	0,0125***	6,8754***
N : 30 S	4	5367,2754***	14,4317***	0,0199***	9,7439***
N : 60 S	4	2738,3548***	10,7563***	0,0556***	9,1487***
Resíduo	45	43,0357	1,2497	0,0025	0,9596
CV (%)		8,22	5,67	8,21	12,88

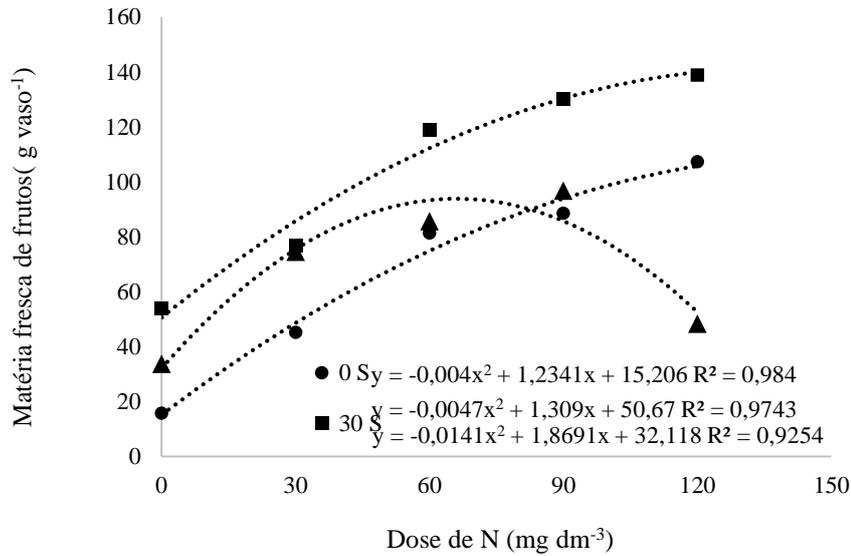
***Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

¹ g vaso⁻¹, ² g kg⁻¹, ³ mg vaso⁻¹

Fonte: Da autora.

Os valores de matéria fresca de frutos apresentaram ajuste quadrático para as doses de S em relação ao aumento das doses de N (FIGURA 1). Verificou-se na dose de 30 mg dm⁻³ de S um incremento de 140,07 g vaso⁻¹ conjuntamente com a dose de 120 mg dm⁻³ de N. Com a aplicação de 60 mg dm⁻³ de S as plantas apresentaram uma produção de 94,06 g vaso⁻¹ com a aplicação de 66,28 mg dm⁻³ N. Na falta de S tem-se menos aminoácidos sulfurados, o que pode ocasionar acúmulo ou carência de produtos sintetizados, resultando em baixa colheita. No entanto, excesso de S também causa diminuição da colheita, talvez por um excesso de S²⁻ (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

Figura 1 - Matéria fresca de frutos do morangueiro em função da aplicação de N e S.



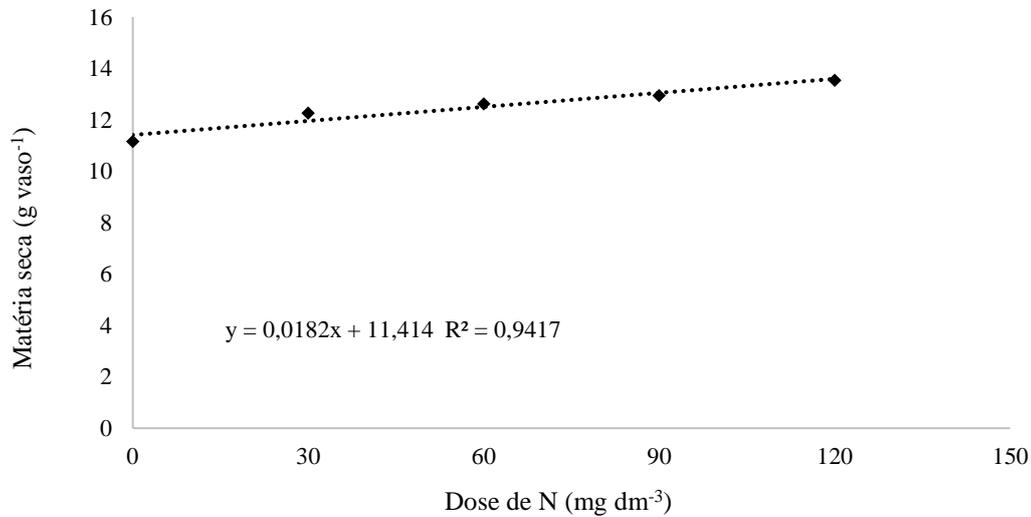
Fonte: Da autora.

Doses relativamente baixas de S são suficientes para manter um bom equilíbrio nutricional com o N no crescimento das culturas (ALVAREZ et al., 2007). Osório Filho et al. (2007) e Rheinheimer et al. (2005) não constataram respostas para a cultura do trigo quando aplicaram doses crescentes de S na sementeira, afirmando como provável causa deste resultado a rápida lixiviação do sulfato no solo. Meena e Singh (1998), verificaram que doses de S maiores que 30 mg kg⁻¹ de solo provocaram redução na produtividade da cebola cultivada em vaso. Aulakh, Pasricha e Sahota (1980) baseando num experimento três anos com mostarda à campo, observaram que os melhores rendimentos de óleo ocorreram quando aplicou-se as doses de 75 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de S, demonstrando interação significativa entre esses elementos.

4.2 Matéria seca da parte aérea

A matéria seca aumentou linearmente em função das doses de N, variando de 11,41 a 13,60 g vaso⁻¹ (FIGURA 2). O acréscimo da matéria seca da parte aérea em função das doses de N, certamente está relacionado com o maior teor de N total nas folhas, assegurando pelas maiores doses de N aplicadas, visto que esse nutriente eleva o teor de clorofila nas folhas e o índice de área foliar, e por conseguinte, os níveis de fotossíntese líquida, o que ocasiona em maior acúmulo de matéria seca (MARSCHNER, 2012).

Figura 2 - Matéria seca da parte aérea de morangueiro em função da aplicação de N.



Fonte: Da autora.

Aumento da produção da matéria seca no morangueiro foi observado por Acuña-Maldonado e Pritts (2008) em experimento com morango, com doses de N em solução nutritiva. Aumento da produção da matéria seca no morangueiro foi observado por Vázquez-Gálvez, Cárdenas-Navarro e Lobit (2008) em experimento conduzido em campo no México, com doses de 0, 23, 77, 231, 693 e 1537 kg ha⁻¹ de N na forma de Ca(NO₃)₂.

Vázquez-Gálvez, Cárdenas-Navarro e Lobit (2008) estudando o efeito do N sobre o crescimento de morangueiro, cultivar Aromas, sob fertirrigação, observaram que a matéria seca da planta aumentou juntamente com o aumento das doses de N fornecidas. Moreira et al. (2011) ao avaliarem a influência de doses de N na matéria seca de repolho, constataram que houve aumento na massa seca das folhas e caule do repolho, aumentando de forma linear ao aumento das doses de N. Puga et al. (2010), ao estudar o efeito da omissão de macronutrientes no desenvolvimento da chicória, mencionaram que a omissão do N afetou o crescimento das plantas, reduzindo a altura, o número de folhas, a área foliar e a massa seca da parte aérea em comparação ao tratamento completo.

Em relação às doses de S, a produção de matéria seca decresceu em 21,46 % da menor para a maior dose (TABELA 4). Neste caso podemos inferir que a cultura do morango não necessita de uma demanda grande de S, sendo que no estudo em questão, o teor de S contido no solo (11,27 mg dm⁻³) foi suficiente para o seu desenvolvimento.

Tabela 4 - Matéria seca da parte aérea (MSPA), acúmulo de N (AcN) e relação N/S (N/S) em morangueiro em função da aplicação de S.

Dose de S (mg dm ⁻³)	MSPA ¹	AcN ²	Relação N/S
0	13,88 a	255,11 a	37,63 a
30	12,73 b	254,31 a	32,13 b
60	10,9 c	228,58 b	29,16 c

As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância
¹ g vaso⁻¹, ² mg vaso⁻¹

Fonte: Da autora.

Devido a diminuição da matéria seca pode-se sugerir que houve um excesso de S para a cultura, ocasionando um distúrbio fisiológico, o que resultou em diminuição na matéria seca e também diminuição no acúmulo de N na planta.

Alves et al. (2008) ao avaliarem o efeito da omissão de macronutrientes no desenvolvimento da beterraba, constataram que a matéria seca da parte aérea não foi afetada pela omissão de S, e que a matéria seca da planta inteira não foi afetada negativamente pela omissão de S em comparação à solução completa, atribuindo como justificativa que as plantas possivelmente absorveram o SO₂ proveniente da atmosfera. Asare e Scarisbrick (1995) ao avaliar a adubação de N e S na colza, encontraram que o rendimento de matéria seca por planta foi aumentado pela aplicação de N e que o S não influenciou a variável em questão. Batista e Monteiro (2006) ao avaliarem as respostas produtivas do capim marandu adubado com doses combinadas de N e S, verificaram que a interação NxS não foi significativa na época do segundo corte, sendo que as produções de massa seca da parte aérea apresentaram respostas significativas apenas para as doses de N.

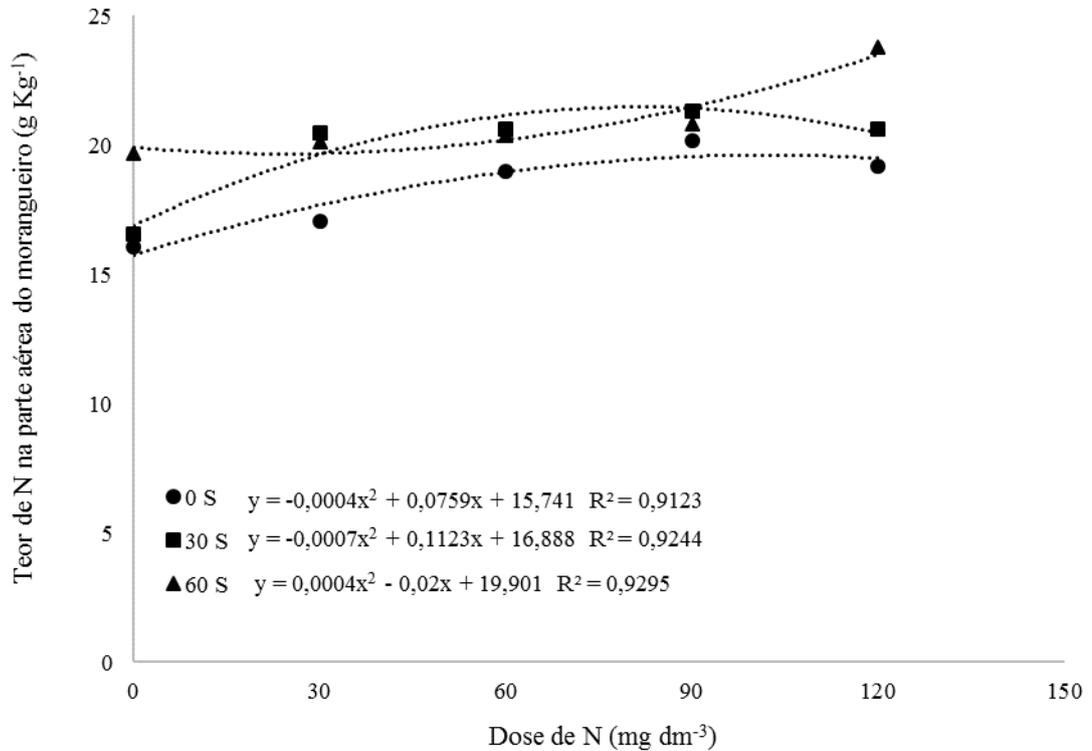
4.3 Teor e acúmulo de N na parte aérea

Assim como na avaliação da matéria fresca de frutos, para o teor de N na parte aérea do morangueiro, a análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S demonstrou efeito significativo para todas as doses de N dentro de todas as doses de S (TABELA 3).

Analisando os teores de N na parte aérea da planta, os mesmos variaram de 15,74 g kg⁻¹ no tratamento controle, a 23,26 g kg⁻¹ na dose de 60 mg dm⁻³ de S. Para o tratamento controle de S, o máximo teor de N obtido foi de 19,34 g kg⁻¹, correspondente à dose de 94,88

mg dm⁻³ de N. Já a aplicação de 30 mg dm⁻³ de S, resultou em um maior teor de N na parte aérea do morangueiro de 21,39 g kg⁻¹ com a aplicação de 80,21 mg dm⁻³ de N (FIGURA 3).

Figura 3 - Teor de N na parte aérea do morangueiro em função da aplicação de N e S.

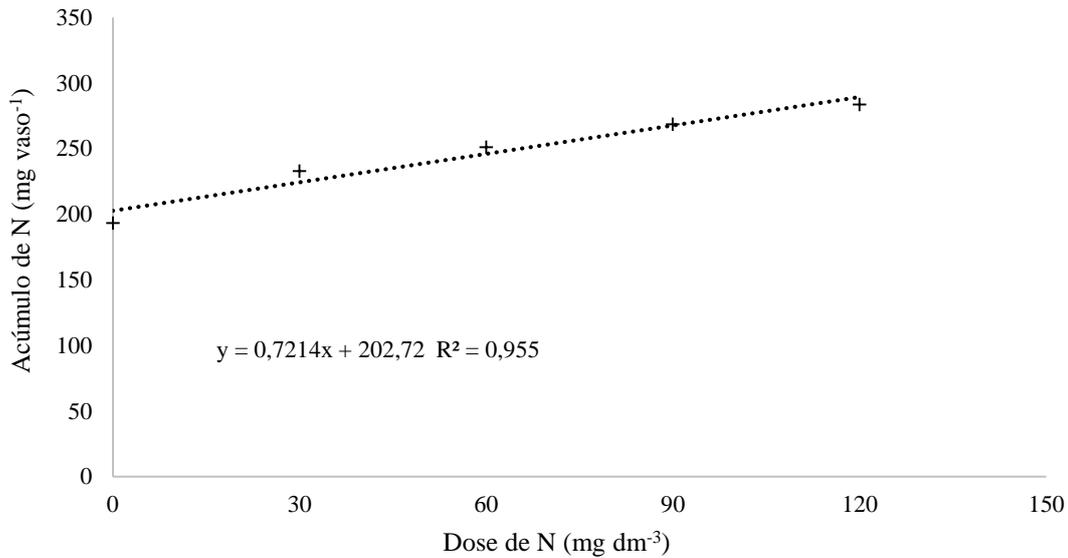


Fonte: Da autora.

Alvarenga et al. (2003) ao estudarem o comportamento da alface americana em função de doses crescentes de N, notaram aumento no teor de N na planta concomitante ao incremento das doses de N.

Já para o acúmulo de N na planta, observou-se incremento de 30% com o aumento da dose de N de 0 à dose de 120 mg dm⁻³ (FIGURA 4). Entretanto, houve queda no acúmulo de N no morangueiro à medida em que se aumentaram os níveis de S aplicados. O tratamento controle juntamente com a dose de 30 mg dm⁻³ de S apresentaram as maiores médias para a variável, sendo que ambos apresentaram acúmulo de N superiores ao encontrado na dose de 60 mg dm⁻³ de S (TABELA 4).

Figura 4 - Acúmulo de N no morangueiro em função da aplicação de N.



Fonte: Da autora.

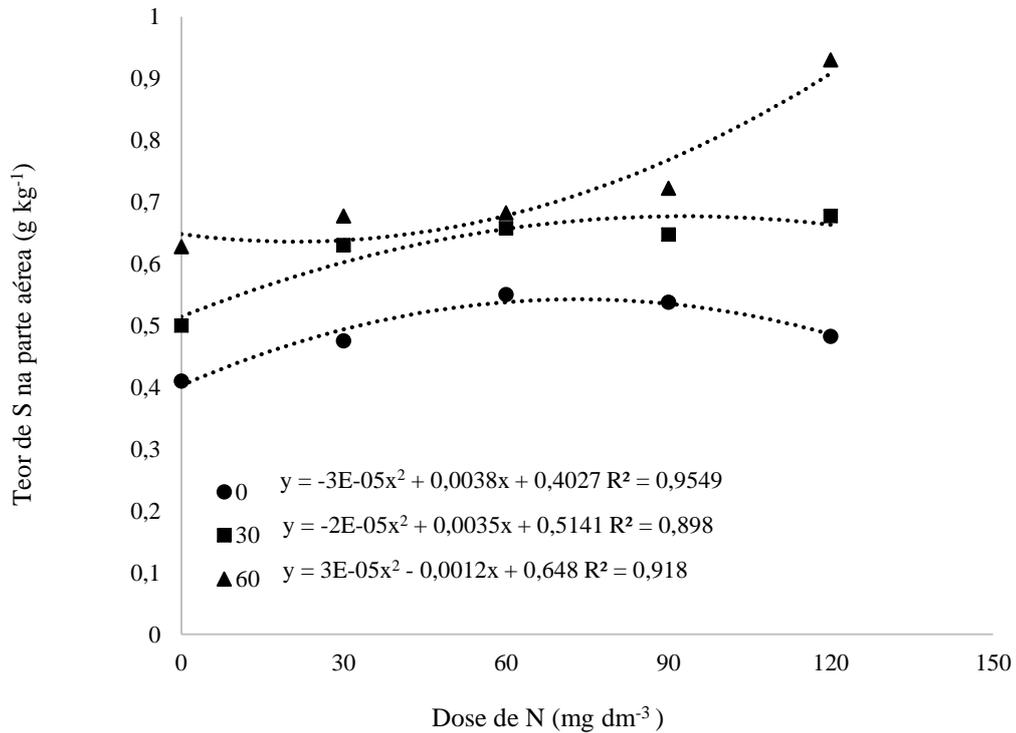
El-Desuki et al. (2005) estudando a adubação nitrogenada durante dois anos agrícolas em rabanete, verificaram que o aumento nas doses de N proporcionou elevação do acúmulo de N nas folhas. Franco et al. (2007) ao avaliarem o acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada, observaram que houve acúmulo de N na parte aérea da cultura em função do aumento das doses de N aplicadas, sendo que o acúmulo apresentou comportamento linear.

4.4 Teor e acúmulo de S na parte aérea

Para o teor de S na parte aérea, a análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S demonstrou efeito significativo para as doses de N dentro de todas as doses de S (TABELA 3).

Os maiores teores de S obtidos na parte aérea do morangueiro, para o tratamento controle e a dose 30 mg dm⁻³ de S foram, respectivamente, de 0,52 e 0,67 g kg⁻¹, quando combinados com as doses de 63,33 e 87,50 mg dm⁻³ de N, respectivamente. Os máximos teores de S na parte aérea da planta foram alcançados a partir da maior dose de S utilizada, que corresponde à 60 mg dm⁻³ de S, sendo que os valores apresentaram incremento a partir da dose de 20 mg dm⁻³ de N aplicada (FIGURA 5).

Figura 5 - Teor de S na parte aérea do morangueiro em função da aplicação de N e S.



Fonte: Da autora.

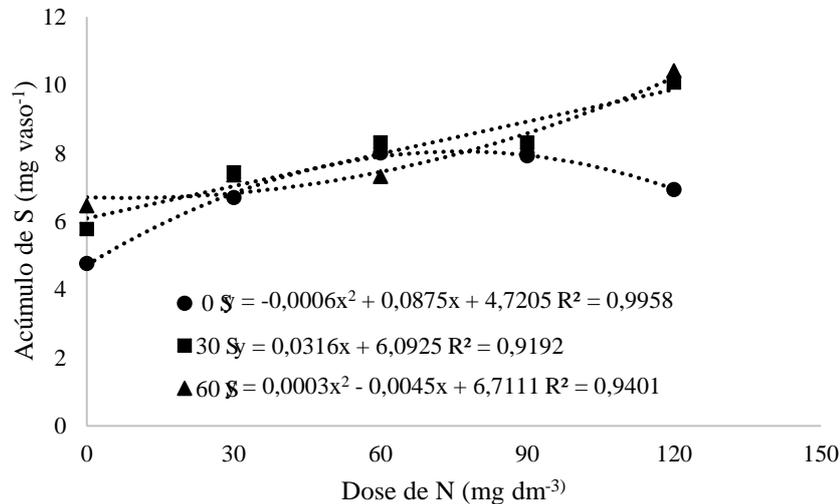
Assim como era esperado, o teor de S na parte aérea da planta aumentou concomitantemente ao aumento das doses de S aplicadas. O S é essencial para a produção agrícola, pois exerce importante papel no rendimento e a qualidade das culturas (JAMAL; MOON; ABDIN, 2010). Rheinheimer et al. (2005) verificaram que o aumento das doses de sulfato fornecidas ao nabo forrageiro proporcionaram incrementos nos teores de S no tecido da cultura. Tiecher et al. (2012) ao estudarem as respostas de culturas e disponibilidade de S em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada, verificaram que a quantidade de S na parte aérea das plantas e o teor de S disponível no solo aumentaram com a aplicação do nutriente. Biswas, Ali e Khera (1995), constataram interação significativa entre as aplicações de N e S na colza, sendo que ao aumentar as doses de N, houve um aumento nos teores de S na planta.

Em relação ao acúmulo de S na parte aérea do morangueiro, a análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S mostrou efeito significativo para as doses de N dentro de todas as doses de S (TABELA 3).

Pelos dados, quando submetidos à análise de regressão, observou-se que o tratamento controle de S e a dose de 60 mg dm⁻³ de S apresentaram como melhor ajuste a equação

polinomial de segundo grau. Já para a dose de 30 mg dm⁻³, a equação linear foi a que melhor se ajustou (FIGURA 6).

Figura 6 – Acúmulo de S no morangueiro em função da aplicação de N e S.



Fonte: Da autora.

Na aplicação de 60 mg dm⁻³ de S obteve-se o maior acúmulo de S na parte aérea do morangueiro, que foi de 10,49 mg vaso⁻¹, em conjunto com a maior dose de N. Ao aplicar a dose mediana de S, foi observado um aumento linear de 38,36%, da menor para a maior dose de N aplicada. Já na aplicação do tratamento controle de S, o maior acúmulo de S observado foi de 7,91 mg vaso⁻¹, quando houve o fornecimento de 72,92 mg dm⁻³ de N.

Foi observado baixo acúmulo de S na planta do morangueiro. Conforme Malavolta (1980), na maioria das hortaliças, com exceção das crucíferas, o S é o nutriente menos acumulado na planta. Grangeiro e Cecílio Filho (2005), ao estudarem o acúmulo de macronutrientes em melancias, observaram que o S foi o macronutriente que apresentou acúmulo em menor quantidade, com valores estimados de 1,75 g planta⁻¹. Em relação à interação entre N e S, Alvarenga et al. (2003), analisando acúmulo de macronutrientes em alface-americana, em função da aplicação de N no solo, notaram que as doses de N fornecidas proporcionaram aumento no acúmulo de S na parte aérea da planta.

4.5 Relação N/S

Somente as doses de S influenciaram a relação entre N e S na planta do morangueiro. Ao analisar a relação N/S, verificou-se que os valores para a variável em questão decresceram em 22,51 % em função do aumento das doses de S (TABELA 4). Diversos compostos da planta possuem tanto N quanto S, o que auxilia na explicação da existência de uma relação N/S que está vinculada ao crescimento e produção (MALAVOLTA; MORAES, 2007). Paula et al. (2002) notaram que houve uma queda na relação N/S na folha de cebola em função do aumento das doses de gesso aplicadas. Vieira et al. (1986) ao avaliarem os efeitos de doses de S sobre os teores de N e S na qualidade fisiológica das sementes de trigo, perceberam que as doses de S utilizadas traduziram-se no aumento nos teores de N e S contidos nas sementes e em diminuição da relação N/S. Warman e Sampson (1994) também encontraram uma menor relação N/S em trigo cultivado em solo arenoso, em respostas ao S. A elevação dos teores de S nas folhas do feijoeiro, resultantes da aplicação de S em cobertura, também ocasionou diminuição na relação N/S (CRUSCIOL et al., 2006).

4.6 Porcentagem de ^{15}N na planta proveniente do fertilizante, quantidade de ^{15}N na planta proveniente do fertilizante e aproveitamento pela planta do ^{15}N proveniente do fertilizante

De acordo a análise de variância, a quantidade de ^{15}N na planta proveniente do fertilizante e o aproveitamento pela planta do N proveniente do fertilizante foram influenciados pela interação entre os fatores em estudo, enquanto a porcentagem de N na planta proveniente do fertilizante foi influenciada somente pela dose de N (TABELA 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para porcentagem de ^{15}N na planta proveniente do fertilizante (NppF), quantidade de ^{15}N na planta proveniente do fertilizante (QNppF) e aproveitamento pela planta do ^{15}N proveniente do fertilizante (ApF) em morangueiro em função da aplicação de N e S.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		NppF ¹	QNppF ²	ApF ¹
Dose de N	3	1799,0848***	18402,5448***	910,1261***
Dose de S	2	7,1589 ns	1441,4706***	215,9703**
Interação NxS	6	29,3358 ns	325,6609*	58,6870*
Resíduo	36	17,0837	116,5089	25,9031
CV (%)		10,34	10,27	10,16

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F ($P < 0,05$)

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F ($P < 0,01$)

***Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F ($P < 0,001$)

¹ %, ² mg vaso⁻¹

Fonte: Da autora.

A análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S demonstrou efeito significativo para as doses de N dentro de todas as doses de S para a quantidade de ^{15}N na planta proveniente do fertilizante, assim como para a porcentagem de aproveitamento pela planta do ^{15}N proveniente do fertilizante (TABELA 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S referente ao aproveitamento pela planta do ^{15}N proveniente do fertilizante (ApF) e quantidade de ^{15}N na planta proveniente do fertilizante (QNppF) em morangueiro em função da aplicação de N e S.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		ApF ¹	QNppF ²
N : 0 S	3	375,5310***	6395,1731***
N : 30 S	3	202,4976***	8396,0941***
N : 60 S	3	449,4716***	4262,5994***
Resíduo	36	25,9031	116,5089
CV (%)		10,16	10,27

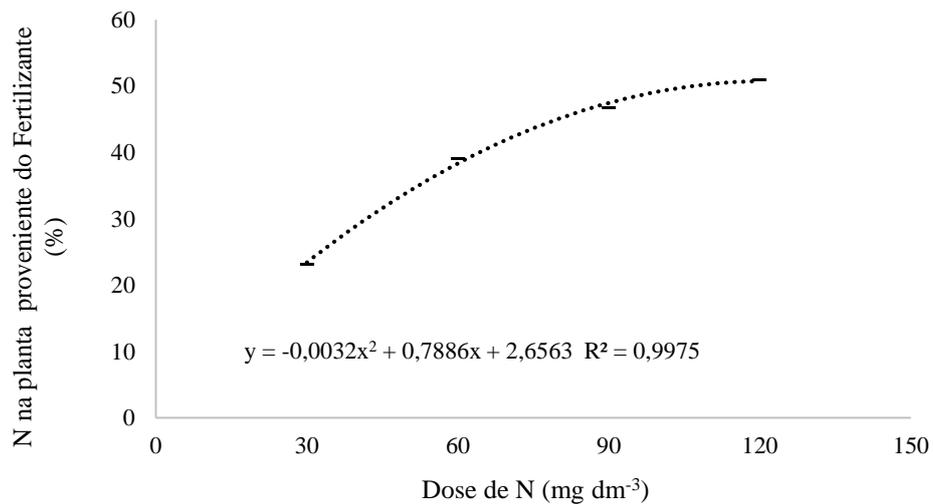
***Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F ($P < 0,001$)

¹ %, ² mg vaso⁻¹

Fonte: Da autora.

Para a porcentagem de ^{15}N na planta proveniente do fertilizante, observou-se comportamento quadrático, em que houve aumento da variável em questão, variando de 23,43 a 51,21 % em função das doses de N (FIGURA 7), conforme o esperado.

Figura 7 - N na planta proveniente do fertilizante nitrogenado em função das doses de N.

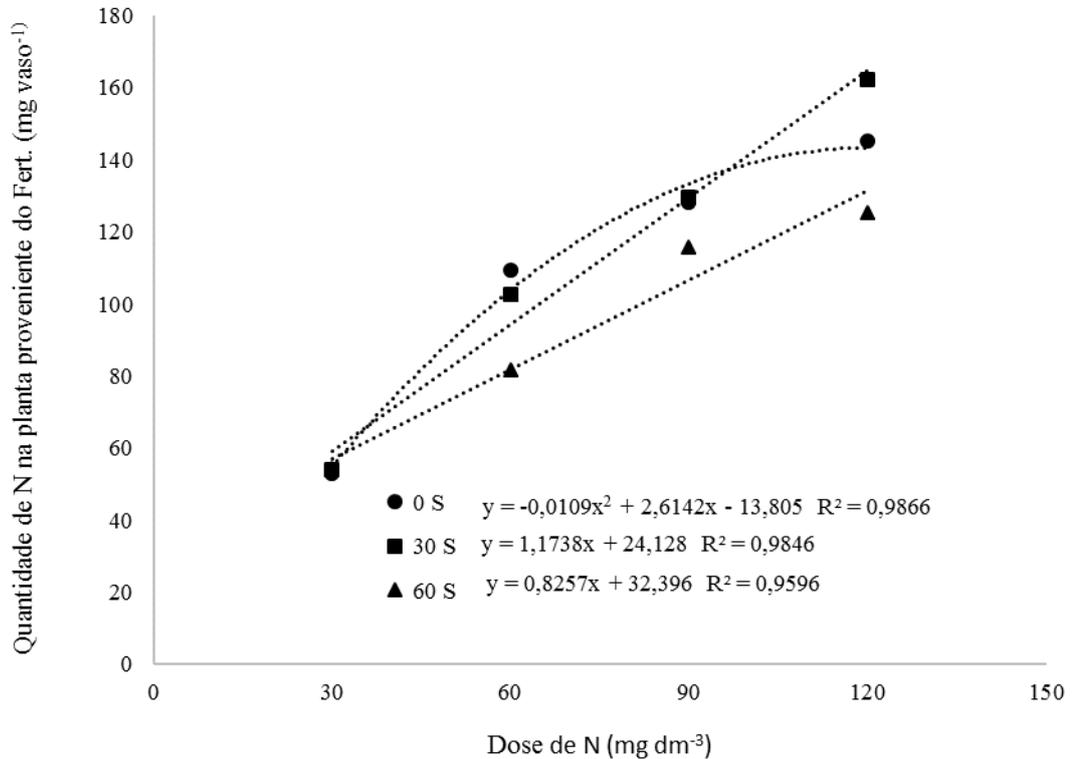


Fonte: Da autora.

Ao contrário do observado nesse trabalho, Silva et al. (2009), ao avaliarem o aproveitamento pelo milho em razão da adubação verde, verificaram que a porcentagem do N na planta de milho proveniente de adubos verdes (milheto e crotalária) decresceu.

A quantidade de N na planta proveniente do fertilizante apresentou incremento em função de todas as doses de S, combinadas com o aumento das doses de N. Para a dose de 30 mg dm⁻³ de S, a variação foi de 59,34 para 164,98 mg vaso⁻¹. Já para a dose de 60 mg dm⁻³ de S, a variação foi de 57,17 para 131,48 mg vaso⁻¹ (FIGURA 8).

Figura 8 - Quantidade de ^{15}N na planta proveniente do fertilizante em função das doses de N e S.

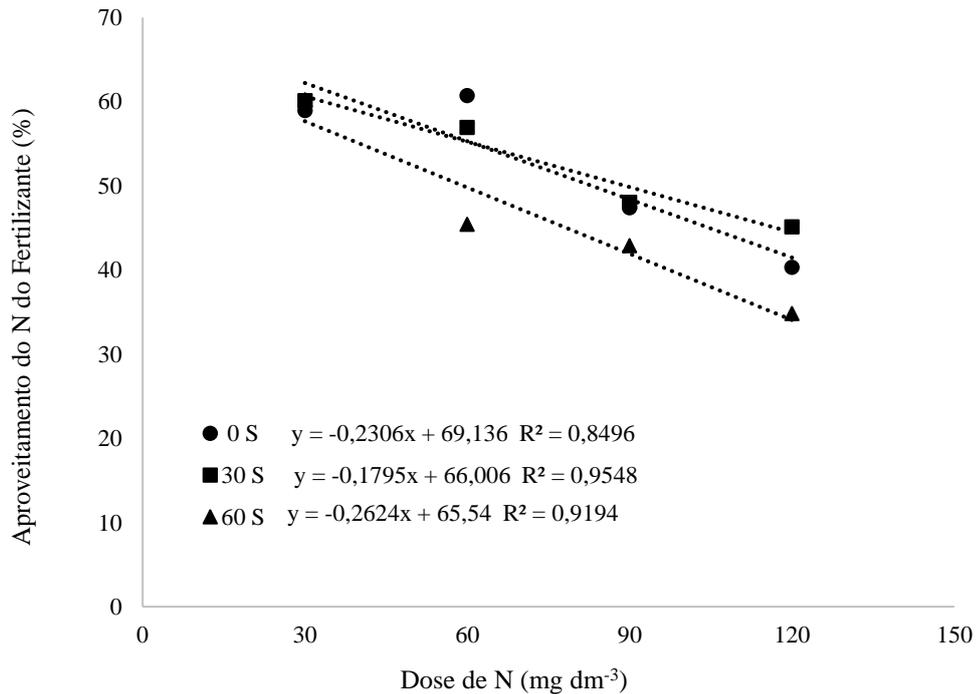


Fonte: Da autora.

Duete et al. (2008) estudando a utilização do ^{15}N pelo milho em Latossolo vermelho também observaram que a quantidade de N na planta proveniente do fertilizante aumentou com o incremento das doses de N aplicadas.

Em contrapartida, em relação ao aproveitamento pela planta do N proveniente do fertilizante, verificou-se que para todas as doses de S, obteve-se efeito linear negativo em função das doses de N. O decréscimo no aproveitamento do N proveniente do fertilizante variou de 62,22 a 41,46% para o tratamento controle de S, de 60,21 a 44,47% para a dose mediana de S, e de 57,67 a 34,05% para a maior dose de S aplicada (FIGURA 9).

Figura 9 - Aproveitamento do ^{15}N proveniente do fertilizante em função das doses de N e S.



Fonte: Da autora.

O aproveitamento do N proveniente do fertilizante foi menor quando combinadas as maiores doses de N e S. A recuperação do N proveniente do fertilizante pode variar, já que depende de inúmeros fatores, como o tipo de solo, a cultura estudada, a dose do fertilizante, o manejo utilizado, além das condições ambientais. O menor aproveitamento do N do fertilizante com o aumento da doses de N pode estar relacionado à maior produção de massa seca, concentração do nutriente e também pela extração do N pelas plantas nas maiores doses fornecidas.

Corroborando com os resultados encontrados, trabalhos na cultura do milho demonstraram que o aproveitamento do N proveniente do fertilizante foram influenciados negativamente pelas doses crescentes do adubo nitrogenado (FERNANDES; LIBARDI, 2012; JOKELA; RANDALL, 1997). Conforme estudos realizados em diferentes partes do mundo, foi observado que, em valores médios, a taxa de aproveitamento do N vindo do fertilizante está em torno de 50 a 60% (CANTARELLA, 2007). De acordo com Ojeda-Real et al. (2008), o aproveitamento do N no cultivo do morangueiro é menor que 30%. Kirda, Dericci e Schepers (2001), ao estudarem a fertilização do trigo com ureia marcada com átomos de ^{15}N em

excesso, encontraram recuperação de 50-60% do N aplicado, sendo que 50-40% do N proveniente do fertilizante permaneceu no solo ou foi perdido para a atmosfera.

4.7 Caracterização físico-química de infrutescências

A análise de variância dos valores relativos à antocianinas e vitamina C mostra que esses parâmetros foram influenciados pela aplicação de N e S, bem como pela interação entre esses fatores. Tais resultados encontram-se na Tabela 7, onde se observa também a influência da interação entre as adubações nitrogenada e sulfatada nos valores de sólidos solúveis, relação entre sólidos solúveis e acidez titulável e pH, não sendo essas características afetadas pelos fatores, isoladamente. Já os valores relativos à acidez titulável não foram influenciados pelos fatores isolados e nem pela interação entre eles.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT), pH, antocianinas (Ant) e vitamina C (VitC) em infrutescência de morangueiro em função da aplicação de N e S.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		SS ¹	AT ²	SS/AT
Dose de N	4	0,4178 ns	0,0021 ns	0,3639 ns
Dose de S	2	1,6581 ns	0,0293 ns	1,3672 ns
Interação N X S	8	4,7760***	0,0181 ns	2,4228**
Resíduo	45	0,8320	0,0095	0,8286
CV (%)		8,95	7,60	11,37

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		pH	Ant	VitC
Dose de N	4	0,0112 ns	81,9117***	1152,6499**
Dose de S	2	0,0209 ns	387,9864***	1551,2718**
Interação N X S	8	0,0335**	76,9325***	1409,1616*
Resíduo	45	0,0090	4,9735	273,7048
CV (%)		2,69	12,49	10,80

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (P<0,05)

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,01)

***Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

ns: não significativo

¹ °Brix, ² g de ácido cítrico 100g⁻¹

Fonte: Da autora.

4.7.1 Sólidos solúveis

Na avaliação do teor de sólidos solúveis, a análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S demonstrou efeito significativo para o tratamento controle e a dose mediana de S (TABELA 8).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância do desdobramento das doses N dentro de cada nível de S referente a sólidos solúveis (SS), relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) e pH em infrutescência morangueiro em função da aplicação de N e S.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		SS ¹	SS/AT	pH
N : 0 S	4	4,3859***	1,2283 ns	0,0565***
N : 30 S	4	4,2336***	3,4605**	0,0032 ns
N : 60 S	4	1,3503 ns	0,5208 ns	0,0184 ns
Resíduo	45	0,8320	0,8286	0,0090
CV (%)		8,95	11,37	2,69

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (P<0,05)

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F (P<0,01)

***Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F (P<0,001)

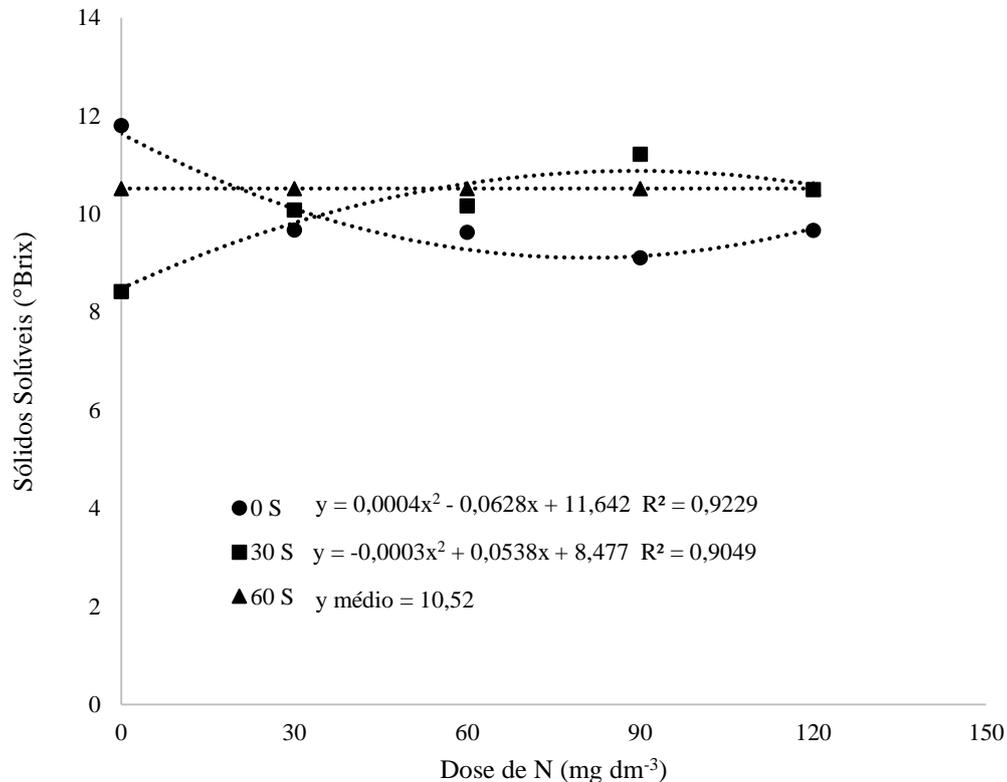
ns: não significativo

¹ °Brix

Fonte: Da autora.

Os dados, quando submetidos à análise de regressão, mostraram que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste para as doses em questão (FIGURA 10).

Figura 10 - Teor de sólidos solúveis totais em infrutescência de morangueiro em função da aplicação de N e S.



Fonte: Da autora.

Pela equação, na aplicação de 30 mg dm⁻³ de S, obteve-se o maior valor de sólidos solúveis, que foi de 10,89 °Brix, na dose de 89,67 mg dm⁻³ de N. Para o tratamento controle, a menor porcentagem de sólidos solúveis foi de 9,18 °Brix, com aplicação de 78,5 mg dm⁻³ de N.

Pádua et al. (2015) avaliando o comportamento de cultivares de morangueiro plantadas no sul de Minas Gerais, encontraram para a cultivar Albion, valores de sólidos solúveis que variaram entre 7,03 a 8,71 °Brix. Antunes et al. (2014) ao estudarem a qualidade pós-colheita de diferentes cultivares de morangueiro, observaram que a cultivar Albion se destacou com o maior teor de sólidos solúveis (6,95 °Brix) durante o primeiro ciclo avaliado, entretanto, o valor encontrado foi menor que os valores alcançados no presente trabalho para essa cultivar.

O teor de sólidos solúveis indica a quantidade de açúcares presentes nos frutos, considerando que demais compostos se encontram dissolvidos na seiva vacuolar, tais como vitaminas, fenólicos, pectinas, aminoácidos, pectinas e ácidos orgânicos, no entanto, em

menor proporção (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O teor de sólidos solúveis é um parâmetro relevante principalmente para frutos comercializados *in natura*, pois o mercado consumidor prefere frutos doces (CONTI; MINAMI; TAVARES, 2002). Conforme Kader (1991) o teor de sólidos solúveis em morango varia em torno de 4,6 a 11,9° Brix, de acordo com a cultivar e os fatores pré-colheita a que essa cultivar foi sujeita, entretanto, para que um fruto seja aceitável para o consumo *in natura*, o teor mínimo de sólidos solúveis deve ser em torno de 7°Brix (KADER, 1999). Sendo assim, tanto os valores mínimos de sólidos solúveis obtidos com o tratamento controle de S (9,18°Brix) e com a dose de 30 mg kg⁻¹ de S (8,47°Brix) e suas respectivas dose de N, quanto a média visualizada com a aplicação de 60 mg kg⁻¹ de S (10,52°Brix), independentemente do nível de N aplicado, estão aptos ao consumo *in natura*, já que se encontram acima do teor mínimo aceitável.

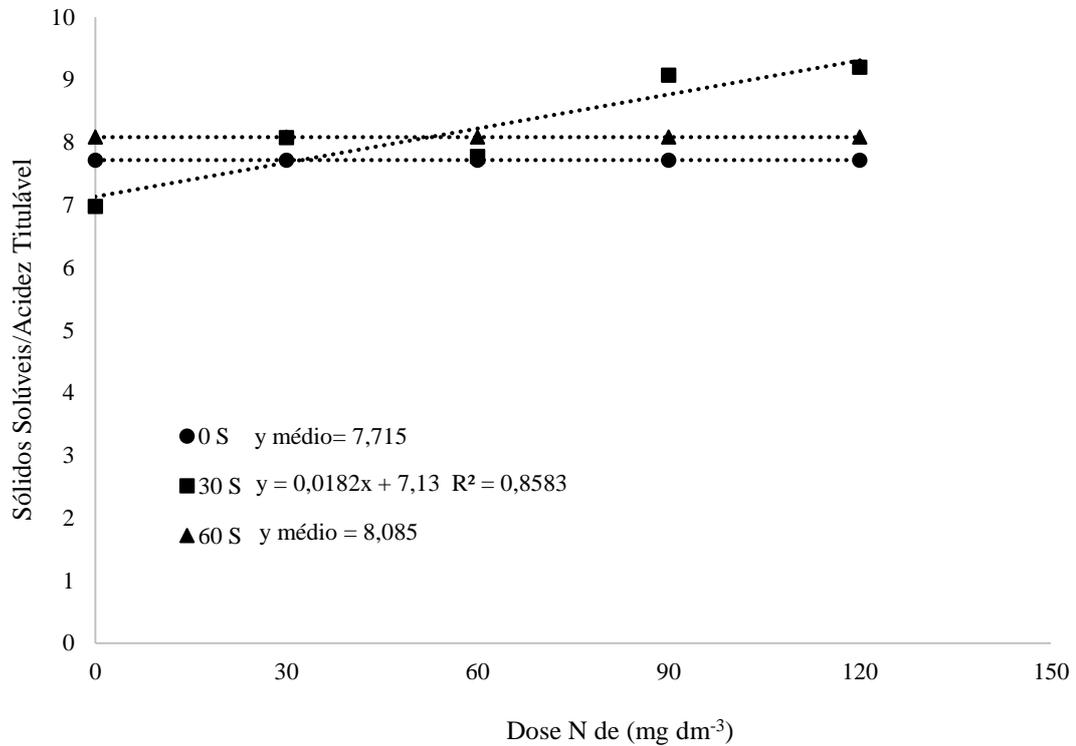
4.7.2 Acidez Titulável

Os valores relativos à acidez titulável não sofreram alterações significativas em função das doses de N e S, podendo-se inferir que as adubações nitrogenada, proveniente da ureia, e sulfatada, proveniente do gesso, não tem influência na acidez titulável das infrutescências de morangueiro (TABELA 7).

4.7.3 Relação SS/AT

Para a relação SS/AT, por meio da análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S, foi verificado efeito significativo somente para a dose de 30 mg dm⁻³ de S (TABELA 8). Os dados, ao serem submetidos à análise de regressão, mostraram que a equação de primeiro grau foi a que apresentou melhor ajuste, sendo observado efeito linear positivo em função das doses de N (FIGURA 11).

Figura 11 - Relação SS/AT em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de N e S.



Fonte: Da autora.

O aumento verificado na relação SS/AT na dose de 30 mg dm⁻³ de S em função das doses de N, variou de 6,98, no tratamento controle de N a 9,31 na dose de 120 mg dm⁻³ de N. Nesse caso podemos sugerir que há estreita relação entre a relação SS/AT e as doses de N combinadas com a dose de 30 mg dm⁻³ de S, porém não podemos afirmar, uma vez que este mesmo comportamento não foi verificado com as demais doses de S avaliadas.

A relação SS/AT é um parâmetro muito importante, pois permite avaliar o sabor dos frutos, sendo mais representativa que a medição isolada de açúcares ou da acidez (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Enquanto o valor mínimo ideal de sólidos solúveis para o morango é em torno de 7 °Brix, e o máximo de acidez titulável é próximo à 0,8 g ácido cítrico 100 g⁻¹ polpa, é estabelecido, portanto, um nível ideal para a relação SS/AT de 8,75 (KADER, 1999).

A junção entre a dose mediana de S com as doses mais elevadas de N foi a que alcançou o nível ideal para a relação em questão. Guimarães et al. (2013) analisando características físico-químicas de cultivares de morangueiro cultivadas no Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, encontraram valor da relação SS/AT para a cultivar Albion

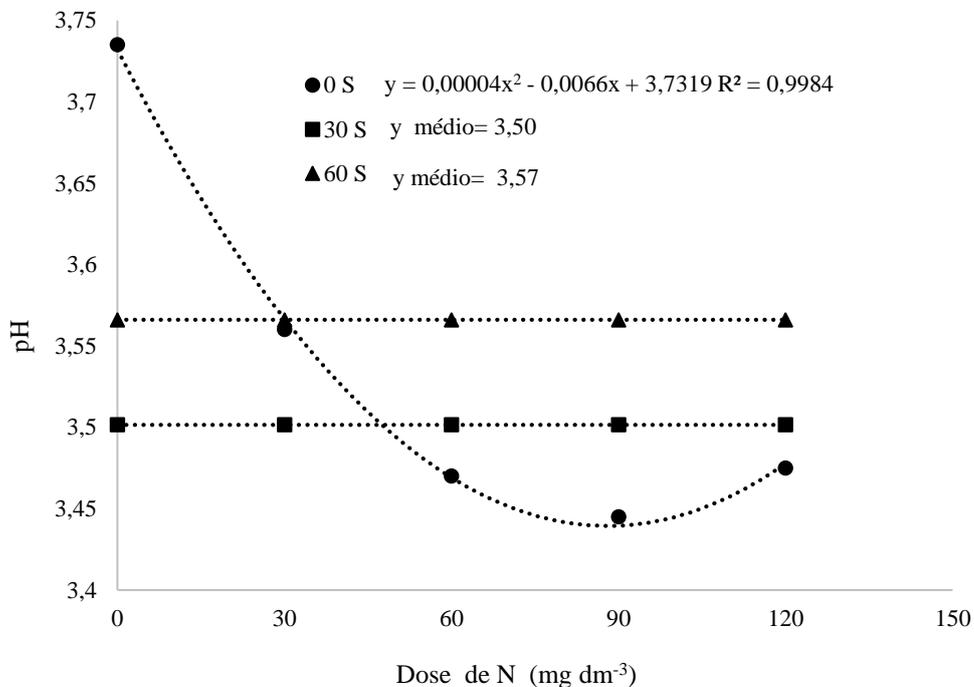
de 6,38. Valor parecido aos desse trabalho foram relatados por Krolow, Schwengber e Ferri (2007), que encontraram valor de 7,75 para relação SS/AT da cultivar Aromas, cultivada sob plantio convencional. Barros et al. (2012) ao avaliarem a qualidade de melancias submetidas à adubação nitrogenada, encontraram que o valor máximo da relação SS/AT foi obtido com dose de 151,25 Kg ha⁻¹ de N.

A relação SS/AT nos vegetais é muito utilizada para avaliar o flavor, sendo que um aumento nessa relação pode significar incremento de sabor, além de ser indicativo do nível de amadurecimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

4.7.4 pH

Para a avaliação do pH das infrutescências, a análise de variância do desdobramento das doses de N dentro de cada nível de S apresentou efeito significativo apenas para o tratamento controle de S (TABELA 8). Ao serem submetidos à análise de regressão, os dados mostraram que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste para a dose controle, sem aplicação de S (FIGURA 12).

Figura 12 - pH em infrutescência de morangueiro em função da aplicação de N e S.



Fonte: Da autora.

O maior valor de pH de infrutescência encontrado foi de 3,74, obtido sem a aplicação de S conjuntamente com o tratamento controle de N. Dessa forma, o manejo combinando o tratamento controle de S com doses mais baixas de N, têm-se morangos aptos para serem consumidos *in natura*, pois a determinação do pH dos frutos serve como parâmetro para definir a finalidade de uso das cultivares. Valores de pH menores que 3,5 é propriedade de morangos para uso industrial, enquanto que para o consumo *in natura* são preferíveis os frutos pouco ácidos (PASSOS, 1982). Entretanto, ao se elevarem as doses de N, os valores de pH decresceram, chegando ao valor mínimo de 3,46 juntamente com a aplicação de 82,5 mg dm⁻³ de N.

Carvalho (2013) encontrou valores médios de pH de 3,56 para a cultivar Albion, em duas safras consecutivas, na região Sul do Brasil. Pádua et al. (2015), também para a cultivar Albion, encontraram valores de pH de 3,51 a 4,07, nas cidades de Maria da Fé e Inconfidentes, respectivamente. Os valores de pH para morangos da cultivar Oso Grande armazenados sob refrigeração, encontrados por Reis et al. (2008), variaram entre 3,59 a 3,84. Conti, Minami e Tavares (2002), ao avaliar a produção de cultivares distintas de morangueiro, em ensaios realizados em Atibaia e Piracicaba, encontraram valores de pH de 3,84 para a cultivar Princesa Isabel e 3,77 para a cultivar AGF-080. Dias et al. (2002) analisando as características físico-químicas de morangos cultivados na região norte de Minas Gerais, verificou valores de pH de 3,56 para morangos da cultivar IAC Campinas, de 3,59 para as infrutescências da cultivar Dover e 3,56 para a cultivar Sweet Charlie, no dia da colheita. Os valores de pH observados no presente trabalho são semelhantes aos encontrados pelos autores citados.

4.7.5 Antocianinas

Pelo desdobramento, na avaliação do teor de antocianinas nas infrutescências, verificou-se efeito significativo para os níveis de N dentro de todas as doses de enxofre (TABELA 9).

Tabela 9 – Resumo da análise de variância do desdobramento das doses N dentro de cada nível de S referente a antocianinas (Ant) e vitamina C (VitC) em infrutescência morangueiro em função da aplicação de N e S.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Ant ¹	VitC ²
N : 0 S	4	77,9708***	1989,2946***
N : 30 S	4	121,6814***	478,5405 ns
N : 60 S	4	36,1245***	1503,1379***
Resíduo	45	4,9735	273,7048
CV (%)		12,49	10,80

***Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F ($P < 0,001$)

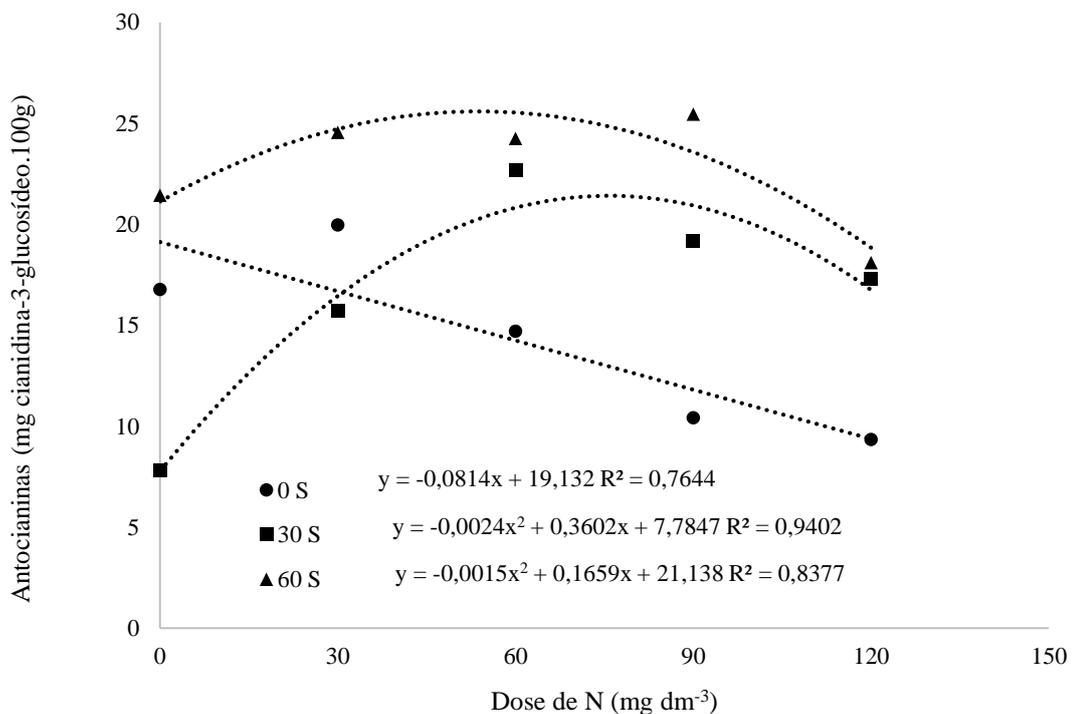
ns: não significativo

¹ mg cianidina-3-glucosídeo 100g, ² mg 100g de polpa⁻¹

Fonte: Da autora.

Por meio dos dados, quando submetidos à análise de regressão, nota-se que a equação polinomial de segundo grau foi a que apresentou o melhor ajuste nas doses de 30 e 60 mg dm⁻³ de S, e para o tratamento controle de S, o melhor ajuste foi obtido pela equação de primeiro grau (FIGURA 13).

Figura 13 - Antocianinas em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de N e S.



Fonte: Da autora.

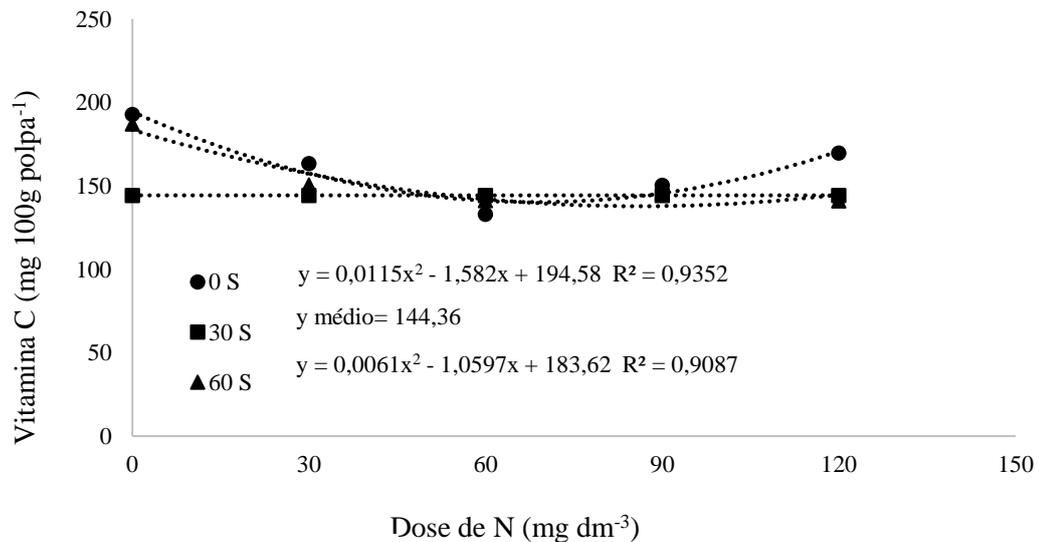
Na aplicação de 60 mg dm^{-3} de S, obteve-se o maior teor de antocianinas das infrutescências, que foi de $25,73 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ na dose de $55,3 \text{ mg dm}^{-3}$ de N. Para a dose de 30 mg dm^{-3} de S, o maior teor da variável em questão ($21,30 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), foi obtido quando houve fornecimento de $75,04 \text{ mg dm}^{-3}$ de N. Na aplicação do tratamento controle de S, houve decréscimo no teor de antocianinas concomitante ao aumento dos níveis de N.

As antocianinas são compostos naturais com propriedades antioxidantes, estando presentes em altas concentrações no morango. Sendo assim, o acréscimo no teor de antocianinas com o incremento das doses de S considera, não somente em aumento da coloração avermelhada, garantindo maior atratividade, como também em maiores benefícios à saúde do consumidor, pelo aumento da atividade antioxidante dos frutos. Kuskoski et al. (2006) analisando polpas de frutos de morango congelados, encontraram teores de antocianinas de $23,7 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$. Calvete et al. (2008) relataram variação de $21 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ (cultivar Chandler) a $40 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ no teor de antocianinas em frutos de morango produzidos sob cultivo protegido. Cordenunsi et al. (2002) estudaram a composição química de infrutescências de 13 cultivares de morangueiro provenientes de plantios comerciais brasileiros, e encontraram uma variação de $13 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ (cultivar Campineiro) a $55 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ (cultivar Mazi). Já Copetti (2010) encontrou para a cultivar Albion teor de antocianinas de $17,59 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$.

4.7.6 Vitamina C

Pelo desdobramento, na avaliação do teor de vitamina C nas infrutescências do morangueiro, foi observado efeito significativo para os níveis de N dentro do tratamento controle e da maior dose de S estudada (TABELA 9) Os dados relativos aos teores de vitamina C, quando submetidos à análise de regressão, mostraram que a equação polinomial de segundo grau apresentou melhor ajuste para as doses de S em questão (FIGURA 14).

Figura 14 - Vitamina C em infrutescências de morangueiro em função da aplicação de N e S.



Fonte: Da autora.

Por meio das equações, verifica-se que os teores mínimos de vitamina C, obtidos na ausência de aplicação de S e na aplicação de 60 mg dm⁻³ de S foram de 140,17 e 137,60 mg 100 mL⁻¹, com as doses de 68,78 e 86,86 mg dm⁻³ de N, respectivamente.

O morango apresenta alto teor de vitamina C, que é muito importante para a nutrição humana (SCALZO et al., 2005), sendo que os valores variam entre 39 a 89 mg em 100 gramas de fruta, *in natura*, tendo valor médio de 60 mg em cada 100 gramas de morango (DOMINGOS, 2000). Estes valores podem variar por diversos fatores como a cultivar, estágio de maturação, época, condições de cultivo e armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Entretanto, os valores de vitamina C da cultivar Albion encontrados no presente trabalho se mostraram mais elevados que os valores médios apontados pela literatura.

Guimarães et al. (2013), estudando diferentes cultivares de morangueiro, encontraram para as infrutescências teores de vitamina C variando de 58,98 a 67,79 mg 100g de fruto⁻¹, para as cultivares Ventana e Albion, respectivamente. O teor de vitamina C encontrado por Krolow, Schwengber e Ferri (2007) foi de 81,4 mg 100g de fruto⁻¹ para a cultivar Aromas. Já Musa et al. (2015), ao avaliar o teor de vitamina C em diferentes cultivares de morango no município de Bom Princípio, no Rio Grande do Sul, encontraram valores de 39,13 mg 100g de fruto⁻¹ para a cultivar Festival e 72,49 mg 100g de fruto⁻¹ para a cultivar San Andreas, ambas cultivadas em sistema convencional.

5 CONCLUSÕES

As características de produção e teores de N e S da planta do morangueiro são influenciadas pelas adubações nitrogenada e sulfatada, bem como pela interação entre esses fatores, variando conforme a característica avaliada.

A interação NxS influencia nas características de pós-colheita estudadas, com exceção da acidez titulável.

Para incremento nas características agronômicas e melhor qualidade pós-colheita dos frutos do morangueiro as doses de 90 mg dm^{-3} de N e 30 mg dm^{-3} de S apresentaram-se como as mais indicada, por serem mais responsivas para a cultura na maioria das variáveis estudadas.

As características de produção e teores nutricionais avaliadas, exceto o aproveitamento do N proveniente do fertilizantes, respondem ao aumento das doses de N.

REFERÊNCIAS

ALBREGTS, E. E.; HOWARD, C. M. Effect of fertilizer rate on number of malformed strawberry fruit. In: FLORIDA STATE HORTICULTURAL SOCIETY, 1982, Dover. **Proceedings...** Dover, 1982. p. 323-324.

ACUÑA-MALDONADO, L. E.; PRITTS, M. P. Carbon and nitrogen reserves in perennial strawberry affect plant growth and yield. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 133, n. 6, p. 735-742, 2008.

AHMAD, G. et al. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. **Journal of Zhejiang University Science B**, Hangzhou, v. 8, p. 731-737, 2007.

ALBREGTS, E. E.; HOWARD, C. M. Accumulation of nutrients by strawberry plants and fruit grown in annual hill culture. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 105, p. 386-388, 1980.

ALVARENGA, M. A. R. et al. Teores e acúmulo de macronutrientes em alface americana, em função da aplicação de nitrogênio no solo e de cálcio via foliar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1569-1575, 2003.

ALVAREZ, V. H. A. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

ALVES, A. U. et al. Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, p. 292-295, 2008.

ANDRIOLO, J. L. et al. Nitrogen accumulation and monitoring by strawberry stock plants for runner tips production. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 3, p. 273-279, 2014.

ANTUNES, L. E. C. et al. Yield and quality of strawberry cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 2, p. 222-226, 2010.

ANTUNES, M. C. et al. Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 2, p. 168-173, 2014.

ANTUNES, O. T. et al. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 4, p. 426-430, 2006.

ANUÁRIO da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformativo, 2016. 456 p.

ARAÚJO, E. S. et al. Recuperação no sistema solo-planta de nitrogênio derivado da adubação verde aplicada à cultura do repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 7, p. 729-735, 2011.

ARAÚJO, J. D. Nutrição e adubação do morangueiro para produção orgânica. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 279, p. 48-54, 2014.

ASARE, E.; SCARISBRICK, D. H. Rate of nitrogen and sulphur fertilizers on yield, yield components and seed quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 44, n. 1, p. 41-46, 1995.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18th ed. Gaithersburg, 2005.

AULAKH, M. S.; PASRICHA, N. S.; SAHOTA, N. S. Yield, nutrient concentration and quality of mustard crops as influenced by nitrogen and sulphur fertilizers. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 94, p. 545-549, 1980.

AZEVEDO, S. M. C. **Estudo das taxas de respiração e de factores de qualidade na conservação de morango fresco (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. 2007. 225 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Consumo Alimentar)-Universidade Aberta, Lisboa, 2007.

BARRIE, A.; PROSSER, S. J. Automated analysis of lightelement stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: BOUTTON, T. W.; YAMASAKI, S. (Ed.). **Mass spectrometry of soils**. New York: M. Dekker, 1996. p. 1-46.

BARROS, M. M. et al. Production and quality of watermelon under nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1078-1084, 2012.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 1281-1288, 2006.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of methaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 31, p. 507-513, 1988.

- BISWAS, D. R.; ALI, S. A.; KHERA, M. S. Response of gobhi sarson (*Brassica napus* L., ISN-706) to nitroen and sulphur. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, New Delhi, v. 43, n. 2, p. 220-223, 1995.
- BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A.; SILVA, T. J. A. da. Nitrogênio e enxofre na produção e no uso de água pelo capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 2, p. 309-317, 2007.
- CALVETE, E. O. et al. Fenologia, produção e teor de antocianinas de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 396-401, 2008.
- CAMARGO, L. de S.; ALVES, S.; ABRAMIDES, E. Ensaio de variedades de morangueiro. **Bragantia**, Campinas, v. 22, p. 715-729, 1963. Número único.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.
- CARVALHO, M. A. de. **Eficiência de dispersantes na análise textural de materiais de solos com horizontes B latossólico e B textural**. 1985. 79 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e uso da Terra)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1985.
- CARVALHO, P. G. de et al. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 4, p. 397-404, 2006.
- CARVALHO, S. F. de. **Produção, qualidade e conservação pós-colheita de frutas de diferentes cultivares de morangueiro nas condições edafoclimáticas de Pelotas-RS**. 2013. 102 p. Dissertação (Mestrado em Fruticultura de Clima Temperado)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.
- CASTELLANE, P. D. Nutrição e adubação do morangueiro. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS, 1., 1990, Jaboticabal. **Anais...** Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 261-279.
- CENCI, S. A. Boas práticas de pós-colheita de frutas e hortaliças na agricultura familiar. In: _____. **Recomendações básicas para a aplicação das boas práticas agropecuárias e de fabricação na agricultura familiar**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2006. p. 67-80.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 786 p.

COCOZZA, F. D. M. **Maturação e conservação de manga Tommy Atkins submetida à aplicação Pós-colheita de 1 metil- ciclopropeno**. 2003. 198 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 10-17, 2002.

COPETTI, C. **Atividade antioxidante in vitro e compostos fenólicos em morangos (Fragaria x ananassa Duch): influência da cultivar, sistema de cultivo e período de colheita**. 2010. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

CORDENUNSI, B. R. et al. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, p. 2581-2586, 2002.

CRUSCIOL, C. A. C. Aplicação de enxofre em cobertura no feijoeiro em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 459-465, 2006.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

DEUTSCH, J. Dehydroascorbic acid: review. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 881, n. 1/2, p. 299-307, 2000.

DIAS, M. S. C. et al. Caracterização físico-química de morangos cultivados na região norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. 1 CD-ROM.

DIAS, M. S. C. et al. Cultivares. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 279, p. 39-47, 2014.

DOMINGOS, D. M. **Efeito da radiação gama e embalagem na conservação de mrangos Toyonoka armazenados sob refrigeração**. 2000. 60 p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura)-Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

DONAGEMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011. 230 p.

DUARTE FILHO, J. Cultivares de morango. In: CARVALHO, S. P. (coord.). **Boletim do morango: cultivo convencional, segurança alimentar, cultivo orgânico**. Belo Horizonte: Ed. FAEMG, 2006. p. 20-23.

DUETE, R. R. C. et al. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (^{15}N) pelo milho em Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 161-171, 2008.

EL-DE SUKI, M. et al. Effect of plant density and nitrogen application on the growth, yield and quality of radish (*Raphanus sativus* L.). **Journal of Agronomy**, Madison, v. 4, p. 225-229, 2005.

FERNANDES, F. C. S.; LIBARDI, P. L. Distribuição do nitrogênio do sulfato de amônio (^{15}N) no sistema solo-planta, em uma sucessão de culturas, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 3, p. 885-894, 2012.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2000. p. 235.

FILGUEIRA, F. A. R. Rosáceas- morango: um frutinho rasteiro. In: _____. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2003. p. 378-385.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistical database: statistical of strawberry production in world**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

FRANCO, H. C. J. et al. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 669-674, 2007.

FURTINI NETO, A. E. et al. Resposta de cultivares de feijoeiro ao enxofre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 567-573, mar. 2000.

GAVA, G. J. de C. et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio em milho cultivado com diferentes doses de 15N-uréia. **Semina: Ciências Agrárias**, Passo Fundo, v. 31, n. 4, p. 851-862, 2010.

GIL, M. I.; HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 5, p. 1662-1667, 1997.

GIMENEZ, G.; ANDRIOLO, J.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 273-279, 2008.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Anthocyanins: characterization and measurement with uv-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley, 2001. p. F1.2.1-F.2.13.

GOMES, V. M. et al. Utilização da atmosfera modificada e radiação gama na manutenção da qualidade de tomates de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) em pós-colheita: avaliação química. **Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida**, Seropédica, v. 24, n. 1, p. 99-105, 2004.

GRANGEIRO, L. C.; CECÍLIO FILHO, A. B. Acúmulo e exportação de macronutrientes em melancia sem sementes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 763-767, 2005.

GRASSI FILHO, H.; SANTOS, C. H.; CRESTE, J. E. Nutrição e adubação do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 36-42, 1999.

GUEDES, I. M. R. Adubação em hortaliças: ainda há muito a se avançar. **Anuário HF**, Uberlândia, v. 1, p. 72-76, 2012.

GUIMARÃES, A. G. et al. Características físico-químicas e antioxidantes de cultivares de morangueiro no Vale do Jequitinhonha. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 2, p. 35-40, 2013.

HOCHMUTH, G. J. et al. Nitrogen fertigation requirements of drip-irrigated strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 121, n. 4, p. 660-665, 1996.

HOLCROFT, D. M.; KADER, A. A. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 17, n. 1, p. 19-32, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2005. 1020 p.

JAMAL, A.; MOON, Y.; ABDIN, M. Z. Sulphur-a general overview and interaction with nitrogen. **Australian Journal of Crop Science**, Melbourne, v. 4, n. 7, p. 523-529, 2010.

JOKELA, W. E.; RANDALL, G. W. Fate of fertilizer nitrogen as affected by time rate of application on corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 61, n. 6, p. 1695-1703, 1997.

KADER, A. Quality and its maintenance in relation to postharvest physiology of Strawberry. In: LUBY, A. (Ed.). **The strawberry into the 21st century**. Oregon: Timber Press, 1991. p. 145-152.

KADER, A. A. Fruits in the global Market. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Sheffield: Sheffield Academic Press, 1999. p. 203-208.

KANO, C. et al. Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 4, p. 453-457, 2010.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidants in fruits and vegetables: the millennium's health. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, p. 703-725, 2001.

KEUTGEN, A. J.; PAWELZIK, E. Modifications of Strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl stress. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, p. 4066-4072, 2007.

KIRDA, C.; DERICI, M. R.; SCHEPERS, J. S. Yield response and N-fertiliser recovery of rainfed wheat growing in the Mediterranean region. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 113-122, 2001.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Manejo antecipado do nitrogênio nas principais culturas anuais**. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2006. 63 p.

- KROLOW, A. C. R.; SCHWENGBER, J. E.; FERRI, N. L. Avaliações físicas e químicas de morango cv. aromas produzidos em sistema orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 2, n. 2, p. 1732-1735, 2007.
- KUSKOSKI, E. M. et al. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1283-1287, 2006.
- LI, H. et al. Ability of nitrogen and phosphorus assimilation of seven strawberry cultivars in a northern Atlantic coastal soil. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, SOIL SOLUTIONS FOR A CHANGING WORLD, 19., 2010, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane, 2010. 1 CD-ROM.
- MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Compostos fenólicos totais e antocianinas em sucos de uva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 659-664, 2005.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica, 2006. 683 p.
- MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. de A.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007. p. 189-249.
- MANELA-AZULAY, M. et al. Vitamin C. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Brasília, DF, v. 78, n. 3, p. 265-272, 2003.
- MARO, L. A. C. et al. Teor de antocianina e flavonóis em morangos cultivados na região norte de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF/EPAGRI/UFSC, 2004. 1 CD-ROM.
- MARODIN, J. C. et al. Qualidade físico-química de frutos de morangueiro em função da adubação potássica. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 9, n. 3, p. 50-57, 2010.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. New York: Academic, 2012. 651 p.

MAXIMO, E. et al. Produção de sulfato de amônio duplamente marcado com os isótopos estáveis ^{15}N e ^{34}S . **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 211-216, 2005.

MEENA, O. S.; SINGH, D. Effect of sulphur and zinc application on onion yield and sulphur and zinc uptake in three soil orders. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, New Delhi, v. 46, n. 4, p. 636-640, 1998.

MORAES, L. V. M. et al. Características físicas e químicas de morango processado minimamente e conservado sob refrigeração e atmosfera controlada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 1-8, 2008.

MOREIRA, M. A. et al. Crescimento e produção de repolho em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 117-121, 2011.

MUSA, C. I. et al. Avaliação do teor de vitamina C em morangos de diferentes cultivares em sistemas de cultivo distintos no município de Bom Princípio/RS. **Ciência e Natura**, Cascavel, v. 37, n. 2, p. 368-373, 2015.

NUNES, E. E. **Caracterização química de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. Smooth Cayenne**. 2001. 67 f. Monografia (Graduação em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

OJEDA-REAL, L. A. et al. Efecto de la nutrición nitríca y sistemas de riego en el sabor de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Revista Chapingo**. Serie Horticultura, Chapingo, v. 14, n. 1, p. 61-70, 2008.

OSORIO FILHO, B. D. et al. Deposição do enxofre atmosférico no solo pelas precipitações pluviais e respostas de culturas a adubação sulfatada em sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 712-719, 2007.

PÁDUA, J. G. de et al. Comportamento de cultivares de morangueiro em Maria da Fé e Inconfidentes, sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 69-79, 2015.

PAGOT, E.; HOFFMANN, A. Produção de pequenas frutas no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DO MORANGO, 3.; ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2., 2006, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2006. v. 1, p. 101-104.

PASSOS, F. A. **Caracterização de clones nacionais introduzidos de morangueiros (*Fragaria x ananassa* Duch.), visando o uso imediato na horticultura e o melhoramento genético.** 1982. 116 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1982.

PASSOS, F. A. Melhoramento do morangueiro no Instituto Agronômico de Campinas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 1., 1999, Pouso Alegre. **Anais...** Caldas: EPAMIG, 1999. p. 259-264.

PAULA, M. B. et al. Produtividade, qualidade de bulbos de cebola e teores de nutrientes na planta e no solo influenciados por fontes de potássio e doses de gesso. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 43, n. 283, p. 231-244, 2002.

PEREIRA, A. L.; BENEDITO, E. Isótopos estáveis em estudos ecológicos: métodos, aplicações e perspectivas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 13, n. 1/2, p. 16-27, 2007.

PEREIRA, S. I. dos et al. Adubação nitrogenada e características agronômicas em amoreira-preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 4, p. 373-380, abr. 2013.

PIERRO, A. Gosto bom. **Cultivar: Hortaliças e Frutas**, Porto Alegre, n. 14, p. 10-12, 2002.

PINHEIRO, R. V. R. et al. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 31, n. 177, p. 360-387, 1984.

PINTO, M. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch). **Food Chemistry**, London, v. 107, n. 4, p. 1629-1635, 2008.

PIRES, R. C. D. M. et al. Profundidade efetiva do sistema radicular do morangueiro sob diferentes coberturas do solo e níveis de água. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 4, p. 793-799, abr. 2000.

PODSEDEK, A. Natural antioxidants capacity of brassica vegetables a review. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 40, p. 1-11, 2007.

PREZOTTI, L. C. Nutrição mineral do morangueiro. In: BALBINO, J. M. S. (Ed.). **Tecnologias para produção, colheita e pós-colheita de morangueiro.** 2. ed. Vitória: INCAPER, 2006. p. 37-40.

PUGA, A. P. et al. Omissão de macronutrientes no crescimento e no estado nutricional da chicória cultivada em solução nutritiva. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, p. 56-62, 2010.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B. et al. Caracterização botânica de cultivares de morangueiro. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 29-44, 1996.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

REICHERT, L. J.; MADAIL, J. C. M. Aspectos socio-econômicos. In: SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. (Ed.). **Morango: produção**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado; Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. p. 12-15.

REIS, K. C. dos et al. Efeito de diferentes sanificantes sobre a qualidade de morango cv. Oso Grande. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 196-202, jan./fev. 2008.

REISSER JUNIOR, C. et al. **Análise: panorama do cultivo do morangos no Brasil**. Uberlândia: EMBRAPA Clima Temperado, 2015. 70 p.

RESENDE, J. T. V. et al. Aplicação complementar de enxofre em diferentes doses na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 2, p. 151-156, 2011.

REYES, I. D. P. et al. Influência de doses de enxofre elementar na pós-colheita de bulbos de cebola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO E PÓS-COLHEITA DE FRUTAS, FLORES E HORTALIÇAS, 1., Aracaju, 2015. **Anais...** Aracaju, 2015. 1 CD-ROM.

REZENDE, J. M. et al. Qualidade pós-colheita de morangos cultivados sob túnel plástico em com diferentes tipos de cobertura do solo em condições de primavera/verão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 20, n. 1, p. 93-99, 1998.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Resposta de culturas a aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, p. 562-569, 2005.

RONQUE, E. R. V. **Cultura do morangueiro: revisão e prática**. Curitiba: EMATER/PR, 1998. 206 p.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. **Morango: produção**. Brasília, DF: EMBRAPA Clima Temperado, 2003. 81 p. (Frutas do Brasil, 40).

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 366 p.

SCALZO, A. J. et al. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. **Basic Nutrition Investigation**, London, v. 21, n. 2, p. 207-213, 2005.

SCHULTZ, N. et al. Produtividade e diluição isotópica de ¹⁵N em cana-de-açúcar inoculada com bactérias diazotróficas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 9, p. 1594-1601, set. 2016.

SEELIG, R. A. **Strawberries**. 3rd ed. Washington: United Fresh Fruit & Vegetable Association, 1975. 24 p.

SHAW, D. V. Strawberry production systems, breeding and cultivars in California. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2.; ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS, 1., 2004, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2004. p. 16-21.

SILVA, E. D. et al. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 2, p. 118-127, fev. 2009.

SILVA, E. C. et al. Aproveitamento do nitrogênio (¹⁵N) da crotalária e do milheto pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 739-746, 2006.

SILVA, F. C. S. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2009. 627 p.

SILVA, M. L. S.; PICCOLO, M. C.; TREVIZAM, A. R. Gesso agrícola como fonte de enxofre para a cultura do morango. **Semina: Ciências Agrárias**, Passo Fundo, v. 34, n. 4, p. 1683-1694, 2013.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS, S. S. **Microbiota do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. 312 p.

SILVEIRA, G. S. R.; GUIMARÃES, B. C. Aspectos sociais e econômicos da cultura do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 35, n. 279, p. 7-10, 2014.

SMEETS, L. Effect of temperature and day-length on flower initiation and runner formation in two everbearing strawberry cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 19-26, 1980.

SMIRNOFF, N.; CONKLIN, P. L.; LOEWUS, F. A. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 52, n. 1, p. 437-467, 2001.

SOUZA, L. F. G. D. **Produtividade e qualidade da cebola em função de doses de enxofre**. 2013. 34 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.

STIPP, S. R.; CASARIN, V. A importância do enxofre na agricultura brasileira. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 129, p. 14-20, mar. 2010.

STRASSBURGER, A. S. et al. Crescimento e produtividade de cultivares de morangueiro de “dia neutro” em diferentes densidades de plantio em sistema de cultivo orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 623-630, 2010.

STRINGHETA, P. C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas da inflorescência do capim gordura**. 1991. 18 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

TABATABAI, M. A. Importance of sulphur in crop production. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 1, n. 1, p. 45-62, 1984.

TEA, I. et al. Interaction between nitrogen and sulfur by foliar application and its effects on flour bread making quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, n. 15, p. 2853-2859, 2007.

TIECHER, T. et al. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p. 518-527, 2012.

TULIPANI, S. et al. Ascorbate, not urate, modulates the plasma antioxidant capacity after strawberry intake. **Food Chemistry**, London, v. 117, n. 1, p. 181-188, 2009.

VÁZQUEZ-GÁLVEZ, G.; CÁRDENAS-NAVARRO, R.; LOBIT, P. Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de fresa regada por goteo y gravedad. **Agricultura Técnica en México**, Texcoco, v. 34, n. 2, p. 235-241, 2008.

VIEIRA, R. D. et al. Efeito de fontes e doses de enxofre sobre os teores de nitrogênio e enxofre e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 8, n. 2, p. 45-53, 1986.

VILAS BOAS, E. V. B. 1-MCP: um inibidor da ação do etileno. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS: PATOLOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS, 3., 2002, Lavras. **Palestras...** Lavras: Ed. UFLA, 2002. 1 CD-ROM.

VITTI, G. C.; HEINRICHS, R. Formas tradicionais e alternativas de obtenção e utilização do nitrogênio e do enxofre: uma visão holística. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (Ed.). **Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p. 109-160.

VIZZOTTO, M. Propriedades funcionais das pequenas frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 84-88, 2012.

WARMAN, P. R.; SAMPSON, H. G. Effect of sulphur additions on the yield and elemental composition of canola and wheat. **Journal of Plant Nutrition**, Monticello, v. 17, n. 11, p. 1817-1825, 1994.

XU, G.; FAN, X.; MILLER, A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 63, p. 153-182, 2012.

ZHANG, J. Metabolic profiling of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) during fruit development and maturation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 3, p. 1103-1118, 2011.