

JESSICA SILVA ROSA

**CIANAMIDA CÁLCICA COMO FERTILIZANTE NITROGENADO NO CULTIVO
PROTEGIDO DE TOMATEIRO E PIMENTOEIRO**

Botucatu

2024

JESSICA SILVA ROSA

**CIANAMIDA CÁLCICA COMO FERTILIZANTE NITROGENADO NO CULTIVO
PROTEGIDO DE TOMATEIRO E PIMENTOEIRO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Orientador(a): Leandro José Grava de Godoy

Coorientador(a): Roberto Lyra Villas Bôas

Botucatu

2024

R788c Rosa, Jessica Silva
Cianamida cálcica como fertilizante nitrogenado no cultivo protegido de tomateiro e pimentoeiro / Jessica Silva Rosa. -- Botucatu, 2024
75 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Leandro José Grava de Godoy
Coorientador: Roberto Lyra Villas Bôas

1. Cianamida Cálcica. 2. Pimentão. 3. Tomate. 4. Cultivo Protegido. 5. Fertilizante Nitrogenado. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


Título: CIANAMIDA CÁLCICA COMO FERTILIZANTE NITROGENADO NO CULTIVO PROTEGIDO DE TOMATEIRO E PIMENTOEIRO

AUTORA: JESSICA SILVA ROSA

ORIENTADOR: LEANDRO JOSE GRAVA DE GODOY


COORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Engenharia Agrícola, pela Comissão Examinadora:


Documento assinado digitalmente
 LEANDRO JOSE GRAVA DE GODOY
Data: 06/09/2024 11:52:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LEANDRO JOSE GRAVA DE GODOY (Participação Virtual)
Coordenadoria do Curso de Engenharia Agronomica / UNESP Campus de Registro

Prof.^a Dr.^a CAMILA PAULA ROSSETTO PESCATORI JACON (Participação Virtual)
Pós-Doutoranda - Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Documento assinado digitalmente
 CAMILA PAULA ROSSETTO PESCATORI JACON
Data: 11/09/2024 07:52:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO (Participação Virtual)
Producao Vegetal / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu

Documento assinado digitalmente
 ANTONIO ISMAEL INACIO CARDOSO
Data: 12/09/2024 18:53:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Botucatu, 06 de setembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, avós e tios pelo apoio nessa jornada.

Aos Profs. Drs. Leandro e Roberto Lyra, pela orientação, ensinamentos, paciência e exemplo de professor.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

RESUMO

A nutrição adequada é fundamental para maximizar a qualidade e a produtividade das culturas, influenciando diretamente o uso eficiente de fertilizantes e defensivos agrícolas. A cianamida cálcica, um fertilizante composto por 18% de N e 26% de Ca, é uma fonte de liberação lenta de N no solo, com efeito inibidor da nitrificação, além de ação herbicida, fungicida e efeito colateral bactericida, sem acidificar o solo, figura com alternativa para a agricultura brasileira, em especial as Solanáceas, como o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e pimentoeiro (*Capsicum annum* L), objetos deste estudo. Assim, o objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito do fertilizante cianamida cálcica, como fonte de N, no cultivo do tomateiro e do pimentoeiro, e definir a dose mais adequada deste para estas culturas. Os experimentos foram conduzidos em cultivo protegido, em Botucatu, SP. Os tratamentos foram as doses de 0, 200, 350, 500 e 1000 Kg ha⁻¹ de cianamida cálcica, antes do plantio. O solo foi incubado de 6 a 28 dias, em função do tratamento. Foi utilizado delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições, compostas por dois vasos. Foram analisados altura da planta, massa fresca e seca da parte aérea e dos frutos, bem como número de frutos, teor e acúmulo dos nutrientes na parte aérea e dos frutos. As doses de cianamida cálcica, no tomateiro, influenciaram o número de cachos, teor de Mg e Mn na parte aérea, teor de N, K, B, Cu e Mn nos frutos e acúmulo de B, Cu e Mn nos frutos. Para o pimentoeiro, a houve efeito significativo das doses de cianamida de cálcio para massa fresca de frutos comerciais e total, massa seca de frutos, teor de Mg e Mn na parte aérea, acúmulo de Mn na parte aérea, teor de N, K, Cu e Zn nos fruto, por fim, acúmulo de todos os nutrientes nos frutos, exceto o S. Para o tomateiro, a dose de 350 Kg ha⁻¹ de cianamida proporcionou maior aumento na produção com relação ao controle (8%), e para o pimentoeiro a dose foi de 200 kg ha⁻¹ de cianamida, com aumento de 24% em relação ao controle.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L.; *Capsicum annum* L.; nitrogênio; cálcio; calcionamida.

ABSTRACT

Adequate nutrition is essential for maximizing the quality and productivity of these crops, directly influencing the efficient use of fertilizers and pesticides. Calcium cyanamide, a fertilizer composed of 18% nitrogen (N) and 26% calcium (Ca), serves as a slow-release source of N in the soil and has a nitrification-inhibiting effect, along with herbicidal, fungicidal, and bactericidal properties, without acidifying the soil. It is an alternative for Brazilian agriculture, particularly for Solanaceae such as tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and bell pepper (*Capsicum annuum* L.), which are the subjects of this study. The aim of this study was to evaluate the effect of calcium cyanamide fertilizer, as a source of N, on the cultivation of tomato and bell pepper plants, and to determine the most appropriate doses for these crops. The experiments were conducted under protected cultivation in Botucatu, SP. The treatments included doses of 0, 200, 350, 500, and 1000 kg ha⁻¹ of calcium cyanamide applied before planting. The soil was incubated for 6 to 28 days, depending on the treatment. A randomized block design was employed with five replications, each consisting of two pots. Plant height, fresh and dry mass of the aerial parts and fruits were analyzed, as well as the number of fruits, nutrient content, and accumulation in the aerial parts and fruits. The doses of calcium cyanamide in tomato plants influenced the number of bunches, the content of magnesium (Mg) and manganese (Mn) in the aerial parts, the content of nitrogen (N), potassium (K), boron (B), copper (Cu), and manganese (Mn) in the fruits, as well as the accumulation of B, Cu, and Mn in the fruits. For bell peppers, there was a significant effect of the calcium cyanamide doses on the fresh mass of commercial and total fruits, the dry mass of fruits, the content of Mg and Mn in the aerial parts, the accumulation of Mn in the aerial parts, the content of N, K, Cu, and zinc (Zn) in the fruits, and the accumulation of all nutrients in the fruits, except sulfur (S). For tomato plants, the dose of 350 kg ha⁻¹ resulted in the greatest increase in production compared to the control (8%), while for bell pepper plants, the optimal dose was 200 kg ha⁻¹ of calcium cyanamide, leading to a 24% increase compared to the control.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L.; *Capsicum annuum* L.; nitrogen; calcium; calcium cyanamide.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Imagem aérea da localização da área de condução do experimento. Casa de vegetação usada para o ensaio em destaque.....	32
Figura 2 - Dados climáticos do período de realização do experimento.....	32
Figura 3 - Solos em processo de incubação após aplicação dos tratamentos...	37
Figura 4 - Seleção de mudas por tamanho, abertura de covas e transplante....	37
Figura 5 - Clorose internerval observada em folhas novas (A) e folhas velhas (B) de tomateiro, característica de deficiência de Mn e Mg, respectivamente.....	40
Figura 6 - Visão geral do experimento sendo A) tomateiro e, B) pimentoeiro....	40
Figura 7 - Frutos de tomateiro colhidos e avaliados no dia 15/09/2022, Botucatu, 2022.....	41
Figura 8 - Coleta e processamento da planta de tomateiro, Botucatu, 2022.....	42
Figura 9 - Coleta e processamento das plantas de pimentoeiro, Botucatu, 2022.....	43
Figura 10 - Frutos de tomate selecionados por tamanhos semelhantes para a avaliação de pós-colheita, Botucatu, 2022.....	44
Figura 11 - Frutos de pimentão selecionados por tamanhos semelhantes para a avaliação de pós-colheita, Botucatu, 2022.....	44
Figura 12 - Avaliação de pós-colheita de frutos de tomate, Botucatu, 2024.....	66
Figura 13 - Avaliação de pós-colheita de frutos de pimentão, Botucatu, 2024...	66
Figura 14 - Perda acumulada de peso de frutos de tomate e pimentão no decorrer de 14 dias, Botucatu, 2024.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química e física do solo coletado para o ensaio.....	34
Tabela 2 – Tratamentos avaliados nos experimentos.....	35
Tabela 3 – Quantidades de nutrientes fornecidas pela cianamida cálcica conforme tratamentos.....	36
Tabela 4 – Doses de cianamida cálcica e de Nitrato de cálcio (NCa) aplicadas no plantio de tomateiro conforme tratamentos.....	36
Tabela 5 – Doses de cianamida cálcica e de nitrato de cálcio (NCa) aplicadas no plantio de pimentoeiro conforme tratamentos.....	36
Tabela 6 – Quantidade de fertilizantes utilizados na solução de fertirrigação do tomateiro.....	38
Tabela 7 – Quantidade de fertilizantes utilizados na solução de fertirrigação do pimentoeiro.....	38
Tabela 8 – Quantidade de nutriente fornecidos na solução de fertirrigação do tomateiro e pimentoeiro.....	39
Tabela 9 – Altura, número de folhas e cachos e medida indireta de clorofila (MIC) de plantas de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu.....	45
Tabela 10 – Número e massa de frutos de plantas de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica.....	46
Tabela 11 – Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca dos frutos em função das doses de cianamida cálcica.....	47
Tabela 12 – Teor de nutrientes na parte aérea de plantas de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica.....	48
Tabela 13 – Acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica	50
Tabela 14 – Teor de nutrientes nos frutos de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica.....	51
Tabela 15 – Acúmulo de nutrientes nos frutos de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica.....	52

Tabela 16 – Teor de nutrientes do solo após o final do ciclo do ensaio na cultura do tomateiro.....	54
Tabela 17 – Altura das plantas e da primeira bifurcação, número de folhas e medida indireta de clorofila (MIC) de plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica.....	56
Tabela 18 – Número e massa fresca (MF) de frutos comerciais, não comerciais e total, porcentagem de produção em relação ao tratamento testemunha em função das doses de cianamida cálcica em plantas de pimentoeiro.....	57
Tabela 19 – Número e massa de frutos com fundo preto e massa e altura média dos frutos comerciais em função das doses de cianamida cálcica em plantas de pimentoeiro.....	58
Tabela 20 – Massa seca da parte aérea, de frutos e total das plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica.....	59
Tabela 21 – Teor de nutrientes na parte aérea de plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica.....	60
Tabela 22 – Acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica.....	61
Tabela 23 – Teor de nutrientes nos frutos de plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica.....	62
Tabela 24 – Acúmulo de nutrientes nos frutos de plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica.....	62
Tabela 25 – Teor de nutrientes do solo após o final do ciclo do ensaio na cultura do pimentoeiro.....	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	A cultura do tomateiro.....	19
2.1.1	Nutrição e adubação na cultura do tomateiro.....	22
2.2	A cultura do pimentoeiro.....	24
2.2.1	Nutrição e adubação na cultura do pimentoeiro.....	27
2.3	Cianamida cálcica ou Calciocianamida.....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1	Caracterização da área experimental.....	32
3.2	Caracterização físico-química do solo.....	33
3.3	Tratamentos e delineamento experimental.....	34
3.4	Instalação e manejo das culturas.....	36
3.5	Avaliação das plantas cultivadas.....	41
3.5.1	Tomateiro.....	41
3.5.2	Pimentoeiro.....	42
3.6	Análise de solo.....	43
3.7	Avaliação de pós-colheita.....	43
3.8	Tratamento estatístico.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1	Tomateiro.....	45
4.2	Pimentoeiro.....	55
4.3	Pós-colheita.....	65
5	CONCLUSÕES.....	68
	REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A horticultura é um setor no agronegócio que possibilita grande retorno para o produtor por trabalhar com culturas que apresentam ciclo curto e com alto valor agregado. Podendo ser resumida como uma atividade agrícola e tecnológica que utiliza espécies de cultivo intensivo que demandam grande investimento por unidade de área. (Melo; Fabri, 2017).

O rápido retorno econômico desse tipo de cultivo estimula o crescimento de novas áreas de plantio e gera um grande impacto na sociedade dado pela geração de trabalho direto e indireto. Dentro das culturas cultivadas está a família das Solanáceas.

A família das Solanáceas está entre as mais diversificadas dentre as angiospermas dicotiledôneas, podendo ser encontradas em várias regiões do mundo, sendo a América do Sul considerada o maior centro de diversidade da família. Muitas hortaliças dentro dessa família apresentam importância econômica mundial, dentre elas encontram-se o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e pimentoeiro (*Capsicum annum* L) (Brandão Filho et al., 2018).

O manejo nutricional dessas duas culturas é de grande valia para que se mantenha a qualidade e se alcance altas produtividades. Plantas que possuem um manejo adequado de adubação apresentam menor suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças, levando, conseqüentemente, à uma maior produtividade com um menor investimento de insumos por área.

Um indicativo importante de nível tecnológico está no uso de fertilizantes. Os agricultores que investem na fertilização correta apresentam um manejo mais racional de defensivos. Geralmente otimizam seu uso com a combinação de diversas práticas culturais, como podas, adubação adequada e manejo de irrigação (ABRAFRUTAS, 2018). Diante do contexto de escassez de fertilizantes no mercado e de algumas fontes de minerais sendo exauridas, a indústria de fertilizantes vem buscando melhorar a eficiência de seus produtos existentes, bem como criar novos fertilizantes.

A cianamida cálcica (CaCN_2) é um fertilizante que, segundo a instrução normativa nº 46 do MAPA, deve possuir no mínimo 18% de N e 26% de Ca, sendo que o teor total de nitrogênio deve apresentar um mínimo de 75% na forma cianamídica, podendo conter até 3% de nitrogênio na forma de nitrato de cálcio. Ela é obtida a partir da reação de carboneto de cálcio com nitrogênio com adição de nitrato,

possuindo um poder alcalinizante no solo. A CaCN_2 é uma fonte de N de liberação lenta com propriedades herbicidas (Klasse, 1999). No entanto, requer um período de espera de 1 a 2 semanas entre a aplicação e o plantio, momento em que a cianamida cálcica é totalmente convertida em N. A umidade suficiente do solo também é necessária para ativação do produto (Tremblay *et al.*, 2005).

A cianamida cálcica, utilizada no passado, era aplicada em forma de pó, e por conta de sua formulação, oferecia riscos à saúde de quem fazia o uso deste fertilizante. Atualmente, pensando na saúde de quem aplica, o fabricante iniciou sua produção no formato de grânulos, tornando o manejo do fertilizante mais prático e efetivo.

Além disso, de acordo com o fabricante, em seu processo de decomposição no solo, a cianamida cálcica libera substâncias que atuam como inibidores de nitrificação e conseqüentemente reduz a emissão de óxido nitroso (N_2O) via solo. Tal processo também contribui com a diminuição da perda de nitrogênio por lixiviação, já que há uma liberação gradual do fertilizante. Assim, a utilização da cianamida cálcica pode ser uma alternativa para uma agricultura mais sustentável, um dos objetivos listados na Agenda 2030 da ONU para um desenvolvimento sustentável. Contudo, poucos são os estudos com a utilização desta fonte, não se conhecendo a dose mais adequada da cianamida cálcica para as culturas principalmente em condições brasileiras.

Com isso, o objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito do fertilizante cianamida cálcica no cultivo do tomateiro e do pimentoeiro, identificando a influência sobre as características agronômicas e a dose mais adequada para o desenvolvimento e fornecimento de nutrientes para ambas as culturas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do tomateiro

O tomateiro é uma hortaliça com evidente relevância econômica e flexibilidade na utilização como alimento por possuir uma grande aceitação por consumidores dos mais diversos tipos. Por tais razões, o consumo, in natura ou em forma industrializada, é mais elevado em relação a outras hortaliças (Filgueira, 2003).

Naika *et al.* (2006) dizem que o consumo dos seus frutos contribui para uma dieta saudável e bem equilibrada. Estes são ricos em minerais, vitaminas, aminoácidos essenciais, açúcares e fibras dietéticas. O tomateiro contém grandes quantidades de vitaminas B e C, ferro e fósforo. Já Filgueira (2003) afirma que o tomateiro não se destaca por sua riqueza em nutrientes, por possuir concentrações menores, em relação às outras hortaliças. Todavia, por ser consumido com maior frequência e em maior quantidade, torna-se uma boa fonte de nutrientes e sais minerais, sendo a hortaliça mais consumida no Brasil de acordo com IBGE (HF Brasil, 2021) e um alimento importante na dieta dos brasileiros.

O tomateiro, apresenta sua origem na zona andina da América do Sul, mas foi domesticado na América Central, mais especificamente no México (Naika, *et al.*, 2006; Brandão Filho, *et al.*, 2018). É uma planta anual, possui grande variabilidade de gêneros e ampla adaptabilidade em diferentes regiões. O grande número de espécies e mesmo a grande variedade de cultivares no mercado demonstram diferentes resposta às condições de absorção de luz, CO₂, temperatura, absorção de água e nutrientes, permitindo que estas plantas possam se desenvolver em climas que variam de condições de tropical de altitude à temperado (EMBRAPA Hortaliças, 2022).

De acordo com o IBGE, no ano de 2022 o Brasil totalizou 54.776 hectares de área plantada de tomateiro, apresentando um rendimento médio de 69.905 kg ha⁻¹. As perspectivas para a evolução da cultura são promissoras, tendo em vista o potencial de mercado do tomateiro orgânico e convencional tanto da forma in natura como industrializada (Ferreira *et al.*, 2010).

O tomateiro apresenta caule flexível e incapaz de suportar o peso dos frutos e manter a posição vertical (Fiori, 2006). Por essa razão a cultura destinada a produção de frutos para mesa é conduzida com tutoramento. Em sua forma natural, a planta lembra uma moita de vegetação baixa, com abundante ramificação lateral, a qual tem

sido profundamente modificada pela poda, sendo comum permitir-se apenas o desenvolvimento da haste principal, ou desta e da primeira ramificação lateral (Filgueira, 2008).

O hábito de crescimento da planta geralmente distingue o tipo de produção que será feito, assim, os tomateiros de crescimento determinado são conhecidos como “rasteiro”/indústria, e o tomateiro de crescimento indeterminado são conhecidos como tomateiro de “mesa”. Os cultivares de hábito de crescimento indeterminado, largamente utilizadas para a produção de frutos “de mesa”, produzem folhas e inflorescências continuamente, possuem porte alto podendo ultrapassar 2,5 metros de altura. Como consequência, a produtividade é reflexo da forma como é conduzida a planta e de quantas pencas são produzidas. Já o hábito determinado, as hastes atingem 1,0 m, no máximo, terminando por um cacho de flores. Há um desenvolvimento vegetativo menos vigoroso, as hastes crescem mais uniformes e a planta assume formato de moita (Brandão Filho, *et al.*, 2018; Naika, *et al.*, 2006; Filgueira, 2003).

As flores se agrupam em cachos e são hermafroditas, o que dificulta a fecundação cruzada e favorece a autofecundação. Os frutos são bagas carnosas, suculentas, com aspecto, tamanho e peso variados conforme o cultivar. O fruto pode ser consumido fresco ou processado como suco, pasta, purê e molhos, ou indiretamente como outros ingredientes para outros produtos processados. (Filgueira, 2008; Filgueira, 2003; Fontes; Silva, 2002).

A tomaticultura se adapta a climas diversificados, desde que as temperaturas sejam amenas (Filgueira, 2003), havendo cultivares mais tolerantes a temperaturas mais elevadas devido à menor taxa de fotorrespiração (Fontes; Silva, 2002). A cultura requer temperaturas diurnas amenas e noturnas menores, com diferença de 6-8 °C entre elas. No Brasil, sob alta luminosidade, as temperaturas ótimas são 21-28°C, de dia, e 15-20°C, de noite (Filgueira, 2008; Filgueira, 2003). Temperaturas altas provocam decréscimos em diversos processos e nas características dos tomateiros, tais como fotossíntese líquida, translocação de assimilados, crescimento vegetativo, número de flores, viabilidade do grão de pólen, pegamento de frutos e síntese de licopeno (Fontes; Silva, 2002), por outro lado, temperaturas excessivamente baixas prejudicam o crescimento, diminuindo o comprimento dos internódios, originando plantas de porte menor; e a colheita torna-se mais tardia (Filgueira, 2008) .

Diversos sistemas de produção são usados no Brasil, permitindo dessa forma a oferta de tomates ao longo do ano. Dentre eles destaca-se o cultivo protegido, que permite maior ciclo da cultura, pois não há a incidência de chuvas diretamente sobre a planta, reduzindo principalmente as doenças foliares (De Brito Junior, 2012).

Outra tecnologia adotada que impulsiona muito a produção de tomate é a utilização de tomateiros híbridos. Na cultura do tomateiro é constante o lançamento de novos híbridos cada vez mais produtivos. Esses genótipos requerem atualização de suas exigências nutricionais, pois com maior produção de massa a mesma é alterada. Para o aprimoramento das recomendações de fertilização, é substancial a constante atualização dos estudos de acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo de cultivo dos novos híbridos, o qual é fundamental para auxiliar no refinamento das recomendações de fertilização do tomateiro, alinhadas também ao uso racional de fertilizantes, objetivando atingir altas produtividades, a sustentabilidade dos sistemas de produção com uso racional de fertilizantes e a preservação ambiental (Purqueiro, 2018)

Em comparação com os cultivares de polinização aberta, híbridos com maiores rendimentos possuem características que contribuem para melhores performances. Essas vantagens dependem das características dos genitores, que resultam da heterose para características desejáveis, como potencial produtivo e qualidade dos frutos. Assim, um passo crucial para desenvolver híbridos de qualidade superior envolve a seleção dos melhores genitores (Matos *et al.*, 2021).

O híbrido Compack é um tomateiro para ser comercializado tipo mercado fresco. De acordo com o desenvolvedor, o cultivar possui um peso médio de 220 a 250 g por fruto, os quais possuem formato tipo salada. Seu hábito de crescimento indeterminado, seus frutos apresentam firmeza, com paredes grossas e com alta uniformidade de tamanho e formato. O cultivar ainda apresenta características de alta produtividade e excelente pegamento sequencial dos frutos (SEMINIS, 2022). Em um trabalho com diferentes híbridos Silva *et al* (2023) concluiu que o Compack foi um dos destaques por estar entre os mais produtivos, com frutos grandes, bom pegamento e com ótima sanidade de plantas em nível de campo, devido ao baixo número de frutos com defeitos.

O tomateiro é uma planta com alto potencial produtivo, até 200 t ha⁻¹ e seus frutos são compostos por mais de 90% de água, tornando-se uma planta com alta exigência de demanda hídrica. A irrigação influencia não apenas a produtividade, mas

também a qualidade dos frutos, inclusive reduz a incidência de anomalias fisiológicas, destacando-se a podridão-apical (Brandão Filho, *et al.*, 2018; Filgueira, 2008).

O déficit hídrico prolongado, por sua vez, prejudica o crescimento da raiz e, como consequência, interfere no crescimento e no desenvolvimento da planta (provoca mau desenvolvimento da planta), tendo como resultado abortamento de flores e de frutos novos e o surgimento de vários distúrbios fisiológicos nos frutos em formação (Brandão Filho, *et al.*, 2018; Filgueira, 2008).

Já o excesso de água pode provocar problemas tão ou mais sérios que a sua deficiência. Um solo encharcado, além de reduzir o desenvolvimento do sistema radicular devido à deficiência de oxigênio, propicia também ambiente favorável ao desenvolvimento de vários patógenos de solo. Além disso, quando o solo é irrigado em excesso, o sistema radicular tende a explorar uma pequena quantidade do solo, reduzindo a absorção de nutrientes. A umidade do solo deve ser mantida o mais uniforme possível nos diferentes períodos do dia. Para isso, devem-se adicionar menores quantidades de água no solo em intervalos mais frequentes. A faixa ótima de disponibilidade hídrica para o tomateiro situa-se entre 0,2 e 0,8 bar, ou seja, o solo deve ser mantido entre 60% e 70% da capacidade de campo (Brandão Filho, *et al.*, 2018; Filgueira, 2008).

A frequência e a intensidade da irrigação são condicionadas pelo solo e o clima, bem como pelo estágio de desenvolvimento da planta. O tomateiro apresenta quatro estádios distintos de desenvolvimento com relação às necessidades hídricas: inicial, vegetativo, frutificação e maturação. A duração de cada estágio depende, principalmente, da cultivar e das condições edafoclimáticas predominantes (Marouelli; Silva, 2002; Filgueira, 2003).

2.1.1 Nutrição e adubação na cultura do tomateiro

Segundo Silva e Giordano (2000) o tomateiro é uma das hortaliças mais exigentes quanto à adubação, apresentando demandas nutricionais diferenciadas com os estádios de desenvolvimento, com o ciclo de cultivo, com o genótipo e com a época do ano. Portanto, identificar suas demandas nutricionais, seus principais sintomas de deficiência e conhecer a função de cada elemento na nutrição da planta, são ferramentas importantíssimas para o bom manejo da cultura (Da Silva; Guedes; Lima; 2012).

A calagem e a adubação realizadas de maneira racional, garantem altas produtividades e proporcionam a melhoria da qualidade comercial dos frutos. O cálculo para a correção da acidez do solo, bem como, a definição das doses e da frequência de aplicação dos nutrientes no plantio e em cobertura, devem considerar a interpretação da análise do solo e da análise foliar, além do conhecimento da marcha de absorção e extração de nutrientes pelas plantas (Trani *et al.*, 2015)

A planta apresenta tolerância à acidez moderada, produzindo na faixa de pH 5,5 a 6,5. Em solos mais ácidos a calagem é indispensável. Neste caso, no método de saturação por bases (V%), utiliza-se um V% de 70 (Filgueira, 2008), e procura-se atingir uma faixa de pH 6,0 a 6,5 (Filgueira, 2003). Os macronutrientes nitrogênio(N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) estão mais disponíveis para as plantas exatamente na faixa entre 5,5 e 6,5. Em valores de pH inferiores a 5,5 podem ocorrer danos ao desenvolvimento da cultura devido à elevada concentração de elementos potencialmente tóxicos, como o alumínio e o manganês cultura (Da Silva; Guedes; Lima; 2012).

De uma maneira geral, o tomateiro tem crescimento acentuado e maior velocidade de extração de nutrientes entre 30 e 70 dias após o transplante, do início da formação das pencas e da plena frutificação, até o início do processo de maturação dos frutos, decrescendo gradativamente até o final do ciclo (Trani *et al.*, 2015). A ordem de extração dos macronutrientes pelo tomateiro em ordem decrescente é K>N>Ca>Mg>P>S, porém, é importante ressaltar que a adubação não deve basear-se, apenas, nas quantidades de macronutrientes absorvidas ou exportadas pelo tomateiro (Trani *et al.*, 2015; Filgueira, 2003; Filgueira 2008; Fontes; Silva, 2002).

O potássio, nutriente mais requerido pela planta de tomateiro desempenha a função de retardar a salinidade da planta, permitindo que ela se mantenha produtiva por mais tempo. Torna a haste mais lenhosa e resistente, aumenta a resistência a certas doenças, equilibrando a aplicação de nitrogênio. Atua na qualidade, preenchimento e sabor dos frutos (Filgueira, 2008), doses elevadas de K podem induzir a deficiência de Ca (Da Silva; Guedes; Lima, 2012).

O nitrogênio é o segundo nutriente em ordem de extração e exportação pela planta. Ele faz parte da molécula de clorofila, estando envolvido diretamente no processo de fotossíntese. O N é o nutriente que mais favorece o crescimento vegetativo e a parte aérea fotossintetizante, predispondo a planta à alta produtividade; também protege os frutos contra escaldaduras. Entretanto, em excesso, ocasiona

anomalias, como frutos ocos e favorecendo a podridão-apical. Também torna os tecidos mais moles e, provavelmente, mais suscetíveis a doenças fúngicas e bacterianas. A carência de N se manifesta pela coloração clara das partes verdes, e amarelecimento generalizado das folhas inferiores. Isso pode ocorrer logo após o transplante das mudas, quando as raízes ainda não estão aptas a absorverem a quantidade de N requerida pelo crescimento vegetativo acelerado que segue (Da Silva; Guedes; Lima, 2012; Filgueira, 2003; Filgueira, 2008).

O cálcio (Ca), assim como o N, é extraído e exportado em alta escala, havendo evidências de que apenas a calagem não supre adequadamente o tomateiro, em muitas situações. Por essa razão, é desejável que o Ca também esteja presente nas adubações aplicadas no plantio e pós-plantio, no caso de solos deficientes. O Ca é constituinte da parede celular e, portanto, tem papel estrutural da planta. Está associado diretamente com o crescimento de meristemas. A aplicação de Ca pode elevar a produção, inclusive por favorecer o crescimento das raízes, desde os estádios iniciais da planta. A carência de cálcio, entre outros fatores, é responsável pela podridão-apical. Seu fornecimento e sua absorção adequados previnem e/ou corrigem essa anomalia fisiológica que ocorre nos frutos (Da Silva, Guedes; Lima, 2012; Filgueira, 2003; Filgueira, 2008).

2.2 A cultura do pimentoeiro

A cultura do pimentoeiro tem boa rentabilidade média, o que torna o negócio atrativo. Apesar de, no Brasil, ocupar posição de destaque entre as hortaliças em termos de área plantada e produção, as estatísticas com relação a essa cultura são incipientes (Goto, 2016). O pimentoeiro está entre as 10 hortaliças mais consumidas no mercado brasileiro e mundial. Seu cultivo pode se dar tanto em campo aberto quanto em cultivo protegido (Blat; Costa, 2007). Devido à sua versatilidade de uso, a cultura apresenta uma expansão anual (Brandão Filho *et al.*, 2018).

O pimentoeiro tem seu centro de origem nas Américas. Foi na região tropical e subtropical do continente americano, desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile, que a espécie encontrou um nicho ecológico muito favorável para seu desenvolvimento e domesticação (Brandão Filho *et al.*, 2018). Os pimentões que foram introduzidos no Brasil vieram da Espanha e constituíram o tipo Casca Dura (Blat; Costa, 2007). A área de pimentoeiro cultivada anualmente no Brasil é em torno

de 13 mil hectares, com uma produção de 224.286 toneladas (t) de frutos sendo os principais produtores no Brasil os estados de São Paulo (SP), Minas Gerais (MG), Ceará (CE), Distrito Federal (DF), Rio de Janeiro (RJ), Espírito Santo (ES) e Pernambuco (PE), que respondem por 87% do total produzido (ABRAFRUTAS, 2018; IBGE, 2017; Marouelli; Silva, 2012).

A espécie *Capsicum annum* é uma Solanaceae perene, porém cultivada como uma cultura anual. A planta é arbustiva, com caule semi lenhoso, que pode ultrapassar 1 metro de altura. As raízes atingem até 1 metro de profundidade, havendo pouco desenvolvimento lateral. Suporta uma carga leve de frutos, mas exige tutoramento quando a produtividade é elevada. As flores são isoladas, pequenas e hermafroditas. É uma planta autógama, embora a taxa de cruzamento possa ser elevada, dependendo da ação de insetos polinizadores. O fruto é uma baga oca de formato cônico, cilíndrico ou cúbico. Apresenta coloração vermelha, amarela, ou de outras cores, quando maduro (Filgueira, 2008).

O pimenteiro se adapta a diversos ambientes, observa-se que é cultivado tanto em regiões tropicais quanto temperadas, no mundo todo. No Brasil, o cultivo é feito em todas as regiões. Comparando com o tomateiro, o pimentoeiro é mais exigente, não tolerando temperaturas extremas, principalmente as mais baixas (Goto *et al.*, 2016). A termoperiodicidade, tal como sucede com tomateiro e outras solanáceas, também beneficia a cultura do pimentoeiro (FILGUEIRA, 2003). No que se refere ao crescimento e desenvolvimento vegetativo, a temperatura ideal para manter a taxa de produção da matéria seca e melhor desenvolvimento para a planta é entre 25-27°C, durante o dia, e 18-20°C, à noite. Portanto o pimenteiro exige termoperiodicidade entre 7 e 10 °C. Temperaturas inferiores a 15°C provocam atraso ou bloqueiam o desenvolvimento da planta (Goto *et al.*, 2016).

A partir dos anos 90, o uso de híbridos se tornou predominante, tanto para ambiente aberto como para cultivo protegido. Os materiais genéticos têm sido selecionados de acordo com sua precocidade, resistência a patógenos e alta produtividade. Dada a importância dessa hortaliça, as empresas de semente têm lançado muitos híbridos no mercado, com grandes variações quanto ao formato, tamanho e cor. Esses constituem um produto diferenciados, preços mais elevados e atingem mercados mais sofisticados (Dos Santos, 2014; Filgueira, 2008; Blat; Costa, 2007).

Devido às mudanças requeridas pelo mercado e as exigências do consumidor,

o melhoramento desta hortaliça vem priorizando não apenas a produtividade, mas também a qualidade do produto. Por conseguinte, os principais objetivos têm sido a obtenção de frutos uniformes e com alta qualidade, polpa grossa, plantas precoces e resistentes a patógenos e pragas (Blat; Braz; Arruda, 2007).

O híbrido Larry, de acordo com seu desenvolvedor, é um pimentoeiro retangular vermelho lançado para o mercado de cultivo protegido. Seus frutos apresentam padrão de cor e tamanho com peso médio de 280 gramas, ótimo pegamento de frutos com bom vigor e internódios muito curtos, além de ser indicado para as principais regiões produtoras do Brasil (Enza Zaden, 2022).

O uso de sistemas de irrigação adequados e o manejo correto da água de irrigação são fundamentais para o sucesso da cultura (Marouelli, 2016; Nick; Borém, 2016). A irrigação é aplicada objetivando-se manter o solo junto às raízes com 80% ou mais de água útil. Deve-se manter esse teor elevado de água ao longo do ciclo cultural, especialmente durante a frutificação e colheita. Entretanto, a drenagem deve estar assegurada, evitando-se um excesso de água no solo, que, entre outros malefícios, favorece a podridão-do-colo. Os cultivares híbridas que apresentam maior potencial produtivo, são mais exigentes em disponibilidade de água (Filgueira, 2003).

Tanto quanto a falta de água, o excesso e a forma com que a água é aplicada às plantas têm efeito marcante sobre a produtividade e a qualidade dos frutos. Assim, o manejo correto da irrigação é fundamental para o sucesso da cultura (Maroulli ; Silva, 2012). A cultura é especialmente exigente em aeração, uma vez que é muito sensível à asfixia radicular. Portanto deve-se evitar o encharcamento e procurar controlar ao máximo o fornecimento de água, mantendo a umidade do solo uniforme durante todo o ciclo (Brandão Filho *et al.*, 2018).

Nas últimas décadas, o sistema de cultivo em ambiente protegido com fertirrigação por gotejamento tem se tornando alternativa economicamente mais viável. O uso efetivo e correto da fertirrigação é fundamental para o sucesso da cultura do pimentoeiro. Entre as principais vantagens do uso da fertirrigação via gotejamento estão a economia de água, energia e mão de obra, maior uniformidade na aplicação da água e dos fertilizantes (Marouelli, 2016).

2.2.1 Nutrição e adubação na cultura do pimentoeiro

A nutrição mineral tem grande influência não apenas na produtividade, mas também na qualidade dos produtos. Os cultivares de pimentoeiro são muito exigentes em solos férteis e bem adubados, para pimentoeiro cultivado em ambiente protegido, o ciclo prolongado em relação ao campo e o uso da fertirrigação por gotejamento influenciam o cálculo de quantidades e frequência de aplicação de nutrientes. (Filgueira, 2003; Clemente; Aquino, 2016; Cantarella *et al*, 2022).

Os solos indicados para o cultivo são de textura média, leves, bem drenados, com pH 5,5 a 6,8. Em solos ácidos, é necessária a realização da calagem procurando atingir o pH 6,5 e uma saturação por bases de 70% (Filgueira, 2008; Blat; Costa, 2007).

A ordem de extração dos macronutrientes pelo pimentoeiro em ordem decrescente é $K > Ca > N > Mg > S > P$. Nota-se que o Ca é o segundo nutriente mais extraído do solo pela planta, sendo, portanto, a cultura do pimentoeiro especialmente exigente (Filgueira, 2003).

As recomendações mais atuais de adubação devem se basear nas quantidades extraídas pela cultura, as quais variam conforme cultivar, época de cultivo, sistema de condução das plantas, mas, principalmente, potencial produtivo (Nick; Borém, 2016). O nível de adubação em pimentoeiro deve ser condicionado às exigências do cultivar, sendo mais elevadas, possivelmente, nos híbridos em relação aos cultivares tradicionais. Isso devido ao maior vigor da planta híbrida e maior potencial produtivo (Filgueira, 2003)

O K é o nutriente mais requerido pelo pimentoeiro, sendo um nutriente altamente móvel nas plantas, o potássio exerce papel importante na regulação de relações hídricas, no equilíbrio de cargas na célula, no transporte de carboidratos, expansão celular e na qualidade e tamanho de frutos, características importantes para a comercialização de frutos *in natura* (Cantarella *et al*, 2022).

O N é um dos elementos mais exigidos em maior quantidade pelo pimentoeiro. Ele faz parte de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila e muitos outros constituintes estruturais incluindo diversos hormônios acumulados pelas plantas de pimentoeiro. Diversos trabalhos relatam efeitos positivos da adubação nitrogenada no crescimento vegetativo bem como massa e número de frutos. Os sintomas mais característicos da deficiência são a redução ou mesmo a paralisação no crescimento e baixa fixação dos

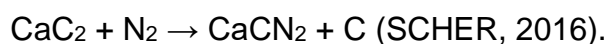
frutos decorrentes de maior abortamento de flores e frutos e maturação precoce. Quando em excesso, o N pode induzir o abortamento de flores, reduzindo o pegamento dos frutos (Clemente; Aquino, 2016).

O Ca desempenha funções na estrutura de membranas e paredes celulares. É responsável pelo bom crescimento radicular e fortalecimento da parede celular, bem como pelo crescimento e desenvolvimento dos frutos. O principal efeito da deficiência de Ca em pimentoeiro é observado nos frutos, sendo conhecido como podridão estilar, podridão apical ou fundo preto e anormalidades na região apical dos ramos. Períodos de baixa umidade relativa e altas temperaturas podem induzir a deficiência de Ca na planta, devido a não redistribuição do cálcio via floema e ao intenso transporte via xilema para as folhas. O excesso de N pode agravar a deficiência de Ca na condição de alta temperatura e baixa umidade relativa por estimular a emissão e expansão das folhas (Clemente; Aquino, 2016).

2.3 Cianamida cálcica ou calciocianamida

De acordo com Klasse (1999), a cianamida cálcica é produzida desde 1905 e foi o primeiro fertilizante nitrogenado industrial, sendo um dos processos mais antigos empregados para a fixação do N₂ do ar para fins agrícolas, ou seja, a nitrogação do carboneto (ou carbureto) de cálcio para produzir cianamida cálcica. Já Scher (2016) relata que a cianamida cálcica foi produzida pela primeira vez no final de 1800, como parte da busca por uma fonte de nitrogênio de alta análise para a indústria e agricultura para substituir os fertilizantes naturais que possuíam baixo valor nutricional.

A cianamida cálcica ou CaCN₂ é formada quando o carboneto de cálcio reage com o nitrogênio:

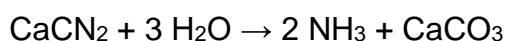


O processo de produção se desdobra em três etapas, sendo elas: obtenção de cal virgem, produção de carboneto de cálcio por fusão de CaO com coque em forno elétrico e nitrogação a 1000°C, resultando em CaCN₂ (Malavolta, 1981). Os custos de energia representam a maior parte do custo de produção de cianamida cálcica (Scher, 2016).

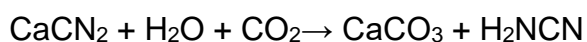
Quando a cianamida cálcica se dissolve em água produz íons cálcio (Ca²⁺) e íons cianamida (NCN₂⁻) como produtos. O íon cianamida é muito básico e reage com água para formar o íon ácido cianamida (HNCN⁻). O íon ácido cianamida é anfotérico,

ou seja, pode atuar como ácido ou base. Quando atua como um ácido, ele reverte para o íon cianamida e quando atua como base, reagirá para formar cianamida molecular (H_2NCN). A forma que a cianamida assume em solução depende do pH da solução, mas a cianamida molecular é favorecida em valores de pH normalmente médios em solos. A cianamida molecular pode então sofrer hidrólise para formar ureia, que pode reagir ainda mais para formar íons de amônio, que por sua vez podem ser convertidos em amônia volátil ou em nitrato. Uma vez absorvido pelas plantas, o íon ácido cianamida dura apenas 2-4 horas antes de formar ureia, que pode permanecer nesta forma por 4-8 horas (Hartmann, 2000).

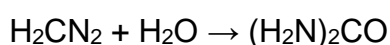
Estudos realizados pela Scottish EPA (2014) mostram a transformação sofrida pela cianamida cálcica que em contato com a água, se decompõe e libera amônia, reagindo da seguinte maneira:



Através da hidrólise, a cianamida cálcica produz cianamida e carbonato de cálcio (CaCO_3), que pode, por sua vez, proceder à formação de CaO:



A cianamida hidrogenada pode reagir ainda mais com a água para produzir ureia:



A cianamida cálcica é estável e não se decompõe se armazenada normalmente em condições secas. Se em contato com água, podem formar amônia e gás etileno (Scottish EPA, 2014).

O produto comercializado é um grânulo sólido e no solo, em contato com a água, a cianamida produz amônia, que é oxidada pelos microrganismos a nitrato, espécie preferida pelas plantas, e a carbonato de cálcio, que repõe cálcio ao solo, e corrigir a acidez (Chagas, 2007). A cianamida é absorvida como molécula pelas raízes e brotos de plantas. Com o fluxo de transpiração é transportado no xilema e distribuído por todo sistema vegetal através do simplasto. Quando aplicado em concentrações mais altas, acumula-se principalmente nas células vacúolos das folhas e pode causar danos necróticos e morte da planta (Amberger, 2013).

Atualmente, o fertilizante é vendido em grânulo contendo 19,8% de nitrogênio total N e tendo um valor limite equivalente a 50% CaO. A cianamida cálcica difere de todos os outros minerais fertilizantes, pois, primeiro tem que passar por uma

transformação no solo, para se tornar uma fonte de nitrogênio disponível da planta. Da sua fórmula química (CaCN_2) vê-se que contém o carbono e o cálcio. A sua reação fisiológica, devido ao seu excesso de carbonato de cálcio, é basificante e de incompatibilidade com diversos outros adubos. É o adubo nitrogenado de ação mais lenta sobre as plantas (Garcia, 2006; Ibañez; Palomeque; Fontúrbel, 2004).

A primeira transformação que ocorre um ou dois dias após o fertilizante ter entrado em contato com a umidade do solo é a formação de cianamida hidrogenada. Este fitotóxico é, até certo ponto, fungicida, possui propriedades herbicidas e moluscidas. Portanto, um período de espera deve ser observado entre a aplicação de fertilizantes e a semeadura ou plantio, em função da dose utilizada (Klasse, 1999; Garcia, 2006). Conseqüentemente, esta fase da cianamida cálcica pode ser usada para diminuir a germinação de ervas daninhas e para diminuir a viabilidade em alguns solos de importantes patógenos. Dentro de uma a duas semanas a cianamida é totalmente convertida em formas de nitrogênio toleradas, como ureia e amônio. (Klasse, 1999).

O uso de inibidores de nitrificação (INs) pode reduzir a oxidação bacteriana do NH_4^+ para NO_2^- inibindo a amônia monooxigenase (AMO), a enzima que catalisa a primeira etapa de nitrificação. Durante o processo de decomposição da cianamida cálcica no solo, a dicianodiamida (DCD), um inibidor de nitrificação é formado. Portanto, a aplicação desse fertilizante poderia mitigar a emissão de óxido nitroso (N_2O) do solo. Após ser aplicado ao solo, a cianamida cálcica é gradualmente hidrolisada em cianamida e hidróxido de cálcio. Em seguida, a cianamida é principalmente convertida em ureia, mas a DCD também é formada como um produto secundário. Desta forma o nitrogênio na cianamida cálcica permanece mais tempo na forma de amônio do que de fertilizantes comuns (Suzuki *et al.*, 2021; Yamamoto *et al.*, 2012; Nagumo *et al.*, 2009; Klasse, 1999).

Como um agroquímico multifuncional, a cianamida cálcica (CaCN_2) é principalmente um fertilizante nitrogenado, porém com ações herbicidas, fungicidas e efeitos colaterais bactericidas (Amberger, 2013). Numerosos relatos indicavam que a correção do solo com CaCN_2 é eficaz para o controle de doenças transmitidas pelo solo. No entanto, seus efeitos ecotoxicológicos sobre a estrutura e função da comunidade microbiana do solo permanece desconhecida. (Shi *et al.*, 2009). O efeito herbicida é estritamente restrito a cianamida, excluindo produtos de decomposição. (Amberger, 2013).

Nianzu *et al.* (1995) com o objetivo de estudar o efeito da cianamida cálcica na eficiência de outros fertilizantes nitrogenados observou que ao utilizar CaCN_2 juntamente com ureia, sulfato amônio ou cloreto de amônio, houve aumento na eficiência desses fertilizantes, respectivamente. Além disso, em condições de inundação como no plantio de arroz, a cianamida cálcica diminuiu a formação e lixiviação do nitrato no solo. Quando se utilizou de uma mistura de cianamida cálcica com a adubação de base, houve melhores resultados na adubação de plantio das culturas do arroz, batata, trigo, milho, soja, amendoim, pêsego, uva, melão e melancia.

Kaushal *et al.* (2006) em um estudo feito com em um arrozal rotacionado em Niigata, Japão, obteve resultados satisfatórios no uso de cianamida cálcica no plantio de soja. Além da adubação de base realizada, foi feita a adubação com CaCN_2 em profundidade. Verificou-se que tanto o crescimento das plantas quanto o acúmulo de N aumentam com o tratamento com CaCN_2 em comparação com as plantas controle. Um aumento na atividade de fixação de N_2 foi encontrado nas parcelas que utilizaram 100 kg ha^{-1} de cianamida cálcica. O rendimento total de sementes foi maior e a qualidade visual das sementes colhidas melhorou na aplicação mais profunda de 100 kg ha^{-1} de CaCN_2 em comparação com outros tratamentos.

Em um estudo avaliando as influências de diferentes doses pré-plantio de CaCN_2 , em morango cultivado em solo solarizado ou não solarizado, Sabatino *et al.* (2019) observaram que a solarização juntamente com o uso de 500 kg ha^{-1} de CaCN_2 aumentaram significativamente o rendimento comercializável inicial, o rendimento comercializável total e a firmeza de frutos em comparação com o controle. Plantas cultivadas em solo tratado com dose de 500 ou 1000 kg ha^{-1} de CaCN_2 aumentaram a altura da planta, o número de brotos planta⁻¹, o número de folhas planta⁻¹, o diâmetro do colo da raiz, a qualidade visual da planta, as antocianinas e a capacidade antioxidante em comparação com plantas de controle. Frutos de plantas cultivadas em solo exposto a CaCN_2 com dosagem de 500 e 1000 kg ha^{-1} apresentaram menor teor de N nos frutos do que plantas controle.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

Dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, no Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente, na FCA/UNESP (Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”) localizada no município de Botucatu – SP (Figura 1).

Figura 1 – Imagem aérea da localização da área de condução do experimento, Botucatu, 2023.



Fonte: GoogleEarth Pro (2023). Detalhes: Casa de vegetação usada para o ensaio em destaque (vermelho) e estação meteorológica (amarelo).

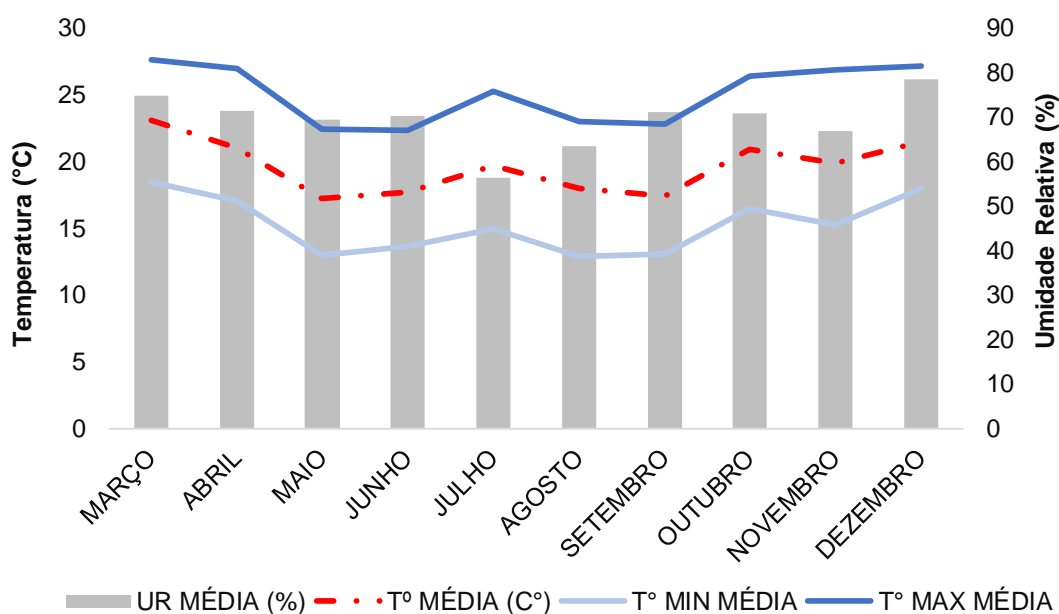
A casa de vegetação utilizada possui 24 metros de comprimento, 7 metros de largura, pé direito de 2,5 metros e 3,8 metros na parte mais alta (Figura 1 – destaque em vermelho). Sua cobertura é de filme plástico de 150 micras e possui duas janelas superiores, nas extremidades, sobre as portas, utilizadas para o controle de temperatura, onde foi feito o manejo de abertura e fechamento dos mesmos quando necessário.

O clima da região é caracterizado como sendo Cwa, mesotérmico (subtropical e temperado) com verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos. A temperatura média do ar é 21,04°C, umidade relativa média de 69,8% e precipitação acumulada anual média de 1521,76 mm. O mês mais quente ocorre em fevereiro, com

temperatura máxima média de 28,59°C, o mês mais chuvoso ocorre em janeiro, com precipitação acumulada média de 286,60 mm e umidade relativa média de 75,79 %. O período mais frio ocorre entre junho e julho, com temperatura média de 17,79°C. O mês mais seco geralmente ocorre em agosto, com precipitação acumulada média de 38,02 mm e umidade relativa do ar média de 60,79% (Franco, 2021).

O monitoramento climático durante o período experimental foi realizado com auxílio da estação meteorológica (detalhe em amarelo - Figura 1) localizada no Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente. Os dados coletados estão apresentados na Figura 2.

Figura 2 – Dados climáticos do período de realização do experimento, Botucatu, 2023



Fonte: Estação meteorológica-Departamento de Solos e Recursos Ambientais (2022).

3.2 Caracterização físico-química do solo

O solo utilizado para o ensaio foi coletado em área de produção de grãos da Fazenda Experimental Lageado, na FCA/Unesp, e é classificado como Latossolo Vermelho. Uma amostra composta do solo foi enviada para o laboratório e caracterizada química e fisicamente, de acordo com os métodos de Raji et al. (2001) e EMBRAPA (2011), respectivamente. Os resultados das análises estão na Tabela 1.

De acordo com os resultados, o solo coletado foi caracterizado como sendo de textura argilosa.

Tabela 1 – Caracterização química e física do solo coletado para o ensaio Botucatu, 2023

Atributos do solo	
	-----Atributos químicos-----
pH (CaCl ₂)	5,4
P (mg dm ⁻³)	32
K ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	2,7
Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	35
Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	24
S (mg dm ⁻³)	84
Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	0
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	22
SB	62
CTC (mmol _c dm ⁻³)	84
V (%)	74
MO (g dm ⁻³)	16
B (mg dm ⁻³)	0,43
Cu (mg dm ⁻³)	5,5
Mn (mg dm ⁻³)	54,5
Zn (mg dm ⁻³)	2,7
Fe (mg dm ⁻³)	19
	----- Atributos físicos -----
Argila (g kg ⁻¹)	416
Silte (g kg ⁻¹)	149
Areia (g kg ⁻¹)	435

Não foi necessária correção da acidez, pois o mesmo apresentava saturação por bases próxima a 80% e teor de Mg maior que 8 mmol_cdm⁻³, adequados para o cultivo de tomateiro e pimentoeiro (Cantarella *et al.*, 2022).

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com cinco repetições. Cada parcela foi composta por 2 vasos de 11 litros com 1 planta cada. As doses de cianamida cálcica aplicadas juntamente com a adubação de plantio foram utilizadas como tratamentos. O tempo de incubação variou em função da dose aplicada (Tabela 2).

Tabela 2 – Tratamentos avaliados nos experimentos, Botucatu, 2023

Tratamentos	Cianamida Cálcica (kg ha ⁻¹)	Aplicação (tempo de incubação) (dias antes do transplante)
1	NPK	6 dias
2	200 Kg ha ⁻¹	6 dias
3	350 Kg ha ⁻¹	10 dias
4	500 Kg ha ⁻¹	15 dias
5	1000 Kg ha ⁻¹	28 dias

A adubação de plantio foi realizada conforme recomendação para as culturas, baseada no resultado da análise do solo. Aplicou-se para o tomateiro 200 mg dm⁻³ P (100 mg na forma de superfosfato simples e 100 mg na forma de termofosfato magnésiano - Yorin Master II) e 120 mg dm⁻³ K, na forma de sulfato de potássio. Para o pimentoeiro utilizou-se 120 mg dm⁻³ P (60 mg na forma de superfosfato simples e 60 mg na forma de termofosfato Yorin Master II) e 72 mg dm⁻³ e K, na forma de sulfato de potássio.

Os fertilizantes e os tratamentos foram incorporados ao volume total do solo dos vasos, simulando a incorporação comumente realizada em campo. A aplicação dos tratamentos iniciou-se pelo tratamento 5, que recebeu a maior dose de cianamida cálcica permanecendo incubado por 28 dias, seguindo-se para o tratamento 4, incubado por 15 dias, tratamento 3 por 10 dias, e, finalmente pelos tratamentos 2 e 1 por 6 dias.

Para a incubação dos tratamentos e posterior manejo da irrigação, a capacidade máxima de retenção da água do solo (CRM) foi determinada. Para isso, utilizou-se de três vasos com capacidade de 1 kg de solo. Após completar os vasos com o mesmo solo utilizado no ensaio, foi adicionado um volume conhecido de água (500 mL) em cada um e, debaixo de cada vaso foi colocado um saco plástico, preso por um elástico, de modo que este pudesse recolher a água que escoasse pelos orifícios dos vasos evitando a perda por evaporação. Os vasos foram colocados a uma certa altura para que a água pudesse se translocar pelo solo. Após 24 horas, foi medida a quantidade de água que se translocou do solo para o saco plástico dos três vasos, e com base nas médias dos volumes, foi observado quanto de água ficou retida no solo, ou seja, sua capacidade de retenção máxima de água (CRM).

As quantidades dos nutrientes fornecidas pela aplicação da cianamida cálcica estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidades de nutrientes fornecidas pela cianamida cálcica conforme tratamentos, Botucatu, 2024

Tratamentos	Nitrogênio (Kg ha ⁻¹)		Cálcio (Kg ha ⁻¹)	
	N tot.	N-NO ₃ ⁻	Ca	Ca disp.
Controle	0,0	0,0	0,0	0,0
200 Kg ha ⁻¹	39,6	3,6	70,0	11,0
350 Kg ha ⁻¹	69,3	6,3	122,5	19,2
500 Kg ha ⁻¹	99,0	9,0	175,0	27,5
1000 Kg ha ⁻¹	198,0	18,0	350,0	55,0

O nitrogênio foi complementado na forma de nitrato de cálcio juntamente a cianamida cálcica (Tabelas 4 e 5) para que todos os tratamentos recebessem a mesma quantidade desse nutriente (21 mg dm⁻³ N para as plantas de tomateiro e 13 mg dm⁻³ N para o pimentoeiro).

Tabela 4 – Doses de cianamida cálcica e de Nitrato de cálcio (NCa) aplicadas no plantio de tomateiro conforme tratamentos, Botucatu, 2023

Tratamentos	Nitrogênio (g dm ⁻³)		Nitrogênio (%)	
	Cianamida cálcica	NCa	Cianamida cálcica	NCa
Controle	0,00	0,21	0	100
200 Kg ha ⁻¹	0,02	0,19	10	90
350 Kg ha ⁻¹	0,03	0,18	14	86
500 Kg ha ⁻¹	0,05	0,16	24	76
1000 Kg ha ⁻¹	0,09	0,12	43	57

Tabela 5 – Doses de cianamida cálcica e de nitrato de cálcio (NCa) aplicadas no plantio de pimentoeiro conforme tratamentos, Botucatu, 2023

Tratamentos	Nitrogênio (g dm ⁻³)		Nitrogênio (%)	
	Cianamida cálcica	NCa	Cianamida cálcica	NCa
Controle	0,00	0,13	0	100
200 Kg ha ⁻¹	0,02	0,11	15	85
350 Kg ha ⁻¹	0,03	0,10	23	77
500 Kg ha ⁻¹	0,05	0,08	38	62
1000 Kg ha ⁻¹	0,09	0,04	69	31

3.4 Instalação e manejo das culturas

Após a incorporação dos tratamentos no solo e incubação dos vasos (Figura 3) este foram dispostos em cima de um tijolo, em um espaçamento de 50 cm. Foram utilizadas mudas do híbrido Compack de tomateiro e do híbrido Larry de pimentoeiro obtidas de viveiros certificados a fim de manter a boa qualidade e sanidade das mesmas. Foi realizada a seleção prévia das mudas, de modo que o tamanho das

mudas fosse padronizado para compor cada um dos blocos, e só então fosse realizado o transplante (Figura 4) no dia 07/06/2022.

Figura 3 – Solos em processo de incubação após aplicação dos tratamentos, Botucatu, 2022



Figura 4 – Seleção das mudas por tamanho, abertura de covas e transplante, Botucatu, 2022



Com o auxílio de um trado tipo sonda foi feita uma cova central em cada vaso e nesta posicionada, cuidadosamente, uma muda de tomateiro ou de pimentoeiro.

A irrigação foi realizada via gotejamento, para tal, foram alocadas duas caixas com capacidade de 100 Litros, alimentadas por uma caixa a partir da linha principal.

Nas linhas laterais foram colocadas duas linhas de tubos gotejadores de polietileno de baixa densidade (PEBD) no centro de cada fileira de vasos. Os botões gotejadores utilizados possuíam vazão de 8 L h^{-1} , nos quais foram instalados conectores cruzados de 4 vias, assim, cada vaso recebeu uma vazão equivalente a 2 L h^{-1} . A irrigação foi realizada de forma automática, onde utilizaram-se temporizadores para realizar as programações, assim as válvulas solenoides eram acionadas para a realização da irrigação. O tempo de rega foi ajustado de acordo com a necessidade fisiológica da cultura e da evapotranspiração, em função da temperatura por meio de observações diárias.

Durante o desenvolvimento das culturas a adubação foi realizada via água de irrigação (fertirrigação), de acordo com a necessidade de cada uma delas (Trani et al., 2022a; Trani et al., 2022b). Para o tomateiro, foram aplicados inicialmente 19 g de fosfato monoamônico (MAP), 63 g de nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), 59 g de nitrato de potássio (KNO_3) e 44 g de sulfato de magnésio (MgSO_4) a cada 100 litros de solução que eram preparadas diariamente (Tabela 6). A solução preparada para o pimentoeiro recebeu 60% da concentração das doses utilizadas para o tomateiro, ou seja, 12g, 38g, 36g e 27g de MAP, nitrato de ca, nitrato de K e sulfato de Mg, respectivamente (Tabela 7). A condutividade elétrica da solução (CE) foi medida após cada preparo de uma nova solução para que não ultrapassasse o limiar aceito pelas culturas, de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ para o tomateiro e $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ para o pimentoeiro. A quantidade de nutrientes fornecidos pelos fertilizantes em cada solução preparada está descrita na Tabela 8.

Tabela 6 – Quantidade de fertilizantes utilizados na solução de fertirrigação do tomateiro, Botucatu, 2023

Fertilizante	CE (1g/L) do fertilizante	g/100L	g/L	CE da solução
MAP	0,95	19	0,19	0,18
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,20	63	0,63	0,76
KNO_3	1,30	59	0,59	0,77
MgSO_4	0,90	44	0,44	0,40
Total			1,85 g/L	2,11

Tabela 7 – Quantidade de fertilizantes utilizados na solução de fertirrigação do pimentoeiro, Botucatu, 2023

Fertilizante	CE (1g/L) do fertilizante	g/100L	g/L	CE da solução
MAP	0,95	12	0,12	0,12
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1,20	38	0,38	0,46
KNO_3	1,30	36	0,36	0,47

MgSO ₄	0,90	27	0,27	0,25
Total			1,13 g/L	1,30

Tabela 8 – Quantidade de nutriente fornecidos na solução de fertirrigação do tomateiro e pimentoeiro, Botucatu, 2023

Nutriente	Cultura	
	Tomate	Pimentão
	-----g/100L-----	
N	18,94	11,48
P	4,94	3,12
K	21,83	13,32
Ca	9,77	7,22
Mg	3,96	2,43
S	5,28	3,24

Ao início da frutificação, quando observado que a necessidade nutricional das plantas aumenta, em função do crescimento dos frutos, as doses foram reajustadas para que não houvesse perdas por deficiências nutricionais em ambas as culturas. A partir do dia 04/09/2022, as adubações tiveram um aumento de 10 % para o tomateiro, e, o pimentoeiro seguiu o padrão de 60 % em relação às novas doses utilizadas no tomateiro.

Realizou-se nos dias 27/07/2022 e 04/08/2022 pulverização de 0,5 mL L⁻¹ de fungicida de ação multisítio, cuja composição é hidróxido de cobre como ação preventiva de doenças. Também foi utilizado leite cru (50 mL L⁻¹) como manejo curativo e preventivo dos sintomas de oídio observados nas culturas, essas realizadas semanalmente a partir de 07/08/2022,

As pulverizações foliares foram feitas a cada 15 dias, a partir de 22/08/2022, até o final do ciclo, utilizando sulfato de Mg (10 g L⁻¹), ácido bórico (1,5 gL⁻¹) e sulfato de manganês (0,5 g L⁻¹), de acordo com a necessidade da cultura e observações visuais de deficiência dos nutrientes (Figura 5).

As pulverizações foram programadas de modo que não fossem realizadas no mesmo dia, separando sempre o manejo nutricional do manejo de doenças.

Figura 5 – Clorose internerval observada em folhas novas (A) e folhas velhas (B) de tomateiro, característica de deficiência de Mn e Mg, respectivamente, Botucatu, 2022



Os tratos culturais foram realizados conforme recomendação técnica adequada para as culturas, adaptado ao cultivo em vaso.

A condução das plantas de tomateiro foi realizada seguindo a recomendação padrão deixando apenas a haste principal e a primeira ramificação lateral se desenvolverem. A condução do pimentoeiro foi feita deixando um fruto em cada axila da planta, ou seja, em cada bifurcação do caule.

Figura 6 – Visão geral do experimento sendo A) tomateiro e, B) pimentoeiro, Botucatu, 2022



O desbaste foi realizado nas duas culturas, onde foi feita retirada das brotações laterais, chamadas popularmente de ramos ladrões.

A condução das plantas foi feita com fitilhos presos às estruturas fixadas dentro da casa de vegetação, as quais permitiam a movimentação dos fitilhos se necessário esticar ou afrouxar mais de acordo com o tamanho e peso das plantas.

As plantas de tomateiro foram conduzidas até alcançar um padrão de 11 pencas por planta. Quando esse número foi alcançado, fez-se o manejo de capação, onde foram retirados os ponteiros para cessar o crescimento apical das plantas para que o enchimento dos frutos se completasse.

A condução do pimentoeiro foi realizada deixando-se um fruto por axila, sendo que o fruto da primeira bifurcação foi retirado para que fosse mantida uma relação fonte/dreno equilibrada, já que o primeiro fruto tem a tendência de se desenvolver mais, e os frutos seguintes acabam ficando menores do que desejado.

As plantas foram conduzidas até o momento que foi constatado o momento correto para encerramento do ensaio de acordo com o desenvolvimento das culturas.

3.5 Avaliações das plantas cultivadas

3.5.1 Tomateiro

Os frutos de cada planta foram coletados separadamente quando atingiram o ponto de colheita, ou seja, quando foi observado que os frutos mudaram de cor de verde para maduro. As colheitas se iniciaram no dia 29/08 (83 DAT) e se estenderam até 19/09 (104 DAT). Após cada colheita foi feita a contagem, classificação e pesagem por classe dos frutos maduros ao longo do ciclo (Figura 7). Ao final do ciclo foi somada a produção total de cada planta e a produção em cada uma das classes.

Figura 7 – Frutos de tomateiro colhidos e avaliados no dia 15/09/2022, Botucatu, 2022



Na avaliação final, para que fosse possível avaliar as plantas com o cuidado necessário, devido ao volume de material a ser processado, foi colhida uma planta de

cada tratamento aos 104 DAT e a segunda planta aos 112 DAT (Figura 8). Nessas coletas foram avaliadas a medida indireta de clorofila, por meio do clorofilômetro SPAD-502 (Konica Minolta), amostrando a quarta folha com pecíolo a partir do ponteiro (Trani, 2022), a altura de plantas, o número de folhas, o número de cachos e a massa fresca dos frutos restantes nas plantas, tanto os frutos verdes quanto os maduros.

A parte vegetativa das plantas e os frutos foram lavados, secos em estufa com circulação de ar forçada a 65°C e pesados até a massa constante para determinação da massa de seca. Em seguida foram analisados quimicamente quanto ao teor de nutrientes. Com base no teor e na massa seca foi calculado o acúmulo de nutrientes na parte vegetativa das plantas e nos frutos de cada tratamento.

Figura 8 – Coleta e processamento da planta de tomateiro, Botucatu, 2022



3.5.2 Pimentoeiro

Aos 102 DAT (16/09/2022) foram colhidos os frutos da 1ª e 2ª bifurcações, sendo avaliada a massa fresca e o comprimento dos frutos. As plantas de pimentoeiro foram conduzidas por 113 dias após o transplante, até o dia 27/09/22 quando se avaliou a medida indireta de clorofila (MIC) por meio do clorofilômetro SPAD-502 (Konica Minolta), amostrando-se a segunda folha mais nova totalmente expandida da planta, ou seja recém desenvolvida (Trani, 2022), a altura de plantas, o número de folhas, a massa fresca e o comprimento dos frutos restantes nas plantas independente do seu tamanho (Figura 9).

Figura 9 – Coleta e processamento das plantas de pimentoeiro, Botucatu, 2022



A parte vegetativa das plantas e os frutos foram lavados, secos em estufa com circulação de ar forçada a 65°C e pesados até a massa constante para determinação da massa de seca. Em seguida foram analisados quimicamente quanto ao teor de nutrientes. Com base no teor e na massa seca foi calculado o acúmulo de nutrientes na parte vegetativa das plantas e nos frutos de cada tratamento.

3.6 Análise de solo

Ao final do ciclo foi realizada a amostragem de solo para obter o teor de cada nutriente no solo para fins comparativos com os teores de nutrientes na parte aérea e frutos das plantas. As amostragens foram realizadas em cada bloco, ou seja, os dois vasos de cada tratamento formaram uma amostra simples de solo que foi identificada e enviada para o laboratório.

3.7 Avaliação de pós-colheita

No final do ciclo de ambas as culturas foi definido um padrão de 1 a 3 frutos de tomate (Figura 10) e pimentão (Figura 11), com tamanhos semelhantes, para análise da perda de água em pós-colheita nos frutos, fazendo-se pesagem a cada 2 dias por 15 dias consecutivos.

Figura 10 – Frutos de tomate selecionados por tamanhos semelhantes para a avaliação de pós-colheita, Botucatu, 2022



Figura 11 – Frutos de pimentão selecionados por tamanhos semelhantes para a avaliação de pós-colheita, Botucatu, 2022



3.8 Tratamento estatístico

Os resultados foram submetidos à análise estatística utilizando o programa estatístico SisVar ver 5.0, aplicando-se a análise de variância. A análise de regressão foi feita com base na análise de variância, sendo consideradas as médias significativas a $p < 0,05$, e ajustando as médias aos modelos linear ou quadrático, cuja significância foi verificada pelo teste t. O ajuste da curva foi considerado adequado para estimar dados quando R^2 foi maior que 0,7.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Tomateiro

O número de cachos por planta e a medida indireta de clorofila (MIC) foram influenciados pelas doses de cianamida cálcica aplicadas (Tabela 9). As plantas apresentaram altura e número de folhas semelhantes.

Tabela 9 – Altura, número de folhas e cachos e medida indireta de clorofila (MIC) de plantas de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamentos	Altura (cm)	Nº folhas/planta	Nº cachos/planta	MIC (SPAD)
Controle	1,37	43	11,1	57
200 Kg ha ⁻¹	1,36	44	11,6	56
350 Kg ha ⁻¹	1,42	43	12,2	57
500 Kg ha ⁻¹	1,37	43	11,5	59
1000 Kg ha ⁻¹	1,39	44	11,6	60
p-valor	0,81	0,72	0,03	0,05
CV	5,8	3,5	4,3	4,0

Altura (cm): $y=1,3676+0,0007x-0,00000005x^2$ ($R^2 = 0,14$); Nº folhas/planta: $y=43,326+0,0008x-0,000001x^2$ ($R^2 = 0,30$); Nº cachos/planta: $y=11,186+0,0024x-0,000002x^2$ ($R^2 = 0,46$); MIC (SPAD): $y= 56,445+0,0024x+0,000001x^2$ ($R^2 = 0,76$).

O número de cachos por planta foi ajustado pelo modelo quadrático em função das doses aplicadas de cianamida cálcica ($p<0,05$), atingindo o valor máximo na dose de 350 Kg ha⁻¹, porém a equação gerada apresenta R^2 baixo de 0,46, não sendo adequada para estimar dados. Cabe ressaltar que foi realizada desbrota apical (capação) quando as plantas atingiram 12 cachos e as plantas do tratamento controle apresentaram apenas 11 cachos até a data de finalização do ensaio e, portanto, não foram capadas.

A capação ou desbota é uma prática na qual se remove a gema apical das hastes. Isto limita o número de cachos por haste e permite o aumento do tamanho dos frutos remanescentes (Machado; Alvarenga; Florentino, 2007), principalmente nos cachos situados no terço superior das plantas (PEREIRA; Marchi; Silva, 2000). Segundo Wamser *et al.* (2009), o tomateiro pode ser conduzido com cinco cachos por haste sem comprometer a produtividade de frutos comerciais, no tutoramento vertical

com filhinhos. Sabatino *et al.* (2019) encontrou em plantas de morango cultivadas em solo tratado com dose de 500 ou 1000 kg ha⁻¹ de CaCN₂ aumentaram a altura da planta, o número de brotos planta⁻¹, o número de folhas planta⁻¹.

Para o MIC, o efeito das doses foi significativo ($p < 0,05$), e a regressão permitiu um bom ajuste do modelo quadrático ($R^2 = 0,76$) em função das doses de cianamida cálcica atingindo o ponto máximo em 1200 kg ha⁻¹. Pela equação ajustada quanto maior a dose de cianamida cálcica, maior a MIC da folha corroborando com informações encontradas na literatura para a cultura do tomateiro (Porto *et al.*, 2014; Güler; Büyüç, 2007; Sandoval-Villa; Guertal; Wood, 2000; Guimarães *et al.*, 1999). O clorofilômetro SPAD utiliza a diferença de densidade ótica de dois comprimentos de onda para determinar a quantidade relativa de clorofila, o valor de saída (valor SPAD) está relacionado com o teor nitrogênio foliar (Minolta, 2009). Como a avaliação da MIC foi realizada ao final do ensaio, esse resultado pode revelar que a cianamida cálcica ainda possuía influência no teor de nitrogênio nas folhas, principalmente nas maiores doses, por conta da sua capacidade de liberação gradativa de N, assim, as plantas revelam uma coloração mais intensa conforme a dose.

O número de frutos verde e maduros e massa fresca total de frutos das plantas de tomateiro não revelaram resultados significativos. Todavia, houve ajustes quadráticos de alguns resultados em função das doses de cianamida cálcica observados nas variáveis de número total de frutos, massa fresca de frutos verdes e maduros. Observa-se uma tendência do efeito das doses no número de frutos verdes e total. A dose calculada que resulta em maior número de frutos total, massa fresca de frutos verdes, maduros é de 569, 626 e 349 Kg ha⁻¹ de cianamida cálcica, respectivamente. (Tabela 10).

Tabela 10 – Número e massa de frutos de plantas de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamentos	Nº frutos planta ⁻¹			MF frutos (g planta ⁻¹)		
	Verdes	Maduros	Total	Verdes	Maduros	Total
Controle	26	13	39	1392,4	1750,4	3142,8
200 Kg ha ⁻¹	26	14	40	1464,8	1715,1	3179,9
350 Kg ha ⁻¹	30	13	43	1612,1	1773,3	3385,4
500 Kg ha ⁻¹	28	16	44	1544,2	1737,0	3281,2
1000 Kg ha ⁻¹	28	13	41	1532,9	1669,0	3201,9
p-valor	0,08	0,29	0,15	0,53	0,91	0,48
CV	8,4	15,1	7,6	13,6	10,6	7,0

Número de frutos verdes: $y = 25,63 + 0,0108x - 0,00009x^2$ ($R^2 = 0,55$); Número de frutos maduros: $y = 13,081 + 0,0057x - 0,000006x^2$ ($R^2 = 0,38$); Número de frutos total: $y = 38,71 + 0,0165x - 0,0000145x^2$ ($R^2 = 0,82$);

Massa fresca de frutos verdes: $y = 1389,8 + 0,6263x - 0,0005x^2$ ($R^2 = 0,78$); Massa fresca de frutos maduros: $y = 1739,7 + 0,0698x - 0,0001x^2$ ($R^2 = 0,70$); Massa fresca total de frutos: $y = 3129,5 + 0,6961x - 0,0006x^2$ ($R^2 = 0,63$).

Como as plantas não foram levadas até o final do ciclo, observa-se que no momento da finalização do ensaio havia elevado número de frutos verdes nas plantas, que corresponde à carga pendente.

Assim, a massa total de frutos, na dose estimada que proporcionou o maior valor (580 kg ha^{-1}), foi de 3.332 g por planta, 6% superior ao tratamento controle ($3.142,8 \text{ g}$). Pensando em uma área de espaçamento $1,10 \text{ m}$ entre linhas e $0,5 \text{ m}$ entre plantas (Trani, 2022b), com uma densidade de plantio de 5500 plantas por hectare, essa produtividade seria de $1.040,6 \text{ kg ha}^{-1}$ a mais que o controle. Contudo, observando os dados da Tabela 10, nota-se que o pico de produção total de frutos seria alcançado na dose de 350 kg ha^{-1} , mas, devido ter sido utilizado duas doses acima, sendo uma delas mais que o dobro, sem reduzir muito a produtividade em relação ao máximo, fez com que o ponto de máximo fosse deslocado para 580 kg ha^{-1} .

Na Tabela 11 estão apresentados os resultados da massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de frutos verdes, maduros e massa seca total das plantas de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica.

Observa-se um ajuste quadrático para MSPA, MS frutos verdes e total. Para MSPA a dose calculada que proporciona maior massa é de 375 Kg ha^{-1} de cianamida cálcica. Para massa seca de frutos verdes, a dose é de 945 kg ha^{-1} , já para MS total, 535 kg ha^{-1} de cianamida cálcica. Observa-se que ao utilizar doses maiores que as calculadas de cianamida cálcica há uma redução da MSPA, assim como para MS frutos verdes e MS total, ou seja, quando ultrapassamos das doses consideradas ótimas, há uma tendência de redução nos parâmetros estudados.

Tabela 11 – Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca dos frutos em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamentos	MSPA (g planta^{-1})	MS frutos (g planta^{-1})		MS total
		Verdes	Maduros	
Controle	102,2	88,0	59,8	249,9
200 Kg ha^{-1}	103,1	85,1	63,5	251,8
350 Kg ha^{-1}	108,8	95,3	62,4	266,5
500 Kg ha^{-1}	107,0	85,7	66,4	259,1
1000 Kg ha^{-1}	107,1	86,8	59,3	228,8
p-valor	0,76	0,92	0,54	0,46
CV	8,8	22,4	11,7	8,13

MSPA: $y = 248,01 + 0,0675x - 0,00009x^2$ ($R^2 = 0,91$); MS frutos verdes: $y = 101,7 + 0,0189x - 0,00001x^2$ ($R^2 = 0,73$); MS frutos maduros: $y = 87,54 + 0,0073x - 0,000008x^2$ ($R^2 = 0,07$); MS total: $y = 59,608 + 0,0214x - 0,00002x^2$ ($R^2 = 0,80$).

O teor de nutrientes na parte aérea das plantas de tomateiro em função dos tratamentos está representado na Tabela 12.

Foi observado efeito significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos no teor de Mg e Mn nas plantas. Observa-se um ajuste quadrático para o teor de Mg em função das doses de cianamida cálcica, onde os maiores valores encontrados foram nos tratamentos 350 e 200 kg ha⁻¹, já a dose estimada a partir do ajuste quadrático chegou a 1100 kg ha⁻¹. O Mn apresentou um teor máximo na dose de 350 kg ha⁻¹, porém a equação gerada apresenta R² abaixo do adequado para estimar dados.

Tabela 12 – Teor de nutrientes na parte aérea de plantas de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Controle	26,6	4,9	39	34	8,5	11,9	59	49	165	111	60
200 Kg ha ⁻¹	26,8	5,1	40	33	8,1	13,5	61	47	155	89	60
350 Kg ha ⁻¹	26,3	5,1	40	33	8,1	12,1	61	45	148	117	55
500 Kg ha ⁻¹	26,9	5,1	39	31	7,7	12,1	60	43	149	96	59
1000 Kg ha ⁻¹	26,7	4,9	38	31	7,8	11,6	60	42	145	72	56
p-valor	0,90	0,54	0,60	0,25	0,02	0,46	0,98	0,57	0,13	0,01	0,67
CV	3,94	6,14	5,07	6,35	4,43	13,75	9,99	17,20	8,50	19,34	11,30
Teor de referência*	40-60	4-8	30-50	14-40	4-8	4-10	35-100	8-15	100-300	50-250	35-100

N: $y = 26,628 + 0,0001x - 9E-08x^2$ ($R^2 = 0,01$); P: $y = 4,9302 + 0,0008x - 0,0000009x^2$ ($R^2 = 0,93$). K: $y = 39,239 + 0,0022x - 0,000004x^2$ ($R^2 = 0,88$). Ca: $y = 33,909 - 0,0055x + 0,000003x^2$ ($R^2 = 0,90$). Mg: $y = 8,5111 - 0,0022x + 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,91$). B Cu: $y = 49,532 - 0,0164x + 0,000009x^2$ ($R^2 = 0,99$). Fe: $y = 164,78 - 0,0532x + 0,00003x^2$ ($R^2 = 0,95$). Mn: $y = 105,99 + 0,0039x - 0,00004x^2$ ($R^2 = 0,62$). * Trani et al. (2022).

Apesar de não haver valores significativos pela análise de variância ($p < 0,05$), é possível perceber uma tendência nos valores de P, K, Ca, Cu e Fe;. As doses calculadas de cianamida cálcica para essas variáveis foram 444,44 kg ha⁻¹ para P, 275 kg ha⁻¹ para K, 916,67 kg ha⁻¹ para Ca, 911,11 kg ha⁻¹ para Cu e 886,67 kg ha⁻¹ para Fe.

O teor considerado na referência, utiliza como parâmetro a folha diagnose (Trani *et al.*, 2022). No entanto, no presente estudo foi utilizado para avaliação a junção de folhas com as hastes o que pode ter causado um efeito de diluição dos nutrientes que estariam em maior concentração nas folhas.

A ordem decrescente dos teores de nutrientes encontrados para a parte aérea do tomateiro é K>Ca>N>S>Mg>P>Fe>Mn>B>Zn>Cu. Silva (2014), trabalhando com

o mesmo híbrido utilizado neste trabalho (Compack), encontrou a seguinte sequência de teores de nutrientes na parte aérea das plantas, $K > Ca > N > P > Mg > S > Fe > Mn > Cu > B$.

A quantidade de nutrientes absorvidos pela planta de tomateiro, durante o ciclo, depende de fatores bióticos e abióticos, como temperatura do ar e solo, luminosidade e umidade relativa (Papadopoulos, 1991), época de plantio (Heuvelink, 1995), genótipo e concentração de nutrientes no solo (Fontes; Wilcox, 1984). Esses e outros fatores, como a fertirrigação, condução vertical das plantas e cobertura plástica, presentes de forma diferenciada nos sistemas de cultivo do tomateiro conduzido em condições de campo e em ambiente protegido influem na sua absorção de nutrientes.

Dentre todos os nutrientes, o Cu se encontra muito acima do valor de referência. Tais valores podem ter ocorrido por conta das pulverizações com hidróxido de cobre realizadas para controle preventivo de doença nas plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Scucuglia (2012), onde nas amostras analisadas há um teor excessivo de Cu, tais valores são encontrados por conta das aplicações de fungicidas a base de cobre durante o estudo.

O nutriente mais demandado pelo tomateiro é o K, e na planta desempenha importante papel como ativador enzimático (Alvarenga, 2013) e podemos observar que foi o macronutriente com maior teor dentre os demais, apresentando um ajuste onde o ponto máximo seria obtido na dose de 275 kg ha^{-1} de cianamida cálcica. Sabe-se que o excesso de cálcio no solo pode reduzir a absorção de potássio por conta do efeito de antagonismo entre esses dois nutrientes, assim, é necessário que o ajuste das doses de cianamida cálcica seja bem equilibrado para manter uma relação Ca:K ideal para a absorção dos nutrientes pelas plantas, já que é um fertilizante que possui um conteúdo de Ca deste fertilizante de 35%.

O cálcio desempenha um papel importante na absorção de outros elementos pelas plantas, influenciando seus efeitos sinérgicos e antagônicos. Um adequado teor de cálcio pode promover a absorção e acúmulo de nutrientes sob condições de estresse, melhorando a distribuição de nitrogênio, fósforo e potássio. No entanto, a deficiência ou o excesso de cálcio podem afetar negativamente as características fotossintéticas das plantas e a absorção de outros elementos, inibindo seu crescimento (De Sá *et al*, 2024).

Os valores de acúmulo de nutrientes na parte aérea não foram influenciados pelas doses de cianamida cálcica (Tabela 13), assim como, pela análise de regressão não houve ajuste significativo dos valores pelos modelos quadráticos ou linear.

Tabela 13 – Acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g planta ⁻¹						mg planta ⁻¹				
Controle	2,7	0,5	4,0	3,5	0,9	1,2	6,1	5,1	17,1	11,3	6,2
200 Kg ha ⁻¹	2,7	0,5	4,1	3,3	0,8	1,4	6,1	4,7	15,7	9,1	6,2
350 Kg ha ⁻¹	2,5	0,5	3,8	3,1	0,8	1,2	5,8	4,3	14,2	11,3	5,3
500 Kg ha ⁻¹	3,0	0,6	4,3	3,5	0,8	1,3	6,6	4,8	16,5	10,5	6,5
1000 Kg ha ⁻¹	2,8	0,5	4,0	3,3	0,8	1,2	6,3	4,4	15,4	7,7	5,9
p-valor	0,39	0,56	0,79	0,88	0,84	0,74	0,77	0,77	0,57	0,13	0,48
CV	13,10	14,76	14,37	15,89	16,28	21,87	15,11	23,23	18,36	24,75	17,49

N: $y = 2,681 + 0,0002x - 0,00000005x^2$ ($R^2 = 0,13$); P: $y = 0,5016 + 0,0001x - 0,00000009x^2$ ($R^2 = 0,17$); K: $y = 3,9942 + 0,0004x - 0,0000003x^2$ ($R^2 = 0,05$); Ca: $y = 3,43 - 0,0004x + 0,0000003x^2$ ($R^2 = 0,15$); Mg: $y = 0,8791 - 0,0003x + 0,0000002x^2$ ($R^2 = 0,45$); S: $y = 1,2692 + 0,0001x - 0,0000001x^2$ ($R^2 = 0,04$); B: $y = 5,9956 + 0,0006x - 0,0000003x^2$ ($R^2 = 0,23$); Cu: $y = 5,0431 + 0,0016x + 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,60$); Fe: $y = 16,726 + 0,0049x + 0,000004x^2$ ($R^2 = 0,29$); Mn: $y = 10,715 + 0,0008x - 0,000004x^2$ ($R^2 = 0,62$); Zn: $y = 6,0935 - 0,0004x + 0,0000002x^2$ ($R^2 = 0,02$).

Algumas teorias têm sido propostas para descrever e, ou, explicar a distribuição de assimilados e, conseqüentemente, a partição da massa seca nos órgãos das plantas. Por outro lado, diversos fatores podem interferir na repartição da massa seca entre as partes vegetativas e os frutos, ou seja, fontes e drenos, entre estes, destacam-se a carga de frutos da planta, à distância entre os drenos e as fontes e a densidade de plantio (Andriolo, 1999; Grangeiro; Cecílio Filho, 2005).

Assim, tem-se independentemente da dose, uma seqüência de absorção de nutrientes pela parte aérea do tomateiro na seguinte ordem: K, Ca, N, S, Mg, P e Fe, Mn, B, Zn e Cu para os macronutrientes e micronutriente, respectivamente

Fayad *et al.* (2002) também estudaram a absorção de nutrientes pelo tomateiro, utilizando a cultivar Santa Clara de crescimento indeterminado em condições de campo, e o híbrido EF-50 de crescimento determinado em casa de vegetação e observaram que a ordem decrescente de acúmulo de nutrientes foi K, N, Ca, S, P, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn para a cultivar Santa Clara e K, N, Ca, S, Mg, P, Mn, Fe, Cu e Zn para o híbrido EF-50. Félix *et al.* (2015) trabalhando com o tomateiro BRS Nagai encontrou uma maior absorção dos nutrientes pela parte aérea na seqüência decrescente de $K > N > Ca > Mg = S = P$.

Na Tabela 14 estão expressos os valores do teor de macro e micronutrientes nos frutos de tomateiro. Foram observados resultados significativos ($p < 0,05$) para os teores de N, K, Mg, B, Cu e Mn.

Para N e Mn, o maior valor encontrado foi no tratamento que utilizou 350 kg ha⁻¹ de cianamida cálcica, porém, o R^2 dessas variáveis encontram-se abaixo de 0,7 não sendo confiável para estimar doses.

Tabela 14 – Teor de nutrientes nos frutos de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----g kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----				
Controle	24,0	4,9	47	1,9	2,0	1,0	18,0	6,6	32	13,6	22
200 Kg ha ⁻¹	22,9	4,7	46	1,7	2,0	1,0	17,0	8,2	31	11,6	20
350 Kg ha ⁻¹	24,3	4,7	47	1,8	1,9	1,1	19,0	8,6	29	13,0	19
500 Kg ha ⁻¹	21,9	4,3	45	1,9	1,9	1,0	15,0	8,8	28	11,0	19
1000 Kg ha ⁻¹	23,1	4,5	43	1,6	1,7	1,1	13,0	3,8	30	11,0	21
p-valor	0,01	0,16	0,02	0,24	0,02	0,30	0,00	0,00	0,58	0,00	0,06
CV	4,12	7,74	4,22	13,11	8,92	12,4	12,9	11,1	13,2	8,0	2,7

N: $y = 24,046 - 0,0042x + 0,000003x^2$ ($R^2 = 0,28$); P: $y = 4,9387 - 0,0015x + 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,76$); K: $y = 46,938 - 0,0017x - 0,000002x^2$ ($R^2 = 0,87$); Ca: $y = 1,8783 - 0,00001x - 0,0000002x^2$ ($R^2 = 0,59$); Mg: $y = 1,9952 - 0,0001x - 0,0000002x^2$ ($R^2 = 0,98$); S: $y = 1,0032 + 0,00008x + 0,00000008x^2$ ($R^2 = 0,41$); B: $y = 18,175 - 0,0029x - 0,000002x^2$ ($R^2 = 0,70$); Cu: $y = 6,5589 + 0,0111x - 0,00001x^2$ ($R^2 = 0,99$); Fe: $y = 32,383 - 0,0132x + 0,00001x^2$ ($R^2 = 0,89$); Mn: $y = 13,407 - 0,0054x + 0,000003x^2$ ($R^2 = 0,61$); Zn: $y = 21,943 - 0,0116x + 0,00001x^2$ ($R^2 = 0,99$).

Os valores de K, apresentou um ajuste quadrático ($R^2 = 0,87$) sendo possível observar um comportamento onde há um ponto de máximo desse teor, sendo esse encontrado em 425 kg ha⁻¹ de cianamida cálcica. Contudo, o teor encontrado é praticamente o mesmo do tratamento controle.

A dose calculada pelo ajuste da curva para esses dois nutrientes foram 250 Kg ha⁻¹ de cianamida cálcica para Mg e 725 Kg ha⁻¹ de cianamida cálcica para B. É possível que as doses de cálcio fornecidas pelo fertilizante tenham relação com o decréscimo do teor de Mg.

Houve ajuste quadrático para o teor de nutrientes P, Fe e Zn. As doses de cianamida cálcica calculadas com o ajuste da curva para esses teores foram 750, 555, 660 e 580 Kg ha⁻¹ de cianamida cálcica, respectivamente.

O Cu, por sua vez, apresentou maior teor, de acordo com a o ajuste da curva desse nutriente, de 555 Kg ha⁻¹ de cianamida cálcica.

O acúmulo de nutrientes nos frutos é apresentado na Tabela 15. Para os macronutrientes não foram observadas diferenças significativas.

Observa-se diferenças significativas ($p < 0,05$) para os micronutrientes B, Cu e Mn. Vale ressaltar que essas diferenças podem ter influência das pulverizações que ocorreram durante o ciclo com ácido bórico e sulfato de manganês como fertilizantes e o hidróxido de cobre para prevenção de doenças.

O tratamento que recebeu 350 kg ha⁻¹ foi o que demonstrou maiores concentrações para os micronutrientes que demonstraram diferenças significativas entre os tratamentos. Para B e Mn, a dose de 350 kg ha⁻¹ não mostrou diferença

significativa entre a testemunha. Já para Cu, apesar da dose de 350 kg ha⁻¹ apresentar o maior acúmulo, está não diferenciou significativamente das doses de 200 e 500 kg ha⁻¹ não diferem entre si.

Apesar de significativos a $p < 0,05$, o B e Mn apresentaram um R² menor que 0,7, não sendo possível estimar dados. Já o cobre apresentou um R² de 0,99, e a dose calculada de cianamida cálcica foi de 425 kg ha⁻¹.

Tabela 15 – Acúmulo de nutrientes nos frutos de tomateiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g planta ⁻¹						mg planta ⁻¹				
Controle	3,55	0,72	6,90	0,30	0,30	0,10	2,72	1,00	4,70	2,00	3,20
200 Kg ha ⁻¹	3,32	0,68	6,60	0,30	0,29	0,10	2,50	1,20	4,40	1,70	2,90
350 Kg ha ⁻¹	3,82	0,73	7,40	0,30	0,29	0,20	2,94	1,35	4,60	2,10	3,00
500 Kg ha ⁻¹	3,35	0,66	6,90	0,30	0,28	0,10	2,20	1,30	4,30	1,70	3,00
1000 Kg ha ⁻¹	3,38	0,65	6,30	0,20	0,24	0,20	1,88	0,60	4,40	1,60	3,10
p-valor	0,27	0,40	0,21	0,24	0,13	0,47	0,00	0,00	0,80	0,00	0,57
CV	11,24	10,75	10,67	17,22	12,38	15,08	14,85	13,92	14,32	10,31	11,13

N: $y = 3,513 + 0,00008x - 0,0000002x^2$ (R² = 0,09); P: $y = 0,7133 - 0,00006x - 0,00000002x^2$ (R² = 0,43); K: $y = 6,79 + 0,0013x - 0,000002x^2$ (R² = 0,54); Ca: $y = 0,30 + 0,00008x - 0,0000002x^2$ (R² = 0,99); Mg: $y = 0,30 - 0,00002x - 0,00000004x^2$ (R² = 0,99); S: $y = 0,10 + 0,00008x + 0,00000008x^2$ (R² = 0,41); B: $y = 2,72 - 0,0002x - 0,00000006x^2$ (R² = 0,68); Cu: $y = 0,99 + 0,0017x - 0,000002x^2$ (R² = 0,99); Fe: $y = 4,67 - 0,0009x + 0,0000006x^2$ (R² = 0,55); Mn: $y = 1,95 - 0,0003x - 0,000001x^2$ (R² = 0,40); Zn: $y = 3,15 - 0,0008x + 0,0000007x^2$ (R² = 0,58).

É possível observar um ajuste quadrático para o acúmulo de cálcio e magnésio nos frutos de tomate. A dose calculada para Ca foi de 200 kg ha⁻¹ de cianamida cálcica, e para Mg a dose foi de 250 kg ha⁻¹. Sabe-se que altas concentrações de Ca influenciam a absorção de Mg. Doses de cianamida cálcica que ultrapassem 250 kg ha⁻¹ fazem com que o acúmulo de Mg diminua.

A cianamida cálcica ao se decompor no solo libera cátions, tanto de cálcio (Ca²⁺), quanto de nitrogênio, este podendo ser amídico, amoniacal e/ou nítrico. Dito isso, e lembrando que as doses de nitrogênio foram igualadas neste trabalho, o excesso de cálcio liberado por doses elevadas do fertilizante, pode causar uma reação de antagonismo com a absorção de outros cátions. Quando os nutrientes interagem nos tecidos vegetais, suas proporções ou concentrações mudam relativamente entre si, como resultado do sinergismo, do antagonismo, ou da neutralidade (Parent, 2011).

Segundo Batista e Monteiro (2010) a habilidade de uma planta para obter quantidades suficientes de K, Ca e Mg ou outro nutriente para um bom crescimento e desenvolvimento pode depender não apenas do teor e da forma disponível do nutriente no meio de crescimento, mas também de outros fatores que alteram sua

absorção. Neste caso, como apenas o nitrogênio foi igualado, a cianamida cálcica pode ter causado um efeito pelo cálcio liberado por doses elevadas do fertilizante, o que pode ter influenciado na absorção de nutrientes. No caso dos cátions, tem sido evidenciada a importância de outros presentes no meio de crescimento para a absorção de determinado cátion pela planta (Büll; Villas Bôas.; Nakagawa, 1998).

Os menores valores de acúmulo no fruto foram encontrados no tratamento de 1000 Kg ha⁻¹, assim, entende-se que a dose está acima do recomendado o que acaba prejudicando a cultura e o desenvolvimento dos frutos, bem como o acúmulo de nutrientes neles. Sabatino *et al.* (2019) trabalhando com morango, observou que frutos de plantas cultivadas em solo exposto a CaCN₂ com dosagem de 500 e 1000 kg ha⁻¹ apresentaram menor teor de N nos frutos do que plantas controle.

No final do ciclo, foi realizada a análise química do solo, representada na Tabela 16, para cada tratamento.

Houve resultado significativo ($p < 0,05$) para pH, acidez potencial (H+Al) e saturação por bases (V%). As variáveis pH e a saturação por bases também apresentaram ajuste quadrático, no qual a dose calculada foi 285,71 Kg ha⁻¹ e 252,5 de cianamida cálcica, essas doses nos revelam a quantidade de cianamida cálcica que nos proporciona o menor valor de pH e V%. O tratamento de 1000 Kg ha⁻¹ de cianamida cálcica revelou maior valor para pH e V%, e menor valor de H+Al. Esse resultado nos mostra que apesar do poder alcalinizante da CaCN₂, para que haja uma elevação do pH em decorrência do tratamento é necessário doses muito elevadas do fertilizante. Por outro lado, o tratamento 1000 Kg ha⁻¹ causou uma maior neutralização dos íons H⁺ do solo e por consequência a maior redução da acidez potencial. Já a saturação por bases (V%), obteve maior porcentagem já que há um aporte de Ca em decorrência das doses de cianamida cálcica que pode ter alterado a V%, que possui uma relação direta com a soma de bases (SB) e a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo.

A dose de CaCN₂ calculada para soma de bases foi de 375 Kg ha⁻¹. A SB, é composta pela soma dos cátions K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺, o valor desses nutrientes no solo estão mais elevados no tratamento 1000 kg ha⁻¹, o que pode sugerir uma menor exportação desses nutrientes pelas plantas no tratamento citado. Por consequência, a maior SB leva a uma maior V%.

Os ajustes dos teores no solo de K, Ca, Cu e Fe apresentaram um $R^2 > 0,7$, assim, as doses de cianamida cálcica estimadas para cada elemento foram de 350 Kg ha⁻¹, 420 Kg ha⁻¹, 750 Kg ha⁻¹ e 150 Kg ha⁻¹, respectivamente.

O Zn, por sua vez, apresentou resultados significativos ($p < 0,05$) e obteve menores teores nas doses de 350 e 500 Kg ha⁻¹. A dose calculada com base no ajuste da curva para este elemento foi de 550 Kg ha⁻¹ de cianamida cálcica.

Tabela 16 – Teor de nutrientes do solo após o final do ciclo do ensaio na cultura do tomateiro, Botucatu, 2023

	Análise química do solo					p-valor	CV
	-----Cianamida cálcica (kg ha ⁻¹)-----						
	0	200	350	500	1000		
pH (CaCl ₂)	5,3	5,3	5,3	5,3	5,7	0,01	3,36
P (mg dm ⁻³)	411	413	412	348	336	0,68	29,15
K ⁺ (mmol _c dm ⁻³)	11,0	10,5	10,5	10,2	12,6	0,14	13,63
Ca ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	33	34	30	33	39	0,35	19,11
Mg ²⁺ (mmol _c dm ⁻³)	13	13	12	13	14	0,65	18,10
S (mg dm ⁻³)	164	169	172	187	165	0,83	19,91
Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	0	0	0	0	0	-	-
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	28	28	28	27	20	0,02	13,97
SB	57	58	52	56	65	0,27	15,20
CTC (mmol _c dm ⁻³)	85	86	80	83	85	0,68	8,56
V (%)	67	68	65	67	76	0,05	8,24
MO (g dm ⁻³)	8	8	8	7	8	0,18	9,07
B (mg dm ⁻³)	1,8	1,9	1,7	1,8	1,7	0,13	7,45
Cu (mg dm ⁻³)	3,5	3,2	3,1	3,1	3,2	0,32	10,49
Mn (mg dm ⁻³)	5,6	5,6	5,4	5,4	5,0	0,80	16,28
Zn (mg dm ⁻³)	7,9	7,0	5,9	5,8	7,0	0,03	15,16
Fe (mg dm ⁻³)	27,2	26,7	25,3	24,9	23,7	0,31	10,80

pH: $y = 5,3151 - 0,0004x + 0,0000007x^2$ ($R^2 = 0,99$); P: $y = 419,96 - 0,0877x$ ($R^2 = 0,75$); K: $y = 11,07 - 0,0042x + 0,000006x^2$ ($R^2 = 0,98$); Ca: $y = 33,54 - 0,0084x + 0,00001x^2$ ($R^2 = 0,75$); Mg: $y = 12,954 - 0,0024x + 0,000003x^2$ ($R^2 = 0,43$); S: $y = 161,62 + 0,0675x - 0,00006x^2$ ($R^2 = 0,69$); H+Al: $y = 27,744 + 0,0031x - 0,00001x^2$ ($R^2 = 0,99$); SB: $y = 57,565 - 0,015x + 0,00002x^2$ ($R^2 = 0,80$); CTC: $y = 85,309 - 0,0119x + 0,00001x^2$ ($R^2 = 0,34$); V%: $y = 67,488 - 0,0101x + 0,00002x^2$ ($R^2 = 0,95$); MO: $y = 8,1361 - 0,0004x$ ($R^2 = 0,15$); B: $y = 1,8665 - 0,0001x - 0,00000005x^2$ ($R^2 = 0,44$); Cu: $y = 3,4901 - 0,0015x + 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,99$); Mn: $y = 5,6487 - 0,0007x$ ($R^2 = 0,96$); Zn: $y = 7,9789 - 0,0077x + 0,000007x^2$ ($R^2 = 0,95$); Fe: $y = 27,369 - 0,006x + 0,000002x^2$ ($R^2 = 0,96$).

4.2 Pimentoeiro

Na Tabela 17 estão apresentados os resultados de altura das plantas, altura da primeira bifurcação, número de folhas e a medida indireta de clorofila (MIC) das plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica aplicadas.

Não foram observados resultados significativos ($p < 0,05$) para altura das plantas, porém observa-se um $R^2 = 0,71$. A dose calculada que propiciou maior altura de planta é de 425 Kg ha^{-1} .

Não houve diferença significativa na altura da 1ª bifurcação das plantas de pimentão. A altura da primeira bifurcação alta não é uma característica adequada para pimentoeiro, sendo a inserção mais baixa melhor para a estabilidade da planta e maior velocidade de saída dos primeiros frutos.

A MIC apresentada foi semelhante entre as doses, variando mais ou menos 5% entre elas, assim como o nº de folhas, proporcionando ajuste da curva com R^2 maior que 0,7. o valor mínimo foi encontrado na dose de cianamida de 564 Kg ha^{-1} para MIC e 710 Kg ha^{-1} para número de folhas.

Em um estudo realizado em cebola o CaCN_2 teve um impacto substancial no conteúdo de clorofila. Quando o CaCN_2 foi aplicado como fertilizante pré-plantio junto com a cobertura aumentou significativamente o conteúdo de clorofila foliar em comparação com o tratamento controle. Este aumento no conteúdo de clorofila é atribuído à disponibilidade de N, um fator crucial na síntese de clorofila. O CaCN_2 , que libera N lentamente, beneficiou-se da umidade do solo e da atividade microbiana, fornecendo um fornecimento contínuo de N para a produção sustentada de clorofila (Simenale; Soundy; Maboko, 2023).

O comportamento do teor de N na folha do pimentão aumentou de modo linear, com o aumento da dose de N aplicada via fertirrigação e o MIC de modo quadrático (Godoy; Villas Bôas; Bull, 2003). Apesar de neste trabalho não utilizar doses diferentes de N, como a análise de MIC foi realizada ao final do ciclo da cultura, pode ter ocorrido ainda que no fim, uma interferência do N aplicado no plantio, ou seja, um efeito residual da cianamida cálcica principalmente onde utilizou-se doses mais elevadas. Tal efeito pode ser correlacionado com a maior altura de plantas, número de folhas e MIC.

Tabela 17 – Altura das plantas e da primeira bifurcação, número de folhas e medida indireta de clorofila (MIC) de plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamento	Altura (cm)		Nº folhas/planta	MIC (SPAD)
	Planta	1ª bifurcação		
Controle	60,4	19,2	160	73,1
200 Kg ha ⁻¹	68,0	19,1	155	71,6
350 Kg ha ⁻¹	64,7	19,0	156	71,7
500 Kg ha ⁻¹	63,3	19,4	150	70,4
1000 Kg ha ⁻¹	57,6	19,5	156	71,9
p-valor	0,08	0,99	0,98	0,31
CV	9,16	11,6	16,37	2,63

Altura da planta: $y = 61,97 + 0,017x - 0,00002x^2$ ($R^2 = 0,71$); Altura da 1ª bifurcação: $y = 19,14 - 0,00009x + 0,0000005x^2$ ($R^2 = 0,60$); Nº de folhas/planta: $y = 160,43 - 0,0284x + 0,00002x^2$ ($R^2 = 0,78$); MIC: $y = 73,09 - 0,0079x + 0,000007x^2$ ($R^2 = 0,85$).

Na Tabela 18 são apresentados os resultados do número e massa fresca de frutos comerciais, não comerciais e o total em relação ao tratamento controle.

Resultados significativos ($p < 0,05$) foram obtidos para número de frutos comerciais, massa fresca de frutos comerciais e massa fresca total. O tratamento que obteve maiores resultados nas três variáveis recebeu a dose de 200 kg ha⁻¹. Este tratamento apresentou um comportamento semelhante ao da testemunha quanto ao número de frutos comerciais, porém apresentou uma carga pendente mais elevada, revelando que além de garantir nutrientes suficientes para a primeira carga de frutos na planta, conseguiu sustentar as outras cargas que estavam por vir.

Houve um ajuste quadrático para o nº de frutos comerciais, mostrando que à medida que se eleva a quantidade de cianamida cálcica aplicada, há uma redução na quantidade de frutos comerciais. A dose calculada foi de 670 kg ha⁻¹.

A análise de regressão foi significativa ($R^2 > 0,7$) indicando efeito das doses de cianamida cálcica para o número de frutos não comercial. A dose calculada para essa variável de acordo com o ajuste da curva foi de 683 kg ha⁻¹ cianamida cálcica.

Observa-se uma tendência do efeito das doses na massa fresca de frutos não comerciais, que se refere a carga pendente presente nas plantas no momento do encerramento do ensaio. A dose calculada de 704 kg ha⁻¹ de cianamida cálcica proporcionaria a maior massa fresca dessa carga pendente. Para massa fresca de frutos comerciais e total as equações apresentaram R^2 abaixo de 0,70, não sendo adequadas para estimativas.

Tabela 18 – Número e massa fresca (MF) de frutos comerciais, não comerciais e total, porcentagem de produção em relação ao tratamento testemunha em função das doses de cianamida cálcica em plantas de pimentoeiro, Botucatu, 2023

Tratamento	Nº frutos			MF frutos (g planta ⁻¹)		
	Comercial	Não comercial (carga pendente)	Total	Comercial	Não comercial (carga pendente)	Total
Controle	5,4	3	8,5	1197,0	380,1	1577,1
200 Kg ha ⁻¹	5,6	5	10,6	1448,5	509,5	1957,1
350 Kg ha ⁻¹	3,5	6	9,8	744,5	780,9	1525,4
500 Kg ha ⁻¹	3,4	7	10,4	560,2	792,0	1352,3
1000 Kg ha ⁻¹	3,7	6	10,1	718,6	716,0	1434,6
p-valor	0,04	0,18	0,63	0,00	0,12	0,02
CV	30,66	46,2	23,2	23,19	44,89	17,73

Nº frutos comercial: $y = 5,77 - 0,0067x + 0,000005x^2$ ($R^2 = 0,71$); Nº frutos não-comercial: $y = 3,04 + 0,0123x - 0,000009x^2$ ($R^2 = 0,99$); Nº frutos total: $y = 8,81 + 0,0056x - 0,000004x^2$ ($R^2 = 0,63$); MF frutos comercial: $y = 1372,1 - 1,91x + 0,0012x^2$ ($R^2 = 0,57$); MF frutos não comercial: $y = 352,57 + 1,4081x - 0,001x^2$ ($R^2 = 0,91$); MF total: $y = 1724,4 - 0,4985x + 0,0002x^2$ ($R^2 = 0,27$).

Como as plantas não foram levadas até o final do ciclo, observa-se que no momento da finalização do ensaio havia elevado número não comerciais nas plantas, que corresponde à carga pendente nos tratamentos que receberam cianamida cálcica.

O tratamento testemunha apresentou uma boa quantidade de frutos comerciais, porém a quantidade de frutos na carga pendente foi pequena, indicando que a quantidade de nutrientes presente no solo foi suficiente para garantir uma primeira carga, mas não foi suficiente para sustentar outras cargas.

Observou-se elevado abortamento de flores nas plantas do tratamento testemunha.

Foi calculada também a porcentagem de produção em relação à testemunha. A dose de 200 Kg ha⁻¹ proporcionou um aumento de 24% na produtividade em relação ao controle, ou seja, 380 g planta⁻¹ a mais que o tratamento controle. Em uma produção comercial, com densidade de plantio de 5500 plantas ha⁻¹, esse aumento corresponde a 2090 kg ha⁻¹, ou 2 toneladas. A regressão não proporcionou resultados significativos para estimar dados de doses estimadas para maior produtividade do pimentoeiro. Porém, o uso da cianamida cálcica no cultivo do pimentão apresentou-se vantajoso quando se fala de produtividade. Sabe-se que a falta de cálcio exerce efeitos limitantes ao crescimento, desenvolvimento e qualidade da produção das plantas. A sua carência atrasa o amadurecimento, antecipa a senescência e a

abscisão foliar e de frutos, além de estar relacionado a alguns distúrbios fisiológicos como o fundo preto em tomate e pimentão (Alves, 2006).

O número e massa fresca de frutos com fundo preto, massa média e altura média de frutos comerciais não apresentaram resultados significativos (Tabela 19).

Tabela 19 – Número e massa de frutos com fundo preto e massa e altura média dos frutos comerciais em função das doses de cianamida cálcica em plantas de pimentoeiro, Botucatu, 2023

Tratamento	Frutos com fundo preto		Frutos comerciais	
	Nº	MF (g planta ⁻¹)	Massa média (g)	Altura média (cm)
Controle	0,6	106,1	242,6	13,8
200 Kg ha ⁻¹	0,3	51,1	248,8	17,4
350 Kg ha ⁻¹	0,5	126,2	228,7	13,6
500 Kg ha ⁻¹	1,5	186,8	202,3	17,3
1000 Kg ha ⁻¹	1,0	165,7	217,4	13,5
p-valor	0,15	0,53	0,39	0,53
CV	99,31	103,79	17,85	33,25

Nº frutos fundo preto: $y = 0,36 + 0,0017x - 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,35$); MF frutos com fundo preto: $y = 77,28 + 0,179x - 0,00008x^2$ ($R^2 = 0,47$); Massa média frutos comerciais: $y = 250,9 - 0,1007x + 0,00006x^2$ ($R^2 = 0,61$); Altura média frutos comerciais: $y = 14,22 + 0,0087x - 0,000009x^2$ ($R^2 = 0,36$).

Na Tabela 20 estão apresentados os resultados da massa seca de parte aérea, de frutos e total das plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica.

Não houve diferença significativa para massa seca de parte aérea (MSPA) e MS total. Embora a regressão não tenha sido positiva, a comparação de médias apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) para massa seca de frutos, onde o tratamento de 200 kg ha⁻¹ apresentou maior massa seca de frutos por planta. Esse é um ponto positivo pensando em produção, pois revela que há menor quantidade absorvida de água pelo fruto, aumentando o seu peso fresco e assim, agregando valor ao produto e melhorando o pós-colheita para o produtor.

A massa seca da parte aérea (MSPA) apresentou um R^2 de 0,90, revelando um efeito quadrático em função das doses de cianamida cálcica, onde encontra-se um ponto máximo na equação na dose 510 kg ha⁻¹ de cianamida cálcica.

Tabela 20 – Massa seca da parte aérea, de frutos e total das plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamento	MSPA	MS frutos	MS total
		----- g planta ⁻¹ -----	
Controle	55,0	79,1	134,2
200 Kg ha ⁻¹	55,4	108,1	157,6
350 Kg ha ⁻¹	56,2	84,5	140,8
500 Kg ha ⁻¹	56,2	74,0	130,2
1000 Kg ha ⁻¹	54,9	81,2	131,1
p-valor	0,98	0,02	0,22
CV	8,97	17,68	17,21

MSPA: $y = 54,9 + 0,0051x - 0,000005x^2$ ($R^2 = 0,90$); MS frutos: $y = 88,57 - 0,0036x - 0,000006x^2$ ($R^2 = 0,08$); MS total: $y = 141,6 + 0,0052x - 0,00002x^2$ ($R^2 = 0,23$).

O tratamento 200 kg ha⁻¹ apresentou a maior massa média de frutos, altura média de frutos, número e massa fresca de frutos comerciais e número de frutos total, foram as mesmas plantas que revelaram um menor número de folhas. Por outro lado, o tratamento que recebeu 500 kg ha⁻¹ de cianamida cálcica revelou ser o tratamento com os menores valores para todas as variáveis citadas anteriormente. Então, plantas com maior número de folhas apresentaram menor número de frutos comerciais e total.

O teor de nutrientes na parte aérea das plantas de pimentoeiro em função dos tratamentos assim com os teores de referência estão apresentados na Tabela 21.

Dentre os macronutrientes, o N e P estão dentro da faixa considerada adequada de teor para a parte aérea. Já o K e o Ca estão mais próximos da faixa máxima do teor de referência, podendo ser considerada alta. Assim como no tomate, o teor considerado na referência, utiliza como parâmetro a folha diagnose (Trani *et al.*, 2022). No entanto, no presente estudo foi utilizado para avaliação a junção de folhas com as hastes o que pode ter causado um efeito de diluição dos nutrientes que estariam em maior concentração nas folhas.

O pimentão em termos de concentração de macronutrientes segue, em média, a seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>Mg>S>P (39,9, 28,3, 12,8, 5,9, 4,1 e 3,7 g.Kg⁻¹, respectivamente) (Marcussi, 2005), da mesma forma como foi encontrado neste trabalho.

O N e o K são os nutrientes aplicados em maior quantidade via fertirrigação, pois apresentam alta solubilidade em água e mobilidade no solo, principalmente, no sentido vertical devido ao efeito promovido pelo fluxo de massa decorrente da percolação de água em decorrência da força gravitacional (Ernani *et al.*, 2007). Assim,

apesar de, teoricamente, se aplicar via fertirrigação a quantidade de nutrientes requerida conforme as exigências das plantas, nem todo nutriente fornecido é absorvido por estas, sendo parte deste lixiviado abaixo da zona do solo explorado pelo sistema radicular da cultura (Oliveira; Villas Bôas., 2008).

No programa de adubação, é necessário definir quanto aplicar em cada fertirrigação para atender a demanda da planta. A redução na produção de pimentão em resposta ao aumento da dose de sais nitrogenados tem sido associada ao aumento do potencial osmótico da solução do solo. O pimentão é sensível à alta salinidade do meio (Chartzoulakis; Klapki, 2000)

Tabela 21 – Teor de nutrientes na parte aérea de plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Controle	34	2,5	59	28	7,3	3,5	83	39	130	137	79
200 Kg ha ⁻¹	35	2,6	60	30	7,0	3,5	85	36	149	171	66
350 Kg ha ⁻¹	35	2,6	61	29	7,1	3,5	84	43	142	153	65
500 Kg ha ⁻¹	33	2,5	53	26	6,7	3,8	82	36	127	84	62
1000 Kg ha ⁻¹	35	2,5	57	27	6,3	3,9	73	38	135	90	59
p-valor	0,61	0,57	0,07	0,07	0,02	0,3	0,08	0,66	0,21	0,01	0,07
CV	6,08	7,62	7,3	7,34	6,43	9,6	8,57	20,65	11,67	13,8	16,2
Teores de referência*	30-60	3-7	40-60	15-35	6-12	4-7	40-100	8-20	60-300	50-250	30-100

N: $y = 26,63 + 0,0001x - 0,00000009x^2$ ($R^2 = 0,01$); P: $y = 4,93 + 0,0008x - 0,0000009x^2$ ($R^2 = 0,93$); K: $y = 39,24 + 0,0022x - 0,000004x^2$ ($R^2 = 0,88$); Ca: $y = 33,91 - 0,0055x + 0,000003x^2$ ($R^2 = 0,90$); Mg: $y = 8,51 - 0,0022x + 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,91$); S: $y = 12,33 + 0,001x - 0,000002x^2$ ($R^2 = 0,28$); B: $y = 63,22 - 0,0101x + 0,000007x^2$ ($R^2 = 0,99$); Cu: $y = 49,53 - 0,0164x + 0,000009x^2$ ($R^2 = 0,99$); Fe: $y = 164,8 - 0,0532x + 0,00003x^2$ ($R^2 = 0,95$); Mn: $y = 105,99 + 0,0039x - 0,00004x^2$ ($R^2 = 0,62$); Zn: $y = 60,08 - 0,0071x + 0,000003x^2$ ($R^2 = 0,45$). *Trani et al. (2022).

O Mg apresentou resultados significativos ($p < 0,05$), observa-se que doses de 350 Kg ha⁻¹ cianamida cálcica obteve maior teor de Mg na parte aérea. Porém, o Mg apresentou um $R^2 = 0,91$, sendo possível estimar uma dose ótima com base no ajuste da curva, está dose chegou a 1100 Kg ha⁻¹.

Para Mn a equação não apresentou ajuste adequado para estimativa, porém apresenta um $p < 0,05$, onde os maiores teores são encontrados ao utilizar 200 Kg ha⁻¹ de cianamida cálcica. É possível observar há um comportamento onde menores doses de cianamida cálcica apresentaram maiores teores desse nutriente na parte aérea.

Apesar de não significativos ($p < 0,05$), houve uma regressão significativa ($R^2 > 0,7$) para P, K, Ca, B, Cu e Fe. As doses de cianamida calculadas com base na

equação foram de 444 Kg ha⁻¹ para P, 275 Kg ha⁻¹ para K, 917 Kg ha⁻¹ para Ca, 721 Kg ha⁻¹ para B, 911 Kg ha⁻¹ para Cu e 887 Kg ha⁻¹ para Fe.

Na Tabela 22 é apresentado o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de pimentoeiro em função dos tratamentos. Apenas o Mn mostrou um resultado significativo ($p < 0,05$), havendo maior acúmulo no tratamento de 200 kg ha⁻¹. Os dados de Mn foram ajustados ao modelo quadrático, mas não apresentam um valor de R² que revele uma significância.

Assim como o esperado, houve menor número de frutos de pimentoeiro com fundo preto onde houve maior acúmulo de Ca (200 Kg ha⁻¹). As plantas que apresentaram maior acúmulo de Ca apresentaram maior número e massa fresca de frutos comerciais.

A dose de 200 kg ha⁻¹ de cianamida cálcica apresentou melhores resultados no cultivo de pimentoeiro. Além do maior acúmulo de Mn e Ca as plantas desse tratamento apresentaram maior acúmulo dos nutrientes P, K, Ca, B, Fe e Mn na parte aérea também foi a dose que apresentou maior número de frutos, concordando com o resultado anterior.

Tabela 22 – Acúmulo de nutrientes na parte aérea de plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g planta ⁻¹						mg planta ⁻¹				
Controle	1,88	0,14	3,23	1,56	0,40	0,19	4,59	2,11	7,09	7,61	4,31
200 Kg ha ⁻¹	1,93	0,15	3,37	1,64	0,38	0,20	4,77	1,97	7,96	9,33	3,51
350 Kg ha ⁻¹	1,83	0,14	3,21	1,53	0,38	0,19	4,42	2,25	7,48	8,10	3,41
500 Kg ha ⁻¹	1,87	0,14	3,00	1,47	0,38	0,21	4,61	1,99	7,21	4,73	3,52
1000 Kg ha ⁻¹	1,95	0,14	3,21	1,51	0,36	0,22	4,11	2,14	7,58	5,07	3,31
p-valor	0,91	0,90	0,46	0,57	0,92	0,43	0,30	0,81	0,61	0,00	0,20
CV	10,06	38,27	9,83	11,01	13,5	9,8	11,04	20,07	2,4	18,39	18,88

N: $y = 2,68 + 0,0002x - 0,00000005x^2$ ($R^2 = 0,13$); P: $y = 0,5015 + 0,0001x - 0,00000009x^2$ ($R^2 = 0,17$); K: $y = 3,99 + 0,0004x - 0,0000003x^2$ ($R^2 = 0,05$); Ca: $y = 3,43 - 0,0004x + 0,0000003x^2$ ($R^2 = 0,15$); Mg: $y = 0,88 - 0,0003x + 0,0000002x^2$ ($R^2 = 0,45$); S: $y = 1,26 + 0,0001x - 0,0000001x^2$ ($R^2 = 0,04$); B: $y = 5,99 + 0,0006x - 0,0000003x^2$ ($R^2 = 0,23$); Cu: $y = 5,04 - 0,0016x + 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,60$); Fe: $y = 16,726 - 0,0049x + 0,000004x^2$ ($R^2 = 0,29$); Mn: $y = 10,71 + 0,0008x - 0,000004x^2$ ($R^2 = 0,62$); Zn: $y = 6,093 - 0,0004x + 0,0000002x^2$ ($R^2 = 0,02$).

Na Tabela 23 é apresentado o resultado de teor de nutrientes nos frutos de plantas de pimentoeiro em função das doses aplicadas de cianamida cálcica (Kg ha⁻¹). É possível observar que, apesar de significativos ($p < 0,05$), os teores de N, K, Cu, Fe e Zn não apresentaram valores de um R² representativo (>70%). ou seja, não é possível estimar dados, pois não há uma confiabilidade com base na regressão.

Tabela 23 – Teor de nutrientes nos frutos de plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Controle	23	3,9	42	2,0	1,9	1,5	15	6	49	19	20
200 Kg ha ⁻¹	22	3,6	38	1,8	1,8	1,4	16	5	42	19	18
350 Kg ha ⁻¹	23	3,6	39	1,9	1,8	1,4	15	3	46	18	18
500 Kg ha ⁻¹	25	3,8	42	2,0	2,0	1,6	15	5	43	17	19
1000 Kg ha ⁻¹	23	3,5	34	1,6	1,7	1,4	14	4	46	17	18
p-valor	0,00	0,22	0,00	0,07	0,11	0,07	0,34	0,01	0,00	0,24	0,01
CV	3,97	7,33	4,54	12,76	8,69	11,37	8,84	23,67	4,75	10,72	5,57

N: $y = 22,34 + 0,0048x - 0,000004x^2$ ($R^2 = 0,25$); P: $y = 3,818 - 0,0004x + 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,45$); K: $y = 40,56 + 0,0013x - 0,000007x^2$ ($R^2 = 0,61$); Ca: $y = 1,93 + 0,0001x - 0,0000005x^2$ ($R^2 = 0,66$); Mg: $y = 1,8459 + 0,0002x - 0,0000004x^2$ ($R^2 = 0,37$); S: $y = 1,449 + 0,0002x - 0,0000002x^2$ ($R^2 = 0,09$); B: $y = 15,257 + 0,0009x - 0,000002x^2$ ($R^2 = 0,70$); Cu: $y = 5,8321 - 0,0059x + 0,000004x^2$ ($R^2 = 0,45$); Fe: $y = 47,97 - 0,0176x + 0,00002x^2$ ($R^2 = 0,49$); Mn: $y = 19,3 - 0,0049x + 0,000003x^2$ ($R^2 = 0,83$); Zn: $y = 19,54 - 0,0043x + 0,000003x^2$ ($R^2 = 0,44$).

Apesar de não significativos ($p < 0,05$), os teores de e Mn e B obtiveram valores de R^2 representativos. A dose calculada para para estes nutrientes foi de 817 Kg ha⁻¹ e 225 Kg ha⁻¹ de cianamida cálcica, respectivamente.

Ao se falar de acúmulo de nutrientes nos frutos, é possível observar o efeito das doses de cianamida cálcica de acordo com o tratamento aplicado na Tabela 24. É possível observar que os tratamentos obtiveram resultados significativos ($p < 0,05$) sobre o acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

As doses de 200 e 350 kg ha⁻¹ de cianamida cálcica apresentaram os maiores acúmulos desses nutrientes. Percebe-se que ao aplicar doses maiores que 350 Kg ha⁻¹, há uma redução do acúmulo de nutrientes nos frutos, isso revela que doses elevadas podem causar um estresse na planta por excesso de adubação, levando a um desbalanço nutricional ocasionado por uma menor extração de nutrientes, o que pode, por sua vez, causar algum tipo de distúrbio nos frutos ou até mesmo afetar a produtividade.

Tabela 24 – Acúmulo de nutrientes nos frutos de plantas de pimentoeiro em função das doses de cianamida cálcica, Botucatu, 2023

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Controle	1,85	0,31	3,35	0,16	0,15	0,12	1,22	0,45	3,86	1,53	1,60
200 Kg ha ⁻¹	2,40	0,38	4,16	0,20	0,19	0,14	1,68	0,46	4,45	2,09	1,87
350 Kg ha ⁻¹	2,42	0,38	4,13	0,20	0,19	0,15	1,58	0,31	4,82	1,90	1,92
500 Kg ha ⁻¹	2,09	0,32	3,57	0,17	0,17	0,14	1,26	0,39	3,62	1,45	1,59
1000 Kg ha ⁻¹	1,70	0,26	2,50	0,12	0,13	0,10	1,06	0,29	3,40	1,26	1,34
p-valor	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
CV	12,84	12,18	12,66	16,44	16,95	29,46	16,64	21,00	13,20	16,64	14,10

N: $y = 1,95 + 0,0017x - 0,000002x^2$ ($R^2 = 0,74$); P: $y = 0,3266 + 0,0002x - 0,0000003x^2$ ($R^2 = 0,74$); K: $y = 3,514 + 0,0026x - 0,000004x^2$ ($R^2 = 0,87$); Ca: $y = 0,1683 + 0,0001x - 0,0000002x^2$ ($R^2 = 0,86$); Mg: $y = 0,1572 + 0,0001x - 0,0000002x^2$ ($R^2 = 0,84$); S: $y = 0,1214 + 0,0001x - 0,0000001x^2$ ($R^2 = 0,97$); B: $y = 1,34 + 0,0009x - 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,57$); Cu: $y = 0,4588 - 0,0002x + 0,00000008x^2$ ($R^2 = 0,64$); Fe: $y = 4,0572 + 0,0014x - 0,000002x^2$ ($R^2 = 0,47$); Mn: $y = 1,6974 + 0,0007x - 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,52$); Zn: $y = 1,6705 + 0,0007x - 0,000001x^2$ ($R^2 = 0,72$).

Houve um ajuste quadrático significativo para N, P, K, Ca, Mg, e S. A dose calculada de cianamida cálcica com base no ajuste da curva para o nitrogênio foi de 425 Kg ha⁻¹. Para o fósforo, essa dose foi de 666 Kg ha⁻¹. Já para o potássio, cálcio e enxofre as doses foram de 325 Kg ha⁻¹, 250 Kg ha⁻¹ e 500 Kg ha⁻¹, respectivamente.

Apesar de todos os micronutrientes apresentarem diferença significativa ($p < 0,05$), apenas o Zn mostrou um R^2 representativo, a dose calculada que revelou ser ideal para o maior acúmulo deste nutriente foi de 350 Kg ha⁻¹.

A extração de nutrientes do pimentão com base no acúmulo nos frutos segue a ordem de K>N>P>Ca=Mg>S>Fe>Zn>Mn>B>Cu. Albuquerque *et al.* (2012) obtiveram em seu trabalho uma concentração de macronutrientes nos frutos na ordem decrescente de e K>N>P>Ca>S>Mg.

Levando em consideração o aumento de produtividade das plantas de pimentoeiro, bem como o suprimento da sua demanda nutricional, a dose de 200 kg ha⁻¹ de cianamida cálcica se mostrou adequada para suprir a carga dos frutos já colhidos, o que levou a um acúmulo de nutrientes nos frutos maior do que as demais doses utilizadas. Comparando com o acúmulo na parte aérea, a mesma dose (200 Kg ha⁻¹) revela um maior acúmulo de nutrientes, isso mostra que a planta tem a capacidade de suprir novas cargas de frutos que estariam por vir além das colhidas, podendo ter um maior ciclo produtivo.

Na Tabela 25 são apresentados os resultados da análise de solo realizada ao final do ensaio. Assim como no tomate, os resultados para pH, H+Al se repetem, ou seja, $p < 0,05$. Além disso, essas variáveis apresentaram um $R^2 > 0,7$ e, as doses calculadas foram de 3000 Kg ha⁻¹ para pH e 3350 Kg ha⁻¹ para H+Al. Isso revela que, para se ter um aumento de pH no solo, é necessário utilizar doses muito elevadas de cianamida cálcica para neutralizar os íons H⁺.

É possível observar um resultado significativo ($p < 0,05$) para matéria orgânica (MO). O maior teor encontrado foi de 9 g dm⁻³, encontrado no tratamento de 200 kg ha⁻¹ de cianamida cálcica. Porém, este valor não diferenciou significativamente das doses de 350 kg ha⁻¹. A M.O não apresentou um R^2 confiável para estimar dados.

O boro (B), não houve uma regressão significativa, porém, foi obtido resultado significativo para $p < 0,05$. O maior teor de B no solo também é encontrado no tratamento de 200 kg ha^{-1} , e seu menor teor encontrado na dose de 1000 kg ha^{-1} .

De acordo com o ajuste da curva, houve um resultado significativo para P, K, Ca, SB, V%, Cu, Zn e Fe. A dose calculada para cada um deles foi 584 Kg ha^{-1} , 650 , 767 Kg ha^{-1} , 25 Kg ha^{-1} , 4500 Kg ha^{-1} , 500 Kg ha^{-1} , 850 Kg ha^{-1} , 1200 Kg ha^{-1} de cianamida cálcica.

O maior teor de cálcio encontrado em doses elevadas de cianamida cálcica revela que o uso de doses altas do fertilizante leva a um maior fornecimento de Ca, eleva o pH e V%, consequentemente reduz o teor de H+Al.

Tabela 25 – Atributos químicos do solo após o final do ciclo do ensaio na cultura do pimentoeiro, Botucatu, 2024

	Análise química do solo					p-valor	CV
	----- Cianamida cálcica (kg ha^{-1}) -----						
	0	200	350	500	1000		
pH (CaCl_2)	5,5	5,5	5,6	5,6	5,8	0,01	2,45
P (mg dm^{-3})	151	140	142	127	143	0,47	14,49
K ⁺ (mmolc dm^{-3})	1,6	1,2	1,2	1,3	1,5	0,38	28,95
Ca ²⁺ (mmolc dm^{-3})	24	24	27	25	30	0,04	12,14
Mg ²⁺ (mmolc dm^{-3})	9	8	9	8	9	0,64	13,53
S (mg dm^{-3})	11	10	12	11	10	0,95	30,06
Al ³⁺ (mmolc dm^{-3})	0	0	0	0	0	-	-
H+Al (mmolc dm^{-3})	23	21	21	20	18	0,05	12,98
SB	34	33	37	34	40	0,14	12,55
CTC (mmolc dm^{-3})	57	54	58	54	57	0,59	8,54
V (%)	59	60	64	63	69	0,02	7,03
MO (g dm^{-3})	7	9	8	8	7	0,03	17,06
B (mg dm^{-3})	0,45	0,54	0,48	0,47	0,42	0,01	8,82
Cu (mg dm^{-3})	2,2	2,2	2,0	2,1	2,3	0,60	11,14
Mn (mg dm^{-3})	2,1	2,2	2,0	2,0	2,0	0,93	23,43
Zn (mg dm^{-3})	4,7	4,6	4,4	4,1	4,2	0,64	16,27
Fe (mg dm^{-3})	22,0	22,2	20,6	18,9	18,7	0,17	13,45

pH: $y=5,4654+0,0003x+0,00000005x^2$ ($R^2=0,99$); P: $y=152,31-0,0701x+0,00006x^2$ ($R^2=0,77$); K: $y=1,5142-0,0013x+0,000001x^2$ ($R^2=0,73$); Ca: $y=23,86+0,0023x+0,000003x^2$ ($R^2=0,81$); Mg: $y=8,6174-0,0013x+0,000002x^2$ ($R^2=0,26$); S: $y=10,348+0,0004x+0,000004x^2$ ($R^2=0,67$); H+Al: $y=22,984-0,0067x+0,000001x^2$ ($R^2=0,99$); SB: $y=33,991-0,0003x+0,000006x^2$ ($R=0,75$); CTC: $y=56,975-0,0071x+0,000008x^2$ ($R^2=0,27$); V%: $y=59,2+0,009x-0,000001x^2$ ($R^2=0,96$); MO: $y=7,0817+0,0046x-0,000005x^2$ ($R^2=0,37$); B: $y=0,4741+0,0001x-0,0000002x^2$ ($R^2=0,55$); Cu: $2,2315-0,0006x+0,0000006x^2$ ($R^2=0,75$); Mn: $2,1596-0,0004x+0,0000002x^2$ ($R^2=0,37$); Zn: $y=4,7876-0,0017x+0,000001x^2$ ($R^2=0,84$); Fe: $22,498-0,0072x+0,000003x^2$ ($R^2=0,81$).

4.3 Pós-colheita

Os resultados de pós-colheita são observados nas Figuras 12 e 13. Para todos os tratamentos houve um ajuste quadrático ($R^2 > 0,9$) nas perdas diárias de massa tanto nos frutos de tomate quanto de pimentão. Assim, é possível observar um comportamento padrão de perda de peso, que representa o volume de água perdido nos frutos durante os dias para todas as doses de cianamida cálcica.

A taxa de perda de água após a colheita varia entre cultivares. Estas diferenças estão relacionadas a características físicas e químicas dos frutos como tamanho, relação superfície: volume, propriedades da cutícula e da membrana celular (Lana, 2017).

Frutos como o tomate são classificados como climatérios e, portanto, têm a capacidade de amadurecer mesmo após desligados da planta-mãe. O processo de amadurecimento do fruto envolve alterações nas suas características sensoriais, que são desencadeados pelo etileno, um hormônio sintetizado naturalmente no interior das células e liberado com a respiração, e seu aumento resulta na elevação da taxa respiratória (Chitarra; Chitarra, 2005).

No caso do pimentão, a perda de água no fruto ocorre, em quase sua totalidade, através da cutícula do pericarpo, uma vez que o fruto não possui estômatos no pericarpo (Blanke; Holthe, 1997) e perda de água do cálice e do pedúnculo é muito pequena.

A taxa de perda de água e a permeância ao vapor de água do fruto inteiro e da casca são máximas em frutos imaturos e pequenos, decrescendo à medida que o fruto cresce e amadurece, enquanto a permeância do cálice decresce entre o estágio imaturo e verde maduro a partir de quando não sofre mudança (Diaz-Perez; Muy-Rangel; Mascorro, 2007).

Figura 12 – Avaliação de pós-colheita de frutos de tomate, Botucatu, 2024

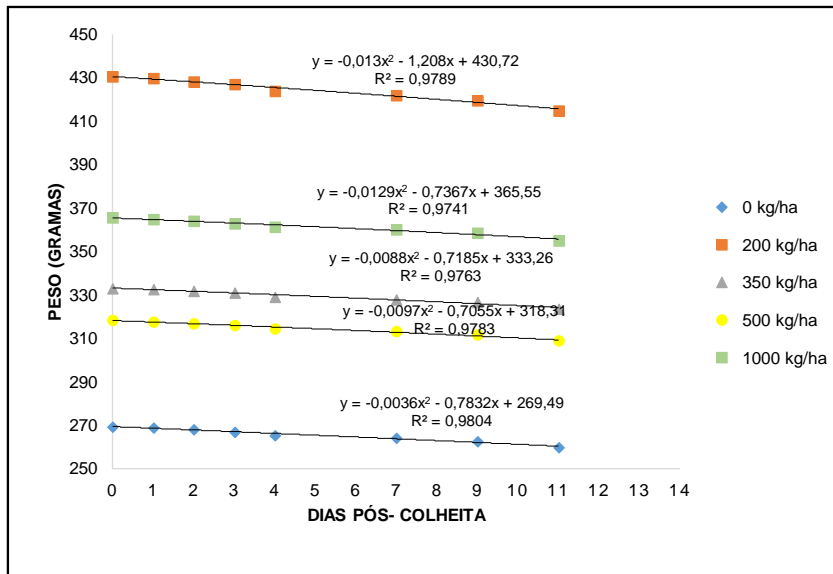
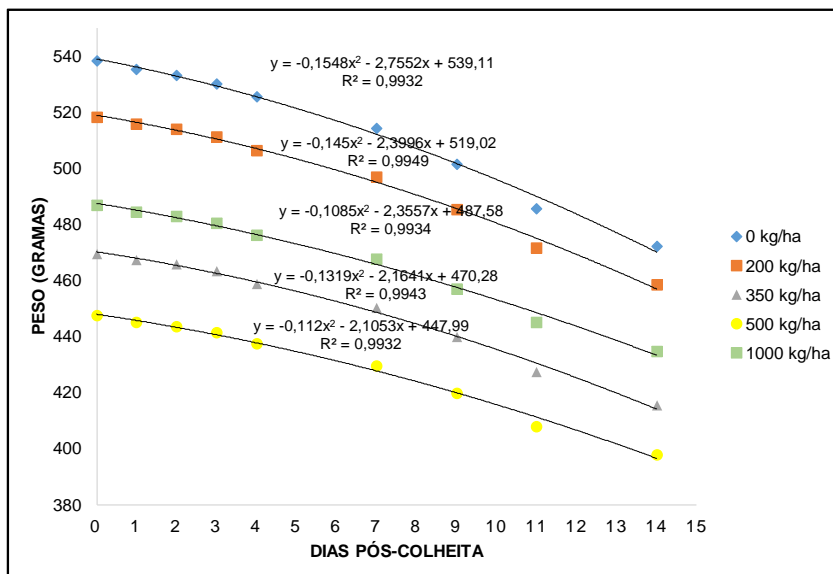


Figura 13 – Avaliação de pós-colheita de frutos de pimentão, Botucatu, 2024



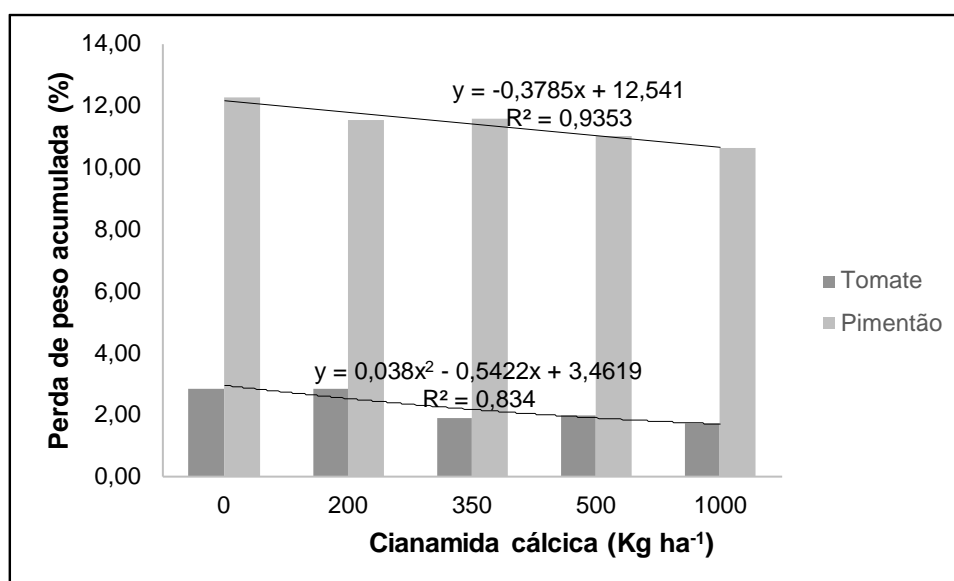
Já na Figura 14 é possível observar a perda acumulada de água dos frutos de tomateiro e pimentoeiro.

Observa-se que, tanto para o tomateiro quanto para o pimentoeiro, ao usar doses mais elevadas de cianamida cálcica, a porcentagem de perda de massa é menor quando comparada à testemunha. No tomateiro, este efeito parece ser mais significativo que no pimentoeiro, pois há a redução de 3,8% na perda de peso a cada 100 kg ha⁻¹ de cianamida, enquanto no pimentão a redução é de 5,4%.

Nos frutos de tomate, a dose de 1000 Kg ha⁻¹ revela uma perda de 60% a menos em relação ao controle, enquanto nos frutos de pimentão esta perda foi de 13% em relação ao controle

Isso nos leva a entender que ao utilizar doses de cianamida cálcica mais elevadas, há uma influência positiva no pós-colheita dos frutos, pois há uma menor perda de massa ao longo do tempo.

Figura 14 – Perda acumulada de peso de frutos de tomate e pimentão no decorrer de 14 dias, Botucatu, 2024



5 CONCLUSÕES

No tomateiro, a dose mais adequada de cianamida cálcica foi a de 350 Kg ha⁻¹ (substituição do nitrogênio aplicado como nitrato de cálcio pela cianamida cálcica em 14%) e para o pimentoeiro, a dose de 200 Kg ha⁻¹ (substituição do nitrogênio aplicado como Nitrato de Ca pela cianamida cálcica em 15%) foi a mais adequada.

REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS. **Cenário hortifruti Brasil**. Abrafrutas. 2018. Disponível em: <https://abrafrutas.org/wp-content/uploads/2019/09/relatorio-hortifruti.pdf>. Acesso em: 31 de agosto de 2022.
- ALBUQUERQUE, Francimar S. et al. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 681-687, 2012.
- ALVES, G.S. **Nutrição mineral e produtividade de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em resposta a diferentes biofertilizantes líquidos no solo**. 2006. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2006.
- AMBERGER, A. Cyanamide in plant metabolism. **International Journal of Plant Physiology and Biochemistry**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2013.
- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Editora UFSM, 1999.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F.A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 151-161, 2010.
- BLANKE, M. M.; HOLTHER, P. A. Bioenergetics, maintenances respiration and transpiration of pepper fruits. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 150, p.247-250, 1997.
- BLAT, S. F.; BRAZ, L. T.; ARRUDA, A. S. Avaliação de híbridos duplos de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v.25, n.3, p.350-354, 2007.
- BLAT, S. F.; COSTA, C. P. A cultura do pimentão. **Série produtor rural**, n.34, Piracicaba: ESALQ- Divisão de biblioteca e documentação, 2007.
- BRANDÃO FILHO, J. U. T. et al, T.L. Solanáceas. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R., (comps.). **Hortaliças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, p. 37-70, 2018;
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa No 46**. Brasília, DF: Mapa, 2016.
- BÜLL, L. T.; VILLAS BÔAS, R. L.; NAKAGAWA, J. Variações no balanço catiônico do solo induzidas pela adubação potássica e efeitos na cultura do alho vernalizado. **Scientia agrícola**, v. 55, n. 3, p. 456-464, 1998.
- CANTARELLA, H. et al. **Boletim 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, SP: IAC, 2022.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. *In*: NOVAES, R. F.(Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade brasileira de ciência do solo, 2007. p.552-594

CHAGAS, A. P. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. **Química nova**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 240-247, 2007.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: FAEPE/UFLA, 2005.

CLEMENTE, J. M.; AQUINO, L. J. Correção e adubação do solo. *In*: NICK, C.; BORÉM, A. **Pimentão Do plantio à colheita**.1 ed. Viçosa, MG: Editora MG, 2016. p.52-69.

DA SILVA, J.; GUEDES, I. M. R.; LIMA, C. E. P. Adubação e nutrição. *In*: CLEMENTE, F. M. V; BOITEUX, L. S. **Produção de tomate para processamento industrial**. Brasília. Embrapa, p.105-126, 2012.

DE BRITO JUNIOR, F. P. **Produção de tomate (solanum lycopersicum l.) reutilizando substratos sob cultivo protegido no município de Iranduba-AM**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

DE SÁ, A. A. S. *et al*. A importância do cálcio para a nutrição de plantas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 17, n. 2, 2024.

DIAZ-PEREZ, J. C.; MUY-RANGEL, M. D.; MASCORRO, A. G. Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). **Journal of the Science of Food and Agricultura**, London, v. 87, n. 1, p 68-73, 2007.

DOS SANTOS, P.R. **Capacidade de combinação de poda em pimentão**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade federal rural de Pernambuco, Recife-PE, 79p., 2014.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura do tomate: como plantar tomate de mesa**. Embrapa Hortaliças. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortalias/tomate-de-mesa/caracteristicas>. Acesso em: 31 ago. 2022.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de análises de solos**. 2 ed.. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

ENZA ZADEN. **Pimentão Larry**. Enza Zaden. Disponível em: <https://www.enzazaden.com/br/products-and-services/our-products/pepper/Larry>. Acesso em: 31 de ago de 2022.

ERNANI, P. R. *et al.* Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31 p. 393-402, 2007.

FAYAD, J. A. *et al.* Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 90-94, 2002.

FÉLIX, A. C. A. *et al.* **Acúmulo e exportação de nutrientes pelo tomateiro BRS Nagai**. Resumo (congresso brasileiro de ciência do solo), Natal-RN, 2015.

FERREIRA, S. M. R. *et al.* Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 858-869, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008.

FILGUEIRA, F. A. R. **Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló**. 1 ed. Lavras, MG: Editora UFLA, 2003.

FIORI, M. P. **Comportamento de cultivares de tomateiro quanto à utilização de escória siderúrgicas em ambiente protegido**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Faculdade de Ciências Agrárias - Universidade de Marília. Marília - SP. 2006.

FONTES, P. C. R.; WILCOX, G. E. Growth and phosphorus uptake by tomato cultivars as influenced by P concentration in soil and nutrient solution. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 109, n. 5, p. 633-636, 1984.

FONTES, P. C. R.; SILVA D. J. H. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002.

FRANCO, J. R. **Análise comparativa entre medidas meteorológicas da estação convencional e automática da Fazenda Lageado no município de Botucatu-São Paulo- Brasil**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Estadual Paulista-Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2021.

GARCIA, J. L. A. **A Composição e o Uso de Fertilizantes Químicos Adubos**. 2006. Monografia. Instituto superior de ensino departamento de ciências e tecnologia, 2006.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BOAS, R. L.; BÜLL, L. T. Utilização da medida do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada em plantas de pimentão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1049-1056, 2003.

GOTO, R. A cultura. *In*: NICK, C.; BORÉM, A. **Pimentão do plantio à colheita**.1 ed. Viçosa, MG: Editora MG, 2016. p.9-16.

GOTO, R. *et al.* Exigências climáticas e ecofisiológicas. *In*: NICK, C.; BORÉM, A. **Pimentão do plantio à colheita**.1 ed. Viçosa, MG: Editora MG, 2016. p.17-33.

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

GUIMARÃES, T. G. *et al.* Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**, v. 58: p. 209-216, 1999.

GÜLER, S.; BÜYÜK, G. Relationships among chlorophyll-meter reading value, leaf N and yield of cucumber and tomatoes. **Acta Horticulturae**, v.729, p. 307-311, 2007

HARTMANN, R. O. Fluid ionized compositions, methos of preparation and uses thereof. **European Patent Office (EP2785668B1)**. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/EP2785668B1/en>. Acesso em: 20 de setembro de 2023.

HEUVELINK, E. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destrutive measurements in greenhouse. **Scientia Horticulturae**, v. 61, p. 77-99, 1995.

HF BRASIL. HORTIFRUTI/CEPEA: HORTIFRUTI/CEPEA: **Quais são as frutas e hortaliças mais consumidas pelos brasileiros?** CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, Piracicaba, 2021. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-quais-sao-as-frutas-e-hortalicas-maisconsumidas-pelosbrasileiros.aspx#:~:text=O%20tomate%20seguiu%20como%20o,mais%20cons,umida%20em%2010%20anos>. Acesso em: 31 ago 2022.

IBAÑEZ, C.; PALOMEQUE, S.; FONTÚRBEL, F. Elementos principales del suelo, geodinámica y dinámica de los principales componentes del suelo. El recurso suelo: bases edafológicas, problemática, administración y contaminación. **Publicaciones Integrales**, La Paz, p. 2-4, 2004.

IBGE- Instituto Brasileiro de Bioestatística. **Produção Agrícola-Lavoura temporária (tomate) 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10380>. Acesso em: 27 de janeiro de 2024.

IBGE- Instituto Brasileiro de Bioestatística. **Produção de pimentão**. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pimentao/br>. Acesso em: 27 de janeiro de 2024.

KAUSHAL, T. *et al.* Effect of deep placement of slow-release fertilizer (lime nitrogen) applied at different rates on growth, N₂ fixation and yield of soya bean (*Glycine max* [L.] Merr.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 192, n. 6, p. 417-426, 2006.

KLASSE, H. J. Calcium cyanamide — a unique source of nitrogen promoting healthy growth and improving crop quality of vegetables. *In*: ANAC, D., MARTIN-PRÉVEL, P. (eds) **Improved Crop Quality by Nutrient Management**. Trostberg, vol 86., 1999.

LANA, M. M. **Fisiologia e manuseio pós-colheita de pimentão**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017. 72 p.

MACHADO A. Q.; ALVARENGA M. A. R.; FLORENTINO C. E. T. Produção de tomate italiano (saladete) sob diferentes densidades de plantio e sistemas de poda visando ao consumo in natura. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 149-153, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. 3 ed. São Paulo, SP: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1981, 596 p.

MARCUSSI, F. F. N. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em plantas de pimentão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p.642-650, 2005.

MARQUELLI, W. A. Manejo da Irrigação. *In*: NICK, C.; BORÉM, A. **Pimentão do plantio à colheita**. 1 ed. Viçosa, MG: Editora MG, 2016. p.147-172.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Circular técnica 101**: irrigação na cultura do pimentão. Brasília: Embrapa, 2012.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Circular técnica 30**: Tomateiro para Processamento Industrial: Irrigação e Fertirrigação por Gotejamento. Brasília: Embrapa, 2002. 33 p.

MATOS, R. *et al.* Performance of the double-cross tomato hybrids from a partial diallel. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, 2021.

MELO, A. M. T.; FABRI, E. G. Horticultura no IAC: pesquisa e inovação como instrumento de acesso a novos mercados. **O Agrônomo**, v. 69. 2017. Disponível em: <http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=893>. Acesso em: 31 de agosto de 2022.

MINOLTA, K. A lightweight handheld meter for measuring the chlorophyll content of leaves without causing damage to plants. **Chlorophyll meter SPAD-502Plus**, p. 4, 2009.

NAGUMO, Y. *et al.* Rapid quantification of cyanamide by ultra-high-pressure liquid chromatography in fertilizer, soil, or plant samples. **Journal of Chromatography A**, v. 1216, n. 29, p. 5614-5618, 2009.

NAIKA, S. *et al.*, A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. **Agrodok 17**. Fundação Agromica e CTA, Wageningen, 2006.

NIANZU, H. *et al.* Effect of lime nitrogen on the efficiency of urea and other ammonium nitrogen fertilizers. **Fertilizer research**, v. 41, p. 19-26, 1995.

NICK, C.; BORÉM, A. **Pimentão do plantio à colheita**. 1 ed. Viçosa, MG: Editora MG, 2016, 204 p.

OLIVEIRA, M.V.A.M; VILLAS BÔAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 95-103, 2008.

PAPADOPOULOS, A.P. Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media. **Agriculture Canada Publication**, Ontário, 1991.

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 321-334, 2011.

PEREIRA, C.; MARCHI, G.; SILVA, E. C. Produção de tomate-caqui em estufa. **Série extensão**. Lavras: UFLA, 2000.

Perlka- calcium cyanamide: para solos e plantas saudáveis. *In*: ALZCHEM GROUP Disponível em: <https://www.alzchem.com/pt/marcas/perlka/>. Acesso em: 24 de jun. de 2024.

PORTO, J. S. *et al.* Índice SPAD e crescimento do tomateiro em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Scientia Plena**, v. 10, n. 11, 2014.

PURQUEIRO, L.F.V. **Acúmulo de Nitrientes em tomateiro e adubação potássica na produtividade e qualidade de fruto**. 2018. Tese (Doutorado em agricultura tropical e subtropical). Campinas, 2018. 122p.

RAIJ, B. V. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. IAC, 2001. 285p.

SABATINO, L. *et al.* Soil solarization and calcium cyanamide affect plant vigor, yield, nutritional traits, and nutraceutical compounds of strawberry grown in a protected cultivation system. **Agronomy**, v. 9, n. 9, p. 513, 2019.

SANDOVAL-VILLA, M.; GUERTAL, E. A.; WOOD, C. W. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affected by variety, nitrogen form, and nighttime nutrient solution strength. **Journal of Plant Nutrition**, v. 23, p. 649-661, 2000.

SCHER-Scientific committee on health and environmental risks. **Potential risks to human health and environment from the use of calcium cyanamide as fertilizer**. Scientific Committes, 2016. Disponível em: https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/docs/scher_o_169.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2023.

SCUCUGLIA, C. L. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na cultura do tomateiro em cultivo protegido**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Presidente Prudente, 2012, 73p.

SEMINIS. **Tomate híbrido compact**. Seminis. Disponível em: <https://loja.seminis.com.br/tomate-hibrido-compact>. Acesso em: 31 ago 2022.

SHI, K. *et al.* Effects of calcium cyanamide on soil microbial communities and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*. **Chemosphere**, v. 75, n. 7, p. 872-877, 2009.

SILVA, B.F.I. **Acúmulo de nutrientes ao longo do ciclo por tomateiros do grupo salada**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2017. p. 69.

SILVA, F. M. **Acúmulo de nutrientes do híbrido de tomate compacto**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Agrônômica). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. Produção mundial e nacional. *In*: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. Org. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças, p.8-11, 2000.

SILVA, S et al. Relação entre os atributos produtivos associados ao desempenho agrônômico de híbridos de tomate, salada indeterminado. **DELLOS: Desarrollo Local Sostenible**, Curitiba, v.16, n.46, p. 2353-2369, 2023

SIMENALE, M. P. Z.; SOUNDY, P.; MABOKO, M. M. Effect of calcium cyanamide as an alternative nitrogen source on growth, yield, and nitrogen use efficiency of short-day onion. **Agronomy**, 2023.

STF-Supremo Tribunal Federal. **Agenda 2030: Conheça as ODS**. Disponível em: <<https://portal.stf.jus.br/hotsites/agenda-2030/>>. Acesso em: 17 jun 2024.

SUZUKI, K. *et al.* Impacts of application of calcium cyanamide and the consequent increase in soil pH on N₂O emissions and soil bacterial community compositions. **Biology and Fertility of Soils**, v. 57, n. 2, p. 269-279, 2021.

TRANI, P. E *et al.* Calagem e adubação do tomate de mesa. **Boletim Técnico IAC**, Campinas, n. 215, 2015, 35 p.

TRANI, P. E. *et al.* Hortaliças. *In*: CANTARELLA, H. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo - B100**. 3 ed.CAMPINAS.: Instituto Agrônômico de Campinas, v. 1. 2022. p. 339-353.

TRANI¹, P. E. *et al.* **Pimentão e pimenta-hortícola**. *In*: CANTARELLA, H. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo - B100**. 3ed.CAMPINAS.: Instituto Agrônômico de Campinas, v. 1. 2022. p. 410-413

TRANI², P. E. *et al.* Tomate mesa. *In*: CANTARELLA, H. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo - B100**. 3ed.CAMPINAS.: Instituto Agrônômico de Campinas, v. 1. 2022. p. 419-424.

TREMBLAY, N. *et al.* Evaluation of calcium cyanamide and liming for control of clubroot disease in cauliflower. **Crop Protection**, v. 24, n. 9, p. 798-803, 2005.

WAMSER, A. F. *et al.* Espaçamento entre plantas e cachos por haste no tutoramento vertical do tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 565-570, 2009.

YAMAMOTO, A. *et al.* Effect of lime-nitrogen application on N₂O emission from an Andosol vegetable field. **Soil science and plant nutrition**, v. 58, n. 2, p. 245-254, 2012.