

# **Resposta da romãzeira à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio**

**Derizan Carvalho Oliveira**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em agroecologia no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia*

**Orientado por:**

**Prof. Dr. Manuel Ângelo Rosa Rodrigues**

Coorientado por

**Prof. Dra. Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues**

**Prof. Dr. Nielson Machado dos Santos**

BRAGANÇA

2021

DERIZAN CARVALHO OLIVEIRA

## **Resposta da romãzeira à aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio**

Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do Grau de Mestre em Agroecologia no âmbito da dupla diplomação com a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Orientadores:

Prof. Manuel Ângelo Rosa Rodrigues

Prof<sup>a</sup>. Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues

Prof. Nielson Machado dos Santos

BRAGANÇA

2021

## RESUMO

A romãzeira é uma planta frutífera de origem mediterrânea que possui certa importância econômica em alguns países da Europa. Nos anos recentes têm sido publicados diversos estudos sobre suas propriedades nutricionais, alguns deles mostrando que a fruta é rica em ácido ascórbico, flavonoides e punicalagina, uma substância que apresenta propriedades antioxidantes, antifúngicas e antibacterianas. Através dos seus benefícios nutricionais e medicinais esta fruta tem vindo a tornar-se cada vez mais popular. Atualmente ela é cultivada em praticamente todos os continentes. Embora tenha adquirido grande importância na região mediterrânea, e seja cultivada em larga escala na China e no Irão, ainda permanecem questões em aberto sobre a melhor forma de cultivo desta planta frutífera. Uma das mais relevantes é a fertilização, visto que há poucos estudos que permitam estabelecer um adequado programa de fertilização. Com o objetivo de se obter informação que auxilie nas futuras recomendações de fertilização para a cultura foi proposto este trabalho, com um delineamento completamente causalizado com cinco tratamentos e três repetições. Um dos tratamentos consistiu na aplicação dos três macronutrientes principais, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), e os demais na ausência de cada um destes nutrientes, além de um tratamento testemunha com ausência de adubação. O tratamento com adubação NK obteve maior produção média de frutos, sendo de 3,40 kg planta<sup>-1</sup>, 41,8% a mais que o tratamento que não recebeu adubação (1,98 kg planta<sup>-1</sup>). Este tratamento ainda registrou o maior número de frutas por árvore (18,6), obtendo 22,5% a mais que o tratamento testemunha (14,4). O tratamento NP registrou o maior peso dos frutos (186,7 g), com 23,3% a mais que o tratamento testemunha (143,3 g). Apesar da tendência para se registrar efeito positivo na produtividade com a adubação, em particular com a aplicação de N e K, a reduzida duração do experimento e elevada variabilidade experimental não permitiram que os resultados tivessem diferenças estatisticamente significativas.

**Palavras-chave:** *Punica granatum* L.; romã; fertilização; produção de frutos; nutrição da colheita

## ABSTRACT

Pomegranate is a fruit crop of Mediterranean origin that has increasing economic importance. In recent years, several studies on its nutritional properties have been published, some showing that the fruit is rich in ascorbic acid, flavonoids and punicalagin, a substance that has antioxidant, antifungal and antibacterial properties. Due to its nutritional and medicinal benefits this fruit has becoming increasingly popular. It is currently grown on virtually every continent. Although it has acquired great importance in the Mediterranean region, and being cultivated on a large scale in China and Iran, there are still open questions about the best way to grow this fruit plant. One of the most relevant issue is fertilization, since there are few studies that allow to establish an adequate fertilization program. Thus, this work was delineated to obtain information to assist in future fertilization recommendations for the crop. The experiment was arranged as a completely randomized design with five treatments and three repetitions. One of the treatments consisted of the application of the three main macronutrients, nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K), and the others consisting on the absence of each one of these nutrients, in addition to a non-fertilized control. The treatment with NK fertilization gave a higher average fruit yield (3.40 kg plant<sup>-1</sup>), 41.8% more than the treatment that did not receive fertilization (1.98 kg plant<sup>-1</sup>). This treatment also registered the highest number of fruits per tree (18.6), obtaining 22.5% more than the control treatment (14.4). The NP treatment registered the highest weight of the fruits (186.7 g), 23.3% more than the control treatment (143.3 g). Despite the tendency to be registered a positive effect on productivity with fertilization, in particular with the application of N and K, the short duration of the experiment and the high experimental variability did not allow the results to have statistically significance.

**Keywords:** *Punica granatum* L.; pomegranate; fertilization; fruit yield; crop nutrition

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
Lista de tabelas .....	vii
Lista de figuras .....	viii
1 INTRODUÇÃO .....	8
2 CULTURA DA ROMÃZEIRA .....	9
2.1 ORIGEM.....	9
3 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E MORFOLÓGICA .....	10
4 IMPORTÂNCIA ECONÓMICA .....	12
5 MATERIAL VEGETAL.....	15
6 PROPAGAÇÃO.....	18
7 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS.....	19
7.1 SOLO .....	19
7.2 CLIMA.....	19
7.3 REGA.....	20
8 FERTILIDADE DO SOLO.....	21
9 MATERIAIS E MÉTODOS .....	24
9.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	24
9.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	25
9.3 DETERMINAÇÕES DE CAMPO .....	25
9.3.1 Amostragem de folhas .....	25
9.3.2 Amostragem de solo .....	25
9.3.3 Produção de frutos .....	26
9.4 ANÁLISE SOLO .....	26
9.4.1 Determinação de pH .....	26
9.4.2 Determinação da matéria orgânica .....	26
9.4.3 Determinação de fósforo e potássio.....	26
9.4.4 Determinação das bases trocáveis .....	26
9.4.5 Determinação do boro .....	27
9.4.6 Determinação de micronutrientes metálicos .....	27
9.5 ANÁLISE DOS TECIDOS VEGETAIS .....	27
9.5.1 Determinação do nitrogênio .....	27
9.5.2 Determinação de macro e micronutrientes .....	27
9.5.3 Determinação do boro .....	28

9.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	28
10	RESULTADOS .....	29
10.1	AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO .....	29
10.2	AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO .....	29
10.3	AVALIAÇÃO DOS TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS .....	34
11	DISCUSSÃO .....	40
12	CONCLUSSÕES .....	44
13	BIBLIOGRAFIA .....	45

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1.</b> Produção de romã nos principais países produtores (Erkan & Dogan 2018). .....	12
<b>Tabela 2.</b> Teores foliares de referência para a cultura da romãzeira (Chandra et al., 2011) ..	23
<b>Tabela 3.</b> Tratamentos fertilizantes com as doses de macronutrientes aplicadas. ....	25
<b>Tabela 4.</b> Avaliação do número de frutos, peso médio dos frutos e produção de frutos referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio e NPK adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança.....	29
<b>Tabela 5.</b> Valores de pH do solo para cada tratamento no ano de 2020 a profundidade de 0-20 cm referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio; e NPK adubação com os três macro elementos). Letras iguais indicam não haver diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey a 95% de confiança.....	30
<b>Tabela 6.</b> Bases de troca, e atividade da NaOH e capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe) referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio e NPK adubação com os três macro elementos). Nas linhas letras mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95%. ....	33
<b>Tabela 7.</b> Teores de micronutrientes no solo na profundidade de 0-20 cm referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio; e NPK adubação com os três macro elementos). Nas linhas, letras distintas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança. ....	34

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Teores de matéria orgânica no solo na profundidade de 0-20 cm referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio e NPK adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança. .... 31
- Figura 2.** Teores de fósforo em análise de solo colhida e agosto de 2020 na profundidade de 0-20 cm referente aos tratamentos aos (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio e NPK adubação com os três macro elementos). Letras iguais indicam não haver diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey a 95% de confiança..... 31
- Figura 3.** Teores de potássio em análise de solo colhida na profundidade de 0-20 cm referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio; e NPK adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança..... 32
- Figura 4.** Concentração de nitrogênio nas folhas de romãzeira coletadas no verão de 2018, 2019 e 2020, referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio e NPK adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança. .... 35
- Figura 5.** Concentração de fósforo nas folhas de romãzeira coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio; e NPK adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança..... 36
- Figura 6.** Concentração de potássio nas folhas de romãzeira coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, referentes aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio; e NPK adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança. .... 37
- Figura 7.** Concentração de cálcio nas folhas de romãzeira coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, referentes aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio; e NPK adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança..... 38
- Figura 8.** Concentração de magnésio nas folhas de romãzeira coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de nitrogênio; e NPK adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança. .... 39

## 1 INTRODUÇÃO

A romãzeira (*Punica granatum* L.) é uma planta frutícola da família Lythraceae anteriormente, pertencente à família Punicaceae (Jain et al., 2018). Esta planta tem como origem a região da Ásia Central, sendo adaptável às mais diversas regiões do globo, tornando-se de grande importância comercial no Mediterrâneo, China, Índia, Estados Unidos e América do sul. A romãzeira é um arbusto ou uma pequena árvore de tamanho variável, podendo ser encontrada em condições naturais com sete metros de altura ou também como um arbusto rastejante (Holland et al., 2009). A romãzeira é uma espécie hermafrodita ou em que as plantas apresentam somente flores masculinas. A flor apresenta cor branca ou vermelha a alaranjada (Morton, 1987). É uma cultura pouco exigente em termos climáticos e edáficos, sendo destinadas para seu cultivo frequentemente áreas marginais (Holland et al., 2009).

Em Portugal a cultura é ainda pouco explorada, mas apresenta um potencial enorme que gerou um grande número de projetos para instalação de pomares principalmente pelo apoio aos jovens agricultores em Portugal (EDIA, 2019). Nos últimos anos observou-se uma grande procura tanto pelo fruto quanto pelos seus derivados, devido a estudos científicos que comprovam seus benefícios medicinais e nutricionais (Melgarejo, 2010).

Este trabalho foi delineado tendo em conta a importância da nutrição mineral para um bom desenvolvimento das plantas cultivadas e pelo facto de existirem poucos dados sobre a fertilização da cultura da romãzeira em Portugal. Assim, instalou-se um ensaio com os três macronutrientes principais, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), contendo um tratamento que recebeu os três macronutrientes, e mais três tratamentos em que se retirou cada um deles. Foi também incluída uma modalidade testemunha sem fertilização. O objetivo principal foi obter resultados que auxiliem nas futuras recomendações de fertilização para a cultura.

## 2 CULTURA DA ROMÃZEIRA

### 2.1 ORIGEM

A romãzeira é nativa da Ásia Central e Pérsia (região atual Irã). Os primeiros registros de cultivo da planta datam de 2200 a.C. (Ashton, 2006). Sua distribuição se deu por volta de 1300 a.C. para o leste da Ásia Menor pelos fenícios, sendo que os árabes foram responsáveis por espalhar a cultura no continente europeu na bacia do mediterrâneo, pois descobriram suas propriedades medicinais, além do seu valor nutritivo como alimento (Guisado, 2018). Melgarejo, (2010) afirma que os espanhóis na época das navegações e descobrimento foram os responsáveis por levar a cultura para a América, sendo que hoje se encontra dispersa por todo o continente.

Baseado em estudos anteriores, Holland et al. (2009) afirmam que a romãzeira foi domesticada ainda na era Neolítica, havendo registros do uso da romã no Oriente Médio há mais de 5000 anos. Há registros bíblicos (também citado no Alcorão), que se referem a esta cultura assim como à oliva, palmeira e videira (Melgarejo, 2010).

A romã é citada em várias civilizações. Na cultura grega, a romã é elogiada na lenda de Perséfone e também no “Cântico de Salomão”. Os chineses consideravam a romã um dos três frutos abençoados, o que mostra a importância que esse fruto obteve ao longo do tempo nas antigas civilizações (Ashton, 2006).

Devido à propagação e distribuição pelas diversas civilizações e culturas hoje é possível encontrar a romãzeira sendo cultivada nas mais diversas regiões. Holland et al. (2009) cita mais de 30 países que atualmente cultivam essa espécie, sendo alguns dos mais importantes África do Sul, Brasil, China, Chile, Estados Unidos, Índia, Irã, Portugal e Turquia.

### 3 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E MORFOLÓGICA

A romãzeira (*Punica granatum L.*) foi anteriormente classificada na família Punicaceae, mas após estudos filogenéticos, o gênero foi transferido para a família Lythraceae permanecendo o designativo do gênero como *Punica* (Jain & Desai, 2018). O gênero *Punica* apresenta apenas duas espécies, *Punica protopunicae* e *Punica granatum* (Jain & Desai, 2018). A última é a mais conhecida por se tratar de uma espécie frutícola de importância comercial.

A romãzeira é um arbusto que se desenvolve em vários troncos. Em pomares cresce como uma pequena árvore formada apenas de um único tronco atingindo portes de até cinco metros. A folha possui uma morfologia oblanceolada exibindo um ápice obtuso e uma base acuminada. Quando jovens, as folhas manifestam uma cor avermelhada, porém quando maduras estas tornam-se verde com características lisas, sem pelos e pecíolos curtos (Holland et al., 2009).

Uma característica morfológica importante é a cor dos ramos novos jovens, sendo diferentes conforme as variedades. Algumas variedades apresentam cores variadas do rosa ao roxo, enquanto em outras os ramos são verdes com manchas ou listras roxas, embora essa característica morfológica tenda a desaparecer no segundo ano, tornando-se a casca de uma cor cinza claro que escurece com o passar dos anos (Holland et al., 2009).

A floração se inicia um mês depois da abertura do botão floral, que se dá nos ramos desenvolvidos no mesmo ano. Podem formar-se cachos, com grupos de cinco ou mais flores, ou apenas uma única flor (Stover & Mercure, 2007; Ainda, 2007). A polinização pode ser auxiliada por insetos ou ocorrer autopolinização. No hemisfério norte o florescimento acontece no período de abril a maio, porém pode ocorrer até ao final do verão, sobretudo em plantas mais jovens (Holland et al., 2009). Stover & Mercure (2007) mostraram que no vale da Califórnia a floração ocorre no mesmo período anteriormente mencionado. Jain & Desai (2018) apresentaram duas estações de floração, dependentes das cultivares, no norte da Índia, e no centro e oeste deste país ocorrem três estações de florescimento.

Nesta espécie ocorrem flores hermafroditas (possuem forma de vaso) e flores masculinas (possuem forma de sino), apresentando ambas centenas de estames. As flores masculinas têm ovários pouco desenvolvidos, sem pestilo, atrofiados com poucos óvulos e inférteis. A flor masculina tende a cair sem que haja a formação de frutos. A flor feminina é fértil e capaz de desenvolver frutos. As sépalas são fundidas em sua base, apresentando 5-8 por flor, assim como o número de pétalas. Geralmente o número de estames ultrapassa os 300 e os carpelos são oito sobrepostos em das espirais (Holland et al., 2009).

As flores da romãzeira normalmente são de cor vermelha, laranja, rosa e eventualmente branca (Morton 1987). As flores podem ser completas, apresentando parte masculina e feminina. Uma planta pode apresentar flores masculinas, femininas (hermafroditas), ou apenas apresentar a parte feminina ou a masculina. A polinização pode ser feita através de insetos ou ocorre autopolinização, sendo que algumas variedades não são autoférteis necessitando de polinizadores compatíveis (Kahramanoglu et al., 2016).

O fruto se origina a partir do ovário e torna-se uma baga carnuda. Depois da fecundação, no desenvolvimento do fruto, a sépala que integra o fruto e que não cai após o florescimento muda de cor, do vermelho alaranjado para verde. Após 5-8 meses, dependendo da variedade, novamente a cor do fruto se altera de verde para amarelo, rosa ou vermelho, sendo que ocorrem faixas sobrepostas e intermediárias de cores. Os lóculos são divididos por paredes membranosas (septos), sendo preenchidos pelas sementes que são revestidas por uma camada suculenta (arils), a parte comestível da planta e de interesse econômico, podendo suas cores variar de branco a vermelho escuro. Há variedades consideradas sem sementes, embora estas apresentam as sementes moles que também são consumidas com a parte suculenta (Holland et al., 2009).

#### 4 IMPORTÂNCIA ECONÓMICA

China, Índia, Irã, Turquia e EUA são cinco grandes produtores de romã, contribuindo com 76% da produção total de todo o mundo. A Índia é o principal produtor e exportador mundial, exportando principalmente para Emirados Árabes Unidos, Holanda, Arábia Saudita e Bangladesh (Kahramanoglu et al., 2016; Jain & Desai, 2018). Estima-se que a superfície total de produção mundial para a cultura seja de 300.000 ha, e que mais de 50% dela se concentre em três países (China, Índia e Irã). Na tabela 1 é apresentada uma lista com os principais países produtores de romã.

**Tabela 1.** Produção de romã nos principais países produtores (Erkan & Dogan 2018).

Países	Produção (x 1000)
China	1200
Irã	1009
Índia	745
Turquia	315
EUA	282
África do Sul	198
Azerbaijão	141
Tunísia	73
Israel	70
Afeganistão	62
Espanha	60
Egito	43
Uzbequistão	35

Erkan & Dogan (2018) afirmam que atualmente a produção de romã mundial fica em torno de três milhões de toneladas anualmente, sendo que 90% desta produção se concentra no hemisfério norte. No entanto na África do Sul a produção em 2012 foi de 192 000 toneladas representando uma boa parte da produção mundial, mostrando assim que não há limitação geográfica e climática para a produção da cultura ou seja a produção não está limitada a climas mediterrânicos.

Em 2010 a Índia era o segundo maior produtor mundial de romã, tendo uma produção de 500.000 a 700.000 toneladas e com elevado potencial de expansão, enquanto o Irã era o maior produtor mundial com produções de 750.000 a 800.000 toneladas anualmente, enquanto a China apresentava apenas 180.000 toneladas, de acordo com (Mira, s/d). Já em 2012 a China torna-se o principal país produtor seguida da Índia e do Irã. Em 2018 a Índia torna-se o principal país produtor e exportador (Jain & Desai, 2018). Essa evolução na produção só mostra

o potencial que a cultra vem adquirindo nos últimos tempos e o interesse pela produção da cultura.

No período de campanha de 2015-2016 a Índia exportou um total de 310723,6 toneladas de fruta, de acordo com (Jain & Desai, 2018).

Melgarejo (2010) afirma que a Espanha é o país europeu que detém o título de maior produtor do continente e o maior exportador, sendo que em 2009 este país exportou 18000 toneladas da fruta. Kahramanoglu et al., (2016) mostram que de acordo com Climate Bonds Initiative CBI (2015), em toda Europa a principal área de cultivo para a cultura da romã se concentra no leste espanhol em que se cultivam 13000 hectares, nos quais se produz anualmente 36 mil toneladas.

Os países europeus importam a romã o ano inteiro sendo que seu valor médio mensal varia de 1,40 € kg<sup>-1</sup> a 4,54 € kg<sup>-1</sup>. Na Holanda o preço médio anual é de 2,69 € kg<sup>-1</sup> (Kahramanoglu et al., 2016). Visto isso, é possível denotar a atratividade do preço desta fruta.

De acordo com Neves (2019), o cultivo da romãzeira vem aumentando nos últimos tempos em Portugal e no mundo, devido ao grande interesse pelo seu valor nutricional e medicinal. A região do Alentejo e Algarve são as principais regiões produtoras, embora Portugal tenha uma produção ainda pequena. De acordo o Instituto Nacional de Estatística (INE), no ano de 2017 a produção nacional obteve o valor de 2659 toneladas, cinco vezes superior à produção em 2013, o que confirma o interesse no cultivo da cultura no país.

EDIA (2019) refere que em Portugal no ano de 2018 a área ocupada pela romãzeira era de 475 ha, sendo que 285 ha estão localizados na região do Alentejo. Normalmente se adota um sistema de rega gota a gota, o que ajuda a gerar rendimentos de 8 a 15 t ha<sup>-1</sup>, que podem corresponder a uma receita bruta em torno de 11.360 a 21.460 € ha<sup>-1</sup>.

Segundo Kahramanoglu et al. (2016) não é apenas o fruto da romãzeira que está sendo popularizado, mas também seus derivados, como refrigerantes, sucos, suplementos alimentares, aguardente de vinhos entre outros produtos. Os autores afirmam ainda que devido a comprovação científica das vantagens do consumo da fruta e seus derivados haverá muitos novos produtos no mercado. Os autores preveem que nos próximos anos essa fruta deverá estar entre as dez mais consumidas.

Várias pesquisas têm vindo a ser realizada utilizando diversas partes da romã com o objetivo de avaliar seus efeitos em diversas doenças e seus usos medicinais e farmacêuticos.

Kahramanoglu et al. (2016) referem que a popularização e a tecnologia de máquinas para a extração de arilos e o processamento de sucos naturais, são as razões para que a romã possa ficar nos dez frutos mais consumidos nos próximos anos.

A romã pode ser considerada uma superfruta, pois apresenta compostos bioativos, farmacológicos e medicinais, tais como taninos, flavonoides, ácidos orgânicos, ácido cítrico, tiamina, riboflavina, niacina, que apresentam propriedades antioxidantes, antifúngica, anticancerígenas, anti-inflamatórias, antimicrobiana, antiespasmódicas e anti-helmínticas (Miguel et al., 2010; Tehranifar et al., 2011). Estas propriedades auxiliam em doenças como o câncer, bronquite, hanseníase, diabetes, hiperlipidemia, hipertensão, perfusão miocárdica, entre outras (Morton, 1987; Jurenka, 2008)

Abdolahi et al. (2018) investigaram as propriedades antioxidantes e antibacterianas bem como os teores de flavonoides e observaram que o conteúdo total em fenóis foi na faixa de  $28 \pm 0,12$  mg g<sup>-1</sup> de peso seco. Os autores observaram as atividades antibacterianas em organismos do género *Staphylococcus* incluindo as espécies *Staphylococcus epidermidis* e *S. aureus*.

A romã possui uma concentração de punicalagina superior às restantes frutas consumidas. Estudos mostram que essa substância apresenta propriedades antioxidantes, antifúngicas e antibacterianas, sendo o estrato da casca e da fruta empregado como antioxidante para inibir a oxidação do colesterol de baixa densidade (em inglês low density lipoprotein, LDL) evitando o acúmulo de gordura nas artérias (Ismail et al., 2012).

## 5 MATERIAL VEGETAL

De acordo com o IPGRI (2001) mais de 500 variedades de romã são conhecidas em todo o mundo. No entanto apenas cerca de 50 são normalmente cultivadas. O maior banco de germoplasma mantido em *ex situ* está localizado na Estação de Pesquisa Garrygala no Turquemenistão, em que conta com 1.117 acessos de púnica (Holland et al., 2009; IPGRI, 2001)

Kahramanoglu et al. (2016) reiteram que a classificação das cultivares pode seguir os seguintes requisitos: gosto (doce, agridoce, ácida e azedo); tempo de colheita (no início, no meio da temporada e no final); padrão de consumo (suco e frutas de mesa); dureza da semente (semente macia e semente dura). Os autores referem ainda algumas das variedades cultivadas por diversos países, sendo as principais Wonderful, Accco, Hicanzar, Herskovitz, Bhagwa, Arakta, Malas Yazdi e Molar de Elche.

Holland et al. (2009) referem diversas variedades cultivadas conforme os países. Na Índia as cultivares mais conhecidas são Ganesh, Mridula e Bhagwa. Já para o Irão foram listadas 760 genótipos (Holland et al., 2009). Esses autores referem que para esse mesmo país as cultivares comerciais mais importante são Malas-e-Saveh, Rabab-e-Neyriz, Malas-e-Yazdi, Sishe Kape-Ferdos e Naderi-e-Budrood.

Nos Estados Unidos o número de cultivares são limitadas e, devido à colonização, estas foram importadas da europa. A cultivar mais popular é Wonderful, seguida de Early Foothill, Ruby Red, Balegal, Cloud, Fleshman e Crab (Holland et al., 2009).

Na turquia há poucos dados sobre as cultivares. No entanto, das mais conhecidas Holland et al. (2009) referem Cekirdksiz, Ernar, Fellahyemez, Hatay, Hicaznar, Izmir 1, Izmir 1264, Izmir 1265, Janarnar, Katrbas e Lefan.

A China apresenta uma enorme variabilidade genética de romãzeira que expressam diversas características morfológicas. Holland et al. (2009) referem que das 30 cultivares estudadas por (Feng et al., 1998) apenas quatro apresentaram características comercialmente desejáveis, são elas Dabaitian, Heyinruanzi, Tongpi, e Bopi.

Melgarejo (2010) reconhece que em Espanha ocorrem dois grupos de variedades de interesse comercial, designadas de Valencianas e Mollares. O grupo Mollar é considerado como o mais importante, pois apresenta variedades com boa qualidade dos frutos e produtividade. As

valencianas apresentam uma menor qualidade e frutos mais pequenos, mas estão associadas a uma colheita precoce o que lhe confere vantagem comercial.

Kahramanoglu et al. (2016) referem que a variedade mais popular a nível mundial é a Wonderful, seguida de Mollar de Elche, Hicaznar e Bhagwa. A Wonderful surgiu na Florida, mas foi propagada e cultivada na Califórnia de acordo com Morton (1987).

Melgarejo (2010) afirma também que a Wonderful é uma das variedades mais cultivada em todo o mundo, sendo cultivada principalmente nos Estados Unidos, Grécia, Israel e Chile. Apresenta como características sementes azedas a agrídoces, a depender da estação da safra, sendo que seu uso é destinado para a indústria, além de apresentar uma produtividade de média a baixa, por volta de 18000 t ha<sup>-1</sup>.

A cultivar Wonderful é amplamente cultivada em todos os continentes. Acontece também que em alguns países se cultivam romãzeiras sob uma designação diferente, mas que apresentam o mesmo genótipo que essa cultivar. A dispersão da cultura causou um processo de seleção genética com base nas preferências dos consumidores locais. Holland et al. (2009) afirmam que na Índia a maior parte dos consumidores prefere frutas não ácidas, sendo selecionadas as cultivares que apresentam essa característica. Já em Israel as pessoas descendentes de países da Europa Ocidental preferem as cultivares que tenha como características sabores agrídoces, enquanto os descendentes de países do Oriente Médio preferem cultivares não ácidas e com sementes macias.

A problemática das sementes duras, do rachado e da acidez dos frutos está sendo superada com o uso de novas variedades, que apresentam melhores características. Melgarejo (2010) refere que uns dos principais problemas em Espanha é conseguir uma boa produtividade, uma vez que no país a produção por hectare não ultrapassa as 11 toneladas. Outra questão levantada pelo autor é a seleção de novas cultivares, pois para isso não é necessário apenas levar em consideração as qualidades organolépticas e agradabilidade ao consumo em natura, mas também sua aptidão a industrialização, sendo que características nutricionais e medicinais adequadas devem ser também levadas em conta.

Para as condições edafoclimáticas de Portugal algumas variedades adequadas são Wonderful, Smith, Acco, Mollar de Elche, Bigful, Kingdom, Shani, EMEK, Mollar Vermelha e Mollar Valenciana, conforme Regato, 2012 e Guisado, 2018. De seguida referem-se algumas das características mais importantes de cultivares com interesse a serem cultivadas em Portugal.

Wonderful, é de origem americana. A fruta é oblata, com um calibre muito grande, casca de média espessura e cor vermelho-púrpura, possuindo sementes meio duras com cor avermelhada. A planta se destaca por ser vigorosa e produtiva, a colheita é tardia ocorrendo entre outubro e novembro (Holland et al., 2009).

Acco, é uma cultivar israelense. Apresenta pele vermelha escura e polpa rosada. As sementes são mais macias que na Wonderful. Requer um tempo de cerca de 130 a 150 dias da maturação à floração e a colheita ocorre de setembro a outubro. A produtividade é de 15 a 25 t ha<sup>-1</sup> (Kahramanoglu et al., 2016)

Molar de Elche, é uma cultivar espanhola muito conhecida. Têm um sabor muito doce, as sementes são macias e a casca apresenta uma coloração vermelha. A produtividade é em torno de 20 a 25 t ha<sup>-1</sup> e sua colheita é tardia ocorrendo de outubro a novembro (Kahramanoglu et al., 2016).

## 6 PROPAGAÇÃO

A reprodução da romãzeira pode ser por várias vias, como a sementeira, estaquia, alporquia e enxertia. O primeiro método não é muito utilizado, pois há variabilidade genética na progênie, somente é utilizado para a produção de porta-enxertos quando necessário, sendo porém pouco comum (Holland et al., 2009). O segundo é muito utilizado para a propagação e formação dos pomares, pois conserva as características da variedade. Os dois últimos métodos são poucos utilizados, além de que a enxertia não seja recomendada trazendo problemas para o pomar, pois o tronco da romãzeira não é duro o que pode causar a quebra da árvore quando está dando frutos (Glozer & Ferguson, 2008; Kahramanoglu et al., 2016).

A propagação por estaquia normalmente ocorre em ramos de pelo menos um ano de idade quando a madeira está madura (Kahramanoglu et al., 2016). A propagação com ramos jovens é utilizada embora não seja um método padrão (Glozer & Ferguson, 2008). Para esses autores, as estacas devem ter um tamanho de 10-20 cm com um diâmetro maior ou igual ao de um lápis.

Após a obtenção das estacas, estas seguem para o berçário onde ficam um período de tempo para se desenvolverem. Geralmente ficam prontas para o transplante em 6 meses (Kahramanoglu et al., 2016).

Stover & Mercure (2007) mostraram que a propagação vegetativa através da estaquia exige uma umidade adequada para o estabelecimento. Os autores referem que na Califórnia, do fim do inverno ao início da primavera é a época preferível pois há abundante umidade.

As romãzeiras são plantas que se ramificam muito, podendo ser conduzidas em vários troncos ou tronco único. A desvantagem da condução em vários troncos é a dificuldade com as praticas agrícolas, como pulverização, poda, colheita e mecanização (Holland et al., 2009).

Em Israel, nos pomares modernos, adota-se a condução em tronco único até 30 centímetros de altura, sendo então a planta dividida em três a quatros ramos principais e conduzida a uma altura de 3,5-4 metros. Na Califórnia se adota também a condução em tronco único realizando várias podas nos primeiros anos com o objetivo de fortalecer o tronco e ramos principais evitando que se partam (Holland et al., 2009).

## **7 CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS**

### **7.1 SOLO**

A romãzeira se desenvolve bem em solos das mais variadas características. Porém se adapta melhor a solos de características argilosas e profundos, bem providos de matéria orgânica e com pH em torno da neutralidade, embora tolere solos com pH alcalino. Normalmente destinam-se para a cultura áreas submarginais, como terras rochosas e cascalhentas (Chandra & Babu, 2010; Jain & Desai, 2018). A romãzeira é considerada uma planta tolerante a sais, mas o acúmulo acima de 0,5% é prejudicial (Ashton et al., 2006). Apesar da romãzeira tolerar períodos curtos de água parada, a drenagem constitui um fator importante para a produção dos frutos, de acordo com (Westerfield, 2006).

### **7.2 CLIMA**

Os climas mediterrânicos, com períodos de inverno frescos e verões quentes, são adequados para a romãzeira. Porém pode ser cultivada em climas tropicais, suportando temperaturas máximas de 45°C até temperaturas mínimas de -13°C (Westerfield, 2006; Ashton et al, 2006; Jain&Desai, 2018).

A romãzeira é uma cultura tolerante ao calor e a seca (Associação dos Jovens agricultores de Portugal, 2018). Segundo os autores é necessário um mínimo de 120 dias a temperaturas acima de 30 °C para que haja um bom desenvolvimento ao longo do período de produção. Jain & Desai (2018) afirmam que a temperatura ideal para a cultura é de 38 °C. Para condições temperadas há o problema da maturação não se completar em regiões com estação de crescimento curta. Associação dos Jovens agricultores de Portugal (2018), referem ainda que, embora a cultura seja resistente a amplitude térmica, essa característica depende da cultivar.

A cultura requer uma precipitação de 500-700 mm ano<sup>-1</sup> para que possa desenvolver uma produção adequada e de qualidade. Porém pode ser encontrada em regiões secas onde a precipitação fica em torno de 200 mm ano<sup>-1</sup> (Associação dos Jovens agricultores de Portugal, 2018). Essa precipitação é quase sempre irregular nos climas mediterrânicos, por isso muitas das vezes para atingir a produção adequada é necessário suplementar água via rega.

### 7.3 REGA

Embora a romãzeira seja resistente à seca e se adapte muito bem em condições áridas e semiáridas (Bhantana & Lazarovitch, 2010; Khattab et al., 2011), o uso da rega aumenta a produção e tem efeitos positivos no diâmetro do caule e crescimento da planta (Holland et al., 2009). Segundo Khattab et al. (2011) a rega por gotejamento economizou até 50 a 66% de água comparado com o sistema de rega por inundação, além de obter um aumento de rendimento de 30-40% comparado ao mesmo sistema de rega por inundação.

De acordo com Holland et al. (2009), Estados Unidos, Índia e Israel utilizam métodos de irrigação por gotejamento. No entanto, alguns agricultores preferem a aspersão. em Israel a irrigação por gotejamento começa no final de abril e fica durante todo o verão obtendo-se produções na faixa de 25- 45 t ha<sup>-1</sup>. Os autores ainda afirmam que a quantidade total de água utilizada para toda a estação fica em torno de 5.000 a 6.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para a irrigação da cultura em Israel.

Khattab et al. (2011) mostraram que a produtividade da romãzeira (número de frutos por árvore) sob diferentes níveis de irrigação, 4.400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a 5.200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ou 6.000m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> durante duas estações de crescimento, aumentou de 14,70 para 21,23 % e de 19,42 para 24,58% respectivamente nos dois anos. Por outro lado, quando se reduziram as taxas de irrigação para 9 e 7 m<sup>3</sup> árvore<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> ocorreu uma redução de mais de 20% no número de frutos por árvore.

## 8 FERTILIDADE DO SOLO

Carbono, oxigênio e hidrogênio fazem parte da lista dos 17 elementos considerados essenciais para o desenvolvimento vegetal. De entre os restantes, nitrogênio, fósforo e potássio constituem o grupo de macronutrientes principais, sendo os mais utilizados na fertilização das culturas. As diferentes culturas agrícolas necessitam destes nutrientes em quantidade diferente, sendo que para uma cultura é necessário desenvolver experimentos com o objetivo de mostrar a quantidade adequada de cada nutriente para otimizar a produção da cultura.

O nitrogênio é um dos elementos químicos que as plantas necessitam em maior quantidade, sendo um importante limitador do crescimento quando está em falta no solo. Esse nutriente é constituinte de diversas estruturas orgânicas da planta tais como ácidos nucleicos, proteínas, membranas celulares e hormônios, sendo que sua falta causa clorose das folhas mais velhas, redução e interrupção do crescimento e, no limite, até morte da planta (Faquin, 2005).

O nitrogênio desempenha um papel muito importante na produção das culturas sendo absorvido nas formas inorgânicas amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (Faquin, 2005). Os fertilizantes nitrogenados (minerais e orgânicos) são responsáveis por repor essas formas na solução do solo. Marathe et al. (2017) analisando a resposta da suplementação de nutrientes por meio de produtos orgânicos no crescimento, rendimento e qualidade da romã, observaram que houve um aumento de 25,5 e 22,3%, no rendimento de frutos com os tratamentos estrume de aves e estrume de pátio de fazenda sobre os fertilizantes inorgânicos. Porém isso é explicado devido à quantidade do adubo orgânico fornecido de 20 kg para cada árvore e a quantidade de nitrogênio nele contido de 25,5 g  $\text{kg}^{-1}$ .

Davarpanah et al. (2017) avaliando o efeito de fertilizantes foliares na romã notaram que nos tratamentos que empregaram 2,7 g N  $\text{árvore}^{-1}$  de um nano fertilizante quelatado e 24,4 g N  $\text{árvore}^{-1}$  de ureia obtiveram aumento no número de frutas por planta. Nesse tratamento obtiveram em duas estações 17,8 e 21,9 kg de frutos por árvore e um o número de frutos por árvore de 62,8 e 70,1 comparado ao controle (12,4 e 16,2 kg de frutos por árvore e 45,5 e 55,3 frutos por árvore) em que não houve aplicação de fertilizante nitrogenado.

Hasani et al. (2016) observaram que a aplicação de ureia ao solo resultou em maior eficácia na produtividade e parâmetros de qualidade dos frutos da romã do que a aplicação foliar de ureia. No estudo foram aplicadas doses de 100, 200, 300 e 400 gramas de azoto por árvore e as duas últimas doses tiveram aumentos na produção de frutos e nos pesos médios dos frutos entre outras variáveis estudadas em comparação ao controle que não foi fertilizado com nitrogênio.

As doses crescentes do fertilizante nitrogenado aumentaram o teor de nitrogênio nas folhas o que se refletiu na produção crescente de frutos por árvore. Dolinski et al. (2005) observaram aumento significativo no número de frutos de pêssegos quando utilizada a dose de 160 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo 31% superior à menor dose utilizada que foi de 40 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

O potássio é um cátion que, diferentemente do nitrogênio e do ânion fósforo, não é constituinte de moléculas orgânicas. Contudo, apresenta funções vitais nas plantas como o transporte e o armazenamento de foto assimilados e a manutenção de água nos tecidos. Vários sistemas enzimáticos são ativados pelo potássio e sua carência provoca o mau funcionamento de diversos processos fisiológicos (Faquin, 2005).

Tanari et al. (2019) avaliando o efeito da fertirrigação com nutrientes primários sobre a produtividade e a qualidade de frutos de romã, usando como um dos tratamentos as doses de NPK recomendadas pela University of Horticultural Sciences Bagalkot, sendo essa recomendação os valores de 400, 200 e 200 g N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O planta<sup>-1</sup> ou 200, 100 e 100 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, verificaram que onde se aplicou 75% dos nutrientes via fertirrigação foi obtido o maior número de frutos.

O fósforo pode estar presente no solo em quantidades elevadas. Contudo, normalmente apenas uma fração desse fósforo está disponível para as plantas (Barber, 1988). Por isso se faz necessária a fertilização fosfatada para o desenvolvimento das culturas, levando em consideração que a maioria dos solos são pobres em fósforo e que o elemento desempenha funções imprescindíveis para o desenvolvimento vegetal tais como desenvolvimento de biomassa, frutificação, regulação da maturação, viabilidade das sementes entre outras funções a nível celular (Malavolta, 1987).

A literatura sobre a necessidade de fertilizantes da cultura da romãzeira é muito limitada. De acordo com Holland et al. (2009) e Martínez & Hernández (2010), dos poucos trabalhos envolvendo a nutrição da cultura surgem de países como a Índia, Turquia e Irã. Em Israel todos os pomares comerciais de romãzeira são irrigados, com isso a prática da fertirrigação é adotada. O uso de nitrogênio e potássio fica em torno de 200 a 300 kg ano<sup>-1</sup>. No entanto, não há dados precisos a esse respeito como a dosagem econômica ótima por exemplo (Blumenfeld et al., 2000)

Holland et al. (2009) referem que no sistema de fertirrigação em pomares de Israel, o nitrogênio é administrado no crescimento e em todo o período de safra até duas semanas antes da colheita. O potássio segue o mesmo exemplo do nitrogênio sendo utilizado em todo o período de

irrigação. Já o fósforo é aplicado na forma de ácido fosfórico e administrado em duas épocas diferente ao longo do ciclo, a primeira no início e a segunda no final.

Jain & Desai (2018) mostram que a recomendação das doses de nitrogênio, fósforo e potássio para a Índia variam conforme a idade da planta, sendo que para plantas acima de cinco anos de idade a recomendação é de 625, 250 e 250 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente. Para plantas entre três e cinco anos a recomendação é de 500, 125 e 250 g planta<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Estes dados estão de acordo com os propostos por Chandra et al. (2011) no manual de desenvolvimento da cultura. Estes autores mostram ainda os teores foliares referência de NPK para a cultura da romãzeira, que são conforme a tabela 2.

**Tabela 2.** Teores foliares de referência para a cultura da romãzeira (Chandra et al., 2011)

Nutriente	Deficiente	Baixo	Ótimo	Alto	Excesso
	<b>g kg<sup>-1</sup></b>				
<b>N</b>	< 5.4	5.4 – 9.0	9.1 – 16.6	16.7 – 20.4	>20.4
<b>P</b>	<0.9	0.9 – 1.1	1.2 – 1.8	1.9 – 2.1	>2.1
<b>K</b>	<2.0	2.0 – 6.0	6.1 – 15.9	16.0 – 22.6	>22.6

Martinez & Hernandez (2010) consideram que o excesso de irrigação e a fertilização nitrogenada durante a primavera causam um desequilíbrio fisiológico, favorecendo o processo vegetativo em detrimento a floração, além de demorar a época de maturação. Estes fatores também afetam negativamente a cor e o tamanho dos frutos. Ao aumentarem o crescimento vegetativo podem também desfavorece a produção do ano seguinte, sobretudo quando o nitrogênio é administrado de forma tardia (Bartual et al., s/d; Westerfield, 2006). Estes autores consideram que irrigação e nitrogênio em excesso aumentam o rachado dos frutos, o que pode ser compensado pela administração de potássio que tem efeito contrário devido à influência desse elemento na abertura e fechamento estomático que acaba por dar uma maior flexibilidade a casca do fruto.

## 9 MATERIAIS E MÉTODOS

### 9.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido durante três anos consecutivos (2018 -2020) na Quinta do Prado, em Lodões, no município de Vila Flor, pertencente ao distrito de Bragança, nordeste de Portugal (41°19'08.3"N 7°04'53.5"W). De acordo com Köppen-Geiger, a classificação do clima da região é Csb (clima temperado com verão seco). Este município faz parte da Terra Quente Transmontana, em que a variação da temperatura divide em duas zonas diferentes. Zona de planalto, em que as temperaturas médias anuais são inferiores a 15° C e zonas de encosta, junto aos vales do Rio Tua e da Ribeira da Vilariça, em que as temperaturas médias anuais são superiores a 15° C. Devido o município estar localizado na terra quente ele apresenta verões muito quentes e com um elevado déficit hídrico. A precipitação média anual de 1961 a 1990 ficou abaixo do 700 mm, sendo que no mês de fevereiro, o mês de maior precipitação, se registraram 64,3 mm e no mês de agosto os valores mais baixos com 9,5 mm (Plano municipal defesa da floresta contra incêndios, 2007).

O solo do local do experimento foi classificado como Leptossolo eutrício e apresenta textura franca. Mais propriedades do solo são apresentadas na secção de resultados, uma vez que foi também avaliado o efeito dos tratamentos nas propriedades do solo. A cultivar instalada no local do ensaio foi a Wonderful. As árvores tinham 3 anos de idade no início do experimento. Foram instaladas num compasso de 1,5 m na linha e de 5 m na entrelinha. O pomar foi conduzido para formar pequenas árvores com porte menor que dois metros de altura total para facilitar as tarefas de poda e colheita. O sistema de formação e poda foi em vaso com quatro ramos principais. As plantas apresentavam um vigor adequado e boa homogeneidade. O pomar tem instalado um sistema de irrigação mediante gotejamento com emissores autocompensantes de 3,8 L/h em uma só tubería por linha. A gestão da rega foi feita por parte do agricultor com uma frequência de 3 vezes por semana. O total de água aplicada pela rega foi de 3.000 m<sup>3</sup>/ha, tendo a árvore um certo nível de stresse hídrico durante os dias de mais calor. Contudo a rega foi aplicada na mesma quantidade para todos os tratamentos. Os dois primeiros anos de instalação do pomar o solo foi lavrado entre as linhas. Posteriormente, se aplicou herbicida dentro das linhas e se deixou crescer a vegetação espontânea entre as linhas. Esta vegetação era cortada mediante destroçador na primavera (abril-junho) para evitar competição pela água entre as árvores e a vegetação espontânea.

## 9.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O experimento foi conduzido sob um delineamento completamente causalizado com três repetições, compostas por grupos de três árvores. Os tratamentos foram cinco, incluindo a testemunha sem adubação, uma com adubação NPK em que foram aplicados 75 kg N ha<sup>-1</sup>, 100 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, 25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, e mais três tratamentos em que se retirou cada um dos macronutrientes, tal como mostra a tabela 3.

**Tabela 3.** Tratamentos fertilizantes com as doses de macronutrientes aplicadas.

Tratamentos	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
		kg ha <sup>-1</sup>	
T	0	0	0
NP	75	25	0
NK	75	0	100
PK	0	25	100
NPK	75	25	100

## 9.3 DETERMINAÇÕES DE CAMPO

### 9.3.1 Amostragem de folhas

No mês de julho de cada ano (2018 e 2020) coletaram-se amostras de folhas em cada tratamento e repetição, sendo colocadas em sacos plásticos devidamente identificados. Após a coleta as folhas foram levadas ao laboratório, onde foram secas em estufa de ventilação forçada regulada a 70 °C até peso constante. Após secas, foram moídas em moinho com malha de 1 mm. Posteriormente procedeu-se à determinação da sua composição elementar.

### 9.3.2 Amostragem de solo

Para cada tratamento e repetição, coletaram-se amostras de solo, com ajuda de um trado Holandês, junto à projeção da copa na linha de irrigação com profundidade na faixa de 0-20 cm. As amostras recolhidas foram colocadas em sacos plásticos propriamente identificados e foram secas numa estufa de ventilação forçada reguladas a 40 °C, até peso constante. Posteriormente foram crivadas com auxílio de um crivo de malha de 2 mm, sendo as determinações analíticas efetuadas subsequentemente.

### **9.3.3 Produção de frutos**

Para cada tratamento e repetição (3 árvores) foram contados os frutos com diâmetro comercial, sendo descartados frutos com tamanhos inferiores. Posteriormente definiu-se o tamanho médio dos frutos e mediu-se o peso desses frutos com ajuda de uma balança eletrônica. Esses dados foram registrados em caderno de campo para a posterior elaboração de planilha eletrônica. Para a produção multiplicou-se o número de frutos pelo peso médio dos frutos.

## **9.4 ANÁLISE SOLO**

### **9.4.1 Determinação de pH**

A determinação do pH se deu através de dois métodos, com uma suspensão de solo e água e outra e 1 M de KCl na relação 1:2,5. Após duas horas de contato entre o solo e as soluções, sendo eventualmente agitada, realizou-se a leitura em um potenciômetro (Van Reeuwijk, 2002).

### **9.4.2 Determinação da matéria orgânica**

A matéria orgânica foi determinada pelo método Walkley Black, que consiste em um processo de digestão úmida da matéria orgânica da amostra de solo em uma mistura de dicromato de potássio e ácido sulfúrico durante um período de 30 minutos (Van Reeuwijk, 2002).

### **9.4.3 Determinação de fósforo e potássio**

A determinação do fósforo e potássio ocorreu através do método Egner-Riehm, em que suas formas solúveis são extraídas por uma combinação de lactato de amônio e ácido acético, tamponado a pH 3,7 (Balbino, 1968). O fosfato extraído foi determinado colorimetricamente pelo método que promove a formação de um complexo azul de molibdato de amônio, usando ácido ascórbico como agente redutor, num espectrômetro T80+UV/VIS. O potássio foi determinado por fotometria de chama num equipamento fotômetro de chama PFP7, Jenway.

### **9.4.4 Determinação das bases trocáveis**

Para esta determinação foi percolada uma amostra de solo junto a uma solução de acetato de amônio tamponizada em pH 7,0 e, após 30 minutos de contato e agitação, os cátions Ca e Mg foram medidos por espectrofotometria de absorção atômica, enquanto K e Na são medidos por espectrofotometria de emissão de chama (Van Reeuwijk, 2002), em um equipamento UNICAM PU 9100X.

#### **9.4.5 Determinação do boro**

A determinação do boro foi efetuada pelo método com água fervente. Numa alíquota de extrato foi adicionada uma solução com um agente complexante a azometina-H que desenvolve uma cor. Essa cor é desenvolvida em função da concentração de boro e depois é determinada num espectrofotômetro UV/VIS a 430 nm (Jones, 2001).

#### **9.4.6 Determinação de micronutrientes metálicos**

A determinação de ferro, manganês, cobre e zinco ocorreu através de extração com uma solução de acetato de amônio, ácido acético, ácido etilenodiaminotetracético e medidos por espectrometria de absorção atômica (Van Reeuwijk, 2002).

### **9.5 ANÁLISE DOS TECIDOS VEGETAIS**

#### **9.5.1 Determinação do nitrogênio**

A determinação do nitrogênio foi feita pelo procedimento Kjeldahl, o qual consiste na digestão da amostra convertendo o nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ). Para tal transferiu-se 1 g de cada amostra para tubos de digestão e adicionaram-se 15 ml de ácido sulfúrico concentrado e duas pastilhas de um catalisador de selênio. Logo depois, as amostras foram posicionadas em um bloco em alumínio para ocorrer a digestão, a uma temperatura de 400 °C por 70 minutos. Após a digestão e um período de arrefecimento, os tubos foram encaminhados para o equipamento Kjeltac TM 8400 Autoanalyser FOSS. Após a adição de hidróxido de sódio ao tubo com a amostra digerida, o íon  $\text{NH}_4^+$  foi determinado após a destilação do digerido, por titulação com ácido clorídrico numa solução recetora de ácido bórico (Bremner, 1996).

#### **9.5.2 Determinação de macro e micronutrientes**

Para a determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco e manganês nos tecidos procedeu-se à digestão de uma amostra de 0,25 g de matéria seca com 10 ml de ácido nítrico em um digestor por micro-ondas MARS, CEM corporation. O fósforo foi determinado pelo método azul de molibdato e ácido ascórbico como agente redutor no aparelho espectrofotômetro GENESYS no comprimento de onda de 882 nm. O potássio foi determinado por espectrofotometria de emissão de chama, num equipamento UNICAM PU 9100X. Os restantes nutrientes foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (Temminghoff et al., 2004).

### **9.5.3 Determinação do boro**

A determinação do boro se deu através de um procedimento calorimétrico. Primeiramente pesou-se 1 g de amostra para cadinhos de porcelana, onde se adicionou 0,10 g de óxido de cálcio que foi misturado na amostra até a obtenção de uma mistura homogênea. Em seguida, realizou-se a queima da amostra em mufla a temperatura de 500 °C durante 90 minutos. Após a queima, adicionou-se ácido sulfúrico 0,5 M e depois de 30 minutos realizou-se a filtração das amostras. Depois de filtradas, foi adicionada azometina-H, e realizaram-se as leituras de absorvância das amostras em espectrofotômetro com comprimento de onda de 420 nm (Walinga et al., 1989; Jones, 2001).

## **9.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os dados foram tabulados e posteriormente submetidos à análise de variância (Anova) pelo teste F. Quando ocorreram diferenças significativas entre tratamentos efetuou-se a comparação múltipla de médias utilizando o teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro. As análises foram feitas no programa Excel, bem como as tabelas e os gráficos.

## 10 RESULTADOS

### 10.1 AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO

Os tratamentos que receberam fertilização com nitrogênio e potássio registaram valores médios de produção de 3,40 kg por planta, sendo os valores significativamente superiores ao do tratamento testemunha e aos do tratamento com fertilização de fósforo e potássio (Tabela 4). As diferenças para os tratamentos com fertilização de nitrogênio e fósforo e com os três elementos juntos não foram significativas. Para o número de frutos por árvore não houve diferenças significativas entre tratamentos, porém os valores médios mais elevados foram registados nos tratamentos NK e NPK. Relativamente ao peso individual dos frutos também não ocorreram diferenças significativas entre tratamentos, tendo o valor mais elevado sido registado no tratamento NP (186,7 g) e o mais baixo no tratamento testemunha (143,3 g).

**Tabela 4.** Avaliação do número de frutos, peso médio dos frutos e produção de frutos referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

Variáveis	Tratamentos				
	T	NP	NK	PK	NPK
Nº frutos por árvore	14,4±3,56 a	16,1±2,69 a	18,6±2,67 a	14,0±3,48 a	18,1±2,22 a
Peso dos frutos (g)	143,3±37,86 a	186,7±25,17 a	183,3±20,82 a	156,7±50,33 a	183,3±15,28 a
Produção (kg planta <sup>-1</sup> )	1,98±0,2 b	2,96±0,1 a	3,40±0,6 a	2,08±0,3 b	3,30±0,3 a

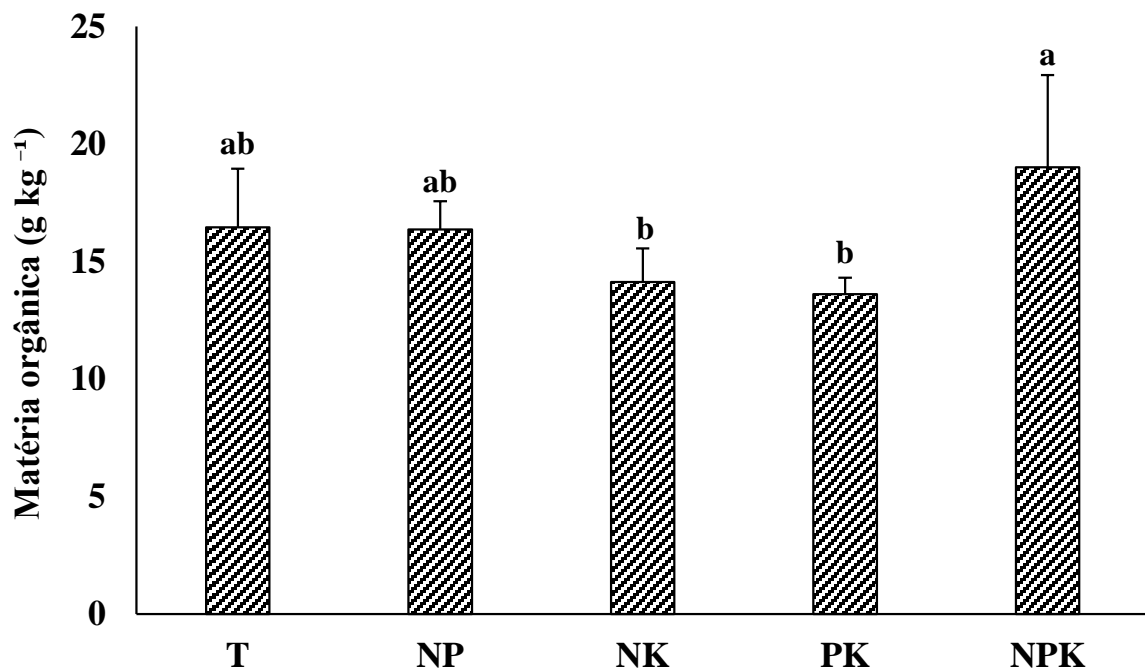
### 10.2 AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO

A reação do solo não sofreu alteração significativa com os tratamentos fertilizantes, quer quando o pH foi determinado em água quer em KCl (Tabela 5). Os valores médios do pH determinado em água variaram entre 7,63 (tratamento NP) e 8,16 (tratamento PK). Os valores médios do pH determinado em KCl variaram entre 7,13 (testemunha) e 7,58 (tratamento PK).

**Tabela 5.** Valores de pH do solo para cada tratamento no ano de 2020 a profundidade de 0-20 cm referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK adubação com ausência de potássio; NK adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Letras iguais indicam não haver diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

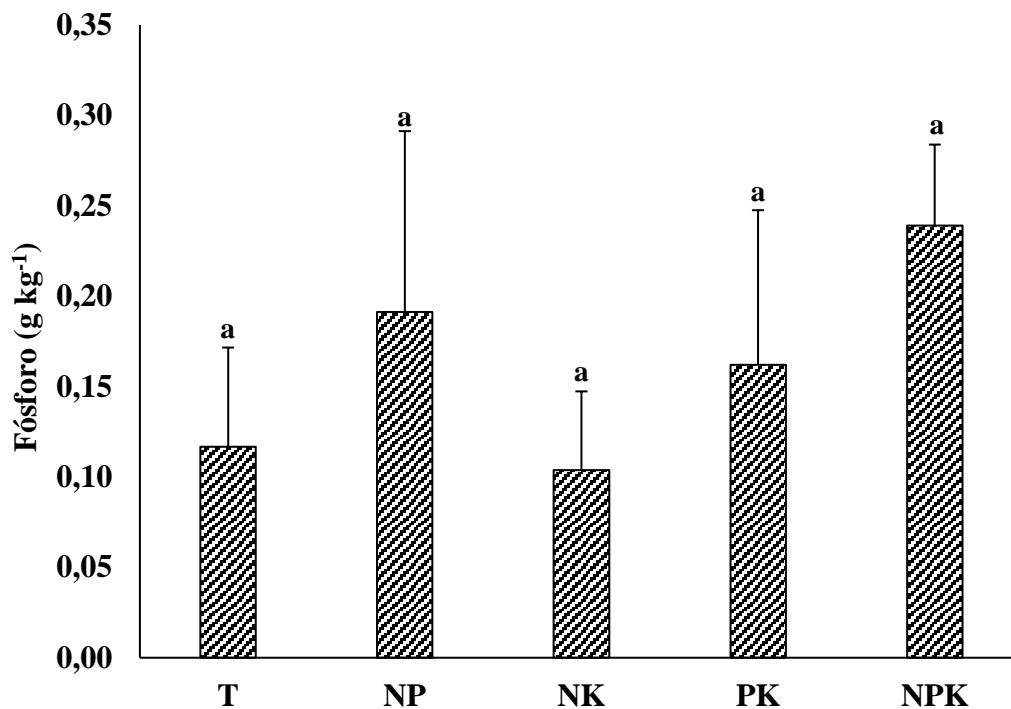
Variáveis	Tratamentos				
	T	NP	NK	PK	NPK
pH H <sub>2</sub> O	7,89±0,43 a	7,62±0,16 a	8,09±0,10 a	8,16±0,12 a	7,91±0,07 a
pH KCl	7,13±0,57 a	7,16±0,17 a	7,42±0,24 a	7,58±0,27 a	7,26±0,26 a

Os teores de matéria orgânica no solo variaram de forma significativa entre tratamentos (Figura 1). Os valores mais elevados foram registados no tratamento NPK (19,0 g kg<sup>-1</sup>). Os valores médios mais baixos foram registados no tratamento PK (16,6 g kg<sup>-1</sup>), embora sem diferenças significativas para os tratamentos NK, NP e T.



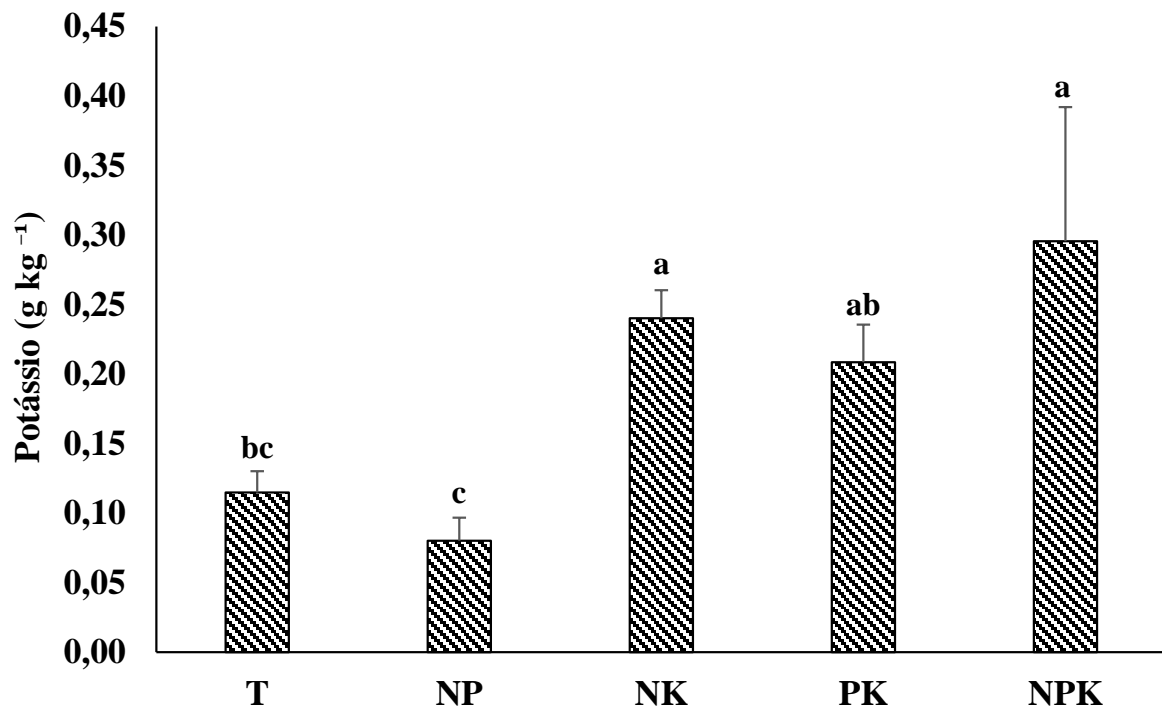
**Figura 1.** Teores de matéria orgânica no solo na profundidade de 0-20 cm referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

Os teores de fósforo no solo não variaram de forma significativa entre tratamentos (Figura 2). Os maiores valores médios foram observados no tratamento NPK, com  $0,24 \text{ g kg}^{-1}$ . Os valores médios mais baixos foram registrados no tratamento NK com  $0,10 \text{ g kg}^{-1}$ . Os resultados apresentam, contudo, grande variabilidade experimental, em que valores médios bastante diferentes não são estatisticamente diferentes.



**Figura 2.** Teores de fósforo no solo em amostras colhidas em agosto de 2020 na profundidade de 0-20 cm referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Letras iguais indicam não haver diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

O potássio no solo variou de forma significativa dentre os tratamentos (Figura 3). Os valores mais elevados foram registrados no tratamento NPK, com  $0,30 \text{ g kg}^{-1}$ . No entanto, esse tratamento não diferiu estatisticamente dos tratamentos NK e PK. Os valores médios mais baixos foram observados no tratamento NP, com  $0,08 \text{ g kg}^{-1}$ , porém esse tratamento não diferiu estatisticamente do tratamento T.



**Figura 3.** Teores de potássio no solo em amostras colhidas na profundidade de 0-20 cm referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

Os teores de magnésio no solo variaram de forma significativa entre tratamentos (Tabela 6). Os maiores valores foram registrados no tratamento NPK, com  $1,51 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , embora esse tratamento não tenha diferido dos tratamentos T, NP e PK. O menor valor médio foi verificado no tratamento NK, com  $1,06 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .

Os teores de cálcio no solo não diferiram significativamente entre os tratamentos (Tabela 6). O tratamento NP apresentou valor médio mais alto com  $7,25 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . O menor valor médio mais baixo foi registrado no tratamento NK, com  $6,39 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ .

Os teores de potássio no solo variaram de forma significativa dentre os tratamentos (Tabela 6). Os valores mais elevados foram registrados no tratamento NPK, com  $1,30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . No entanto, esse tratamento não diferiu estatisticamente dos tratamentos NK e PK. Os valores médios mais baixos foram observados no tratamento NP, com  $0,35 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , porém esse tratamento não diferiu estatisticamente do tratamento T.

Os teores de sódio no solo não diferiram significativamente entre os tratamentos (Tabela 6), embora se tenha registrado o maior valor médio no tratamento T ( $0,28 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e o menor valor no tratamento NK ( $0,18 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ).

Os valores da acidez de troca não variaram de forma significativa, porém o tratamento NP obteve a maior média,  $0,33 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , e os tratamentos PK e NPK obtiveram a menor média ambos com  $0,17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . A capacidade de troca catiônica efetiva não registrou diferença estatística significativa entre os tratamentos. O tratamento NPK obteve o valor mais elevado,  $10,39 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . Já o menor valor ( $8,85 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) foi registrado para o tratamento NK.

**Tabela 6.** Bases de troca, acidez de troca e capacidade de troca catiônica efetiva (CTCe) referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Nas linhas letras mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95%.

Variáveis	Tratamentos				
	T	NP	NK	PK	NPK
<b>Cálcio (<math>\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}</math>)</b>	7,16±0,77 a	7,25±1,98 a	6,39±2,26 a	6,59±1,66 a	7,20±1,55 a
<b>Magnésio (<math>\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}</math>)</b>	1,36±0,04 ab	1,21±0,05 ab	1,06±0,05 b	1,25±0,07 ab	1,51±0,26 a
<b>Potássio (<math>\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}</math>)</b>	0,48±0,07 bc	0,35±0,09 c	1,01±0,09 a	0,84±0,18 ab	1,30±0,32 a
<b>Sódio (<math>\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}</math>)</b>	0,28±0,10 a	0,20±0,02 a	0,18±0,03 a	0,22±0,03 a	0,21±0,02 a
<b>Acidez de troca (<math>\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}</math>)</b>	0,27±0,06 a	0,33±0,12 a	0,20±0,00 a	0,17±0,06 a	0,17±0,06 a
<b>CTCe (<math>\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}</math>)</b>	9,54±0,74 a	9,35±2,19 a	8,85±2,21 a	9,07±1,65 a	10,39±1,67 a

O teor de zinco no solo registrou diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 7). O valor mais elevado foi registrado no tratamento NPK, com  $2,51 \text{ mg kg}^{-1}$ , porém não diferiu significativamente do tratamento T. O menor valor médio foi registrado no tratamento PK, com  $1,20 \text{ mg kg}^{-1}$ . No entanto esse tratamento não diferiu estatisticamente dos tratamentos NP, NK e PK.

As concentrações de boro no solo não variaram significativamente entre tratamentos (Tabela 7). O valor mais elevado foi registrado no tratamento T, com  $1,08 \text{ mg kg}^{-1}$ . O menor valor foi observado no tratamento PK, com  $0,98 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Os teores de ferro no solo não variaram de forma significativa entre os tratamentos (Tabela 7). O tratamento que obteve a maior média foi o tratamento NPK, com  $90,40 \text{ mg kg}^{-1}$ . O menor valor médio foi registrado no tratamento T, com  $64,20 \text{ mg kg}^{-1}$ .

A quantidade de cobre no solo não obteve diferenças significativas nos tratamentos (Tabela 7). Os valores mais elevados foram registrados no tratamento NPK, com  $1,76 \text{ mg kg}^{-1}$ . O menor valor médio foi registrado no tratamento NP, com  $1,18 \text{ mg kg}^{-1}$ .

As concentrações de manganês no solo não variaram significativamente entre os tratamentos (Tabela 7). Os valores mais elevados foram observados no tratamento NPK, com  $86,53 \text{ mg kg}^{-1}$ . O menor valor médio foi observado no tratamento NK, com  $60,01 \text{ mg kg}^{-1}$ .

**Tabela 7.** Teores de micronutrientes no solo na profundidade de 0-20 cm referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Nas linhas, letras distintas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

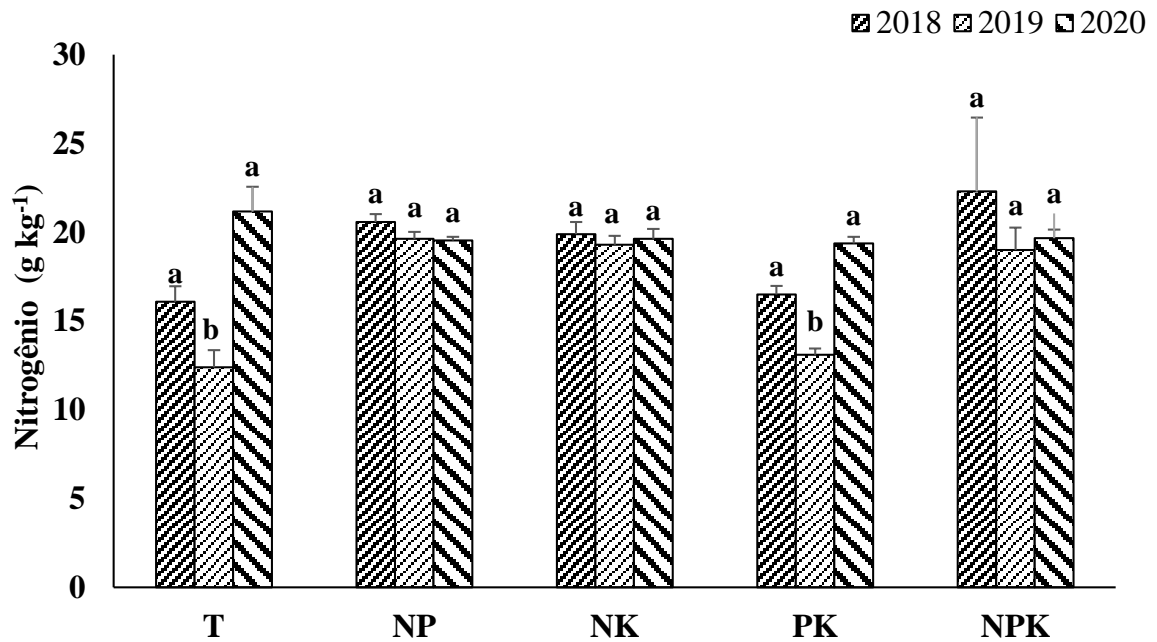
Variáveis	Tratamentos				
	T	NP	NK	PK	NPK
<b>Boro (<math>\text{mg kg}^{-1}</math>)</b>	1,08±0,02 a	1,20±0,22 a	0,98±0,06 a	0,92±0,06 a	1,07±0,18 a
<b>Ferro (<math>\text{mg kg}^{-1}</math>)</b>	64,20±18,38 a	73,13±10,51 a	72,38±3,80 a	68,66±15,01 a	90,40±4,78 a
<b>Zinco (<math>\text{mg kg}^{-1}</math>)</b>	1,74±0,59 ab	1,27±0,27 b	1,27±0,19 b	1,20±0,29 b	2,51±0,40 a
<b>Cobre (<math>\text{mg kg}^{-1}</math>)</b>	1,42±0,43 a	1,18±0,15 a	1,37±0,56 a	1,21±0,24 a	1,76±0,32 a
<b>Manganês (<math>\text{mg kg}^{-1}</math>)</b>	67,98±15,73 a	68,59±8,04 a	60,01±8,14 a	61,42±10,96 a	86,53±11,78 a

### 10.3 AVALIAÇÃO DOS TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS

No ano de 2018 as concentrações foliares de nitrogênio não variaram estatisticamente entre os tratamentos (Figura 4). Os valores mais elevados foram observados no tratamento NPK, com  $22,3 \text{ g kg}^{-1}$ . O menor valor médio foi registrado no tratamento testemunha, com  $16,61 \text{ g kg}^{-1}$ .

No ano de 2019 a concentração de nitrogênio foliar registrou diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 4). Os valores mais elevados foram observados no tratamento NP, com  $19,6 \text{ g kg}^{-1}$ , porém esse tratamento não diferiu de forma significativa dos tratamentos NK e NPK. O tratamento testemunha obteve a menor média, com  $12,4 \text{ g kg}^{-1}$  e este tratamento não diferiu significativamente do tratamento PK.

Em 2020 o teor de nitrogênio foliar não diferiu de forma significativa entre os tratamentos (Figura 4). O valor mais elevado foi registrado no tratamento T, com  $21,17 \text{ g kg}^{-1}$ . O tratamento PK obteve o menor valor médio com  $19,37 \text{ g kg}^{-1}$ .

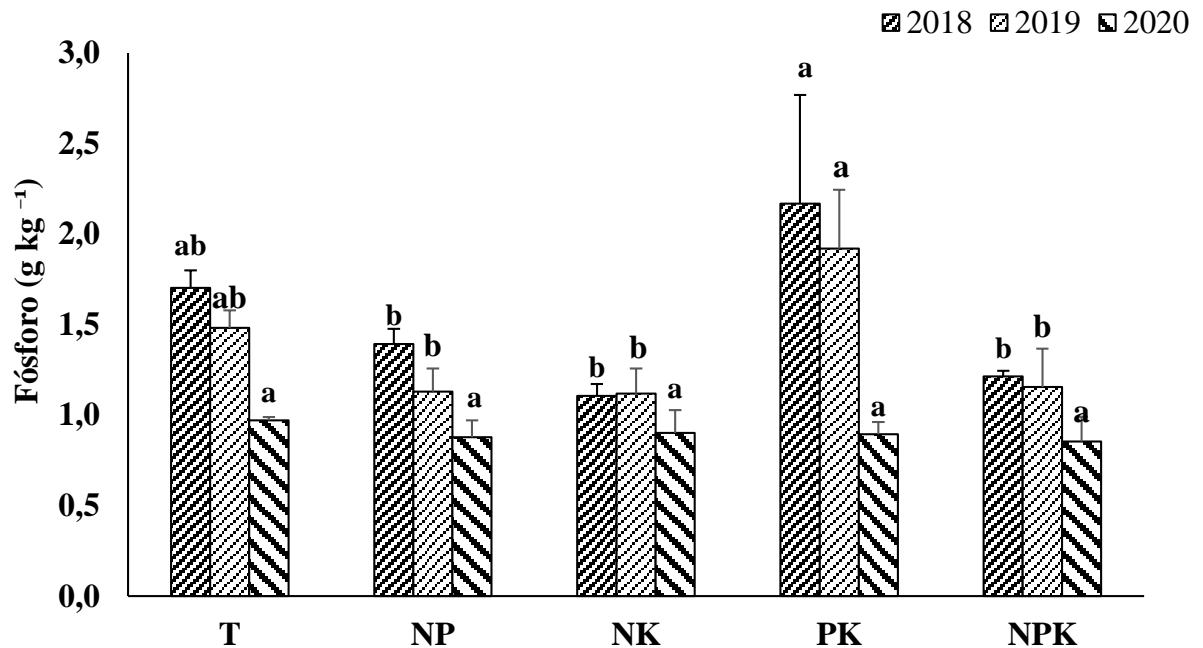


**Figura 4.** Concentração de nitrogênio nas folhas de romãzeira coletadas no verão de 2018, 2019 e 2020, referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

Em 2018 os teores foliares de fósforo apresentaram diferenças significativas entre tratamentos (figura 5). Os valores médios mais elevados foram registrados no tratamento PK, com  $2,17 \text{ g kg}^{-1}$ , embora o valor desse tratamento não tenha diferido de forma significativa do tratamento T. Os menores valores médios foram registrados no tratamento NK, com  $1,11 \text{ g kg}^{-1}$ , embora esse tratamento não registrou diferenças significativas dos tratamentos NP e NPK.

No ano de 2019 as concentrações de fósforo nas folhas variaram estatisticamente de forma significativa entre os tratamentos (Figura 5). O tratamento PK apresentou os valores médios mais elevados, correspondendo a  $1,92 \text{ g kg}^{-1}$ , apesar de que esse tratamento não diferiu do tratamento T. Os menores valores médios foram registrados no tratamento NK, com  $1,12 \text{ g kg}^{-1}$ , apesar de que os tratamentos NP e NPK não variaram estatisticamente desse tratamento.

Os teores foliares de fósforo no ano de 2020 não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 5). Os tratamentos apresentam valores médios muito próximos, apresentando para o tratamento NPK o menor valor de  $0,85 \text{ g kg}^{-1}$ , sendo o maior valor observado no tratamento T, com  $0,97 \text{ g kg}^{-1}$ .

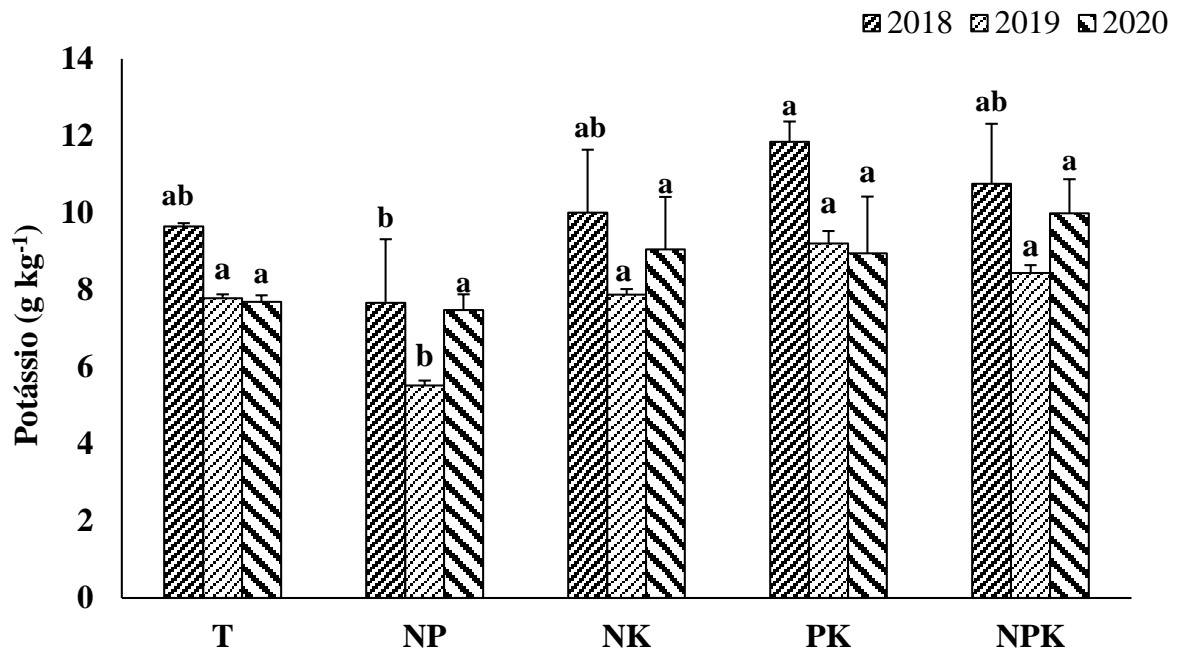


**Figura 5.** Concentração de fósforo nas folhas de romãzeira coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

A quantidade de potássio foliar em 2018 apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos (Figura 6). O tratamento PK apresentou os maiores valores médios correspondendo a  $11,65 \text{ g kg}^{-1}$ , embora só tenha diferido estatisticamente do tratamento NP, tendo este registrado o menor valor médio correspondente a  $7,66 \text{ g kg}^{-1}$ .

No ano de 2019 os teores foliares de potássio variaram de forma significativa para os tratamentos (Figura 6). Os maiores valores médios foram observados no tratamento PK, com  $9,20 \text{ g kg}^{-1}$ , embora sem diferenças significativas para os tratamentos NK, NPK e T. Os menores valores foram registrados no tratamento NP, com  $5,52 \text{ g kg}^{-1}$ .

Em 2020 a concentração de potássio foliar não mostrou diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 6). O tratamento NPK obteve os maiores valores médios, com  $9,99 \text{ g kg}^{-1}$ . Os menores valores médios foram registrados no tratamento NP, com  $7,47 \text{ g kg}^{-1}$ .

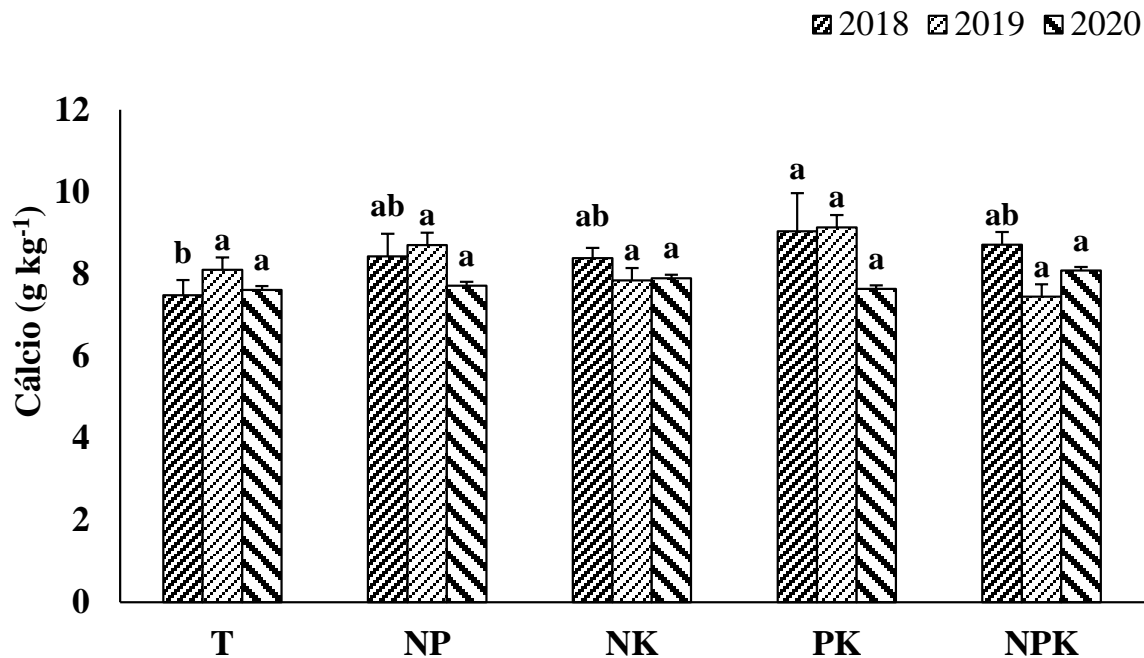


**Figura 6.** Concentração de potássio nas folhas de romãzeira coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, referentes aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

No ano de 2018 as concentrações foliares de cálcio mostraram diferenças significativa entre tratamentos (Figura 7). Os maiores valores foram observados no tratamento PK, com  $9,03 \text{ g kg}^{-1}$ . No entanto esse tratamento só diferiu de forma significativa do tratamento T, que obteve o menor valor de  $7,48 \text{ g kg}^{-1}$ .

Em 2019 as concentrações foliares de cálcio não mostraram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos (Figura 7). Os valores médios foram muito próximos entre os tratamentos embora o tratamento PK tenha obtido a maior média correspondente a  $9,13 \text{ g kg}^{-1}$ . Já o tratamento NPK obteve o menor valor médio com  $7,45 \text{ g kg}^{-1}$ .

O ano de 2020 os teores de cálcio nas folhas não variaram de forma significativa entre os tratamentos (Figura 7). O tratamento NPK obteve o maior valor médio, com  $8,08 \text{ g kg}^{-1}$ . O menor valor médio foi registrado no tratamento T, com  $7,61 \text{ g kg}^{-1}$ .

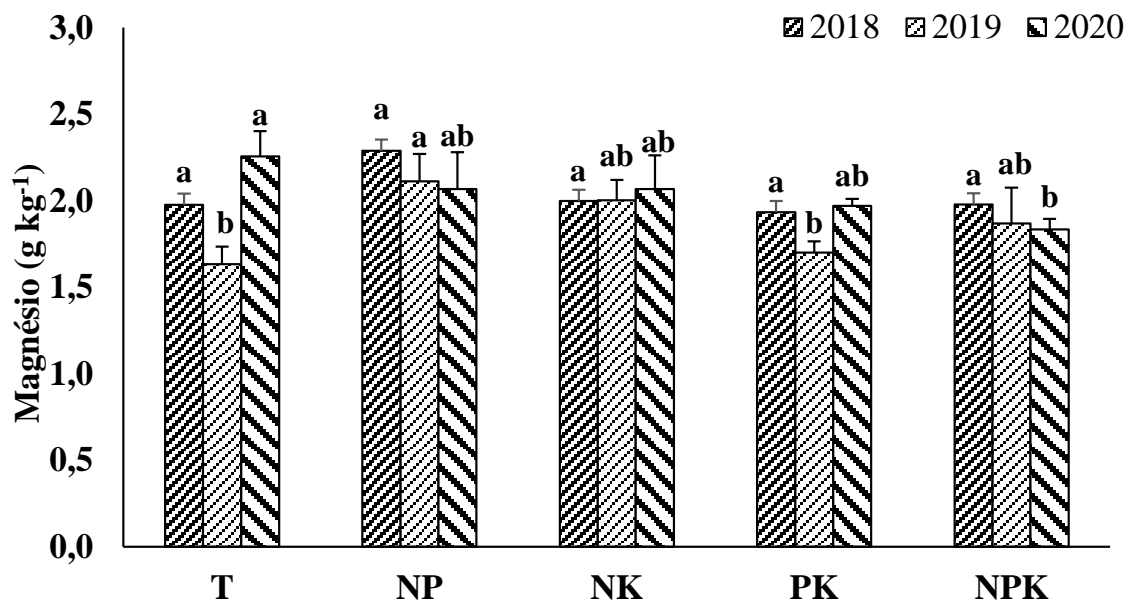


**Figura 7.** Concentração de cálcio nas folhas de romãzeira coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020, referentes aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

As concentrações foliares de magnésio no ano de 2018 não variaram de forma significativa entre os tratamentos (Figura 8). Os valores mais elevados foram observados no tratamento NP, com  $2,29 \text{ g kg}^{-1}$ . Os menores valores foram observados nos tratamentos PK, com  $1,93 \text{ g kg}^{-1}$ .

No ano de 2019 as concentrações foliares de magnésio obtiveram diferenças significativas dentre os tratamentos (Figura 8). Os valores mais elevados foram observados no tratamento NP, com  $2,11 \text{ g kg}^{-1}$ , embora os resultados não sejam significativamente diferentes entre os tratamentos NK e NPK. O menor valor médio foi registrado para o tratamento T, com  $1,63 \text{ g kg}^{-1}$ , porém sem diferença significativa entre o tratamento NK, PK e NPK.

Em 2020 as concentrações foliares de magnésio variaram de forma significativa entre os tratamentos (Figura 8). Os valores mais elevados foram registrados no tratamento T, com  $2,26 \text{ g kg}^{-1}$ , embora sem diferenças significativa para os tratamentos NP, NK e PK. O menor valor foi registrado para o tratamento NPK, com  $1,83 \text{ g kg}^{-1}$ .



**Figura 8.** Concentração de magnésio nas folhas de romãzeira coletadas nos anos de 2018, 2019 e 2020 referente aos tratamentos fertilizantes (T, testemunha sem adubação; NP, adubação com ausência de potássio; NK, adubação com ausência de fósforo; PK, adubação com ausência de nitrogênio; e NPK, adubação com os três macro elementos). Letras distintas sobre as colunas mostram diferenças estatísticas pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

## 11 DISCUSSÃO

Na tabela 4 é possível observar que para a produção de romã o tratamento que sobressaiu aos demais foi o que recebeu fertilização de nitrogênio e potássio, ainda que este não tenha diferido dos restantes tratamentos que também receberam nitrogênio. Também para a produção de frutos por árvore novamente o tratamento que recebeu a fertilização NK registrou a maior média, bem como os demais tratamentos que tiveram adubação nitrogenada embora sem diferenças significativas para os demais. Dhillon et al. (2011) observaram que doses crescentes de nitrogênio se refletiram em números crescentes de frutos por plantas até à maior dose fertilizante. Lazare et al. (2020) verificaram que os teores de nitrogênio na cultivar Wonderful afetou de forma significativa o índice de frutificação o que se refletiu em maiores números de frutos. Lima et al. (2016) mostram que a aplicação da adubação nitrogenada gerou incrementos na produção de até 151 % quando comparada ao tratamento sem a presença de nitrogênio. O potássio é também responsável pelo incremento na produção de frutos como pode ser observado por Dhillon et al. (2011), porém é sensível quanto à quantidade aplicada por árvore. Kashyap & Meena. (2012) observaram que o efeito do nitrogênio combinado com o potássio aumentou significativamente a produção de frutos por planta. Este trabalho corrobora a principal literatura sobre o tema que mostra o efeito positivo do nitrogênio e do potássio na produção de frutos por árvore.

A figura 3 mostra que os tratamentos que receberam as adubações potássicas expressaram os maiores teores de potássio no solo, sendo o tratamento que recebeu todos os macronutrientes que expressou o maior teor deste nutriente no solo. É sabido que o potássio está presente em grandes quantidades nas plantas, tendo papel importante no transporte e armazenamento de foto-assimilados e no equilíbrio hídrico da planta, com papel de destaque no fechamento e abertura estomática. Na romãzeira esse o potássio é responsável por aumento no tamanho do fruto e aumento no rendimento (Dhillon et al., 2011), mas também na melhoria na cor dos frutos e diminuição de frutos rachados (Chandra, 2011), bem como no aumento do teor em ácido ascórbico (Tanari et al., 2019). Com base na tabela 4 e na figura 3 é possível relacionar que onde houve adubação nitrogenada e potássica houve uma maior produção por planta, podendo isso ser atribuído ao papel destes nutrientes no aumento do número e tamanho dos frutos. A partir desses dados é possível afirmar que para uma melhor gestão da cultura é necessário proceder a uma boa fertilização com esses dois elementos.

Pela tabela 7 pode se verificar que o zinco no solo diferiu estatisticamente entre os tratamentos. O zinco está envolvido em reações químicas na planta que contribuem para sua nutrição e

desenvolvimento, além de ser considerado um elemento essencial (Hasani et al., 2012). Contudo na cultura da romãzeira, em estudos anteriores o zinco não apresenta efeitos significativos quanto a número de frutas por árvore e peso médio dos frutos ( Khorsandi, 2009; Hasani et al., 2012), não sendo provável que tenha tido também um efeito relevante nas árvores neste estudo.

O teor de nitrogênio foliar diferiu entre os tratamentos. O nitrogênio é responsável por favorecer o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, sendo que quando em baixas quantidades no solo se torna um fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das culturas (Cánovas et al., 2018). Doses de 500 g planta<sup>-1</sup> de nitrogênio e de potássio foram responsáveis por aumento no teor de vitamina C, peso de frutos e produção, em estudos conduzidos por Kashyap & Meena, (2012). As produções de frutos cresceram de forma linear com os níveis crescentes de nitrogênio até valores de 300 g planta<sup>-1</sup> Gill et al. (2013). Os níveis de nitrogênio foliar observados para o tratamento testemunha estão na faixa considerada ótima nos anos de 2018 e 2019, na faixa excessiva para 2020 de acordo com a classificação de níveis de suficiência de Chandra (2011). Para o tratamento que recebeu a fertilização com todos os elementos e que registrou o maior valor médio de nitrogênio foliar em 2018, o teor é considerado excessivo (superior a 20 g kg<sup>-1</sup>). Para os demais anos o valor encontra-se nas zonas de concentrações ótimas (Chandra, 2011). Os demais tratamentos ficaram na faixa ótima exceto para o primeiro ano do tratamento com fertilização nitrogenada que ficou na faixa excessiva (Chandra, 2011). Raghupathi & Bhargava (1998) analisaram folhas de romãzeira afim de desenvolver e aplicar o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS). Para isso eles analisaram amostras de folhas em que classificaram faixas para os pomares de alto rendimento, sendo que para pomares que obtiveram média de concentração de nitrogênio de 15,9 g kg<sup>-1</sup> foram classificados como de alto rendimento, os valores encontrado no presente estudo para o nitrogênio supera essa média ou seja é possível inferir que a classificação para o pomar seja de alto rendimento com base nesse sistema.

As concentrações foliares de fósforo obtiveram diferenças significativas entre tratamentos (figura 5). O fósforo é responsável por vastas funções nos organismos vegetais, incluindo a presença na molécula de DNA (ácido desoxirribonucleico). Dhillon et al. (2011) avaliando o efeito da fertilização nitrogenada, potássica e fosfatada observaram que o fósforo em baixas quantidades (20 g plantas<sup>-1</sup>) obteve melhor rendimento de frutos do que em altas quantidades (40 g plantas<sup>-1</sup>), tendo acontecido o mesmo com o tamanho dos frutos. Gill et al. (2013) observaram um resultado equivalente para o rendimento de frutos, em que o valor médio de

fósforo obteve melhor rendimento quanto comparado com o maior e menor valor. O maior teor de fósforo observado no ano de 2018 e 2019 foi no tratamento PK que ficou na faixa alta. Os demais tratamentos ficaram na faixa ótima para esses dois anos. Em 2020 todos os tratamentos ficaram com teores foliares baixos de acordo com a classificação de Chandra (2011), podendo isso ser explicado pela fixação do elemento no solo devido ao pH elevado.

A concentração de potássio nas folhas variou de forma significativa entre os tratamentos. O potássio é o segundo nutriente mais exigido pelas plantas ficando somente atrás do nitrogênio. Ele não é constituinte de moléculas estruturais nas plantas, está presente em grandes quantidades no floema e xilema tendo grande mobilidade na planta. É responsável por estabilizar o pH e pela regulação osmótica, além de atuar na ativação enzimática e na absorção de íons (Faquin, 2005). Doses crescentes de nitrogênio e potássio, até 500 g planta<sup>-1</sup>, apresentaram maior intensidade de floração, frutificação e produtividade, segundo Kashyap & Meena, (2012) e maior volume de copa e crescimento de raiz, de acordo com Dhillon et al. (2011). Altas doses de potássio foram responsáveis por aumento no peso e tamanho do fruto (Gill et al., 2013). Os teores mais altos registrados para o ano de 2018 foram no tratamento PK, sendo que, de acordo com Chandra (2011), esse teor fica na faixa ótima, tendo o mesmo ocorrido nesse ano com os demais tratamentos. Em 2019 o teor mais alto foi registrado para o tratamento PK, novamente sendo enquadrado na faixa ótima, e o menor valor se deu no tratamento NP, sendo classificado como teor baixo. Os demais tratamentos ficaram na faixa ótima (Chandra, 2011). Em 2020 o maior teor foi registrado no tratamento NPK, sendo classificado na faixa ótima assim como os demais tratamentos (Chandra, 2011).

Os teores de cálcio foliar apresentaram diferenças significativas entre tratamentos. No ano de 2018 os maiores teores médio de cálcio foram registrados no tratamento PK, sendo estes classificados como ótimos assim como os dos demais tratamentos, exceto os da testemunha que se enquadraram na faixa baixa (Chandra, 2011). Em 2019 os maiores teores médio de cálcio foram registrados para o tratamento PK, sendo classificados como ótimos, bem como os dos demais tratamentos (Chandra, 2011). Em 2020 o maior valor médio foi registrado para o tratamento NPK, sendo enquadrado na faixa ótima juntamente com os dos tratamentos NK e NP. Para os demais tratamentos os teores foliares foram classificados baixos. O cálcio tem como função principal nas plantas a estabilidade das membranas e paredes celulares e constituir a lamela média, além de atuar como inibidor enzimático no citosol das células (Kirkby & Ls, 1984). Baixos teores de cálcio podem resultar em escurecimento das folhas e ondulações nas margens das folhas apicais, cessamento no crescimento da planta entre outras desordens

nutricionais (Jones et al., 1967). Na romãzeira estudos anteriores mostraram que o efeito desse nutriente é perceptível principalmente no rachado dos frutos (Korkmaz et al., 2016). O cloreto de cálcio e a ureia aumentaram o diâmetro e tamanho dos frutos quando aplicados de forma foliar e o cloreto de cálcio aumentou ainda o peso da casca e as concentrações de ácido ascórbico (Ramezani et al., 2009). Korkmaz et al. (2016) mostraram que a aplicação de cálcio via foliar reduziu o craqueamento do fruto, tendo o mesmo resultado sido encontrado por Davarpanah et al. (2018) ao analisar doses diferentes de um nano fertilizante com cálcio.

A concentração foliar de magnésio nas folhas analisadas nos anos de 2018 a 2020 mostraram diferenças estatísticas entre tratamentos. O maior valor para o ano de 2018 foi registrado no tratamento NP, sendo classificado como ótimo segundo Chandra (2011). Os valores de magnésio nos demais tratamentos também foram classificados na faixa ótima. Em 2019 o maior valor foi registrado no tratamento NP, sendo classificado na faixa ótima assim como os dos demais tratamentos, exceto os da testemunha, conforme a classificação proposta por Chandra (2011). Em 2020 foi o tratamento testemunha que obteve o maior valor foliar de magnésio, embora os valores em todos os tratamentos se tenham encontrado na faixa Chandra (2011). O magnésio nas plantas tem funções de síntese de proteínas, formação da clorofila, foto oxidação em tecidos foliares, fotofosforilação e ativação de enzimas (Cakmak et al., 2007). A quantidade adequada de magnésio de acordo com Shaul, (2002) fica na faixa de 1,5 a 3,5 g kg<sup>-1</sup>. A literatura sobre o efeito do manganésio na cultura da romãzeira é praticamente inexistente porém tem sido verificado efeito positivo da aplicação de magnésio na produtividade de diversas outras culturas (Tewari, 2006).

## 12 CONCLUSÕES

A fertilização com nitrogênio e potássio refletiu-se de forma consistente no aumento do número e peso de frutos por plantas, tendo tratamento registrado médias superiores aos demais embora sem diferenças significativas.

A aplicação de fósforo não influenciou diretamente a produção. No entanto, será necessário mais tempo de condução do experimento, pois observou-se muita variabilidade experimental que se reflete na variação nos dados dentro dos tratamentos.

A idade das plantas também terá contribuído para a variabilidade nos resultados, visto as copas estarem ainda em formação e apresentarem-se bastante heterogêneas nas suas dimensões.

### 13 BIBLIOGRAFIA

- Abdolahi, N., Soltani, A., Mirzaali, A., Soltani, S., Balakheyli, H., & Aghaei, M. (2018). Antibacterial and Antioxidant Activities and Phytochemical Properties of *Punica granatum* Flowers in Iran. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A: Science*, 42(3), 1105–1110. <https://doi.org/10.1007/s40995-017-0413-8>
- Ashton, R., Baer, B., & Silverstein, D. (2006). *The incredible pomegranate plant and fruit*. Third Millennium Publishing, 18-24 .
- Associação dos Jovens agricultores de Portugal. (2018). Manual competitividade e mercados para a cultura emergentes A cultura da romã. Pensar Global, pela competitividade, ambiente e clima. <https://culturasemergentes.ajap.pt/wp-content/uploads/2019/10/a-cultura-da-roma-min.pdf> (acessado em 20 Junho de 2020)
- Balbino, LR. (1968). O método de Egnér-Riehm na determinação do fósforo e do potássio “assimiláveis” em solos de Portugal. *Rev Agron*, 51, 46–56.
- Barber, SA, Mackay, AD, Kuchenbuch, RO et al.(1988). Efeitos da temperatura do solo e da água no crescimento da raiz do milho. *Plant Soil*, 111, 267–269.
- Bartual, J., Pomares, F., Bonet, L., et al. Proyecto integral del granado: resultados en fertirrigación. I Jornadas Nacionales sobre el granado, 69-77.
- Bhantana, P., & Lazarovitch, N. (2010). Evapotranspiration , crop coefficient and growth of two young pomegranate ( *Punica granatum* L .) varieties under salt stress. *Agricultural Water Management*, 97(5), 715–722. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.12.016>
- Blumenfeld, a, Shaya, F., & Hillel, R. (2000). Cultivation of pomegranate. *Options Méditerranéennes Ser. A*, 42, 143–147.
- Bremner, J. M. (1996). Nitrogen-total. *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods*, 5, 1085-1121.
- Cakmak, B. I., Yazici, A. M., Mg, L., & Mg, A. (2007). Magnesium: A Forgotten Element in Crop Production. 23–25.
- Cánovas, F. M., Cañas, R. A., Torre, F. N. De, Pascual, M. B., Castro-rodíguez, V., & Avila, C. (2018). Nitrogen Metabolism and Biomass Production in Forest Trees. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01449>
- Chandra, R., Suroshe, S., Sharma, J., Marathe, R. A., & Meshram, D. T. (2011). *Pomegranate growing manual*. Solapur (Maharashtra), India.
- CBI, (2015). CBI Product Fact Sheet: Fresh Pomegranates in the European Market ‘Practical market insight into your product’. CBI (Centre for the Promotion of Imports from developing countries), 17.
- Chandra, R., & Dhinesh Babu, K. (2010). Propagation of Pomegranate-A Review. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 4(2), 51–55.
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., Abadía, J., Val, J., Davarynejad, G., Aran, M., & Khorassani, R. (2018). Foliar calcium fertilization reduces fruit cracking in pomegranate ( *Punica granatum* cv . Ardestani ). *Scientia Horticulturae*, 230, 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.023>
- Davarpanah, S., Tehranifar, A., & Davarynejad, G. (2017). Effects of Foliar Nano-nitrogen

- and Urea Fertilizers on the Physical and Chemical Properties of Pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) Fruits. *Scientia Horticulturae*, 52(2), 288–294  
<https://doi.org/10.21273/HORTSCII1248-16>
- Dhillon, W. S., Gill, P. P. S., & Singha, N. P. (2011). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on growth, yield and quality of pomegranate «Kandhari». *Acta Horticulturae*, 890, 327–332.
- Dolinski, M. A., Monte Serrat, B., Motta, A. C. V., Cuquel, F. L., Souza, S. R. de, May-De Mio, L. L., & Monteiro, L. B. (2005). Produção, teor foliar e qualidade de frutos do pessegueiro «Chimarrita» em função da adubação nitrogenada, na região da Lapa-PR. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(2), 295–299. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452005000200027>
- EDIA. (2019). Anuário Agrícola de Alqueva 2019. 188.  
[http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/225\\_anuario\\_agricola\\_alqueva\\_2018\\_mq6qr91zs4.pdf](http://www.edia.pt/folder/galeria/ficheiro/225_anuario_agricola_alqueva_2018_mq6qr91zs4.pdf) (acessado em 13 Junho 2020)
- Erkan, M., & Dogan, A. (2018). Pomegranate/Roma—*Punica granatum*. Academic Press, 355-361. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00049-6>
- FAQUIN, V. (2005). Nutrição mineral de plantas. Lavras Minas Gerias Brasil.
- Feng, Y.Z., D.J. Chen, M.T. Song, Y.L. Zhao, and Z.H. Li. 1998. Assessment and utilization of pomegranate varieties resources. *J. Fruit Sci*, 15, 370–373.
- Gill, P. P. S., Kumar, M., Singh, N. P., & Dhillon, W. S. (2013). Studies on macronutrient fertilization in pomegranate under sub-tropical plains. *Journal of Horticultural Sciences*, 8(2), 172–175.
- Glozer, K., & Ferguson, L. (2008). Pomegranate production in Afghanistan. UCDAVIS College of Agricultural & Environmental Sciences, 32.  
<https://doi.org/10.1353/psg.0.0032>
- Guisado, S. I. L. (2018). A cultura da romãzeira (*Punica granatum* L.): Práticas culturais e atributos físico-químicos do fruto das cultivares ‘Acco’ e ‘Wonderfull’. Doctoral dissertation.
- Hasani, M, Zamani, Z., Savaghebi, G., & Fatahi, R. (2012). Effects of zinc and manganese as foliar spray on pomegranate yield, fruit quality and leaf minerals. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(3), 471–480.
- Hasani, Mohammad, Zamani, Z., & Savaghebi, G. (2016). Effect of foliar and soil application of urea on leaf nutrients concentrations, yield and fruit quality of pomegranate. *Journal of Plant Nutrition*, 39(6), 749–755. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1047525>
- Holland, D., Hatib, K., & Bar-ya, I. (2009). Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding. *Horticultural reviews*, 35(2), 127–191.
- INE (2017) - Estatísticas Agrícolas. Instituto Nacional de Estatística, I.P.Ed. 2018, Lisboa, 170.
- IPGRI. (2001). Regional report CWANA 1999–2000. International Plant Genetic Resources Institute, 20-28.
- Ismail, T., Sestili, P., & Akhtar, S. (2012). Pomegranate peel and fruit extracts: A review of potential anti-inflammatory and anti-infective effects. *Journal of Ethnopharmacology*,

- 143(2), 397–405. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.07.004>
- Jain, K., & Desai, N. (2018). Pomegranate the Cash Crop of India : A Comprehensive Review on Agricultural Practices and Diseases. *International Journal of health sciences and Research*, 8, 315–336
- Jones, R. W., & Lunt, O. R. (1967). The function of calcium in plants. *The Botanical Review*, 33(4), 407-426.
- Jones Jr, J. B. (2001). *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis*. CRC press.
- Jurenka, J. (2008). Therapeutic applications of pomegranate (*Punica granatum L.*): A review. *Alternative Medicine Review*, 13(2), 128–144. <https://doi.org/10.4103/2231-0738.99469>
- Kahramanoglu, I. and S. Usanmaz. 2016. *Pomegranate production and marketing*. CRC Press, 134pp.
- Kashyap, P., Pramanick, K. K., Meena, K. K., & Meena, V. (2012). Effect of N and K application on yield and quality of pomegranate cv. Ganesh under rainfed conditions. *Indian Journal of Horticulture*, 69(3), 322-327.
- Khatab, M. M., Shaban, A. E., El-shrief, A. H., & Mohamed, A. S. E. (2011). Growth and Productivity of Pomegranate Trees under Different Irrigation Levels I : Vegetative Growth and Fruiting. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 3(2), 194–198.
- Khayyat, M., Tehranifar, A., Zaree, M., Karimian, Z., Aminifard, M. H., Vazifeshenas, M. R., ... & Shakeri, M. (2012). Effects of potassium nitrate spraying on fruit characteristics of ‘Malas Yazdi’ pomegranate. *Journal of plant nutrition*, 35(9), 1387-1393.
- Khorsandi, F. (2009). Foliar Zinc Fertilization Improves Marketable Fruit Yield and Quality Attributes Foliar Zinc Fertilization Improves Marketable Fruit Yield and Quality Attributes of Pomegranate. *International Journal of Agriculture and Biology*, 11 (6) 766–770.
- Kirkby, E. A., & Ls, L. (1984). Calcium as a plant nutrient. *Plant, Cell and Environment*, 7 397–405.
- Korkmaz, N., Askin, M. A., Ercisli, S., & Okatan, V. (2016). Foliar application of calcium nitrate , boric acid and gibberellic acid affects yield and quality of pomegranate ( *Punica granatum L.*). *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 15(3), 105-112.
- Lazare, S., Lyu, Y., Yermiyahu, U., Heler, Y., Kalyan, G., & Dag, A. (2020). The effect of macronutrient availability on pomegranate reproductive development. *Plants*, 9(8), 1–16. <https://doi.org/10.3390/plants9080963>
- Lima, L. C. De, Gonçalves, A. D. C., Luís, A., Fernandes, T., Silva, R. D. O., Maria, R., & Lana, Q. (2016). Crescimento e produtividade do cafeeiro irrigado. *Coffee Science, Lavras*, 11(1), . 97–107.
- Malavolta, E. (1987). *Manual de calagem e adubação das principais culturas*. São Paulo: Agronômica Ceres, 495
- Marathe, R. A., Sharma, J., Murkute, A. A., & Babu, K. D. (2017). Response of nutrient supplementation through organics on growth, yield and quality of pomegranate. *Scientia*

- Horticulturae, 214, 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.024>
- Martínez, J. J., & Hernández, F. (2010). Material vegetal y técnicas de cultivo. I Jornadas Nacionales sobre el granado (recurso electrónico). Melgarejo, P., Hernández, F., Legua, P.(Editores). Elche. SPE3.
- Melgarejo, M. P. (2010). El granado, su problemática, producción, economía, industrialización, alimentación y salud, y usos. I Jornadas nacionales sobre el granado. Escuela Politécnica Superior de Orihuela. Universidad Miguel Hernández de El che, Alicante, España.
- Miguel, M. G., Neves, M. A., & Antunes, M. D. (2010). Pomegranate (*Punica granatum* L.): A medicinal plant with myriad biological properties-A short review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(25), 2836-2847.
- Morton, J. F. (1987). *Fruits of warm climates*. Florida Flair Books.
- Plano municipal defesa da floresta contra incêndios, (2007). Vila For Portugal
- Raghupathi, H. B., & Bhargava, B. S. (1998). Diagnosis of nutrient imbalance in pomegranate by diagnosis and recommendation integrated system and compositional nutrient diagnosis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29(19–20), 2881–2892. <https://doi.org/10.1080/00103629809370162>
- Ramezani, A., Rahemi, M., & Reza, M. (2009). Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae* 121, 171–175. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.01.039>
- Regato, M., & Guerreiro, I. (2012). A cultura da romãzeira no Alentejo. *Revista Voz do Campo*, 148, 6-8.
- Shaul, O. (2002). Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. *Biometals*, 15(3), 307-321.
- Stover, E., & Mercure, E. W. (2007). The pomegranate: A new look at the fruit of paradise. *HortScience*, 42(5), 1088–1092. <https://doi.org/10.21273/hortsci.42.5.1088>
- Tanari, N., Ramegowda, S., Thottan, A., & Girigowda, M. (2019). Effect of fertigation of primary nutrients on pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit productivity and quality. *Tropical Plant Research*, 6(3), 424–432. <https://doi.org/10.22271/tpr.2019.v6.i3.052>
- Temminghoff, E.E.J.M. and V.J.G. Houba. (2004). *Plant Analysis Procedures*., KluwerAcademic Publishers, 2, 179.
- Tewari, R. K., Kumar, P., & Sharma, P. N. (2006). Magnesium deficiency induced oxidative stress and antioxidant responses in mulberry plants. *Scientia Horticulturae*, 108(1), 7-14.
- VAN REEUWIJK. *Procedures for soil analysis*. Sixth edition. ISRIC. FAO. 2002.
- Walinga, I., Van Vark, W., Houba, V., & Van der Lee, J. (1989). *Soil and plant analysis: Part 7-Plant analysis procedures*. Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- Westerfield, B., Horton, D., Maclean, D., Martino, G., & Sherm, H. (2006). Pomegranate production. *College of Agricultural & Environmental Sciences* 997, 11.