



Efeito do regime hídrico e da fertilização azotada no rendimento e qualidade da cultura do tomate

Miclay Dos Reis Pereira Carvalho

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do
Grau de Mestre em Agroecologia*

Orientador

Professor Doutor António Castro Ribeiro

Coorientador

Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues

Bragança

2017

A imaginação é mais importante que a ciência, porque a ciência é limitada, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro.

Albert Einstein

Agradecimentos

A concretização da dissertação constitui mais um passo na caminhada profissional de todos que o desejam, dependendo direta ou indiretamente do apoio de varias entidades, quer públicas quer individuais.

Durante a execução do presente trabalho recebi valiosos apoios das seguintes entidades, às quais gostaria de exprimir, cordialmente, os meus sinceros agradecimentos:

Ao Professor António Castro Ribeiro, orientador durante a execução do trabalho, por todo apoio técnico-científico e o interesse demonstrado para a conclusão do mesmo.

Ao Professor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues, coorientador deste trabalho, pela sua constante dedicação e disponibilidade durante a execução de trabalho.

Aos Professores Vasco Cadavez, Luís Filipe de Sousa Teixeira Nunes e Margarida Arrobas Pereira Rodrigues, pelo especial apoio e disponibilidade prestada ao longo destes anos de trabalho.

Meu agradecimento é também extensivo a todos amigos e colegas, do ESA IPB, da estufa especialmente ao Amílcar Pimentel e senhor Manuel.

A todos que direta ou indiretamente deram o seu contributo para que esta caminhada fosse feita de forma vitoriosa. Deixo os meus muito profundos agradecimentos.

Resumo

A cultura de tomate é muito exigente em água e fertilização azotada, sendo a necessidade de aplicação destes fatores de crescimento elevada em zonas áridas e semiáridas. A aplicação de estratégias de irrigação deficitária (ID) para esta cultura pode contribuir extremamente para economizar água de irrigação. O objetivo desse estudo consiste em avaliar os efeitos de diferentes níveis de rega e de fertilização azotada no rendimento da cultura do tomate (cultivar coração-de-boi) e nos principais parâmetros de qualidade.

O ensaio foi delineado em talhões subdivididos (“split block”) com três tratamentos de irrigação: 33,3%ETc (R1); 66,7%ETc (R2) e 100%ETc (R3) e quatro níveis de azoto: sem azoto (N0), 50 kg ha⁻¹ (N50), 100 kg ha⁻¹ (N100) e 200 kg ha⁻¹ (N200). As características quantitativas e qualitativas avaliadas foram: número de frutos por planta, diâmetro do fruto, massa fresca do fruto, produtividade, pH da polpa, teor de sólidos solúveis totais (°Brix), consistência e o teor em azoto, potássio, fósforo, magnésio e cálcio.

Os resultados mostraram que houve interação significativa entre fertilização azotada e lâminas de água para produtividade total e comercial, sendo que N200R2 apresentou melhor resultado e N0R3 obteve pior resultado. O azoto afetou significativamente o número total de frutos por planta, o número total de frutos por hectare, o número total de frutos comercializáveis, a produtividade média de frutos grandes e o número de frutos grandes, sendo que N200 apresentou melhor resultado. A consistência e o pH não foram afetadas pelos níveis de azoto e rega. O azoto aparentemente recuperado (NAR) aumentou linearmente com o aumento da dose de fertilizante azotado, sendo que N200 permitiu melhor NAR, com uma percentagem de 23,3 %. A concentração de azoto aumentou com o incremento da dose de fertilização azotada, enquanto as concentrações de fósforo, cálcio, potássio e magnésio diminuíram com o incremento da dose de fertilização azotada aplicada e aumentaram com o aumento das lâminas de água aplicadas.

A ID aumentou o número de frutos com podridão apical. Os efeitos da ID na qualidade dos frutos foi geralmente o inverso em relação à produção de frutos, visto que ID melhorou o teor de sólidos solúveis totais. A produtividade da água foi positivamente afetada pela ID, sugerindo que a cultura não beneficia da água quando esta última é fornecida para cumprir os requisitos totais de cultura para toda a época.

Em suma, a lâmina de água R2 permitiu-nos poupar 33,3% da água em relação a R3. A adoção de estratégias de ID, onde uma redução de 33,3%ETc é aplicada e com uma dose azoto N200 para toda a estação de crescimento, economiza água, minimizando as perdas de produção.

Palavras-chaves: rega deficitária; produtividade da água; azoto aparentemente recuperado; *solanum lycopersicum*; sustentabilidade.

Abstract

Tomato's crop requires high amounts of water and nitrogen fertilization during the growing seasons, especially in arid and semi-arid zones. The deficit irrigation (DI) strategy for this crop can contribute to save water. The main objective of this study is to evaluate the effects of different levels of irrigation and nitrogen fertilization in tomato's (cv. coração-de-boi) yield and fruit quality.

The experiment was arranged as a split block design with three irrigation treatments: 33.3%ETc (R1); 66.7%ETc (R2) e 100%ETc (R3) and four nitrogen rates: no nitrogen (N0), 50 kg ha⁻¹ (N50), 100 kg ha⁻¹ (N100) and 200 kg ha⁻¹ (N200). Several quantitative and qualitative characteristics were evaluated, such as: number of fruits per plant, diameter of fruits, weight per fruits, yield, total commercial fruits yields, pH of pulp, °Brix and firmness and concentration of nitrogen, potassium, phosphorus, magnesium and calcium.

There was found significant interaction between irrigation and nitrogen fertilization for total and commercial yields. The N200R2 treatment had the best result and the N0R3 the worst. Nitrogen significantly affected the number of fruits per plant, the number of fruits per hectare, the number of commercial fruits, the yields of large fruits, the number of large fruits, so N200 had the best result. The firmness and pH were not affected by nitrogen and irrigation. Apparent nitrogen recovery (NAR), increased linearly with the increase of nitrogen rate fertilization, so N200 had the best NAR, with a percentage of 23.3 %. Nitrogen concentration in fruits increased with the increase of nitrogen rate, while the concentration of phosphorus, calcium, potassium and magnesium decreased with the increase of nitrogen rate and increased with the irrigation.

The DI increased the number of fruits with apical rot. The effects of DI in fruits quality was inverse to that of the fruit yield, since DI improved °Brix. Water productivity was positively affected for DI, suggesting that the tomato's crop did not benefit from water in the last stage of development.

In conclusion, the amount of water applied in R2 treatment allowed to save 33.3% of the water in relation to R3. So, the adoption of DI strategies, where a reduction of 33.3%ETc is applied and with N200 for the entire growing season can save water while minimizing production losses.

Key-words: Drip irrigation; water productivity; nitrogen recovered; *solanum lycopersicum*; sustainability.

Abreviaturas e siglas

DRAPC- Direção Regional de Agricultura e Pescas Centro

Do- Dotação de rega

ETo -Evapotranspiração de referência [mm dia⁻¹]

ETc - Evapotranspiração da cultura sob condições padrão [mm dia⁻¹]

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação

ID- irrigação deficitária

Kc - coeficiente cultural

Kc ini - coeficiente de cultura durante a fase inicial de crescimento

Kc inter - coeficiente de cultura durante meio da estação

Kc fin - coeficiente de cultura no final da fase final de crescimento

NAR- Azoto aparentemente recuperado

Pu - precipitação útil

SST- Sólidos Solúveis Totais

WP - Produtividade da água

Índice

Agradecimentos.....	II
Resumo.....	III
Abstract	V
Abreviaturas e siglas	VI
Índice de Figuras.....	X
Índice de tabelas.....	XII
Índice de anexos	XIV
1. Introdução	1
1.1. Objetivos	3
1.2. Principais hipóteses do trabalho	3
2. Revisão bibliográfica	4
2.1. A cultura do tomate.....	4
2.1.1. Importância económica do tomate	4
2.1.2. Classificação botânica	5
2.1.3. Origem e distribuição	5
2.1.4. Aspetos botânicos	6
2.1.5. Adaptação ecológica.....	8
2.1.6. Tecnologia de produção	10
2.2. Rega	13
2.2.1. Necessidades hídricas da cultura	13
2.2.2. Resposta da cultura ao stresse hídrico	14
2.2.3. Gestão da rega	15
2.3. Fertilização na cultura do tomate.....	16
2.3.1. Azoto.....	17
2.3.2. Fósforo	18
2.3.3. Potássio.....	18
3. Materiais e métodos	19
3.1. Caracterização do local.....	19
3.1.1. Clima	19

3.1.2. Solo	19
3.2. Delineamento experimental.....	20
3.3. Aspectos básicos da técnica cultural	21
3.3.1. Preparação do solo	21
3.3.2. Transplantação	21
3.3.3. Gestão da rega	21
3.4. Colheita	22
3.5. Determinações analíticas	22
3.5.1. Produção	22
3.5.2. Qualidades de frutos	24
3.5.3. Análises laboratoriais.....	24
3.5.4. Azoto aparentemente recuperado	25
3.5.5. Produtividade da água.....	26
3.6. Análise estatística	26
4. Resultados e Discussão.....	27
4.1. Condições climáticas.....	27
4.1.1. Temperatura do ar	27
4.1.2. Precipitação total	28
4.1.3. Humidade relativa do ar	29
4.1.4. Radiação solar global.....	30
4.1.5. Vento	31
4.2. Evapotranspiração da cultura e água aplicada.....	32
4.3. Produção	33
4.3.1. Número de frutos por planta	34
4.3.2. Massa fresca média do fruto.....	35
4.3.3. Frutos estragados (podridão apical).....	36
4.3.4. Produção de frutos grandes, médios e pequenos.....	38
4.3.5. Produtividade total do tomateiro	39
4.4. Qualidade do Fruto	41
4.4.1. Sólidos Solúveis Totais (SST)	41

4.4.2. pH	42
4.4.3. Consistência	43
4.5. Concentração de nutrientes.....	44
4.5.1. Concentração de azoto	44
4.5.2. Concentração de fósforo	45
4.5.3. Concentração de cálcio	46
4.5.4. Concentração de potássio.....	47
4.5.5. Concentração de magnésio.....	47
4.6. Azoto aparentemente recuperado	48
4.7. Produtividade da água	50
5. Conclusões.....	52
6. Referencias Bibliográficas.....	53
7. Anexos	61

Índice de Figuras

Figura 1. Etapas de cultivo de tomate. Adaptado de Allen et al. (2006), Steduto et al. (2012) e Vilar (2015).	14
Figura 2. Curso da temperatura média, máxima e mínima do ar (°C) durante o período do ensaio.	27
Figura 3. Curso do tempo térmico diário durante o período do ensaio no campo.	28
Figura 4. Precipitação (mm) durante o período do ensaio.	29
Figura 5. Curso de humidade relativa máxima e mínima do ar (%) durante o período do ensaio ...	30
Figura 6. Curso da radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) durante o período do ensaio.	31
Figura 7. Dados da velocidade do vento (m s^{-1}) durante o período do ensaio.....	32
Figura 8. Curva do coeficiente cultura da cultura durante o ciclo produtivo.....	33
Figura 9. Número de fruto por planta em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).	35
Figura 10. Massa média por fruto em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).	36
Figura 11. Números de frutos estragados (podridão apical) em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).	37
Figura 12. Frequência relativa de número total de fruto por calibre em função de diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).	39
Figura 13. Produção total (PT) do tomateiro por planta em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).	40

Figura 14. Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) dos frutos de tomate em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	41
Figura 15. pH de fruto em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).	42
Figura 16. Consistência de fruto em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)	43

Índice de tabelas

Tabela 1. A cultura de tomate no mundo no período de 2010-2013 (FAOSTAT, 2015)	4
Tabela 2. Maiores produtores mundiais de tomate no período de 2013 (FAOSTAT, 2015)	4
Tabela 3. Países com maior produtividade de tomate a nível mundial no período em 2013 (FAOSTAT, 2015)	5
Tabela 4. Características agronómicas e botânicas da semente de tomate (Almeida, 2006).....	8
Tabela 5. Etapas de desenvolvimento do tomateiro (Steduto et al., 2012).....	9
Tabela 6. Temperaturas cardinais para a cultura do tomate (Almeida, 2006).....	10
Tabela 7. Principais coeficientes de cultura de tomateiro utilizados na gestão da água para as etapas: inicial (E. ini), desenvolvimento de cultura (E. des), Fase intermédia (E. inter) e final (E. fin) (Allen et al., 1998; Sanders,1997 in Almeida, 2006; Allen et al., 2006; Steduto et al., 2012).	16
Tabela 8. Total de fertilizante consumido no mundo em 2013 (FAOSTAT, 2015).....	17
Tabela 9. Exportação média de macronutrientes principais pelo fruto (Rincón, 2001 in Almeida, 2006)	17
Tabela 10. Características do solo determinadas a partir de amostras do solo as profundidades de (0-5 cm; 5 -20 cm; 20-40 cm e 40-60 cm) no momento da instalação da experiência em 2016.	20
Tabela 11. Classe de calibre usado na classificação dos frutos do tomateiro (Regulamento (CE) n. o 543/2011 da comissão., 2011).	23
Tabela 12. Valores acumulados de ETc (evapotranspiração da cultura), ETo (evapotranspiração de referencia), precipitação, tempo térmico, e dotações de rega (R1, R2 e R3) em função das etapas de desenvolvimento da cultura do tomateiro.....	32
Tabela 13. Valor médios de produtividade total (P total) de tomate, produtividade comercializável (P comercial), número total de frutos (NTF) por planta, número total de frutos por hectare, número total de frutos comercializáveis (NTFC) por hectare, massa média fresca por fruto (MMFF), massa média fresca por fruto comercializável (MMFC) em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).....	34
Tabela 14. Produção média de frutos grandes (PFG), frutos médios (PFM) e frutos pequenos (PFP) em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).	38

Tabela 15. Valor médios da concentração de nutrientes no fruto e na folha em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).	44
Tabela 16. Produção média de tomate e azoto aparentemente recuperado (NAR) em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).	49
Tabela 17. Produção média de tomate e produtividade da água (WP) em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).	50

Índice de anexos

Tabela A1.1.: Médias de dados climáticos mensais de temperatura máxima (T_{Max}), temperatura média (T_{Med}), temperatura mínima (T_{Min}), humidade relativa do ar mínima (HR_{Min}); humidade relativa do ar máxima (HR_{Max}), velocidade de vento e radiação global.	61
Meses	61
Tabela A1.2.: Variação de número de botão floral e o número de flor aberta por tempo térmico diário acumulado durante diversas etapas de crescimento da cultura.	61
Tabela A2.1.: Resumo da análise de variância para Produtividade total do tomateiro Kg por planta.	61
Tabela A2.2.: Resumo da análise de variância para número de fruto comercializável (frequência relativa).	62
Tabela A2.3.: Resumo da análise de variância para produção de frutos grandes (PFG).	63
Tabela A2.4.: Resumo da análise de variância para produção de frutos médios (PFM).	63
Tabela A2.5.: Resumo da análise de variância para produção de frutos médios (PFP).	63
Tabela A2.6.: Resumo da análise de variância para massa média de frutos comercializável (MMFC).	64
Tabela A2.7.: Resumo da análise de variância para número de fruto por planta.	64
Tabela A2.8.: Resumo da análise de variância de massa fresca média por fruto.	64
Tabela A2.9.: Resumo da análise de variância para número total de fruto comercializável.	65
Tabela A2.10.: Resumo da análise de variância para número total de fruto comercializável.	65
Tabela A2.11.: Resumo da análise de variância para números de frutos estragados (podridão apical).	65
Tabela A2.12.: Resumo da análise de variância para teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix).	66
Tabela A2.13.: Resumo da análise de variância para pH do fruto.	66
Tabela A2.14.: Resumo da análise de variância para consistência do fruto.	66
Tabela A2.15.: Resumo da análise de variância para azoto aparentemente recuperado (NAR).	67

Tabela A2.16.: Resumo da análise de variância para produtividade da água (WP).	67
Tabela A2.17.: Resumo da análise de variância para concentração de N no fruto.	67
Tabela A2.18.: Resumo da análise de variância para concentração de N na folha.	68
Tabela A2.19.: Resumo da análise de variância para concentração de K na folha.	68
Tabela A2.20.: Resumo da análise de variância para concentração de K no fruto.	68
Tabela A2.21.: Resumo da análise de variância para concentração de Ca na folha.	69
Tabela A2.22.: Resumo da análise de variância para concentração de Ca no fruto.	69
Tabela A2.23.: Resumo da análise de variância para concentração de Mg na folha.	69
Tabela A2.24.: Resumo da análise de variância para concentração de Mg no fruto.	70
Tabela A2.25.: Resumo da análise de variância para concentração de P no fruto.	70
Tabela A2.26.: Resumo da análise de variância para concentração de P na folha.	70

1. Introdução

A população mundial aumentou de 3,1 bilhões em 1961 para 7,4 bilhões em 2016. Porém estima-se que em 2050 a população mundial atingirá 9,7 bilhões. Entretanto, a área irrigada duplicou e o consumo de água triplicou (FAO, 2015). As alterações climáticas terão um impacto crescente e notável, em particular sobre a agricultura e os recursos hídricos. A FAO estima que em 2050 a agricultura continuará a ser o maior sector consumidor de água a nível mundial. Contudo, hoje, a escassez de água afeta mais de 40% da população mundial, uma percentagem que alcançará os 2/3 em 2050 (FAO, 2016).

Depois da revolução industrial a agricultura está em constante evolução, doravante o sistema de irrigação tem de se adaptar às novas exigências, que consiste no uso racional e eficiente da água, bem como aumentar a produtividade da água. Segundo FAO (2015), a produção mundial de alimentos superou o crescimento demográfico. Este aumento da produtividade agrícola deveu-se ao melhoramento genético, com a produção das novas variedades, utilização racional de fertilizantes e a irrigação. O tomate é a segunda cultura hortícola mais importante em termos de área cultivada no mundo seguido da cultura da batata (FAOSTAT, 2015).

A nutrição mineral é um dos fatores de maior relevância na produtividade e na qualidade nutricional dos frutos do tomate. De entre os principais nutrientes destaca-se o azoto, sendo esta cultura muito exigente neste nutriente (Farneselli et al., 2015). O azoto é um dos elementos químicos que mais consomem energia. A fixação industrial requer pressão e temperatura elevadas para fazer a rotura da ligação covalente tripla entre os átomos de moléculas N₂, o que aumenta o custo da sua produção (Wang et al., 2013; Porto, 2013).

A cultura do tomateiro é geralmente irrigada por superfície o que provoca perdas de água por escoamento superficial e erosão do solo. Além disso, o excesso de água de irrigação conduz a uma menor produtividade da água, ou seja, a uma menor razão entre rendimento da cultura e a água utilizada (Zheng et al., 2013). Logo, o uso sustentável da água e adubação na agricultura tornaram-se uma prioridade global e a adoção de estratégias de irrigação que permitam fazer uma melhor gestão de água de irrigação, melhorando a eficiência do uso da água, doravante poderão contribuir para a preservação deste recurso (Patanè et al., 2011; Wang et al., 2013; Liu et al., 2015), em particular, nas regiões de maior escassez de água. Além disso, a maximização da produtividade da água pode ser mais rentável para o agricultor do que a maximização do rendimento das culturas (Costa et al., 2007; Kuşçu et al., 2014).

No contexto da melhoria da produtividade da água, há um interesse crescente na irrigação deficitária (ID), uma prática de irrigação na qual se aplica uma quantidade de água de rega inferior às necessidades máximas da cultura, mas de forma a que a planta não entre em stresse hídrico severo, permitindo, assim, efeitos mínimos sobre a quebra do rendimento (Pereira, 2004). Em caso de seca ou pouca disponibilidade de água a ID pode levar a maiores ganhos económicos e maximizar os rendimentos por unidade de água. No entanto, esta abordagem requer um conhecimento preciso sobre a resposta da cultura ao stresse hídrico em diversas fases do seu desenvolvimento (Heng et al., 2002; Jensen et al., 2010; Birhanu e Tilahun, 2010).

1.1. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho consiste na avaliação do efeito de diferentes regimes hídricos e de fertilização azotada no rendimento e nos principais parâmetros de qualidade da cultura do tomate.

Como objetivos específicos pretende-se:

1. Comparar os efeitos da irrigação deficitária na produtividade e qualidade;
2. Avaliar o efeito da irrigação deficitária na produtividade de água;
3. Avaliar o efeito de diferentes doses de N na produtividade e qualidade;
4. Avaliar o azoto aparentemente recuperado

1.2. Principais hipóteses do trabalho

Hipótese A- Não há interação entre a rega e a fertilização azotada na produção e qualidade do tomate.

Hipótese B- A implementação de irrigação deficitária não tem efeitos na cultura:

Não influencia a produção e qualidade de tomate;

Não contribui para a melhoria da produtividade da água.

Hipótese C- A fertilização azotada não afeta a produção de tomate.

2. Revisão bibliográfica

2.1. A cultura do tomate

2.1.1. Importância económica do tomate

A produção mundial de tomate aumentou de 152 milhões de toneladas em 2010 para 163 milhões em 2013. A cultura ocupa 4,7 milhões de hectares em mais de 170 países (FAOSTAT, 2015). No mesmo período a produtividade aumentou 1,4 Mg ha⁻¹ e área cultivada aumentou 0,8 milhões de hectares (20,5 %) (Tabela 1).

Tabela 1. A cultura de tomate no mundo no período de 2010-2013 (FAOSTAT, 2015)

Mundo/Ano	Área (x1000 ha)	Produção (x1000 Mg)	Produtividade (Mg ha ⁻¹)
2010	4543,0	152083,0	33,5
2011	4722,0	158207,3	33,5
2012	4896,0	160797,6	32,8
2013	4688,0	163434,0	34,9
Situação da cultura de tomate no mundo 2013			
América	455,0	24589,0	59,0
Europa	500,0	20965,0	42,0
África	902,0	18118,0	20,0
Ásia	2821,0	99205,0	35,0
Oceânia	7,0	555,0	72,0

A cultura está localizada principalmente nas regiões subtropicais, tropicais, mediterrânicas e temperadas. Os principais países produtores mundiais são China, Estados Unidos, Índia, Turquia, Egito, Itália, Irão; Espanha, Brasil, México, Rússia, Uzbequistão e Portugal (ChartsBin, 2015). A China produz 50,5 milhões de Mg, seguido pela Índia com 18,2 milhões de Mg, EUA com 12,6 milhões de Mg, a Turquia com 11,8 milhões de Mg e Egito com 8,5 milhões de Mg (Tabela 2).

Tabela 2. Maiores produtores mundiais de tomate no período de 2013 (FAOSTAT, 2015)

Países	Área (x1000 ha)	Produção (x1000 Mg)
China	984,6	50552,2
Índia	880,0	18227,0
EUA	150,0	12574,6
Turquia	311,0	11820,0
Egipto	213,0	8533,8

A produtividade média mundial, como já foi referido, está atualmente em torno de 34,9 Mg ha⁻¹, sendo as maiores produtividades obtidas em estufa onde podem atingir 500 Mg ha⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3. Países com maior produtividade de tomate a nível mundial no período em 2013 (FAOSTAT, 2015)

Países	Produtividade (Mg ha ⁻¹)
Bélgica	500
Holanda	484
Irlanda	470
Reino Unidos	417
Islândia	390

Os países que mais consomem tomate são os que mais produzem a nível mundial. A China consome cerca de 40,7 milhões de Mg, a Índia cerca de 15 milhões de Mg, os EUA cerca de 12 milhões de Mg, enquanto a Turquia e Egito consomem aproximadamente cerca de 7 milhões de Mg por ano. Por outro lado, quer o Brasil quer a Rússia consomem aproximadamente cerca de 4 milhões de Mg por ano, um valor muito superior a produção interna. Por isso, estes países recorrem a importação para colmatar a procura interna (ChartsBin, 2015).

Quanto ao consumo per capita de tomate (Kg/hab/ano), os países que mais produzem, com exceção de Turquia e Egito, têm um consumo per capita de tomate muito baixo. Os países com maiores consumos per capita são: Líbia com cerca de 108,9 kg per capita, seguido de Turquia com 94,1 kg per capita, Egito com 91,3 kg per capita, Uzbequistão com 87,7 kg per capita, Tunísia com 86,8 kg per capita, Irão com 60,3 kg per capita, EUA com 37,8 kg per capita, a China com 29,1, enquanto a Índia o segundo país mais produtor do mundo tem um consumo per capita de 12,2 kg (ChartsBin, 2015).

2.1.2. Classificação botânica

O tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) pertence à família das solanáceas, género lycopersicon e espécie esculentum (Nuez, 1995; Steduto et al., 2012). Esta família inclui também outras espécies bem conhecidas, tais como batata, tabaco, pepino-doce, pimento e beringela (Nuez, 1995; Almeida, 2006; Moreno, 2007).

2.1.3. Origem e distribuição

A cultura é originária da região andina que se estende do sul da Colômbia ao norte do Chile. No entanto, a domesticação ocorreu em México (Nuez, 1995; Arroyo, 2005; Almeida, 2006; Moreno, 2007; Bell et al., 2014). Foi introduzida em solo europeu como planta ornamental pelos

espanhóis no século XVI (Gardé e Gardé, 1988; Almeida, 2006; Moreno, 2007; Bell et al., 2014) e mais tarde expandiu-se para o sul e leste da Ásia, África e Oriente Médio (Nuez, 1995).

2.1.4. Aspectos botânicos

O tomate é uma planta herbácea, pubescente, muito ramificada, perene, mas é cultivada como uma planta anual nas regiões temperadas. Apresenta um sistema radicular pivotante que cresce a uma profundidade de 50 cm ou mais (Anderlini, 1982; Nuez, 1995; Arroyo, 2005; Steduto et al., 2012). O sistema radicular das plantas transplantadas expande-se lateralmente (Anderlini, 1982). A raiz pode alcançar 1,5 m de profundidade (Almeida, 2006; Steduto et al., 2012). Porém, 75% das raízes encontram-se nos primeiros 45 cm do solo e 90% das raízes finais encontram-se nos 30 cm superficiais. Nas plantas transplantadas, o sistema radicular é mais superficial, com predomínio de raízes laterais e adventícias formadas a partir do caule (Almeida, 2006). Os caules têm hábitos de crescimento que variam entre rasteiro, semi-ereto ou ereto, que pode atingir de 0,5-2 m de altura. O caule é sólido, grosso, pubescente e glandular. Dependendo do hábito de crescimento existem três tipos de tomate cultivados: crescimento indeterminado, semi-determinado e determinado (Nuez, 1995; Steduto et al., 2012).

As plantas de crescimento indeterminado atingem, frequentemente, mais de 2 m de altura, apresentam o crescimento vegetativo contínuo, floração escalonada e a primeira inflorescência aparece mais tarde (Almeida, 2006; Steduto et al., 2012). O tomateiro produz flores de baixo para cima durante o crescimento ativo do caule. A colheita é escalonada e, algumas vezes, têm três períodos de floração e três colheitas bem estabelecidas. As plantas de crescimento semi-determinado atingem menores alturas, podendo atingir 0,9-1,5 m de altura máxima. A maturação é concentrada, embora a planta possa continuar a produzir frutos (Almeida, 2006; Steduto et al., 2012; Bell et al., 2014). Os tomateiros de crescimento indeterminado e semi-determinado precisam de ser transplantados e de tutoragem (Moreno, 2007). Normalmente, são cultivadas para o consumo em fresco e a colheita é manual. As plantas de crescimento determinado são, geralmente, mais rasteiras, tem uma floração concentrada e a frutificação bem definida. Logo, são caracterizadas pelo facto das primeiras inflorescências aparecerem mais cedo. A maioria dos frutos de cultivares determinadas amadurecem num período relativamente curto e, por esta razão são adequados para a colheita mecânica (Anderlini, 1982; Steduto et al., 2012; Bell et al., 2014).

As folhas são dispostas em espiral, oblongas, cobertas com pelos glandulares e podem medir 15-50 cm de comprimento e 10-30 cm de largura consoante as variedades. A inflorescência é agrupada e produz 6-12 flores e os pedúnculos possuem tricomas glandulares que libertam um odor característico em reação ao toque. A flor é bissexual, pubescente e as sépalas são persistentes e com corola amarela (Almeida, 2006). As flores do tomateiro desenvolvem-se dos botões situados no eixo do ângulo entre a folha e a haste (Steduto et al., 2012). A flor, comumente, tem 5 pétalas, e de 5 estames e as anteras são brilhantes de cor amarela e apresenta uma ponta estéril alongado. O ovário é superior e com 2-9 compartimentos (Nuez, 1995). A fecundação ocorre principalmente por autopolinização, mas beneficia de polinização cruzada, sendo as abelhas os polinizadores mais importantes da cultura (Almeida, 2006; Moreno, 2007).

O fruto é uma baga carnuda, de forma circular para lobada e pode medir 2-15 cm de diâmetro. O fruto imaturo é pubescente com coloração verde. Quando maduro, o fruto pode apresentar-se amarelo, a laranja ou vermelho e de uma maneira geral é redondo, liso ou franzido (Nuez, 1995; Almeida, 2006; Drost, 2010). As sementes são numerosas, pubescentes, castanho claro de 3-5 mm de comprimento e 2-4 mm de largura. O peso de 1000 sementes é de aproximadamente 2,5-3,5 g (Steduto et al., 2012).

2.1.4.1. Cultivares

As cultivares de tomate são identificadas de acordo com os seguintes critérios: duração do ciclo cultural; hábito de crescimento; produtividade; resistência e tolerância a doenças; tipologia geral do fruto; características dos frutos (Drost, 2010). Quanto à duração do ciclo cultural, existem cultivares de ciclo curto, de 90 a 100 dias, ciclo médio de 100-120 e ciclo longo, normalmente, superior a 120 dias (Gardé e Gardé, 1988; Almeida, 2006; Steduto et al., 2012).

Os frutos podem ter características distintas em função da cultivar. Na cultivar Roma ou Chucha os frutos são oblongos; na cultivar Cocktail os frutos são de calibre pequeno e colhidos em cachos (Noreña et al., 2006; Costa, 2009). Na cultivar Cereja os frutos são redondos ou ovoides, de calibre entre 15-35 mm, 10-30 g, e 2-4 lóculos; na cultivar Coração-de-boi o fruto é de maior dimensão e de forma irregular, podendo ser arredondado, ovalado e oblongo (Almeida, 2006). Existem ainda outros tipos de cultivares para consumo em fresco, tais como: Beefsteak, tipo Marmande, tipo Vemone, tipo Francés, tipo Moneymarker e tipo Pimento (Nuez, 1995).

2.1.5. Adaptação ecológica

2.1.5.1. Desenvolvimento

2.1.5.1.1. Germinação

A temperatura do solo adequada para germinação das sementes situa-se entre 18-30°C. Temperaturas muito altas ou muito baixas condicionam a germinação. A temperatura ideal para as sementes germinarem é de 25°C, sendo que a estas temperaturas as sementes germinam de 6 a 10 dias (Almeida, 2006; Moreno, 2007; Steduto et al., 2012). As hormonas de crescimento como giberelinas e auxinas favorecem a germinação e o ácido abcísico inibe a germinação (Almeida, 2006). Na Tabela 4 apresentam-se algumas características das sementes do tomate.

Tabela 4. Características agronómicas e botânicas da semente de tomate (Almeida, 2006).

Número de sementes por grama	300-350
Peso de 1000 sementes (g)	2,9-3,3
Pureza física mínima (% em massa)	97
Faculdade germinativa (%)	
Mínima	75
Cultivares comerciais	92
Duração da faculdade germinativa (anos)	3-5
Localização das reservas	Endosperma
Tipo de germinação	Epígea

2.1.5.1.2. Fenologia do tomateiro

A fenologia do tomateiro compreende as seguintes fases: estabelecimento da planta, desenvolvimento vegetativo e desenvolvimento reprodutivo. A sequência de fases e sua duração é apresentada na tabela 5. A fase vegetativa é curta, visto que a primeira inflorescência ocorre muito cedo (Almeida, 2006).

O hábito de crescimentos também determina o aparecimento da primeira inflorescência, sendo que nas cultivares de crescimento indeterminado a inflorescência ocorre mais tarde do que nas de crescimento determinado. Por outro lado, nas plantas de crescimento indeterminado, o desenvolvimento vegetativo ocorre simultaneamente com o desenvolvimento reprodutivo (Moreno, 2007; Bell et al., 2014). A fase reprodutiva começa com a formação do fruto até à maturação, que compreende 6 estádios de maturação (Almeida, 2006).

Tabela 5. Etapas de desenvolvimento do tomateiro (Steduto et al., 2012).

Etapas	Etapas de Desenvolvimento	Período (dias)
0	Estabelecimento	25-35
1	Vegetativa	20-25
2	Floração	20-30
3	Formação do fruto	20-30
4	Maturação	15-20
Total		100-140

2.1.5.2. Exigências climáticas

De acordo com sua origem, o tomate prefere climas quentes, secos e muita luminosidade (Tabela 6). A cultura do tomate é sensível à geada e indiferente ao fotoperíodo, embora possa ser cultivada em estufa durante todo ano (Anderlini, 1982; Nuez, 1995; Steduto et al., 2012). As temperaturas médias diárias adequadas para o crescimento, produtividade e qualidade dos frutos são de 20 a 24°C durante o dia e 10 a 20°C durante a noite. A temperatura desadequada afeta negativamente o rendimento (Almeida, 2006; Noreña et al., 2006).

Outros fatores climáticos como humidade excessiva, ventos fortes, quentes e secos, afetam negativamente a qualidade de fruto e provocam maior incidência de problemas fitossanitários. Logo, parece ser recomendável que o tomate seja cultivado em áreas secas sob irrigação (Almeida, 2006; Noreña et al., 2006; Moreno, 2007).

Tabela 6. Temperaturas cardinais para a cultura do tomate (Almeida, 2006).

Parâmetro	Temperatura (°C)
Danos pelo frio na planta	<6
Germinação	
Mínima	06-11
Ótima	18-24
Máxima	35
Taxa de assimilação líquida	25-30
Crescimento da raiz ótima	15-19
Vegetação	
Mínima	08-12
Ótima	22-25 dia 15-18 noite
Máxima	32
Floração (temperatura ótima)	21
Vigamento dos frutos	
Mínima	10
Ótima	18-24
Máxima	32
Maturação do fruto (temperatura ótima)	15-22
Temperatura do solo	
Ótima	15-24
Máxima	34

2.1.5.3. Exigências edáficas

A planta adapta-se bem a uma enorme diversidade dos solos. Porém, prefere solos profundos, de textura franca ou franco-argilosa e bem drenados. Não tolera encharcamento no solo, propício à incidência de doenças radiculares (Anderlini, 1982; Gardé e Gardé, 1988; Nuez, 1995; Steduto et al., 2012). A cultura possui uma sensibilidade moderada à salinidade. Altos valores de salinidade do solo diminuem a produtividade. O pH ideal do solo é de 5,5 a 7,0 (Bell et al., 2014; Liu et al., 2015; Dukes et al., 2015).

2.1.6. Tecnologia de produção

A técnica cultural varia consoante a sistema de implementação da cultura, que pode ser em estufa ou em ar livre. Neste trabalho, descrevem-se as principais tecnologias de produção da cultura ao ar livre.

2.1.6.1. Propagação

A cultura pode ser propagada por meio de reprodução assexuada através da técnica de enxertia e por via sexuada através das sementes (Schwarz et al., 2014; Bell et al., 2014). O método da propagação mais utilizado e mais barato para obter plantas saudáveis e vigorosas é por via sexuada através das sementes (Noreña et al., 2006), desde de que a semente esteja certificada. A sementeira direta só é aconselhável nos casos em que não interessa efetuar a forçagem da planta para se conseguir uma maior precocidade e nas produções industriais (Anderlini, 1982).

2.1.6.2. Rotação de culturas

A rotação de culturas consiste em alternar espécies vegetais numa mesma área agrícola. Esta prática proporciona a produção diversificada, melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo; auxilia no controle de plantas daninhas, doenças e pragas; repõe matéria orgânica e protege o solo da ação dos agentes climáticos (Anderlini, 1982; Almeida, 2006). Caso específico do tomateiro a rotação permite minimizar a incidência do nemátodos, vírus e doenças bacterianas (Naika et al, 2005; Steduto et al., 2012).

A cultura do tomateiro deve ser cultivada em uma rotação com culturas como o girassol, o milho, o repolho, o feijão e beterraba (Almeida, 2006). Outras culturas como a batata, a beringela, o pimento, e o tabaco não devem ser incluídas em rotações curtas (Anderlini, 1982; Almeida, 2006; Steduto et al., 2012).

2.1.6.3. Preparação do solo

Uma boa preparação do solo é fundamental para o sucesso desta cultura (Almeida, 2006). As propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos devem ser consideradas antes da decisão de se efetuar as plantações, devendo evitar-se áreas que tenham possibilidade de encharcamento ou com topografia muito irregular. Quanto às propriedades físicas do solo, deve-se, sempre que possível, escolher áreas com solos francos, profundos e permeáveis. Primeiramente, deve fazer-se uma lavoura antes da gradagem. Existem várias opções de preparação do solo, que estão condicionadas pela disponibilidade de equipamentos, da textura, do grau de compactação do solo e do sistema de plantação (Nuez, 1995; Noreña et al., 2006).

Em solos compactados a primeira operação é uma lavoura profunda (superior a 30 cm), devendo ser feita com baixa umidade do solo (Noreña et al., 2006). Porém, em solos muito secos pode ocorrer a formação de grandes torrões, dificultando as demais operações de preparação de solo e a plantação. Após a lavoura profunda, deve-se completar o destorroamento com grades e escarificadores. A compactação do solo é reduzida por meio da mobilização mais profunda do solo, evitando-se, sempre que possível, apenas o uso de grades e escarificadores (Nuez, 1995).

Caso a implantação da cultura seja feita por meio de transplantação, não há necessidade de destorrear excessivamente o terreno, evitando-se, desse modo, maior compactação do solo. Com sementeira direta é indispensável eliminar os torrões e os restos de vegetação que dificultam a distribuição das sementes e a emergência das plântulas (Anderlini, 1982; Gardé e Gardé, 1988; Nuez, 1995).

2.1.6.4. Instalação da cultura

A instalação da cultura pode ser feita por sementeira direta com semeadores de precisão ou por transplantação. Normalmente, a técnica mais utilizada para obtenção de uma maior uniformidade na emergência das plantas e desenvolvimento é a transplantação. O uso de semeadores de precisão, em comparação aos plantadores tradicionais (manual) permite reduzir custo de produção (Gardé e Gardé, 1988; Nuez, 1995; Almeida, 2006; Steduto et al., 2012). Contudo, deve-se ter em conta a temperatura do solo no momento da sementeira de forma que a semente possa germinar (Tabela 6).

2.1.6.5. Densidade e compasso

A densidade da plantação ou de sementeira depende do sistema de condução, disponibilidade da água, nutrientes e hábito de crescimento. Segundo Almeida (2006) a densidade de cultivares de crescimento determinado é maior do que as cultivares de crescimento indeterminado. Os compassos dependem também dos portes das variedades. De uma maneira geral, os compassos são mais apertados nas linhas do que nas entrelinhas, sobretudo em cultivo industrial, devido à mecanização (Anderlini, 1982; Gardé e Gardé, 1988; Nuez, 1995; Noreña et al., 2006).

A cultura pode ser conduzida em diversos sistemas: V invertido, vertical e adensado. O sistema V invertido apresenta um compasso de 0,8 m na entrelinhas e 0,6 m na linha. A distância entre o V invertido é de 1,0 a 1,2 m. O sistema vertical apresenta um compasso de 1,0 m na entrelinhas e 0,5 m na linha, sendo o custo de implantação superior. O sistema adensado é o que conduz maiores problemas fitossanitários. Todos os sistemas requerem toturagem (Anderlini, 1982; Nuez, 1995). Em sementeira direta, normalmente, aumentam-se as densidades de sementeira, visto que nem todas germinarão (Almeida, 2006; Steduto et al., 2012). Normalmente, usam-se profundidades de sementeiras entre 2-4 cm (Steduto et al., 2012).

2.1.6.6. Poda

A condução do tomateiro pode ser feita de diversas formas. Todavia, temos que eliminar todos os rebentos para permitir a condução das plantas em 1 ou 2 caules (Anderlini, 1982; Nuez, 1995; Almeida, 2006). Contudo, destaca-se a condução com um eixo principal, que consiste em eliminar todos os ramos laterais de forma a promover o crescimento da planta até cerca de 2 m altura. Normalmente, despontam-se a planta de forma a promover o aumento do diâmetro do fruto (Noreña et al., 2006; Moreno, 2007; Bell et al., 2014).

2.2. Rega

A rega é um dos fatores que mais influencia a produção do tomate, quer a nível de qualidade quer da produtividade. Porém, tem de se regar em função das necessidades hídricas da cultura, de forma a maximizar a produção e a qualidade (Nuez, 1995; Santana et al., 2011). Steduto et al. (2012) referem que o déficit da água no solo, apesar de provocar uma diminuição da produção melhora a qualidade, enquanto o excesso de água é prejudicial para a planta e aumenta o custo de produção.

2.2.1. Necessidades hídricas da cultura

As necessidades hídricas estão relacionadas com a procura climática e com estado de desenvolvimento da cultura. A estimativa de necessidades hídricas é feita a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) e dos coeficientes culturais para as diferentes fases de desenvolvimento da cultura (Figura 1).

As necessidades hídricas máximas após o transplante da cultura de tomate cultivado em campo com ciclo de 90 a 120 dias, podem variar entre os 400 e os 600 mm (Nuez, 1995; Santana et al., 2011; Steduto et al., 2012). Esses valores dependem do clima, estado fenológico, características dos solos, da disponibilidade de água no solo e fertilidade do solo (Santana et al., 2011; Kuşçu et al., 2014; Dukes et al., 2015).

A Figura 1 mostra, de forma esquemática, a curva do coeficiente cultural (K_c). O ciclo da cultura pode ser dividido em quatro períodos. O período inicial, o período de desenvolvimento rápido, o período intermédio e o período final. A duração de diferentes períodos e os valores de K_c para a cultura de tomate estão apresentados na Tabela 7.

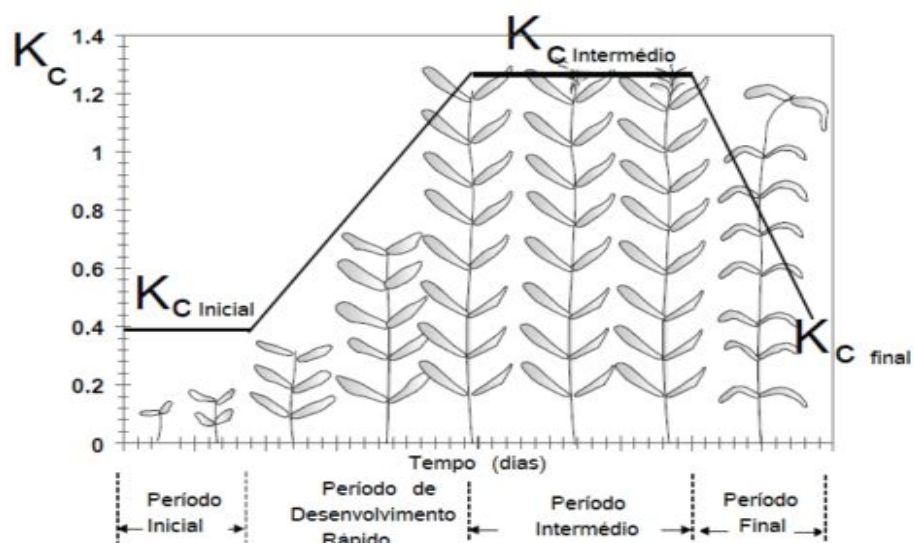


Figura 1. Etapas de cultivo de tomate. Adaptado de Allen et al. (2006), Steduto et al. (2012) e Vilar (2015).

2.2.2. Resposta da cultura ao stresse hídrico

A cultura é muito sensível ao défice hídrico imediatamente após a transplantação, durante a floração (Steduto et al., 2012) e na formação do fruto (Nuez, 1995; Steduto et al., 2012). Durante o período de floração o défice hídrico provoca a queda de flor (Jensen et al., 2010; Steduto et al., 2012).

Steduto et al. (2012) referem que o stresse hídrico moderado durante o período vegetativo aumenta o crescimento da raiz. Por outro lado, a restrição da água em plantas jovens pode reduzir o desenvolvimento das folhas (Monte et al., 2009; Steduto et al., 2012). Para evitar o efeito negativo do stresse hídrico torna-se necessário uma observação continua dos estádios fenológicos da cultura.

O déficit hídrico durante o período de formação e maturação dos frutos provoca a diminuição do seu peso, mas aumenta a qualidade dos frutos (Nuez, 1995; Birhanu e Tilahun, 2010; Zheng et al., 2013).

No tomateiro, além do stresse hídrico, outros fatores como o baixo nível de radiação solar, temperatura, alta humidade e o azoto provocam a queda de botões florais iniciais, flores e frutos jovens (Monte et al., 2009; Steduto et al., 2012).

2.2.3. Gestão da rega

2.2.3.1. Determinação da necessidade de rega

O conhecimento do balanço hídrico do solo na zona explorada pelas raízes é fundamental para uma boa gestão da água de irrigação (Pereira, 2004). A gestão da rega poder-se-á definir como o processo de determinação e controlo do volume, frequência e taxa de aplicação da água de rega num sistema que se pretende planeado, eficiente e uniforme (Mofoke et al., 2006). A cultura de tomateiro pode ser regada por sulcos, por aspersão e por gota-a-gota (Nuez, 1995; Allen et al., 2006; Steduto et al., 2012).

Nos últimos anos, a estratégia de gestão da rega tem estado direcionada para o uso eficiente de água de forma a aumentar a produtividade da mesma, aonde as técnicas de ID têm sido aplicadas com sucesso (Hochmuth e Hanlon, 2014; Kumar et al., 2015). Em muitas situações, um outro objetivo da gestão da água de rega é contornar ou minimizar problemas de qualidade da água e do solo tais como a salinidade, erosão do solo ou lixiviação dos nutrientes ou dos pesticidas para as águas subterrâneas. A perda de nutrientes por lixiviação só existe em caso de fluxo de água para fora da zona radicular, o que apresenta maior probabilidade de ocorrer em solo de textura ligeira (Shahidian, 2013). A Tabela 7 apresenta os principais coeficientes de cultura de tomateiro utilizados na gestão da água durante o seu ciclo.

Tabela 7. Principais coeficientes de cultura de tomateiro utilizados na gestão da água para as etapas: inicial (E. ini), desenvolvimento de cultura (E. des), Fase intermédia (E. inter) e final (E. fin) (Allen et al., 1998; Sanders, 1997 in Almeida, 2006; Allen et al., 2006; Steduto et al., 2012).

Características da cultura	(E. ini)	(E. des)	(E. inter)	(E. fin)	Total	Data da	
						plantação	Região
Período, Dias	30	40	40	25	135	Jan	Região Árida
	35	40	50	30	155	Abril/Mai	Calif., USA
	25	40	60	30	155	Jan	Calif. Deserto, USA
	35	45	70	30	180	Oct/Nov	Região Árida
	30	40	45	30	145	Abril/Mai	Mediterrânea
Fração, p	0,3	»	0,4				
Profundidade do sistema radicular	0,25	»	»	1,0			
Coeficiente da cultura (Kc)	0,6	0,7-0,8	1,15	0,7-0,9			
Rendimento Fator resposta, (Ky)	0,4	1,1	0,8	0,4	1,05		
Valor mínimo da capacidade utilizável (%)				50			
Tolerância ao défice hídrico				Moderada			

Dada a grande importância económica e ambiental da gestão correta da rega, existem hoje inúmeras soluções técnicas ao dispor dos agricultores. De uma forma geral, podem classificar-se estes métodos de gestão de rega em métodos baseados na evapotranspiração, no teor de água no solo e no estado hídrico das plantas (Shahidian, 2013).

Assim, a condução de rega deverá ser entendida como a combinação ótima entre as necessidades hídricas da cultura, as características do solo, tanto como meio de transporte como de armazenamento de água e a operação de rega (Pereira, 2004).

2.3. Fertilização na cultura do tomate

O azoto é o nutriente mais consumido no mundo na forma de fertilizante, seguido de fósforo e de potássio (Tabela 8). A fertilização da cultura de tomate varia consoante as condições de fertilidade de solo, clima e tipo de rega (Nuez, 1995).

Tabela 8. Total de fertilizante consumido no mundo em 2013 (FAOSTAT, 2015).

	Fosforo (P₂O₅) (x1000000)	Potássio (K₂O) (x1000000)	Azoto (N total) (x1000000)
Mundo	100,0	38,0	29,0
Ásia	56,0	21,0	13,0
Europa	15,0	4,0	4,0
África	4,0	2,0	0,5
América	23,0	11,0	11,0

Para uma fertilização correta, deve-se fazer análises ao solo de forma a conhecer a contribuição do solo para a nutrição das plantas e, por outro lado, deve-se também conhecer a exportação de nutriente nos frutos, sendo esta uma medida das necessidades das plantas. A Tabela 9 ilustra a exportação média pelos frutos de tomate e a restituição dos nutrientes ao solo pelos resíduos da cultura.

Tabela 9. Exportação média de macronutrientes principais pelo fruto (Rincón, 2001 in Almeida, 2006)

	Azoto	Fósforo (P₂O₅)	Potássio (K₂O)
Exportação nos frutos (Kg Mg ⁻¹)	1,5-1,7	0,5-0,6	2,3-2,6
Restituição ao solo no resto da planta (kg ha ⁻¹)	2,5	0,5	2,5

2.3.1. Azoto

A cultura do tomate é muito exigente em azoto (Farneselli et al., 2015), mas, no entanto, exporta maiores quantidades de potássio (Anderlini, 1982). O tomateiro extrai cerca de 1,5 -1,7 kg de N por cada Mg de fruto. Por outro lado, a restituição ao solo é de 2,5 kg ha⁻¹ por colheita (Tabela 9). O excesso de azoto promove o crescimento vegetativo e afeta negativamente a qualidade do fruto (Noreña et al., 2006; Porto, 2013; Farneselli et al., 2015). É conveniente aplicar o azoto em duas fases: antes da plantação e após a frutificação (Gardé e Gardé, 1988; Liu et al., 2015). Com o fracionamento procura-se atingir dois objetivos principais: (i) promover a recuperação de azoto aplicado, ajustando melhor a disponibilidade de nutriente no solo com as necessidades das plantas; e (ii) evitar atrasos no desenvolvimento inicial das plantas, com efeito potencialmente negativos na produção (Rodrigues, 2000).

O fornecimento adequado de azoto durante o desenvolvimento da cultura torna-se necessário para garantir a obtenção de elevada produtividade e consequentemente melhorar o rendimento do produtor (Araujo et al., 2007; Elia e Conversa, 2012; Hochmuth e Hanlon, 2014).

Para que os nutrientes se mantenham disponíveis no perfil do solo, para absorção pelos tomateiros, é necessária uma gestão adequada da irrigação de forma a evitar possíveis perdas de nutrientes para o ambiente, em particular os mais móveis no solo como o azoto (Liu et al., 2015).

Diversos fatores podem condicionar a disponibilidade de azoto no solo, bem como dificultar a absorção adequada pela cultura do tomateiro, visto que este nutriente está sujeito a processos de perdas a partir do solo, como lixiviação, volatilização e desnitrificação, os quais influenciam a disponibilidade do azoto para as plantas (Assunção, 2016). A falta de azoto reduz marcadamente o crescimento vegetativo da planta (Noreña et al., 2006; Porto, 2013; Liu et al., 2015). No caso particular de tomate ao ar livre com produções de 70 Mg ha⁻¹, podem aplicar-se até ao limite máximo de 260 kg ha⁻¹ (DRAPC, 2016).

2.3.2. Fósforo

O fósforo não é necessário em grandes quantidades e a sua restituição ao solo é muito reduzida (Tabela 9). Contudo, o fósforo influencia bastante a frutificação e a sua deficiência prejudica a floração e a frutificação (Anderlini, 1982; Noreña et al., 2006; Moreno, 2007).

2.3.3. Potássio

A cultura de tomate apresenta elevada exigência em potássio, mesmo em comparação com o azoto, tendo em conta as quantidades particularmente elevadas nos frutos (Tabela 9). O potássio melhora a qualidade do fruto, aumentando o teor de açúcar (Gardé e Gardé, 1988; Noreña et al., 2006; Liu et al., 2015).

Normalmente, para uma produção de 100 Mg ha⁻¹, a cultura de tomate requer as seguintes quantidade de fertilizante: 100 a 150 kg N ha⁻¹; 65 a 110 kg P (P₂O₅) ha⁻¹ e 160 a 240 kg K (K₂O) ha⁻¹. O tomate plantado ao ar livre com uma produtividade superior a 150 Mg ha⁻¹, requer por hectare cerca de 300-600 kg de N, 150-300 kg de P₂O₅ e 600-1000 kg de K₂O (Steduto et al., 2012). A absorção de potássio pelo tomateiro, tal como de azoto e fósforo, aumenta muito no início dos vigamentos dos frutos (Almeida, 2006).

3. Materiais e métodos

3.1. Caracterização do local

3.1.1. Clima

O ensaio decorreu na área experimental da Quinta de Santa Apolónia da Escola Superior Agrária de Bragança (Latitude: 41°48'20" N; Longitude 6°45'25" O; Altitude 673 m), Portugal no período de junho a outubro de 2016. O clima do local, segundo classificação de Köppen, é do tipo mediterrânico (Csa), com precipitação e temperatura média anual de 758,3 mm e 12,3°C, respetivamente.

Os dados meteorológicos foram registados numa Estação Meteorológica Automática localizada na proximidade do campo experimental. A temperatura, humidade relativa do ar, precipitação, velocidade e direção do vento e radiação global foram registadas diariamente durante o período que decorreu o trabalho experimental.

3.1.2. Solo

O solo é um Regossolo eutrício de origem coluvial, de textura franco-limoso. As propriedades físico-químicas do solo foram determinadas a partir da amostra do solo colhido antes da instalação do ensaio e estão apresentadas na tabela 10.

Tabela 10. Características do solo determinadas a partir de amostras do solo as profundidades de (0-5 cm; 5 -20 cm; 20-40 cm e 40-60 cm) no momento da instalação da experiência em 2016.

Propriedades do solo	Profundidade da amostra			
	0-5 cm	5-20 cm	20-40 cm	40-60 cm
Areia (%)	53,86,,,,
Limo (%)	22,81,,,,,,
Argila (%)	23,34,,,,,,
Elementos grosseiros (%)	18,,,,,,
Textura	Franco-Limoso			
pH _{H2O}	6,14	5,61	5,77	5,71
pH _{KCl}	5,12	4,64	4,76	4,64
Matéria orgânica (g kg ⁻¹) ^b	9,8	9,9	8,6	7,8
B extratável (mg kg ⁻¹) ^c	0,28	0,07	0,08	0,27
P extratável (mg P ₂ O ₅ kg ⁻¹) ^d	62	89,52	45,32	33,64
K extratável (mg K ₂ O kg ⁻¹) ^d	106	98	71	64
Complexo de troca				
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	11,79	11,77	11,57	10,28
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	5,12	6,15	5,44	5,66
K (cmol _c kg ⁻¹)	1,17	0,97	1,1	0,64
Na (cmol _c kg ⁻¹)	0,17	0,17	0,17	0,17
CTCe (cmol _c kg ⁻¹)	18,55	19,22	18,48	16,9
Acidez de troca (cmol _c kg ⁻¹)	0,3	0,15	0,2	0,15

^aWalkley-Black; ^b Incineração; ^cEgner-Rhiem; ^dAzometina-H; ^eAcetato de amônio, pH 7.

3.2. Delineamento experimental

Os tratamentos em ensaio consistiram em três níveis de rega (R1 corresponde a 33,3%ETc, R2 corresponde a 66,7%ETc e R3 corresponde a 100%ETc e quatro níveis de azoto (N0 corresponde a sem N, N50 corresponde a 50 kg ha⁻¹, N100 corresponde a 100 kg ha⁻¹ e N200 corresponde a 200 kg ha⁻¹, respetivamente) na variedade “Coração de boi”. O ensaio foi delineado em talhões subdivididos (“split block”) em que os talhões principais ou grandes talhões são as dos níveis de azoto e os pequenos talhões (sub talhões) as diferentes dotações de rega. Foram efetuadas três repetições por cada tratamento. A dimensão de cada sub talhão foi de 2 x 4m. A dimensão total da parcela é 160 m².

3.3. Aspetos básicos da técnica cultural

3.3.1. Preparação do solo

Na preparação do terreno para o transplante efetuou-se inicialmente uma mobilização profunda (lavoura) para destruir as infestantes e depois uma passagem com a grade de discos para enterrar adubos. Antes do transplante foram aplicados fertilizantes de acordo com as recomendações de análises do solo realizadas para o efeito: 150 kg de cloreto de potássio (KCl) ha⁻¹, 150 kg de superfosfato (P₂O₅) ha⁻¹ e sem N (N0), 25 kg de nitrato de amónio (NH₄NO₃) ha⁻¹ (N50), 50 kg de nitrato de amónio (NH₄NO₃) ha⁻¹ (N100) e 100 kg de nitrato de amónio (NH₄NO₃) ha⁻¹ (N200).

Tendo em conta que o azoto é um elemento muito móvel no solo, fizeram-se duas aplicações: a primeira antes do transplante e a segunda 45 dias após o transplante, sendo sem N (N0), 25 kg de nitrato de amónio (NH₄NO₃) ha⁻¹ (N50), 50 kg de nitrato de amónio (NH₄NO₃) ha⁻¹ (N100) e 100 kg de nitrato de amónio (NH₄NO₃) ha⁻¹ (N200), respetivamente.

3.3.2. Transplantação

As plantas foram transplantadas em 31 de maio de 2016 com 2 meses de idade com compasso de plantação de 0,50 X 0,50 m. O sistema de condução foi em eixo central com um caule principal.

3.3.3. Gestão da rega

A rega foi feita de acordo com a evapotranspiração da cultura para cada tratamento. A ETC foi determinada com base nos coeficientes culturais (Kc) e na ETo (Equação 1). A ETo foi calculada pelo método Penman-Monteith (Allen et al., 2006).

$$ETc = ETo * Kc \quad (1)$$

A dotação real de rega foi calculada de acordo com equação:

$$Do = \frac{ETc - Pu}{Ef} \quad (2)$$

Onde D_o é dotação de rega (mm); E_{Tc} a evapotranspiração da cultura (mm); P_u a precipitação útil (mm) e E_f a eficiência de rega. Foi considerada uma eficiência de rega de 95%. A P_u foi determinada de acordo com o método da FAO (Smith, 1992).

A rega foi efetuada pelo método de rega gota-a-gota com uma rampa por linha de planta, com gotejadores de $1,5 \text{ l h}^{-1}$ distanciados de 20 cm. Foram efetuadas três regas por semana com um intervalo de rega de um a dois dias. A rega iniciou após a transplantação em 08 junho e terminou no dia 07 de outubro.

3.4. Colheita

A colheita foi realizada manualmente, de forma escalonada em 12 plantas por cada tratamento. A primeira colheita ocorreu no dia 05 de agosto de 2016 e estendeu-se até 10 de outubro. Os frutos foram colhidos entre rosa-esverdeado e róseo ou seja entre 3 e 4 na escala de maturação (Paula, 2013).

3.5. Determinações analíticas

Foram avaliadas as características quantitativas e qualitativas da produção por tratamento. Foi determinado número de frutos por planta, diâmetro do fruto, massa fresca do fruto, produção, produtividade e biomassa total. Em relação a característica qualitativa foi determinado o pH da polpa, o teor de sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix), a consistência e o teor de azoto, potássio, fósforo, magnésio e cálcio.

3.5.1. Produção

3.5.1.1. Matéria seca da parte aérea

Para determinar a matéria seca colheram-se 3 plantas por cada tratamento, num total de 36 amostras por parcela. No ato da colheita cortaram-se as plantas na zona do colo de forma a aproveitar maior quantidade de biomassa. Em seguida foram secas em estufa a 70°C , até peso constante. Obteve-se os valores de massa seca da parte aérea (g), pesando-se a matéria seca numa balança com precisão de 0,01g.

3.5.1.2. Massa fresca do fruto

Após a colheita dos frutos, os mesmos foram pesados numa balança digital marca Kern e Sohn GmbH, modelo EW 1500-2M, com precisão de 0,01 g.

3.5.1.3. Determinação do calibre

Para se obter os dados de dimensão do fruto, foi medido o diâmetro transversal dos frutos com auxílio de um paquímetro digital (marca Power Fix® Profi + Electronic Digital calliper. Modelo. No. Z22855), com intervalo de medição (0-150 mm/ 0,6") com uma precisão de 0-100 mm \pm 0,02 mm / 0,001" 100-150 mm \pm 0,03 mm / 0,001" g, medida expressa em milímetros. Todos os frutos colhidos foram submetidos a medição. Para a classificação do calibre dessa variedade tomou-se em consideração a partir do código do calibre 5 (Regulamento (CE) n. o 543/2011 da comissão., 2011). A Tabela 11 foi utilizada para classificação da produção de frutos grandes, médio e pequeno em Mg ha⁻¹.

Tabela 11. Classe de calibre usado na classificação dos frutos do tomateiro (Regulamento (CE) n. o 543/2011 da comissão., 2011).

Classe do fruto	Diâmetro transversal (mm)
Grande	> 60
Médio	50 e 60
Pequeno	40 e 50

A produção comercial (PC) é a soma da produção de frutos grandes, médios e pequenos expresso em Mg ha⁻¹.

3.5.1.4. Produção total do tomateiro

A produção média de frutos (kg planta⁻¹), para cada sub talhão experimental, foi calculada com base no número de frutos por planta e na respetiva massa fresca. A partir dos dados de produção por planta, calculou-se a produtividade da cultura (Mg ha⁻¹). A produção total (PT) é a soma da produção comercial e a produção de frutos descartados.

3.5.2. Qualidades de frutos

3.5.2.1. Teor de sólidos solúveis totais

Para determinação dos sólidos solúveis totais, assim como do pH, foram utilizados 12 frutos de cada sub talhão. Os frutos foram prensados para extração da polpa. A determinação dos sólidos solúveis totais foi realizada depois da filtragem da amostra com peneiras de malha fina com 7 cm de diâmetro. Os sólidos solúveis totais foram determinados por refratometria seguindo os procedimentos descritos por (Silva et al., 2003).

3.5.2.2. pH

O pH foi obtido por leitura em potenciômetro digital (marca Microprocessor pH Meter modelo HANNA pH 210), devidamente calibrado, diretamente na polpa de tomate prensada e filtrada, seguindo os procedimento descritos por Jones (2001) e Souza et al. (2010).

3.5.2.3. Consistência

A consistência foi determinada com o auxílio de um TA. XT plus Texture Analyser (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, United Kingdom) com ponteira de 2 mm de diâmetro.

Para a determinação da consistência foram utilizados 3 frutos por cada tratamento, num total de 36 amostras por parcela, dos quais foi retirada, em três pontos dos frutos, uma camada fina de epiderme do fruto com auxílio de um bisturi. Em seguida, os frutos foram perfurados com a agulha do texturômetro na área sem epiderme. A pressão para perfurar o fruto, fornecida pelo texturômetro e expressa em kiloPascals (kPa), foi utilizada para avaliar a consistência do fruto.

3.5.3. Análises laboratoriais

Para a determinação laboratorial das concentrações de nutrientes na planta, estabeleceu-se como folha índice a folha abaixo do cacho, por ocasião da colheita do primeiro fruto maduro (Cardoso, 2007). Para análise do fruto e folha colheu-se 3 amostras por cada tratamento, num total de 36 amostras por parcela. As amostras foram secas em estufa com ventilação forçada regulada a

uma temperatura de 70°C, até peso constante. Em seguida, o material foi moído num moinho da marca Foss, modelo cyclotec™ 1093.

Para a determinação da concentração em azoto foi pesado 1 grama de matéria seca num frasco de digestão para equipamentos Kjeldahl, e colocado em um suporte de alumínio com capacidade para 20 frascos. Em seguida foram adicionados 15 ml de ácido sulfúrico e duas pastilhas de um catalisador e posicionados num bloco de digestão em alumínio à temperatura de 400°C durante 40 minutos. Terminado o período de digestão, e após um período de espera para arrefecimento, colocou-se o tubo de digestão num equipamento automático Kjeltac TM 8400 Analyser unit FOSS, no mesmo foi adicionada uma quantidade de hidróxido de sódio acompanhado de vapor de água. A amónia formada é arrastada na corrente de vapor e titulada com ácido clorídrico num vaso com uma solução recetora de ácido bórico e indicadores (verde de bromocresol e vermelho de metilo)(Bremmer, 1996).

Para a determinação da concentração em fósforo, potássio, cálcio e magnésio foi utilizada uma toma de 0,25 g de matéria seca digerida num digestor por micro-ondas MARS na presença de ácido nítrico. A solução obtida foi de seguida diluída até 50 ml. A partir desta solução procedeu-se à determinação de fósforo pelo método que consiste no desenvolvimento de uma cor azul de molibdénio e que usa o ácido ascórbico como agente redutor, cuja intensidade é avaliada (um complexo fosfomolibdato de amónio num espectrofotómetro a 880 nm). Os catiões Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ foram determinados no extrato, e o P foi determinada por espectrofotometria de absorção atómica (Walinga et al., 1997) num equipamento PYE Unicam PU 9100X.

3.5.4. Azoto aparentemente recuperado

Como indicador de eficiência de uso de azoto foi calculado o azoto aparentemente recuperado (NAR). O processo de cálculo consistiu em subtrair ao azoto contido na biomassa aérea das plantas das modalidades fertilizadas, o azoto contido na biomassa aérea das plantas da modalidade testemunha. Este valor foi dividido pela quantidade de azoto aplicado como fertilizante e multiplicado por 100 para obter um valor em percentagem. O método parte do princípio que o azoto contido na biomassa aérea das plantas da modalidade testemunha (não fertilizada) corresponde ao azoto fornecido naturalmente pelo solo. Assim, esta fração é retirada nas modalidades fertilizadas, sendo o restante azoto contido na biomassa aérea atribuído à aplicação

dos fertilizantes (Rodrigues e Coutinho, 2000; Rodrigues et al., 2006). O azoto aparentemente recuperado é calculado a partir da seguinte equação:

$$\text{NAR (\%)} = \frac{\text{Modalidades fertilizadas} - \text{Modalidade testemunha (não fertilizada)}}{\text{Azoto aplicado como fertilizante}} \quad (3)$$

Para o cálculo da NAR usaram-se os diferentes valores NO face a diferentes lâminas de água aplicada por tratamento, ou seja, usaram-se os três valores de NO de diferentes lâminas de água.

3.5.5. Produtividade da água

O cálculo da produtividade da água (WP) foi efetuado através da seguinte equação:

$$\text{WP} = \frac{\text{Produção total}}{\text{Água aplicada}} \quad (4)$$

em que WP é a produtividade de água (kg m^{-3}); a produção total considerada em (kg ha^{-1}) e a quantidade da água aplicada através da rega mais a precipitação útil em $\text{m}^{-3} \text{ha}^{-1}$.

3.6. Análise estatística

A análise dos dados foi efetuada com programa estatístico IBM SPSS Statistics 22. Foi efetuada a análise de variância afim de averiguar a eventual significância da interação entre os fatores. Após o estudo da interação através da sintaxe, as médias com diferenças significativas foram separadas com o teste Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

4. Resultados e Discussão

4.1. Condições climáticas

4.1.1. Temperatura do ar

Durante o período do ensaio, a temperatura do ar variou entre 2,3 e 37,9°C (Figura 2). A temperatura máxima ultrapassou o limite ideal máximo de 34°C para a cultura (Almeida, 2006). Esse limiar foi ultrapassado em 19 dias, sendo que em 3 a temperatura ultrapassou 37°C. Nestas condições não ocorre a fecundação e as flores abortam (Almeida, 2006). Schwarz et al.(2014) referem que a temperatura ideal para a cultura do tomateiro varia entre 10 a 35°C, embora possa tolera temperatura de 0 até 40°C.

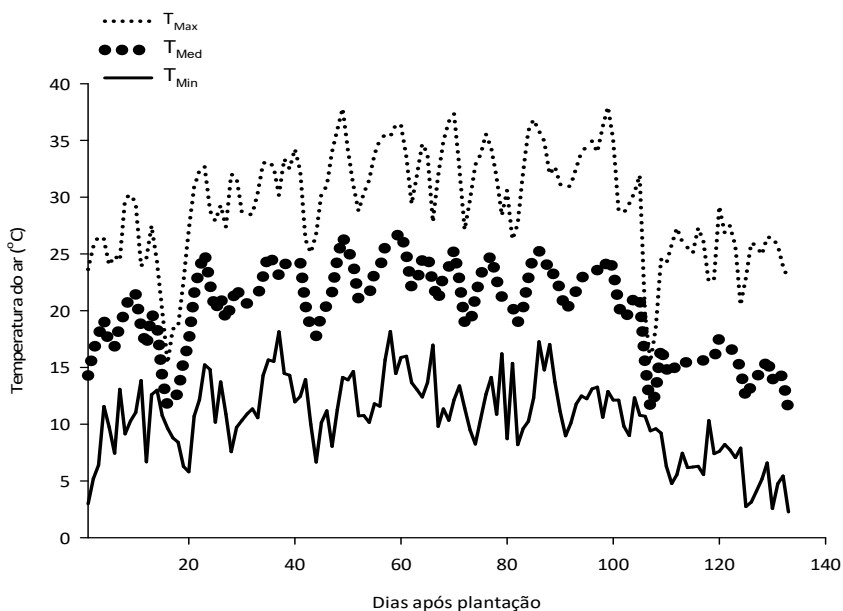


Figura 2. Curso da temperatura média, máxima e mínima do ar (°C) durante o período do ensaio.

Durante o ciclo as temperaturas mínimas foram inferiores a 6,0°C em 14 dias o que pode causar danos pelo frio na planta (Tabela 6). Almeida (2006) constatou que temperatura acima de 28°C prejudica imensamente a absorção do cálcio. Este facto pode justificar o elevado número de frutos com podridão apical, devido a carência do cálcio, que se verificou no ensaio. Este assunto será abordado mais detalhadamente no ponto 4.3.3. Os valores médios mensais para temperatura do ar apresentam-se na Tabela A1.1. nos anexos.

O tempo térmico diário foi determinado pela acumulação da diferença entre temperatura média do ar e a temperatura de base. Foi utilizada uma temperatura de base de 10°C para a cultura

de tomateiro (Zotarelli et al., 2009). A Figura 3 mostra a acumulação do tempo térmico diário durante o ensaio. O tempo térmico acumulado aumentou consoante as etapas de desenvolvimento da cultura, sendo, respetivamente, de 152,1, 686,3, 1205,3 e 1342,2°C dia para as fases inicial, de desenvolvimento, intermédia e final (Tabela 12). O número de botões florais, bem como o número de flor abertas, aumentou com o aumento do tempo térmico diário acumulado por etapas de crescimento, com exceção das fases inicial (estabelecimento da planta). Não se registou esses dados na fase final. Os valores de número de botões florais e o número de flores por tempo térmico diário acumulado nas diferentes fases de crescimento apresentam-se na Tabela A1.2. nos anexos.

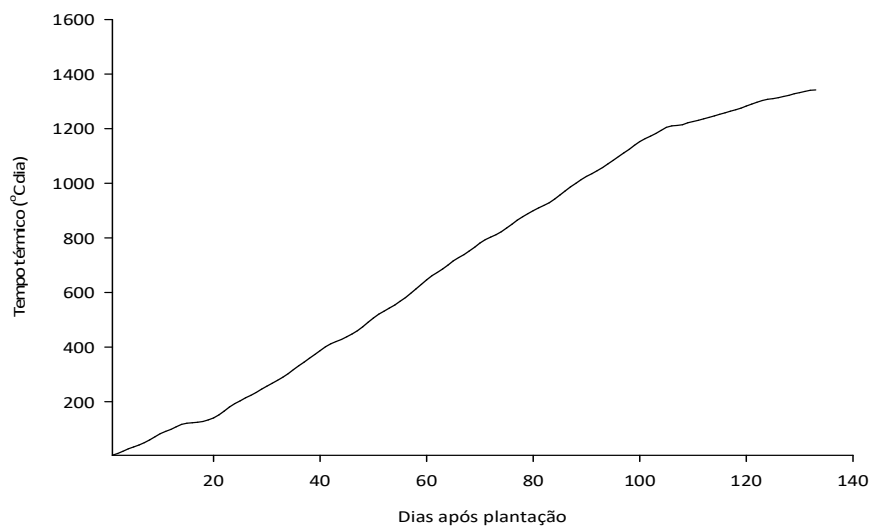


Figura 3. Curso do tempo térmico diário durante o período do ensaio no campo.

4.1.2. Precipitação total

A precipitação acumulada durante o período em que ocorreu a realização do ensaio foi de 36,0 mm, distribuída por 12 dias (Figura 4). O mês de setembro foi o mês que registou a maior precipitação acumulada com 20,4 mm.

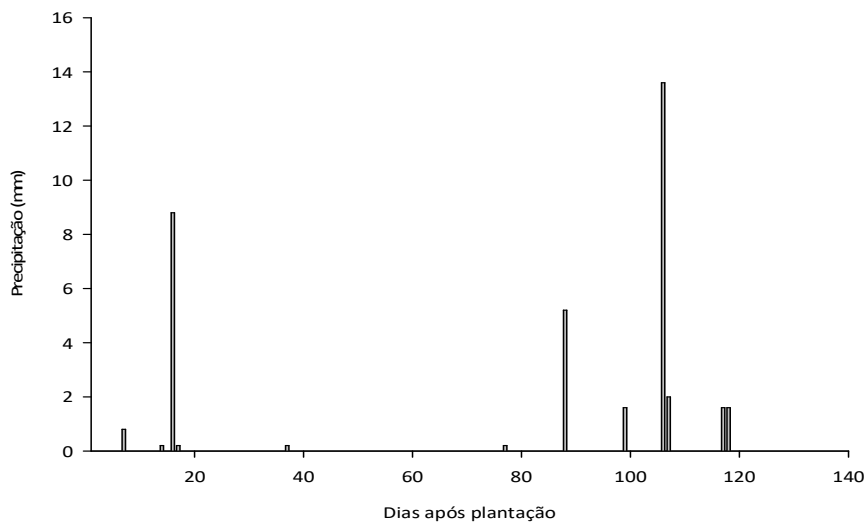


Figura 4. Precipitação (mm) durante o período do ensaio.

No dia 13 de setembro de 2016 ocorreu uma precipitação de 13,6 mm que causou algum prejuízo na produção pela ação física do impacto da chuva nos frutos, provocando a queda de alguns frutos (Figura 4).

4.1.3. Humidade relativa do ar

A humidade relativa do ar afeta a evapotranspiração, a incidência de pragas e doenças e a polinização (Naika et al., 2005; Allen et al., 2006; Hunter, 2010; Schwarz et al., 2014). Durante o ensaio registou-se uma humidade média relativa de 59,4%, com as médias da máxima e mínima de 92,8 e 26,0%, respetivamente (Tabela A1.1. nos anexos). A partir de meados do mês do setembro e até final do outubro, a humidade relativa máxima alcançou um valor em volta dos 96,7 a 99,9% (Figura 5). Schwarz et al. (2014) referem que a humidade relativa ideal para cultura varia entre 30 a 90%.

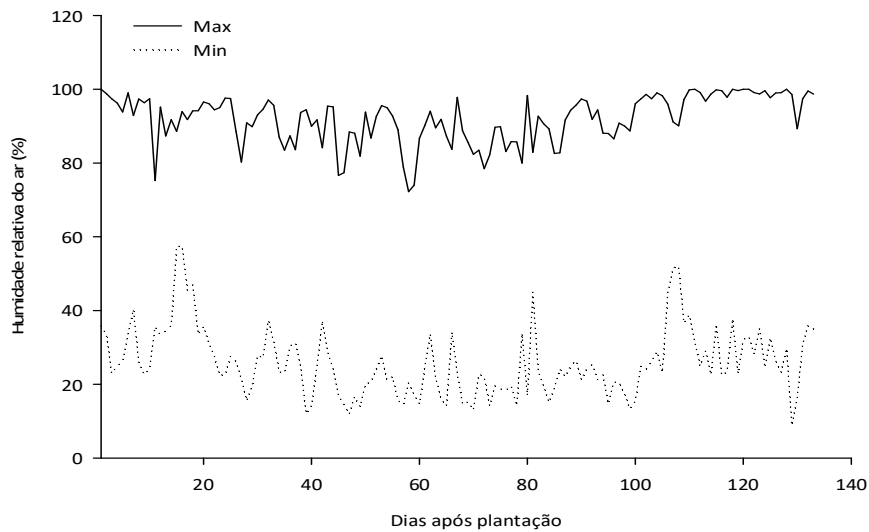


Figura 5. Curso de humidade relativa máxima e mínima do ar (%) durante o período do ensaio

4.1.4. Radiação solar global

A temperatura é um dos principais fatores que limitam o crescimento e desenvolvimento de uma planta. Contudo a intensidade, qualidade e duração da radiação solar afeta significativamente a cultura (Beckmann et al., 2006; Allen et al., 2006; Schwarz et al., 2014). A radiação solar também desempenha um papel relevante no processo de evaporação e transpiração (Noreña et al., 2006; Ribeiro, 2008; Campillo et al., 2012). A média da radiação solar global diária durante todo o período do ensaio foi de $22,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Tabela A1.1. nos anexos), variando de $9,0$ a $30,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Figura 6).

O crescimento e desenvolvimento normal das culturas só ocorrem quando a quantidade de radiação recebida for superior ao limite trófico. Para a maioria das hortícolas, como o tomateiro, esse nível é de aproximadamente $8,5 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, considerado como nível em que a planta produz o mínimo de fotoassimilados necessários à sua manutenção (Nuez, 1995; Allen et al., 2006; Campillo et al., 2012; Schwarz et al., 2014). A radiação solar no local onde ocorreu o ensaio não foi limitante para a cultura (Figura 6).

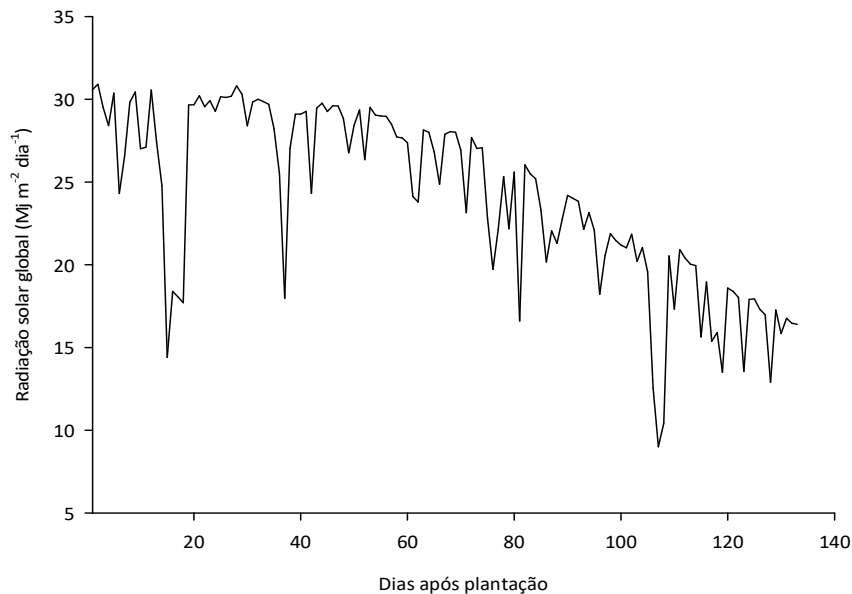


Figura 6. Curso da radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) durante o período do ensaio.

O déficit hídrico e a falta de nutrientes reduzem a taxa de crescimento foliar e causam baixa produção devido à insuficiência de captura de energia. A produtividade da planta depende da interceção da radiação, que por sua vez depende da área foliar, da arquitetura da planta, bem como da eficiência de conversão de energia capturada em biomassa (Nuez, 1995; Miralles e Slafer, 1997; Campillo et al., 2012).

4.1.5. Vento

A velocidade do vento, quando elevada, pode provocar danos significativo na cultura do tomateiro, podendo afetar fortemente o desenvolvimento, o crescimento e o rendimento da cultura (Onoda e Anten, 2011). Allen et al. (2006) referem que a velocidade de vento quando combinada com outros fatores climáticos afeta a evapotranspiração. A média da velocidade do vento durante todo o período do ensaio foi de $0,8 \text{ m s}^{-1}$ (Tabela A1.1. nos anexos), variando de $0,2$ a $2,4 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 7).

Garner e Björkman (1999) referem que o tomateiro tolera uma velocidade de vento até cerca de $1,2 \text{ m s}^{-1}$ e que uma velocidade superior a $19,4 \text{ m s}^{-1}$ causa a morte das plantas. Neste ensaio a influência da velocidade do vento foi reduzida. Contudo, foi possível observar a queda ligeira de flores aquando da ocorrência da velocidade de vento máxima registada durante o período de floração.

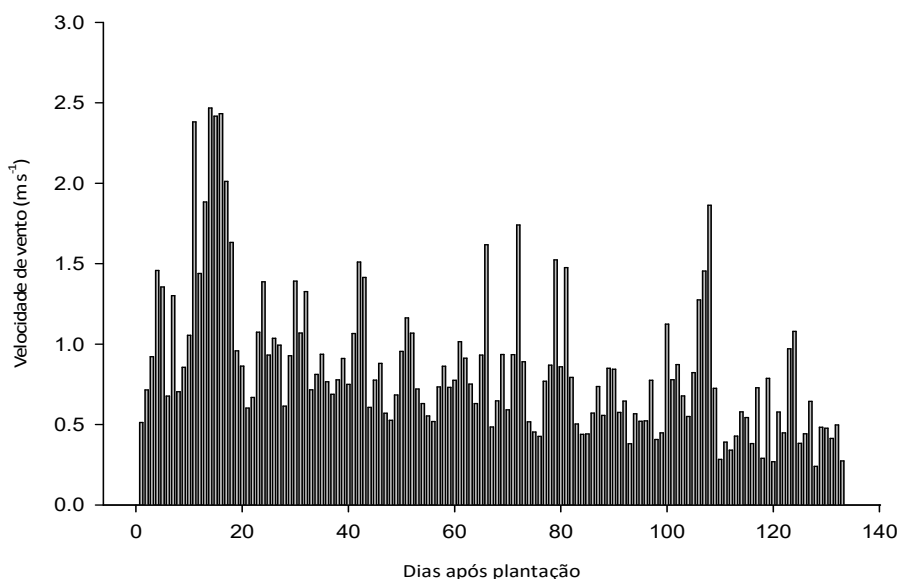


Figura 7. Dados da velocidade do vento (m s^{-1}) durante o período do ensaio.

4.2. Evapotranspiração da cultura e água aplicada

A Tabela 12 apresenta os dados acumulados de evapotranspiração da cultura, evapotranspiração de referência, precipitação, tempo térmico e as lâminas de água: R1, R2 e R3.

Tabela 12. Valores acumulados de ETc (evapotranspiração da cultura), ETo (evapotranspiração de referência), precipitação, tempo térmico, e dotações de rega (R1, R2 e R3) em função das etapas de desenvolvimento da cultura do tomateiro

Etapas	Dias	ETc (mm)	ETo (mm)	Precipitação (mm)	Tempo térmico (°C dia⁻¹)	R1 (mm)	R2 (mm)	R3 (mm)
Fase inicial	21	63,57	105,9	10,0	152,1	14,9	36,1	60,6
Fase de desenvolvimento	42	217,96	247,6	0,2	686,3	72,9	145,5	229,7
Fase intermédia	42	236,52	205,7	7,0	1205,3	74,8	153,7	244,9
Fase final	28	75,41	82,5	18,8	1342,2	13,2	38,3	67,4
Total	133	593,46	641,7	36,0	-----	175,7	373,5	602,6

A evapotranspiração da cultura aumentou de acordo com as etapas de desenvolvimento da cultura e o coeficiente cultural (Tabela 12), resultados semelhantes aos dos (Zotarelli et al., 2009).

O Kc é estimado para simplificar e padronizar o cálculo das necessidades hídricas da cultura, sendo definido como a fração entre a ETc e evapotranspiração de uma superfície de referência, ETo

(Equação 1). Esse coeficiente integra os efeitos da altura de cultura, da evaporação do solo e da taxa de transpiração da cultura (Allen et al., 2006; Ribeiro, 2008). A Figura 8 mostra a curva do Kc do tomateiro durante o ensaio do campo. Foram utilizados os valores de Kc de 0,60, 1,15 e 0,70 para as fases: inicial, intermédia e final, respetivamente (Tabela 7).

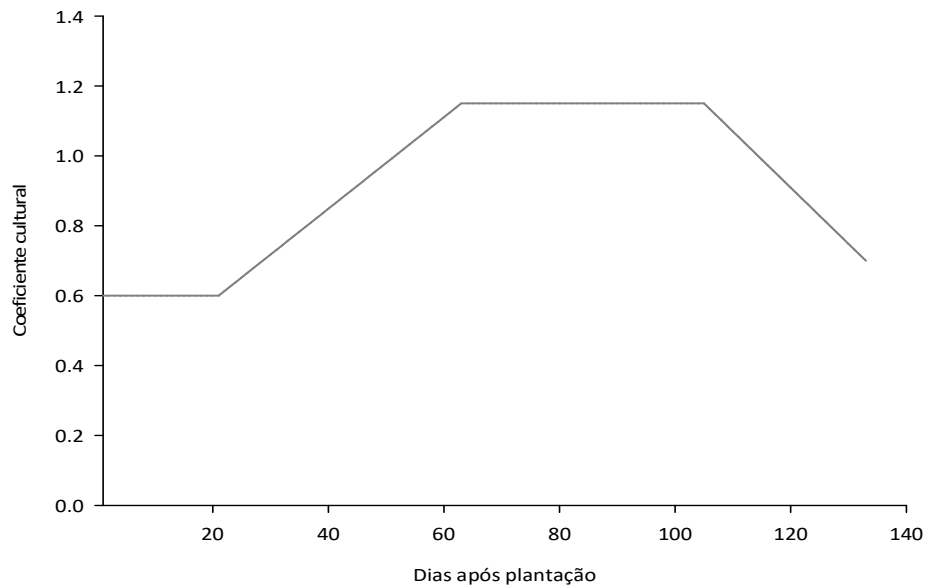


Figura 8. Curva do coeficiente cultura da cultura durante o ciclo produtivo.

4. 3. Produção

A Tabela 13 mostra os dados da produtividade total (P total) de tomate, produtividade comercializável (P comercial), número total de frutos (NTF) por planta, número total de frutos por hectare, número total de frutos comercializáveis (NTFC) por hectare, massa média fresca por fruto (MMFF), massa média fresca por frutos comercializáveis (MMFC) em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicada (R1, R2, R3), e as diferenças estatisticamente significativa para cada variável analisada.

Tabela 13. Valor médios de produtividade total (P total) de tomate, produtividade comercializável (P comercial), número total de frutos (NTF) por planta, número total de frutos por hectare, número total de frutos comercializáveis (NTFC) por hectare, massa média fresca por fruto (MMFF), massa média fresca por fruto comercializável (MMFC) em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).

Tratamento	P total (Mg ha ⁻¹)	P comercial (Mg ha ⁻¹)	NTF planta ⁻¹ (nº)	NTF ha ⁻¹ (nº)	NTFC ha ⁻¹ (nº)	MMFF (kg)	MMFC (kg)
NOR1	40,3 ^{bcd}	36,6 ^{bcd}	14,25 ^c	570000 ^b	356667 ^b	0,08 ^b	0,10 ^a
NOR2	50,7 ^c	49,0 ^c	11,75 ^c	470000 ^b	356667 ^b	0,12 ^a	0,12 ^a
NOR3	27,3 ^d	25,2 ^d	8,42 ^c	336667 ^b	193333 ^b	0,11 ^a	0,11 ^a
N50R1	34,3 ^{cd}	31,7 ^{cd}	13,50 ^c	540000 ^b	360000 ^b	0,07 ^b	0,10 ^a
N50R2	33,6 ^{cd}	33,0 ^{cd}	8,58 ^c	343333 ^b	296667 ^b	0,11 ^a	0,10 ^a
N50R3	27,7 ^d	25,3 ^d	7,33 ^c	293333 ^b	183333 ^b	0,14 ^a	0,10 ^a
N100R1	44,6 ^{bcd}	41,5 ^{bcd}	14,67 ^b	586667 ^{ab}	403333 ^{ab}	0,08 ^b	0,10 ^a
N100R2	67,3 ^b	65,6 ^b	14,83 ^b	593333 ^{ab}	496667 ^{ab}	0,12 ^a	0,11 ^a
N100R3	70,0 ^b	67,1 ^b	17,25 ^b	690000 ^{ab}	530000 ^{ab}	0,10 ^a	0,10 ^a
N200R1	58,6 ^{bcd}	52,7 ^{bcd}	20,17 ^a	806667 ^a	566667 ^a	0,07 ^b	0,10 ^a
N200R2	102,5 ^a	100,8 ^a	21,00 ^a	840000 ^a	736667 ^a	0,12 ^a	0,11 ^a
N200R3	100 ^a	97,1 ^a	20,75 ^a	830000 ^a	633333 ^a	0,13 ^a	0,12 ^a

†Médias seguidas da mesma letra na coluna não são significativamente diferentes pelo teste Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

4.3.1. Número de frutos por planta

O tratamento que obteve a maior quantidade de frutos foi N200R2, com média de 21,0 frutos por planta e a menor produção foi para N50R3, com 7,3 frutos por planta (Tabela 13). Elia e Conversa (2012) também constataram que o número de frutos por planta aumentou com o aumento da dose de fertilização azotada. Neste ensaio a dose N50 obteve menor número de frutos por planta e conseqüentemente menor produtividade, embora não havendo diferenças significativas entre tratamentos (N0 e N50). Pensa-se que isto se deveu à mortalidades de plantas no tratamento (N50) antes do término do ciclo. Porém, o número de frutos por planta e a massa média fresca dos frutos estão diretamente ligados à produtividade. É o caso do tratamento N200R2 que obteve maior quantidade de frutos, produtividade total de 102,5 Mg ha⁻¹ e comercializável 100,8 Mg ha⁻¹. No caso do tratamento N200R1, obteve-se 20,2 frutos por planta, porém com produtividade total de 58,6 Mg ha⁻¹ e 52,7 Mg ha⁻¹ para produtividade comercializável. Sendo tal valor consequência da massa por fruto, que ficou abaixo do recomendado para comercialização. Birhanu e Tilahun (2010) registaram valores médios de número de frutos por planta em torno de 14 a 59 com as variedades de tomate Melka Shola e Melkassa Marglob.

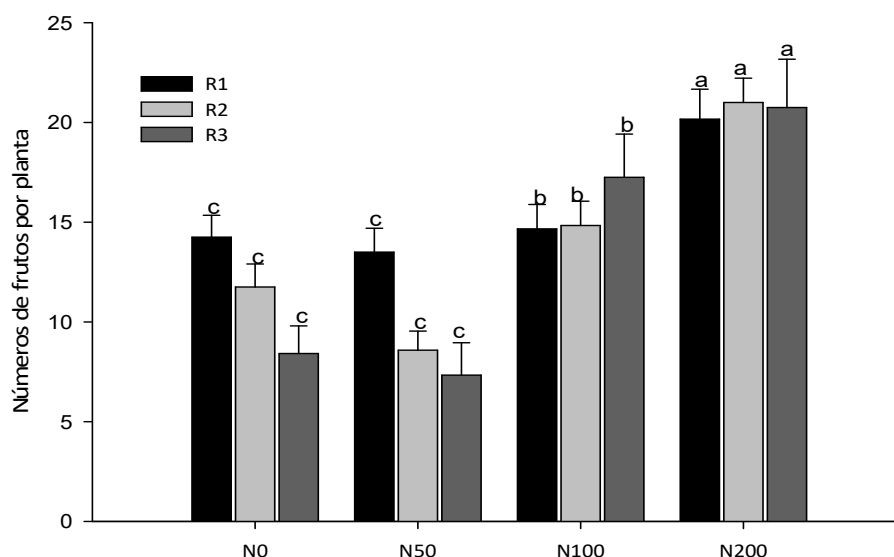


Figura 9. Número de fruto por planta em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Assunção (2016) também encontrou um valor médio de frutos por planta em torno de 31,7 com o híbrido comercial Forty com a dose $N400 \text{ kg ha}^{-1}$. Porto (2013) verificou num ensaio com o híbrido Silvety valores médios de frutos por planta superiores a 9,66; 20,16 e 23,34 nas doses de $N140$; $N280$ e $N420 \text{ kg ha}^{-1}$, valores semelhantes aos registados neste ensaio. A Figura 9 mostra que não há diferenças significativas entre os números de fruto por planta ($p= 0,547$) entre os tratamentos com N0 e N50, mas há diferenças significativas ($p=0,001$) entre tratamentos com N100 e N200.

Elia e Conversa (2012) obtiveram valores médios de frutos por planta entre 89,1 a 139,1, de tomate para processamento com diferentes doses de fertilização azotada. Santos (2009) também observou a variação dos valores médios entre 46,68 e 46,47 frutos por planta com os híbridos HE-38 e HE-27 (tomate de mesa). A rega não afetou significativamente ($p= 0,114$) o número de frutos por planta (Tabela A2.7.nos anexos).

4.3.2. Massa fresca média do fruto

A massa média fresca por fruto variou entre 0,07 e 0,14 kg, para os tratamentos N50R1, N200R1 e N50R3, respetivamente. Porém, dentro da produção comercializável, a massa média fresca variou de 0,10 a 0,12 kg por fruto (Tabela 13). Essa diferença de massa entre produção total e produção comercializável deve-se ao fato de na produção total estarem incluídos os frutos que

foram descartados. Como na produtividade comercializável se excluem os frutos com defeitos e com um determinado calibre (Regulamento (CE) n. o 543/2011 da comissão., 2011), a massa média por fruto tem a tendência a ser superior em comparação a massa média por frutos total.

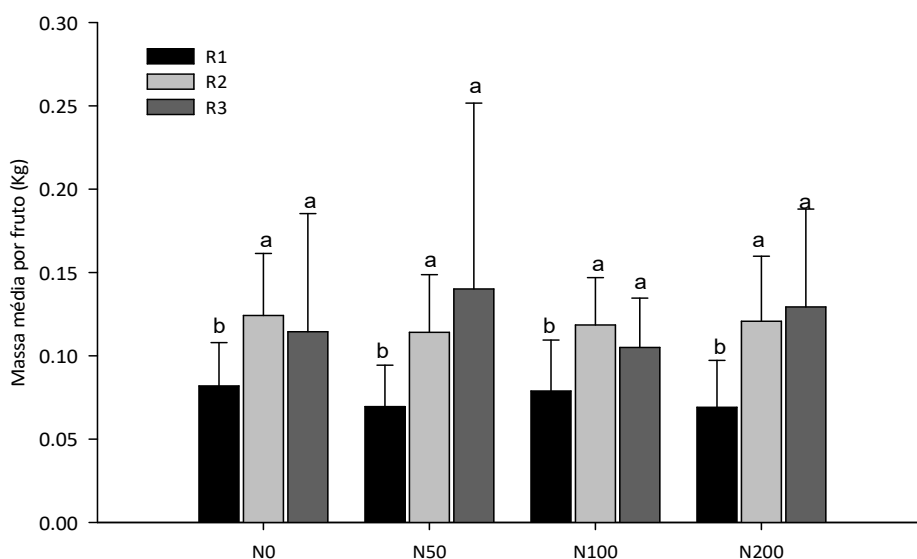


Figura 10. Massa média por fruto em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Marodin (2011) registou uma massa média de frutos de 0,088 kg, valores próximos aos dos tratamentos NOR1 e N100R1 neste ensaio. Elia e Conversa (2012) obtiveram uma massa média por fruto em torno 0,037 a 0,045 kg com as doses de azoto N300 a N200 kg ha⁻¹, valores muitos inferiores aos registados neste ensaio. Elnesr et al.(2015) também observaram uma massa média de fruto entre 0,11 a 0,15 kg, valores bastantes próximos aos registados nos tratamentos NOR2, NOR3, N50R2, N50R3, N100R2, N200R2 e N200R3.

A massa média dos frutos no tratamento R1 foi inferior à dos tratamentos R2 e R3 (Figura 10). Resultados semelhantes foram registados por Zhai et al. (2016). Observaram-se diferenças significativas entre R1 e as restantes lâminas de água, mas não entre R2 e R3 (Figura 10). A fertilização azotada não afetou significativamente ($p = 0,929$) a massa fresca média de fruto (Tabela A2.8. nos anexos).

4.3.3. Frutos estragados (podridão apical)

A podridão apical é um distúrbio de ordem fisiológica que tem como causa principal alterações no estado nutricional do tomateiro, comprometendo seriamente a produção

comercializável dos seus frutos. A deficiência de cálcio na parte apical do fruto é a causa primária dessa anomalia (Castellane, 1988; Noreña et al., 2006).

O número de frutos estragados por podridão apical apresentou diferenças entre os tratamentos. A média do número de frutos estragados por planta foi de 3,16 para o tratamento N200R1 e de 0,08 para o tratamento N50R3. Notou-se, nitidamente, que houve um aumento do número total de frutos estragados com a diminuição da água aplicada.

Ocorreram diferenças significativas ($p = 0,05$), entre R1 e as restantes lâminas de água, mas não entre R2 e R3 (Figura 11). A fertilização azotada não afetou significativamente ($p = 0,544$) o número de frutos estragados por podridão apical (Tabela A2.11. nos anexos).

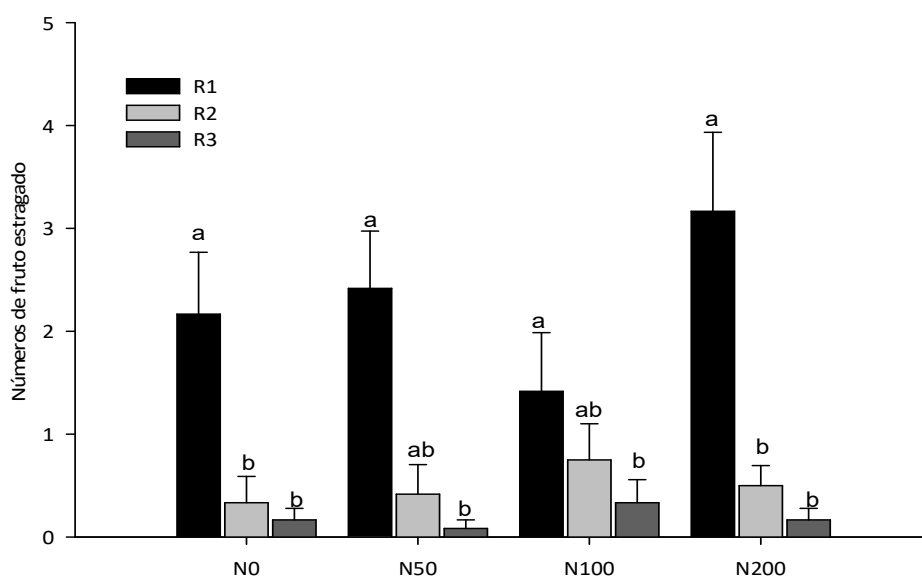


Figura 11. Números de frutos estragados (podridão apical) em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Marques (2013) também verificou que a média de frutos com podridão apical por planta variou entre 0,1 e 2,2, sendo que o maior número de frutos com podridão apical pertenceu ao tratamento com menor lâmina de água de rega ($0,75ET_c$). Kirkby (1979) e Naika et al. (2005) também relacionaram a podridão apical com a deficiência de água na planta e no solo e com suprimento excessivo de azoto. Hohjo et al. (1995) também registaram uma maior ocorrência de podridão apical nos tratamentos com maiores disponibilidades de azoto no solo e justificaram o resultado com a maior biomassa da planta e uma conseqüente taxa de transpiração superior. Os autores referem que pode também ter ocorrido maior salinização do solo devido às elevadas doses

de fertilizantes azotadas aplicadas, as quais inibem a absorção de Ca e aumentam a ocorrência de podridão apical.

4.3.4. Produção de frutos grandes, médios e pequenos

Na Tabela 14, encontram-se os valores da produção de frutos grandes (PFG), médios (PFM) e pequenos (PFP) por planta. Verificou-se uma interação significativa da fertilização azotada e da rega para a variável produção de frutos grandes (PFG) (Tabela A2.3. nos anexos). A fertilização azotada, bem como a rega, não afetou significativamente a produção de frutos médios (PFM) e a produção de frutos pequenos (PFP) (Tabela A2.4. e Tabela A2.5. nos anexos).

Tabela 14. Produção média de frutos grandes (PFG), frutos médios (PFM) e frutos pequenos (PFP) em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).

Tratamento	PFG (kg planta ⁻¹)	PFM (kg planta ⁻¹)	PFP (kg planta ⁻¹)
N aplicado (kg ha⁻¹)			
0	0,20 ^a	0,09 ^a	0,05 ^a
50	0,16 ^b	0,09 ^a	0,05 ^a
100	0,18 ^{ab}	0,09 ^a	0,05 ^a
200	0,20 ^a	0,09 ^a	0,05 ^a
Lâminas de água			
R1	0,16 ^b	0,09 ^a	0,05 ^a
R2	0,19 ^a	0,09 ^a	0,05 ^a
R3	0,20 ^a	0,09 ^a	0,04 ^a

†Médias seguidas da mesma letra na coluna não são significativamente diferentes pelo teste Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

Os resultados mostraram que no tratamento R3 obteve-se a máxima PFG, pese embora não se diferencie significativamente de R2, enquanto no tratamento R3 obteve-se a menor PFP. Os níveis de fertilização azotada que resultaram na máxima PFG foram N0 e N200, e estas diferenciam-se significativamente das doses N50 e N100, pese embora N50 tenha registado menor PFG (Tabela 14).

Segundo Delazari (2014) o calibre do fruto é bastante importante, visto que quanto maior for o fruto melhor é o preço da comercialização. A Figura 12 mostra a frequência relativa de número total de fruto por calibre em função de diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Os resultados revelaram que as lâminas de água não afetaram a frequência relativa de número de fruto por calibre, enquanto a fertilização azotada afetou significativamente esta variável (Tabela A2.2. nos anexos). Sendo que o N200 resultou no maior número de frutos grande (NFG) e número de frutos médios (NFM), enquanto as doses N0 e N50 resultaram na menor NFG e NFM e sem diferenças significativas. Apesar de N200 resultar na maior NFP não houve diferenças significativas entre os

tratamentos para essa variável. A dose N100 não afetou significativamente o NFG e NFM, mas afetou significativamente o NFP

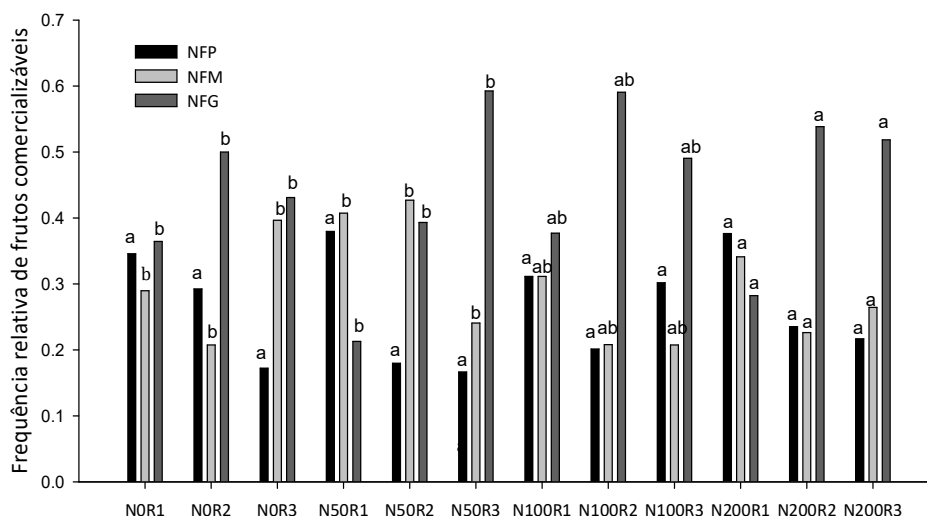


Figura 12. Frequência relativa de número total de fruto por calibre em função de diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

4.3.5. Produtividade total do tomateiro

Os resultados relevaram que a interação entre azoto e rega foi significativa para a variável produtividade total (Tabela A2.1. nos anexos), tendo o tratamento N200R2 registado a maior produtividade total com um valor médio de 102,5 Mg ha⁻¹, enquanto o tratamento NOR3 obteve a menor produtividade com um valor médio de 27,3 Mg ha⁻¹ (Tabela 13). Estes resultados são semelhantes aos registados por Erdal et al. (2006) com a cultivar Rio Grande-0624. Ferreira et al. (2010), com a cultivar Santa Clara, também registaram uma maior produção total com a dose de N200 bem como Elia e Conversa (2012). Ocorreram diferenças significativas ($p=0,05$) entre os tratamentos que obtiveram maior e menor produção por planta (Figura 13). No estudo realizado num ambiente protegido com o híbrido 'Carmen', (tomate de mesa) foi encontrada produtividade total do tomateiro em torno de 68,3 a 106,6 Mg ha⁻¹ (Araujo et al., 2007).

Assunção (2016) obteve o valor médio de produtividade total de 82,1 Mg ha⁻¹ com o híbrido comercial Forty com a dose N100 kg ha⁻¹. Zheng et al. (2013) registaram um valor de produtividade total do tomateiro bastante superior aos registados neste ensaio: 89,6 a 149,5 Mg ha⁻¹ com os limiares de potencial matricial do solo de 50 e 10 kPa, com a cultivar Shijihongguan.

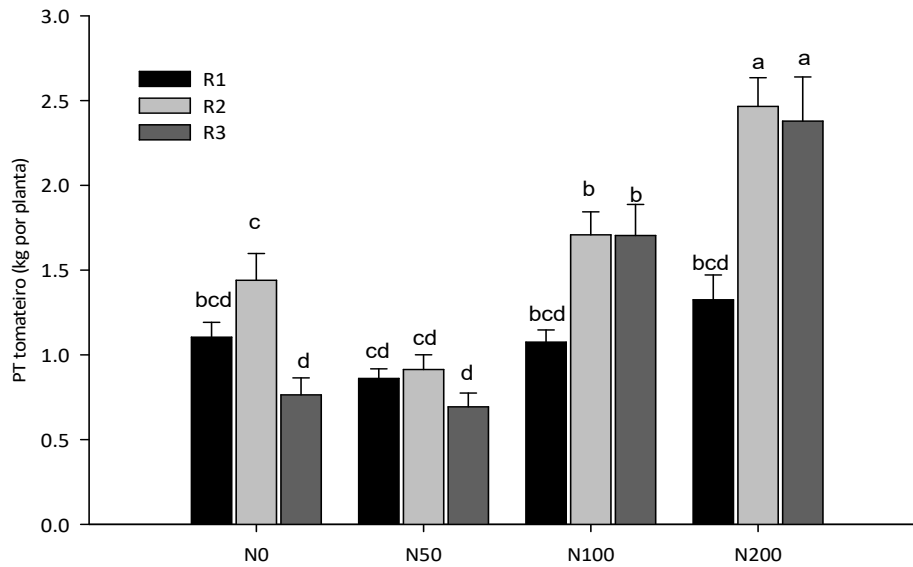


Figura 13. Produção total (PT) do tomateiro por planta em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

A produção por planta variou de 0,68 a 2,56 kg, para os tratamentos N0R3 e N200R2, respetivamente. Borgognone et al. (2013) em sistema de cultivo hidropónico com tomate enxertado encontraram valor médio da produção por planta em torno de 0,77 a 1,22 kg, valores muito abaixo aos registados nos tratamentos N0R1, N50R1, N50R2 e N100R1, deste ensaio. Malash et al. (2008), em estudo sobre efeito de diferentes métodos de irrigação na produtividade e qualidade do tomate da cultivar Floradade, encontraram valores médios de produção por planta entre 0,26 a 3,19 kg.

Relativamente à produtividade comercializável, o tratamento N200R2 foi o que obteve maior produtividade comercializável com $100,8 \text{ Mg ha}^{-1}$, sendo o tratamento N0R3 o que obteve o menor resultado com $25,2 \text{ Mg ha}^{-1}$. O nível de fertilização azotada que obteve melhor produção foi N200, com diferenças significativas ($p = 0,00$) para N100, N50 e N0. Os níveis de azoto N50 e N0 não se diferenciaram significativamente ($p = 0,837$), enquanto as diferenças entre os níveis N0 e N100 foram significativas ($p = 0,088$).

Marouelli et al. (2014) encontraram melhores produtividades do tomateiro com as doses de N de 287 kg ha^{-1} e 270 kg ha^{-1} . A lâmina de água R1 registou menor produtividade seguida de R3 e R2. Embora, a lâmina da água R2 tenha registado melhor produtividade, esta não se diferenciou significativamente ($p = 0,116$) da R3, mas foi diferente ($p = 0,00$) da R1.

4.4. Qualidade do Fruto

4.4.1. Sólidos Solúveis Totais (SST)

Os resultados mostraram que a interação entre azoto e rega não foi significativa para a variável SST, que nesse caso específico foi apenas afetada pelo fator rega (Tabela A2.12. nos anexos). Diversos autores constataram a existência de uma interação significativa entre a rega e fertilização azotada na cultura de tomateiro (Damiani et al., 2008; Bénard et al., 2009; Resende et al., 2010; Marodin, 2011). O teor em SST aumentou com a diminuição de água aplicada. O valor médio foi de 4,78 °Brix para o tratamento R1 e 4,21 para R2 e 4,44 para R3 (Figura 14). Resultados semelhantes foram registados por Birhanu e Tilahun (2010) e Zhai et al. (2016). A diferença entre os tratamentos R1 e os restantes tratamentos correspondentes a maiores lâminas de água aplicadas foi estatisticamente significativa ($p = 0,05$) (Figura 14). Resultados semelhantes foram registados por Koetz et al. (2010), que observaram uma relação linear decrescente do teor de sólidos solúveis totais com o aumento da lâmina de água de irrigação.

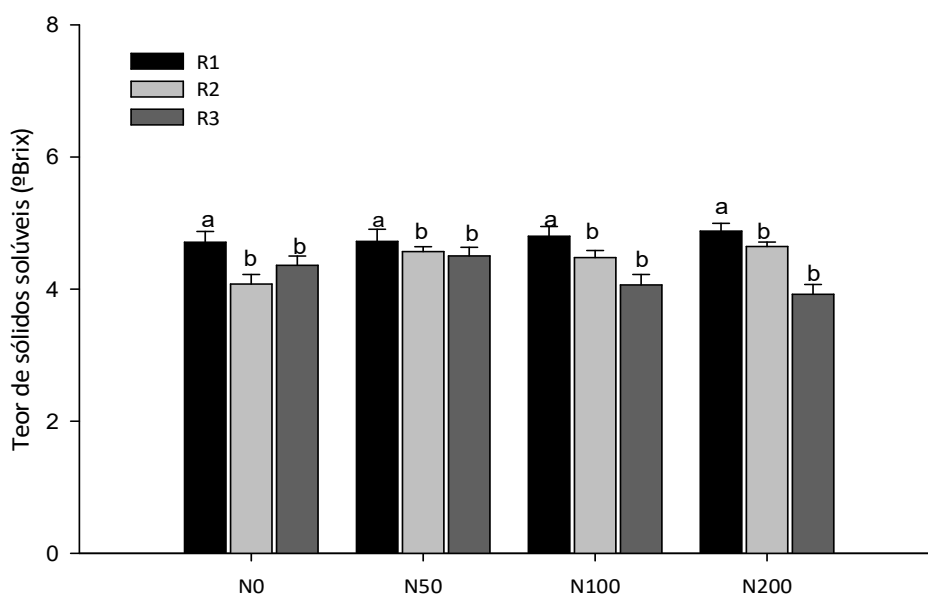


Figura 14. Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) dos frutos de tomate em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Ferreira et al. (2006) registaram valores de °Brix entre 3,93 e 3,94 quando aplicaram diferentes doses e fontes de azoto. Koetz et al. (2010) registaram um valor de 6,25 de °Brix em tomate industrial para uma lâmina de água L1 (50%), valor muito acima das médias registadas neste ensaio. Patané et al. (2011) também registaram, com cultivar Brigade para tomate industrial, valores do °Brix entre 4,80 para lâmina de rega 100% da ETC e 7,60 para 0% ETC.

Marques (2013) registou valores de SST entre 6,8 a 7,2 °Brix em tomates da variedade grape, para lâminas de rega (1,00.ET_c e 0,75.ET_c). Genuncio et al. (2010) registaram valores entre 4,7 a 6,3 °Brix com três cultivares (Cereja 261, San Marzano e Santa Clara) e um híbrido comercial (Cereja Chipano), num ensaio em hidroponia e fertirrigação com doses de azoto e potássio, bastante superiores aos registados neste ensaio. Malash et al.(2008) observaram, num estudo sobre efeito de salinização da água de irrigação na produção de tomate, um teor de sólidos solúveis totais que variou de 4,7 a 5,5. Zheng et al.(2013) encontraram valores médios do teor em SST entre 3,6 a 5,0 °Brix com os limiares de potencial matricial do solo de 10 e 50 kPa.

4.4.2. pH

Os resultados mostraram que os valores de pH variaram entre 4,18 para o tratamento N100 e 4,22 para o tratamento N50 (Figura 15). Valores semelhantes foram registados por (Genuncio et al., 2010). Assunção (2016), num ensaio com diferentes fontes e doses de azoto com o tomate Dominador (híbrido comercial), registou valores de pH que variaram entre 4,0 e 4,3. Delazari (2014) e Machado e Oliveira (2005) registaram valores do pH que variaram na faixa de 4,24 a 4,39 num ensaio com diferentes regimes e profundidades de irrigação por gota-a-gota subterrânea.

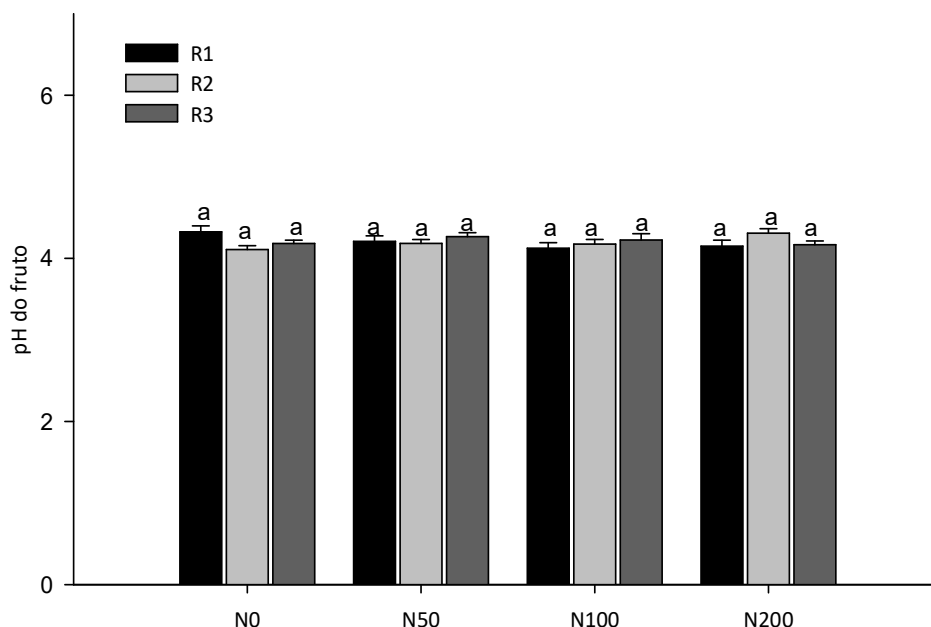


Figura 15. pH de fruto em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

Marques (2013) registou valores de pH que variaram de 4,03 a 4,14 com o tomate da variedade grape, valores inferiores aos obtidos neste ensaio. Ferreira et al. (2006) e Soto et al.

(2015) também registraram valores médios do pH entre 4,58 a 4,61 com diferentes doses de azoto. A Tabela A2.13. mostra que a rega e fertilização azotada não afetaram significativamente ($p= 0,930$) o pH.

4.4.3. Consistência

O azoto além de influenciar o crescimento e a produtividade do tomateiro também interfere em aspetos relacionados com a qualidade dos frutos (Assunção, 2016). A consistência é muito importante para a comercialização, uma vez que é uma característica bastante exigida pelos consumidores, influenciando diretamente na opção de compra (Nuez, 1995; Andreuccetti et al., 2007).

Os resultados mostraram que os valores de consistência variaram entre 335,71 e 423,94 kPa (Figura 16). Em relação à consistência dos frutos, não foram observadas diferenças significativas ($p= 0,168$) entre os tratamentos (Tabela A2.14. nos anexos). Assunção (2016) encontrou valores próximos dos registados neste ensaio, mas sem diferenças significativas quando aplicada a dose de 100 kg ha⁻¹. Registou, no entanto, diferenças significativas para uma dose de 400 kg ha⁻¹ com diferente fonte de azoto. Porto (2013) também não encontrou diferenças significativas na consistência dos frutos de tomate num ensaio em que estudou diferentes doses de azoto na produção e qualidade comercial dos frutos. Soto et al.(2015) também não encontram diferenças significativas na consistência do fruto num ensaio conduzido em fertirrigação em estufa e com diferentes doses de azoto.

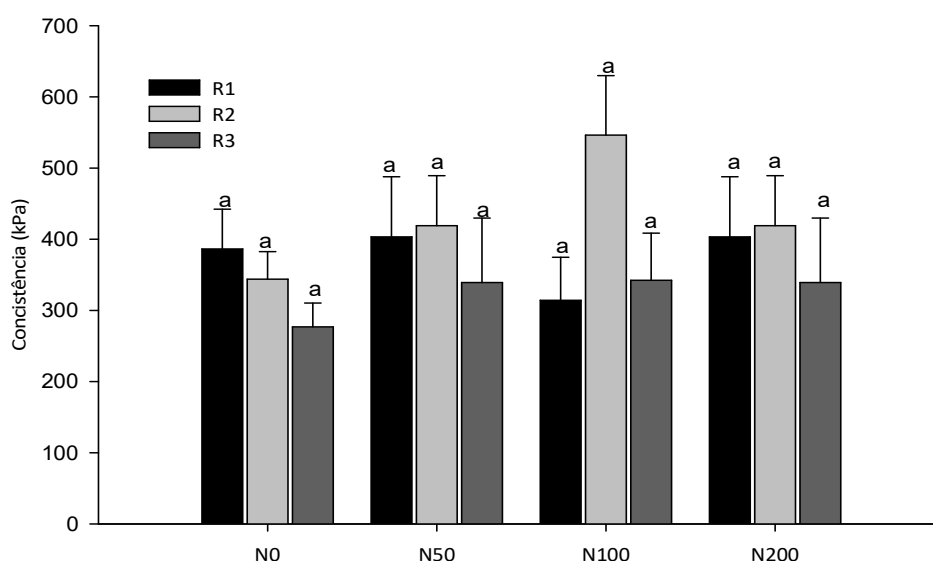


Figura 16. Consistência de fruto em função dos diferentes níveis de azoto e lâminas de água. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha = 0,05$)

Em ensaios realizado em estufa Bénard et al.(2009) observaram diferenças significativas na consistência do fruto do cultivar Clotilde para diferentes doses de azoto. Segura et al.(2009) constataram existência da interação significativa entre azoto e rega para cultivar Pitenza num ensaio conduzido em estufa.

4.5. Concentração de nutrientes

A Tabela 15 mostra os resultados da concentração de azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio nos frutos e nas folhas da cultura de tomateiro em função da fertilização azotada e lâminas de água de rega.

Tabela 15. Valor médios da concentração de nutrientes no fruto e na folha em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).

Tratamento	N fruto	N folha	P fruto	P folha	K fruto	K folha	Ca fruto	Ca folha	Mg fruto	Mg folha
N (kg ha⁻¹)	-----g kg ⁻¹ -----									
N0	11,45 ^b	24,19 ^a	3,30 ^a	2,42 ^a	39,73 ^a	28,59 ^a	0,12 ^a	3,58 ^a	1,55 ^a	8,36 ^{ab}
N50	11,27 ^b	19,69 ^b	2,82 ^{ab}	2,30 ^{ab}	29,06 ^b	26,60 ^a	0,11 ^a	2,98 ^b	1,35 ^a	7,62 ^b
N100	11,47 ^b	20,53 ^b	2,75 ^{ab}	2,08 ^b	28,01 ^b	22,22 ^b	0,12 ^a	3,19 ^{ab}	1,40 ^a	7,92 ^{ab}
N200	14,74 ^a	26,57 ^a	2,46 ^b	1,78 ^c	28,28 ^b	20,56 ^b	0,10 ^a	3,30 ^{ab}	1,37 ^a	8,79 ^a
Lâminas										
R1	12,47 ^a	22,84 ^a	2,41 ^b	1,72 ^c	29,26 ^a	22,52 ^b	0,11 ^a	3,08 ^a	1,32 ^a	8,75 ^a
R2	12,37 ^a	22,33 ^a	2,81 ^{ab}	2,12 ^b	31,54 ^a	24,01 ^{ab}	0,11 ^a	3,33 ^a	1,43 ^a	8,21 ^{ab}
R3	11,86 ^a	23,07 ^a	3,28 ^a	2,59 ^a	33,00 ^a	26,94 ^a	0,12 ^a	3,39 ^a	1,50 ^a	7,55 ^b

†Médias seguidas da mesma letra na coluna não são significativamente diferentes pelo teste Tukey HSD ($\alpha=0,05$)

4.5.1. Concentração de azoto

Os resultados revelaram que as lâminas de água não afetaram significativamente a concentração de azoto, enquanto que a fertilização azotada afetou significativamente a concentração de azoto (Tabela A2.17 e Tabela A2.18. nos anexos). Contudo, observa-se a maior concentração de azoto nos frutos nos tratamentos R1 e R2, enquanto R3 registou menor concentração. Já nas folhas verificou-se a situação inversa, visto que a lâmina da água R3 registou-se uma concentração de azoto superior à R2. Nota-se, nitidamente, que a dose N200 apresentou melhor resultado de concentração de azoto e N50 apresentou o pior resultado (Tabela 15). Blanco e Folegatti (2008) não constataram diferenças significativas na concentração de azoto nos frutos com incremento da dose da fertilização azotada.

Marouelli et al. (2014) constataram que o incremento da dose de fertilização azotada aumenta a concentração de azoto nas folhas, resultado semelhante ao registado nesse ensaio. Erdal et al. (2006) também constataram o aumento da concentração de azoto nos frutos e nas folhas com o incremento da dose de fertilização azotada, sendo que estas concentrações variaram de 2,2 a 2,8 g kg⁻¹ nas folhas e de 2,0 a 2,8 g kg⁻¹ nos frutos. Os mesmos autores também constataram haver interação significativa entre a fertilização azotada e lâminas de água na concentração de azoto nos frutos e nas folhas. Delazari (2014) registou a variação da concentração de azoto nas folhas de 36,1 a 61,9 g kg⁻¹, mas sem diferenças significativas.

Borgognone et al. (2013) registaram a variação da concentração de azoto nos frutos entre 14,2 a 21,2 g kg⁻¹ e nas folhas entre 32,3 a 39,1 g kg⁻¹, valores bastantes superiores aos registados neste ensaio. Gargantini e Blanco (1963) também constataram que a concentração de azoto nos frutos foi de 3,1 g kg⁻¹ e nas folhas 1,4 g kg⁻¹ 130 dias após plantação, valores bastantes inferiores aos registados neste ensaio. Os mesmos autores ainda constataram que a concentração de azoto variou com a idade da planta. Fernandes et al. (2002) registaram a variação da concentração do azoto nas folhas entre 30 a 33 g kg⁻¹ com o híbrido Carmen, num cultivo hidropónico.

4.5.2. Concentração de fósforo

Os resultados revelaram que ocorreu interação significativa entre as lâminas de água e a fertilização azotada na concentração de fósforo (Tabela A2.25 e Tabela A2.26. nos anexos). A dose N0 registou maior concentração de fósforo, enquanto a dose N200 registou menor concentração. Registou-se maior concentração de fósforo com a lâmina da água R3 e menor com a lâmina da água R1. Em resumo a concentração de fósforo diminuiu com o incremento da dose de fertilização azotada aplicada e aumentou com o aumento das lâminas de água aplicadas (Tabela 15).

Blanco e Folegatti (2008) não constataram diferenças significativas na concentração de fósforo nos frutos com incremento da dose da fertilização azotada. Delazari (2014) constatou haver interação significativa entre as lâminas de água e da fertilização azotada na concentração de fósforo, tal como foi registado neste ensaio. O mesmo autor também registou uma variação na concentração de fósforo nas folhas entre 3,4 a 5,7 g kg⁻¹, sendo que essa concentração aumentou com o incremento da lâmina de água aplicada e dose de fertilização azotada. Também Borgognone et al. (2013) registaram uma variação da concentração de fósforo nos frutos entre 9,2 a 10,4 g kg⁻¹ e nas folhas 4,7 a 7,2 g kg⁻¹.

Gargantini e Blanco (1963) também constataram que a concentração de fósforo nos frutos foi de 0,6 g kg⁻¹ e nas folhas 0,5 g kg⁻¹ após de 130 dias da plantação, valores bastantes inferiores aos registados neste ensaio. Os mesmos autores ainda constataram que a concentração de fósforo também variou com a idade da planta. Fernandes et al. (2002) registaram variação na concentração de fósforo nas folhas entre 11 a 13 g kg⁻¹ no híbrido Carmen, num cultivo hidropónico.

4.5.3. Concentração de cálcio

A Tabela A2.22 mostra que as lâminas de água não afetaram significativamente a concentração de cálcio, enquanto a fertilização azotada afetou significativamente a concentração de cálcio nas folhas (Tabela A2.23. nos anexos). Registou-se melhor resultado da concentração de cálcio com a lâmina da água R3 e o pior com a lâmina da água R1. A dose N0 apresentou melhor resultado da concentração de cálcio e a dose N50 apresentou o pior resultado da concentração de cálcio nas folhas, tendo nos frutos sido a N200 (Tabela 15). Em resumo, a concentração de cálcio diminui com o incremento da dose de fertilização azotada, pese embora com alguma irregularidade e aumentou com as lâminas de água aplicada. Blanco e Folegatti (2008) também não constataram diferenças significativas na concentração de cálcio nos frutos com incremento da dose de fertilização azotada. Fernandes et al. (2002) registaram variação da concentração de cálcio nas folhas entre 41 a 47 g kg⁻¹ no híbrido Carmen, num cultivo hidropónico.

Assunção (2016) constatou valores de concentração de cálcio nos frutos entre 3,8 e 4,8 g kg⁻¹, sendo que a maior concentração foi quando aplicou a dose N100 kg ha⁻¹. Delazari (2014) também registou valores da concentração de cálcio nas folhas entre 9,0 e 72,0 g kg⁻¹. Borgognone et al. (2013) registaram variação da concentração de cálcio nos frutos entre 7,1 a 11,6 g kg⁻¹ e nas folhas 11,8 a 27,7 g kg⁻¹. Maia (2012) constatou a variação da concentração de cálcio nas folhas de 13 a 38 g kg⁻¹ num cultivo de tomate hidropónico, sendo estes resultados bastantes superiores aos registados neste ensaio. Gargantini e Blanco (1963) também constataram que a concentração de cálcio nos frutos foi de 0,1 g kg⁻¹ e nas folhas 2,7 g kg⁻¹ 130 dias após a plantação, sendo estes valores bastantes próximos aos registados neste ensaio. Os mesmos autores ainda constataram que a concentração de cálcio também variou com a idade da planta.

4.5.4. Concentração de potássio

Os resultados revelaram que ocorreu a interação significativa entre as lâminas de água e a fertilização azotada na concentração de potássio nas folhas (Tabela A2.19. nos anexos). Já nos frutos apenas a fertilização azotada afetou significativamente a concentração de potássio (Tabela A2.20. nos anexos). Observa-se a maior concentração de potássio na lâmina da água R3 e menor concentração na lâmina de água R1. A dose N0 apresentou melhor resultado da concentração de potássio, enquanto que os piores resultados foram registrados com as doses N100 e N200. Em resumo, a concentração de potássio diminuiu com o incremento da dose de fertilização azotada aplicada e aumentou com as lâminas de água aplicadas (Tabela 15).

Borgognone et al. (2013) registraram uma variação da concentração de potássio nos frutos entre 32,4 a 38,5 g kg⁻¹ e nas folhas 37,2 a 41,1 g kg⁻¹, valores próximos aos registrados neste ensaio. Assunção (2016) também constatou que o incremento da dose de fertilização azotada diminui a concentração de potássio nos frutos. O mesmo autor também constatou valores da concentração de potássio nos frutos entre 16,8 a 16,9 g kg⁻¹, resultados bastantes inferiores aos registrados nesse ensaio. Delazari (2014) constatou que a concentração de potássio nas folhas aumentou com o aumento da lâmina de rega e da fertilização azotada.

Gargantini e Blanco (1963) também constataram que a concentração de potássio nos frutos foi de 4,1 g kg⁻¹ e nas folhas 3,2 g kg⁻¹ em 130 dias após a plantação, sendo estes valores bastantes inferiores aos registrados neste ensaio. Os mesmos autores ainda constataram que a concentração de potássio também variou com a idade da planta. Blanco e Folegatti (2008) não constataram diferenças significativas na concentração de potássio nos frutos com incremento da dose da fertilização azotada. Fernandes et al. (2002) registraram uma variação da concentração de potássio nas folhas entre 47 a 54 g kg⁻¹ no híbrido Carmen, num cultivo hidropônico.

4.5.5. Concentração de magnésio

Os resultados revelaram que ocorreu uma interação significativa entre as lâminas de água e a fertilização azotada na concentração de magnésio nas folhas (Tabela A2.23. nos anexos). No entanto a concentração de magnésio nos frutos não foi afetada pela lâmina de água e a fertilização azotada (Tabela A2.24. nos anexos). Registou-se melhor resultado da concentração de magnésio nas folhas com a lâmina de água R1 e nos frutos com a lâmina de água R3. Nota-se, nitidamente, que a dose N200 apresentou melhor resultado da concentração de magnésio nas folhas e a dose

NO apresentou melhor resultado da concentração de magnésio nos frutos. Em resumo a concentração de magnésio nos frutos diminuiu com o incremento da dose de fertilização azotada aplicada e aumentou com o aumento das lâminas de água aplicadas (Tabela 15).

Blanco e Folegatti (2008) também não constataram diferenças significativas na concentração de magnésio nos frutos com incremento da dose de fertilização azotada. Borgognone et al. (2013) registaram variação da concentração de magnésio nos frutos entre 1,2 a 1,6 g kg⁻¹ e nas folhas 2,7 a 4,0 g kg⁻¹. Delazari (2014) também registou variação da concentração de magnésio nas folhas entre 5,8 e 8,4 g kg⁻¹, resultados próximos aos registados neste ensaio. Gargantini e Blanco (1963) também constataram que a concentração de magnésio nos frutos foi de 0,1 g kg⁻¹ e nas folhas 0,4 g kg⁻¹ 130 dias após a plantação, sendo estes valores bastantes inferiores aos registados neste ensaio. Os mesmos autores ainda constataram que a concentração de magnésio também variou com a idade da planta. Fernandes et al. (2002) registaram a variação da concentração de magnésio nas folhas entre 8 a 9 g kg⁻¹ no híbrido Carmen, num cultivo hidropónico.

4.6. Azoto aparentemente recuperado

Por azoto aparentemente recuperado (NAR) entende-se como a percentagem de nutriente aplicado como fertilizante que é recuperado pelas plantas (Rodrigues, 2000; Arrobas et al., 2009). A eficiência de utilização do azoto depende da espécie, visto que em condições ecológicas e culturais idênticas, determinadas espécies têm comportamentos diferentes no que concerne a recuperação de azoto. A batateira e a beterraba sacarina são culturas que recuperam menor percentagem de azoto aplicado, enquanto as gramíneas forrageiras são as que melhor recuperam (Rodrigues, 2000).

A percentagem de azoto dos fertilizantes recuperados pelas plantas é o indicador mais utilizado para avaliar a eficiência de uso do nutriente. Obtém-se pela diferença entre o azoto recuperado nas modalidades fertilizadas e na testemunha dividindo pela quantidade de nutriente utilizado nas modalidades fertilizadas (3.5.4).

Os resultados mostraram que a produção média total de tomate aumentou com o aumento da dose de azoto, exceto em N50 aonde registou menor produção total (Tabela 16). O aumento da dose de azoto não alterou os pesos médios dos frutos da produção total e comercial (Tabela 13). Resultado diferente foi registado por Ferreira et al. (2010), que constataram um aumento no peso médio dos frutos comercializáveis com a aplicação de azoto.

O NAR aumentou linearmente com o aumento da dose de fertilizante azotado, com exceção da dose N50 por razões já referidas. A maior produção média de tomate por unidade de azoto por planta foi obtida no tratamento N200. Os resultados mostraram que N200 permitiu melhor NAR, com uma percentagem de 23,3 % (Tabela 16), resultados semelhantes aos de Elia e Conversa (2012), que ainda constataram que a dose N200 é a mais recomendada nas condições de clima mediterrânico.

Topcu et al.(2007) encontraram valores de NAR de 70% com a cultivar F1 Fantastic (tomate de mesa) numa produção protegida e sem diferenças significativas entre tratamentos de irrigação. Já Wang et al. (2013) constataram diferenças significativas para ambos fatores (rega e fertilização azotada) para o NAR. Neste estudo, embora houvesse pequenas diferenças de NAR em diferentes lâminas de água, estas não foram significativas ($p=0,097$) (Tabela A2.15. nos anexos). Zotarelli et al. (2009) constataram haver interação significativa entre fertilização azotada e rega para o NAR com a variedade de tomate Florida 47.

Tabela 16. Produção média de tomate e azoto aparentemente recuperado (NAR) em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).

Fator	Produtividade (kg x 1000 ha ⁻¹)	NAR (%)
N aplicado (kg ha⁻¹)		
0	39,4 ^{bc}	-----
50	31,7 ^c	-12,6 ^b
100	60,6 ^{ab}	14,2 ^{ab}
200	85,4 ^a	23,3 ^a
Lâminas de água		
R1	44,5 ^b	3,3 ^a
R2	63,6 ^a	-0,4 ^a
R3	54,9 ^a	22,0 ^a

†Médias seguidas da mesma letra na coluna não são significativamente diferentes pelo teste Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

Geralmente, à medida que se aumentam as doses de azoto aplicado diminuem os valores de NAR (Rodrigues, 2000; Rodrigues et al., 2006; Zotarelli et al., 2009; Thompson et al., 2013; Ladeira, 2017). Contudo, nesse estudo os resultados foram inversos, provavelmente devido a variabilidade experimental. Também Sant’Ana et al. (2011) constataram que a eficiência de uso de azoto aumentou com as doses de azoto aplicadas na cultura do feijoeiro. Viegas (2017) também constatou que a eficiência de azoto aumentou com aumento da dose de azoto num ensaio em vasos com a cultura de soja. Estes resultados talvez se possam explicar pelo facto destas plantas serem da família das leguminosas, em que se este for aplicado em pequena quantidade pode estimular a fixação biológica e contribuir para maior recuperação de azoto.

Rodrigues e Coutinho (2000) referem que as necessidades totais em azoto variam de planta para planta, mas dependem, necessariamente, das condições ambientais. Assim, em condições que favoreçam a formação de fotoassimilados (alta intensidade luminosa, temperatura adequada e ausência de stresse hídrico), a disponibilidade de azoto deve ser mais elevada e vice-versa. Soto et al. (2015) constataram que a fertirrigação por rega gota-a-gota pode minimizar o potencial de perda de azoto para o ambiente e aumenta NAR na cultura de tomate. Sun et al. (2013) revelaram que a ID e a aplicação de uma dose ótima de fertilizante azotado podem reduzir significativamente a lixiviação de nitrato em cerca de 90% e aumentar NAR.

4.7. Produtividade da água

A produtividade água (WP) representa a razão entre a produtividade e o consumo de água (Heng et al., 2002). A Tabela 17 mostra a produtividade de tomateiro e produtividade de água em função das lâminas de água e doses de fertilização azotada. Verifica-se a existência de uma interação significativa entre a lâmina de água aplicada e a fertilização azotada para a WP (Tabela A2.16. nos anexos).

Os resultados revelaram que a WP para o tratamento R1 (33,3% ETC) registou melhor resultado na produção de matéria fresca em relação ao volume de água aplicado, registando 22,6 kg m⁻³, sendo que pior resultado foi registado pela lâmina R3 (100% ETC), com 8,8 kg m⁻³. A dose de fertilização azotada que registou melhor resultado foi N200 com 23,7 kg m⁻³ e com pior resultado foi o N50 com 10,1 kg m⁻³ (Tabela 17).

Tabela 17. Produção média de tomate e produtividade da água (WP) em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).

Fator	Produtividade (kg x 1000 ha ⁻¹)	WP (kg m ³)
N aplicado (kg ha⁻¹)		
0	39,4 ^{bc}	12,6 ^{bc}
50	31,7 ^c	10,1 ^c
100	60,6 ^{ab}	17,0 ^{ab}
200	85,4 ^a	23,7 ^a
Lâminas de água		
R1	44,5 ^b	22,6 ^a
R2	63,6 ^a	16,1 ^b
R3	54,9 ^a	8,8 ^c

†Médias seguidas da mesma letra na coluna não são significativamente diferentes pelo teste Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

Djurović et al.(2016) registaram uma maior produtividade da água quando aplicaram maior volume de água 100%ETc num estudo sobre efeito de caulino no rendimento, qualidade e eficiência de uso da água do tomate. No entanto, outros autores (Topcu et al., 2007; Zotarelli et al., 2009; Monte et al., 2013; Marques, 2013; Ismail e Mousa, 2014) observaram resultados semelhantes aos obtidos neste ensaio. Por se tratar de uma razão, a WP pode ser maximizada diminuindo o volume de água aplicada. Kalungu (2008) também constatou um comportamento linear decrescente na WP em função do aumento das lâminas de água da irrigação. Machado e Oliveira (2005) não observaram diferença significativa da irrigação nos valores da WP pelo tomateiro. Carvalho et al.(2011) também referem que o aumento na disponibilidade de água no solo tende a propiciar decréscimos na WP.

5. Conclusões

Os resultados apresentados neste trabalho dizem respeito a um ano de ensaios de campo e, por isso, as conclusões apresentadas não tem um carácter definitivo. Será necessário dá continuidade a este trabalho com o objetivo de avaliar o efeito da variabilidade inter anual. Os resultados obtidos permitem, contudo, concluir que neste primeiro ano de ensaios o tratamento N200R2 apresentou melhor comportamento e NOR3 obteve pior resultado para as produtividades total e comercial.

O número total de frutos por planta, número total de frutos comercializáveis, a produtividade média de frutos grandes e número de frutos grandes foram significativamente afetadas pela dose de azoto aplicado, sendo que N200 apresentou melhores resultados e N50 apresentou o pior resultado.

A consistência e o pH não foram afetadas nem pelo azoto nem pela rega. O NAR aumentou linearmente com o aumento da dose de fertilizantes azotados, sendo que N200 permitiu melhor NAR, com uma percentagem de 23,3 %.

A dose N0 apresentou melhores resultados nas concentrações de fósforo, de potássio, de cálcio, e de magnésio (nos frutos), enquanto a dose N200 apresentou melhor concentração de azoto e de magnésio nas folhas. A lâmina da água R3 apresentou melhores resultados nas concentrações de fósforo, potássio, cálcio, magnésio (nos frutos) e de azoto (nas folhas). A lâmina da água R1 apresentou melhores resultados nas concentrações de azoto (nos frutos) e magnésio (nas folhas).

O número de frutos com podridão apical foi superior nos tratamentos com menor quantidade de água aplicada. A irrigação deficitária teve um efeito benéfico em alguns parâmetros da qualidade do fruto como o teor de sólidos solúveis totais.

A produtividade da água foi positivamente afetada pela rega deficitária. A produtividade da água não aumentou quando esta última é fornecida para cumprir as necessidades hídricas ótimas totais da cultura.

A lâmina de água R2 permitiu-nos poupar 33,3% da água em relação a R3 com um correspondente aumento de produção de 13,7 %. A adoção de estratégias de ID, onde uma redução de 33,3%ETc é aplicada e com uma dose de azoto N200 para toda a estação de crescimento, economiza água, minimizando as perdas de produção.

6. Referencias Bibliográficas

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., e Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. 1-298. (Acesso em 22 de julho de 2016). [Http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm](http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm)
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome. (Acesso em 22 de julho de 2016). https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/pdf/Allen_FAO1998.pdf
- Almeida, D. (2006). Manual de Culturas Hortícolas. (Presença, Ed.) (II). Lisboa.
- Anderlini, R. (1982). A cultura do tomate. (Litexa, Ed.). Lisboa.
- Andreuccetti, C., Ferreira, M. D., Moretti, C. L., e Honório, S. L. (2007). Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. Horticultura Brasileira, 25(1), 122–126.
- Araujo, C. De, Cezar, P., Fontes, R., e Sediyaama, C. S. (2007). Critérios para a determinação da dose de nitrogênio a ser aplicada no tomateiro em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, 25(3), 327–332.
- Arrobas, M., Tomás, P., e Rodrigues, M. Â. (2009). Efeito de fertilizantes minerais e orgânicos na produção de Azevém (*Lolium multiflorum* L.): produção de matéria seca e azoto aparentemente recuperado. Revista de Ciências Agrárias, 112–120.
- Arroyo, A. J. (2005). Estudio de los factores uncidentes en el agrietado del fruoet de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Tipo cereza: el papel de la cutícula del fruto. Ph.D. Thesis. Universidad de Málaga, Málaga.
- Assunção, N. S. (2016). Fontes e doses de nitrogênio na qualidade e produtividade do tomateiro. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba Minas gerais - Brasil.
- Beckmann, M. Z., Duarte, G. R. B., Paula, V. A. De, Mendez, M. E. G., e Peil, R. M. N. (2006). Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. Ciência Rural, 36(1), 86–92.
- Bell, N., Detweiler, A. J., Noordijk, H., e Bubl, C. (2014). Tomatoes and Tomatillos. OSU Extension Service publications. 1-13. (Acesso em 10 de março de 2017). [Https://catalog.extension.oregonstate.edu/ec1333](https://catalog.extension.oregonstate.edu/ec1333)
- Bénard, C., Gautier, H., Bourgaud, F., Grasselly, D., Navez, B., Caris-Veyrat, C., ... Génard, M. (2009). Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57(10), 4112–4123.
- Birhanu, K., e Tilahun, K. (2010). Fruit yield and quality of drip-irrigated tomato under deficit irrigation. African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 10(2), 2139–2151.

- Borgognone, D., Colla, G., Roupshael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., e Schwarz, D. (2013). Effect of nitrogen form and nutrient solution ph on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 149(), 61–69.
- Blanco, F. F., e Folegatti, M. V. (2008). Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12(86), 122–127.
- Bremmer, J. M. (1996). Nitrogen Total. In: *Methods of Soil Analysis. Part 3 - Chemical Methods. SSSA Book Series. 5: 1085- 1121.* Busato.
- Campillo, C., Fortes, R., e Prieto, M. (2012). Solar Radiation Effect on Crop Production. Intechopen. 168-194. (Acesso em 11 de março de 2017). [Http://cdn.intechopen.com/pdfs/33351/intech-Solar_radiation_effect_on_crop_production.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/33351/intech-Solar_radiation_effect_on_crop_production.pdf)
- Cardoso, F. B. (2007). Produtividade e qualidade de tomate com um e dois cachos em função da densidade de plantas, em hidroponia. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Carvalho, J. F., Montenegro, A. A. D. A., Soares, T. M., Silva, Ê. F. D. F., e Montenegro, S. M. G. L. (2011). Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(3), 256–263.
- Castellane, P. (1988). Podridão apical em frutos do tomateiro. (F. 39 Jaboticabal, Ed.).
- Chartsbin. (2015). Tomato Production and Consumption by country. Chartsbin. (Acesso em 8 de agosto de 2016). [Http://chartsbin.com/view/32687](http://chartsbin.com/view/32687)
- Costa, F. F. (2009). Avaliação da composição em micronutrientes do tomate consoante a variedade e modo de colheita. Dissertação. Universidade de Coimbra faculdade de medicina, Coimbra.
- Costa, J. M., Ortuño, M. F., e Chaves, M. M. (2007). Deficit irrigation as a strategy to save water: Physiology and potential application to horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(10), 1421–1434.
- Damiani, C., Boas, E. V. De B. V., Pinto, D. M., e Rodrigues, L. J. (2008). Influência de diferentes temperaturas na manutenção da qualidade de pequi minimamente processado. *SciELO*, 1(32), 203–212.
- Delazari, F. T. (2014). Produção e qualidade de frutos do tomateiro no sistema viçosa de tutoramento em função do estado hídrico- nutricional. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa Minas Gerais – Brasil.
- Djurović, N., Čosić, M., Stričević, R., Savić, S., e Domazet, M. (2016). Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of tomato. *Scientia Horticulturae*, 201, 271–278.

- DRAPC (2016). Plano e balanço de fertilização. Drap centro - direção regional de agricultura e pescas Centro. (Acesso em 22 de agosto de 2016). [Http://www.drapc.min-agricultura.pt/drapc/servicos/desenvolvimento/zv/zv_plano_balanco_fertilizacao.htm](http://www.drapc.min-agricultura.pt/drapc/servicos/desenvolvimento/zv/zv_plano_balanco_fertilizacao.htm)
- Drost, D. (2010). Tomatoes in the Garden. Extension.usu.edu. 6-8. (Acesso em 10 de março de 2017). [Http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?Article=1237&context=extension_cural](http://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?Article=1237&context=extension_cural)
- Dukes, M. D., Zotarelli, L., Liu, G. D., e Simonne, E. H. (2015). Principles and Practices of Irrigation Management for Best Management Practices (BMP). UF/IFAS Vegetable Production Handbook HS710. 1-15. (Acesso em 27 de agosto de 2016). [Http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FILES/CV/CV10700.pdf](http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FILES/CV/CV10700.pdf)
- Elia, A., e Conversa, G. (2012). Agronomic and physiological responses of a tomato crop to nitrogen input. *European Journal of Agronomy*, 40, 64–74.
- Elnesr, M. N., Alazba, A. A., El-Abedein, A. I. Z., e El-Adl, M. M. (2015). Evaluating the effect of three water management techniques on tomato crop. *Plos ONE*, 10(6), 1–17.
- Erdal, I., Ertek, A., Şenyiğit, U., e Yilmaz, H. I. (2006). Effects of different irrigation programs and nitrogen levels on nitrogen concentration, uptake and utilisation in processing tomatoes (*Lycopersicum esculentum*). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(12), 1653–1660.
- FAO. (2015). FAO - Water Development and Management Unit - Topics - Irrigation. FAO. 1-2. (Acesso em 22 de agosto de 2016). [Http://www.fao.org/3/a-i4591e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i4591e.pdf)
- FAO. (2016). FAO - Notícias_ 2050_ A escassez de água em várias partes do mundo ameaça a segurança alimentar e os meios de subsistência. FAO. 1-2. (Acesso em 22 de agosto de 2016). [Http://www.fao.org/news/story/pt/item/283456/icode/](http://www.fao.org/news/story/pt/item/283456/icode/)
- FAOSTAT. (2015). Produção mundial. FAOSTAT. (Acesso em 22 de agosto de 2016). [Http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC](http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC)
- Farneselli, M., Benincasa, P., Tosti, G., Simonne, E., Guiducci, M., e Tei, F. (2015). High fertigation frequency improves nitrogen uptake and crop performance in processing tomato grown with high nitrogen and water supply. *Agricultural Water Management*, 154, 52–58.
- Fernandes, A. A., Martinez, H. E. P., e Fontes, P. C. R. (2002). Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, 20(4), 564–570.
- Ferreira, M. M. M., Ferreira, G. B., e Fontes, P. C. R. (2010). Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres*, 57(2), 263–273.
- Ferreira, M. M. M., Ferreira, G. B., Fontes, P. C. R., e Dantas, J. P. (2006). Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. *Horticultura Brasileira*, 24(2), 141–145.

- Gardé, N., e Gardé, A. (1988). *Culturas Hortícolas*. (Clássica, Ed.). Lisboa.
- Gargantini, H., e Blanco, H. G. (1963). Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. *Bragantia*, 22(56), 693–714.
- Garner, L. C., e Björkman, T. (1999). Mechanical conditioning of tomato seedlings improves transplant quality without deleterious effects on field performance. *Hortscience*, 34(5), 848–851.
- Genuncio, G. C., Silva, R. A. C., Sá, N. M., Zonta, E., e Araújo, A. P. (2010). Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. *Horticultura Brasileira*, 28(4), 446–452.
- Heng, L., Moutonnet, P., e Smith, M. (2002). Deficit irrigation practices. *Water Reports* 22. FAO. 1-102. (Acesso em 22 de agosto de 2016). [Http://ofwm.agripunjab.gov.pk/system/files/Deficit%20Irrigation%20Practices%20-%20FAO%20Water%20Reports%2022.pdf](http://ofwm.agripunjab.gov.pk/system/files/Deficit%20Irrigation%20Practices%20-%20FAO%20Water%20Reports%2022.pdf)
- Hochmuth, G., e Hanlon, E. (2014). A Summary of N, P, and K Research with Tomato in. *UF/IFAS Vegetable Production Handbook HS710*. 1-34. (Acesso em 27 de agosto de 2016). [Http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/CV/CV23600.pdf](http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/files/CV/CV23600.pdf)
- Hohjo, M., Kuwata, C., Yoshikawa, K., e Ito, T. (1995). Effects of nitrogen form, nutrient concentration and Ca concentration on the growth, yield and fruit quality in NFT-tomato plants. *Acta Horticulturae*, 369, 145–152.
- Ismail, S. M., e Mousa, M. A. A. (2014). Optimizing Tomato Productivity and Water Use Efficiency Using Water Regimes, Plant Density and Row Spacing Under Arid Land. *Irrigation and Drainage*, 650, 640–650.
- Jensen, C. R., Battilani, A., Plauborg, F., Psarras, G., Chartzoulakis, K., Janowiak, F., ... Andersen, M. N. (2010). Deficit irrigation based on drought tolerance and root signalling in potatoes and tomatoes. *Agricultural Water Management*, 98(3), 403–413.
- Jones, J. B. (2001). *Laboratory guide for conducting soil tests and analysis plant*. *CRC Press*.
- Kalungu, J. W. (2008). Respostas do tomateiro a diferentes lâminas de irrigação, doses de potássio e cobertura do solo em ambiente protegido. *Dissertação*. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», Piracicaba.
- Kirkby, E. (1979). Maximizing calcium uptake by plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.*, 10(1–2), 89–113.
- Koetz, M., Masca, M. G. C. C., Carneiro, L. C., Ragagnin, V. A., Sena Júnior, D. G. De, e Gomes Filho, R. R. (2010). Caracterização agronômica e °brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de Goiás. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 4(1), 14–22.

- Kumar, D., Kumar, A., Sarkar, S., Mohodi, D., Thakuria, P., e Das, J. (2015). Optimal design of flow rate in drip irrigation system to enhance the tomato cultivation. *Agriculture, Environment and Biotechnology*, 8(March), 11–19.
- Kuşçu, H., Turhan, A., e Demir, A. O. (2014). The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. *Agricultural Water Management*, 133, 92–103.
- Ladeira, L. C. (2017). Valor agronômico de fertilizantes enriquecidos com microrganismos fixadores de azoto. Dissertação. Instituto Politécnico de Bragança Escola Superior Agrária, Bragança.
- Liu, G. D., Simonne, E. H., e Hochmuth, G. J. J. (2015). Soil and Fertilizer Management for Vegetable Production in Florida. *UF/IFAS Vegetable Production Handbook HS710*. 3-15. (Acesso em 28 de agosto de 2016). [Http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/CV/CV10100.pdf](http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/CV/CV10100.pdf)
- Machado, R. M. A., e Oliveira, M. D. R. G. (2005). Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. *Irrigation Science*, 24(1), 15–24.
- Maia, J. Tatiane L. S. (2012). Cultivo Hidropônico do tomateiro do grupo cereja: Crescimento, Produção E qualidade sob doses de K e sintomas visuais e anatomia sob omissão de nutrientes. P.hd. Thesis. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa Minas Gerais – Brasil
- Malash, N. M., Flowers, T. J., e Ragab, R. (2008). Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. *Irrigation Science*, 26(4), 313–323.
- Marouelli, W. A., Souza, R. B., e Braga, M. B. (2014). Evaluation of sources, doses and application schedules of nitrogen on drip-irrigated tomato. *Horticultura Brasileira*, 32(3), 327–335.
- Marodin, C. (2011). Produtividade, qualidade físico-química e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes e doses de silício. Dissertação. Universidade estadual do Centro-Oeste, unicentro-pr, Guarapuava.
- Marques, M. A. D. (2013). Lâminas e frequências de Irrigação Para a Cultura Do Tomateiro Tipo Grape, Em Casa Nova. Dissertação. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA.
- Miralles, D. J., e Slafer, G. A. (1997). Radiation interception and radiation use efficiency of near-isogenic wheat lines with different height. *Euphytica*, 97(2), 201–208.
- Mofoke, A. L. E., Adewumi, J. K., Babatunde, F. E., Mudiare, O. J., e Ramalan, A. A. (2006). Yield of tomato grown under continuous-flow drip irrigation in Bauchi state of Nigeria. *Agricultural Water Management*, 84(1–2), 166–172.
- Monte, J. A., Carvalho, D. F. De, Medici, L. O., Silva, L. D. B., e Pimentel, C. (2013). Growth analysis and yield of tomato crop under different irrigation depths 1 Análise de crescimento e produtividade da cultura do tomateiro sob diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(9), 926–931.

- Monte, J. A, Pacheco, A. D. S., Carvalho, D. F. De, e Pimentel, C. (2009). Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. *Horticultura Brasileira*, 27, 222–227.
- Moreno, R. N. (2007). Manual De Producción De Tomate Rojo Bajo Condiciones De Invernadero Para El Valle De Mexicali , Baja California Raúl. Gobbc. (21) 1-28. (Acesso em 14 de março de 2017). [Http://unicesar.ambientalex.info/infoct/Manprotomrojbajconinvalmexbajcalmx.pdf](http://unicesar.ambientalex.info/infoct/Manprotomrojbajconinvalmexbajcalmx.pdf)
- Naika, S., Jeude, J. Van L. De, Goffau, M. De, Hilmi, M., e Dam, B. Van. (2005). Cultivation of tomato: production, processing and marketing. CTA Publishing. (17) 1-93. (Acesso em 22 de agosto de 2016). [Https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1296_PDF_1.pdf](https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1296_PDF_1.pdf)
- Noreña, J. J., Rodríguez, V. P., Guzmán A., M., e Zapata, M. A. (2006). El cultivo del tomate bajo invernadero. *Boletín técnico - Corpoica*.(21) 1-48. (Acesso em 14 de abril de 2017). [Https://drive.google.com/file/d/0b6bgymprwvfybxnqytc0zu1jrta/view](https://drive.google.com/file/d/0b6bgymprwvfybxnqytc0zu1jrta/view)
- Nuez, F. (1995). *El cultivo del tomate*. (Mundi-Prensa, Ed.). Madrid, Barcelona, México.
- Onoda, Y., e Anten, N. P. R. (2011). Challenges to understand plant responses to wind. *Plant Signaling e Behavior*, 6(7), 1057–1059.
- Patanè, C., Tringali, S., e Sortino, O. (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 590–596.
- Paula, J. T. (2013). Qualidade pós-colheita de genótipos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. Dissertação. Universidade Estadual Do Centro-Oeste, Unicentro-PR, Guarapuava-PR.
- Pereira, L. S. (2004). *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. (Tito Lyon de Castro, Ed.), EUROAGRO (137060/850). Europa-América.
- Porto, J. S. (2013). Fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade de tomate híbrido Silvety. Dissertação. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Vonquista Bahia - Brasil.
- Regulamento (CE) n. O 543/2011 da comissão. (2011). Regulamentos. Oficial da União Europeia. 1-163. (Acesso em 14 de abril de 2017). [Http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/geral/files/reg_543_2011.pdf](http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/geral/files/reg_543_2011.pdf)
- Resende, J. T. V. De, Morales, R. G. F., Faria, M. V, Rissini, A. L. L., Camargo, L. K., e Camargo, C. K. (2010). Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 28(2), 185–189.
- Ribeiro, C. (2008). Rega. In manual de boas práticas em espaços verdes. Câmara Municipal de Bragança. 93-102. Bragança
- Rodrigues, M. (2000). Gestão do azoto na cultura da batata: Estabelecimento de indicadores do estado nutritivo das plantas e da disponibilidade de azoto no solo. Ph.D. Thesis. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.

- Rodrigues, M. Â., e Coutinho, J. F. (2000). Eficiência de utilização do azoto pelas plantas. Edição do Instituto Politécnico de Bragança. (47) 6-48. (Acesso em 3 de fevereiro de 2017). <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/205/1/47>
- Rodrigues, M. A., Pereira, A., Cabanas, J. E., Dias, L., Pires, J., e Arrobas, M. (2006). Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. *European Journal of Agronomy*, 25(4), 328–335.
- Sant’Ana, E. V. P., Santos, A. B., e Silveira, P. M. (2011). Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(5), 458–462.
- Santana, Márcio José de; Pereira, Uander da Costa; Beirigo, José Daniel Cambraia; Souza, Stefany Silva de Souza; Campos, Talita Melo; Vieira, T. A. (2011). Coeficientes de cultura para o tomateiro irrigado. *Irriga*, 16(1), 11–20.
- Santos, F. F. B. Dos. (2009). Obtenção e seleção de híbridos de tomate visando à resistência ao Tomato yellow vein streak virus (toyvsv). Dissertação. Instituto Agronômico, Campinas, SP.
- Schwarz, D., Thompson, A. J., e Kläring, H.-P. (2014). Guidelines to use tomato in experiments with a controlled environment. *Frontiers in plant science*, 5(625), 1–16.
- Segura, M. L., Contreras, J. I., Salinas, R., e Lao, M. T. (2009). Influence of Salinity and Fertilization Level on the Nutrient Distribution in Tomato Plants under a Polyethylene Greenhouse in the Mediterranean Area. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(1–6), 498–513.
- Shahidian, S. (2013). Gestão da água no Regadio. *Hidrologia Agrícola*, 225–243
- Silva, R. N., Monteiro, V. N., Arc, J. D., Alcanfor, X., Assis, E. M., e Asquiere, E. R. (2003). Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e totais em mel 1. *Ciência e tecnologia de alimentos*, campinas, 23(3), 337–341.
- Smith, M. (1992). CROPWAT A computer program for irrigation planning and management. (FAO Irrigation and Drainage, Ed.). (Paper 46). Rome.
- Soto, F., Gallardo, M., Thompson, R. B., Peña-Fleitas, M. T., e Padilla, F. M. (2015). Consideration of total available N supply reduces N fertilizer requirement and potential for nitrate leaching loss in tomato production. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 200(3), 62–70.
- Souza, L. M., Correia, K. C., Santos, A. M. G., Barreto, L. P., e Neto, E. B. (2010). Comparação de metodologias de análise de pH e acidez titulável em polpa de melão. UFRPE, 3–5. (Acesso em 3 de fevereiro de 2017). https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1069903/mod_resource/content/1/Souza%202010.pdf.
- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., e Raes, D. (2012). Crop yield response to water. FAO. (66) 1-500. (Acesso em 22 de agosto de 2016). <http://www.fao.org/docrep/016/i2800e/i2800e.pdf>
- Sun, Y., Hu, K., Fan, Z., Wei, Y., Lin, S., e Wang, J. (2013). Simulating the fate of nitrogen and optimizing water and nitrogen management of greenhouse tomato in North China using the EU-Rotate_N model. *Agricultural Water Management*, 128, 72–84.

- Thompson, R. B., Gallardo, M., Rodríguez, J. S., Sánchez, J. A., e Magán, J. J. (2013). Effect of N uptake concentration on nitrate leaching from tomato grown in free-draining soilless culture under Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 150, 387–398.
- Topcu, S., Kirda, C., Dasgan, Y., Kaman, H., Cetin, M., Yazici, A., e Bacon, M. A. (2007). Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *European Journal of Agronomy*, 26(1), 64–70.
- Viegas, R. I. F. (2017). Valor fertilizante de leguminosas herbáceas nos ecossistemas agrícolas. Dissertação. Instituto Politécnico de Bragança Escola Superior Agrária, Bragança.
- Vilar, P. (2015). Utilização de Imagens de Detecção Remota para Monitorização das Culturas e Estimação das Necessidades de Rega. Dissertação. Universidade de Lisboa faculdade de ciências departamento, Lisboa.
- Walinga, I., van Vark, W., Houba, V.J.G., van der Lee, J.J. 1997. Soil and Plant Analysis. Part 7 Plant analysis procedures. Landbouwniversiteit Wageningen.
- Wang, Y., Liu, F., Jensen, L. S., de Neergaard, A., e Jensen, C. R. (2013). Alternate partial root-zone irrigation improves fertilizer-N use efficiency in tomatoes. *Irrigation Science*, 31(4), 589–598.
- Zhai, Y., Yang, Q., e Wu, Y. (2016). Soil salt distribution and tomato response to saline water irrigation under straw mulching. *Plos ONE*, 11(11), 1–17.
- Zheng, J., Huang, G., Jia, D., Wang, J., Mota, M., Pereira, L. S., ... Liu, H. (2013). Responses of drip irrigated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. *Agricultural Water Management*, 129, 181–193.
- Zotarelli, L., Dukes, M. D., Scholberg, J. M. S., Muñoz-Carpena, R., e Icerman, J. (2009). Tomato nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*, 96(8), 1247–1258.
- Zotarelli, L., Scholberg, J. M., Dukes, M. D., Muñoz-Carpena, R., e Icerman, J. (2009). Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*, 96(1), 23–34.

7. Anexos

Anexos.1. (Condições climáticas)

Tabela A1.1. Médias de dados climáticos mensais de temperatura máxima (T_{Max}), temperatura média (T_{Med}), temperatura mínima (T_{Min}), humidade relativa do ar mínima (HR_{Min}); humidade relativa do ar máxima (HR_{Max}), velocidade de vento e radiação global.

Meses	T_{Max} (°C)	T_{Med} (°C)	T_{Min} (°C)	HR_{Max} (%)	HR_{Min} (%)	Vento ($m\ s^{-1}$)	Radiação Global ($MJ\ m^{-2}\ dia^{-1}$)
junho	26,5	18,6	9,9	93,2	31,3	1,3	27,6
julho	32,2	23,1	12,9	88,2	22,4	0,9	27,9
agosto	32,4	22,4	12,1	88,6	21,4	0,8	24,5
setembro	28,0	18,2	9,2	96,1	28,5	0,7	18,4
outubro	24,5	13,9	4,5	97,9	26,4	0,5	16,6
Média	28,7	19,2	9,7	92,8	26,1	0,8	23,0

Tabela A1.2. Variação de número de botão floral e o número de flor aberta por tempo térmico diário acumulado durante diversas etapas de crescimento da cultura.

Etapas	Tempo térmico			
	Dias	(°C dia ⁻¹)	Nº Botão floral	Nº de flor aberta
Fase inicial	21	152,1	0	0
Fase desenvolvimento	42	686,3	1874	445
Fase intermédia	42	1205,3	5981	7047
Fase final	28	1342,2	-----	-----

Anexos.2. (Resumo das análises de variância)

Tabela A2.1. Resumo da análise de variância para Produtividade total do tomateiro Kg por planta.

Variável dependente: Produtividade do tomateiro Kg planta⁻¹

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Intercepto	Hipótese	270054	1	.	.
	Erro	.	.	.a	.
Bloco	Hipótese	0,000	0	.	.
	Erro	.	.	.a	.
Azoto	Hipótese	0,000	0	.	.
	Erro	.	.	.a	.
Azoto * Bloco	Hipótese	0,000	0	.	.
	Erro	.	.	.a	.
Rega	Hipótese	7033	2	3516	14960 0,000
	Erro	31025	132	,235b	
Azoto * Rega	Hipótese	8894	6	1482	6307 0,000
	Erro	31025	132	,235b	

a. Não é possível calcular o termo de erro apropriado usando o método de Satterthwaite.

b. MS(Erro)

Tabela A2.2. Resumo da análise de variância para número de fruto comercializável (frequência relativa).

Origem	Variável dependente	Tipo III			F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^d
		Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio				
Modelo corrigido	NFG	9089,167 ^a	5	1817,833	6,536	0,020	32,679	0,831
	NFM	1583,583 ^b	5	316,717	5,988	0,025	29,942	0,795
	NFP	2376,417 ^c	5	475,283	4,017	0,060	20,087	0,612
Intercepto	NFG	38988,000	1	38988,000	140,175	0,000	140,175	1,000
	NFM	15480,083	1	15480,083	292,691	0,000	292,691	1,000
	NFP	14490,750	1	14490,750	122,486	0,000	122,486	1,000
azoto	NFG	6664,667	3	2221,556	7,987	0,016	23,962	0,846
	NFM	1242,917	3	414,306	7,834	0,017	23,501	0,838
	NFP	1690,917	3	563,639	4,764	0,050	14,293	0,622
rega	NFG	2424,500	2	1212,250	4,358	0,068	8,717	0,521
	NFM	340,667	2	170,333	3,221	0,112	6,441	0,405
	NFP	685,500	2	342,750	2,897	0,132	5,794	0,370
Erro	NFG	1668,833	6	278,139				
	NFM	317,333	6	52,889				
	NFP	709,833	6	118,306				
Total	NFG	49746,000	12					
	NFM	17381,000	12					
	NFP	17577,000	12					
Total corrigido	NFG	10758,000	11					
	NFM	1900,917	11					
	NFP	3086,250	11					

a. R Quadrado = ,845 (R Quadrado Ajustado = ,716)

b. R Quadrado = ,833 (R Quadrado Ajustado = ,694)

c. R Quadrado = ,770 (R Quadrado Ajustado = ,578)

d. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.3. Resumo da análise de variância para produção de frutos grandes (PFG).

Variável dependente: PFG

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado		F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio					
Modelo corrigido	0,008a	5	0,002	12,827	0,004	64,133	0,986	
Intercepto	0,396	1	0,396	3,168,267	0,000	3,168,267	1,000	
Azoto	0,003	3	0,001	8,800	0,013	26,400	0,879	
Rega	0,005	2	0,002	18,867	0,003	37,733	0,989	
Erro	0,001	6	0,000					
Total	0,405	12						
Total corrigido	0,009	11						

a. R Quadrado = ,914 (R Quadrado Ajustado = ,843)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.4. Resumo da análise de variância para produção de frutos médios (PFM).

Variável dependente: PMF

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado		F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio					
Modelo corrigido	0,000a	5	2.33E-02	0,982	0,497	4,912	0,178	
Intercepto	0,093	1	0,093	3948,877	0,000	3,948,877	1,000	
Azoto	0,000	3	3.41E-02	1,440	0,321	4,320	0,223	
Rega	1.40E-02	2	7.00E-03	0,296	0,754	0,592	0,079	
Erro	0,000	6	2.37E-02					
Total	0,094	12						
Total corrigido	0,000	11						

a. R Quadrado = ,450 (R Quadrado Ajustado = -,008)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.5. Resumo da análise de variância para produção de frutos médios (PFP).

Variável dependente: PFP

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado		F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio					
Modelo corrigido	0,000a	5	2.83E-02	0,442	0,806	2,211	0,103	
Intercepto	0,025	1	0,025	393,853	0,000	393,853	1,000	
Azoto	8.99E-03	3	3.00E-03	0,047	0,985	0,141	0,055	
Rega	0,000	2	6.62E-02	1,035	0,411	2,071	0,158	
Erro	0,000	6	6.39E-02					
Total	0,026	12						
Total corrigido	0,001	11						

a. R Quadrado = ,269 (R Quadrado Ajustado = -,340)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.6. Resumo da análise de variância para massa média de frutos comercializável (MMFC).

Variável dependente: MMFC

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	0,002a	5	0,000	0,117	0,988	0,587	0,073
Intercepto	0,401	1	0,401	98,710	0,000	98,710	1,000
Azoto	0,001	3	0,000	0,097	0,961	0,290	0,065
Rega	0,001	2	0,001	0,148	0,863	0,297	0,071
Erro	0,122	30	0,004				
Total	0,525	36					

a. R Quadrado = ,019 (R Quadrado Ajustado = -,144)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.7. Resumo da análise de variância para número de fruto por planta.

Variável dependente: Nº fruto planta⁻¹

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	2645,125a	5	529,025	18,659	0,000	93,295	1,000
Intercepto	29,756,250	1	29,756,250	1,049,516	0,000	1,049,516	1,000
Azoto	2,520,083	3	840,028	29,628	0,000	88,884	1,000
Rega	125,042	2	62,521	2,205	0,114	4,410	0,444
Erro	3,912,625	138	28,352				
Total	36,314,000	144					
Total corrigido	6,557,750	143					

a. R Quadrado = ,403 (R Quadrado Ajustado = ,382)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.8. Resumo da análise de variância de massa fresca média por fruto.

Variável dependente: Massa fresca média por fruto (Kg)

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	68871,293a	5	13,774,259	5,644	0,000	28,220	0,991
Intercepto	1,602,749,313	1	1,602,749,313	656,720	0,000	656,720	1,000
Azoto	1,101,548	3	367,183	0,150	0,929	,451	0,077
Rega	67,769,745	2	33,884,873	13,884	0,000	27,768	0,998
Erro	336,793,851	138	2,440,535				
Total	2,008,414,457	144					
Total corrigido	405,665,144	143					

a. R Quadrado = ,170 (R Quadrado Ajustado = ,140)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.9. Resumo da análise de variância para número total de fruto comercializável.

Variável dependente: NTFC

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	8348,389a	5	1,669,678	4,488	0,004	22,441	0,937
Intercepto	65,195,111	1	65,195,111	175,248	0,000	175,248	1,000
Azoto	7,887,333	3	2,629,111	7,067	0,001	21,202	0,964
Rega	461,056	2	230,528	,620	0,545	1,239	0,144
Erro	11,160,500	30	372,017				
Total	84,704,000	36					
Total corrigido	19,508,889	35					

a. R Quadrado = ,428 (R Quadrado Ajustado = ,333)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.10. Resumo da análise de variância para número total de fruto comercializável.

Variável dependente: P. Comercial

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	554288,245a	5	110,857,649	17,378	0,000	86,888	1,000
Intercepto	19,865,752,191	1	19,865,752,191	3,114,065	0,000	3,114,065	1,000
Azoto	51,443,299	3	17,147,766	2,688	0,045	8,064	0,657
Rega	470,679,913	2	235,339,957	36,891	0,000	73,782	1,000
Erro	9,683,874,592	1518	6,379,364				
Total	33,304,181,599	1524					
Total corrigido	10,238,162,837	1523					

a. R Quadrado = ,054 (R Quadrado Ajustado = ,051)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.11. Resumo da análise de variância para números de frutos estragados (podridão apical).

Variável dependente: Fruto estragados (podridão apical)

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	132,395a	5	26,479	13,356	0,000	66,781	1,000
Intercepto	145,696	1	145,696	73,491	0,000	73,491	1,000
Azoto	4,260	3	1,420	0,716	0,544	2,149	0,199
Rega	128,173	2	64,086	32,326	0,000	64,651	1,000
Erro	271,605	137	1,983				
Total	547,000	143					
Total corrigido	404,000	142					

a. R Quadrado = ,328 (R Quadrado Ajustado = ,303)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.12. Resumo da análise de variância para teor de sólidos solúveis (°Brix).
Variável dependente: teor de sólidos solúveis (°Brix).

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado			Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio	F	Sig.		
Modelo corrigido	8,645a	5	1,729	7,144	0,000	35,718	0,999
Intercepto	2,886,401	1	2,886,401	11,925,921	0,000	11,925,921	1,000
Azoto	0,881	3	0,294	1,213	0,307	3,638	0,320
Rega	7,764	2	3,882	16,040	0,000	32,079	0,999
Erro	33,400	138	0,242				
Total	2,928,446	144					
Total corrigido	42,044	143					

a. R Quadrado = ,206 (R Quadrado Ajustado = ,177)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.13. Resumo da análise de variância para pH do fruto.

Variável dependente: pH do fruto

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado			Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio	F	Sig.		
Modelo corrigido	0,046a	5	0,009	0,203	0,961	1,013	0,097
Intercepto	2,542,597	1	2,542,597	56,575,168	0,000	56,575,168	1,000
Azoto	0,039	3	0,013	0,289	0,833	0,868	0,105
Rega	0,007	2	0,003	0,072	0,930	0,145	0,061
Erro	6,202	138	0,045				
Total	2,548,844	144					
Total corrigido	6,248	143					

a. R Quadrado = ,007 (R Quadrado Ajustado = -,029)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.14. Resumo da análise de variância para consistência do fruto.

Variável dependente: Consistência do fruto (kPa)

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado			Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio	F	Sig.		
Modelo corrigido	201640,791a	5	40,328,158	1,065	0,384	5,323	0,366
Intercepto	15,110,058,095	1	15,110,058,095	398,916	0,000	398,916	1,000
Azoto	64,016,290	3	21,338,763	0,563	0,640	1,690	0,163
Rega	137,624,501	2	68,812,251	1,817	0,168	3,633	0,372
Erro	3,863,539,569	102	37,877,839				
Total	19,175,238,455	108					
Total corrigido	4,065,180,361	107					

a. R Quadrado = ,050 (R Quadrado Ajustado = ,003)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.15. Resumo da análise de variância para azoto aparentemente recuperado (NAR).

Variável dependente: NAR

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	2951,682a	4	737,920	7,536	0,038	30,146	0,705
Intercepto	619,180	1	619,180	6,324	0,066	6,324	0,482
Azoto	2,084,774	2	1,042,387	10,646	0,025	21,292	0,779
Rega	866,908	2	433,454	4,427	0,097	8,854	0,425
Erro	391,653	4	97,913				
Total	3,962,515	9					
Total corrigido	3,343,335	8					

a. R Quadrado = ,883 (R Quadrado Ajustado = ,766)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.16. Resumo da análise de variância para produtividade da água (WP).

Variável dependente: WP

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	700,179a	5	140,036	48,677	0,000	243,387	1,000
Intercepto	3,009,283	1	3,009,283	1,046,048	0,000	1,046,048	1,000
Azoto	319,132	3	106,377	36,978	0,000	110,933	1,000
Rega	381,047	2	190,523	66,227	0,000	132,455	1,000
Erro	17,261	6	2,877				
Total	3,726,723	12					
Total corrigido	717,440	11					

a. R Quadrado = ,976 (R Quadrado Ajustado = ,956)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.17. Resumo da análise de variância para concentração de N no fruto.

Variável dependente: Concentração de N no fruto (%)

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	0,784a	5	0,157	5,661	0,001	28,305	0,979
Intercepto	53,873	1	53,873	1,945,569	0,000	1,945,569	1,000
Azoto	0,758	3	0,253	9,122	0,000	27,366	0,991
Rega	0,026	2	0,013	0,470	0,630	0,939	0,120
Erro	0,831	30	0,028				
Total	55,488	36					
Total corrigido	1,614	35					

a. R Quadrado = .485 (R Quadrado Ajustado = .400)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.18. Resumo da análise de variância para concentração de N na folha.
Variável dependente: Concentração de N na folha (%)

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	2,816a	5	0,563	10,320	0,000	51,602	1,000
Intercepto	186,250	1	186,250	3,413,436	0,000	3,413,436	1,000
Azoto	2,781	3	0,927	16,990	0,000	50,969	1,000
Rega	0,035	2	0,017	0,317	0,731	0,633	0,096
Erro	1,637	30	0,055				
Total	190,702	36					
Total corrigido	4,453	35					

a. R Quadrado = .632 (R Quadrado Ajustado = .571)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.19. Resumo da análise de variância para concentração de K na folha.
Variável dependente: Concentração de K na folha

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	498,171a	5	99,634	11,591	0,000	57,957	1,000
Intercepto	21,595,380	1	21,595,380	2,512,395	0,000	2,512,395	1,000
Rega	121,551	2	60,776	7,071	0,003	14,141	0,903
Azoto	376,620	3	125,540	14,605	0,000	43,816	1,000
Erro	257,866	30	8,596				
Total	22,351,418	36					
Total corrigido	756,037	35					

a. R Quadrado = ,659 (R Quadrado Ajustado = ,602)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.20. Resumo da análise de variância para concentração de K no fruto.
Variável dependente: Concentração de K no fruto

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
Modelo corrigido	950,433a	5	190,087	12,791	0,000	63,956	1,000
Intercepto	35,198,763	1	35,198,763	2,368,587	0,000	2,368,587	1,000
Rega	85,311	2	42,655	2,870	0,072	5,741	0,520
Azoto	865,122	3	288,374	19,405	0,000	58,216	1,000
Erro	445,820	30	14,861				
Total	36,595,015	36					
Total corrigido	1,396,252	35					

a. R Quadrado = ,681 (R Quadrado Ajustado = ,627)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.21. Resumo da análise de variância para concentração de Ca na folha.

Variável dependente: Concentração de Ca na folha

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado			Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio	F	Sig.		
Modelo corrigido	2,364a	5	0,473	4,329	0,004	21,647	0,927
Intercepto	383,311	1	383,311	3,509,717	0,000	3,509,717	1,000
Rega	0,649	2	0,324	2,970	0,067	5,940	0,535
Azoto	1,715	3	0,572	5,235	0,005	15,706	0,891
Erro	3,276	30	0,109				
Total	388,952	36					
Total corrigido	5,641	35					

a. R Quadrado = ,419 (R Quadrado Ajustado = ,322)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.22. Resumo da análise de variância para concentração de Ca no fruto

Variável dependente: Concentração de Ca no fruto

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado			Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio	F	Sig.		
Modelo corrigido	0,003a	5	0,001	1,124	0,369	5,619	0,342
Intercepto	0,448	1	0,448	872,902	0,000	872,902	1,000
Rega	0,001	2	0,001	1,103	0,345	2,207	0,225
Azoto	0,002	3	0,001	1,137	0,350	3,412	0,275
Erro	0,015	30	0,001				
Total	0,466	36					
Total corrigido	0,018	35					

a. R Quadrado = ,158 (R Quadrado Ajustado = ,017)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.23. Resumo da análise de variância para concentração de Mg na folha.

Variável dependente: Concentração de Mg na folha

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado			Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio	F	Sig.		
Modelo corrigido	15,870a	5	3,174	3,901	0,008	19,507	0,896
Intercepto	2,404,431	1	2,404,431	2,955,483	0,000	2,955,483	1,000
Rega	8,730	2	4,365	5,365	0,010	10,731	0,803
Azoto	7,140	3	2,380	2,925	0,050	8,776	0,636
Erro	24,406	30	0,814				
Total	2,444,707	36					
Total corrigido	40,276	35					

a. R Quadrado = ,394 (R Quadrado Ajustado = ,293)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.24. Resumo da análise de variância para concentração de Mg no fruto.

Variável dependente: Concentração de Mg no fruto

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado			Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio	F	Sig.		
Modelo corrigido	0,442a	5	0,088	2,063	0,098	10,316	0,602
Intercepto	72,222	1	72,222	1,684,216	0,000	1,684,216	1,000
Rega	0,213	2	0,106	2,482	0,101	4,963	0,459
Azoto	0,230	3	0,077	1,784	0,171	5,353	0,417
Erro	1,286	30	0,043				
Total	73,950	36					
Total corrigido	1,729	35					

a. R Quadrado = ,256 (R Quadrado Ajustado = ,132)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.25. Resumo da análise de variância para concentração de P no fruto.

Variável dependente: Concentração de P no fruto

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado			Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio	F	Sig.		
Modelo corrigido	7,793a	5	1,559	5,238	0,001	26,189	0,968
Intercepto	288,490	1	288,490	969,494	0,000	969,494	1,000
Rega	4,483	2	2,242	7,533	0,002	15,067	0,921
Azoto	3,310	3	1,103	3,708	0,022	11,123	0,750
Erro	8,927	30	0,298				
Total	305,210	36					
Total corrigido	16,720	35					

a. R Quadrado = ,466 (R Quadrado Ajustado = ,377)

b. Calculado usando alfa = .05

Tabela A2.26. Resumo da análise de variância para concentração de P na folha.

Variável dependente: Concentração de P na folha

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado			Noncent. Parâmetro	Poder observado ^b
	Quadrados	gl	Médio	F	Sig.		
Modelo corrigido	6,711a	5	1,342	26,323	0,000	131,615	1,000
Intercepto	165,422	1	165,422	3,244,108	0,000	3,244,108	1,000
Rega	4,562	2	2,281	44,729	0,000	89,458	1,000
Azoto	2,150	3	0,717	14,052	0,000	42,157	1,000
Erro	1,530	30	0,051				
Total	173,664	36					
Total corrigido	8,241	35					

a. R Quadrado = ,814 (R Quadrado Ajustado = ,783)

b. Calculado usando alfa = .05