

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

Tassiane Bolzan Morais

**EFICIÊNCIA DE DOSES DE NITROGÊNIO E SOMBREAMENTO NA
CULTURA DO TOMATE EM CULTIVO PROTEGIDO**

**Santa Maria, RS, Brasil
2017**

Tassiane Bolzan Morais

**EFICIÊNCIA DE DOSES DE NITROGÊNIO E SOMBREAMENTO NA
CULTURA DO TOMATE EM CULTIVO PROTEGIDO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia Agroambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Orientador: Prof. Alexandre Swarowsky

Santa Maria, RS, Brasil
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da
Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

Bolzan Morais, Tassiane

EFICIÊNCIA DE DOSES DE NITROGÊNIO E SOMBREAMENTO NA
CULTURA DO TOMATE EM CULTIVO PROTEGIDO / Tassiane Bolzan
Morais. - 2017.78 P.; 30 cm

Orientador: Alexandre Swarowsky

Coorientador: Jerson Vanderlei Carús Guedes

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós- Graduação
em Engenharia Agrícola, RS, 2017

1. Cultura do tomate. 2. Adubação nitrogenada. 3.
Sombreamento. 4. Ambiente protegido. 5. Produtividade e
qualidade de frutos. I. Swarowsky, Alexandre II. Carús
Guedes, Jerson Vanderlei III. Título.

Tassiane Bolzan Morais

**EFICIÊNCIA DE DOSES DE NITROGÊNIO E SOMBREAMENTO NA
CULTURA DO TOMATE EM CULTIVO PROTEGIDO**

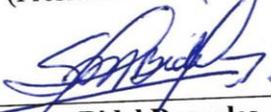
Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia Agroambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola**.

Aprovado (a) em 03 de março de 2017:

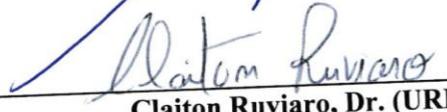
COMISSÃO EXAMINADORA:



Alexandre Swarowsky, PhD.
(Presidente/Orientador)



Sylvio Henrique Bidel Dorneles, Dr. (UFSM)



Claiton Ruviaro, Dr. (URI)

Santa Maria, RS, Brasil
2017

AGRADECIMENTOS

Quero dedicar este trabalho primeiramente a Deus e a todos os Santos que iluminam meu caminho. E, a todas as pessoas que me ajudaram e torceram por mim durante esta etapa da minha vida acadêmica.

À Universidade Federal de Santa Maria, seu corpo docente, mais precisamente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade.

À o meu orientador, Prof. Alexandre Swarowsky pela orientação, amizade, paciência, ensinamento e incentivo. Meu muito obrigada, com todo carinho.

Aos professores Sylvio Henrique Bidel Dornelles e Danie Martini Sanchotene pelas palavras de amizade, de carinho, de confiança e de apoio. E, pelos ensinamentos a mim repassados.

À equipe da Biomonte Pesquisa e Desenvolvimento, pelo apoio e amizade, agradeço de coração a ajuda e o incentivo.

Aos pilares da minha vida, meus pais, José Brasil e Marlei, por todo amor e confiança que em mim depositaram e, por me prepararem para os desafios da vida com seus conselhos e seus ensinamentos. As minhas queridas irmãs, Marzane e Eveline, por serem não apenas irmãs mais velhas e sim, grandes amigas que Deus me deu, muito obrigada!

A meu namorado, Luis Fernando Forgiarini, pelo amor e pela amizade, a quem eu agradeço o imenso apoio quando eu mais precisei, estando sempre do meu lado. Com todo o meu amor, muito obrigada!

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota. ”

Theodore Roosevelt

RESUMO

EFICIÊNCIA DE DOSES DE NITROGÊNIO E SOMBREAMENTO NA CULTURA DO TOMATE EM CULTIVO PROTEGIDO

AUTOR (A): Tassiane Bolzan Morais
ORIENTADOR: Alexandre Swarowsky

Diversos são os fatores que influenciam na produtividade e na qualidade final dos frutos da cultura do tomate. Dentre eles, destaca-se a nutrição mineral, especialmente, o nutriente nitrogênio e fatores que interferem no ambiente de cultivo da cultura, como o sombreamento das plantas. Visando manter a produtividade e a qualidade dos frutos de tomate na entressafra da cultura no RS, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da adubação nitrogenada, do sombreamento e a interação entre os dois fatores, sobre o desempenho agrônomo da cultura do tomateiro, sob ambiente protegido. O presente trabalho foi conduzido na casa de vegetação na Empresa Biomonte Pesquisa e Desenvolvimento, na safra agrícola 2016. O experimento foi um DIC (delineamento inteiramente casualizado), com esquema fatorial 2 x 5, com vinte repetições. Foram utilizados dois ambientes (com e sem tela de sombreamento preta 50%, do tipo sombrite®) e cinco doses de N (0, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹), conforme a necessidade da cultura e análise do solo utilizado no experimento, sendo a dose de 150 kg ha⁻¹ de N, a recomendada para as condições do presente estudo. Para avaliação do desempenho agrônomo e da produtividade da cultura, foram verificadas as variáveis climáticas nos dois ambientes e quantificados a altura e diâmetro das plantas, área foliar, teor de clorofila, comportamento estomático, produção (peso, diâmetro e comprimento dos frutos) e massa seca da parte aérea das plantas; para a avaliação da qualidade dos frutos, foram analisados o pH, sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT da polpa dos frutos do tomateiro. Os fatores sombreamento e doses de N apresentaram influência no desempenho agrônomo, na produtividade e na qualidade de frutos de tomate, no cultivo em ambiente protegido. No presente experimento, as variáveis analisadas apresentaram melhores respostas em condição de não sombreamento das plantas do que sobre as plantas sombreadas. Com relação ao nitrogênio, a aplicação do nutriente contribuiu para um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas, produtividade da cultura e qualidade dos frutos até determinada dose (225 kg ha⁻¹ nos dois ambientes). Nas doses anteriores a essa e na dose subsequentes a essa, as plantas de tomate apresentaram menor crescimento e desenvolvimento e menor produtividade e qualidade dos frutos, indicando toxidez causada pelo excesso de N. A partir desses dados, conclui-se que, as condições do experimento, para a opção de cultivo do tomateiro sob ambiente protegido, na entressafra da cultura, a dose de N utilizada deve ser ajustada para maior produtividade e qualidade de frutos, não sendo necessário o uso de tela de sombreamento preta 50%.

Palavras-chave: nitrogênio; desempenho agrônomo; produtividade; qualidade de frutos.

ABSTRACT

EFFICIENCY OF NITROGEN DOSES AND SHADING ON TOMATO CULTURE IN PROTECTED CULTIVATION

AUTHOR: Tassiane Bolzan Morais

ADVISOR: Alexandre Swarowsky

Several factors influence the productivity and end quality of the fruits of the tomato crop, among them, mineral nutrition, especially nitrogen nutrients and factors that interfere with the culture environment of the crop, such as shading of plants. Aiming to maintain the productivity and quality of the tomato fruits in the off season of the crop in RS, the objective of this work was to evaluate the influence of 50% black shading screen, nitrogen fertilization and the interaction between the two factors, on the agronomic performance of the tomato crop under protected environment. The present work was conducted in the greenhouse at the Biomonte Research and Development Company, in the agricultural crop 2016, geographical coordinates 29 ° 39,059 'South and 53 ° 57,413' West and altitude of 180.0 meters. The experiment was in DIC (completely randomized design) with factorial arrangement 2 x 5, and twenty repetitions. Two environments were used (with and without black shading screen 50%, sombrite® type) and five doses of N (0, 75, 150, 225 and 300 kg ha⁻¹), according to the need of the crop and soil analysis used in the experiment, being the dose of 150 kg ha⁻¹ of N, the recommended dose for the conditions of the present study. In order to evaluate the agronomic performance and crop productivity, were verified daily the climatic variables in the two environments and quantified the height and diameter of the plants, leaf area, chlorophyll content, stomatal behavior, yield (weight, diameter and length of fruits) and dry mass of shoots; for the evaluation of fruit quality, the pH, soluble solids, titratable acidity and SS / AT ratio of tomato fruit pulp were analyzed. The factors shading and N doses had influence on the agronomic performance, productivity and quality of tomato fruits, in cultivation in a protected environment. In the present experiment, the variables analyzed presented better responses in the non-shading condition of the plants than in the shaded plants. With regard to nitrogen, nutrient application contributed to a better growth and development of the plants, crop productivity and fruit quality up to a given dose (225 kg ha⁻¹ in both environments). At the doses prior to and at the subsequent doses, tomato plants showed lower growth and development and lower productivity and fruit quality, indicating toxicity caused by excess N. From these data, it was concluded that, the conditions of the Experiment, for the option of cultivating the tomato under protected environment, in the crop off season, the dose of N used should be adjusted for higher fruit productivity and quality, and it is not necessary to use a 50% black shading screen.

Key words: nitrogen; agronomic performance; productivity; fruit quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo do nitrogênio. Fonte: Adaptado de Taiz & Zeiger, 2009.....	21
Figura 2 - Local do experimento... ..	30
Figura 3 - Aplicação das doses de nitrogênio parceladas em três épocas. Santa Maria – RS, 2017. Foto: Morais, T. B. (2017).	32
Figura 4 - Área experimental (casa de vegetação). Santa Maria- RS, 2017. Foto: Morais, T.B. (2017).....	33
Figura 5 - Transplante das mudas de tomate para os vasos. Santa Maria - RS, 2017. Foto: Morais, T.B. (2017).....	34
Figura 6 - Avaliação da altura das plantas, diâmetro do colmo das plantas e área foliar. Santa Maria – RS, 2017. Foto: Morais, T.B (2017).....	36
Figura 7 - Avaliação de clorofila pelo método não destrutivo. Santa Maria - RS, 2017. Foto: Morais, T. B. (2017).....	37
Figura 8 - Confecção das lâminas semipermanentes (A). Vista frontal da face abaxial (aumento de 600x) de folíolo de tomateiro (B). Santa Maria - RS, 2017. Foto: Morais, T.B. (2017).....	38
Figura 9 - Avaliação do peso dos frutos, em balança digital (A). Avaliação do comprimento e da altura dos frutos com auxílio de um paquímetro 150 mm (B). Santa Maria - RS, 2017. Foto: Morais, T.B. (2017).	39
Figura 10 - Preparo da amostra do suco da polpa dos frutos de tomate (A). Amostras separadas por tratamento (B). Avaliação do pH do suco (C). Santa Maria - RS, 2017. Foto: Morais, T.B. (2017).	40
Figura 11 - Avaliação de Sólidos Solúveis (°Brix) no suco da polpa do tomate (A). Avaliação da Acidez Titulável (B e C). Santa Maria – RS, 2017. Foto: Morais, T.B. (2017)	41
Figura 12 - Mediação das Temperaturas médias diárias dos ambientes (com e sem sombreamento) e, umidade relativa do ambiente. Santa Maria - RS, 2017.....	42
Figura 13 - Medição da Luminosidade nos dois ambientes, medidos em lumem. Santa Maria - RS, 2017.....	43
Figura 14 - Avaliação da altura de plantas (cm) quando submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.....	45
Figura 15 - Avaliação do diâmetro da haste da planta (cm) quando submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.	47
Figura 16 - Avaliação da área foliar (mm ²) quando submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.....	50
Figura 17- Avaliação da ICF (índice de clorofila Falker) de clorofila a b e total quando submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.....	55
Figura 18 - Avaliação do n ^o /mm ² e dimensões (µm) dos estômatos dos folíolos das plantas de tomate submetidas a crescentes doses de nitrogênio em dois ambientes (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.....	59

- Figura 19 - Avaliação da massa seca da parte aérea das plantas de tomate submetidas a crescentes doses de nitrogênio em dois ambientes (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.60
- Figura 20 - Avaliação do número de frutos, peso (g), diâmetro e comprimento (cm) médios dos frutos quando submetidos a crescentes doses de nitrogênio em dois ambientes (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.62
- Figura 21 - Avaliação do pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e relação SS/AT dos frutos quando submetidos a crescentes doses de nitrogênio em dois ambientes (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas do solo Argissolo Vermelho Distrófico Arênico, unidade de Mapeamento São Pedro – Valores médios de duas repetições. Santa Maria - RS, 2017.....	31
Tabela 2 - Descrição dos tratamentos (fator A - sombreamento e fator D - doses de nitrogênio) avaliados no experimento. Santa Maria - RS, 2017.....	32
Tabela 3 - Avaliação da Relação clorofila a/b quando submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.	53
Tabela 4 - Avaliação do diâmetro equatorial (DE) e polar (DP) dos estômatos (DE) e a funcionalidade estomática (FUNC) das plantas de tomate submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.....	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	ASPECTO GERAL DO TOMATEIRO	17
3.1.1	Origem e histórico do tomate	17
3.1.3	Importância e produção da tomaticultura no Brasil e no mundo.....	17
3.1.2	Aspectos botânicos e agrônômicos do tomateiro	18
3.2	ADUBAÇÃO NA CULTURA DO TOMATE.....	19
3.2.1	Adubação mineral	19
3.2.3	Assimilação do nitrogênio e absorção pelas plantas.....	20
3.2.4	Influência do nitrogênio na cultura do tomate	22
3.2.5	Deficiência de nitrogênio na cultura do tomate	24
3.3	CULTIVO DE TOMATE EM AMBIENTE PROTEGIDO.....	25
3.3.1	Produção de tomate sob cultivo protegido	25
3.3.2	Fatores climáticos	26
3.3.3	Sombreamento na cultura do tomate.....	27
3.4	INTERAÇÃO ADUBAÇÃO NITROGENADA E SOMBREAMENTO.....	28
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1	ÁREA EXPERIMENTAL.....	30
4.1.2	Características do solo	31
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	31
4.3	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	33
4.4	VARIÁVEIS ANALISADAS	35
4.4.1	Variáveis climáticas.....	35
4.4.2	Altura de plantas	35
4.4.3	Diâmetro de plantas	36
4.4.4	Área foliar	36
4.4.5	Teor de clorofila.....	37
4.4.6	Comportamento estomático.....	37
4.4.7	Massa seca parte aérea.....	38

4.4.8	Produção total de frutos.....	39
4.4.9	Qualidade dos frutos	39
4.4.9.1	<i>pH</i>	40
4.4.9.2	<i>Sólidos solúveis (SS)</i>	40
4.4.9.3	<i>Acidez titulável (AT)</i>	40
4.4.9.4	<i>SS/AT</i>	41
4.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1	AVALIAÇÕES CLIMÁTICAS	42
5.2	ALTURA E DIÂMETRO DE PLANTAS	43
5.3	ÁREA FOLIAR	48
5.4	TEOR DE CLOROFILA	51
5.5	DENSIDADE E DIÂMETRO ESTOMÁTICO	55
5.5.1	Densidade estomática	55
5.5.2	Diâmetro e funcionalidade estomática.....	56
5.6	MASSA SECA DE PARTE AÉREA	59
5.7	PRODUÇÃO TOTAL DE FRUTOS.....	60
5.8	QUALIDADE DE FRUTOS	62
5.8.1	pH.....	63
5.8.2	Acidez titulável.....	63
5.8.3	Sólidos solúveis.....	64
5.8.4	Sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT).....	65
6	CONCLUSÃO	67
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

Os frutos do tomateiro fazem parte da dieta em todo o mundo (GUIL-GUERRERO & REBOOLLOSO-FUENTES, 2009). No Brasil, no ano de 2015, foi cultivada uma área de 55 mil hectares, sendo os estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais os maiores produtores nacionais (MAPA, 2015). Em 2015, a safra brasileira de tomate, incluindo os dois segmentos: indústria e de mesa, totalizou 4.145.553 toneladas de frutos (IBGE, 2016). Diante disso, a cultura do tomate trata-se de uma hortaliça bastante expressiva no mercado nacional, fazendo parte, quase que diariamente, da alimentação de grande parte da população brasileira.

Devido ao aumento expressivo da demanda de tomate pelo consumidor, se torna cada vez mais necessária a manutenção e o aumento da qualidade dos seus frutos e também a manutenção e o aumento da produtividade. Os consumidores estão cada vez mais exigentes no sentido de obter frutos de alta qualidade (IGLESIAS et al., 2015). O consumo de tomate, atualmente, está relacionado a um indicador nutricional de bons hábitos alimentares e de qualidade de vida (HERNANDEZ SUÁREZ et al., 2007). A qualidade exigida pelos consumidores, especialmente nas culturas hortícolas, está relacionada tanto a aspectos da aparência, textura e sabor dos frutos os quais despertam o interesse do consumidor, quanto ao seu valor nutricional (IGLESIAS et al., 2015), qualidades que se associam a características como os teores de sólidos solúveis, pH e acidez titulável (DING et al., 2016).

Diversos são os fatores que influenciam o rendimento final e a qualidade nutricional dos frutos do tomateiro. Dentre os fatores que influenciam o crescimento e a produção do tomateiro, citamos o adequado suprimento de nutrientes pelo solo às plantas, especialmente o nitrogênio (FERREIRA et al., 2010). De acordo com Araújo et al., (2007), no Brasil, a adubação nitrogenada do tomateiro é recomendada de maneira empírica, baseando-se, raramente, em relação derivadas de doses recomendadas e na produtividade esperada da cultura.

Relacionando a aplicação de nitrogênio com a qualidade dos frutos de tomate, a qualidade nutricional dos frutos é influenciada pelo nutriente nitrogênio através da sua disponibilidade, por exemplo, reduzindo moderadamente a oferta de nitrogênio, pode ocorrer um melhor conteúdo de açúcares dos frutos sem afetar a produtividade da cultura e, a redução no fornecimento de nitrogênio combinado com o aumento da radiação no fruto, pode ser utilizado para melhorar a qualidade dos frutos, através do aumento no teor de antioxidantes nos mesmos (BÉRNARD et al., 2009). O adequado fornecimento de N durante o crescimento e o desenvolvimento da cultura do tomate garante a obtenção de altas produtividades (altos

rendimentos) e maximiza os lucros ao produtor (ELIA & CONVERSA, 2012). Porém, vale ressaltar que a resposta de uma cultura, como o tomate, a disponibilidade de nutrientes pode variar de acordo com cultivares, fatores externos, práticas culturais, substratos e condições ambientais (PASSAM et al., 2007).

Além de deficiências nutricionais, as culturas hortícolas, em especial a cultura do tomate, apresentam problemas de produção relacionados a intempéries climáticas. Assim, constantes inovações tecnológicas para contornar esses problemas devem ser estudadas. Para minimizar os efeitos negativos causados pelo clima sobre os cultivos de tomate, uma solução encontrada foi a utilização de telas de sombreamento sobre as culturas e o cultivo em ambiente protegido. Além dos efeitos climáticos, as culturas quando cultivadas em ambiente protegido permitem ao produtor planejar a sua produção, estabelecer e cumprir as metas de produtividade e também cumprir os prazos de entrega do produto ao consumidor (PAIVA, 1998).

Devido à relativa facilidade de manejo dos cultivos sob ambiente protegido quando comparado ao sistema convencional a campo aberto, no Brasil, o cultivo de hortaliças, nessas condições, vem ganhando espaço entre os produtores (CARRIJO et al. 2004). O cultivo do tomate em ambiente protegido, buscando uma alteração no microclima deste ambiente, visa resolver problemas relacionados a produção agrícola de hortícolas em épocas menos favoráveis ao seu cultivo (MARTINS et al., 1994). Sendo de extrema importância pois, dessa forma, ocorre uma regularização no abastecimento da cultura, obtenção de preços mais elevados e produção na entressafra (STRECK et al., 1998).

No sentido de buscar reduzir os danos causados pelas adversidades meteorológicas, especialmente a radiação e a temperatura, têm sido utilizadas telas de sombreamento em muitas culturas agrícolas, inclusive no cultivo do tomate (SILVA et al., 2013). De acordo com Rjapakse & Shahak (2007), além dos danos climáticos, as telas de sombreamento fazem a proteção contra danos causados pela chuva, granizo e vento e ainda protege os cultivos contra pássaros e insetos.

Dessa forma, o estudo da adubação nitrogenada e sombreamento na cultura do tomateiro sob ambiente protegido e a interação entre esses dois fatores é indispensável para obtenção de informações adequadas sob essas práticas de manejo a fim de manter a produção da cultura na entressafra, seu rendimento e qualidade dos frutos, garantindo renda ao produtor e, possível redução do uso de nitrogênio.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi determinar a influência da adubação nitrogenada, do sombreamento, e avaliar a interação entre eles, no desempenho agrônômico da cultura do tomateiro em ambiente protegido.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar o desempenho da cultura do tomateiro quando exposta a diferentes doses de nitrogênio, em ambiente protegido;

Avaliar a influência da utilização de tela de sombreamento na cultura do tomateiro, em ambiente protegido;

Verificar a interação dos fatores avaliados, doses de nitrogênio e tela de sombreamento, no desempenho agrônômico, a produtividade e qualidade dos frutos da cultura do tomateiro em ambiente protegido.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ASPECTO GERAL DO TOMATEIRO

3.1.1 Origem e histórico do tomate

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é originário do tomate cereja selvagem (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*), o qual é oriundo de um território, limitado ao norte pelo Equador, ao sul pelo norte do Chile, a oeste pelo Oceano Pacífico e a leste pela Cordilheira dos Andes. Antes da colonização espanhola, o tomate foi levado para o México onde passou a ser cultivado e melhorado (FILGUEIRA, 2008). O tomate foi introduzido na Europa através da Espanha, entre 1523 e 1554 para fins ornamentais, pois, na época, se pensava que os frutos não eram comestíveis (FILGUEIRA, 2008).

Existem evidências de que os italianos foram os primeiros a cultivar o fruto do tomate, por volta de 1550, inicialmente pela curiosidade do cultivo e pelo valor ornamental dos seus frutos (FILGUEIRA, 2000). A produção e o consumo do fruto estenderam-se para os Estados Unidos, no século XIX e, até os dias de hoje, além dos seus frutos *in natura*, seus produtos derivadas, como sopas, molhos, bebidas e catchup são consumidos regularmente (HARVEY et al., 2002).

No Brasil, o hábito de consumir esse fruto foi introduzido por imigrantes europeus, no final do século XIX. Nos dias de hoje, a cultura está espalhada por todo o território brasileiro e do mundo. A cultura do tomate passou a ter relevância mundial a partir de 1900 e, está entre os três alimentos mais industrializados, juntamente com o alho e a cebola (FILGUEIRA, 2000).

3.1.3 Importância e produção da tomaticultura no Brasil e no mundo

A cultura do tomate é considerada como a hortaliça mais industrializada do mundo, apresentando, dessa forma, grande importância socioeconômica (KROSS et al., 2001). O cultivo de tomate é dividido em duas cadeias produtivas: o segmento de mesa, onde o consumo do fruto é realizado *in natura*; e o segmento da indústria, onde os frutos são destinados ao processamento. Cada uma das cadeias de produção possui características diferentes entre si, desde o manejo e produção (cultivares, formas de cultivo e forma de

consumo final) até o beneficiamento, processamento e comercialização dos frutos (SANTOS, 2009).

De acordo com dados da FAOSTAT (2013-a), os maiores produtores mundiais de tomate são: China, Estados Unidos, Índia, Turquia, Egito, Itália, Irã, Espanha, Brasil e México, respectivamente. Estes países, juntos, produzem 76% da produção mundial da cultura. Nos últimos anos, ocorreu um aumento considerável na produção de tomate. Em 1992, a produção mundial era apenas 74,9 milhões de toneladas, em 2012, alcançou-se uma produção superior a 161 milhões de toneladas. Em termos percentuais, uma expansão de 116% nos últimos 20 anos. O consumo mundial de tomate foi de 12,6 kg por pessoa/ano em 1989 para 20,5 kg por pessoa/ano em 2009 (FAOSTAT, 2013-b).

Com relação ao Brasil, o país se destaca como o nono maior produtor de tomate no mundo. Dados da FAOSTAT (2013-a) mostram que nos últimos vinte anos, entre 1983 a 2013, a produção brasileira passou de 1.550.778 toneladas para 4.187.646 toneladas. E, nos últimos seis anos, o Brasil apresentou um rendimento de 634.958 kg ha⁻¹ em 2008 e, 668.025 kg ha⁻¹ em 2013. Com relação aos estados brasileiros, dados do IBGE (2016) na safra de 2015, mostram o estado de São Paulo como o maior produtor nacional de tomate, contribuindo com uma área de plantada de 14.967 ha, seguidos dos estados de Goiás e Minas Gerais. O estado do Rio Grande do Sul consta em nono lugar.

Os custos de produção da cultura do tomate estão em média R\$ 25,00 a R\$ 30,00 por caixa de 23 kg sendo comercializada em média a R\$ 120,00/caixa (CEPEA, 2016).

3.1.2 Aspectos botânicos e agronômicos do tomateiro

O tomateiro é uma planta herbácea, que pertence à família Solanaceae, que pode desenvolver-se de forma rasteira, semiereta ou ereta. O crescimento pode ser limitado nas cultivares de crescimento determinado e ilimitado nas cultivares indeterminadas, esta última podendo chegar a 10 m, em um ano. Podem desenvolver-se em uma gama de latitudes, tipos de solo, temperatura e métodos de cultivo. Ambiente quente, com boa iluminação e drenagem são os mais adequados para o seu cultivo (ALVARENGA, 2013).

O tomate possui um sistema radicular amplo, constituído por uma raiz principal, provida de uma grande quantidade de raízes secundárias e acompanhando um grande número de raízes adventícias surgidas desde a base dos caules. O caule é angular, recoberto de pelos

perfeitamente visíveis, muitos dos quais de natureza glandular, que confere à planta um odor característico (ARGERICH & TROILO, 2011).

As flores do tomateiro são consideradas perfeitas, pois apresentam androceu e gineceu e o seu estilete fica protegido por um cone de cinco ou seis anteras. A espécie *S. lycopersicum*, considerada a espécie de tomateiro de interesse agrícola, apresenta seis anteras; as demais, apenas cinco. As extremidades das anteras são afiladas, desprovidas de pólen, ocorrendo um estreitamento do tubo. O ovário pode ter dois, três, quatro lóculos, ou ser multilocular, que normalmente é autopolinizada, apresentando baixa incidência de frutos originários de cruzamentos (GIORDANO & RIBEIRO, 2000).

Os frutos do tomate são considerados bagas carnosas, suculentas e com o aspecto, tamanho e massa fresca variadas, dependentes da cultivar. Os frutos, quando maduros, apresentam coloração avermelhada, resultante da combinação da cor da polpa com película externa amarela. Apresentam algumas exceções como as cultivares japonesas do grupo “salada”, rosada, devido à película esbranquiçada. A massa fresca dos frutos varia amplamente, de 25 g (tipo “cereja”) até 400 g (tipo “salada”) e, as sementes são pilosas, pequenas e quando presentes no interior dos frutos são envoltas por mucilagem (FILGUEIRA, 2008).

O ciclo da cultura do tomate pode ser dividido em três fases. Sendo a primeira fase entre 25 e 35 dias após a semeadura até o início do florescimento. A segunda fase inicia-se no florescimento da cultura com término no início da colheita dos frutos. E, por fim, a terceira fase contempla toda a colheita (ALVARENGA, 2004).

3.2 ADUBAÇÃO NA CULTURA DO TOMATE

3.2.1 Adubação mineral

Os nutrientes minerais são os elementos obtidos a partir do solo, especialmente, na forma de íons inorgânicos. Embora os nutrientes circulem por todos os organismos, eles entram na biosfera pelos sistemas de raízes dos vegetais, sendo translocados, para as diversas partes das plantas, a partir daí sendo utilizadas em numerosas funções biológicas (TAIZ & ZEIGER, 2009). Segundo o mesmo autor, altas produtividade agrícolas dependem da fertilização com nutrientes minerais.

Os nutrientes são classificados em três grupos distintos, de acordo com a sua redistribuição no interior dos vegetais: os móveis (NO_3^- , NH_4^+ , P, K e Mg), os de mobilidade

considerada moderada (S, Mn, Fe, Zn, Cu e Mo) e os imóveis (Ca e B). A imobilidade de um nutriente está associada à falta de mobilidade no floema, sendo impedida a sua remobilização (EPSTEIN & BLOOM, 2005).

Para o crescimento vegetal, existem alguns elementos classificados como elementos essenciais, sendo definidos como aqueles que são componentes intrínsecos na estrutura ou no metabolismo de uma planta ou, cuja a sua ausência causa anormalidades severas no crescimento, desenvolvimento e reprodução do vegetal (EPSTEIN & BLOOM, 2005). Existem dois fatores primordiais para que as plantas atinjam um metabolismo balanceado, alta produção de matéria seca e desenvolvimento adequado: quantidade suficiente de nutrientes e suas proporções serem balanceadas (LARCHER, 2000). Quando o suprimento dos nutrientes para as plantas não é adequado, ocorrem desordens fisiológicas que se manifestam através de sintomas de deficiência ou de toxidez, esses sintomas irão depender da função que o nutriente exerce perante a planta e da sua capacidade de mobilidade no floema e no xilema (LARCHER, 2000).

3.2.3 Assimilação do nitrogênio do solo e absorção pelas plantas

A assimilação de nutrientes é o processo pelo qual os nutrientes obtidos pelas plantas são incorporados a compostos de carbono necessários ao seu crescimento e ao desenvolvimento. Esses processos envolvem reações químicas altamente energéticas (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Dentre os elementos considerados essenciais ao desenvolvimento das plantas, está o nitrogênio (N). Dos nutrientes que são absorvidos do solo, o nitrogênio é o requerido em maior quantidade pela maioria das culturas agrícolas, sendo a sua essencialidade relacionada à constituição das proteínas, aminoácidos, pigmentos, ácidos nucleicos, hormônios, coenzimas, vitaminas e alcaloides (FLOSS, 2011).

O nitrogênio está presente em muitas formas na biosfera. Porém, na maior parte, ele está indisponível para os organismos vivos, na forma orgânica. Para obtenção desse nitrogênio é necessário que ocorram reações conhecidas como fixação de nitrogênio, por processo industrial ou natural, para produção de amônia (NH₃) ou nitrato (NO₃⁻) – fontes de nitrogênio inorgânico (Figura 1). Quando fixado em amônio ou nitrato, o nitrogênio entra no ciclo biogeoquímico, passando por formas orgânicas ou inorgânicas antes de retornar à forma de nitrogênio molecular. Os íons amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻), gerados pela fixação ou

liberados pela decomposição da matéria orgânica do solo, tornam-se objetos de competição entre as plantas e os microrganismos (TAIZ & ZEIGER, 2009).

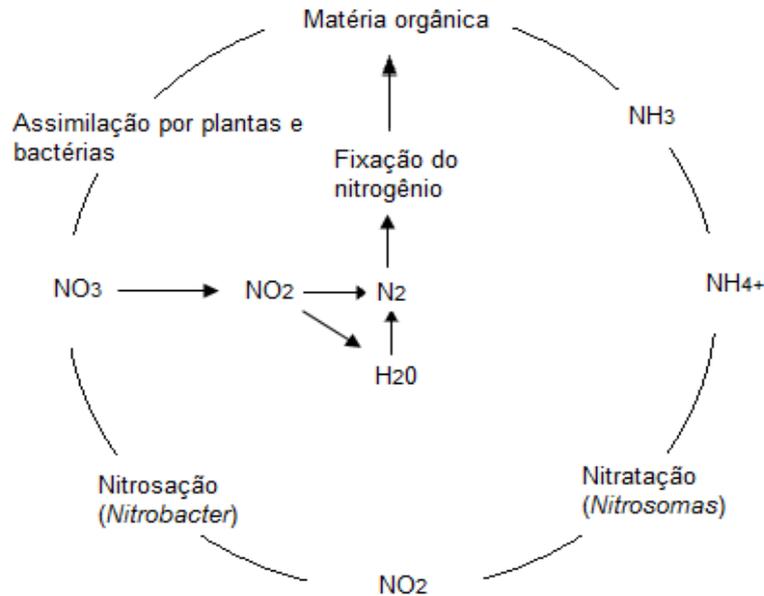


Figura 1: Ciclo do nitrogênio. Fonte: Adaptado de Taiz & Zeiger, 2009.

As raízes dos vegetais absorvem ativamente o nitrato da solução do solo através de co-transportadores nitrato-prótons (CRAWFORD & FORDE, 2002). Porém, os vegetais assimilam a maior parte do nitrato em compostos orgânicos, sendo a redução do nitrato a nitrito a primeira etapa do processo (OAKS, 1994). O nitrito (NO_2^-) é altamente reativo e tóxico, quando as células vegetais transportam o nitrito para o interior dos cloroplastos nas folhas e plastídios nas raízes, o nitrito é reduzido em amônio, pela enzima nitrito redutase (TAIZ & ZEIGER, 2009). Quando as raízes das plantas recebem pequenas quantidades de nitrato, este é reduzido nesses órgãos, porém, quando o suprimento aumenta, uma proporção do nitrato é translocado para as partes aéreas, onde será assimilado (MARSCHNER, 1995).

O cátion amônio é um íon poliatômico, carregado positivamente com fórmula química NH_4^+ , ele é derivado da absorção pela raiz ou produzido pela assimilação do nitrato ou da fotorrespiração, sendo convertido em glutamina e glutamato, as quais estão localizadas no citosol e nos plastídios das raízes ou dos cloroplastos. Uma vez assimilado, o nitrogênio pode ser transferido para outros compostos orgânicos através de diversas reações (TAIZ & ZEIGER, 2009).

O amônio, por ser um composto de fácil reação, pode sofrer perdas no sistema por volatilização. A perda de amônio configura-se pela desprotonação do íon NH_4^+ , convertendo

este em amônia (NH_3) composto altamente volátil que, em seguida, é dissipado para a atmosfera. Essas perdas que ocorrem nos solos dependem do pH dos mesmos, sendo que em condições de pH ácido a espécie química predominante é o NH_4^+ . Em solos alcalinos ou com pH maior que 7, qualquer fertilizante nitrogenado que contenha nitrogênio amoniacal está sujeito a perdas de NH_3 por volatilização, porém, a ocorrência de solos com essas características, no Brasil, é muito baixa (TROEH & THOMPSON, 2007).

A escolha adequada da fonte de nitrogênio a ser utilizado deve ser levada em consideração, uma vez que as plantas respondem diferentemente as formas de N, porém, sabemos que ele é absorvido preferencialmente pelas raízes na forma inorgânica, como nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+) (GHANEM et al.; 2011; MARTÍNEZ-NADAJÚR et al., 2013). A absorção de NH_4^+ requer menos gasto metabólico do que a absorção de NO_3^- , uma vez que este quando absorvido necessita ser reduzido para então ser assimilado (BRITTO et al., 2001).

A partir da solução do solo, as plantas absorvem praticamente todos os nutrientes minerais. Para que um nutriente possa ser absorvido pela raiz, é necessário que haja contato. O nitrogênio, em sua grande maioria, é absorvido através de fluxo de massa, onde ocorre o movimento do nutriente em solo por diferença de potencial de uma região mais úmida (maior potencial) para uma mais seca (menor potencial) (FLOSS, 2011). Essa diferença pode ser gerada pela absorção de água pela planta, permitindo que um nutriente que esteja distante da raiz se desloque até a raiz (FLOSS, 2011). A passagem de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) através da membrana plasmática (plasmalema) das células da epiderme e do córtex da raiz ocorre através de transportadores específicos para essas formas de nitrogênio (LARSSON & INGEMATSSON, 1989).

A quantidade de nitrogênio a ser absorvida varia durante o ciclo de desenvolvimento das plantas em função da quantidade de raízes e da taxa de absorção. Normalmente, essa quantidade aumenta progressivamente durante o período de crescimento vegetativo, atinge o máximo durante os estádios reprodutivos e cai na fase de enchimento dos grãos ou de frutos (CREGAN & BERKUM, 1984).

3.2.4 Influência do nitrogênio na cultura do tomate

O crescimento e o desenvolvimento da cultura do tomate, dependem, além de outros fatores, de um adequado suprimento nutricional. Levando em conta processos fisiológicos das plantas, o N, tem um maior efeito sobre o crescimento e a absorção dos demais nutrientes,

sendo considerado o mais importante com relação ao controle da nutrição ótima da cultura (HUETT & DETTMANN, 1988).

O nitrogênio (N) ocupa posição de destaque no cultivo do tomateiro no que diz respeito às quantidades e fontes requeridas. Com relação às quantidades, tem sido considerado que a relação de 2,0 a 2,5 g de N para cada quilograma de frutos obtido é satisfatória (SCAIFE & BAR-YOSEF, 1995). As fontes de nitrogênio (nítica, amoniacal, amídica) não afetam de forma significativa a produção e a qualidade de frutos de tomate; no entanto, dentre estas a uréia apresenta o maior retorno financeiro em tomateiro (ALMEIDA, 2011). Com relação a quantidade do nutriente extraída pelo tomateiro, a cada tonelada de frutos colhidos são encontrados 3 kg de nitrogênio (EMBRAPA, 2003). Os frutos são o grande dreno de nutrientes e fotoassimilados, sendo tais nutrientes, especialmente o nitrogênio, exportados juntamente com os frutos (ARAÚJO, 2003).

Avaliando os níveis de nitrogênio aplicados em tomateiros, com os seguintes parcelamento: toda a dose de N aplicada no plantio; um terço do N aplicado no plantio e dois terços aos 25 dias; um terço de N aplicado no plantio, um terço aos 25 dias e um terço aos 50 dias; metade do N aplicada aos 25 dias e a outra metade aos 50 dias depois do plantio, os autores concluíram que dentre os parcelamentos das doses de N o que se mostra mais eficiente é o aplicado em três doses ao longo do ciclo da cultura (FARIA et al., 1996).

Na cultura do tomate, elevação da dose de N até um limite de absorção sem causar fitotoxidez na planta, contribui para o maior crescimento das plantas, aumento dos valores da matéria seca das raízes, do caule, folhas e dos frutos, aumento na altura da planta, no número de folhas e área foliar, aumento e qualidade do florescimento, frutificação e na produtividade (FERREIRA et al., 2010). Assim, o ajuste da recomendação da adubação nitrogenada é de extrema necessidade para obtenção de altas produtividades do tomateiro e máximo retorno econômico da atividade (ARAÚJO et al., 2007).

Alguns fatores externos como a irrigação, o regime pluviométrico, o modo de aplicação do fertilizante, os teores de matéria orgânica presentes nos solos, a cultura que antecedeu o cultivo, o conteúdo original de nitrogênio presente no solo e o potencial de produção da cultura do tomate no específico sistema de produção podem influenciar e dificultar a correta quantificação da dose de nitrogênio a ser aplicada (ARAÚJO et al., 2007).

Com relação a qualidade dos frutos do tomate, vários autores pesquisaram o efeito do aumento ou da diminuição da disponibilidade do N para as plantas. Algumas características devem ser levadas em consideração para que ocorra a determinação da qualidade de frutos, como o pH, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, a coloração e o peso fresco (ANAÇ et

al., 1994). Essas características podem ser afetadas diretamente pela adubação nitrogenada, além de outros fatores (RUDICH et al., 1979; WILLIAMS & SISTRUNK, 1979; KANISZEWSKY & RUMPLE, 1983; KANISZEWSKY et al., 1987).

A indicação de adubação nitrogenada baseia-se no teor de matéria orgânica do solo. Porém, trata-se apenas de um indicativo, devendo ser considerado, também, o potencial de rendimento da cultura, o parcelamento da aplicação, sensibilidade da cultura ao acamamento, cultura anterior e quantidade de palhada remanescente, estágio de desenvolvimento da cultura. Além de fatores climáticos, como a temperatura média da região e disponibilidade de água (FLOSS, 2011).

Mesmo com diversos fatores que influenciam na quantificação da dose de N à ser aplicado, Souza & Moreira (2010) relatam que é altamente necessário o conhecimento sobre as necessidades nutricionais da cultura, a fim de obter altos rendimentos e qualidade de frutos, pois, a produção da cultura do tomate apresenta elevados custos, principalmente devido à necessidade de altas doses de fertilizantes aplicados.

3.2.5 Deficiência de nitrogênio na cultura do tomate

O não fornecimento adequado de N para as plantas de tomate pode acarretar em sua deficiência nutricional. O nitrogênio é facilmente redistribuído na planta via floema e, conseqüentemente, as plantas deficientes em N apresentam os sintomas primeiramente nas folhas velhas onde ocorre decréscimo no teor de clorofila. A longevidade das folhas pode ser modificada pela falta de N, que é um elemento móvel e desloca-se para as partes novas da planta, provocando senescência precoce das partes mais velhas (BUSATO, 2007).

O primeiro sintoma de deficiência nitrogenada na cultura do tomate manifesta-se através da clorose. Esta clorose está associada à menor síntese de clorofila e às modificações na forma dos cloroplastos (FLOSS, 2011). Além de clorose em folhas mais velhas, a deficiência de nitrogênio em plantas de tomate, também pode ser expressa pelo acúmulo de antocianina (arroxamento) de caules, pecíolos e folhas inferiores (MARENCO & LOPES, 2005). Isso ocorre devido ao conseqüente acúmulo de carboidratos não utilizados no metabolismo do N, os quais são utilizados na síntese de pigmento (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Também são observadas mudanças como a redução no comprimento, largura e espessura das folhas do tomateiro, quando ocorre deficiência de N nas plantas (FURLANI, 2004). Já quando consideramos o excesso de nitrogênio nas plantas de tomate, ocorre

enfolhamento abundante, com coloração verde-escuro e alta relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca de raízes (MARENCO & LOPES, 2005).

3.3 CULTIVO DE TOMATE EM AMBIENTE PROTEGIDO

3.3.1 Produção de tomate sob cultivo protegido

O cultivo em ambiente protegido é aquele onde ocorre o controle de um ou de mais fatores climáticos, englobando práticas e tecnologias que proporcionam o manejo e condução mais seguro e protegido das plantas (WITTEWER & CASTILHAS, 1995). Quando utilizado de forma correta, o ambiente protegido pode proporcionar produtividade de duas a três vezes superior comparado àquelas obtidas com o cultivo a campo (CERMEÑO, 1990).

A crescente demanda por hortaliças, especialmente a cultura do tomate, com alta qualidade ofertadas durante o ano todo, inclusive durante a entressafra, contribui para o investimento de novas tecnologias nos cultivos. A utilização do plástico para a produção de culturas hortícolas, têm sido empregadas no Brasil, desde a década de 70, onde começou a ser utilizado para produção da cultura do morango (GOTO, 1997). O cultivo protegido de culturas apresenta diversos benefícios quando comparado ao sistema de cultivo convencional, a céu aberto, como a precocidade da produção e a capacidade de cultivos na entressafra das culturas, maior produtividade, maior o aproveitamento de nutrientes, produtos mais limpos, maior eficiência no uso da água e, possíveis decréscimos na incidência de doenças são alguns deles (FONTES, 1999).

O cultivo protegido vem ganhando espaço entre os produtores de hortaliças devido a maior facilidade de manejo das condições de cultivo com relação ao sistema em campo aberto (CARRIJO et al., 2004). As casas de vegetação permitem, ainda, alterar o microclima do ambiente, viabilizando o cultivo de hortaliças em épocas do ano que não sejam favoráveis ao seu desenvolvimento (MARTINS et al., 1994). E, proporcionam também, maior produtividade e melhor qualidade dos frutos (LOURES et al., 1998).

Avaliando o desempenho de dois híbridos de tomate (Sunny e EF- 50), cultivados em ambiente protegido e a campo observaram que, o número de frutos foi significativamente influenciado pelo ambiente de cultivo. O híbrido Sunny produziu 31,2 frutos/planta em ambiente protegido e 15,0 frutos/planta a campo, enquanto o híbrido EF-50 produziu 26,8 e 12,5 frutos/planta, respectivamente (FONTES et al., 1997).

Com o objetivo de avaliar a produção de dois híbridos de tomateiro sob quatro porcentagens de sombreamento, Otoni et al. (2012), concluíram que, os ambientes sombreados condicionaram melhor desempenho agrônômico para o tomateiro tutorado, com destaque para a tela de 50% que proporcionou maior produtividade total (40,45 t ha⁻¹) comparado a céu aberto (12,90 t ha⁻¹).

De acordo com o Comitê Brasileiro de Desenvolvimento e Aplicação de Plásticos na Agricultura (Coblapa), no ano de 2011, a Produção em Ambiente Protegido no Brasil foi estimada em cerca de 26 mil hectares. Sendo que o estado de São Paulo ocupa mais de 50% da área nacional desse cultivo. Nesse contexto, há três grandes cadeias agrícolas produtivas que fazem uso do plástico para o seu cultivo, a floricultura, a fruticultura e a olericultura, sendo essa a cadeia que mais cresce (FIGUEIREDO, 2011).

3.3.2 Fatores climáticos

Para o bom desenvolvimento da cultura do tomate, deve ser levado em conta as condições ideais para o crescimento e desenvolvimento da cultura. Condições climáticas secas e amenas, boa luminosidade são consideradas ideais, podendo, no caso de temperaturas extremas, ocorrer interferência nos hormônios das plantas e, na formação da flor e grão de pólen, observando ainda, efeitos sobre a fixação dos frutos, coloração e amadurecimento (LOPES & STRIPARI, 1998). Para Filgueira (2000), o tomate é uma planta que requer temperaturas com diferença em torno de 6 a 8° C entre o dia e a noite, sendo indicadas como ótimas, as temperaturas entre 21 e 28°C (dia) e 15 a 20°C (noite), essa variação também inclui a variação da idade da planta e conforme a cultivar.

A cultura do tomate é uma planta extremamente sensível às condições climáticas e estas, quando desfavoráveis em condição de campo contribuem para que o seu cultivo, em condições de ambientes protegidos, aumente consideravelmente (LOPES & STRIPARI, 1998). O cultivo protegido apresenta diversas vantagens, uma delas é a possibilidade de mudança dos elementos meteorológicos, induzidos pelo ambiente da casa de vegetação, através da sua estrutura (plástico) (SOUZA & ESCOBEDO, 1997). Outras vantagens estão no aumento da produtividade e qualidade dos frutos, produção na entressafra, menor incidência de pragas e doenças, maior uniformidade do produto final e, proteção das plantas contra geadas e granizos (RODRIGUES, 2015).

O uso de estufas plásticas modifica alguns fatores climáticos como a temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar, influenciando, dessa forma, o crescimento,

desenvolvimento e a produção das plantas, comparado a ambiente a céu aberto (BECKMANN et al., 2006). Um dos elementos que mais pode ser influenciado no interior da casa de vegetação é a densidade de radiação solar, com consequente redução da evapotranspiração. Dessa forma, o cultivo protegido apresenta a vantagem de redução do consumo de água pelas plantas, quando comparado com o sistema de cultivo convencional, à campo (REIS et al., 2009).

Outro fator que é altamente influenciado pelo ambiente protegido é a menor troca de ar do interior da casa de vegetação, reduzindo assim as trocas de calor sensível e de vapor d'água entre os ambientes interno e externo (ATARASSI, 2004). No interior da casa de vegetação ainda ocorre uma redução na taxa de ventilação gerando, dessa forma, maiores temperaturas do ar durante o dia, em relação às condições do sistema a campo (PEZZOPANE et al., 1995).

Para superar as limitações climáticas ocorrentes, Slater (1983), destaca o cultivo em ambientes protegido como uma estratégia, especialmente considerando a sua eficiência para captar energia radiante e o melhor aproveitamento pelas plantas de fatores climáticos distintos, proporcionando dessa forma, rendimento significativamente maior que no campo.

3.3.3 Sombreamento na cultura do tomate

Embora a cultura do tomate seja uma espécie amplamente capaz de se adaptar a diferentes condições meteorológicas, pode ocorrer redução na sua produção e qualidade, devido à ocorrência dessas adversidades. Neste sentido, a utilização de telas de sombreamento preta e aluminizada (termo-refletores) têm sido utilizadas para amenizar o excesso de radiação solar e o excesso de temperaturas (SILVA et al., 2013).

Em Juazeiro BA, Rocha (2007) testou dois híbridos de tomateiro determinado em cinco ambientes protegidos e céu aberto. No seu estudo concluiu que, a utilização de telas de sombreamento reduziu a intensidade da energia radiante, melhorando a qualidade e distribuição da radiação solar nos ambientes protegidos. A cultura apresentou melhor performance quando comparado a céu aberto e, o melhor desempenho dos híbridos foi registrado na tela difusora e tela de sombreamento preta.

Estudando diferentes níveis de sombreamento sob a cultura do tomateiro, verificou que os sombreamentos de 30% e 50% proporcionaram melhores resultados de produção, no entanto, não ocorreu diferença com relação a qualidade dos frutos. Em seu estudo, concluiu,

também que, a utilização de sombreamento reduz a intensidade da radiação, proporcionando melhor desenvolvimento da cultura (OTONI, 2010).

Comparando as diferenças nas características físico-morfológicas na produção de mudas de tomate sob diferentes telas de sombreamento, concluíram que, as diferentes telas de sombreamento causaram efeitos no microclima e no crescimento das plantas de tomate (SILVA et al., 2013). Sendo que, a tela com 50% apresentou a menor quantidade de densidade de fluxo fotossintético e menor temperatura do ar, com consequência no melhor desenvolvimento da parte aérea do tomate.

3.4 INTERAÇÃO ADUBAÇÃO NITROGENADA X SOMBREAMENTO

A cultura do tomate é uma das hortaliças mais exigentes quanto à adubação, sendo que, ela apresenta demandas diferentes conforme o seu estágio de desenvolvimento, com o ciclo de cultivo, genótipo e época do ano. Em cultivo protegido, devido as possíveis oscilações dos fatores climáticos e, diminuição das taxas transpiratórias das plantas, alguns nutrientes podem se expressar menos ou mais a sua necessidade pela cultura (SILVA & GIORDANO, 200).

Um dos primeiros trabalhos conduzidos visando o conhecimento da absorção dos nutrientes pela cultura do tomate, em ambiente protegido foi concluído que, os nutrientes absorvidos em maior quantidade pela cultura são o potássio e o nitrogênio, seguido pelo cálcio, enxofre, fósforo e magnésio. Os autores ainda verificaram que, os nutrientes nitrogênio, potássio, enxofre e magnésio alcançaram os seus máximos valores entre 100 e 120 dias após a germinação, enquanto que o cálcio e o fósforo durante todo o ciclo da cultura (GARGANTINI & BLANCO, 1963).

Estudando a absorção dos nutrientes pelo tomateiro sob condições de campo e de ambiente protegido, Fayad et al., (2002), concluíram que, em ambiente protegido, a absorção acompanhou o crescimento da planta e, no período de frutificação intensificou-se a quantidade absorvida de todos os nutrientes. Porém, as quantidades exigidas de nutrientes decresceram do N, K, Ca, S, P, Mg, Cu, Mn, Fe até o Zn.

Com o objetivo de determinar a dose de nitrogênio a ser aplicada em tomateiro em ambiente protegido, foi concluído que, de forma geral, a eficiência no uso do nitrogênio para fins agrônômicos diminuiu a medida que a quantidade de N aplicada aumentava, resultando em excesso de N no solo (ARAÚJO et al., 2007). Para JOHSON & RAUN (2003), quando

há presença de N em excesso no solo, ocorre diminuição da eficiência de uso, resultando em perda de N do sistema solo-planta.

A utilização racional de adubos, além de reduzir custos, garante a qualidade da produção e minimiza a contaminação do ambiente (GOTO & TIVELLI, 1998). Dessa forma, a produção em ambiente protegido e com tela de sombreamento pode vir a favorecer um melhor aproveitamento dos recursos de produção, como a adubação nitrogenada, resultando em redução no uso de insumos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo serão expostos os materiais, métodos e técnicas utilizadas durante o período do experimento, caracterizando os dados necessários para entender o mesmo, informações sobre a localização do experimento, área experimental, planejamento, implantação e condução do mesmo, manejo agrônômico, coletas, análises e interpretação dos dados.

4.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado no ano agrícola de 2016 na casa de vegetação da área experimental da Empresa Biomonte Pesquisa e Desenvolvimento, no Distrito de Boca do Monte, em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, cujas coordenadas geográficas são 29°39,059' Sul e 53°57,413' Oeste e altitude de 180,0 metros (Figura 2).

A condução do experimento compreendeu o período entre a semeadura das mudas, realizada em 06 de maio de 2016, até o término da colheita dos frutos e avaliações de qualidade dos mesmos, em 15 de novembro de 2016.



Figura 2 - Local do experimento.

O clima predominante da região, segundo a escala de Koppen (MORENO, 1961) é caracterizado como subtropical úmido (Cfa) apresenta temperaturas médias de 18,9°C durante o ano. A média das precipitações que ocorrem durante o ano é em torno de 1700 mm.

4.1.2 Características do solo

O solo utilizado para a realização do experimento é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico Arênico. São solos que apresentam saturação por bases < 50%, na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte AB. De acordo com o Zoneamento Agrícola – MAPA, o solo é considerado do tipo 2. Classe textural SBCS: Franco Arenoso, com 60,6% de areia, 22,9% de silte e 16,6% de argila, de acordo com laudo de análise físico do solo do Laboratório de Física de Solos – UFSM.

Para a determinação das características químicas do solo, foi realizada a coleta de amostras do mesmo, na camada de 0-10 cm de profundidade. A amostra foi encaminhada ao Laboratório de Análise Química do Solo BASELAB, para posterior interpretação e recomendação de fertilizantes para adubação da cultura do tomate. As características químicas do solo utilizado no experimento estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características químicas do solo Argissolo Vermelho Distrófico Arênico, unidade de Mapeamento São Pedro – Valores médios de duas repetições. Santa Maria - RS, 2017.

Prof.(cm)	PH	M.O.	Teor trocável g/100 g de solo							
	H2O (1:1)	%	CTC	k molc.dm- 3	Ca cmolc.dm- 3	Mg cmolc.dm- 3	Al	P mg.dm- 3	H + Al	SMP
0-10	4,885	1,7	6	0,328	1	0,8	1,32	17,2	4	6,08

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), bifatorial 2x5 (Tabela 2), com cinco tratamentos em cada ambiente (com e sem tela de sombreamento). Além do fator ambiente (fator A), os tratamentos foram divididos de acordo com a dose de adubação nitrogenada (fator D) (equivalentes 0, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹ de N), estimadas de acordo com as necessidades da cultura do tomateiro e análise do solo utilizado no experimento (Tabela 2). Cada tratamento constou de vinte unidades experimentais (vasos), totalizando 200 unidades experimentais, no experimento.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos (fator A - sombreamento e fator D - doses de nitrogênio) avaliados no experimento. Santa Maria - RS, 2017.

Tratamentos	Descrição
A1D1	Com tela de sombreamento e 0 kg ha ⁻¹ N
A1D2	Com tela de sombreamento e 75 kg ha ⁻¹ N
A1D3	Com tela de sombreamento e 150 kg ha ⁻¹ N
A1D4	Com tela de sombreamento e 225 kg ha ⁻¹ N
A1D5	Com tela de sombreamento e 300 kg ha ⁻¹ N
A2D1	Sem tela de sombreamento e 0 kg ha ⁻¹ N
A2D2	Sem tela de sombreamento e 75 kg ha ⁻¹ N
A2D3	Sem tela de sombreamento e 150 kg ha ⁻¹ N
A2D4	Sem tela de sombreamento e 225 kg ha ⁻¹ N
A2D5	Sem tela de sombreamento e 300 kg ha ⁻¹ N

As doses de nitrogênio foram parceladas em três épocas: i) no momento de transplante das mudas para os vasos; ii) 25 dias após o transplante (primeiro ramo terciário apical visível); e iii) 50 dias após o transplante (florescimento pleno), aplicado na forma sólida (ureia – CO(NH₂)₂), em meia lua ao redor da muda de tomate, com doses iguais para cada época (Figura 3), de acordo com Faria et al. (1996).



Figura 3 – Aplicação das doses de nitrogênio parceladas em três épocas. Santa Maria – RS, 2017. Foto: Morais, T. B. (2017).

A área experimental (casa de vegetação) utilizada para o experimento continha 600 m², medindo 50 x 12 m. O material de cobertura da casa de vegetação era polietileno de alta densidade com ativação transparente, sendo esse ambiente considerado, no presente estudo, o ambiente sem sombreamento. O ambiente com sombreamento constava, além da cobertura de polietileno, de uma tela de sombreamento do tipo sombrite® preta, com 50% de cobertura. Cada ambiente (com e sem sombreamento) constou de quatro fileiras de vasos (unidades

experimentais), espaçados 0,50 metros entre eles, distribuídos de forma aleatória e, devidamente etiquetados de acordo com o seu tratamento (Figura 4).



Figura 4 – Área experimental (casa de vegetação). Santa Maria- RS, 2017. Foto: Morais, T.B. (2017).

4.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Para a produção das mudas de tomateiro, as sementes foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato comercial BIOPLANT[®]. As bandejas foram mantidas em casa-de-vegetação e receberam irrigação e tratamento fitossanitário adequados (Figura 5 A).

Utilizou-se a cultivar Santa Cruz Kada (Paulista). Esta cultivar apresenta hábito de crescimento indeterminado, ciclo em torno de 120 dias, fruto tipo Santa Cruz, massa média de 90 gramas por fruto, comprimento comercial de 07 cm e diâmetro comercial de 05 cm, indicado para indústria e salada.

O transplante ocorreu quando as mudas apresentaram, em média, 10 cm de altura, com 40 dias após a semeadura nas bandejas. As mudas foram transplantadas para vasos de plástico pretos, próprios para mudas, com capacidade de 4,9 litros. Em cada vaso foi adicionado 3400 g do solo. Para o preenchimento dos vasos, o solo foi peneirado, homogeneizado e corrigido a sua acidez, de acordo com a análise do solo (Figura 5 B).



Figura 5 – Transplante das mudas de tomate para os vasos. Santa Maria - RS, 2017. Foto: Morais, T.B. (2017).

Os vasos foram alocados com espaçamento entre linhas da seguinte forma: 0,30 m - 1,0 m - 0,30 m no mesmo ambiente, para facilitar as avaliações das plantas. Utilizou-se o sistema tutorado vertical com fitilho, um por planta, no sentido vertical, com altura de 2,00 metros. As plantas foram conduzidas com haste única e as desbrotas realizadas uma vez por semana.

Na fase de mudas, as bandejas foram alocadas em um sistema de irrigação tipo “mulching” com plástico preto. Após o transplante das mudas para os vasos, a irrigação seguiu a recomendada por Pereira (2002), onde a reposição da água de irrigação era feita de forma integral (reposição de 100% da água consumida pela cultura). O controle era feito utilizando-se o método de pesagem. Inicialmente, pesaram-se os vasos na condição de capacidade de campo (determinada anteriormente saturando-se o solo dos vasos com água e, após três dias, quando os mesmos atingiram peso constante, teve-se, então, o peso correspondente a capacidade campo). Antes de cada irrigação, pelo menos três vasos correspondentes a cada tratamento e cada ambiente (30 unidades experimentais) eram pesados e a diferença entre o peso atual e aquele correspondente à capacidade de campo correspondia ao peso (volume) da água de reposição. A pesagem dos vasos e possível reposição da água era realizada no intervalo de 3 dias.

A adubação da cultura, descartando a adubação nitrogenada, foi de acordo com a necessidade e recomendações técnicas para a cultura do tomateiro. As fontes utilizadas foram superfosfato triplo e cloreto de potássio, 900 kg ha^{-1} de P e 215 kg ha^{-1} de K, via solo. Para complementação da adubação, foram realizadas aplicações de cálcio (10% de Ca) e boro (0,5% de B), na quantidade de $200 \text{ ml } 100 \text{ L}^{-1}$, aplicados via foliar, semanalmente.

Para o controle fitossanitário foram realizadas pulverizações com produtos específicos e registrados para a cultura do tomate no estado do Rio Grande do Sul. Para o

controle de mosca-branca foram utilizados os seguintes ingredientes ativos: beta-ciflutrina 12,5 g i.a. + imidacloprido 100 g i.a., acetamiprido 200 g i.a., aplicados quando o nível de dano econômico da praga era atingido. Para o controle de patógenos, foram utilizados os ingredientes ativos: azoxistrobina 500 g i.a., clorotalonil 500 g i.a., metiram 550 g i.a. + piraclostrobina 50 g i.a., azoxistrobina 200 g i.a. + difenoconazol 125 g i.a., aplicados preventivamente, a partir do transplante das mudas para os vasos, para evitar a presença de patógenos no decorrer do experimento, no presente estudo, as aplicações ocorreram no intervalo de 14 dias. Durante o experimento não foram necessárias aplicações de herbicidas para o controle de plantas daninhas.

4.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

4.4.1 Variáveis climáticas

No decorrer do experimento foram verificados diariamente os valores de Temperatura (T°C) e umidade relativa do ar (UR%) nos dois ambientes (com e sem sombreamento), sendo a medição realizada com auxílio do Termo Higrômetro Digital com Cabo Extensor, modelo 1566-1.

Além da temperatura (T°C) e umidade (UR%) foram realizadas avaliações diárias de luminosidade nos dois ambientes (com sombreamento e sem sombreamento). Os valores foram determinados com auxílio do luxímetro digital Lutron LX-101. O luxímetro foi posicionado num plano horizontal, nos dois ambientes, onde a leitura foi realizada em lux.

4.4.2 Altura de plantas

A altura das plantas foi determinada com auxílio de uma régua graduada, sendo seus valores expressos em centímetros (cm). As medidas ocorreram semanalmente, com início na semana do transplante das mudas para os vasos até a 10ª semana após o transplante (70 DAT). O seu valor correspondeu à distância compreendida entre a base da planta, a partir do solo, e o ápice da planta (Figura 6), de acordo com Otoni et al. (2012).

4.4.3 Diâmetro de plantas

Foram obtidos os valores de diâmetro do colmo das plantas de tomateiro, expressos em cm, utilizando um paquímetro manual profissional 150 mm. Os valores foram determinados na região basal da planta, rente ao solo (Figura 6), de acordo com Campos (2013).

4.4.4 Área foliar

A área foliar foi determinada pela medição do comprimento (C) e a largura (L) das folhas de cinco plantas marcadas por tratamento. Segundo Reis et al. (2013), o comprimento é definido pela distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade oposta da planta. A largura foi definida como a maior dimensão perpendicular ao eixo do comprimento (Figura 6) e, os valores expressos em cm^2 .



Figura 6 – Avaliação da altura das plantas, diâmetro do colmo das plantas e área foliar. Santa Maria – RS, 2017. Foto: Morais, T.B (2017).

Avaliaram-se semanalmente, com início na terceira semana após o transplante (21 DAT) até a oitava semana (56 DAT), quando os valores estabilizaram. Para o cálculo da área foliar foi utilizado o procedimento adotado por Ashkey et al. (1963):

$$AF = CLf$$

AF = área foliar, em cm²

C = comprimento da folha, em cm

L = largura da folha, em cm

f = fator de correção (estimado para o tomate como 0,59)

4.4.5 Teor de clorofila

Para as medidas indiretas de clorofila, foi realizado o método com a planta viva sem danificá-la (método não destrutivo), utilizando o aparelho clorofiLOG modelo FALKER CFL 1030 o qual determina indiretamente a concentração de clorofila das folhas, pela reflectância do verde no comprimento de onda de aproximadamente 650 nm (MONTEIRO, 1999). A avaliação foi realizada nas folhas mais expostas à luz solar, totalmente expandidas, sem sinais de senescência e sadias, aos 30, 50, 70 e 90 DAT. O resultado da clorofila *a b* e clorofila total foi expresso em ICF (Índice de Clorofila Falker) (Figura 7).



Figura 7 – Avaliação de clorofila pelo método não destrutivo. Santa Maria - RS, 2017. Foto: Morais, T. B. (2017).

4.4.6 Comportamento estomático

Foram confeccionadas lâminas semipermanentes para avaliação da epiderme foliar, com vista frontal. Foi utilizada a técnica da impressão da epiderme onde, é colocado uma gota de adesivo instantâneo universal (éster de cianoacrilato) sobre uma lâmina de vidro. A região de

interesse do folíolo é então pressionada sobre a lâmina, por aproximadamente 10 segundos, permitindo, dessa forma, a separação do folíolo da lâmina e a manutenção da impressão da epiderme. (SEGATTO et al., 2004). A avaliação constou de 5 plantas aleatórias por tratamento onde, foram confeccionadas duas lâminas por planta (face abaxial e adaxial do folíolo), avaliando-se sempre o folíolo com a mesma localização nas plantas, no horário das 14:00 horas (Figura 8).

Para a observação das lâminas, utilizou-se um microscópio ótico, ocular de 15x e objetiva de 40x. As imagens utilizadas foram capturadas por meio de um sistema de captura composto de um microscópio, equipado com câmera digital, onde o tamanho da imagem capturada (campo real visível) foi de 0,272 mm². A contagem dos estômatos e a avaliação dos diâmetros dos mesmos foram realizadas com o auxílio do driver Axio Vision®. Foram avaliadas a densidade estomática (número de estômatos/mm²), o diâmetro polar (DP) e o diâmetro equatorial (DE) expressos em µm e, a funcionalidade estomática (relação DP/DE).

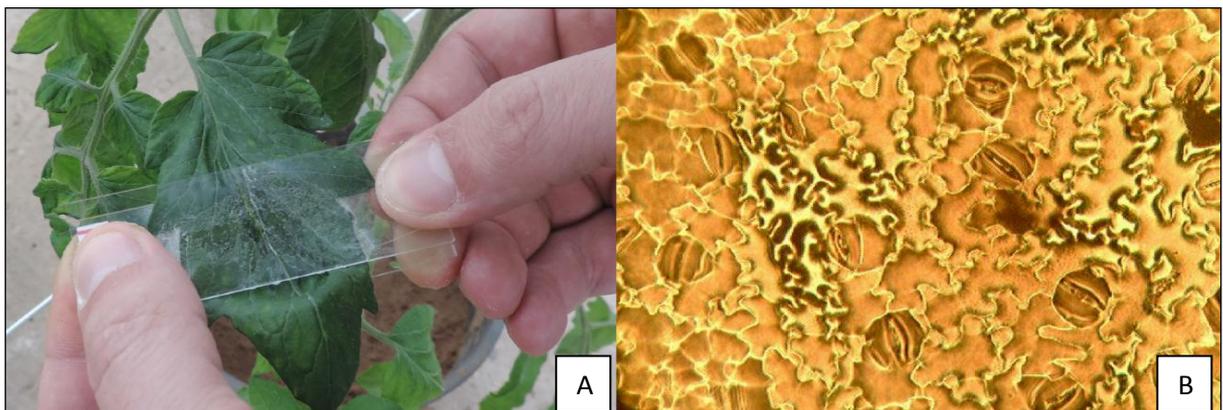


Figura 8 – Confeção das lâminas semipermanentes (A). Vista frontal da face abaxial (aumento de 600x) de folíolo de tomateiro (B). Santa Maria - RS, 2017. Foto: Moraes, T.B. (2017).

4.4.7 Massa seca parte aérea

Com base nas amostras coletadas de parte aérea dos tratamentos, foram avaliados a massa seca foliar. As amostras foram secadas em estufa à temperatura constante de 70°C, até atingir peso constante. Após, foram pesadas em balança de precisão digital 2200 g (0,01 g) EDULTEC e expressos em gramas (g).

4.4.8 Produção total de frutos

A colheita dos frutos foi realizada manualmente, onde os mesmos foram acondicionados em sacos plásticos com a identificação do respectivo tratamento. Após a colheita, os frutos foram pesados em balança de precisão digital 2200 g (0,01 g) EDULTEC, medidos o comprimento e a altura dos frutos, expressos em cm, com auxílio de um paquímetro manual 150 mm (Figura 9). Após as avaliações, os frutos foram mantidos em refrigeração para que não ocorresse perda dos atributos da qualidade dos frutos.

A colheita foi iniciada na 17ª semana após o transplante das mudas para os vasos. Eram colhidos os frutos que apresentavam as características do estágio 5 (vermelho-claro), de acordo com escala proposta por PAULA J.T. (2012), e procedeu-se uma vez por semana, estendendo-se por três semanas, após o início da colheita.

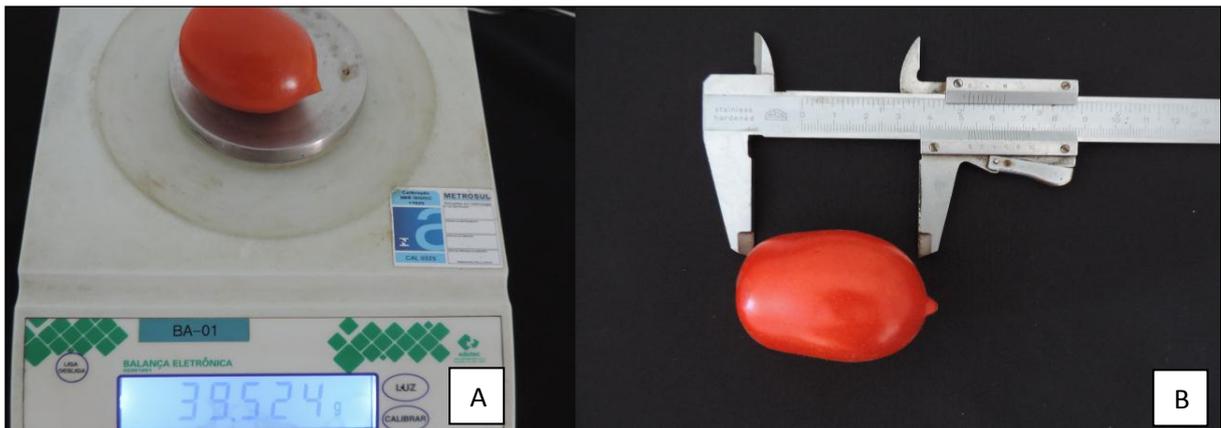


Figura 9 – Avaliação do peso dos frutos, em balança digital (A). Avaliação do comprimento e da altura dos frutos com auxílio de um paquímetro 150 mm (B). Santa Maria - RS, 2017. Foto: Morais, T.B. (2017).

4.4.9 Qualidade dos frutos

Para as avaliações de qualidade dos frutos (pH, sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT)) foram preparadas amostras da polpa dos frutos de tomate (em torno de 200 gramas). As amostras foram preparadas com auxílio de um liquidificador modelo Mondial Power 2 Black (Figura 10 A e B). Os frutos foram escolhidos aleatoriamente, afim de formar uma amostra homogênea de cada tratamento.

4.4.9.1 pH

A avaliação do pH da polpa dos tomates foi realizada com auxílio de um medidor de pH digital portátil com escala de 0.0-14 pH, resolução de 0,1, precisão de $\leq \pm 0,03$ pH e calibração de 2 pontos (Figura 10 C) (OTONI et al., 2012).

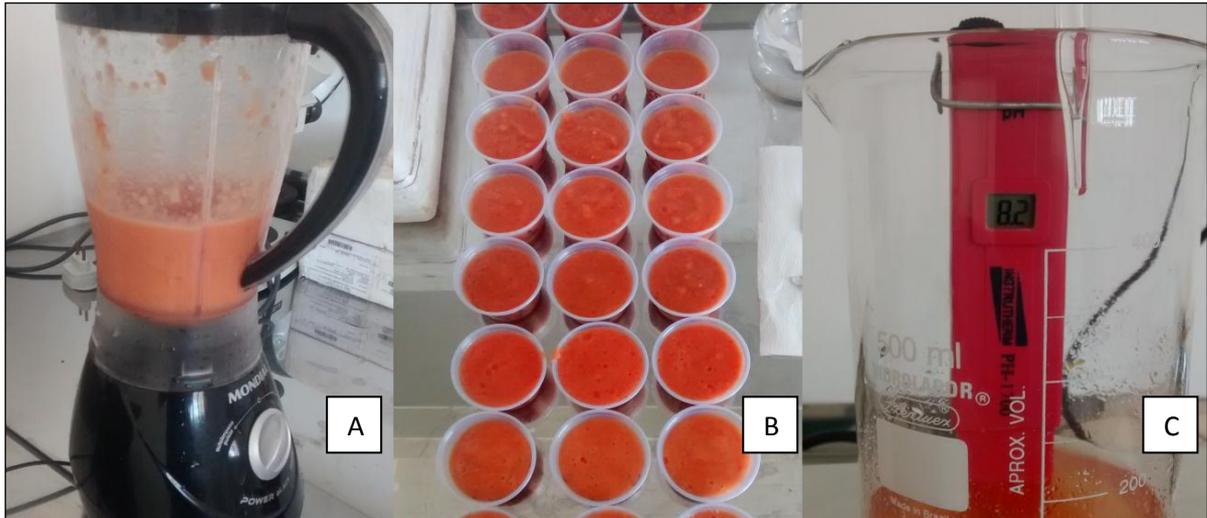


Figura 10 – Preparo da amostra do suco da polpa dos frutos de tomate (A). Amostras separadas por tratamento (B). Avaliação do pH do suco (C). Santa Maria - RS, 2017. Foto: Moraes, T.B. (2017).

4.4.9.2 Sólidos solúveis (SS)

O teor de sólidos solúveis foi medido usando-se um refratômetro de mesa Abbe Tipo WYA Modelo 2WA-J e o resultado encontrado foi expresso em graus Brix (Figura 11 A) (MORETTI, 2006).

4.4.9.3 Acidez titulável (AT)

A acidez foi determinada pela titulação de 10 ml de suco de tomate com NaOH 0,1 N até atingir pH 8,2, usando-se um titulador manual (bureta) graduada e, um agitador de magnético de mesa modelo TE 0851. A acidez titulável foi expressa em porcentagem, assumindo o ácido cítrico como ácido predominante no suco de tomate, conforme IAL (2008) (Figura 11 B e C). Sendo a acidez total titulável (ATT) expressa em gramas de ácido por 100 gramas ou 100 mL de amostra, pela fórmula:

$$\text{ATT (g/100 ml)} = \frac{n \times N \times \text{Eq}}{10 \times V}$$

N = normalidade da solução de hidróxido de sódio

n = volume da solução de hidróxido de sódio gastos na titulação em ml

p = massa da amostra em grama

V = volume da amostra em ml

Eq = equivalente-grama do ácido

4.4.9.4 SS/AT

Relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) – calculado por meio da relação dos Sólidos Solúveis/Acidez Titulável, conforme IAL (2008).

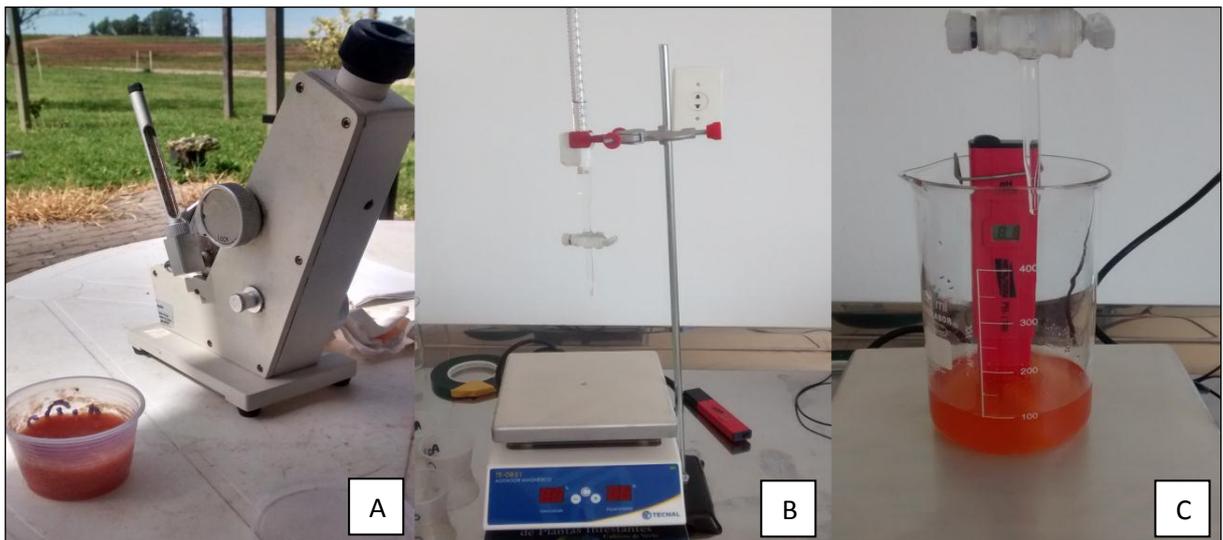


Figura 11 – Avaliação de Sólidos Solúveis (°Brix) no suco da polpa do tomate (A). Avaliação da Acidez Titulável (B e C). Santa Maria – RS, 2017. Foto: Morais, T.B. (2017).

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi efetuada comparando cada ambiente isoladamente (com e sem tela de sombreamento) e, para cada época de amostragem. O experimento é considerado um qualitativo-quantitativo, dessa forma, realizou-se regressão variáveis quantitativas e análise de separação de médias para as variáveis qualitativas. As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR 5.0 e os gráficos gerados pelo programa SigmaPlot.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 AVALIAÇÕES CLIMÁTICAS

Verificou-se ao longo do experimento uma variação das temperaturas mínimas e máximas entre os dois ambientes em estudo (com sombreamento e sem sombreamento). A temperatura média diária do ambiente sem sombreamento foi maior que no ambiente sombreado, apresentando médias de 20,9°C e 20,5°C, respectivamente. Os valores estão dentro da faixa ideal para a cultura que, de acordo com Filgueira (2008) durante as fases de crescimento vegetativo, florescimento e maturação dos frutos são de 18 a 24°C (Figura 12).

A umidade relativa de ar (UR%) não apresentou diferença entre os dois ambientes (com e sem sombreamento), com média de 75,71%, no decorrer do experimento (Figura 3). Neste sentido, de acordo com Guimarães et al. (2007), a faixa de umidade relativa do ar diária mais indicada para esta cultura varia de 50 a 75% (Figura 12).

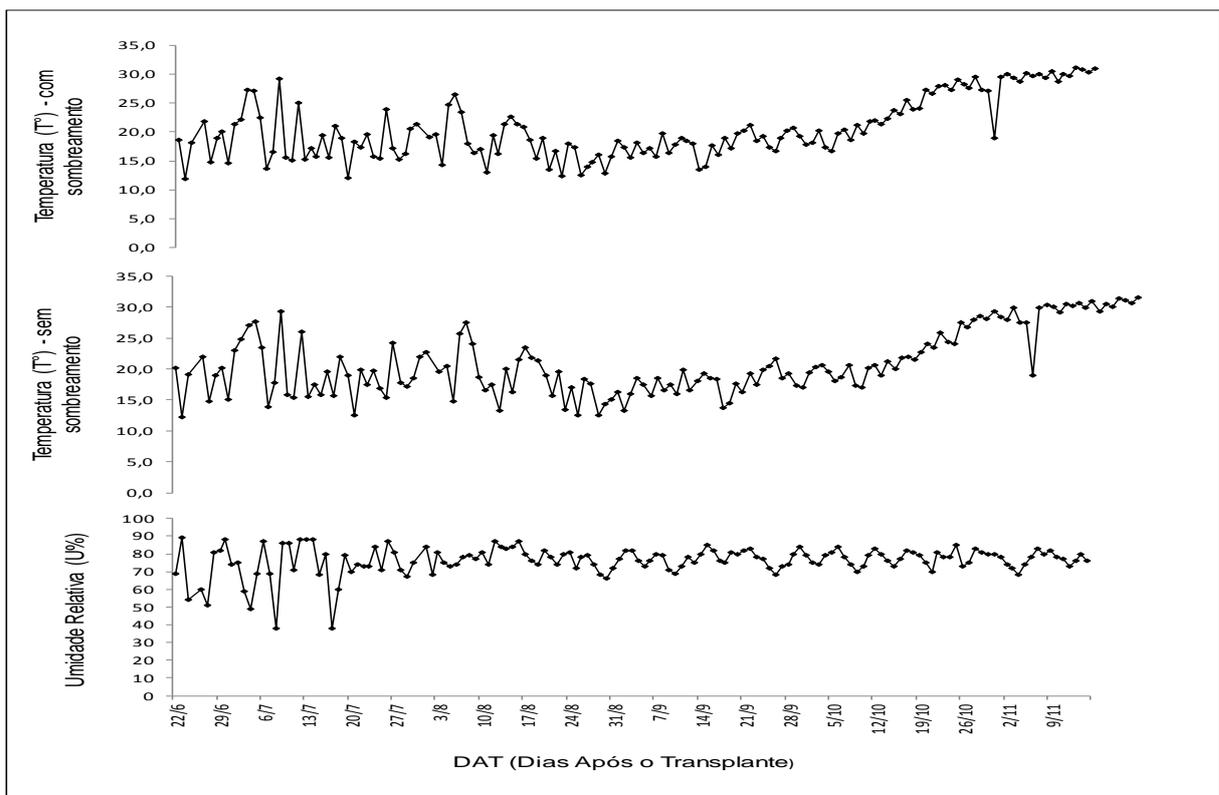


Figura 12 – Mediação das temperaturas médias diárias dos ambientes (com e sem sombreamento) e, umidade relativa do ambiente. Santa Maria - RS, 2017.

O ambiente sem o sombreamento de tela preta 50% apresentou valor médio de 4082,60 lumem, enquanto o ambiente com sombreamento, média de 1678,69 lumem (Figura 13). Quanto maior o valor de luz (lumem), mais eficiente é o ambiente para o cultivo de tomate, pois, de acordo com Papadopoulos et al. (1997), Andriolo (2000), a luz é essencial para a primeira etapa da cadeia de fixação de CO₂, a fotossíntese, onde é produzida energia bioquímica necessária ao crescimento e a produção da cultura.

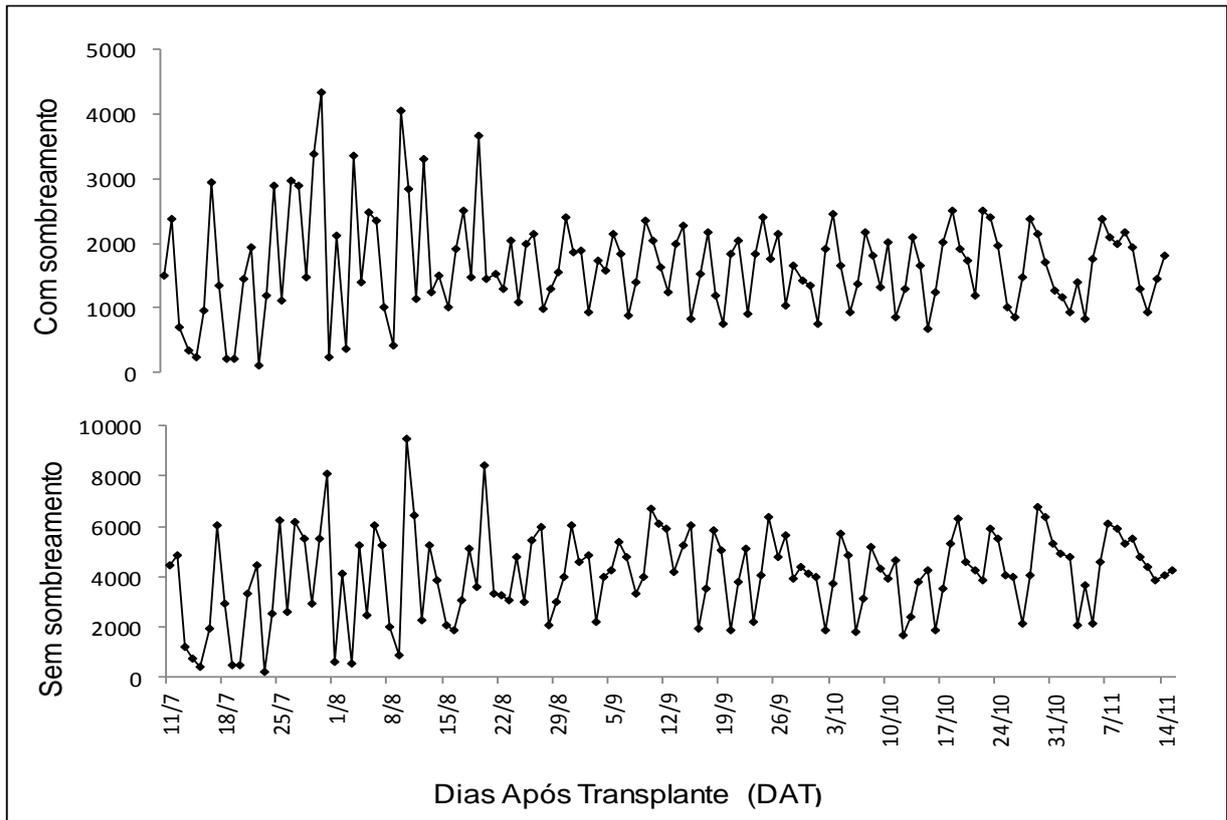


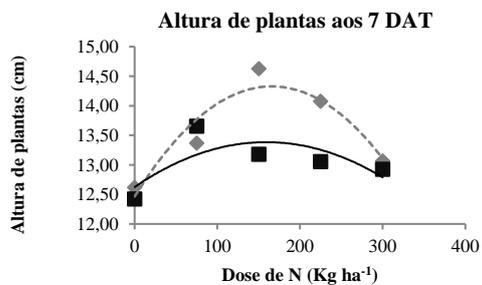
Figura 13 – Medição da luminosidade nos dois ambientes, medidos em lumem. Santa Maria - RS, 2017.

5.2 ALTURA E DIÂMETRO DE PLANTAS

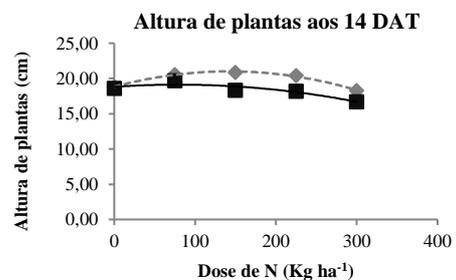
De acordo com os resultados da análise de variância, apresentados na Figura 14, observou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos sobre a variável altura de plantas submetidas no ambiente sem sombreamento em todas as avaliações realizadas. Entretanto no ambiente com sombra na avaliação dos 7 DAT (dias após a aplicação dos tratamentos) não apresentou efeito significativo, porém, nas demais avaliações realizadas (14, 21, 28, 35, 42 e 49 DAT) observou-se efeito significativo ($p \leq 0,05$).

Através da análise de regressão referente à altura de plantas (Figura 14), observa-se que, os dados se ajustaram a uma função quadrática. Houve um incremento na altura das plantas em função das doses de nitrogênio aplicadas quando comparado com o tratamento sem aplicação, nos dois ambientes (com e sem sombreamento) (Figura 14). Resultados semelhantes foram relatados por Mehmood et al. (2012) onde observaram este mesmo incremento de acordo com o aumento de dose de N aplicada e, o tratamento sem aplicação de nitrogênio proporcionou a menor altura de plantas. Porto (2013) no seu estudo sobre fonte e dose de nitrogênio na produção e qualidade de tomate concluiu que, a cultura quando submetida a crescentes doses de N apresenta crescente desempenho na altura das plantas.

O crescimento das plantas em função da dose de nitrogênio pode estar relacionado a disponibilidade do elemento para as plantas visto da sua importância para o seu desenvolvimento. O nitrogênio é constituinte de muitos compostos da planta, incluindo todas as proteínas (formadas de aminoácidos) e ácidos nucleicos, relacionando à formação de DNA e RNA, regulação da taxa fotossintética, resultando em aumento da divisão celular e crescimento da planta (HAQUE et al., 2011).



◆ Sem sombra $y = -7E-05x^2 + 0,0225x + 12,465$
 $R^2 = 0,8888$
 ■ Com sombra - não significativo a $\alpha=0,05$



◆ Sem sombra $y = -0,0001x^2 + 0,0305x + 18,825$
 $R^2 = 0,9917$
 ■ Com sombra $y = -5E-05x^2 + 0,0078x + 18,814$
 $R^2 = 0,8609$

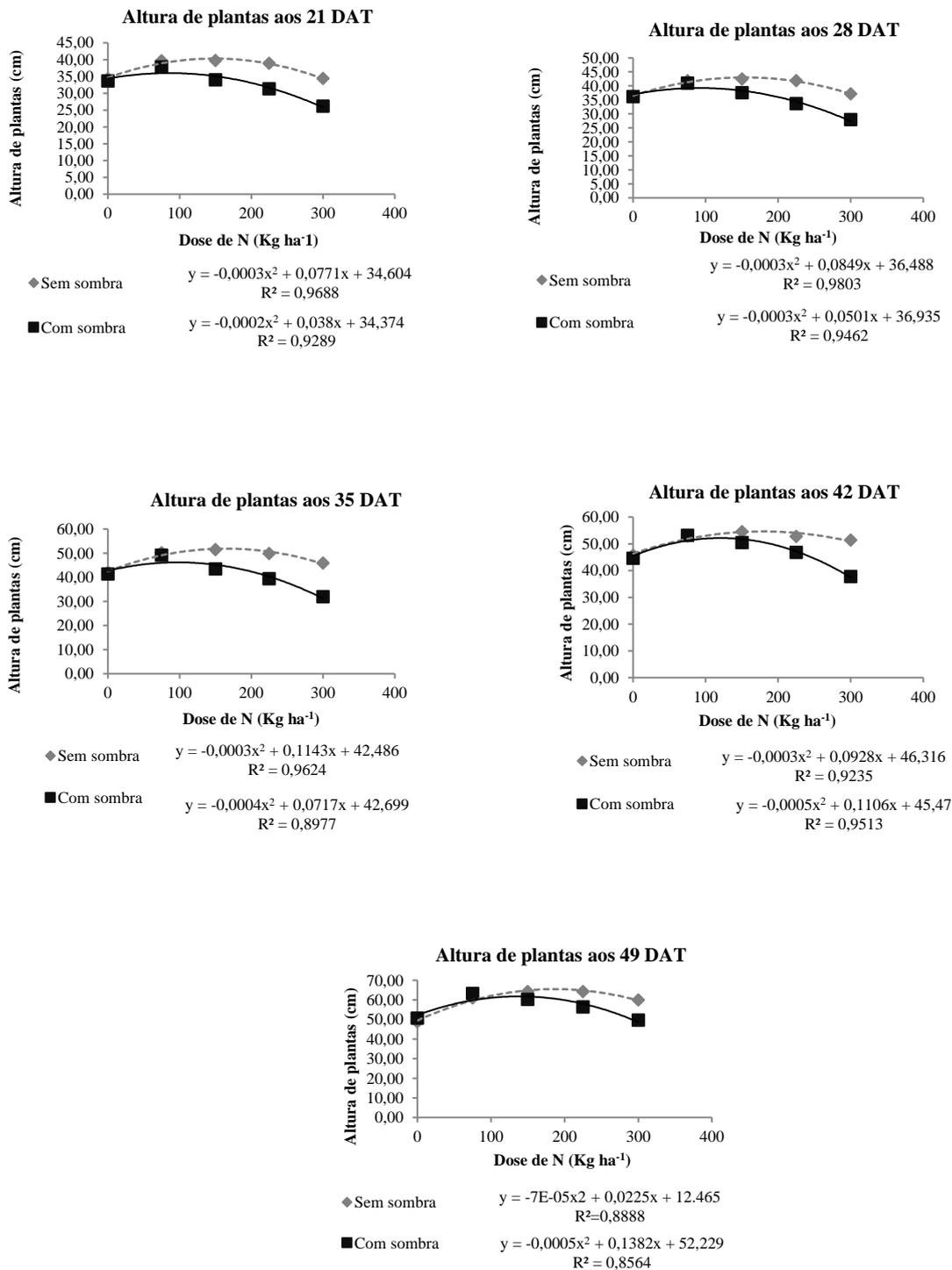
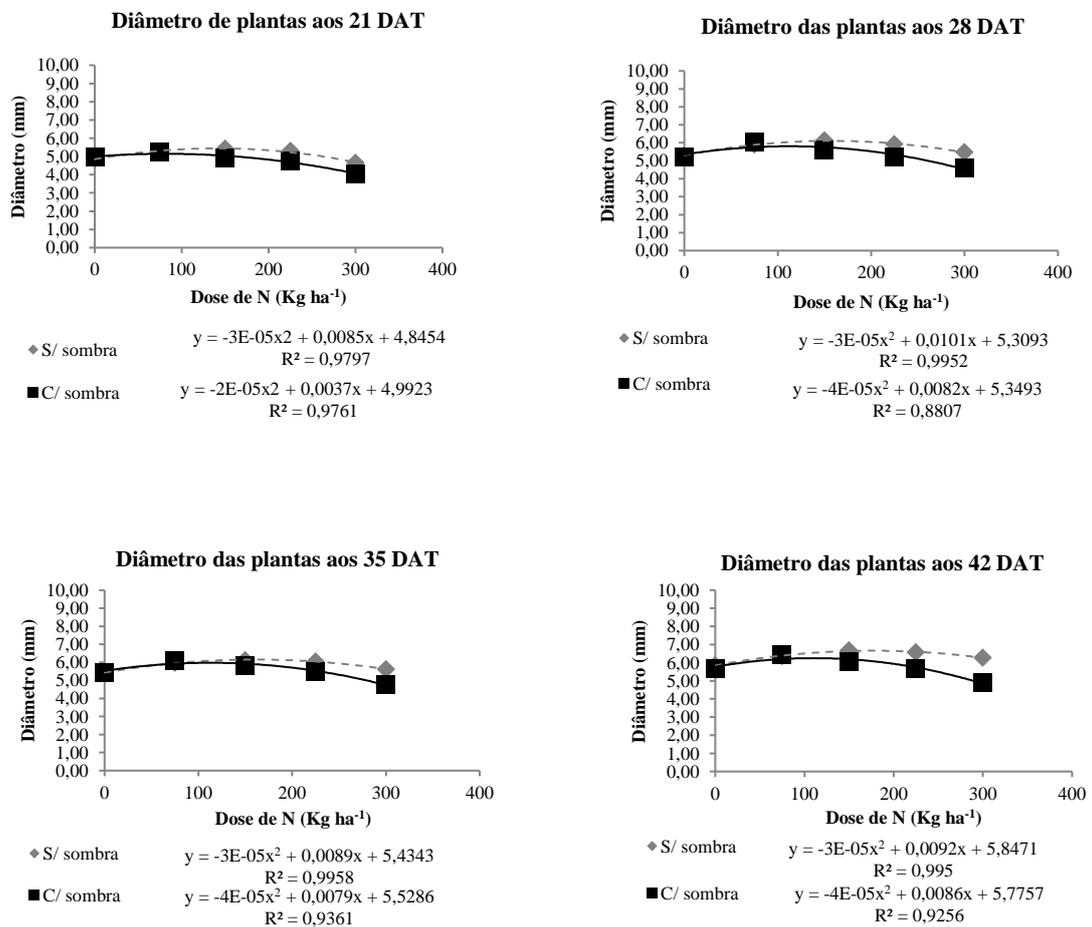


Figura 14 – Avaliação da altura de plantas (cm) quando submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.

Quanto à análise do diâmetro de haste das plantas, os resultados encontrados para a influência das doses de nitrogênio em relação aos ambientes com e sem sombreamento na cultura do tomate para todos os DAT avaliados obtiveram significância ($p \leq 0,05$) (Figura 15).

Os resultados relacionados ao diâmetro de haste das plantas, também se ajustaram a uma função quadrática (Figura 15). Em todas as avaliações realizadas houve incremento no diâmetro de haste das plantas de acordo com a dose de N aplicada, quando comparado com o tratamento sem aplicação de N independente do ambiente na qual foi submetido. Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Porto (2013), na qual encontrou crescimento menor no tratamento sem a dose de N. O nitrogênio geralmente promove um aumento no vigor das plantas (ADAMS, 1986; PAPADOPOULOS, 1991), o qual está associado à altura da planta e ao diâmetro da haste (NAVARRETE et al., 1997).



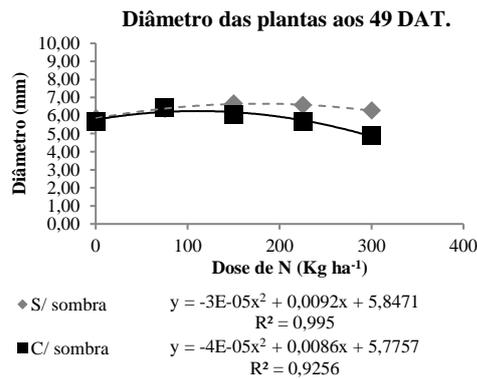


Figura 15 – Avaliação do diâmetro da haste da planta (cm) quando submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.

Analisando as Figuras 14 e 15, observou-se máxima eficiência técnica (MET) com a dose de 154 kg ha^{-1} de N no ambiente sem sombreamento e MET de 110 kg ha^{-1} de N no ambiente com sombreamento, na avaliação realizada aos 42 DAT (dias após o transplante), com relação à altura de plantas e, MET de 184 kg há^{-1} no ambiente sem sombreamento e, 172 kg há^{-1} no ambiente com sombreamento, com relação ao diâmetro de plantas. As doses subsequentes a estas apresentaram diminuição nos valores das variáveis analisadas na razão de 2,27% e 9,00% no ambiente sem sombra (225 e 300 kg ha^{-1} de N, respectivamente) e 6,79, 12,96 e 24,06% no ambiente com sombra (150, 225 e 300 kg ha^{-1} de N, respectivamente) (Figura 14 e 15). A redução desses valores quando aplicado doses mais elevadas de N pode ser explicado devido ao excesso de nitrogênio na planta, causando toxidez deste nutriente e em casos extremos, causando a morte da planta.

O Nitrogênio é absorvido fundamentalmente na forma de NO_3^- e NH_4^+ , porém a forma na qual é absorvido poderá acarretar na redução da absorção de outros cátions como (Ca e Mg), como o caso da NH_4^+ . No tomateiro, a absorção inicial do N pela planta se dá a forma de NO_3^- e NH_4^+ , entretanto a forma oxidada do N deve sofrer redução para a entrada no metabolismo vegetal, processo este que ocorre nas folhas (CASTRO et al., 2005). O fornecimento de N de forma inadequada ou em excesso tem, portanto, uma influência negativa e imediata no metabolismo de uma planta, onde este mesmo autor destaca que os compostos nitrogenados participam do transporte de micronutrientes a longa distância (Mn e Cu, por exemplo) acarretando em deficiência indireta destes elementos para a planta.

De acordo com Taiz & Zeiger (2009), a absorção dos íons amônio e nitrato sob concentrações elevadas no solo, após a fertilização, pode exceder a capacidade de uma planta em assimilar esses íons, levando o seu acúmulo nos tecidos vegetais, sendo esse acúmulo considerado tóxico para as plantas.

Nas figuras 14 e 15, verificou-se que uma dose menor de N aplicada ($138,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) e submetida ao ambiente com sombreamento alcançou o máximo valor de altura de plantas de tomate, aos 49 DAT, esse valor alcançou 53,25 cm. Este resultado pode estar relacionado ao seu menor valor do ponto de compensação da luz (equilíbrio entre absorção fotossintética e liberação de CO_2) com conseqüente menor taxa de respiração e taxa fotossintética (TAIZ & ZEIGER, 2009). Desta forma, houve menor perda com relação ao aproveitamento do nitrogênio aplicado; sendo que, a ocorrência de toxidez nas plantas de tomate devido ao excesso de N, apresentou-se com uma dose do nutriente aplicado.

Em todas as avaliações realizadas, o ambiente sem sombreamento apresentou os maiores valores de altura e diâmetro de plantas, independente da dose de nitrogênio aplicada. Estes resultados podem estar relacionados à necessidade da presença de luz sobre a assimilação dos nutrientes, como no caso do nitrogênio, pois a redução do nitrato requer alta disponibilidade de luz. Por essa razão, quando as plantas são submetidas a longos períodos de baixa intensidade luminosa, é possível observar nelas baixa assimilação dos nutrientes e possíveis sintomas de deficiência nutricional (FLOSS, 2011). Ainda de acordo com Floss (2011), o baixo crescimento de plantas sombreadas deve-se à menor intensidade luminosa e a menor qualidade da luz.

5.3 ÁREA FOLIAR

Pela figura 16 é possível observar a evolução da área foliar ao longo do ciclo da cultura. O crescimento se deu até os 56 DAT. Fayad et al. (2001) verificaram comportamento semelhante para a cultivar Santa Clara, visualizando a estabilidade da área foliar até 58 DAT e posterior declínio do crescimento.

De acordo com os resultados da análise de variância, apresentados na Figura 16, houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos sobre a variável área foliar (AF) nos dois ambientes para todos os DAT avaliados. Através dos resultados obtidos da análise de regressão referentes ao AF (Figura 16), observa-se que, apenas o resultado do ambiente com sombreamento na avaliação aos 28 DAT apresentou função linear, os demais se ajustaram a uma função quadrática.

No ambiente sem sombreamento, os valores de AF apresentaram elevação com a aplicação de nitrogênio, quando comparado com o tratamento sem aplicação de N. Porém, a partir da dose de $194,34 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (MET) ocorreu redução nos valores encontrados, aos 56 DAT. Isto pode ser atribuído ao fato da ocorrência de toxidez causada por NH_4^+ , reduzindo o

desenvolvimento da planta, bem como a influência negativa para o suprimento de cátions para o desenvolvimento da planta, como cálcio e magnésio (BORGOGNONE et al., 2013). Borgognone et al., (2013) ainda observaram que a área foliar foi reduzida quando fornecido NH_4^+ como fonte exclusiva de nitrogênio.

No ambiente com sombreamento, o tratamento com aplicação de $123,29 \text{ kg ha}^{-1}$ de N proporcionou, na avaliação aos 56 DAT, as maiores médias de área foliar (AF), a partir daí as doses subsequentes de aplicação de N apresentaram redução nos valores (Figura 16). Esta redução é atribuída a mesma toxidez encontrada no ambiente sem sombra, causada pelo excesso de nitrogênio aplicado. A ocorrência de toxidez com a aplicação de uma dose menor de N, comparado ao ambiente sem sombra, se deve as menores taxas fotossintéticas e de respiração das plantas no ambiente sombreado, com consequência em menores perdas sobre o aproveitamento do nutriente (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Com relação aos ambientes, verificou-se que no ambiente com 50% de sombra os tratamentos sem adição de nitrogênio e $123,29 \text{ kg ha}^{-1}$ de N ocasionaram maior área foliar quando comparado ao ambiente sem sombreamento (Figura 16). Estes resultados podem estar atrelados a necessidade da cultura em aumentar sua área fotossintética para compensar a falta de luminosidade. Segundo Scalon et al. (2001), esses resultados estão de acordo com o que é normalmente observado, uma vez que há necessidade de ampliar a superfície fotossintetizante para maximizar a absorção de luz, em ambientes sombreados. A expansão das folhas sob baixa luminosidade indica uma maneira da planta compensar a reduzida luminosidade, causando maior aproveitamento conforme o aumento da superfície (CAMPOS & UCHIDA, 2002). Porém, nas demais doses de nitrogênio aplicadas ($150, 225$ e 300 kg ha^{-1}), o ambiente sem o sombreamento apresentou maiores valores da área foliar. Isso deve-se à redução no desenvolvimento das plantas do ambiente com sombreamento devido, possivelmente à toxidez pelo excesso de nitrogênio aplicado.

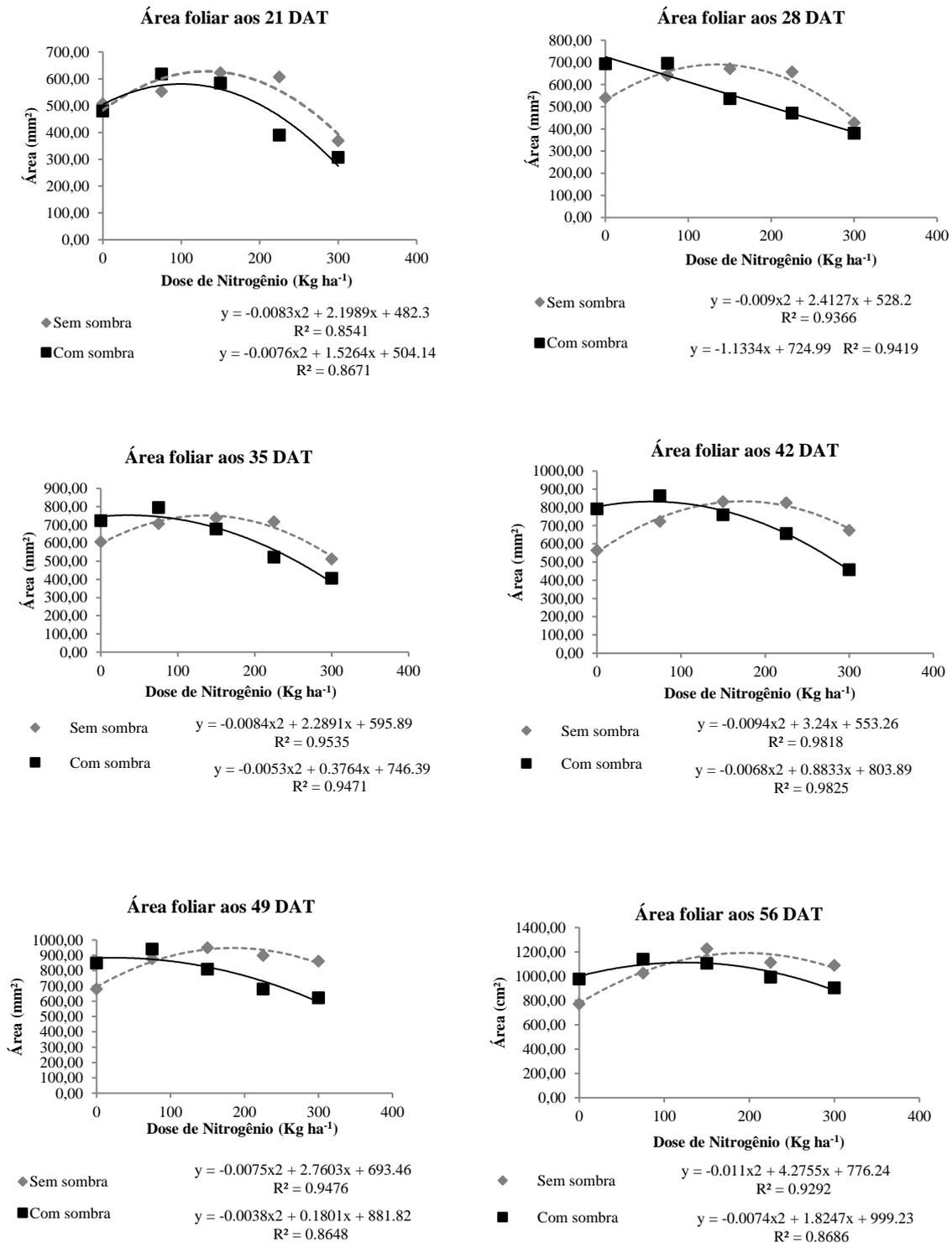


Figura 16 – Avaliação da área foliar (mm²) quando submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.

5.4 TEOR DE CLOROFILA

O teor de clorofila *a b* e total (ICF) foram significativamente afetados ($p \leq 0,05$) pelas doses de N e pelo ambiente em que as plantas se encontravam (Figura 17). Apresentaram comportamentos similares, com respostas quadráticas na maioria das avaliações em função da elevação das doses de N e com relação ao ambiente.

Nos dois ambientes (com e sem sombra) os teores de clorofila total aumentaram conforme a elevação da dose de nitrogênio aplicada, sendo a dose de 291 kg ha⁻¹ de N (MET) aquela que apresentou os resultados máximos com relação ao teor de clorofila, no ambiente sem sombreamento e 303 kg há⁻¹ no ambiente com sombreamento (MET). Estes resultados corroboram com aqueles obtidos por outros autores nas culturas da abóbora (SWIADER & MOORE, 2002), batata (GIL et al., 2002), tomate (FERREIRA et al., 2006) dentre outras culturas, os quais foram encontrados aumentos nos teores de clorofila total com o incremento da dose de N aplicada. Porém, observou-se que na dose de N máxima aplicada (300 kg ha⁻¹) na avaliação aos 30, 70 e 90 DAT o incremento no teor de clorofila foi menor que na dose anterior, isso ocorreu devido a toxidez causada pelo excesso do nutriente com consequência na menor atividade fotossintética da planta.

O nitrogênio é um nutriente que participa da síntese e estrutura das moléculas de clorofila, de modo que o aumento do suprimento de N às plantas, até determinado limite, aumenta os teores de clorofila e intensidade de cor verde nas folhas das plantas (FONTES & ARAUJO, 2007).

Os valores máximos dos teores de clorofila foram encontrados na avaliação realizada aos 60 DAT, sendo o ICF 46,625 (ambiente sem sombreamento com aplicação de 228 kg ha⁻¹ de N) e 46,950 (ambiente com sombreamento com aplicação de 244,5 kg ha⁻¹ de N) quando as plantas de tomate encontravam-se com as três doses de nitrogênio aplicadas, conforme os tratamentos. Após essa avaliação, os valores dos teores de clorofila decresceram. Este decréscimo pode estar associado à fisiologia das plantas na qual priorizam o desenvolvimento de órgãos reprodutivos, direcionando os fotoassimilados as estruturas reprodutivas, a partir de 60 DAT. Maia (2011), trabalhando com cultivares de feijão e uso do clorofilômetro portátil para determinar a adubação nitrogenada verificou que na maioria dos cultivares estudados os teores de nitrogênio máximos foram observados até o estágio de desenvolvimento reprodutivo, e após começaram a decrescer.

Com relação aos ambientes, as plantas sombreadas apresentaram os teores de clorofila *a b* e clorofila total mais elevados com relação às plantas do ambiente sem sombra (Figura 17).

Estes resultados corroboram com aqueles encontrados por Junior et al., (2005) com relação aos pigmentos clorofilianos, onde observaram os maiores valores de clorofila total e clorofila *a* em folhas de *Cupania vernalis* submetidas a 50% e 70% de sombreamento. Coelho et al. (2013), analisaram as respostas fisiológicas em variedades de feijão caupi submetidas a diferentes níveis de sombreamento, concluindo que os níveis de sombreamento de 50% proporcionaram maiores índices de clorofila *a* quando comparados às condições de sol pleno. Souza et al. (2011) também observaram maiores teores de clorofila *a* e *b* quando as plantas de guaco encontravam-se cultivadas sob telas com maior retenção de luz.

De acordo com Taiz & Zeiger (2004), a biossíntese de clorofila é uma reação bioquímica dependente de luz. Porém, em intensidade mais elevada de radiação, as moléculas de clorofila ficam passíveis a processos fotoxidativos, sendo equilibrado com níveis de radiação mais baixo. Dessa forma, folhas de sombra possuem, geralmente, maior concentração de clorofilas em relação às crescidas sob pleno sol (CASTRO, 2002; ALVARENGA et al., 2003). A redução no teor de clorofila em níveis mais elevados de radiação (menos sombreamento) é amplamente relatada na literatura, como registrado por ATROCH et al. (2001), KITAJIMA & HOGAN (2003) e ALVARENGA et al. (2003).

Na figura 17, observa-se que, um pequeno aumento da clorofila *b* no ambiente com sombreamento em todas as doses de nitrogênio e DAT. De acordo com Scalon et al. (2002), o aumento da clorofila *b* nas folhas submetidas a baixas luminosidades é considerada uma característica importante pois, a clorofila *b* capta energia de outros comprimentos de onda e a transfere para a clorofila *a*, que atua efetivamente nas reações fotoquímicas da fotossíntese e representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa.

Outro fator que deve ser considerado quando é avaliado o teor de clorofila das plantas é a relação entre a clorofila *a* e a clorofila *b*. A relação clorofila *a/b* está relacionada diretamente com a capacidade das plantas em maximizar a captura de luz em condições de maior sombreamento (CRITCHLEY, 1999). De acordo com a Tabela 3, o ambiente com sombreamento apresentou, a partir da avaliação realizada aos 40 DAT, os maiores valores da relação clorofila *a/b*, independente da dose de N aplicada. Taiz & Zeiger (2009), afirmam que as folhas de sombra têm mais clorofila por centro de reação, a razão entre clorofila *b* e clorofila *a* é mais alta e geralmente elas são mais finas do que as folhas de sol.

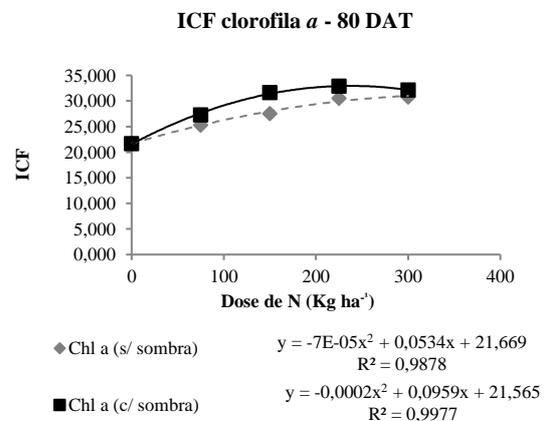
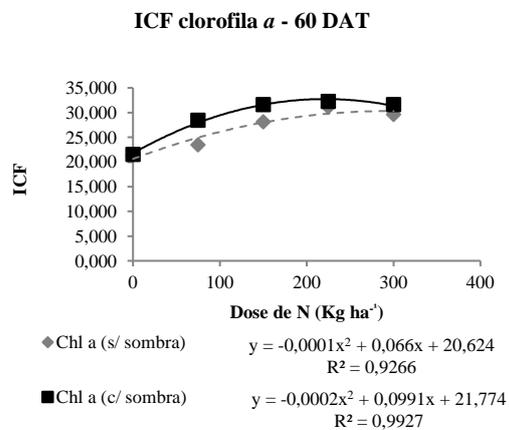
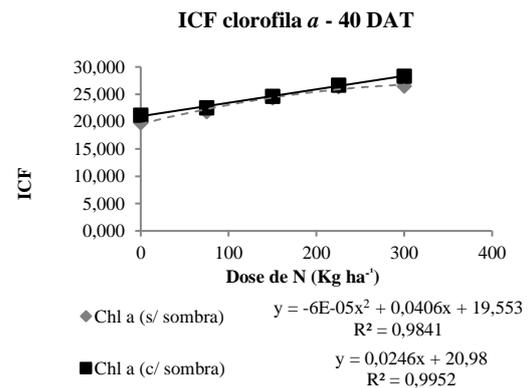
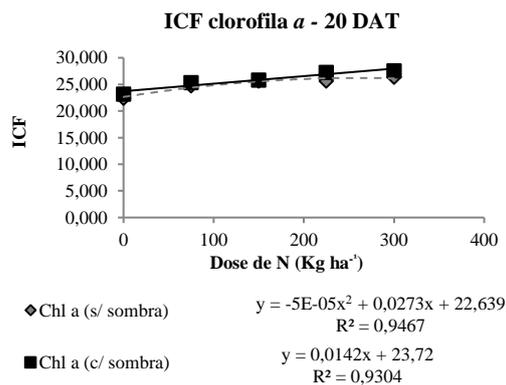
Tabela 3 - Avaliação da Relação clorofila *a/b* quando submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.

Tratamentos	Relação clorofila <i>a/b</i>							
	Sem ¹ 20 DAT	Com ² 20 DAT	Sem 40 DAT	Com 40 DAT	Sem 60 DAT	Com 60 DAT	Sem 80 DAT	Com 80 DAT
0 kg ha ⁻¹ N	3,151a	3,212a	3,071a	3,263a	2,950a	2,974a	3,079a	3,072a
75 kg ha ⁻¹ N	3,420a	3,425a	3,143a	3,150a	2,488ab	2,808b	3,031b	3,069a
150 kg ha ⁻¹ N	3,399a	3,484ab	2,894ab	2,920ab	2,260abc	2,536c	2,494c	2,833b
225 kg ha ⁻¹ N	3,066a	3,231b	2,860ab	2,867b	2,147bc	2,202d	2,357d	2,469c
300 kg ha ⁻¹ N	3,512a	3,551b	2,634b	2,722b	2,029c	2,152c	2,295e	2,469c

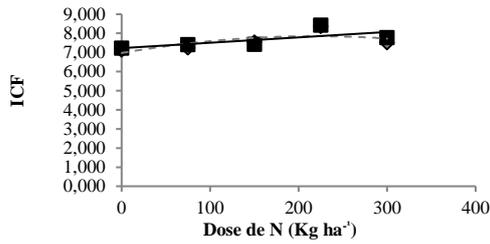
¹ Tratamentos aplicados sobre as plantas de tomate e submetidas ao ambiente sem sombreamento.

² Tratamentos aplicados sobre as plantas de tomate e submetidas ao ambiente com sombreamento.

*Médias não seguidas pelas mesmas letras nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.



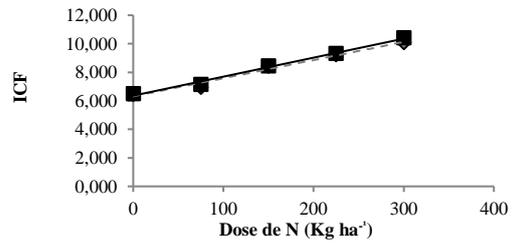
ICF clorofila b - 20 DAT



◆ Chl b (s/ sombra) $y = -2E-05x^2 + 0,008x + 6,9713$
 $R^2 = 0,5396$

■ Chl b (c/ sombra) $y = 0,0028x + 7,2262$
 $R^2 = 0,4848$

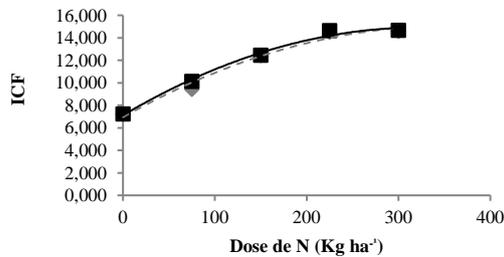
ICF clorofila b - 40 DAT



◆ Chl b (s/ sombra) $y = 6E-08x^2 + 0,0127x + 6,3147$
 $R^2 = 0,9825$

■ Chl b (c/ sombra) $y = 0,0133x + 6,3614$
 $R^2 = 0,9928$

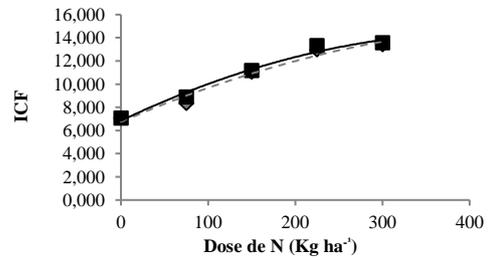
ICF clorofila b - 60 DAT



◆ Chl b (s/ sombra) $y = -7E-05x^2 + 0,0459x + 6,9481$
 $R^2 = 0,981$

■ Chl b (c/ sombra) $y = -7E-05x^2 + 0,0482x + 7,1154$
 $R^2 = 0,9916$

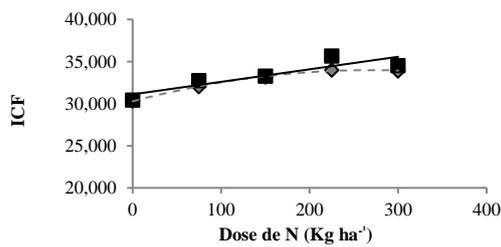
ICF clorofila b - 80 DAT



◆ Chl b (s/ sombra) $y = -3E-05x^2 + 0,0324x + 6,7509$
 $R^2 = 0,9724$

■ Chl b (c/ sombra) $y = -4E-05x^2 + 0,0359x + 6,8397$
 $R^2 = 0,9817$

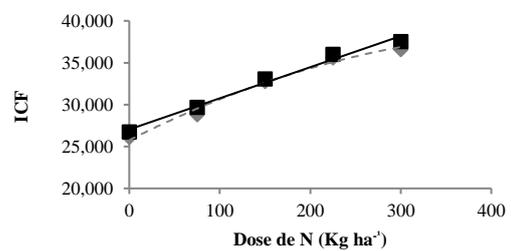
ICF clorofila total - 20 DAT



◆ Chl Total (s/ sombra) $y = -5E-05x^2 + 0,0274x + 30,285$
 $R^2 = 0,9973$

■ Chl Total (c/ sombra) $y = 0,0149x + 31,103$
 $R^2 = 0,7936$

ICF clorofila total - 40 DAT



◆ Chl Total (s/ sombra) $y = -6E-05x^2 + 0,0545x + 25,761$
 $R^2 = 0,9871$

■ Chl Total (c/ sombra) $y = 0,0372x + 27,04$
 $R^2 = 0,986$

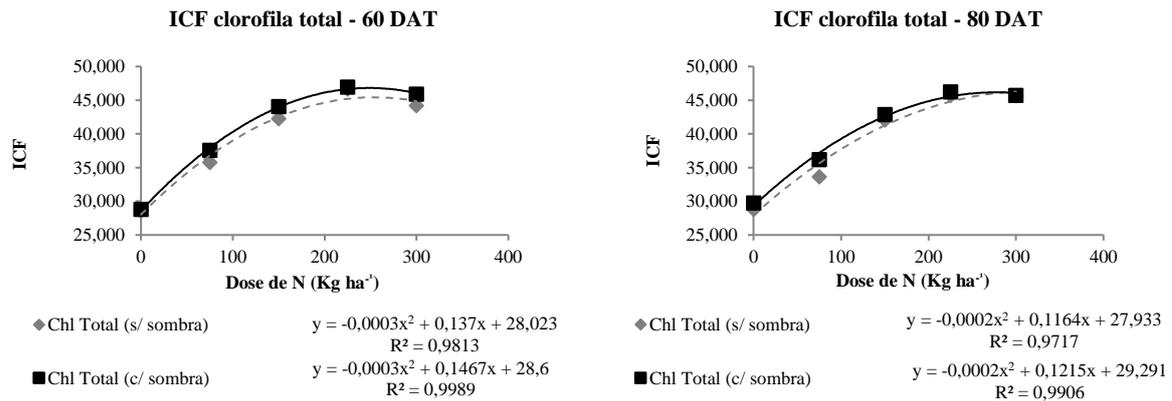


Figura 17 – Avaliação da ICF (índice de clorofila Falker) de clorofila *a b* e total quando submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.

5.5 DENSIDADE E DIÂMETRO ESTOMÁTICO

5.5.1 Densidade estomática

De acordo com os resultados da análise de variância, apresentados na Figura 18, ocorreu efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos (doses de nitrogênio e ambiente) sobre a variável densidade de estômatos (n°/mm^2) apenas no ambiente com sombreamento. Através dos resultados obtidos da análise de regressão (Figura 18), observa-se que, no ambiente com sombreamento (efeito significativo) a avaliação de densidade estomática se ajustou a uma função quadrática.

O tomateiro apresenta folhas anfistomáticas (com a presença de estômatos nas duas faces). No ambiente com sombreamento, observa-se que o número de estômatos foi maior no tratamento sem aplicação de nitrogênio ($138,0$ e $42,86/\text{mm}^2$, nas faces abaxial e adaxial dos folíolos, respectivamente), ocorrendo decréscimo nos valores de acordo com a aplicação e aumento das doses do nutriente (Figura 18).

Deste modo, o número de estômatos por mm^2 decresceu em média cerca de 30% nos folíolos das plantas cultivadas com a maior dose de nitrogênio (300 kg ha^{-1} de N), onde esse tratamento apresentou $97,138$ e $18,32$ estômatos/ mm^2 , nas faces abaxial e adaxial dos folíolos, respectivamente, quando comparado ao tratamento sem N. A capacidade fotossintética de uma planta geralmente é proporcional ao conteúdo de nitrogênio (BOLTON & BROWN, 1980) sendo que a falta do nitrogênio associado a menor luminosidade, pode acarretar o alto número de estômatos presentes (Figura 18).

Na Figura 18 observa-se que no ambiente sem o sombreamento, o número de estômatos nas duas faces (adaxial e abaxial) não foram significativos, sugerindo que a aplicação de diferentes doses de nitrogênio não influencia na variável analisada, quando as plantas de tomate não estão sombreadas.

Com relação aos ambientes, o número de estômatos/mm² dos folíolos das plantas de tomate não sombreadas apresentaram, em média, os maiores valores (58,62 e 127,0 nas faces adaxial e abaxial, respectivamente). Esses resultados corroboram com os encontrados por Santiago et al., 2001, onde os pesquisadores estudando o aspecto da anatomia foliar da pimenta-longa sob diferentes condições de luminosidade concluíram que, no ambiente com maior luminosidade foi verificado maior índice estomático nas folhas das plantas. De acordo com Larcher (2000), as folhas de sol apresentam maiores densidades estomáticas quando comparado às folhas de sombra. Aumento nos índices estomáticos é um evento comum nas folhas de sol, se comparadas às de sombra (NASCIMENTO et al., 2005; LIMA JUNIOR et al., 2006) e, geralmente, está associado ao menor tamanho dos estômatos, o que garante o suprimento de CO₂ necessário à fotossíntese sem que ocorra perda excessiva de água por meio da transpiração (MELO, 2007).

Nos dois ambientes (com e sem sombreamento) e em todas as doses de nitrogênio aplicadas, a face abaxial dos folíolos apresentou os maiores valores de número de estômatos/mm². Estudo realizado por Meyer et al. (1973), analisando a distribuição do número de estômatos em diversas espécies vegetais de interesse agrícola, concluiu que a cultura do tomate apresenta mais estômatos na epiderme inferior (abaxial) que na superior (adaxial), com médias de 13.000 e 1.200 estômatos/cm², respectivamente. Larcher (2000) afirma que, a quantidade dos estômatos é uma característica específica de cada espécie e podem ser alteradas em função das adaptações às condições ambientais.

5.5.2 Diâmetro e funcionalidade estomática

As variáveis diâmetro equatorial dos estômatos (DE), diâmetro polar dos estômatos (DP) e funcionalidade estomática (FUNC) apresentaram efeito significativo ($p \leq 0,05$) no ambiente onde as plantas estavam sob sombreamento, de acordo com os resultados de análise de variância (Figura 18). No ambiente sem o sombreamento, apenas as variáveis diâmetro equatorial dos estômatos (DE) e funcionalidade estomática (FUNC) apresentaram efeito

significativo ($p \leq 0,05$). Através dos resultados obtidos pela análise de regressão (Figura 18), as variáveis que apresentaram efeitos significativos ajustaram-se a funções quadráticas.

A relação entre diâmetro polar (DP) e equatorial (DE) dos estômatos estão diretamente relacionadas à sua funcionalidade, sendo que, quanto maior a relação, mais funcional está o estômato (CASTRO et al., 2009). Dessa forma, observamos na Tabela 4 que, os maiores valores de funcionalidade estomática (FUNC), nos dois ambientes, estão relacionados a dose de 150 kg ha⁻¹ de N, sendo, 1,757 o ambiente com sombreamento e 1,653 no ambiente sem sombreamento.

Com relação ao tamanho dos estômatos, Nascimento et al. (2005); Lima Junior et al. (2006), afirmam que o maior tamanho dos estômatos é uma característica comum às plantas de sombra, pela menor demanda de água em relação às plantas que são mais expostas à radiação solar, portanto, não necessita reduzir o tamanho de seus estômatos. De acordo com Dickison (2000), a redução das dimensões dos estômatos sob alta luminosidade, é considerada uma adaptação protetora contra a desidratação. Na Figura 18 verifica-se que, a média dos diâmetros polares foram de 20,300 e 19,167 μm , no ambiente com e sem sombreamento, respectivamente e, dos diâmetros equatoriais, 12,833 e 14,800 μm . Castro et al. (2009), afirma que o aumento do diâmetro polar, e uma redução no diâmetro equatorial, permitem um formato mais elíptico dos estômatos, levando a uma maior funcionalidade. Estômatos mais elípticos podem ser mais funcionais, reduzindo a transpiração das plantas (CASTRO et al., 2009).

Com relação a funcionalidade estomática, o ambiente com sombreamento apresentou os maiores valores da relação DP/DE, com média de 1,589 comparado ao ambiente sem sombreamento (1,470). De acordo com Kahn et al., (2003), alterações na forma dos estômatos afeta a funcionalidade dos mesmos, sendo que a forma elíptica é características de estômatos funcionais, enquanto a forma esférica está frequentemente associada a estômatos com baixa funcionalidade e ambas as formas são obtidas de acordo com o maior ou menor diâmetro equatorial e, a relação DP/DE. Variações no tamanho e frequência de estômatos evidenciam a capacidade que as plantas possuem de rearranjar essas estruturas da epiderme em resposta às modificações ambientais, fazendo com que haja maior atuação dos estômatos nas trocas gasosas e transpiração, de forma adequada (ROSSATTO et al., 2009).

Os resultados biométricos e fisiológicos observados neste trabalho corroboram com a informação de Taiz e Zeiger (2009), onde a redução da funcionalidade estomática, pode acarretar prejuízos às plantas, como redução na disponibilidade de substrato (CO₂) para a atividade fotossintética e conseqüentemente redução no seu desenvolvimento, como observada para os tratamentos com sombreamento e baixa dose de N (Figura 18).

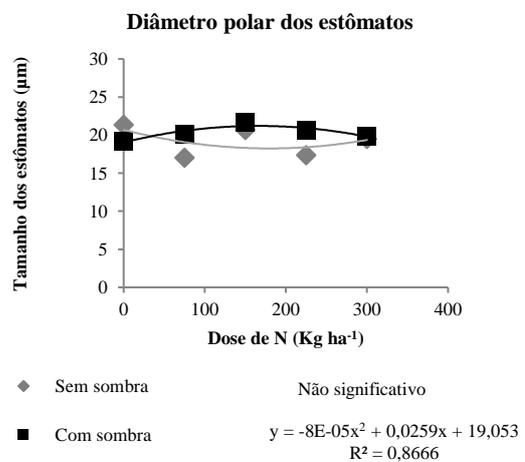
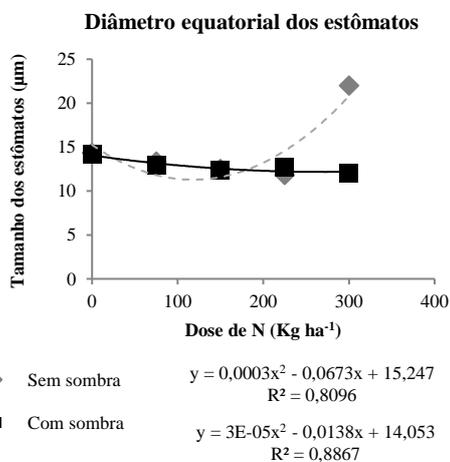
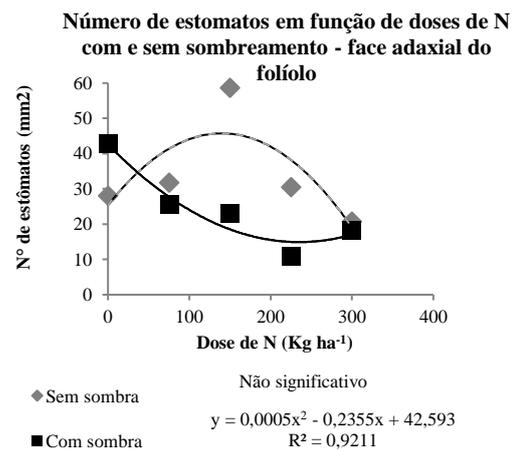
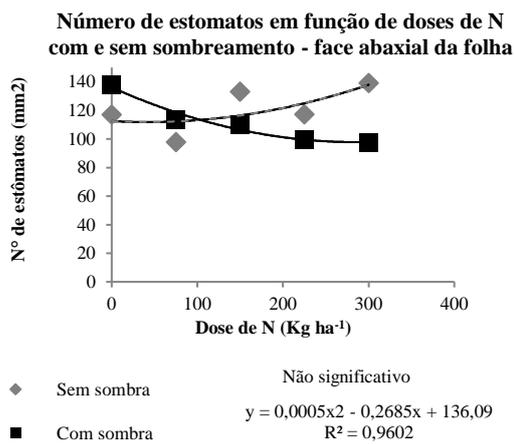
Tabela 4 - Avaliação do diâmetro equatorial (DE) e polar (DP) dos estômatos (DE) e a funcionalidade estomática (FUNC) das plantas de tomate submetidas a doses crescentes de nitrogênio em dois ambientes de cultivo (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.

Tratamentos	Com ¹	Sem ²	Com	Sem	Com	Sem
	DE	DE	DP	DP	FUNC	FUNC
0 kg ha ⁻¹ N	14,167	14,333	19,167	21,333	1,353	1,488
75 kg ha ⁻¹ N	13,000	13,333	20,167	17,000	1,551	1,275
150 kg ha ⁻¹ N	12,333	12,500	21,667	20,667	1,757	1,653
225 kg ha ⁻¹ N	12,667	11,833	20,667	17,333	1,632	1,465
300 kg ha ⁻¹ N	12,000	22,000	19,833	19,500	1,653	0,886

¹ Tratamentos aplicados sobre as plantas de tomate e submetidas ao ambiente sem sombreamento.

² Tratamentos aplicados sobre as plantas de tomate e submetidas ao ambiente com sombreamento.

*Médias não seguidas pelas mesmas letras nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.



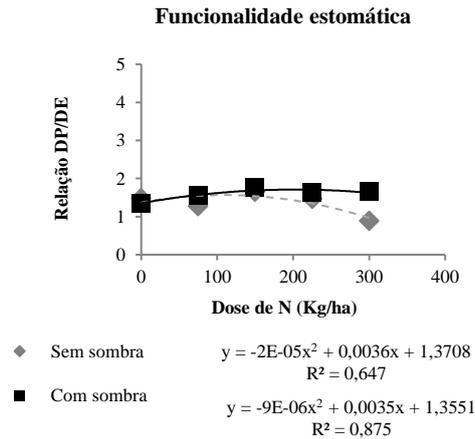


Figura 18 – Avaliação do n°/mm^2 e dimensões (μm) dos estômatos dos folíolos das plantas de tomate submetidas a crescentes doses de nitrogênio em dois ambientes (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.

5.6 MASSA SECA DE PARTE AÉREA

A massa seca da parte aérea da planta é comumente utilizada para avaliar a eficiência da adubação nitrogenada em culturas, pois demonstra o acúmulo de biomassa vegetal em função da maior produção de aminoácidos e assimilados de carbono da fotossíntese, proporcionada pelo fornecimento e absorção de nitrogênio na planta (PORTO, 2013). De acordo com os resultados da análise de variância (Figura 21), ocorreu efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos (doses de nitrogênio e ambiente) sobre a variável massa seca de parte aérea das plantas de tomate. Através dos resultados obtidos da análise de regressão (Figura 21), observa-se que, a variável se ajustou a uma função quadrática.

A matéria seca da parte aérea remanescente após a última colheita dos frutos, aumentou conforme as doses de nitrogênio nos ambientes com e sem sombreamento, atingindo os valores máximos de 26,204 e 28,585 g/planta, respectivamente. Ferreira et al., 2003, observou aumento na matéria seca da parte aérea das plantas de tomate, conforme o aumento das doses de nitrogênio aplicadas. Os tratamentos sem aplicação de N resultaram nos menores valores de massa seca de parte aérea, 10,167 e 11,997 g, nos ambientes com e sem sombreamento, respectivamente.

Os valores máximos encontrados nas avaliações realizadas sobre a variável massa seca de parte aérea foram observados no tratamento com aplicação de 202, 62 $kg\ ha^{-1}$ de N, no ambiente sem sombreamento e 209,62 $kg\ há^{-1}$ no ambiente com sombreamento). Após esse tratamento, os valores de matéria seca de PA decresceram em função das doses excessivas de N aplicadas. Esses resultados corroboram com os encontrados por Porto (2013), onde a

aplicação de altas doses de nitrogênio pode levar a doses tóxicas, diminuindo o crescimento da planta.

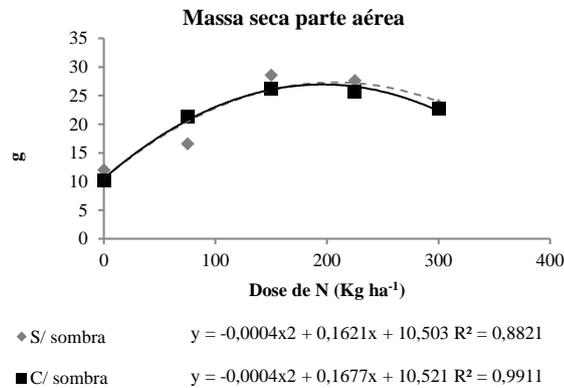


Figura 19 – Avaliação da massa seca da parte aérea das plantas de tomate submetidas a crescentes doses de nitrogênio em dois ambientes (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.

5.7 PRODUÇÃO TOTAL DE FRUTOS

Nas avaliações realizadas sobre as variáveis número de frutos produzidos por tratamento, peso médio de frutos (g) e o diâmetro e comprimento dos frutos (cm) foram significativamente afetados ($p \leq 0,05$) pelas crescentes doses de nitrogênio aplicadas e pelo ambiente (com e sem sombreamento) na qual as plantas de tomate encontravam-se (Figura 20). Na avaliação número de frutos produzidos no ambiente sem sombreamento, as avaliações apresentaram comportamento quadrático em função da elevação da dose de N e com relação ao ambiente.

Nos dois ambientes (com e sem sombreamento) o tratamento sem aplicação de nitrogênio apresentou os menores valores do número de frutos de tomate, com 19 e 17 frutos, respectivamente. Este resultado está de acordo com Mehmood et al (2012) que ao avaliarem a resposta de cultivares de tomate variando o nível de N, observaram que o menor número de frutos por planta (21,82) foi produzido pelo tratamento sem aplicação de N. As demais variáveis analisadas (peso, diâmetro e comprimento dos frutos) também apresentaram os menores valores encontrados no tratamento sem aplicação de nitrogênio. Estas características são extremamente influenciadas por níveis de nitrogênio, onde a deficiência deste nutriente na cultura do tomateiro acarreta menor crescimento, número, bem como o tamanho de frutos (SAINJU et al., 2003).

Com relação ao ambiente com sombreamento, as variáveis número de frutos, peso médio de frutos (g), comprimento e diâmetro dos frutos (cm) apresentaram função quadrática.

Observou-se que o tratamento com a dose de 168,8 kg ha⁻¹ de N aplicada apresentou o maior valor do total de frutos, com 54 frutos de tomate; dose de 166,8 kg há⁻¹ de N com média de 102,82 g fruto⁻¹; dose de 150 kg há⁻¹ de N, 5,63 cm de comprimento.fruto⁻¹ e 4,57 cm de diâmetro fruto⁻¹, na dose de 150 kg há⁻¹ de N (Figura 20).

A redução dos valores encontrados com doses de nitrogênio maiores que 150 kg ha⁻¹ é atribuído ao excesso de N na planta, causando toxidez na mesma com consequência na redução da produção (Figura 20). Apesar da redução encontrada é notório que o rendimento do tomateiro é influenciado pelo N, entre outros benefícios, por acarretar um aumento na absorção de outros nutrientes (AMAN & RAB, 2013).

No ambiente sem sombreamento, o número de frutos de tomate ajustou-se a uma equação linear conforme o aumento da dose de nitrogênio aplicada, sendo que a maior dose (300 kg ha⁻¹ de N) apresentou o total de 78 frutos. Ferreira et al (2000) e Silva et al (2003) também observaram que a aplicação de nitrogênio aumentou a produção de frutos do tomateiro. Com relação às demais variáveis analisadas, peso médio de frutos (g), comprimento e o diâmetro dos frutos (cm) apresentaram redução nos seus valores com o aumento das doses de N aplicadas. Conforme resultados observados na (Figura 20) os máximos valores encontrados foram com aplicação de 144 kg ha⁻¹ de N, obtendo, em média 130,93 g fruto⁻¹ 6,24 cm de comprimento fruto⁻¹ e 5,32 cm de diâmetro fruto⁻¹, com aplicação de 150 kg há⁻¹ de N. O resultado de peso médio de frutos estão acima dos encontrados por Silva et al (2003) que observaram média de 102,5 g por fruto de tomateiro de mesa.

Como pode ser verificado na Figura 20, o ambiente sem sombreamento, apresentou os maiores valores para as variáveis número de frutos produzidos por tratamento, peso médio de frutos (g) e o diâmetro e comprimento dos frutos (cm) quando comparado ao ambiente com sombreamento. Estes resultados corroboram com os encontrados por Santi (2014) onde, o peso médio dos frutos foi significativamente maior no ambiente com apenas polietileno, evidenciando maior eficiência do material de cobertura na geração de condições microclimáticas mais adequadas, no que refere-se à qualidade da energia radiante disponível.

A menor ocorrência de frutos por tratamento no ambiente sombreado pode ser atribuída a algumas plantas deste ambiente não terem apresentado a fase de florescimento, com consequência na menor produção de frutos neste ambiente. Apesar da cultura do tomateiro ser considerada insensível ao fotoperíodo, ela apresenta exigências em luz. De acordo com Reis et al. (2013) o aumento da radiação pode elevar a produção de fotoassimilados e sua disponibilidade para o crescimento da planta e produção de frutos. Sendo assim, a radiação solar influencia o desenvolvimento da planta, desde o tempo de floração com efeitos sobre a

iniciação da inflorescência e o ritmo de desenvolvimento das flores até o crescimento do sistema caulinar no verão (AGEITEC, 2014).

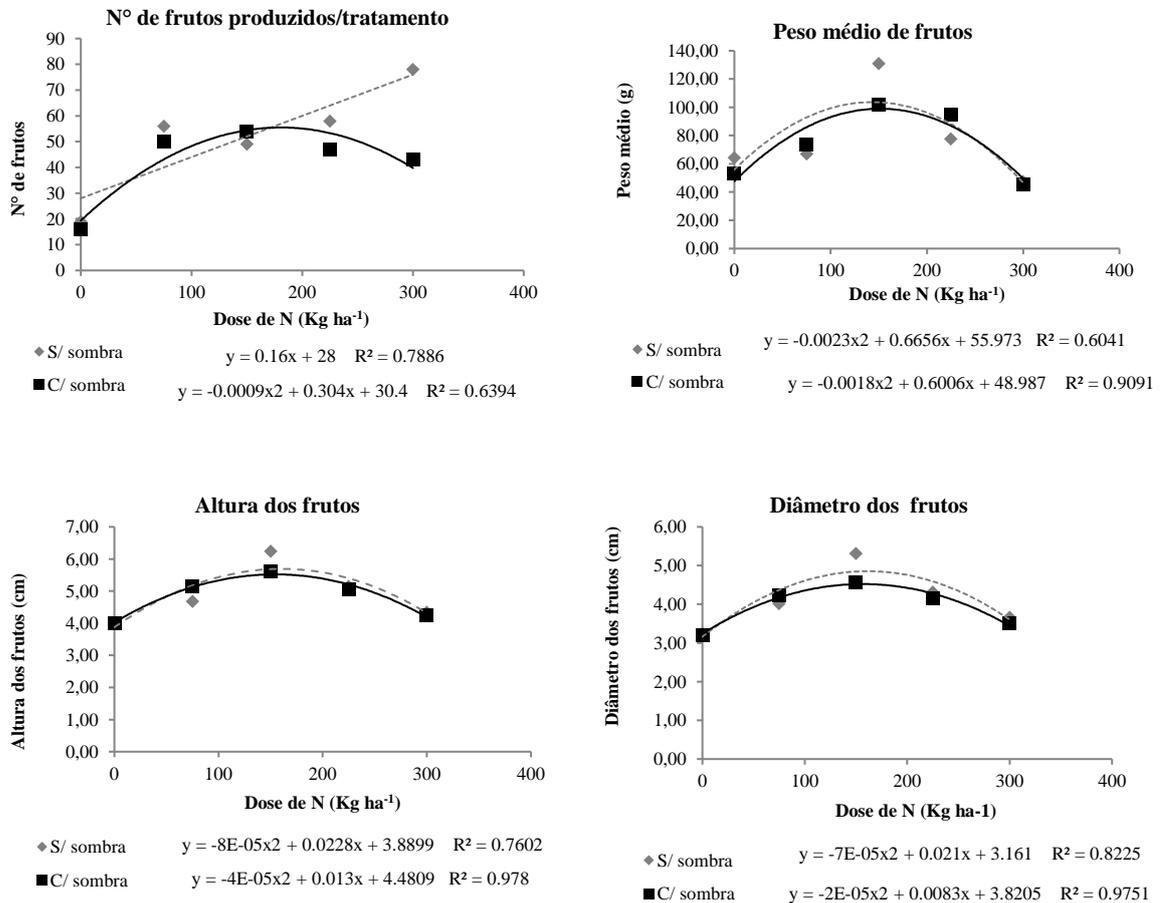


Figura 20 – Avaliação do número de frutos, peso (g), diâmetro e comprimento (cm) médios dos frutos quando submetidos a crescentes doses de nitrogênio em dois ambientes (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.

5.8 QUALIDADE DE FRUTOS

De acordo com os resultados da análise de variância, apresentados na Figura 21, ocorreu efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos tratamentos (doses de nitrogênio e ambiente) sobre as variáveis pH dos frutos, acidez titulável (g de ácido cítrico/100 ml), sólidos solúveis (°Brix) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT). Através dos resultados obtidos da análise de regressão (Figura 21), observa-se que, todas as variáveis analisadas se ajustaram a uma função quadrática.

5.8.1 pH

O pH dos frutos do tomateiro foi alterado pelas doses de nitrogênio e pelo ambiente que as plantas encontravam-se (com e sem sombreamento). No ambiente com sombreamento, os frutos atingiram os valores médios do pH de 5,17 a 5,33, nos tratamentos correspondentes a dose de 0 e 225 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 21 A).

No ambiente sem sombreamento, os valores médios de pH variaram de 4,27 a 4,80, nos tratamentos 0 e 225 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Figura 20 A). Dessa forma, ao aumentar a dose de N, ocorre aumento dos valores de pH independente do ambiente ao qual estão submetidas as plantas (com e sem sombreamento). Esses resultados corroboram com os encontrados por Assunção (2016), que ao incrementar as doses de nitrogênio ocorreu diminuição do valor médio do pH encontrado para a polpa dos frutos de tomate.

A dose de nitrogênio recomendada para a cultura do tomate com base na análise de solo e necessidades do tomateiro (150 kg ha⁻¹ de N) apresentou os valores médios de 5,27 e 4,53 nos ambientes com sombreamento e sem sombreamento, respectivamente (Figura 21 A). O pH dos frutos de tomate destinados ao processamento industrial deve variar entre 4,0 e 4,5, para inibir o crescimento de bactérias (JONES J., 1999). Assim, a polpa dos frutos dos tomates sob ambiente sem sombreamento apresentou os valores de pH mais próximos aos valores ideais, diminuindo assim, os riscos de contaminação por micro-organismo.

5.8.2 Acidez titulável

Avaliando o teor de acidez titulável na polpa dos frutos do tomateiro sobre diferentes doses de nitrogênio e diferentes ambientes observou-se alteração nos valores com relação a essas duas variáveis. No ambiente com sombreamento, os valores médios foram de 0,2192% de ácido cítrico e no ambiente sem sombreamento, 0,2274% (Figura 21 B). Diferindo dos resultados observados por Sjostrom & Rosa (1978) e por Ritzinger et al., (1989), que relatam o aumento na acidez nos frutos colhidos sob menores temperaturas e menores radiações. Altos teores de ácidos na polpa revelam uma característica importante no que diz respeito ao processamento, pois é interessante que os frutos possuam elevada acidez, visto que isso diminuiria a adição de acidificantes no suco (NASCIMENTO, 1996).

O ácido cítrico é considerado o ácido mais presente no fruto, começando a acumular logo após a formação do fruto, alcançando rapidamente o seu máximo valor. As condições nutricionais e a temperatura são fatores que mais influenciam no acúmulo desse ácido. Após

alcançar o seu máximo valor, a concentração decresce devido à absorção de água pelo fruto diluindo, dessa forma, o ácido presente (CAVICHOLI et al., 2008). De acordo com Rasmussen et al. (1996), Albrigo (1992), quanto maior a temperatura durante a maturação dos frutos, maior é o decréscimo da concentração de ácidos. Isso não foi observado nesse experimento devido à diferença nos valores de temperatura encontrados nos dois ambientes terem sido de apenas 1,91% e, consideradas baixas para ocorrência desse fator (20,5 e 20,9°C, respectivamente nos ambientes com e sem sombreamento).

Com relação às diferentes doses de nitrogênio aplicadas, a acidez titulável na polpa dos frutos foi alterada. No ambiente com sombreamento, o valor máximo encontrado foi de 0,2323% de ácido cítrico, na dose de 214 kg ha⁻¹ de N. No ambiente sem sombreamento, o tratamento com aplicação de 150 kg ha⁻¹ de N apresentou o máximo valor encontrado, 0,2423%. Doses de nitrogênio maiores que 214 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹ (com e sem sombreamento, respectivamente), afetaram negativamente a qualidade do fruto, no que se refere à acidez, visto que, os resultados de % de ácido cítrico foram menores (Figura 21 B). De acordo com Jones Junior (1999), doses excessivas de nitrogênio afetas negativamente a qualidade dos frutos de tomate, com relação à acidez, pois, quanto maior a acidez, melhor será o sabor do tomate.

Oberly et al. (2002), ao avaliarem o efeito da adubação nitrogenada na qualidade de quatro cultivares de tomate na qual observaram diferença entre a testemunha e as doses de nitrogênio, cujos os valores de acidez titulável dos frutos apresentaram-se maiores quando o solo recebeu maiores doses de nitrogênio, confirmando os resultados encontrados no presente estudo. Avaliando o impacto na produção e na qualidade de frutos de tomate, Bérnard et al., (2009) encontraram uma redução de 10% na acidez titulável, em resposta a redução do suprimento de nitrogênio. Dessa forma, as doses de 214 e 150 kg ha⁻¹ nos ambientes com e sem sombreamento, respectivamente, apresentaram os maiores valores de porcentagem de ácido cítrico (0,2323 e 0,2423, com e sem sombreamento, respectivamente) consequentemente, melhor qualidade, com relação a acidez titulável.

5.8.3 Sólidos solúveis

A porcentagem de sólidos solúveis presentes na polpa dos frutos está relacionada ao sabor e é representada pelos °Brix. A maior parte das cultivares de tomate produzem frutos com polpa de °Brix variando de 5,0 a 7,0 (FERREIRA et al., 2006). No presente trabalho, os valores médios foram de 4,89 e 4,93, nos ambientes com e sem sombreamento, respectivamente, indicando que as condições do ambiente dadas às plantas de tomate proporcionaram diferença

no teor de sólidos solúveis (Figura 21 C). Dhillon et al., (1990) afirmam que temperaturas médias elevadas e alta luminosidade aumentam o teor de sólidos solúveis, em razão da maior atividade fotossintética e o maior acúmulo de carboidratos nos frutos.

As diferentes doses de nitrogênio aplicadas alteraram os teores de °Brix encontrados, nos dois ambientes. Os maiores valores encontrados de °Brix foram 5,93 (268 kg ha⁻¹ de N) e 6,00 (236 kg ha⁻¹ de N) nos ambientes com e sem sombreamento, respectivamente. As doses de nitrogênio aplicadas a partir dessas apresentaram redução no valor dos teores de °Brix da polpa dos frutos de tomate. No trabalho desenvolvido por Anaç et al. (1994), com aplicação de nitrogênio, os valores de sólidos solúveis foram constantes até a taxa de 240 kg ha⁻¹, após essa dose, observou-se redução de °Brix. Nesse mesmo estudo, a utilização de nitrogênio conferiu menor valor desta variável (5,84) quando comparado com o presente trabalho (Figura 21 C).

O nitrogênio desempenha um importante papel na biossíntese de açúcares nas folhas, os quais são translocados para os frutos, podendo aumentar a concentração de sólidos solúveis destes (FERREIRA et al., 2006). Além de efeitos genéticos, outros fatores, como a temperatura, água, adubação e luz, determinam o nível de fotossíntese da planta, e, conseqüentemente, a quantidade de açúcares e matéria seca para os frutos (PIERRO, 2002). Para frutos de tomate que são utilizados em processamento, o aumento no teor de sólidos solúveis tem grande influência sobre o rendimento industrial, pois quanto maior o °Brix, maior é o rendimento e menor é o gasto de energia para a concentração da polpa (SILVA e GIORDANO, 2000).

5.7.4 Sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT)

Com base nos resultados encontrados nas variáveis teor de sólidos solúveis e a acidez titulável, calcula-se a relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) (Figura 21 D). De acordo com Jones Júnior (1999), quanto maiores a acidez e o teor de açúcares, melhor será o sabor do tomate. Para Kader et al. (1978), frutos de alta qualidade devem apresentar relação SS/AT maior que 10. Alto valor na relação SS/AT indica uma excelente combinação de açúcar e ácido, que se relacionam com o sabor suave, enquanto que os valores baixos se relacionam com ácido e pior sabor dos frutos (PACHECO et al., 1997).

A Figura 21 D, que apresenta a relação SS/AT, demonstra que a dose com 245 kg ha⁻¹ de N apresentou o valor da relação de 25,5882, no ambiente com sombreamento e no ambiente sem sombreamento a dose de 194 kg há⁻¹ de N apresentou o valor de 24,7661. E, os menores valores encontrados da relação SS/AT foram 15,5743 e 16,4312, nos ambientes com e sem sombreamento, respectivamente e, nos tratamentos sem aplicação de nitrogênio.

Demonstrando, desta forma que, com o aumento da dose de nitrogênio aplicada, ocorre um crescimento na relação SS/AT. Estes resultados corroboram com os encontrados por Kobryn & Hallmann (2005), onde houve aumento desta relação quando se elevou as doses de nitrogênio.

Os resultados encontrados demonstram que as doses de nitrogênio e nos dois ambientes foram produzidos frutos com qualidade adequada devido os seus valores serem acima de 10. Assim como para a acidez e para o teor de sólidos solúveis, a diferença da relação SS/AT dos frutos pode ser influenciada pelas cultivares, estádios de maturação, manejo, fertilização, irrigação e composição do solo (FELTRIN et al., 2002).

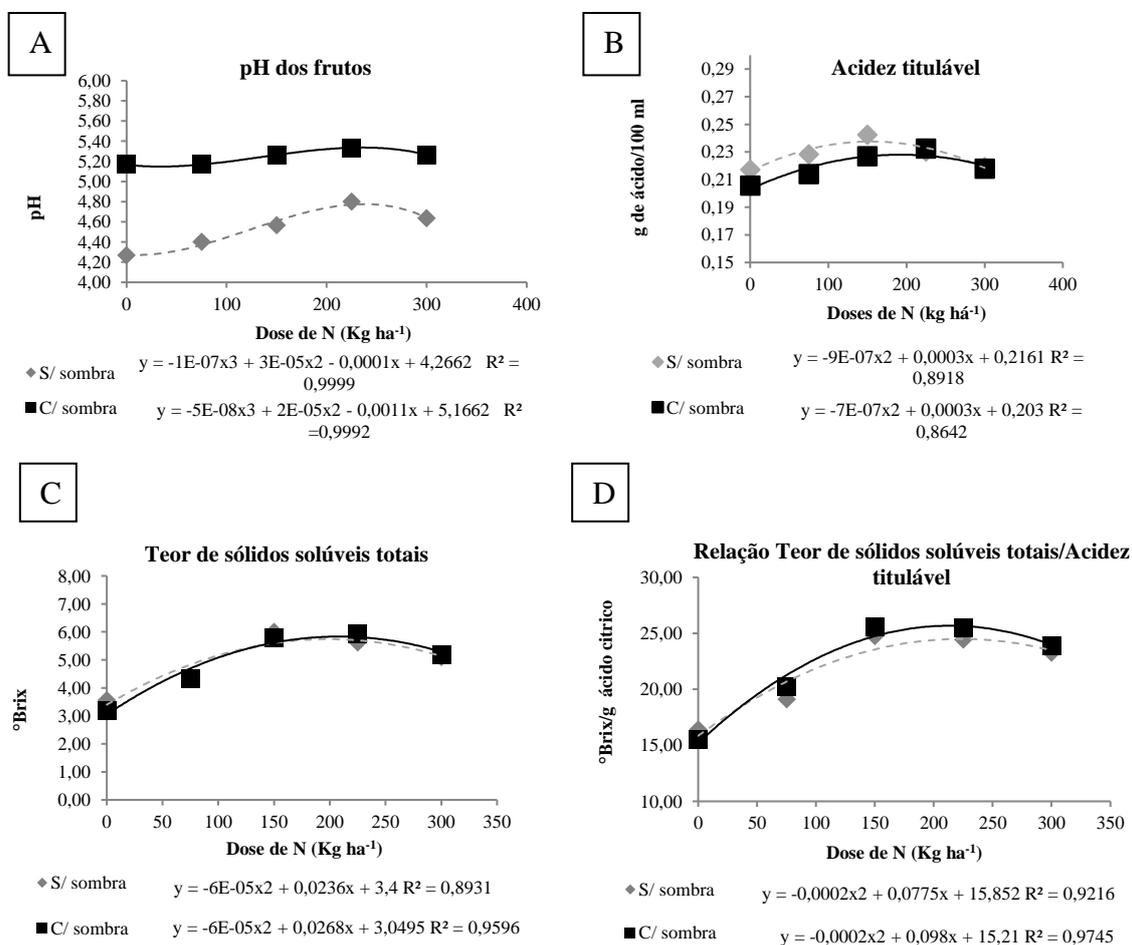


Figura 21 – Avaliação do pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e relação SS/AT dos frutos quando submetidos a crescentes doses de nitrogênio em dois ambientes (com sombreamento e sem sombreamento). Santa Maria, RS, 2017.

6 CONCLUSÃO

Dos parâmetros avaliados na cultura do tomate verificou-se que a produtividade e a qualidade dos frutos responderam satisfatoriamente até a dose de 225 kg há⁻¹ de N nos dois ambientes (com e sem sombreamento), 50% a mais da dose recomendada de acordo com a análise de solo e recomendação para a cultura. As doses anteriores a essa (0, 75 e 150 kg ha⁻¹ de N) e subsequente a essa (300 kg ha⁻¹ de N), apresentaram menor crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos.

A ambiente sem tela de sombreamento preta 50% condicionou melhor desempenho agrônômico para o tomateiro cultivado em ambiente protegido, proporcionando maior produtividade e qualidade dos frutos de tomate comparado ao ambiente sem tela preta 50%.

REFERÊNCIAS

ADAMS, P. Mineral nutrition. In: Atherton, J. G.; Rudich, J. (ed.). *The tomato crop: A scientific basis for improvement*. London/ New York: **Chapman and Hall**, 1986. cap.7, p.281-334.

AGEITEC. Agência Embrapa de Informações tecnológicas. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 22/01/2017.

ALBRIGO, G. Influências ambientais no desenvolvimento de frutos cítricos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS - FISILOGIA, 2., 1992, Bebedouro-SP. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.100-105.

ALVARENGA, M. A. R. Tomate, produção em campo, casa de vegetação e hidroponia: **Origem botânica e descrição da planta**. Lavras-MG, 2013, 455p.

AMAN, S.; RAB, A. Response of tomato to nitrogen levels with or without humic acid. **Sarhad Journal of Agriculture**, v. 29, p. 181-186, 2013.

ANAÇ, D. ERIUCE, N.; KILINÇ, R. Effect of N, P, K fertilizer levels on yield and quality properties of processing tomatões in Turkey. **Acta Horticulturae**, n. 376, p. 243-250. 1994.

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 26-33, 2000. Suplemento.

ARAÚJO, C.; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, C.S.; COELHO, M.B. Critérios para a determinação da dose de nitrogênio a ser aplicada no tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 327-332, 2007.

ARGERICH, C.; TROILO, L. **Manual de buenas prácticas Agrícolas en la cadena de tomate**: Aspectos fisiológicos del cultivo de tomate, Buenos Aires – ARG, 2011, 262p.

ASHKEY, D.A.; DOS, B.D.; VENNETT, O.L. A method of determining leaf area in cotton. **Agronomy Journal**, Madison, v.25, p.484-585, 1963.

ATARASSI, R. T. Modelagem do balanço de energia do dossel da cultura do pimentão em casa de vegetação. ESALQ/USP: Piracicaba, 2004. 70p. **Tese** Doutorado.

BECKMANN, M.Z.; DUARTE, G.R.B.; PAULA, V.A.; MENDEZ, M.E.G.; PEIL, R.M.N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.86-92, jan-fev, 2006.

BÉNARD, C.; GAUTIER, H.; BOURGAUD, F.; GRASSELLY, D.; NAVEZ, B.; CARISVAYRAT, C.; WEISS, M.; GENARD, M. Effect of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugar, acids ascorbate, carotenoids and phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 4112-4123, 2009.

- BOLTON, J.K.; BROWN, R.H. Photosynthesis of grass species differing in carbon dioxide fixation pathways V. Response of panicum maximum, panicum milioides, and tal-fescue (*Festuca arundinacea*) to nitrogen nutrition. **Plant Physiology**, v.66, p. 97-100, 1980.
- BORGOGNONE, D.; COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; REA, E.; SCHWARZ, D. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. **Scientia Horticulturae**, v. 149, p. 61-69, 2013.
- BRICKELL, C.D.; BAUM, B.R.; HETTERSCHEID, W.L.A.; LESLIE, A.C., MCNEILL, J.; TREHANE, P.; VRUGTMAN, F.; WIERSEMA, J.H. International code of nomenclature of cultivated plants. **Acta Horticulturae**, v.647, p.1-123, 2004. <http://www.bgbm.fu-berlin.de/iapt/nomenclature/code/SaintLouis/0001ICSLContents.htm>. (22 outubro 2016).
- BRITTO, D.T.; GLASS, A.D.M.; KRONZUCKER, H.J.; SIDDIQI, M.Y. Cytosolic concentrations and transmembrane fluxes of NH₄⁺/NH₃. An evaluation of recent proposals. **Plant Physiology**, v. 125, p. 523-526, 2001.
- CAMARGO, F. P.; FILHO, W. P. C. (2008). Produção de Tomate de mesa no Brasil, 1990-2006: Contribuição da área e da produtividade. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, p.S1018-S1021.
- CAMPOS, A.R.F. Adubação orgânica e mineral sobre características produtivas do tomateiro cultivar Santa Cruz em ambiente protegido. **Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia**. Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2013.
- CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 281-288, mar. 2002.
- CAMPOS, M.A.A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 281-288, mar. 2002.
- CARRIJO, O. A.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B. DOS; SOUZA, R. B. DE; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**, jan./mar. 2004. v. 22, n. 1.
- CAVICHIOLO, J.C.; RUGGIERO, C.; VOLPE, C.A.; PAULO, E.M.; FAGUNDES, J.L.; KASAI, F.S. Florescimento e frutificação do maracujazeiro-amarelo submetido à iluminação artificial, irrigação e sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.92-96, 2006.
- CERMEÑO, Z.S. **Estufas: Instalação e manejo**. Lisboa: Litexa, 1990. 355p.
- CRAWFORD, N. M., and FORBE, B. J. 2002. Molecular and developmental biology of inorganic nitrogen nutrition. In: **The Arabidopsis Book**, Somerville, C. and Meyerowitz, E. eds. American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, pp. Doi/10.1199/tab.0011, <http://www.aspb.org/publications/arabidopsis/>.
- CRAWFORD, N.M. Nitrate: nutrient and signal for plant growth. **The Plant Cell**, Rockville, v.7, p.859-868, 1995.

CREGAN, P.B.; BERKUM, P. Genetics of nitrogen metabolism and physiological/biochemical selection for increased grain crop productivity. **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v.67, p.97-111, 1984.

DICKISON, W.C. Integrative Pant Anatomy. USA, **Academic Press**. 533p. 2000.

DHILLON, B.S.; SINGH, S.N.; KUNDAL, G.S. Studies on the developmental physiology of guava fruit (*Psodium guajava* L.) II. Biochemical characteres. **Horticultural Journal**, v.27, n.3-4, p.212-221, 1990.

DING, X.; GUO, Y.; NI, T.; KOKOT, S. A novel NIR spectroscopic method for rapid analyses of lycopene, total acid, sugar, phenols and antioxidante activity in dehydrated tomato samples. **Vibrational Spectroscopy**, v. 82, p. 1-9, 2016.

ELIA, A.; CONVERSA, G. Agronomic and physiological responses of tomato crop to nitrogen input. **European Journal of Agronomy**, v. 40, p. 64-74, 2012.

EPSTEIN E., and BLOOM, A.J. (2005). **Mineral Nutrition of Plant: Principles and Perspectives**, 2 nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

FAOSTAT (a) - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAOSTAT (2013) - Produtividade Mundial. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> Acesso em. 20/10/2016.

FAOSTAT (b) - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAOSTAT (2013) – Food Supply. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/609/DesktopDefault.aspx?PageID=609#ancor>>. Acesso em. 20/10/2016.

FELTRIN, D. M.; LOURENÇÃO, A. L.; FURLANI, P. R.; CARVALHO, C. R. L. Efeitos de fontes de potássio na infestação de *Bemisia Tabaci* biótipo B e nas características de frutos de tomateiro sob ambiente protegido. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 1, p. 49-57, 2002.

FERREIRA, D. F. **Sisvar** - sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 1998. 19 p.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v. 57, p. 263-273, 2010.

FERREIRA, M.M.M; FONTES, P.C.R. Índices de nitrogênio nas folhas de tomateiro em função do nitrogênio e da adubação orgânica. **Revista Agro@mbiente**, v. 5, n. 2, p.106- 112, 2011.

FIGUEIREDO, G. Panorama da produção em ambiente protegido. Casa da agricultura, produção em ambiente protegido. 2011. Disponível em: <http://www.asbraer.org.br/arquivos/bibl/56-ca-producao.pdf>. Acesso em: 10 dez 2016.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: Solanáceas II, Tomate: A mais universal das hortaliça**, São Paulo-SP, Campus, 1982.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças** – Viçosa, UFV, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Solanáceas II, Tomate: A hortaliça cosmopolita**, 3ª Edição, Viçosa-MG, Campus, 2008.

FLOSS, Elmar L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. 5ª edição, Passo Fundo, 2011, 734p.

FONTES, P. C.R.; PEREIRA, P. R. G. Nutrição mineral do tomate para mesa In: **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 219, p. 27-34, 2003.

FONTES, P.C.R. Produção de Hortaliças em Ambiente Protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, set/dez. 1999. v.20, n.200/201, p.1-2.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY G. B. (Org.). **Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 40-75, 2004.

GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantia**, v. 56, n. 22, p. 693-714, 1963.

GHANEM, M.E.; MÁRTINEZ-ANDÚJAR, C.; ALBACETE, A.; POSPISILOVÁ, H.; DODD, I.C.; PÉREZ-ALFOCEA, F.; LUTTS, S. Nitrogen forms alters hormonal balance in salt-treated tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 30, p. 144-157, 2011.

GIL PT; FONTES PCR; CECON PR; FERREIRA FA. 2002. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. **Horticultura Brasileira** 20: 611-615.

GIORDANO, L. B.; RIBEIRO, C. S. da Origem botânica e composição química do fruto. In: SILVA, João B. C. da; GIORDANO, L de B. (Org.) Tomate para o processamento industrial. Brasília-DF. Embrapa Hortaliças. **Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia**. p.36-59, 2000.

GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.15, p.163-165, 1997. Palestra. Suplemento.

GUIL-GUERRERO, J.L.; REBOLLOSO-FUENTES, M.M. Nutrient composition and antioxidante activity of eight tomato (*Lycopersicum esculentum*) varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p. 123-129, 2009.

HAQUE, M.M.; HAMID, A.; BHUIYAN, N.I. Nutrient uptake and productivity as affected nitrogen and potassium application levels in maize/sweet potato inntercropping system. Korean **Journal of Crop Science**, v. 46, p. 1-5, 2001.

HARVEY, M.; QUILLEY, S.; BEYNON, H. Exploring the tomato: transformations of nature, society and economy. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2002. 324p.

HERNÁNDEZ SUÁREZ, M.H.; RODRÍGUEZ, E.M.R.; ROMERO, C.D. Mineral and trace element concentrations in cultivars of tomato. **Food Chemistry**, v. 104, p. 489-499, 2007.

HUETT, D.O.; DETTMANN, E.B. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 28, p. 391-399, 1988.

HUPPE, H.C., TURPIN, D.H. Integration of carbon and nitrogen metabolism in plant and algal cells. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.45, p.577-607, 1994.

IBGE (b) - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFICA E ESTATÍSTICA. Relatório da produção de lavouras temporárias dos anos 2008 a 2010. Disponível em: <
http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/lista_tema.aspx?op=0&no=1> Acesso em: 10/10/2016.

IBGE - Banco de Dados Agregados. Disponível em:
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1618&z=t&o=26&i=P>.
Acesso em: 03 de dez. de 2016.

IBGE – Levantamento Sistemático da produção Agrícola. Disponível em:
[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemático_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Comentarios/lspa_201501comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemático_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201501comentarios.pdf). Acesso em: 02 nov. 2016.

IGLESIAS, M.J.; GARCÍA-LÓPEZ, J.; COLLADOS-LUJÁN, J.F.; LÓPEZ-ORTIZ, F.; DÍAZ, M.; TORESANO, F.; CAMACHO, F. Differential response to environmental and nutritional factors of high-quality tomato varieties. **Food Chemistry**, v. 176, p. 278-287, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. Volume 1. 3. ed., São Paulo, 2008. 533p.

JONES JÚNIOR JB. 1999. *Tomato plant culture: in the field, greenhouse and home garden*. Florida: CRC Press. 199p.

KADER, A. A. Postharvest technology of horticultural crops. Davis: **University of California**. p.535, 2002.

KANISZEWSKI, S., ELKNER, K., RUMPEL, J. Effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield nitrogen status in plants and quality of fruits of direct seeded tomatoes. **Acta Horticulturae**, n. 200, p. 195-202, 1987.

KANISZEWSKI, S., RUMPEL, J. The effect of nitrogen fertilization on the yield, nutrient status and quality of tomatoes under single and multiple harvest. **Biul Warzyw**. Supplement, p. 19-29. 1983.

KOBRYŃ, J.; HALLMANN, E. The Effect of Nitrogen Fertilization on the Quality of Three Tomato Types Cultivated on Rockwool. **Acta Horticulturae**. v.691, p.56-58, 2005.

KROSS, R.K.; CAVALCANTI MARTA, M.E.R.M.; BRAGA, E.M. Influência da epiderme do tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) na transferência de massa durante o tratamento

osmótico. Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos (SLACA), 4. Campinas, **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2001.

KUMAR, M.; MEENA, M.L.; KUMAR, S.; MAJI, S.; KUMAR, D. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on the growth, yield and quality of tomato var. Azad t-6. **The Asian Journal of Horticulture**, v. 8, p. 616-619, 2013.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora RIMA, 2000. 531 p.

LARSSON, C.M., INGEMARSSON, B. Molecular aspects of nitrate uptake in higher plants. In: WRAY, J.L., KINGHORN, J.R. Molecular and genetics aspects of nitrate assimilation. **Oxford: Oxford Science**, 1989. Chapt.1. p.3-14.

LIMA JUNIOR, E.C.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; VIEIRA, C.V.; BRASBOSA, J.P.R.A.D. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. Submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.1, p.33-41, 2006.

LOOMIS, R. S., and CONNOR, D. J. (1992). **Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems**. Cambridge University Press, Cambridge.

LOPES MC; STRIPARI PC. 1998. A cultura do tomateiro. In: GOTO R; TIVELLI SW (ed). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP. p. 257-319.

LOURES, J.L.; FONTES, P.C.R.; SEDIYAMA, M.A.N.; CASALI, V.W.D.; CARDOSO, A.A. Produção e teores de nutrientes no tomateiro cultivado em substrato contendo esterco de suínos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, p.50- 55, 1998.

MAIA, S. C. M. Uso do clorofilômetro portátil na determinação da adubação nitrogenada de cobertura em cultivares de feijoeiro. 2011. 86 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia)– Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas forrageiras. In: Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo**, 1986, p. 31-91.

MANRIQUE, L.A. Greenhouse crops: reviews. **Journal of Plant Nutrition**, v. 16, p. 2411-2477, 1993.

MAPA. **Tomate**, 2015. Disponível em:
<[http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_tomate_mar_2015\[1\].pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/images/documentos/perfil_tomate_mar_2015[1].pdf)>
Acesso em: 02 nov. 2016.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005, 451 p.

MARSCHNER, H.(1995) **Mineral Nutrition of Higher Plants**, 2 nd ed. Academic Press, London.

MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; GHANEM, M.E.; ALBACETE, A.; PÉREZ-ALFOCEA, F. Response to nitrate/ammonium nutrition of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants overexpressing a prokaryotic NH₄⁺ - dependente asparagine synthetase. **Journal of Plant Physiology**, v. 170, p. 676-678, 2013.

MARTINS, G.; CASTELLANE, P.D.; VOLPE, C.A. Influência da casa de vegetação nos aspectos climáticos e em época de verão chuvoso. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.12, n.2, p.131-135, 1994.

MEHMOOD, N.; AYUB, G.; ULLAH, I.; AHMAD, N.; NOOR, M.; KHAN, A.M.; AHMAD, S.; SAEED, A.; FARZANA. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars to nitrogen levels. **Pure and Applied Biology**, v. 1, p. 63-67, 2012.

MENGEL, Y.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Berna: International Potash Institute, 1987. 687p.

MORETTI. Protocolos de Avaliação da Qualidade Química e Física de Tomate. **Comunicado Técnico 32**. Brasília, DF, 2006.

NASCIMENTO, E.AL.; OLIVEIRA, L.E.M.; CASTRO, E.M.; DELU FILHO, N.; MESQUITA, A.C.; VIEIRA, C.V. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.852-857, 2005.

NASCIMENTO, J.; FAUSTINO, M. N. dos S.; MENESES, J. A. G.; SILVA, J. V.; SILVA, S. dos S.; CARVALHO, C. M. Crescimento inicial do feijão-de-corda preto sob diferentes condições de sombreamento e adubação nitrogenada. **IV WINOTEC – Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação**. Fortaleza – CE, Brasil, 2012.

NASCIMENTO, T. B. do. **Qualidade do maracujá-amarelo produzido em diferentes épocas no Sul de Minas Gerais**, 1996. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

NAVARRETE, M.; JEANNEQUIN, B.; SEBILLOTTE, M. Vigour of greenhouse tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.): Analysis of the criteria used by growers and search for objective criteria. **Journal of Horticultural Science**, London, v.72, n.5, p.821-829, 1997

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo: Nitrogênio**. Viçosa-MG, p.375-470, 2007.

OAKS, A. (1994). Primary nitrogen assimilation in higher plants and its regulation. **Can. J. Bot.** 72: 739-750.

OAKS, A., HIREL, B. Nitrogen metabolism in roots. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.36, p.345-365, 1985.

OBERLY, A.; KUSHAD, M.; MASIUNAS, J. Nitrogen and tillage effects on the fruit quality and yield of four tomato cultivars. **Journal of Vegetable Crop Production**, v.8, p.65-79, 2002.

- OTONI, B. S. Caracterização e produção de dois híbridos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) cultivados sob diferentes níveis de sombreamento. 2010. 33f. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal no Semiárido) – Curso de Pós-Graduação em Universidade Estadual de Montes Claros. Janaúba, MG, 2010.
- PACHECO, M. A. S. R.; FONSECA, Y. S. K.; DIAS, H. G. G.; CÂNDIDO, V. L. P.; PAZINATO, B. C. ; GALHARDO, R. C. Processamento artesanal do tomate. 2ª impressão. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1997. 30 p.
- PAIVA, N. C. de. Produção de hortaliças em ambiente protegido/ Milton César de Paiva, Cuiabá: SEBRAE/MT, 1998. 85 p. (**Coleção Agroindústria**, v. 18).
- PAPADOPOULOS, A. P. Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. **Ottawa: Agriculture Canada Publication**, 1991. 79p.
- PORTO, J. S. Fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade de tomate híbrido Silvety. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós Graduação em Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista, BA, 2013.
- PASSAM, H.C.; KARAPANOS, I.C.; BEBELI, P.J.; SAVVAS, D. A review of recente research on tomato nutrition, breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 1, p. 1-21, 2007.
- PERALTA, I.E.W.; SPOONER, D.M. Granule-bound starch synthetase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill) Wettst. Subsection *Lycopersicon*). **American Journal of Botany**, v.88, p.1888-1902, 2001.
- PERALTA, I.E.; KNAPP, S.; SPOONER, D.M. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. **TGC Report**, v.56, p.6-12, 2006. <http://tgc.ifas.ufl.edu/vol56/html/vol56featr.htm> (22 outubro 2016).
- PEZZOPANE, J.E.M; PEDRO JR, M.J.; ORTOLANI, A.A. Modificações microclimáticas provocadas por estufas com cobertura plástica. **Bragantia**, v.54, p. 419-425, 1995.
- PIERRÔ, A. Gosto Bom. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, n.14, p.10-12, 2002.
- RADIN, B. ; BERGAMASCHI, H.; REISSER JUNIOR, C.; BARNI, N. A.; MATZENAUER, R. DIDONÉ, I. A. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, set. 2003.v. 38, n. 9, p. 1017-1023.
- RAJAPAKSE, N. C.; SHAHAK, Y. Light quality manipulation by horticulture industry. In: Whitelam, G. C.; HALLIDAY, K. J. **Light and Plant Development**, Leicester, 2007. p. 290-312.
- RASMUSSEN, G.K. et al. The organic acid content of Valencia oranges from four location in the United States. **Proceedings of the American Society Horticultural Science**, Alexandria, v.89, p.206-210, 1966.

REIS, L. S.; SOUZA, J. L.; AZEVEDO, C. A. V. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.289-296, 2009.

RIGUI, C. A.; BERNARDES, M. S. A. Disponibilidade de energia radiante em um sistema agroflorestal com seringueiras: Produtividade do feijoeiro, **Bragantia**, v.67, p.533-540, 2008.

RITZINGER, R.; MANICA, I.; RIBOLDI, J. Efeito do espaçamento e da época de colheita sobre a qualidade do maracujá-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.241-245. 1989.

ROCHA, R. C. Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro. 2007. 90f. **Tese** (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação Agronomia – Horticultura, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007.

RODRIGUES, 2015. Agricultura protegida: cooperação prevê avanços tecnológicos no cultivo protegido de hortaliças. Hortaliças em Revista. **EMBRAPA HORTALIÇAS**. Ano IV, nº 17, set-2015.

RONCHI, C. P.; FONTES P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; NUNES, J. C. S.; MARTINEZ, H. E. P. Índices de nitrogênio e de crescimento do tomateiro em solo e solução nutritiva. *Revista Ceres*, v. 48, p.469-484, 2001.

RUDICH, J., GEIZENBERG, C., GERA, G., KALMAR, D., HOVEL, S. Drip irrigation of late seeded tomato for processing. **Acta Horticulturae**, n. 89, p.59-68. 1979.

SAINJU, U.S.; DRIS, R.; SINGH, B. Mineral nutrition of tomato. **Food Agriculture and Environment**, v. 1, p.. 176-183, 2003

SANTI, A. Produção de tomate m substratos e em níveis de sombreamento em Tangara da Serra/MT. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical) – Curso de Pós graduação em Agricultura Tropical. Cuiabá. MT, 2014.

SANTOS, F.F.B. Obtenção e seleção de híbridos de tomate visando à resistência ao *Tomato yellow vein streak virus* (TOYVSV). 2009. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônômico, Campinas, SP.

SCAIFE, A.; BAR-YOSEF, B. **Nutrient and fertilizer management in field grown vegetables**. Basel: International Potash Institute, 1995. 104p. (IPI. Bulletin, 13).

SCALON, S. de P.Q. et al. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, 2001.

SCHWARZ K; RESENDE JTV; PRECZENHAK AP; PAULA JT; FARIA MV; DIAS DM. 2013. Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira** 31: 410-418.

SEGATTO, F.B.; BISOGNIN, D.A.; BENEDETTI, M.; COSTA, L.C.; RAMPELOTTO, M.V.; NICOLOSO, F.T. Técnica para o estudo da anatomia da epiderme foliar de batata. **Revista Ciência Rural**, v.34, n.5, set-out, 2004, p.1597

SILVA, C.R.; VASCONCELOS, C.S.; SILVA, V.J.; SOUSA, L.B.; SANCHES, M.C. Crescimento de mudas de tomateiro com diferentes telas de sombreamento. **Supplement**. Uberlândia, v.29, p.1415-1420, nov. 2013.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. Tomate para processamento industrial. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, p.8-11, 2000.

SIMS W.L. History of tomato production for industry around the world. **Acta Horticulturae**, vol.100, p.25-26, 1980.

SJOSTROM, G.; ROSA, J. F. L. Estudo sobre as características físicas e comparação química do maracujá-amarelo, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. cultivado no município de Entre Rios, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4., 1977, Salvador. **Anais...** Caçador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1978. p.265-73.

SOUZA, J.A.R.; MOREIRA, D.A. Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento preliminar da água residuária da suinocultura. **Engenharia Ambiental**, v. 7, p. 152-165, 2010.

SPOONER, D.M.; HETTERSCHEID, W.L.A.; VAN DEN BERG, R.G.; BRANDENBURG, W. Plant nomenclature and taxonomy: an horticultural and agronomic perspective. **Horticultural Review**, v.28, p.1-60, 2003.
http://media.wiley.com/product_data/excerpt/22/04712154/0471215422.pdf. (15 novembro 2016).

STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; ANDRIOLO, J.L.; SANDRI, M.A. Influência da densidade de plantas e da poda apical drástica na produtividade do tomateiro em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.1105-1112, 1998.

SWIADER JM; MOORE A. 2002. SPADchlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. **Journal of Plant Nutrition** 25: 1089-1100.

TAIZ, Lincoln & ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 4ª edição, Porto Alegre, p. 317-339, 2009.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L M. **Solos e fertilidade do solo**. São Paulo, 718p., 2007.

WARNOCK, S.J. A review of taxonomy and phylogeny of genus *Lycopersicon*. **HortScience**, Alexandria, v.23, n.4, p.669-673, 1988.

WILLIAMS, J.W., SISTRUNK, W.A. Effect of cultivar, irrigation, etephon and harvest date on the yield and quality of processing tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 104, n.4, p. 435-439. 1979.

WILLIAMS, L. E.; MILLER, A.J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogen solutes. **Plant Molecular Biology**, v.52, p.659-688, 2001.

WITTWER, S.H.; CASTILLHA, N. Protected cultivation of horticultural crops worldwide. **HortTechnology**, Barking, v.5, n.5, p. 6-23, Jan. 1995.

YRISARRY, J.J.B., LOSADA, M.H.P., RINCON, A.R. del. Response of processing tomato to three different levels of water and nitrogen applications. **Acta Horticulturae**, n. 355, p. 149-156, 1993.