

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA
AGR 99006 – DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Lucas Casara Teixeira
00249286**

*Cultivo de tomate italiano em sistema hidropônico tipo NFT em diferentes concentrações
da solução nutritiva*

PORTO ALEGRE, Setembro de 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA

**Cultivo de tomate italiano em sistema hidropônico tipo NFT em diferentes
concentrações da solução nutritiva**

Lucas Casara Teixeira

00249286

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito para obtenção do Grau de Engenheiro
Agrônomo, Faculdade de Agronomia, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de campo do Estágio: Eng. Agrônomo Denilson Lerin

Orientador Acadêmico do Estágio: Prof.^a Dra. Tatiana da Silva Duarte

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Pedro Selbach - Departamento de Solos (Coordenador)

Prof. Alberto Inda Jr. - Departamento de Solos

Prof. Alexandre Kessler - Departamento de Zootecnia

Profa. Carine Simione - Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia

Prof. Itamar Cristiano Nava - Departamento de Plantas de Lavoura

Prof. José Antônio Martinelli - Departamento de Fitossanidade

Prof. Sérgio Tomasini - Departamento de Horticultura e Silvicultura

PORTO ALEGRE, Setembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade dessa existência e, mais especificamente, por me permitir realizar o sonho de estudar Agronomia.

Aos meus pais, Zélio e Isabel, por todo o apoio emocional e financeiro e pela compreensão com a distância e a ausência que se fizeram necessárias.

Ao meu irmão Leonel, por sempre me incentivar e pelas trocas de ideias que me auxiliaram muito nos momentos de indecisão.

Aos colegas da turma 2015/1, meus irmãos de Porto Alegre, por terem sempre contribuído muito comigo e aturado tanta piada ruim. Sou muito feliz em fazer parte dessa turma.

Aos espíritos amigos que sem dúvida trabalham pelo nosso êxito.

À prima Manu por me auxiliar muito e dividir o apartamento no começo da vida na capital.

À tia Gringa e à tia Maria por sempre se demonstrarem dispostas a ajudar.

Ao Iuri Schwaab pela atenção e companheirismo.

Ao Guilherme Castilhos pela parceria das viagens, me ajudando, carregando um monte de coisa, amostra de solo, pinhão, etc.

Ao Denilson e à Casa do Tomate pela oportunidade do estágio.

À professora Tatiana pela paciência, ensinamentos e dedicação na realização deste trabalho.

Ao GPEP, onde tive a satisfação de trabalhar e aprender muita coisa.

Também agradeço à comunidade da Faculdade de Agronomia da UFRGS em geral, amigos de outros semestres, professores e funcionários por terem me acolhido durante esses cinco anos.

A todos que de uma forma ou outra contribuíram nesta jornada,

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O presente trabalho tem por base as atividades conduzidas no estágio curricular obrigatório realizado na Casa do Tomate, localizada no município de Bento Gonçalves/RS. Os objetivos foram aquisição de experiências com experimentação agrícola, sistemas de cultivo sem solo e manejo da cultura do tomate. Foi realizada a instalação e condução de um experimento que visou avaliar a produção de tomate San Marzano no período verão-outono em sistema hidropônico tipo NFT sob duas concentrações de nutrientes na solução nutritiva. Os resultados obtidos indicaram um maior desenvolvimento vegetativo das plantas quando em menores concentrações da solução nutritiva, o que não se traduziu em maior produção de frutos nas condições ambientais do presente estudo.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1: Condutividade elétrica da solução nutritiva obtida para os tratamentos A (100%) e B (125%) ao longo do ciclo de cultivo de tomate cultivar San Marzano em sistema hidropônico NFT no interior de estufa agrícola em Bento Gonçalves (RS), de janeiro a julho de 2019.27
- Tabela 2: Desempenho do cultivar de tomateiro San Marzano nos tratamentos A (100%) e B (125%) de concentração de solução nutritiva adaptada de Hochmuth & Hochmuth (1990), conduzido em sistema hidropônico NFT no interior de estufa agrícola em Bento Gonçalves (RS), de janeiro a julho de 2019. 33
- Tabela 3: Consumo total de água e nutrientes por planta de tomate San Marzano nos tratamentos A (100%) e B (125%) de concentração da solução nutritiva adaptada de Hochmuth & Hochmuth (1990), conduzido em sistema hidropônico NFT no interior de estufa agrícola em Bento Gonçalves (RS), de janeiro a julho de 2019. 34

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Imagem aérea da Casa do Tomate, Bento Gonçalves/RS, 2018..... 12
- Figura 2 - Placa de espuma fenólica já semeada e recoberta com o substrato de vermiculita disposta sobre tela na bancada de produção de mudas. Bento Gonçalves, 2019.25
- Figura 3 - Esquema da montagem de cada tratamento, localizando os blocos e a unidade amostral, apresentando a inclinação dos canais e os espaçamentos entre plantas utilizados. ..26
- Figura 4 - Canal de cultivo construído em madeira e filme de polietileno já com a presença das mudas. Bento Gonçalves, 2019.26

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIOECONÔMICO DA REGIÃO E DE BENTO GONÇALVES/RS	9
2.1 Localização	9
2.1 Clima	9
2.2 Solos	10
2.4 Aspectos socioeconômicos	10
3. CARACTERIZAÇÃO DA CASA DO TOMATE	11
4. REFERENCIAL TEÓRICO	12
4.1 A cultura do tomateiro	12
4.1.1 Exigências climáticas	13
4.1.2 Tomate grupo saladete ou italiano	14
4.1.3 Condução e manejo do tomateiro em ambiente protegido	14
4.2 Sistemas de cultivos sem solo	16
4.2.1 Hidroponia em NFT (Nutritional film technical)	17
4.2.2 Produção de mudas para cultivo hidropônico	18
4.2.3 Soluções nutritivas para cultivo hidropônico	19
4.2.3.1 Qualidade da água	19
4.2.3.2 Preparo da solução nutritiva	20
4.2.3.3 Manejo da solução nutritiva	21
4.2.3.4 Efeitos da concentração da solução nutritiva	22
5. ATIVIDADES REALIZADAS	24
5.1 Condução do experimento	24
5.2 Avaliações	29
5.3 Outras atividades	30
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
APÊNDICES	39
ANEXO	44

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro é uma hortaliça de extrema importância, tanto para a economia do país, quanto como componente em destaque da dieta do brasileiro. Segundo CONAB (2018), esta é a única hortaliça ofertada em todos os mercados atacadistas do Brasil e, de acordo com IBGE (2011), o brasileiro consome em média 6,5 g de tomate por dia, sendo a hortaliça mais consumida no país. Alvarenga (2017) afirma que a preferência pelo tomate se deve a fatores como facilidade de preparo, aparência, sabor, aroma, textura, presença de substâncias antioxidantes, vitaminas e minerais.

O Brasil está entre os 10 países que mais produzem tomate no mundo (FAO, 2017), alcançando cerca de 4,2 milhões de toneladas no ano de 2017 (FAO, 2017). O estado do Rio Grande do Sul é responsável por produzir cerca de 3% deste montante, com aproximadamente 120 mil toneladas anuais (IBGE, 2017b) (detalhes no Apêndice A). A região da Serra Gaúcha é um importante polo produtor de tomate no estado (COREDE, 2015), onde se destaca a importância da característica fundiária, composta por pequenas propriedades (IBGE, 2017a).

O cultivo em ambiente protegido possui uma série de vantagens em relação ao cultivo em campo aberto (ANDRIOLO, 1999; ANDRIOLO, 2017), apresentando-se como uma importante ferramenta para produtores familiares. No entanto, cultivos de solo no interior de ambientes protegidos possuem algumas limitações como a multiplicação acelerada de patógenos e pragas de solo, a salinização superficial do solo devido adubações excessivas, ausência de chuvas e alta demanda evaporativa (ANDRIOLO, 1999), entre outros fatores. Neste contexto, sistemas de cultivo sem solo tornam-se alternativas interessantes, sendo que em hidroponia se obtém melhores índices de produção, redução da ocorrência de doenças e produtos de maior qualidade, quando comparado aos cultivos de solo (DUARTE e SANTOS, 2012).

O cultivo de tomate sem solo tornou-se difundido na Serra Gaúcha com a aplicação da técnica do cultivo em substratos com fertirrigação em sistemas abertos, isto é, sem aproveitamento da solução nutritiva lixiviada. Porém, segundo Andriolo (2017), esta técnica apresenta como grandes limitações os custos com desinfecção de recipientes, a aquisição de substrato e o alto consumo de água e nutrientes, bem como o impacto ambiental gerado pela solução nutritiva drenada do sistema, a qual pode levar à eutrofização do solo ou corpos de água. Com isso, o cultivo hidropônico em sistema NFT (*Nutrient Film Technique*) é uma boa alternativa para esta atividade, visto que as limitações já descritas não estão presentes.

A concentração salina da solução nutritiva utilizada em um sistema NFT deve ser ajustada em função de diversos fatores que afetam a taxa de absorção de água e nutrientes, como temperatura e umidade do ar, radiação solar, vento, cultivar, estágio fisiológico, entre outros (ANDRIOLO, 1999; RODRIGUES, 2002). No entanto, para as condições da Serra Gaúcha, não existem recomendações específicas de concentrações de nutrientes na solução nutritiva, o que demonstra a necessidade de estudos com o objetivo de ajustar este parâmetro.

Neste cenário, realizou-se o acompanhamento da pesquisa experimental do mestrando Denilson Lerin, que avaliou a produção de tomate San Marzano no período verão-outono em sistema hidropônico tipo NFT, sob duas concentrações de uma formulação de solução nutritiva adaptada da recomendação de Hochmuth e Hochmuth (1990). As atividades foram conduzidas na empresa Casa do Tomate, localizada no município de Bento Gonçalves/RS, durante o estágio curricular ocorrido entre 02 de janeiro a 02 de março de 2019, totalizando 300 h. Os objetivos foram aquisição de experiências com experimentação agrícola, sistemas de cultivo sem solo e manejo da cultura do tomate.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO E SOCIOECONÔMICO DA REGIÃO E DE BENTO GONÇALVES/RS

2.1 Localização

O município de Bento Gonçalves localiza-se nas coordenadas geográficas 29°10'15"S de latitude e 51°31'08"O de longitude, distante aproximadamente 100 km de Porto Alegre e a sua altitude é de 691 m. Pertence à Mesorregião Nordeste e localiza-se na Microrregião de Caxias do Sul. A área territorial do município é de 381.96 km² e os municípios limítrofes são: Veranópolis, Pinto Bandeira, Farroupilha, Garibaldi, Santa Tereza, Monte Belo do Sul e Cotiporã (CNM, 2019).

2.1 Clima

A região de Bento Gonçalves possui classificação climática de Köppen como clima temperado quente (Cfb), com precipitações anuais entre 1600 e 1700 mm de boa distribuição ao longo do ano. As temperaturas médias anual, do mês mais quente e do mês mais frio são de 17,3; 21,9; e 12,9 °C, respectivamente (ATLAS, 2012). De acordo com EMBRAPA (2004), o risco de ocorrência de geadas no mês de julho é de 50% e 60% para os municípios de

Farroupilha e Caxias do Sul, respectivamente, os quais pertencem à mesma região que Bento Gonçalves.

2.2 Solos

O município de Bento Gonçalves situa-se na região fisiográfica da Encosta Superior do Nordeste. De acordo com Streck et al. (2008), a região é caracterizada por um relevo ondulado a forte ondulado, altitudes de 500 a 900 m e solos desenvolvidos a partir de rochas efusivas ácidas. Podem ser encontradas as seguintes classes de solo, predominantemente: Argissolos, Neossolos, Cambissolos e Nitossolos.

Os Argissolos são geralmente profundos a muito profundos, imperfeitamente ou bem drenados e possuem horizonte B textural; os Neossolos são pouco profundos, geralmente com restrições ao uso agrícola ou passíveis ao cultivo de culturas anuais, desde que medidas de conservação sejam adotadas adequadamente; os Cambissolos são solos em processo de transformação, com profundidade e drenagem variáveis e de aptidão para uso agrícola em função das condições de relevo; os Nitossolos são profundos, apresentam horizonte B nítico e boas características físicas, sendo de alta aptidão a cultivos anuais (STRECK et al., 2008).

2.4 Aspectos socioeconômicos

O município de Bento Gonçalves pertence ao Conselho Regional de Desenvolvimento da Serra (COREDE Serra), do qual fazem parte 32 municípios, contendo uma população de 942.462 habitantes no ano de 2017 (FEE, [2019?]¹). A população estimada para 2019 no município de Bento Gonçalves é de 120.454 habitantes (IBGE, [2019?]), sendo o PIB municipal de R\$ 5,4 bilhões (IBGE, 2016) e o PIB *per capita* de R\$ 47.657,58 (IBGE, [2019?]).

Conforme dados da Prefeitura de Bento Gonçalves [2018?], as principais atividades econômicas do município são a indústria, o comércio e serviços, sem citar a atividade agropecuária. Conforme dados do IBGE (2016), a agropecuária é responsável por 2 % do PIB do município de Bento Gonçalves. É necessário destacar que grande parte da atividade agropecuária do município de Bento Gonçalves abastece os demais setores, especialmente o mercado de vinhos e sucos de uva. Notadamente, Bento Gonçalves é considerada a Capital

¹ Ano provável de publicação do documento indicado entre colchetes e seguido de interrogação.

Nacional da Uva e do Vinho, com 4.830 ha de parreirais, 60 vinícolas registradas e eventuais premiações internacionais pela qualidade dos produtos derivados da uva, especialmente espumantes. Este fato torna o município um importante destino de turistas que visitam o estado do Rio Grande do Sul. Neste contexto, indiretamente a agropecuária é essencial na economia local.

De maneira geral, a atividade agropecuária é caracterizada por uma alta diversificação de culturas, sendo listados 20 cultivos importantes entre frutíferas e hortaliças pela Prefeitura de Bento Gonçalves [2018?], distribuídos em 1.133 estabelecimentos agropecuários com área média de 12,6 ha (IBGE, 2017). No caso específico da cultura do tomate, são registrados 50 ha em cultivo que são conduzidos por 170 produtores, alcançando uma produtividade estimada de 50.000 kg ha⁻¹ (PREFEITURA DE BENTO GONÇALVES, [2018?]).

3. CARACTERIZAÇÃO DA CASA DO TOMATE

A Casa do Tomate trabalha com produtos naturais derivados de tomate italiano. Foi fundada no ano de 2005, iniciando com apenas cinco produtos e alcançando, atualmente, mais de 100 variedades diferentes como molhos, pestos, geleias, etc. Localiza-se na Linha Santo Antônio, localização geográfica 29°10'44,2"S de latitude e 51°26'59,1"O de longitude, pertencendo ao Roteiro Cultural Caminhos de Pedra, no município de Bento Gonçalves/RS. A empresa recebe dezenas de turistas diariamente, tendo por objetivo resgatar e divulgar a cultura e culinária italiana trazida pelos imigrantes no final do século XIX, além de contribuir com uma alimentação de maior qualidade para os consumidores.

Todas as etapas da produção são conduzidas na empresa, desde o cultivo de tomateiro, processamento dos frutos, até a comercialização direta ao consumidor. A Figura 1 apresenta a imagem aérea da empresa, onde estão discriminados: (1) casa de bombas; (2) estufa agrícola; (3) agroindústria; (4) loja; e (5) poço artesiano. Devido ao fato de as atividades do estágio terem se concentrado na produção de tomate, somente as estruturas envolvidas nesta etapa serão descritas.

A estufa agrícola, modelo em arco, em aço galvanizado, contém as dimensões de 10 m de largura, 27 m de comprimento e 3,3 m de pé direito. É disposta no sentido Leste-Oeste, possui cobertura plástica de filme de polietileno de baixa densidade (150 µm), antecâmara, tela antiafídeo e solo nivelado coberto por ráfia plástica tipo carijó.

A casa de bombas localiza-se ao lado da estufa, em uma cota 2 m inferior no terreno. O telhado é forrado por manta asfáltica e a casa é sombreada pela copa de árvores, o que

contribui para manter a temperatura mais baixa em seu interior. A casa de bombas conta com rede elétrica trifásica, gerador de energia elétrica diesel para eventos de queda de luz, tanque de 5 m³ para armazenamento de água e equipamentos para compor, armazenar e bombear a solução nutritiva.

Figura 1 - Imagem aérea da Casa do Tomate, Bento Gonçalves/RS, 2018.



Legenda: (1) casa de bombas; (2) estufa agrícola; (3) agroindústria; (4) loja; e (5) poço artesiano. Fonte: adaptado de Google Earth, 2019.

Quanto ao poço artesiano, cabe trazer informações referentes à qualidade da água (Apêndice B), apresentando ausência de coliformes totais e metais pesados, pH elevado (7,11) e baixa dureza (40 mg L⁻¹).

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A cultura do tomateiro

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) pertencente à família Solanaceae, é originário da região andina na América do Sul, compreendendo desde o Norte do Chile até o Equador. Foi domesticado no México e introduzido na Europa durante o século XVI, chegando ao Brasil somente no século XIX por meio de imigrantes europeus (ESQUINAS-ALCAZAR e NUEZ, 1995; ALVARENGA, 2017).

Apesar de ser cultivada como anual, o tomateiro é uma planta perene. Possui porte arbustivo, desenvolvendo-se de forma rasteira, semiereta ou ereta. Apresenta caule herbáceo, fotossintetizante e repleto de pelos. As folhas são compostas, distribuídas de forma alternada e

também possuem pelos (CHAMARRO LAPUERTA, 1995; ALVARENGA, 2017). As inflorescências são do tipo racemo e podem conter de 6 a 30 flores, dependendo do genótipo (FONTES, 2005). A taxa de fecundação cruzada é muito baixa, caracterizando o tomateiro como planta autógama. O fruto é do tipo baga, contém de dois a inúmeros lóculos e a massa do fruto varia entre 5 e 500 g (CHAMARRO LAPUERTA, 1995; ALVARENGA, 2017).

A planta desenvolve-se em unidades simpodiais, as quais são compostas por três folhas e uma inflorescência, sendo o primeiro cacho floral emitido após oito a doze folhas, dependendo do genótipo (PIOTTO e PERES, 2012). A partir das gemas axilares desenvolvem-se hastes similares ao caule principal. O tomateiro apresenta dois hábitos de crescimento: indeterminado e determinado (CHAMARRO LAPUERTA, 1995; ALVARENGA, 2017).

No crescimento indeterminado ocorre dominância apical, maior desenvolvimento do ramo principal em relação aos demais e unidades fonte e dreno bem definidas, sendo característico da maioria das cultivares para frutos de mesa. No crescimento determinado não existe dominância apical, as unidades simpodiais de fonte e dreno perdem parte da distribuição característica e normalmente cada ramificação apresenta meristema apical reprodutivo (PIOTTO e PERES, 2012; ALVARENGA, 2017). Cultivares com esta característica são utilizadas principalmente para produção de tomate destinado ao processamento industrial (PIOTTO e PERES, 2012).

4.1.1 Exigências climáticas

Alvarenga (2017) detalha as faixas ideais de temperatura para o tomateiro, indicando redução no desenvolvimento da planta e problemas na polinização e pegamento de frutos quando fora dos limites. As temperaturas suportáveis pelo tomateiro ficam entre 10 e 35 °C, sendo que as ótimas situam-se entre 15 e 25 °C na germinação; entre 20 e 25 °C na formação das mudas; entre 18 e 24 °C no florescimento; entre 14 e 17 °C durante a noite e entre 19 e 24 °C durante o dia no pegamento dos frutos; e entre 20 e 24 °C na fase de maturação. Esta temperatura indicada para a maturação é importante para garantir a coloração vermelha típica, isto é, formação adequada do pigmento licopeno.

A iluminação influencia o desenvolvimento do tomateiro, sendo que intensidades luminosas abaixo do ideal podem gerar caules debilitados e de maior estatura, queda de flores ou problemas no desenvolvimento destas, frutos ocos, entre outros efeitos (CHAMARRO LAPUERTA, 1995). O autor afirma ainda que a intensidade da iluminação é mais importante

que a integral de luz fornecida, sendo que Andriolo (1999) destaca que o valor mínimo de radiação total diária para a sobrevivência do tomateiro é de $8,4 \text{ MJ m}^{-2}$ (limite trófico). O fotoperíodo possui efeito nulo ou muito baixo sobre a floração e frutificação (CHAMARRO LAPUERTA, 1995).

Nas condições do Rio Grande do Sul a produção de tomate é restringida pelas baixas temperaturas e, principalmente, pela radiação solar insuficiente durante os meses de maio, junho e julho (DUARTE e SANTOS, 2012). Andriolo (1999) apresenta dados médios de 14 anos na região de Santa Maria/RS, demonstrando que a radiação solar disponível é inferior ao limite trófico durante os meses de junho e julho, enquanto que Beckmann et al. (2005) definiram que a radiação solar é limitante à produção de tomate a partir do final do outono na região de Pelotas/RS. Duarte e Santos (2012) ainda destacam que as temperaturas elevadas do verão também afetam a produção e a qualidade dos frutos.

4.1.2 Tomate grupo saladete ou italiano

O grupo saladete tem como características frutos alongados, biloculares, parede espessa, sabor adocicado, textura e aroma agradáveis e maturação uniforme. As cultivares desse grupo apresentam excelente qualidade gustativa e podem ser consumidas *in natura* ou em molhos (ALVARENGA, 2017). De acordo com ABCSEM (2009) apud Alvarenga (2017), este grupo representa cerca de 25% do mercado brasileiro.

O cultivar San Marzano, objeto do presente estudo, é de origem italiana e possui como características a polinização aberta, hábito de crescimento indeterminado, cerca de 110 dias de ciclo (ISLA, 2019), plantas vigorosas, ausência de resistência a doenças e os frutos são alongados, ocos e de excelente sabor (TAMISO, 2005). As dimensões dos frutos comerciais são 6 a 8 cm de altura, 3 a 4 cm de diâmetro e apresentando massa fresca entre 60 e 70 g (ISLA, 2019).

4.1.3 Condução e manejo do tomateiro em ambiente protegido

O cultivo em ambiente protegido apresenta uma série de vantagens em relação aos sistemas tradicionais. Andriolo (2017) destaca algumas características importantes destes sistemas como o aumento da umidade do ar, o incremento nas temperaturas máximas e a ausência de efeitos sobre a temperatura mínima. Como principais vantagens, o autor aponta a facilidade no controle de doenças, a redução do uso de produtos químicos, a proteção contra

danos físicos e o crescimento e desenvolvimento precoce das plantas. As principais práticas de cultivo de tomateiro em ambiente protegido serão descritas nos parágrafos seguintes.

O transplante do tomate deve ser feito quando as plantas apresentam quatro ou cinco folhas definitivas, o que normalmente ocorre entre 25 e 30 dias após a semeadura, e os horários menos quentes do dia são preferenciais para esta operação (ALVARENGA, 2017). A densidade de plantas recomendada depende do número de hastes que se pretende utilizar e do hábito de crescimento do cultivar, buscando a maximização da produção sem prejudicar o tamanho dos frutos e o manejo fitossanitário. Duarte e Santos (2012) afirmam que em ambiente protegido podem ser utilizados espaçamentos mais adensados, pois o potencial de desenvolvimento das plantas é superior em função do aumento na radiação solar difusa nesta situação. Alvarenga (2017) apresenta algumas indicações de espaçamentos para cultivares do grupo saladete (italiano) em ambiente protegido, onde o autor recomenda mais fortemente a segunda opção: (a) haste simples: 1 a 1,3 m por 0,3 a 0,4 m; (b) duas hastes: 1 a 1,3 m por 0,5 a 0,7 m; e (c) linhas duplas com haste simples: 1,1 a 1,3 m por 0,4 a 0,5 m por 0,4 a 0,5 m.

O tutoramento pode ser realizado com uso de fitilhos de rafia dispostos na vertical, atados em arames que devem correr sobre as linhas de cultivo, sem esticar muito. A prática garante boa captação de radiação solar, ventilação e a viabilidade dos tratos culturais em geral (DUARTE e SANTOS, 2012; ALVARENGA, 2017).

A desbrota consiste na remoção das brotações laterais e tem por finalidade manter o número de hastes idealizado por planta. Para minimizar o desperdício de fotoassimilados, preconiza-se que a desbrota seja conduzida duas vezes por semana, enquanto os brotos possuem entre 2 e 5 cm (ALVARENGA, 2017). O autor ainda destaca que o procedimento ideal para esta prática é quebrar os brotos com os dedos, pois o uso de lâminas ou das unhas aumenta o risco de contaminação por fitopatógenos.

O tamanho de frutos pode ser incrementado por meio das práticas de capação e raleio de frutos. A capação consiste em eliminar o broto apical, interrompendo o crescimento vertical e limitando o número de cachos por planta. Para o raleio de frutos é definido o número de frutos em cada racemo, sendo que para cultivares do grupo saladete é indicado manter cerca de seis frutos por cacho até o 4.º ou 5.º cacho; e entre quatro a seis frutos nos demais cachos (ALVARENGA, 2017). Duarte e Santos (2012) destacam a importância de proceder o raleio no início do desenvolvimento dos frutos para minimizar o desperdício de fotoassimilados. As folhas situadas abaixo dos cachos já colhidos devem ser removidas com a finalidade de aumentar o arejamento, melhorar o aproveitamento da luz e facilitar o controle de pragas e doenças (ALVARENGA, 2017).

Nas condições de ambiente protegido a movimentação do ar pode ser insuficiente para a vibração das plantas, o que inviabiliza a autopolinização das flores. Portanto se faz necessário desferir a vibração nas plantas de forma manual ou da maneira mais eficiente disponível, preferencialmente nos horários entre 11 e 15h em intervalos de no máximo 48h (RESH, 1992).

4.2 Sistemas de cultivos sem solo

Conforme já discutido, a adoção do cultivo em ambiente protegido é um importante passo a ser dado para o aumento do nível técnico do produtor, o que está de acordo com Andriolo (2017). A próxima etapa da intensificação trata-se do cultivo sem solo, que ocorre quando se pretende, não só uma produção com maior regularidade e qualidade, mas também a fuga de problemas relacionados ao manejo da água, nutrientes, pragas, doenças do solo e a busca por maior ergonomia de trabalho (ANDRIOLO, 2017). Os sistemas de cultivo sem solo podem ser realizados pela técnica do cultivo em substratos com fertirrigação em sistemas abertos ou fechados, isto é, com ou sem aproveitamento da solução nutritiva lixiviada, ou então por meio de sistemas hidropônicos, onde se destaca o tipo NFT (*Nutritional film technical*).

De uma maneira geral, os sistemas de cultivo em substrato são mais rústicos e demandantes de menos cuidados em relação à hidroponia em NFT. A presença do substrato é um elemento muito importante, pois é capaz de armazenar água por certo período de tempo e atenua o aquecimento da solução nutritiva, a qual demanda menos cuidados e a água utilizada pode ser de qualidade inferior (águas duras), especialmente quando se trata de sistemas abertos (ANDRIOLO, 2017). Por outro lado, sistemas hidropônicos tipo NFT são mais versáteis e de instalação mais simples, além de descartarem um volume inferior de solução, o que resulta em um menor impacto ambiental (ANDRIOLO, 2017) e economia de água e fertilizantes (RESH, 1992).

A produtividade e a qualidade dos frutos formados em sistema NFT pode ser superior aos sistemas de fertirrigação. Genúncio et al. (2010) obtiveram uma produção 41 e 64% inferior em sistema fertirrigado em relação ao sistema hidropônico NFT, trabalhando com cultivares de tomate San Marzano e Santa Clara, respectivamente, porém sem encontrar diferença na produção para cultivares tipo cereja. O teor de sólidos solúveis foi superior para as duas primeiras cultivares mencionadas. Os autores afirmam que este resultado se deve à correta concentração de nutrientes na solução e à ausência de interação destes com substratos,

o que está de acordo com Resh (1992), onde este último ainda cita o menor estresse sofrido pela planta na ocasião do transplante como condição favorável ao maior desempenho em NFT.

4.2.1 Hidroponia em NFT (*Nutritional film technical*)

A técnica de cultivo da lâmina de nutrientes (NFT) é a mais utilizada na hidroponia. Consiste na circulação de um filme de solução nutritiva pelo sistema radicular em intervalos pré-determinados (NOGUEIRA FILHO e SANTOS, 2012). O fluxo laminar da solução nutritiva garante que as raízes tenham acesso ao oxigênio necessário (RESH, 1992; RODRIGUES, 2002). A solução nutritiva é armazenada em tanques, de onde é bombeada para a parte superior dos canais, circulando através das raízes e sendo conduzida novamente ao reservatório, constituindo um sistema fechado (NOGUEIRA FILHO e SANTOS, 2012).

Os tanques devem ser construídos preferencialmente de fibra de vidro ou PVC, enterrados e instalados em locais sombreados, objetivando reduzir a temperatura da solução, devendo apresentar cobertura para evitar contaminações. O volume dos reservatórios deve variar entre 500 e 5.000 litros visando evitar o aumento acentuado da temperatura da solução e facilitar o controle do pH e da condutividade elétrica (CE) (RODRIGUES, 2002). Santos (2012) recomenda que o volume dos tanques corresponda a 3 a 4 L por tomateiro.

As bombas de água devem ser instaladas preferencialmente abaixo do reservatório, garantindo que trabalhem escorvadas (afogadas). Isto evita a dependência da instalação de válvulas de pé, as quais são sujeitas a falhas que podem interromper o fornecimento de solução nutritiva para as plantas, podendo levar à perda da produção e danificar a bomba. Recomenda-se a instalação de tubo de retorno ao reservatório (venture) para aumentar o arejamento da solução nutritiva. São utilizados temporizadores para acionar periodicamente o sistema (RODRIGUES, 2002).

Os canais de cultivo devem ser suspensos do solo e apresentar declividade de 1,5 a 2% para a cultura do tomate, segundo Rodrigues (2002), enquanto que Nogueira Filho e Santos (2012) recomendam declividades entre 2 e 4%. Quanto maior for o comprimento dos canais, menor será o teor de oxigênio dissolvido e mais alterada será a composição da solução nutritiva aportada às últimas plantas na linha, sendo indicados comprimentos entre 10 e 20 m. (RODRIGUES, 2002).

A espessura da lâmina de solução nutritiva corrente no interior dos canais é um fator importante para a correta oxigenação e desenvolvimento do sistema radicular. Para tanto, a

vazão da solução nutritiva em cada canal e a largura destes devem estar ajustadas para cada cultura, sendo que o tomateiro exige uma vazão de 2 L min^{-1} (RODRIGUES, 2002) e uma largura de canais de 150 mm (ALVARENGA, 2017). Canais de fundo plano contribuem para a formação de uma lâmina de menor espessura (RODRIGUES, 2002).

4.2.2 Produção de mudas para cultivo hidropônico

A produção de mudas para cultivos hidropônicos apresenta algumas peculiaridades em relação às destinadas aos sistemas tradicionais. O principal elemento a considerar é o substrato ideal, pois o uso de materiais granulares pode levar a entupimentos do sistema circulatório da solução nutritiva, tornando necessária a remoção de todo o substrato das mudas por meio de lavagem do sistema radicular antes do transplante (DUARTE, 2012).

A espuma fenólica é um substrato estéril e de alta capacidade de retenção de água, apresentado em cubos com células pré-marcadas em diversas dimensões. A utilização de espuma fenólica na produção de mudas para hidroponia traz diversas vantagens, como a praticidade em função de dispensar o uso de recipientes e poder permanecer junto à planta quando transplantada para os canais de cultivo (DUARTE, 2012). Segundo Rodrigues (2002), para produção de mudas de tomate, os cubos de espuma fenólica devem possuir 4 cm de lado em todas as dimensões. As sementes devem ser acondicionadas em até 1 cm de profundidade.

O sistema de cultivo inundação e drenagem com solução recirculante é o mais apropriado ao uso de espuma fenólica. As placas de substrato devem ser apoiadas no fundo de um reservatório que preferencialmente possua declive, o qual deve receber uma fina camada de solução nutritiva durante determinado período de tempo, umedecendo o substrato por ascensão capilar (DUARTE, 2012).

Antes da semeadura deve ser realizada a correção do pH da espuma fenólica, pois esta é repleta de ácidos derivados do processo de fabricação. Cubos com até 2 cm de espessura podem ser corrigidos por meio de lavagens sucessivas com água corrente. A solução nutritiva recomendada é equivalente à diluição da formulação indicada para a fase de produção na proporção de 50% com água. No entanto, existem relatos que o tomateiro tolera concentrações iguais às da fase adulta (DUARTE, 2012). À medida que as mudas se desenvolvem, as células devem ser afastadas para reduzir a competição por radiação solar (DUARTE, 2012; RODRIGUES, 2002).

4.2.3 Soluções nutritivas para cultivo hidropônico

A solução nutritiva deve conter todos os nutrientes necessários às plantas, nas concentrações e proporções adequadas, apresentando pH, salinidade, temperatura, teor de oxigênio e outros parâmetros ajustados (RESH, 1992; ANDRIOLO, 2017).

4.2.3.1 Qualidade da água

A qualidade da água é um fator crucial à viabilidade do cultivo hidropônico. É preciso estar ciente das propriedades da água com que se está trabalhando, portanto a análise química e microbiológica é o primeiro passo a ser dado na atividade (RODRIGUES, 2002).

A água é considerada dura quando apresenta altas concentrações de cálcio, magnésio e carbonatos e esta condição indica uma alta resistência em reduzir o pH mediante a aplicação de ácidos. A concentração dos nutrientes na fonte de água deve ser observada, pois as quantidades dos fertilizantes a adicionar devem ser recalculadas se os teores de macro e micronutrientes alcançarem 25 e 50% da quantidade indicada para a solução nutritiva (RESH, 1992; RODRIGUES, 2002).

Alguns compostos prejudiciais podem estar presentes na água de um sistema hidropônico: contaminantes inorgânicos de fontes diversas, como poluição do ar, tratamentos fitossanitários, água contaminada, fertilizantes e material constituinte da instalação; micronutrientes em excesso oriundos da fonte de água ou do próprio sistema hidropônico; o carbono orgânico pode ser encontrado em altas concentrações, sendo originário de exsudatos das plantas, da fonte de água ou deposições de poeira, e serve como fonte energética para microrganismos. Deve ser dada devida atenção à contaminação por microrganismos, pois estes podem ser possíveis causadores de doenças ao consumidor, bem como patógenos às plantas, ou ainda produzirem substâncias fitotóxicas (RODRIGUES, 2002).

O conteúdo de cloreto de sódio indica a salinidade da água que, quando em níveis altos, reduz a absorção de água e interfere na dinâmica de absorção de diversos macro e micronutrientes. O teor de 50 mg L^{-1} é considerado o limite para não prejudicar o desempenho das plantas. Não obstante, o tomateiro é uma planta considerada moderadamente tolerante à salinidade (RESH, 1992; ANDRIOLO, 1999).

4.2.3.2 Preparo da solução nutritiva

Para preparar a solução nutritiva de modo mais prático, é recomendado elaborar soluções estoque, de concentração mais alta que o normal, da qual serão retirados volumes previamente definidos para diluir em água e compor a solução que irá efetivamente circular no sistema, esta última denominada solução básica. Além de eliminar a necessidade da pesagem dos fertilizantes todas as vezes que a reposição de nutrientes for necessária, esta prática ajuda a diluir os erros de medição, especialmente para os micronutrientes, que exigem dosagens muito pequenas e de grande exatidão (RODRIGUES, 2002).

Os fertilizantes deverão ser diluídos nas soluções estoque conforme a compatibilidade, de modo que evite precipitações. A mistura de nitrato de cálcio com fertilizantes contendo sulfatos, com ácido sulfúrico e com os micronutrientes é considerada incompatível por Landis et al. (1989) apud Rodrigues (2002). A indicação geral para composição das soluções estoque é apresentada da seguinte forma: Solução estoque A: metade da dose de nitrato de potássio e as doses totais de nitrato de cálcio, nitrato de amônio, ácido nítrico e quelato de ferro. Solução estoque B: metade da dose de nitrato de potássio, e as doses totais de sulfato de potássio, fosfato monobásico de potássio, sulfato de magnésio, ácido fosfórico e micronutrientes. Poderá ser elaborada a solução estoque C, destinada exclusivamente para os micronutrientes, incluindo o Fe EDTA, necessitando, neste caso, uma diluição superior ao que seria necessário na ausência deste último. Normalmente a concentração das soluções estoque é 50 a 200 vezes superiores à solução básica (RODRIGUES, 2002).

Os procedimentos de preparo das soluções concentradas consistem em preencher os reservatórios com 90% da sua capacidade, verificar e, se necessário, corrigido o pH antes de iniciar a adição dos fertilizantes (RESH, 1992; SANTOS, 2012). Os sais devem ser pesados e diluídos em recipientes individuais. Os micronutrientes devem ser diluídos em água morna e postos no reservatório antes dos macronutrientes, para ocasiões em que estes forem adicionados juntos na solução concentrada (RESH, 1992; RODRIGUES, 2002).

A seleção dos fertilizantes a serem utilizados para formulação das soluções nutritivas segue uma série de critérios, como forma química, potencial fitotóxico, solubilidade, higroscopicidade, efeitos sobre o pH, poder salinizante, homogeneidade e presença de contaminantes, além da disponibilidade e do preço. Normalmente, segue-se a seguinte ordem de escolha dos fertilizantes: nitratos, amônios, fosfatos, sulfatos e cloretos (RODRIGUES, 2002).

4.2.3.3 Manejo da solução nutritiva

A solução nutritiva sofre influência das plantas nos sistemas fechados, passando a ser denominada solução alterada, após a circulação. Portanto, são necessários ajustes periódicos para que sejam mantidas as concentrações aproximadas dos nutrientes, bem como garantida a disponibilidade destes. A reposição de nutrientes em volumes proporcionais às quantidades de água repostas tende a gerar desbalanços na solução ao longo do tempo, não sendo uma prática recomendada (RODRIGUES, 2002). A CE da solução nutritiva, dada em dS m^{-1} , tem sido o parâmetro utilizado para monitorar a concentração dos nutrientes.

De acordo com Resh (1992), a concentração de nutrientes é diretamente relacionada à CE, no entanto este parâmetro não é capaz de indicar concentrações individuais. A análise química da solução nutritiva seria ideal para o correto controle da nutrição das plantas, porém esta prática é inviável devido à demora na realização das análises e dos custos que o procedimento demanda (RESH, 1992; RODRIGUES, 2002).

O método de reposição de nutrientes baseado na CE consiste no reabastecimento dos tanques com água, homogeneização da solução e posterior medição da CE (RODRIGUES, 2002). Por este motivo, a solução alterada apresenta CE inferior à medida na solução básica, na maioria das situações. Se a CE da solução alterada for inferior a 50% da CE da solução básica, deve-se repor 50% dos nutrientes referentes a esta última. Santos (2012) afirma que este método tem possibilitado bons resultados nas condições do município de Santa Maria/RS. O procedimento pode ser realizado a cada dois dias.

A faixa de pH que a solução nutritiva deve ser mantida é entre 5,5 e 6,5, garantindo boa disponibilidade e absorção dos nutrientes pelas plantas. Para tanto deve ser feito o monitoramento do pH diariamente entre as 8 e as 16h. A correção do pH deve ser realizada por meio da adição de ácidos ou bases. Recomenda-se evitar a aplicação de hidróxido de sódio. Para a cultura do tomate o ácido nítrico é o mais apropriado (RODRIGUES, 2002). De acordo com Andriolo (1999), as doses dos ácidos podem ser definidas com base em curvas de titulação previamente definidas por análise laboratorial. A absorção de nutrientes pelas plantas possui grande efeito sobre o pH da solução nutritiva, o que é bem representado pela relação do aporte de nitrato e amônio, onde o maior aporte do primeiro leva à elevação, enquanto que para o segundo ocorre redução do pH. Isto se deve da liberação de hidroxilas ou prótons pelas raízes no momento da absorção dos respectivos íons (RODRIGUES, 2002).

A temperatura da solução nutritiva influencia diretamente no desempenho das culturas, devendo ser mantida em níveis ideais. Para o tomateiro, o aumento da temperatura da solução

aumenta a taxa de absorção de nutrientes, alcançando um pico na temperatura de 25 °C, tendendo a cair a partir deste ponto, sendo consideradas aceitáveis temperaturas entre 15 e 30 °C (ANDRIOLO, 1999). Temperaturas muito altas levam ao aumento da respiração no sistema radicular, acarretando no aumento do consumo de O₂, reduzindo os níveis desse elemento na solução. Outros fenômenos como redução do alongamento de entrenós, rachaduras no caule e podridão apical também são observadas nesta situação (RODRIGUES, 2002). Diversas estratégias podem ser adotadas para redução da temperatura da solução nutritiva, como a instalação dos tanques fora da estufa e enterrados no solo, a redução do comprimento dos canais, a constituição destes com coloração refletiva, entre outros (RESH, 1992).

O suprimento de oxigênio às raízes deve ser realizado garantindo boas concentrações deste elemento na solução nutritiva o que, segundo Jensen (1997) apud Rodrigues (2002) deve se situar próximo a 5 mg kg⁻¹ como teor mínimo e 8,6 mg kg⁻¹ como teor ideal para a maioria das culturas. A presença de raízes adventícias e pecíolos inferiores caídos são características fáceis de identificar em plantas submetidas ao baixo aporte de O₂ no sistema radicular (RODRIGUES, 2002) e esta situação tem como consequência problemas na absorção de nutrientes, morte de raízes e desenvolvimento de fitopatógenos (ANDRIOLO, 1999).

A concentração de oxigênio varia conforme a espessura da lâmina de nutrientes, comprimento, largura e declividade do canal, temperatura da solução nutritiva, cultivar, estágio fenológico, presença de microrganismos e algas, entre outros. Algumas estratégias podem ser adotadas para garantir que este parâmetro esteja adequado, como a redução da temperatura da solução, o correto dimensionamento e declividade dos canais e a aeração da solução nos reservatórios. Esta última pode ser realizada pela queda da solução de retorno de alturas superiores a 90 cm e pela instalação de equipamentos apropriados para este fim. A aeração ainda traz como benefícios a eliminação de gases indesejáveis como o gás carbônico, etileno e formaldeído (RODRIGUES, 2002).

4.2.3.4 Efeitos da concentração da solução nutritiva

Existem numerosas recomendações de formulação de soluções nutritivas. Não existe uma formulação ótima para as diversas situações de cultivo que podem surgir, onde inúmeros fatores afetam a real necessidade de nutrientes das culturas, como cultivar, estágio fenológico, condição climática (temperatura, radiação solar, umidade do ar) e parte da planta a ser colhida

(RESH, 1992; ANDRIOLO, 1999; RODRIGUES, 2002). Ao longo do desenvolvimento das plantas, novos estádios de desenvolvimento são atingidos e outros períodos do ano vão sendo alcançados, significando a necessidade do uso de diferentes formulações.

Particularmente, as condições climáticas afetam de forma significativa a absorção de água e nutrientes pelas plantas. A absorção de nutrientes é reduzida quando em baixa demanda evaporativa, muito em função de temperaturas reduzidas, portanto o adequado fornecimento de nutrientes às plantas pode ser garantido pelo aumento na concentração da solução nutritiva. Por outro lado, a condição de alta demanda evaporativa exige abundância de água disponível ao sistema radicular e, levando em conta que a disponibilidade de água ao sistema radicular é afetada pela concentração salina da solução nutritiva (ANDRIOLO, 1999), a redução da CE nesta condição favorece o adequado aporte de água às plantas. É importante considerar este fato para o momento do transplante, circunstância na qual a condutividade elétrica da solução nutritiva deve ser inferior às demais fases do cultivo (RODRIGUES, 2002).

Vários estudos são descritos na literatura analisando diferentes concentrações de soluções nutritivas previamente recomendadas por outros pesquisadores. Genúncio et al. (2006), analisou o efeito da solução desenvolvida por Hoagland & Arnon (1950) em três concentrações sobre o rendimento de três cultivares de tomate em NFT, nas condições do estado do Rio de Janeiro no período entre primavera e verão. As três concentrações adotadas geraram soluções com condutividade elétrica de $1,44 \text{ dS m}^{-1}$; $2,16 \text{ dS m}^{-1}$ e $2,88 \text{ dS m}^{-1}$. Não foi encontrada diferença estatística para massa e número de frutos por planta, porém a produtividade (t ha^{-1}) foi inferior para a menor concentração. Ambas as constatações valeram para todos os cultivares testados. Vários autores citados por Genúncio et al. (2006) não encontraram diferença na produtividade de diferentes culturas em resposta a concentrações de soluções nutritivas.

Trabalhando com híbridos de melão rendilhado em sistema de cultivo aberto de substratos com fertirrigação, Yamaki (2005) analisou o efeito de diferentes diluições da solução nutritiva descrita por Furlani (1999), no estado de São Paulo, entre os meses de outubro e janeiro. As diluições proporcionaram soluções com condutividade elétrica de $4,26 \text{ dS m}^{-1}$; $2,23 \text{ dS m}^{-1}$; $1,27 \text{ dS m}^{-1}$; $0,82 \text{ dS m}^{-1}$; e $0,64 \text{ dS m}^{-1}$. Os resultados indicaram que a concentração ideal da solução nutritiva seria a intermediária entre as equivalentes a $1,27 \text{ dS m}^{-1}$ e $0,82 \text{ dS m}^{-1}$, condição que se obtém boa produtividade e qualidade de frutos.

Em trabalho apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia (2018), analisando o desenvolvimento vegetativo de tomate cereja, foi encontrado

desempenho superior para a concentração de 75% de uma formulação comercial, nas condições do estado da Paraíba, durante os meses outubro e novembro. Em trabalho realizado com alface em sistema NFT, Cometti et al. (2008) constataram que a recomendação de Furlani (1997) pode ser utilizada com a diluição de 50% (CE em $0,98 \text{ dS m}^{-1}$) nas condições do estado do Rio de Janeiro, durante os meses de abril e maio.

5. ATIVIDADES REALIZADAS

5.1 Condução do experimento

As atividades realizadas concentraram-se na instalação e condução do experimento ocorrido na estufa agrícola da propriedade, descrita no Item 3. As condições ambientais da região do estudo também já foram descritas, constando no Item 2. O experimento foi instalado no dia 06 de janeiro de 2019 e encerrado no dia 30 de julho de 2019.

O experimento foi constituído de dois tratamentos correspondentes às concentrações de 100% (Tratamento A) e 125 % (Tratamento B) de uma solução nutritiva adaptada da recomendação de Hochmuth e Hochmuth (1990), apresentada no Anexo A. Esta recomendação de solução nutritiva é composta por diferentes formulações destinadas aos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. A formulação utilizada está detalhada no Apêndice C. Foi utilizado o cultivar de tomate italiano San Marzano ISLA® e foi adotado o sistema de cultivo hidropônico NFT. O experimento foi dividido em duas etapas distintas, ambas conduzidas na mesma estufa, as quais serão descritas separadamente.

A primeira etapa consistiu na produção de mudas em sistema hidropônico inundação e drenagem, delimitando o início do experimento na ocasião da sementeira, quando os tratamentos A e B foram instalados em duas bancadas com as solu es nutritivas nas respectivas concentra es. A formula o da soluço nutritiva utilizada nesta fase correspondeu   dilui o em água na propor o de 50% da indica o para a quinta fase da soluço nutritiva em estudo (Apêndice C). O substrato utilizado foi espuma fenólica Green-Up® nas dimensões de 2 cm por 2 cm por 1,9 cm, o qual foi imerso em água durante 30 min antes da sementeira a fim de corrigir o pH. A declividade das bancadas utilizadas foi de 2%. Para uma melhor distribui o da soluço nutritiva, as placas de espuma fenólica foram postas sobre telas plásticas com malha de cerca de 1 cm. As sementes possuíam potencial de germina o de 87% e pureza de 99%. Após a sementeira no compartimento apropriado de

cada célula, procedeu-se a cobertura das sementes com uso do substrato de vermiculita expandida pura. A Figura 2 ilustra esta operação.

A irrigação foi programada com uso de temporizadores analógicos, acionando o sistema durante 15 minutos intervalados em 30 minutos para o período do dia e em 60 minutos para o período da noite. Durante os primeiros seis dias a sementeira permaneceu coberta por filme de polietileno dupla face, com a face branca exposta.

Figura 2 - Placa de espuma fenólica já semeada e recoberta com o substrato de vermiculita disposta sobre tela na bancada de produção de mudas. Bento Gonçalves, 2019.



Fonte: Lucas Casara Teixeira, 2019

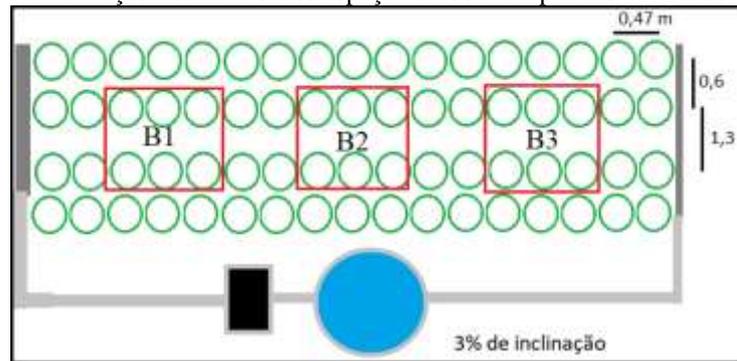
Foi realizada a separação e afastamento das células à medida que as mudas se desenvolveram, visando evitar que as raízes atingissem o espaço das mudas adjacentes, o que se traduziria em dificuldades para o momento do transplante, bem como proporciona um maior espaçamento, favorecendo o bom desenvolvimento das mudas. Logo antes de transplantar, foram selecionadas 10 mudas aleatoriamente em cada tratamento para a determinação massa seca média destas. As mudas apresentaram 0,372 g e 0,166 g de massa seca para os respectivos tratamentos A e B. O transplante para o sistema NFT foi realizado no dia 30 de janeiro de 2019 (24 dias após a semeadura), quando as mudas apresentavam de quatro a seis folhas verdadeiras.

A segunda etapa consistiu no cultivo em sistema hidropônico NFT, quando foi adotado o delineamento experimental de blocos casualizados de dois tratamentos em três repetições, com seis plantas por parcela.

As mudas foram escolhidas e distribuídas de forma aleatória entre e dentro dos blocos. Cada tratamento foi instalado em quatro canais e estes dispostos em linhas duplas distantes 1,3 m entre si e 0,6 m entre linhas. Os canais tinham 9 m de comprimento e as plantas foram espaçadas em 0,47 m entre si, resultando em 17 plantas para cada canal. Somente os dois canais centrais de cada tratamento foram utilizados para receber as unidades amostrais, sendo os demais destinados a plantas de bordadura. Os blocos foram distribuídos do início ao fim

dos canais na sequência B1, B2 e B3. As plantas de cada bloco foram divididas em dois grupos de três de forma aleatória, os quais foram alocados lado a lado na mesma altura dos canais centrais de cada tratamento. As duas primeiras e as duas últimas plantas da linha, bem como duas plantas em cada intervalo entre os blocos foram instaladas como plantas de bordadura. A Figura 3 apresenta o desenho experimental de forma esquemática.

Figura 3 - Esquema da montagem de cada tratamento, localizando os blocos e a unidade amostral, apresentando a inclinação dos canais e os espaçamentos entre plantas utilizados.



Fonte: Adaptado de Denilson Lerin (2018)

Utilizou-se um conjunto de bombeamento e tubulação para cada tratamento. Os componentes destes sistemas são: tanque com capacidade para 500 L; moto-bomba 0,25 HP escorvada; temporizador analógico; tubulação de 25 mm de diâmetro em PVC para condução da solução bombeada; tubulação de 100 mm e 75 mm de diâmetro em PVC para recolhimento da solução escoada dos canais de cultivo. Os tanques foram alocados no interior da casa de bombas, o que é uma medida importante para a redução da temperatura da solução.

Figura 4 - Canal de cultivo construído em madeira e filme de polietileno já com a presença das mudas. Bento Gonçalves, 2019.



Fonte: Lucas casara Teixeira, 2019

Os canais de produção foram construídos em madeira, nas dimensões 0,35 m de largura e 0,25 m de altura e apoiados sobre cavaletes ou tijolos, de modo que apresentassem a declividade de 3%. Foram revestidos por filme de polietileno dupla face, deixando sempre a

face branca exposta. Dentro dos canais já revestidos, foi posta mais uma camada de filme de polietileno dupla face, a qual teve as suas bordas unidas e grampeadas no momento do transplante, formando o canal de cultivo. A Figura 4 apresenta um dos canais com esta constituição. Diversos autores descrevem técnicas similares com uso de filmes plásticos para construção de canais de cultivo em NFT, como Resh (1992), Rodrigues (2002) e Alvarenga (2017).

A operação de transplante foi conduzida no final da tarde e consistiu em posicionar as mudas na vertical dentro dos canais e grampear o filme plástico ao redor do caule, na altura do colo da planta. Neste momento iniciou-se a circulação de solução nutritiva. Os temporizadores analógicos foram programados para acionar o sistema de irrigação durante 15min entre os intervalos a seguir descritos: entre 7h e 10h e entre 16h e 19h30: 30 minutos de intervalo; entre 10h e 16h: 15 minutos de intervalo; e entre 19h30 e 7h: 120 minutos de intervalo. A vazão da solução nutritiva nos canais foi de $4,4 \text{ L min}^{-1}$.

A solução nutritiva foi elaborada por meio da diluição das soluções estoque na água do poço artesiano disponível, cuja análise química e microbiológica encontra-se no Apêndice B. As soluções estoque foram preparadas com capacidade de diluição em 3.500 L de água, sendo utilizados três tanques com capacidade para 50 L, resultando em uma concentração 70 vezes superior à solução básica. Os fertilizantes foram divididos entre os compartimentos conforme a compatibilidade de mistura dos seus constituintes. O tanque A recebeu os fertilizantes fornecedores de cálcio; o tanque B recebeu os fertilizantes fornecedores dos demais macronutrientes; e o tanque C recebeu os fertilizantes fornecedores de micronutrientes, incluindo o quelato de ferro. As doses dos fertilizantes utilizados em cada fase de desenvolvimento das plantas estão discriminadas no Apêndice D. A Tabela 1 apresenta a CE média identificada durante o monitoramento diário da solução nutritiva de cada formulação da solução nutritiva adaptada de Hochmuth e Hochmuth (1990).

Tabela 1: Condutividade elétrica da solução nutritiva obtida para os tratamentos A (100%) e B (125%) ao longo do ciclo de cultivo de tomate cultivar San Marzano em sistema hidropônico NFT no interior de estufa agrícola em Bento Gonçalves (RS), de janeiro a julho de 2019.

Formulação	A (100%) dS.m ⁻¹	B (125%) dS.m ⁻¹
1	1,53	1,75
2	1,57	1,81
3	1,83	2,38
4	2,07	2,63
5	2,81	3,11
Média	1,96	2,34

Fases: (1) transplante ao primeiro cacho; (2) primeiro ao segundo cacho; (3) segundo ao terceiro cacho; (4) terceiro ao quarto cacho; (5) quarto cacho ao final do ciclo. Fonte: Elaborada pelo autor.

O manejo da solução nutritiva consistiu no monitoramento do pH e da CE, aproximadamente às 19h de cada dia, com o uso de sensores portáteis. O pH era ajustado conforme necessidade, adicionando-se hidróxido de sódio (10%) em situações de pH inferior a 5,7 ou ácido sulfúrico (10%) quando o pH fosse superior a 6,3. As doses dos reagentes eram definidas por meio da adição de doses de 10 mL seguidas de homogeneização e nova medição do pH, até obter o pH pretendido. Ocorreram várias situações de pH elevado, porém nunca pH baixo, durante o período de acompanhamento das atividades.

A reposição de nutrientes não era realizada tendo como critério a CE medida. O reabastecimento dos sistemas era realizado completando o volume dos tanques com água e adicionando a dose de solução estoque correspondente a esta quantidade de água.

Nos horários mais quentes do dia era realizada a leitura da temperatura da solução nos tanques, no interior da casa de bombas. Sempre que a temperatura da solução era superior a 30 °C foi realizada a adição de garrafas plásticas contendo gelo, totalizando 10 L para cada tanque de 500 L.

Estava previsto o manejo do ambiente por meio do fechamento das janelas laterais diariamente, entre 17h e 8h, bem como nas ocasiões de precipitação ou ventos de alta intensidade. Porém as condições climáticas nunca foram classificadas desta forma durante o acompanhamento das atividades, pois em nenhum momento ocorreu a orientação quanto a este manejo do ambiente. As condições de temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa foram registradas com uso de um termo higrógrafo digital instalado na altura de 1,5 m do solo e estão apresentadas no Apêndice E.

As plantas foram conduzidas em haste única e o tutoramento foi realizado com uso de fitilhos de ráfia instalados na vertical. A operação de desbrota teve início aos 14 dias após o transplante e foi conduzida uma vez por semana. Todo o material removido das plantas pertencentes aos blocos foi coletado para determinação do acúmulo de massa fresca e massa seca.

A floração iniciou primeiramente no tratamento A por volta dos 25 dias após o transplante (49 dias após a semeadura). Este evento foi observado no tratamento B somente quatro dias depois. É importante destacar a importância dessa fase do desenvolvimento da cultura, porque marca o início da prática de agitação das plantas, procedimento que garante a efetividade na polinização, além da primeira troca de formulação da solução nutritiva, passando da fase 1 para a fase 2 da solução nutritiva em estudo (Apêndice C). É importante destacar que a troca de formulação ocorreu exatamente 29 dias após o transplante para os dois

tratamentos, apesar de a floração não ter se dado exatamente na mesma data. Isto teve como propósito fixar o protocolo para o experimento.

Nas ocasiões do surgimento de problemas fitossanitários, foi procedida a identificação das pragas ou doenças presentes para adoção das medidas de controle adequadas, tendo sido procedido o controle mecânico de insetos na maioria das situações.

Vale lembrar que o encerramento das atividades relativas ao estágio curricular ocorreu no dia 02 de março. A partir deste momento, o experimento passou a ser conduzido pelo Engenheiro Agrônomo Denilson Lerin.

O manejo diário da solução nutritiva, desbrotas semanais e trocas periódicas de formulação da solução na medida em que as plantas avançaram em desenvolvimento se estendeu até 30 de junho de 2019. A maturação do primeiro cacho ocorreu por volta da segunda quinzena do mês de abril, iniciando as coletas para obtenção de dados da massa de frutos produzidos.

5.2 Avaliações

O consumo de água e nutrientes foi quantificado durante a condução do experimento nas ocasiões de reabastecimento dos tanques, controlando o volume de água adicionado com auxílio de um hidrógrafo. Os nutrientes consumidos foram calculados com base nas reposições de água para cada fase de cultivo, visto que o método de reposição destes à solução alterada era sempre com base na quantidade de água repostada e nunca relacionado à CE.

O crescimento das plantas foi avaliado por meio da quantificação da massa fresca e massa seca de todos os componentes da parte aérea, compartimentalizando em: folhas, caule e frutos. As amostras foram secas em estufa de ar forçado a 55 °C por 72h. O número total de folhas e cachos foi verificado após o término do ciclo das plantas e o número de frutos ao longo da sua formação e amadurecimento.

Grande parte dessas avaliações foi acompanhada pelo estagiário, as quais ocorreram em laboratórios da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, encerrando em 30 de julho de 2019. Também foi realizada a atividade de tabulação de dados e organização dos mesmos em planilhas do Microsoft Excel®.

5.3 Outras atividades

Na estufa agrícola da empresa é realizada a produção de tomate em outro sistema de cultivo sem solo, sendo este substrato em vasos com fertirrigação, porém sem aproveitamento da solução nutritiva lixiviada. Neste sistema foi implantado o cultivar de tomate italiano Plutão. Foi realizado acompanhamento e execução das práticas de cultivo como preparo da solução nutritiva, transplante, desbrota, manejo da irrigação, entre outros.

A Casa do Tomate oferece aos seus clientes a opção de visita à estufa onde ocorre a produção de tomate. Portanto, durante a condução das atividades envolvendo a produção de tomate e manejo do experimento, foram realizados alguns atendimentos ao público, circunstância em que era explanada uma breve explicação sobre as práticas de cultivo de tomate nos presentes sistemas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A realização de estudos com a cultura do tomateiro em sistemas de cultivo sem solo é muito importante, especialmente devido ao fato de o tomate ser um produto de grande valor do ponto de vista econômico e nutricional no Brasil, cabendo sempre o aprimoramento das suas técnicas de produção. Ademais, variações ambientais e a sua interação com diferentes práticas de manejo alteram fortemente os rendimentos e os custos de produção, especialmente em se tratando de cultivos hidropônicos em NFT. Isso demonstra serem importantes as necessidades de estudos na área.

A experimentação é uma atividade que exige seriedade, atenção e perfeccionismo, simulando as situações reais corretamente, reduzindo fontes de erro e conduzindo os tratamentos de maneira equivalente. É importante seguir corretamente e detalhar possíveis alterações ocorridas na metodologia utilizada, de modo que as informações obtidas tenham valor científico e gerem conhecimento.

O presente estudo analisou a variação de um elemento isoladamente, tendo potencial para dar suporte à tomada de decisões quanto a uma maior ou menor diluição da solução nutritiva, especialmente em função do atual aumento do interesse pela adoção do cultivo de tomate em sistemas hidropônicos em NFT. No entanto, alguns equívocos na metodologia adotada podem pôr em dúvida a obtenção de resultados similares em outras situações, por isso o rigor experimental e a descrição que permita repetição do método são requisitos que não podem faltar numa pesquisa.

O cultivo de tomate com uso da técnica da lâmina de nutrientes é uma atividade de presença incipiente na região do estudo, portanto o uso do cultivar San Marzano, pouco conhecido na região, dificulta na obtenção de um resultado representativo. Porém, aprimorar as técnicas de cultivo com este cultivar é algo positivo, visto que os frutos apresentam alta qualidade gustativa e elevado valor agregado, sendo muito requisitado nos restaurantes gourmets da região, chegando a ser importado da Itália na forma de tomate *pelati*. Além do mais, deve-se ressaltar que este cultivar não apresenta resistência a nenhuma doença, destacando a importância de desenvolver as técnicas de cultivo deste genótipo em ambiente protegido. Alia-se a estes fatos os bons resultados obtidos por Genúncio et al. (2010) com esse cultivar em NFT, onde os autores afirmam a sua melhor adaptação ao meio de cultivo em relação aos demais genótipos utilizados no mesmo estudo.

A adoção de diferentes concentrações da solução nutritiva desde a fase da produção de mudas pode ter influenciado os resultados finais, pois interferiu significativamente no porte das mudas no momento do transplante. A massa seca média das mudas foi de 0,372 e 0,166 g para os tratamentos A e B, respectivamente, indicando superioridade no desempenho obtido com uma menor concentração da solução nutritiva nesta fase. Ainda assim, o tamanho dos cubos de espuma fenólica utilizado foi inferior ao indicado para tomateiro (RODRIGUES, 1999) e a não realização de controle de pH e CE da solução nutritiva, durante toda fase de produção de mudas, são fatores que podem ter interferido no desempenho dos dois tratamentos.

O tipo de canal de cultivo utilizado também pode ter influenciado o resultado final de forma equivalente para os dois tratamentos. O formato do perfil produzido pela dobra do filme de polietileno, bem como o fechamento excessivo dos canais através do grampeamento, são fatores que podem ter contribuído na redução da aeração do sistema radicular e acúmulo de etileno, o que é prejudicial ao desenvolvimento das plantas, conforme descrito por Resh (1992). Existem perfis apropriados para cultivo de tomate em NFT no mercado, os quais poderiam ter sido utilizados no estudo. Cabe destacar que a opção pelo modelo de canal em questão se deu em função da disponibilidade dos materiais e dos recursos financeiros limitados.

O método de reposição de água e nutrientes utilizado neste estudo é uma técnica antiga que, conforme já descrita, prejudica a qualidade da solução nutritiva se esta não for substituída com frequência. Todavia alguns problemas no sistema de tubulação geraram vazamentos que muitas vezes esgotaram os tanques nos dois tratamentos, sendo possível considerar este fato como renovações involuntárias da solução.

A solução nutritiva comportava-se com uma constante tendência de elevação do pH no início do ciclo das plantas. Quase todos os dias as medições apontavam o pH acima de 6,5, necessitando a adição de ácido sulfúrico (10%). Esta condição pode se dever em parte à ausência do fornecimento de nitrogênio na forma amoniacal na solução nutritiva no começo do ciclo (Apêndice C) que, conforme já descrito, pode auxiliar na redução do pH da solução nutritiva.

A alocação dos reservatórios dentro da casa de bombas favoreceu o controle da temperatura da solução nutritiva em função dos seus elementos construtivos já descritos no Item 3., mesmo com as altas temperaturas ocorridas nos primeiros meses de cultivo. Ainda assim, durante os horários mais quentes do dia as temperaturas da solução nutritiva, medidas nos tanques, ultrapassavam 30 °C. A colocação de 10 L de gelo em cada reservatório (500 L) nestas situações aparentemente reduzia a temperatura da solução nutritiva em 2 °C. Cabe informar que esta é uma constatação prática, não tendo sido feito nenhum registro de dados, quanto menos análise estatística. Outro aspecto positivo da casa de bombas é a sua cota inferior em relação à estufa, o que gera uma queda da solução nutritiva de retorno aos tanques superior a um metro, contribuindo com a aeração.

A operação da desbrota era conduzida somente uma vez por semana, o que levava à remoção de brotos com até 10 cm de comprimento, o que se apresenta como um desperdício de fotoassimilados. Porém, devido à ausência de equipamentos adequados para secar e pesar amostras (estufa e balança de precisão), os materiais necessitavam ser transportados até os laboratórios da Faculdade de Agronomia da UFRGS, no município de Porto Alegre, o que inviabilizava a prática da desbrota com uma frequência superior à utilizada. Ainda assim, a desbrota era conduzida na mesma ocasião para os dois tratamentos, afetando o rendimento geral do experimento, sem distinção entre os tratamentos.

A partir das condições já discutidas, a Tabela 2 apresenta os dados coletados e analisados. Não foi encontrada diferença estatística para altura de plantas, número de folhas, cachos e frutos por planta. O tratamento A foi superior em massa seca produzida para desbrotas, haste principal, fração vegetativa da parte aérea e massa seca total da planta. A superioridade encontrada no tratamento A para parâmetros vegetativos não se traduziu em uma maior produção de frutos, não sendo encontrada diferença estatística para nenhum parâmetro referente aos frutos, sendo eles massa seca ou fresca, por planta ou por fruto, IC e produtividade.

Como já descrito no Item 4.2.3.4, estudos que analisaram diferentes concentrações da solução nutritiva, os quais envolveram diferentes culturas, obtiveram queda no rendimento

somente quando as soluções foram mais diluídas em relação à concentração da recomendação original. Vale reafirmar que Genúncio et al. (2006) trabalhando com diferentes cultivares de tomateiro, analisou concentrações de uma solução nutritiva, a qual possuía CE de $2,88 \text{ dS m}^{-1}$ na recomendação original. Os autores constataram que a produtividade foi prejudicada somente na concentração que gerou a CE de $1,44 \text{ dS m}^{-1}$, sem prejudicar o rendimento quando a CE de $2,16 \text{ dS.m}^{-1}$ foi adotada. Cabe destacar que todos estes estudos em questão foram conduzidos em condições de clima quente e seus resultados estão de acordo com o informado por diversos autores quanto à necessidade de maiores diluições quando as condições de demanda evaporativa são altas.

Tabela 2: Desempenho do cultivar de tomateiro San Marzano nos tratamentos A (100%) e B (125%) de concentração de solução nutritiva adaptada de Hochmuth & Hochmuth (1990), conduzido em sistema hidropônico NFT no interior de estufa agrícola em Bento Gonçalves (RS), de janeiro a julho de 2019.

Tratamento	A (100%)	B (125%)	Média	CV (%)
Altura (m)	1,89 ^{ns1}	1,81	1,85	14,33
Número de folhas/planta	40,55 ^{ns}	36,28	38,41	11,48
Número de cachos/planta	13,44 ^{ns}	11,44	12,44	13,93
Número de frutos/planta	35,89 ^{ns}	25,39	30,64	18,08
Massa seca de folhas/planta (g)	68,62 ^{ns}	57,06	62,84	18,69
Massa seca desbrota/planta (g)	129,82	83,53	106,68	13,17
Massa seca da haste/planta (g)	79,82	52,38	66,1	11,32
Massa seca vegetativa/planta (g)	278,27	192,98	235,62	9,25
Massa seca de frutos/planta (g)	69,05 ^{ns}	54,28	61,67	23,96
Massa seca total/planta (g)	347,32	247,26	297,29	7,53
Índice de colheita ²	0,25 ^{ns}	0,28	0,27	27,34
Massa média dos frutos (g)	33,14 ^{ns}	35,34	34,24	7,59
Massa fresca total de frutos/planta (g)	1200,79 ^{ns}	912,02	1056,4	17,73
Produtividade (t ha^{-1})	26,89 ^{ns}	20,42	25,48	17,76

¹ns: não diferem na linha entre si pelo Teste t a 5% de probabilidade. ²Índice de colheita: Relação entre massa seca de frutos e massa seca vegetativa. Fonte: elaborada pelo autor

O presente estudo, onde a condutividade elétrica média dos dois tratamentos foi de $1,96$ e $2,34 \text{ dS m}^{-1}$, para os tratamentos A e B, respectivamente, submeteu as plantas a uma queda gradual das temperaturas (Apêndice E), configurando uma situação de temperaturas elevadas no início do ciclo e de temperaturas amenas no final do ciclo. Estes dois cenários distintos devem ter levado a respostas diferentes nos dois tratamentos quanto ao consumo de água e nutrientes e quanto ao desenvolvimento das plantas. É possível esperar que a menor CE tenha favorecido o desempenho do tratamento A no início do ciclo de cultivo. Havia uma superioridade visualmente perceptível no porte das plantas do tratamento A no primeiro mês de cultivo, porém grande parte da origem desta diferença pode ser atribuída à discrepância criada entre tratamentos na fase de produção de mudas. O tratamento B pode ter compensado

esse atraso mais ao final do ciclo, quando as temperaturas foram menores e a CE superior pode ter levado a um aporte de nutrientes mais adequado que a condição do tratamento A.

De uma maneira geral, o rendimento dos dois tratamentos foi muito abaixo do esperado. Conforme dados da Prefeitura de Bento Gonçalves [2018?], a produtividade média de tomate no município aproxima-se de 50 t ha⁻¹. Alguns autores apresentam dados de produtividade do cultivar San Marzano em seus estudos. Genúncio et al. (2010) obtiveram produtividades de 79 e 56 t ha⁻¹ para cultivo em NFT e em substrato fertirrigado, respectivamente. Tamisio (2005) encontrou produtividade de 64 t ha⁻¹ para o cultivar San Marzano em sistema de cultivo no solo em ambiente protegido, com manejo orgânico. Os elementos apresentados no início desta discussão podem justificar os baixos índices produtivos obtidos no presente experimento, juntamente com o estabelecimento de um espaçamento exagerado entre filas duplas, o que afetou o parâmetro produtividade, especificamente.

Tabela 3: Consumo total de água e nutrientes por planta de tomate San Marzano nos tratamentos A (100%) e B (125%) de concentração da solução nutritiva adaptada de Hochmuth & Hochmuth (1990), conduzido em sistema hidropônico NFT no interior de estufa agrícola em Bento Gonçalves (RS), de janeiro a julho de 2019.

Elemento		Tratamentos	
		A (100 %)	B (125%)
Água	L	76,9	62,5
Ca	g	11,2	11,4
K	g	10,4	10,6
N	g	8,7	8,8
S	g	8,5	8,6
Mg	g	3,5	3,6
P	g	2,6	2,6
Fe	mg	215,0	218,6
Zn	mg	15,5	15,7
Mn	mg	61,1	62,5
B	mg	73,3	74,9
Cu	mg	60,0	61,0
Mo	mg	6,1	6,2

Fonte: Elaborada pelo autor

O consumo de água e fertilizantes está apresentado na Tabela 3, para os dois tratamentos. Não foi possível realizar análise estatística destes dados, pois não foram instaladas repetições de reservatórios de solução nutritiva, devido a restrições econômicas e de espaço físico. Entretanto é possível observar um consumo de água superior para o tratamento A. A solução nutritiva menos concentrada no tratamento A, bem como um desenvolvimento vegetativo superior podem ter contribuído para um maior consumo de água,

porém sem resultar em incremento na produção de frutos. Não é possível fazer uma análise consistente a respeito dos dados referentes ao consumo de nutrientes, visto que a técnica de reposição da solução nutritiva utilizada neste estudo não fornece essa informação com clareza e não existe análise estatística dos dados.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades desenvolvidas permitiram contato com as fases de produção de mudas hidropônicas, implantação de cultivo hidropônico em NFT, preparo e manejo da solução nutritiva e tratos culturais do tomateiro em ambiente protegido. Também foi possível acompanhar de perto a condução do experimento, realizar a quantificação dos parâmetros analisados e auxiliar na análise dos dados obtidos. Portanto o estágio contribuiu na aquisição de experiências e com a formação acadêmica, afinal este foi o primeiro contato do estagiário com este sistema de cultivo.

Os resultados obtidos concordam com o indicado pela literatura, apresentando interação das condições ambientais com a concentração da solução nutritiva sobre o desempenho dos cultivos. É possível atribuir parte do baixo desempenho da produção de frutos a alguns fatores limitantes constantes na metodologia, no entanto é difícil identificar e quantificar o quanto isto pode ter interferido na diferença entre os dois tratamentos.

Para um maior respaldo à adoção da técnica da lâmina de nutrientes no cultivo comercial de tomate na região de estudo, se faz necessário realizar experimentos para analisar esses e outros parâmetros novamente, buscando também um desempenho geral mais elevado. A adoção de uma técnica adequada de reposição da solução nutritiva, o uso de canais de cultivo apropriados para a cultura, bem como realizar o manejo de cortinas e buscar reduzir o intervalo entre uma desbrota e outra são práticas que podem ser suficientes para aumentar significativamente os índices obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e hidroponia**. Lavras: Editora Univ. de Lavras, 2012.

ANDRIOLO, Jerônimo Luiz. **Fisiologia das culturas protegidas**. 3 ed. Santa Maria: Ed da UFSM, 1999.

ANDRIOLO, Jerônimo Luiz. **Olericultura geral**. Santa Maria: Ed da UFSM, 2017.

ATLAS climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. WREGE, M. S. et al. (editores técnicos). Brasília, DF: Embrapa, 2012.

CHAMARRO LAPUERTA, Jesús. Anatomía y fisiología de la planta. IN: NUEZ, Fernando (Org.). **El cultivo del tomate**. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. p. 43-91.

BECKMANN, M. Z. et al. 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, 2006.

CNM, Bento Gonçalves – RS. Disponível em: <<https://www.cnm.org.br/municipios/registros/100143/100143040>>. Acesso em: 31/08/2019.

COMETTI, M. N et al. Efeitos da concentração iônica da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico-sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p 252-257, 2008.

CONAB. **Centrais de Abastecimento: Comercialização Total de Frutas e Hortalças**. V.1. Brasília: CONAB, 2018. 24 p.

CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, 2018, Maceió. Cultivo de tomate cereja em sistema hidropônico NFT, sob diferentes concentrações da solução nutritiva. **Anais [...]**. Maceió, AL: CONTECC, 2018. 5 p.

COREDE Serra. **Perfil Socioeconômico**. 2015. Disponível em: <<https://planejamento.rs.gov.br/upload/arquivos/201603/17095107-perfis-regionais-2015-serra.pdf>>. Acesso em 03/09/2019.

DUARTE T. S. Produção de mudas para cultivo hidropônico. IN: SANTOS O. S. (Org.). **Cultivo hidropônico**. Santa Maria: UFSM, Colégio Politecnico, 2012. p. 66-75.

DUARTE T. S.; SANTOS O. S. Cultivo hidropônico do tomate. IN: SANTOS O. S. (Org.). **Cultivo hidropônico**. Santa Maria: UFSM, Colégio Politecnico, 2012. p. 222-232.

EMBRAPA. **Zoneamento agroclimático para a cultura dos citros no Rio Grande do Sul**. WREGE, M. S. et al. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004

ESQUINAS-ALCAZAR, J e NUEZ V., F. Situacion taxonomica, domesticacion y difusion del tomate. IN: NUEZ, Fernando (Org.). **El cultivo del tomate**. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. p. 13-42.

FAO. **Compare data**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#compare>>. Acesso em: 03/09/2019.

FEE. **COREDE Serra**. [2019?]. Disponível em: <<https://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/detalhe/?corede=Serra>>. Acesso em: 31/08/2019.

FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. 1.ed. Viçosa, MG: UFV; 2005.

GENÚNCIO, G. C.; et al. Crescimento e produtividade do tomateiro em cultivo hidropônico NFT em função da concentração iônica da solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p 175-179, 2006.

GENÚNCIO, G. C.; et al. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p 446-452, 2010.

HOCHMUTH G. J., HOCHMUTH R. C.; Nutrient Solution formulation for hydroponic (perlite, rockwool, NFT) tomatoes in Florida. **SSVEC44**, Florida, 1990.

IBGE. **Censo Agropecuário**. 2017a. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/bento-goncalves/pesquisa/24/76693>>. Acesso em: 31/08/2019.

IBGE. **Panorama**. [2019?]. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/bento-goncalves/panorama>>. Acesso em: 31/08/2019.

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar no Brasil.** IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios.** 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/bento-goncalves/pesquisa/38/46996>>. Acesso em: 31/08/2019.

IBGE. **Série histórica da estimativa anual da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos das lavouras.** 2017b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6588#resultado>>. Acesso em: 03/09/2019.

ISLA. **Tomate San Marzano.** Disponível em: <<https://isla.com.br/produto/tomate-san-marzano/270>>. Acesso em 01/09/2019.

PIOTTO, Fernando Angelo e PERES, Lázaro E. Pereira. Base genética do hábito de crescimento e florescimento em tomateiro e sua importância na agricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n.11, p. 1941-1946, 2012.

PREFEITURA DE BENTO GONÇALVES. **Economia Local.** [2018?] Disponível em: <<http://www.bentogoncalves.rs.gov.br/a-cidade/economia-local>>. Acesso em: 31/08/2019.

RESH, H M. **Cultivos hidroponicos: nuevas técnicas de producción.** 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1992.

SANTOS, Osmar S. Soluções nutritivas para cultivo hidropônico. IN: SANTOS O. S. (Org.). **Cultivo hidropônico.** Santa Maria: UFSM, Colégio Politecnico, 2012. p. 44-53.

STRECK, Edemar Valdir et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008.

TAMISO, Luciano Grassi. **Desempenho de cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sob sistemas orgânicos em cultivo protegido.** 2005. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – ESALC, Piracicaba-SP, 2005.

YAMAKI, F. L. **Avaliação de diferentes concentrações de solução nutritiva no cultivo de híbridos de melão rendilhado em substrato de fibra de coco.** 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira – UNESP, Ilha Solteira-SP, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Área cultivada, produção e produtividade de tomate no Mundo, Brasil, Rio Grande do Sul e em Bento Gonçalves-RS no ano de 2017.

Região	Área	Produção	Produtividade
	ha	t	t ha ⁻¹
Mundo ¹	4.848.384	182.301.395	37,6
Brasil ¹	61.534	4.230.150	68,7
Rio Grande do Sul ²	2.277	119.034	52,3
Bento Gonçalves ³	50	2.500	50,0

Fontes: ¹FAO (2017), ²IBGE (2017), ³Prefeitura de Bento Gonçalves [2019?]

APÊNDICE B - Laudo de análise da água, Casa do Tomate, Bento Gonçalves – RS, 2002

CERTIFICADO DE ANÁLISE		Nº: 100/2012		
Cliente: Celio Luis Lerin		Solicitante: -		
Endereço: Linha Palmeira – Distrito de São Pedro - RS				
Dados da amostra				
Tipo de amostra: água de poço				
Data do recebimento: 02/02/2012		Hora: 11:00		
Identificação da amostra: 100/12		Temperatura de armazenamento: 4°C		
Dados da coleta				
Responsável pela coleta: EcoCerta				
Data: 02/02/2012		Hora: 10:00		
Amostragem: simples		Preservação: frascos fornecidos pela EcoCerta		
RESULTADOS				
Parâmetro	Metodologia	L.D.	Resultado	Unidade
Antimônio	SM 21ªed. 3120B	0,0003	ND	mg/L
Arsênio	SM 21ªed. 3114C	0,0004	ND	mg/L
Bário	SM 21ªed. 3120B	0,0008	0,034	mg/L
Cádmio	SM 21ªed. 3120B	0,0006	ND	mg/L
Chumbo	SM 21ªed. 3120B	0,006	ND	mg/L
Cianeto	SM 21ªed. 4500E	0,002	ND	mg/L
Cobre	SM 21ªed. 3120B	0,002	<0,02	mg/L
Cromo	SM 21ªed. 3120B	0,005	ND	mg/L
Fluoreto	SM 21ªed. 4500C	0,003	0,18	mg/L
Mercurio	SM 21ªed. 3112B	0,00007	ND	mg/L
Níquel	SM 21ªed. 3120B	0,005	<0,01	mg/L
Nitrato (como N)	SM 21ªed. 4500E	0,045	1,74	mg/L
Nitrito (como N)	SM 21ªed. 4500B	0,0002	<0,006	mg/L
Selênio	SM 21ªed. 3114C	0,0002	ND	mg/L
Urânio	SM 21ªed. 3120B	0,003	ND	mg/L
Acrilamida	US EPA 8316	0,07	ND	µg/L
Benzeno	US EPA 8260	0,04	ND	µg/L
Benzo(a)pireno	US EPA 8270	0,04	ND	µg/L
Cloreto de vinila	US EPA 8260	0,42	ND	µg/L
1,2-dicloroetano	US EPA 8260	0,10	ND	µg/L
1,1-dicloroetano	US EPA 8260	0,22	ND	µg/L
1,2-dicloroetano (cis+trans)	US EPA 8260	0,32	ND	µg/L
Diclorometano	US EPA 8260	0,25	ND	µg/L
Pentaclorofenol	US EPA 8270	0,042	ND	µg/L
Estireno	US EPA 8260	0,04	ND	µg/L
Tetracloroeto de carbono	US EPA 8260	0,08	ND	µg/L
Tetracloroetano	US EPA 8260	0,18	ND	µg/L
Triclorobenzenos	US EPA 8270	0,022	ND	µg/L
Di(2-etilhexil)ftalato	US EPA 8270	0,026	ND	µg/L
2,4-D + 2,4,5-T	US EPA 555	1,6	ND	µg/L
Alaclor	US EPA 8270	0,017	ND	µg/L
Aldicarbe	US EPA 8270	0,028	ND	µg/L
Aldicarbe sulfona	US EPA 8270	0,028	ND	µg/L
Aldicarbe sulfóxido	US EPA 8270	0,028	ND	µg/L

Parâmetro	Metodologia	L.D.	Resultado	Unidade
Aldrin + Dieldrin	US EPA 8270	0,012	ND	µg/L
Atrazina	US EPA 8270	0,035	ND	µg/L
Carbofurano	US EPA 8270	0,010	ND	µg/L
Clordano	US EPA 8270	0,020	ND	µg/L
Clorpirifós	US EPA 8270	0,014	ND	µg/L
DDT+DDD+DDE	US EPA 8270	0,023	ND	µg/L
Endossulfan(α,β e sais)	US EPA 8270	0,010	ND	µg/L
Endrin	US EPA 8270	0,008	ND	µg/L
Glifosato + AMPA	US EPA 547	8	ND	µg/L
Lindano	US EPA 8270	0,016	ND	µg/L
Metolacloro	US EPA 8270	0,008	ND	µg/L
Molinato	US EPA 8270	0,004	ND	µg/L
Parationa metilica	US EPA 8270	0,007	ND	µg/L
Pendimentalina	US EPA 8270	0,029	ND	µg/L
Permetrina	US EPA 8270	0,06	ND	µg/L
Profenofós	US EPA 8270	0,017	ND	µg/L
Simazina	US EPA 8270	0,012	ND	µg/L
Trifluralina	US EPA 8270	0,016	ND	µg/L
Cloro residual livre	SM 21ªed. 4500G	0,1	ND	mg/L
Alumínio	SM 21ªed. 3120B	0,006	0,14	mg/L
Amônia (como N)	SM 21ªed. 4500B/C	0,13	ND	mg/L
Cloreto	SM 21ªed. 4500G	0,03	<2	mg/L
Cor aparente	SM 21ªed. 2120C	0,9	ND	UH
Dureza total	SM 21ªed. 2340C	0,6	40	mg/L
1,2-diclorobenzeno	US EPA 8270	0,00007	ND	mg/L
1,4-diclorobenzeno	US EPA 8270	0,00001	ND	mg/L
Etilbenzeno	US EPA 8260	0,0003	ND	mg/L
Ferro	SM 21ªed. 3120B	0,003	0,14	mg/L
Manganês	SM 21ªed. 3120B	0,001	<0,01	mg/L
Monoclorobenzeno	US EPA 8260	0,0001	ND	mg/L
Odor	SM 21ªed. 2150A/B	NA	ND	-
pH	SM 21ªed. 4500B	0,08	7,11	-
Sabor	SM 21ªed. 2160	NA	ND	-
Sódio	SM 21ªed. 3120B	0,02	4,7	mg/L
Sólidos dissolvidos totais	SM 21ªed. 2540C	1,2	52	mg/L
Sulfato	SM 21ªed. 4500E	0,2	<3	mg/L
Sulfeto de hidrogênio	SM 21ªed. 4500D	0,008	<0,02	mg/L
Surfactantes/Tensoativos	SM 21ªed. 5540C	0,002	<0,05	mg/L
Tolueno	US EPA 8260	0,0001	ND	mg/L
Turbidez	SM 21ªed. 2130B	0,5	ND	NTU
Zinco	SM 21ªed. 3120B	0,002	0,02	mg/L
Xilenos	US EPA 8260	0,0001	ND	mg/L
Carbendazim + benomil	US EPA 631	25	ND	µg/L
Clorpirifós-oxon	US EPA 8270	0,014	ND	µg/L
Diuron	US EPA 8270	0,040	ND	µg/L
Tebuconazol	US EPA 8270	0,035	ND	µg/L
Terbufós	US EPA 8270	0,035	ND	µg/L
Mancozebe	US EPA 630	38	ND	µg/L
Metamidofós	US EPA 8270	0,06	ND	µg/L
Coliformes totais	SM 21ªed. 9221	ausência	Ausentes	100ml
Coliformes termotolerantes	SM 21ªed. 9221	ausência	Ausentes	100ml

APÊNDICE C – Formulação da solução nutritiva adaptada de Hochmuth e Hochmuth (1990) utilizada no cultivo de tomate cultivar San Marzano em sistema hidropônico (NFT) em Bento Gonçalves (RS), entre janeiro e julho de 2019

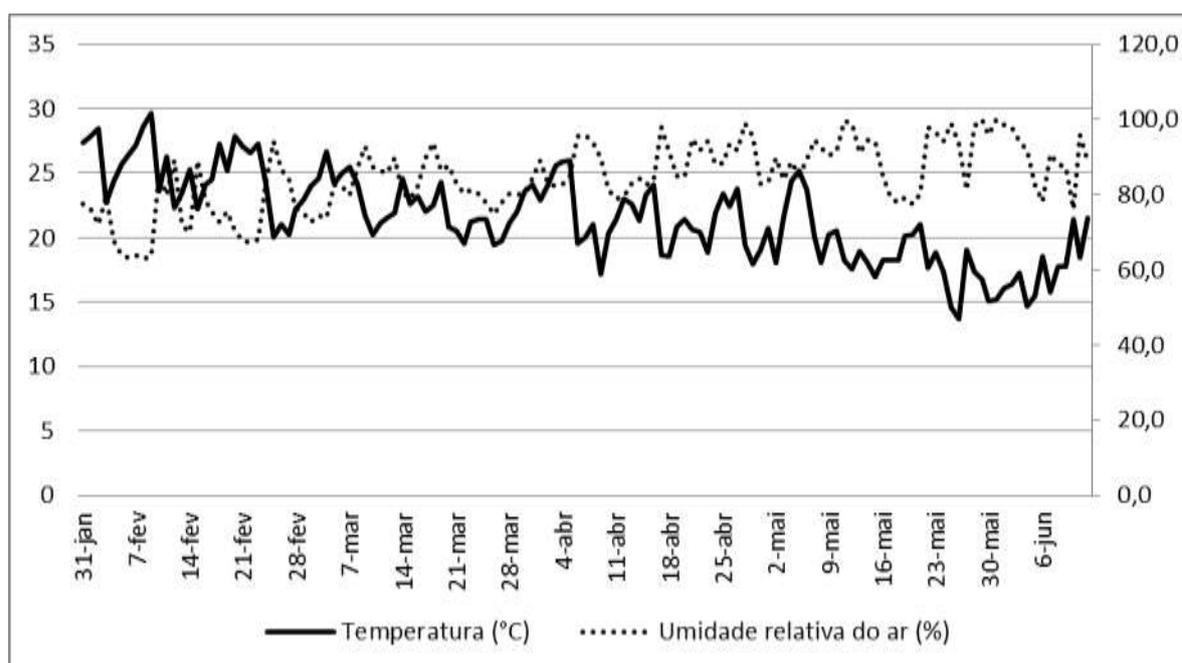
Produto	Fase				
	1	2	3	4	5
mg L ⁻¹	Início				
	Transplante	1.º cacho	2.º cacho	3.º cacho	4.º cacho
N	69,8	80,0	99,8	120,0	149,2
P	26,9	26,9	26,9	26,9	44,2
K	99,3	99,3	124,4	124,4	176,4
Ca	145,1	144,7	142,9	142,3	150,1
Mg	40,2	40,2	40,2	50,2	50,2
S	85,6	85,6	95,6	108,8	138,4
Fe	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280
Cu	0,202	0,202	0,202	0,202	0,202
Mn	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800
Zn	0,960	0,960	0,960	0,960	0,960
B	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782
Mo	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080

APÊNDICE D – Quantidade de fertilizantes utilizados para compor 500 L de solução nutritiva adaptada da formulação de Hochmuth e Hochmuth (1990) para cultivo de tomate cultivar San Marzano em sistema hidropônico (NFT) em Bento Gonçalves (RS), entre janeiro e julho de 2019

Produto	Unidade	Formulação				
		1	2	3	4	5
Doses para 500 L		Início				
		Transplante	1.º cacho	2.º cacho	3.º cacho	4.º cacho
Nitrato de cálcio	g	225	258	322	387	417
Cálcio complexado	mL	206,7	167	87	9,6	0
Fosfato monopotássico	g	48	48	48	48	0
Sulfato de potássio	g	86,13	86,13	114	114	196
Fosfato monoamônico	g	0	0	0	0	83
Sulfato de magnésio	g	222	222	222	278	278
Brextil TOP ¹	g	8	8	8	8	8
Quelato de ferro	g	23,33	23,33	23,33	23,33	23,33
Sulfato de cobre	g	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Ácido bórico	g	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36

¹ Brextil TOP®: fertilizante fornecedor de S (10%), Zn (6%), Mn (1,5%), B (2%), Mg (1,5%).

APÊNDICE E - Temperatura e umidade relativa do ar no interior de estufa agrícola, em Bento Gonçalves-RS. Janeiro a abril de 2019.



ANEXO

ANEXO A – Formulação da solução nutritiva de Hochmuth & Hochmuth (1990) para cultivo hidropônico (NFT) de tomate.

Produto (mg L ⁻¹)	Formulação				
	1	2	3	4	5
	Início				
	Transplante	1.º cacho	2.º cacho	3.º cacho	4.º cacho
N	70	80	100	120	150
P	50	50	50	50	50
K	120	120	150	150	200
Ca	150	150	150	150	150
Mg	40	40	40	50	50
S	50	50	50	60	60
Fe	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Cu	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Mn	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Zn	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
B	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Mo	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Fonte: Hochmuth & Hochmuth (1990)