Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

**Minitomateiro consorciado com adubos verdes fertirrigados com efluente tratado
de laticínio**

Lisiane Brichi

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2018**

Lisiane Brichi
Engenheira de Biosistemas

**Minitomateiro consorciado com adubos verdes fertirrigados com efluente tratado de
laticínio**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **FABRÍCIO ROSSI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Brichi, Lisiane

Minitomateiro consorciado com adubos verdes fertirrigados com efluente tratado de laticínio / Lisiane Brichi. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2018.

104 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Cultivo intercalar 2. Reuso de água 3. *Solanum lycopersicum* L. I.
Título

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e demais pessoas queridas por todo amparo, carinho e paciência nesta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas às graças concedidas a mim e aos que amo, e por ser minha fonte luz e sabedoria.

À toda minha família, em especial aos meus pais Marilene e Áureo e ao meu irmão João Vitor. Ao meu namorado Tiago pelo companheirismo, amor, apoio e conforto nos meus momentos mais desafiadores.

Ao professor Fabrício Rossi, por me orientar nesta jornada acadêmica e compartilhar valiosos ensinamentos que levarei comigo pelo resto da vida e à professora Tamara Maria Gomes por me aconselhar e apoiar neste período. Agradeço também a todo o GEBio – Sistemas e Engenharia, em especial aos bolsistas de iniciação científica que contribuíram para execução do presente trabalho.

Àos professores Rogers Ribeiro, Giovana Tommaso e Maria Teresa de Alvarenga Freire pelo apoio em infraestrutura e conhecimento para minha pesquisa.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ESALQ/USP e aos professores do programa de Engenharia de Sistemas Agrícolas, por todo o saber a mim repassado. À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA/USP por sediar minha pesquisa.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudo e apoio financeiro.

Às empresas Pirai sementes e Agristar do Brasil pela concessão de material de apoio à minha pesquisa.

Aos meus amigos de laboratório pelos momentos de troca de conhecimento e apoio em momentos de luta. Aos meus amigos queridos de Pirassununga, Piracicaba, e São Carlos, e a todos aqueles que diretamente e indiretamente foram responsáveis pela construção deste trabalho.

Muito Obrigada!

EPÍGRAFE

“É preciso ter paciência para esperar o que vai acontecer. Pois algo vai acontecer, necessariamente. Na maioria dos casos, não há como acelerar os fatos. É preciso descobrir o prazer da paciência.”

Sebastião Salgado

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	15
1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1. A CULTURA DO TOMATEIRO	19
2.2. FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS E SALINIZAÇÃO	23
2.3. ADUBAÇÃO VERDE	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. LOCAL E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	31
3.2. PREPARO DO SOLO	32
3.3. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO	34
3.4. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DAS FONTES DE ÁGUA	35
3.5. CONDUÇÃO DA CULTURA DO MINITOMATE EM CONSÓRCIO COM OS ADUBOS VERDES	36
3.6. MANEJO DA FERTIRRIGAÇÃO	37
3.7. CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO	39
3.8. DIAGNOSE NUTRICIONAL DO MINITOMATEIRO, ANÁLISE DE MACRO E MICRONUTRIENTES NOS FRUTOS DO MINITOMATEIRO E ANÁLISE QUÍMICA DA PARTE AÉREA DOS ADUBOS VERDES	41
3.9. ANÁLISES DAS AMOSTRAS DE SOLO	42
3.10. EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA	42
3.11. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. MANEJO DA IRRIGAÇÃO E APORTE DE NUTRIENTES PELO EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO	45
4.2. DIAGNOSE FOLIAR DO MINITOMATEIRO <i>GRAPE</i>	50
4.3. PRODUÇÃO DE FITOMASSA DOS ADUBOS VERDES E TEORES DE NUTRIENTES	54
4.4. ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA (IRC)	60
4.4.1 ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA (IRC) DO MINITOMATEIRO	61
4.4.2 ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA (IRC) DOS ADUBOS VERDES	63

4.5. VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS DO MINITOMATEIRO	66
4.6. PRODUTIVIDADE DO MINITOMATEIRO	70
4.7. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS FRUTOS	77
4.8. QUALIDADE DOS FRUTOS DO MINITOMATEIRO	80
4.9. CORRELAÇÕES: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS FRUTOS E PARÂMETROS DE QUALIDADE.....	83
4.10. SOLUÇÃO DO SOLO.....	84
4.11. EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA.....	86
4.12. REDUÇÃO DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO PELO APORTE DO EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO	88
5. CONCLUSÕES	91
REFERÊNCIAS	93

RESUMO

Minitomateiro consorciado com adubos verdes fertirrigados com efluente tratado de laticínio

A demanda por minitomates do tipo *grape* tem-se mostrado em ascensão no mercado brasileiro. A adubação verde em cultivo consorciado com o minitomateiro e a utilização de efluentes tratados provenientes de indústria de laticínios para irrigação são técnicas sustentáveis que podem viabilizar a produção econômica desta cultura. O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade e qualidade do minitomateiro cultivado em sistema de consórcio com adubos verdes fertirrigados com efluente tratado de laticínio. O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial (5 x 2) com quatro adubos verdes em consórcio com o minitomateiro: *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), *Crotalaria spectabilis* (crotalária-espectábilis), *Lupinus albus* (tremoço-branco) e *Pennisetum glaucum* (milheto) e uma testemunha (sem adubação verde – minitomateiro solteiro), e duas fontes de água utilizadas na fertirrigação (água de torneira e efluente anaeróbico tratado), com quatro repetições. O efluente tratado por sistema anaeróbico foi caracterizado quinzenalmente ao longo do experimento e foram avaliados: a diagnose foliar do minitomateiro, produção de fitomassa dos adubos verdes e acúmulo de nutrientes, produtividade, composição química e qualidade de frutos do minitomateiro e eficiência de uso da água. Os maiores teores de nitrogênio foram determinados nas folhas do minitomateiro solteiro fertirrigado com água de torneira e para o minitomateiro em consórcio com crotalária-espectábilis fertirrigado com efluente anaeróbico tratado. A aplicação do efluente tratado de laticínio supriu de maneira adequada o fornecimento de nitrogênio ao minitomateiro. Os adubos verdes, com exceção do milheto, não competiram por nutrientes com o minitomateiro, no entanto, não favoreceram a produtividade do minitomateiro. O maior número de fruto ocorreu para o cultivo solteiro e para o minitomateiro em consórcio com tremoço-branco. Os frutos do minitomateiro *grape* apresentaram maior teor de sólidos solúveis totais quando fertirrigados com efluente tratado de laticínio. Os consórcios com crotalária-espectábilis e feijão-de-porco apresentaram as maiores eficiências de uso da água na produção de frutos, e os tratamentos fertirrigados com água de torneira apresentaram maior EUA em comparação aos fertirrigados com efluente anaeróbico. A utilização do efluente anaeróbico tratado de laticínio reduziu em média 90,89 % da aplicação de nitrogênio via fertilizante. É possível substituir a água pura ou potável pelo efluente tratado de laticínio na fertirrigação do minitomateiro.

Palavras-chave: Cultivo intercalar; Reuso de água; *Solanum lycopersicum*

ABSTRACT

Mini Tomato intercropped with fertirrigated green manure with treated dairy effluent

The consumption of cherry tomato has been on the rise in the Brazilian salad market. The green manures in intercropping with the cherry tomato and the use of treated effluents from the dairy industry for irrigation are sustainable techniques that can allow the economic production of this crop. The objective of the present work was to evaluate the productivity and post-harvest of the cherry tomato cultivated in a consortium system with different green manures, fertirrigated with treated dairy effluent. The experiment was carried out in a randomized complete block (5 x 2) with four green manures: *Canavalia ensiformis* (jack bean), *Crotalaria spectabilis* (Crotalaria-espectábilis), *Lupinus albus* (white lupine) and *Pennisetum glaucum* (millet) and one control (no green manuring), and two water sources used in fertigation (tap water and treated anaerobic effluent), with four replications. The effluent treated by anaerobic system was characterized biweekly throughout the experiment and were evaluated: foliar diagnosis of mini tomato, phytomass production of green manures and nutrient accumulation, productivity, chemical composition and fruit quality of mini tomato and water use efficiency. The highest levels of nitrogen were determined in the leaves of the single cherry tomato fertirrigated with tap water and for the cherry tomato in consortium with crotalaria-espectábilis fertirrigated with treated anaerobic effluent. The application of the treated dairy effluent adequately provided the nitrogen supply to the cherry tomato. The green manures, with the exception of millet, did not compete for nutrients with the cherry tomato, although, did not favor the productivity of the cherry tomato. The highest number of fruits occurred for the single crop and for the cherry tomato in consortium with white lupine. The fruits of the cherry tomato showed higher soluble solids contents when fertirrigated with treated dairy effluent. The crotalaria-espectábilis and jack bean consortia had the greatest water use efficiencies in fruit production, and fertirrigated treatments with tap water showed higher WUE in comparison to fertirrigates with anaerobic effluent. The use of the treated anaerobic effluent of dairy reduced on average 90.89% of the application of nitrogen via fertilizer. It is possible to replace pure or potable water by treated dairy effluent in the cherry tomato fertirrigation.

Keywords: Intercropping; Water reuse; *Solanum lycopersicum*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas (°C) e umidade relativa do ar (%) mínimas, máximas e médias no período de 4/10/2017 a 29/01/2018. Fonte: própria autoria.....	31
Figura 2. Croqui do experimento com dez tratamentos e quatro repetições. Fonte: própria autoria.....	32
Figura 3. Pré-cultivo de aveia-preta em consórcio com milho. Fonte: Própria autoria.	34
Figura 4. Representação gráfica da parcela experimental: tomateiros nas extremidades e os adubos verdes em duas linhas ao centro. Fonte: própria autoria.	37
Figura 5. Placas de petri contendo os minitomates para análise de cor. Fonte: Própria autoria.	40
Figura 6. Variação da umidade do solo em função dos dias após o transplante (DAT) do minitomateiro durante seu ciclo de cultivo, para os tratamentos irrigados com água de torneira (AT) em consórcio com: MI: milho; CS: crotalaria-espectabilis; TB: tremoço-branco; FP: feijão-de-porco; TEST: testemunha, minitomateiro solteiro; θ_{cc} : umidade na capacidade de campo; θ_{crit} : umidade crítica. Fonte: própria autoria.....	47
Figura 7. Variação da umidade do solo em função dos dias após o transplante (DAT) do minitomateiro durante seu ciclo de cultivo, para os tratamentos irrigados com efluente anaeróbio tratado (EAN) em consórcio com: MI: milho; CS: crotalaria-espectabilis; TB: tremoço-branco; FP: feijão-de-porco; TEST: testemunha, minitomateiro solteiro; θ_{cc} : umidade na capacidade de campo; θ_{crit} : umidade crítica. Fonte: própria autoria.....	48
Figura 8. IRC – Índice Relativo de Clorofila a, b e Total das folhas dos minitomateiros cultivados em consórcio com os adubos verdes (milho, crotalaria-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) mais um tratamento testemunha, irrigados com diferentes fontes de água (AT – água de torneira, EAN – efluente anaeróbio), por 99 DAT (dias após o transplante). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.....	63
Figura 9. Número de frutos colhidos por m ² , por tratamento ao longo de 114 DAT (Dias após o transplante), sendo MI = milho, CS = crotalaria – espectabilis, FP = feijão-de-porco, TB = tremoço-branco e Teste = testemunha. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.....	67
Figura 10. Número de frutos totais colhidos por m ² , por tratamento ao longo de 114 DAT (Dias após o transplante), sendo MI = milho, CS = crotalaria – espectabilis, FP = feijão-de-porco, TB = tremoço-branco e Teste = testemunha. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.....	68
Figura 11. Pragas incidentes ao longo dos 114 dias após o transplante. Percevejo à esquerda (A) e lagarta à direita (B). Fonte: própria autoria.	70
Figura 12. Produtividade em g m ⁻² obtida por tratamento ao longo de 114 DAT (Dias após o transplante), sendo MI = milho, CS = crotalaria-espectabilis, FP = feijão-de-porco, TB = tremoço-branco e Teste = testemunha. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.....	72

Figura 13. Produtividade total ao longo de 114 DAT (Dias após o transplântio), sendo MI = milho, CS = crotalaria – espectabilis, FP = feijão-de-porco, TB = tremoço-branco e Teste = testemunha. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria. 74

Figura 14. Produtividade para a classe grande de frutos e para o total (sem classificação), de acordo com as duas fontes de água AT = água de torneira e EAN = Efluente anaeróbico tratado, ao longo de 114 DAT (dias após transplântio). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria 75

Figura 15. Variação do teor de sólidos solúveis totais (SST), em °Brix, para duas fontes de água (AT = Água de torneira; EAN = Efluente tratado anaeróbico), em três datas (64, 79 e 100 dias após o transplântio – DAT). Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre as fontes de água e minúsculas entre as datas, pelo teste de tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria 82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise química do solo na camada de 0-30cm antes do cultivo consorciado de minitomate com adubos verdes. Universidade de São Paulo, FZEA/USP, Pirassununga, 2017.	33
Tabela 2. Variáveis analisadas, método analítico e local para a caracterização das fontes de água.	36
Tabela 3. Quantidade de nutrientes recomendada para dois estágios, em dias após o transplântio (DAT) do ciclo de minitomate.	38
Tabela 4. Caracterização físico-química da água de torneira (AT) e do efluente tratado por sistema anaeróbio (EAN) proveniente do laticínio escola da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP). Pirassununga, 2017/2018	46
Tabela 5. Lâmina de Irrigação aplicada ao longo do ciclo de cultivo do minitomateiro consorciado com adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco, tremoço branco) e a testemunha (cultivo solteiro do minitomateiro), para as fontes (AT – água de torneira; EAN – efluente tratado por sistema anaeróbio).	46
Tabela 6. Aporte nutricional às parcelas experimentais no ciclo de cultivo de 114 DAT (dias após o transplântio) do minitomateiro.	49
Tabela 7. Aporte de sódio (Na) e cloro (Cl) aos tratamentos irrigados com efluente tratado anaeróbiamente.....	50
Tabela 8. Teores de macronutrientes contidos nas folhas do minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira –AT e efluente anaeróbio – EAN)......	51
Tabela 9. Teores de micronutrientes contidos nas folhas do minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN)......	52
Tabela 10. Teores de sódio contidos nas folhas do minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN)......	54
Tabela 11. Massa fresca da parte aérea dos adubos verdes (tremoço-branco, milheto, feijão-de-porco, crotalária-espectabilis) cultivados em consórcio com o minitomateiro, fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN)......	55
Tabela 12. Massa seca da parte aérea dos adubos verdes (tremoço-branco, milheto, feijão-de-porco, crotalária-espectabilis) cultivados em consórcio com o minitomateiro, fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN)......	55
Tabela 13. Massa fresca de raiz dos adubos verdes (tremoço-branco, milheto, feijão-de-porco, crotalária-espectabilis) cultivados em consórcio com o minitomateiro, fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN).	56
Tabela 14. Concentração de macronutrientes nas folhas dos adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN).	57

Tabela 15. Concentração de micronutrientes nas folhas dos adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbico – EAN).	59
Tabela 16. Concentração de sódio (Na) nas folhas dos adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbico – EAN).	60
Tabela 17. Índice Relativo de Clorofila (IRC) a, b e Total das folhas do minitomateiro cultivado em consórcio com os adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbico – EAN).	62
Tabela 18. Índice Relativo de Clorofila (IRC) para clorofila a, b e Total das folhas dos adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbico – EAN).	64
Tabela 19. Índice Relativo de Clorofila (IRC) para clorofila a, b e Total das folhas dos adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) em três datas distintas (43, 52 e 59 dias após semeadura).....	65
Tabela 20. Ajustes obtidos para as regressões das classes pequena, média e grande, e total, para o número de frutos, para cada tratamento.....	69
Tabela 21. Ajustes obtidos para as regressões das classes pequena, média e grande, e sem classificação (total) para produtividade do tomateiro consorciado com adubos verdes e solteiro.	73
Tabela 22. Massa de descarte de frutos (MDF) e número de frutos descartados (NFD) para o minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e solteiro (testemunha), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbico – EAN).	76
Tabela 23. Teores de macronutrientes dos frutos do minitomateiro cultivados em consórcio com adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e a testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbico – EAN).	77
Tabela 24. Teores de micronutrientes dos frutos do minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbico – EAN).	79
Tabela 25. Teores de sódio nos frutos do minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira –AT e efluente anaeróbico – EAN).	80
Tabela 26. Valores médios de pH, teor de sólidos solúveis (SST), acidez titulável (AT) e relação SST/AT para o minitomate cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco, tremoço-branco) e a testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com diferentes fontes de água (água de torneira –AT e efluente anaeróbico – EAN).....	81
Tabela 27. Teor de sólidos solúveis (SST) contidos nos frutos do minitomateiro cultivado em consórcio com diferentes adubos verdes (milheto, crotolária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com diferentes fontes de água (água de torneira –AT e efluente anaeróbico – EAN).	81

Tabela 28. Coeficientes de correlação de Spearman entre as concentrações de nutrientes no minitomateiro e as variáveis de qualidade, para duas fontes de água: água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN.....	84
Tabela 29. Valores médios de condutividade elétrica (CE) e pH para o extrato solução do solo obtida na profundidade de 0 – 30 cm, aos 59 e 114 DAT, para AT e EAN.....	85
Tabela 30. Eficiência de uso da água (EUA) para os minitomateiros cultivados em consórcio com diferentes adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira –AT e efluente anaeróbio – EAN).....	86
Tabela 31. Eficiência de uso da água (EUA) para os adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) fertirrigados com diferentes fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN).	87
Tabela 32. Razão entre a EUA (eficiência de uso da água) dos tratamentos consorciados com adubos (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço) com a EUA do tratamento testemunha, para produtividade do minitomateiro, para duas fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN)	88
Tabela 33. Economia de nitrogênio e potássio na fertirrigação com efluente tratado de laticínio (ENA) no cultivo do minitomateiro em consórcio com adubos verdes ao final do ciclo da cultura.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AT	Água de Torneira
AT	Ácidez titulável
CE	Condutividade Elétrica
DAS	Dias após a Semeadura
DAT	Dias após o transplântio
EAN	Efluente Anaeróbio
EUA	Eficiência de Uso da Água
SST	Teor de sólidos solúveis totais

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) é atualmente a olerícola mais comercializada nacionalmente, cerca de 28 mil toneladas por mês segundo a AGRIANUAL (2018), e ainda segundo a FAOSTAT (2016) a produção mundial de tomates chegou a 177 milhões de toneladas por ano. Em escala nacional, este número correspondeu a 4,37 milhões de toneladas em 2017, de modo que atualmente o Brasil está entre os dez maiores produtores mundiais (IBGE, 2018; FAOSTAT, 2016). A classe de minitomate (cereja/grape) é a quarta mais consumida nacionalmente e está em constante ascensão, apresentando alto valor agregado (PEREIRA-CARVALHO et al., 2014).

De modo geral, o minitomateiro é cultivado em ambiente protegido em substrato, com intensivo manejo cultural. O mesmo necessita de cuidados com a irrigação e a aplicação de fertilizantes, que devem ocorrer no tempo correto e em quantidades adequadas ao seu desenvolvimento (ALVARENGA, 2013). Visando a otimização e a conservação dos recursos naturais e a minimização dos impactos ambientais, tem se aumentado a adoção de práticas alternativas para a produção de hortaliças. Neste contexto, duas práticas que se mostram viáveis são: a adubação-verde e a utilização de águas residuárias provenientes das agroindústrias.

A produção de lacteos corresponde a uma atividade de grande importância econômica e em 2017 a produção mundial de leite alcançou aproximadamente 353 milhões de toneladas de acordo com a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico pertencente à Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (OECD, 2017). No Brasil a indústria de laticínios apresenta grande importância econômica, tendo produção estimada em 2016 de 23,2 milhões de litros de leite (IBGE, 2017). A utilização dos resíduos gerados por este setor, cerca de 2,5 litros de efluente gerados por litro de leite processado, na irrigação de culturas pode ser uma alternativa para evitar o lançamento inadequado dos mesmos nos corpos hídricos e beneficiar culturas de interesse agrícola. As vantagens na utilização das águas residuárias para irrigação concentram-se na possibilidade do aporte e da reciclagem de nutrientes, possibilitando redução na aplicação de fertilizantes, e na otimização do recurso água. Entretanto, para que a aplicação desta prática seja satisfatória, alguns cuidados devem ser considerados, de forma a evitar a salinização do solo e a contaminação de águas subterrâneas (VAN DER HOEK et al., 2002).

Os efluentes provenientes dos laticínios apresentam riscos moderados a severos de salinização do solo segundo Ayers e Westcot (1999), uma vez que caracterizações químicas deste efluente efetuadas por Gomes et al. (2017), Donatti et al. (2017) e Prazeres et al. (2016) indicam condutividades elétricas superiores a 2,0 dS m⁻¹. Isto se deve principalmente ao sódio, utilizado no processo de salga da produção de queijos. Além disso, as concentrações de nitrogênio e

fósforo são elevadas, as quais podem vir a eutrofizar as águas superficiais, quando as águas residuárias são dispostas sem tratamento ou apenas com tratamento primário.

Uma alternativa à disposição do efluente em corpos hídrico é sua utilização na irrigação de espécies com tolerância a salinidade. Entre os adubos verdes, as leguminosas foram estudadas por Santos et al. (2014), sendo que a *Crotalaria juncea* não teve seu desenvolvimento afetado por salinidade de até 4 dS m⁻¹ de condutividade elétrica. Além disso, a adubação verde contribui para o aumento do teor de matéria orgânica do solo, aumento da capacidade de troca catiônica, melhoria das propriedades físicas do solo e possibilita a mobilização e ciclagem de nutrientes.

Os adubos verdes também podem contribuir no controle da erosão do solo, diminuição da emissão de gases de efeito estufa e controle de pragas (TAO et al., 2017; ZHANG et al., 2016; FAGERIA, 2007). Quando em consórcio com hortaliças, a adubação verde pode proporcionar aumento de produção, redução na utilização de fertilizantes e eficácia no uso da água por meio da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Destacam-se entre as espécies mais utilizadas a família das fabáceas (leguminosas), pela fixação biológica de nitrogênio pelas bactérias nitrificantes que se encontram em simbiose com as raízes das plantas dessa família.

Neste contexto, visando a sustentabilidade agrícola, a integração entre práticas corresponde à uma alternativa capaz de otimizar os recursos requeridos pela produção de alimentos, bem como permite potencializar a produtividade de forma consciente. Como a cultura do minitomate corresponde à uma das mais custosas em demanda nutricional, a fertirrigação a partir de efluentes tratados de laticínios pode ser uma prática de redução de custos, uma vez que permite minimizar a demanda por nutrientes.

Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade e qualidade do minitomateiro *grape* cultivado em consórcio com adubos verdes fertirrigados com efluente tratado de laticínio como fonte de água e nutrientes. Com isto, pretende-se responder às seguintes perguntas: - É possível substituir a água pura ou potável pelo efluente tratado de laticínio na fertirrigação do minitomateiro? – A aplicação do efluente tratado de laticínio pode suprir de maneira adequada o fornecimento de nitrogênio ao minitomateiro? – Os adubos verdes cultivados em consórcio irão favorecer a produtividade do minitomateiro? Este favorecimento se dará pela absorção de sódio tornando o ambiente favorável ao desenvolvimento do minitomateiro ou por outro mecanismo? Os frutos produzidos neste sistema terão sua qualidade afetada?

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura do Tomateiro

O tomateiro corresponde à uma planta originalmente perene, arbustiva de crescimento indeterminado e com origem incerta, apresentando início de domesticação no México e no Peru (RICK, 1978; PERALTA; SPOONER, 2007). O cultivo de tomate é dividido em dois tipos: indeterminado e determinado, sendo que o tipo indeterminado ocorre na maioria das cultivares destinadas à produção de frutos para mesa e o hábito determinado, principalmente, é característico das cultivares melhoradas geneticamente destinadas ao processamento na agroindústria (FONTES; SILVA, 2005; PIOTTO; PERES, 2012; TAKAHASHI; CARDOSO, 2015). Em ambos os tipos, de crescimento determinado e indeterminado, o florescimento ocorre após a emissão de oito a doze folhas (PIOTTO; PERES, 2012). Segundo Alvarenga (2013) há três fases para o ciclo do tomateiro: a primeira fase, compreendida entre o transplântio das mudas e o florescimento (até 65 DAT), a segunda fase, compreendida entre o florescimento e o início da colheita dos frutos (até 115 DAT) e a terceira fase, a qual corresponde do início ao final da colheita.

Quanto à temperatura, o tomateiro se desenvolve numa faixa entre os 13-14°C e os 27 - 28°C, de modo que temperaturas abaixo dos 12°C podem inibir o crescimento vegetativo, atrasar a germinação de sementes e prejudicar a maturação dos frutos e temperaturas acima dos 30°C reduzem a formação de frutos, provocam alteração de coloração nos mesmos, ocasionam queimaduras foliares e interferem na viabilidade do pólen (MINAMI; MELLO, 2017; RUDICH et al., 1977). Segundo Alvarenga (2013), temperaturas baixas, excesso de umidade nas folhas e fotoperíodo inferior a 12 horas podem provocar sérios prejuízos, como a incidência de doenças foliares e pragas. Anderlini (1970) ainda sugere que é preciso de no mínimo 12°C para germinação, 21°C para o florescimento e 23°C para amadurecimento dos frutos. Entretanto, é importante lembrar que a tolerância do tomateiro em relação à temperatura varia de acordo com a cultivar e o estágio da cultura (HOLCMAN, 2009).

Relativamente ao tomate tipo mini, alguns autores (MÜLLER, 1940; LUCKWILL, 1943; RICK; HOLE, 1990) consideram que o mesmo é o precursor selvagem do *S. lycopersicum*, embora Nesbitt e Tanksley (2002) sugeriram que este tipo de tomate surgiu a partir do cruzamento de *Solanum lycopersicum* com uma espécie selvagem como *S. pimpinellifolium* (KNAPP; PERALTA, 2016). O minitomate foi introduzido no Brasil há duas décadas e sua demanda tem crescido devido às suas propriedades organolépticas, que agradam o consumidor. As cultivares deste tipo de tomate, na maioria, são de crescimento indeterminado, exigindo desbrota para a redução no

número de hastes e aumento da qualidade dos frutos (TAKAHASHI; CARDOSO, 2015). Maciel et al. (2016), explicitam que a Associação Brasileira de Sementes e Mudas (ABCSEM) classifica os minitomates em 3 subgrupos: cereja, coquetel e grape. O tipo “Sweet Grape” é originário do Japão e foi introduzido no Brasil pela Sakata Seed em 2000. Devido à sua doçura elevada, entre 9 a 12 graus brix, o mesmo conquistou o mercado nacional e atualmente é produzido principalmente nas regiões centro-oeste e sudeste do país (SAKATA, 2018; CUNHA et al., 2014).

Em geral o cultivo de minitomates é realizado em ambiente protegido, em substrato e fertirrigado. O substrato deve apresentar boa capacidade de água, ausência de agentes fitopatogênicos, aeração adequada e características físicas constantes ao longo do ciclo de cultivo (MACIEL et al., 2016; BEZERRA et al., 2018; GUSMÃO; GUSMÃO; ARAÚJO, 2006). Quando em comparação com o cultivo em solo, o uso de substratos limita o crescimento radicular de plantas pela limitação espacial, mas em contrapartida é uma alternativa para solucionar problemas como salinização, uma vez que este substrato pode ser lavado e substituído a cada safra (SOARES et al., 2005).

O cultivo protegido para produção de culturas de alto valor agregado como a do minitomateiro, garante o estabelecimento de condições ambientais ótimas para o crescimento de plantas e reduz os efeitos da sazonalidade. Além disso o uso de cobertura plásticas pode potencializar a produtividade (HOLCMAN, 2017). O manejo de cultivo adotado também pode influenciar o desempenho da cultura do minitomateiro, sendo que a maioria dos produtores estão interessados na adoção de um sistema que produza um maior número de frutos pequenos sem comprometimento de qualidade (VARGAS et al., 2017). Vargas et al. (2017), analisando diferentes híbridos de minitomateiro, constataram que melhores desempenhos foram obtidos no sistema de condução vertical e com duas hastes.

Nacionalmente não existem normas de classificação para minitomateiros, embora seja interessante do ponto de vista agrícola promover uma padronização para agregação de valor. Dentre os estudos destinados à classificação de frutos de minitomateiros é possível citar os trabalhos de Perin et al. (2018) e de Cunha et al. (2016).

2.1.1. Nutrição do minitomateiro: impactos no desenvolvimento da cultura e qualidade de frutos

De maneira geral, o tomateiro é uma planta muito exigente por nutrientes. No Brasil os estudos pioneiros sobre a marcha de absorção do tomateiro sugerem que os nutrientes mais absorvidos em ordem decrescente são: K, N, Ca, S, P e Mg (GARGANTINI; BLANCO, 1968; HAAG, et al., 1978). Entretanto, Koleska et al. (2017), sugerem que os principais problemas

ocasionados ao metabolismo destas plantas estão associados à deficiência de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

Estes três nutrientes são essenciais ao processo de fotossíntese e estão ligados ao bom desenvolvimento da cultura. No caso do fósforo, o mesmo é essencial à boa formação de frutos e sementes, auxiliando na resistência à doenças e pragas. O potássio melhora o desempenho da planta frente a fatores abióticos, como geadas, sodicidade e salinidade dos solos (IPNI, 1998; ÇOLPAN; ZENGİN; ÖZBAHÇE, 2013). Já o cálcio tem elevada função estrutural, participando dos pectatos constituintes das paredes celulares dos órgãos das plantas, enquanto enxofre e magnésio são constituintes de uma série de enzimas e proteínas, destacando que o magnésio é o átomo central da molécula de clorofila (IPNI, 1998; MARSCHNER, 2012).

Relativamente à qualidade dos frutos formados, a deficiência de cálcio em tomateiros ocasiona a podridão estilar (ou fundo preto), embora estudos sugiram que variedade de tomates do tipo cereja sejam raramente afetados por esta desordem metabólica (VINH et al., 2018). Já o potássio está relacionado ao tamanho dos frutos e aumento de açúcares, influenciando parâmetros como o teor de sólidos solúveis, como explicitado por Feltrin et al. (2005) e Çolpan, Zelgn e Özbahçe (2013). Cabe ainda citar que o boro, quando em deficiência na planta ocasiona frutos assimétricos e com lóculos abertos (SILVA et al., 2006; ALVARENGA, 2013), pois o mesmo apresenta um importante papel nas integridades de membrana, além de que plantas deficientes em boro tendem a apresentar menores teores de açúcares totais (MINAMI; MELLO, 2017).

Para correlacionar se deficiências nutricionais no tomateiro acarretam perda de qualidade de frutos, uma série de características físico-químicas são avaliadas para classificação da produção, uma vez que os frutos são os grandes drenos de nutrientes e fotoassimilados. Dentre estas é possível citar: peso, coloração, teor de sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez total titulável (AT) e ratio (SST/AT). O teor de sólidos solúveis totais se caracteriza como uma medida indireta do teor de açúcares no fruto, medido em °Brix, enquanto a acidez titulável corresponde à mensuração da concentração, no caso do tomate, de ácido cítrico contido no fruto, de modo que a relação entra estas duas variáveis expresse o grau de maturação do fruto (GIORDANO et al., 2000).

Paula et al. (2015), sugerem que a qualidade do fruto varia de acordo com a época de colheita e maturação, citando que alguns trabalhos indicam que as características físico-químicas são influenciadas pelas práticas culturais e aspectos agronômicos. Ferreira et al. (2006), estudaram a influência do aumento de doses de nitrogênio na qualidade pós-colheita de tomates cv. Santa Clara, e concluíram que não houve influência do aumento das doses sobre a acidez titulável, o pH e o teor de sólidos solúveis totais. Na mesma linha, Macedo e Alvarenga (2005), estudando a

aplicação de 4 distintas lâminas de água (40, 60, 80 e 100% Kc.Ev) e 4 distintas dosagens de potássio (300, 500, 700 e 900 kg ha⁻¹ de K₂O) via fertirrigação na cultura do tomateiro, constataram aumento do teor de sólidos solúveis (SST) conforme aumento das lâminas de irrigação, pH e acidez total em função das dosagens de potássio até 700 kg ha⁻¹ de K₂O.

Takahashi et al. (2018) estudando o manejo da solução nutritiva no pós colheita de tomate salada, concluíram que a forma de manejo e a concentração inicial da solução nutritiva afetam a qualidade do pós-colheita de frutos de tomate. Dentre as formas de manejo adotadas por estes autores, uma foi baseada no manejo da condutividade elétrica do lixiviado e a outra na concentração de Cl como critério limitante também do lixiviado. As duas concentrações iniciais da solução nutritiva adotadas foram representadas pelas condutividades elétricas de 1,6 e 3,2 dS m⁻¹, respectivamente. Para as concentrações de nutrientes, os maiores teores de N, P e S foram obtidos para o manejo baseado nas concentrações de Cl no lixiviado como critério limitante, para Mg não foram constatadas diferenças e para K e Ca verificou-se a interação dos fatores. Já para o teor de sólidos solúveis (SST), quando a condutividade elétrica inicial da solução nutritiva correspondeu a 1,6 dS m⁻¹, com base no manejo do lixiviado pela condutividade elétrica, os valores foram menores.

Desta forma, é possível constatar que os aspectos nutricionais para a cultura do tomate, englobando a maioria das cultivares, são essenciais para a qualidade dos frutos produzidos. Isto acarreta numa demanda balanceada de nutrientes, o que, por sua vez, pode gerar altos custos. Alvarenga (2013) relata que a extração de macronutrientes por tonelada de colheita de tomateiros varia para o nitrogênio entre 2,1 a 3,8 kg, para o fósforo de 0,3 a 0,7 kg, para o potássio entre 4,4 a 7,0 kg, para o cálcio entre 1,2 a 3,2 kg e para o magnésio 0,3 a 1,1 kg. Fayad et al. (2002), avaliando a extração de nutrientes (kg) por toneladas de fruto para cultivar Santa Cruz, encontraram para enxofre, zinco, cobre, ferro e manganês respectivamente 0,51, 0,0052, 0,0361, 0,0207 e 0,0228 kg.

Segundo o Agrianual de 2017, os custos totais de produção de tomate estaqueado por hectare foram de aproximadamente R\$ 86.114,00, sendo R\$ 53.277,00 correspondentes aos gastos com fertilizantes/corretivos, sementes e defensivos (62 % do custo total). Apenas os fertilizantes, correspondem a R\$ 7.277,00, o que representa 8,4 % dos gastos totais. Já para o tomate produzido em estufa, o custo total foi cerca de R\$ 34.377,00 por ciclo a cada 2.200 m², sendo os custos com insumos e materiais correspondentes a R\$ 9.000,00 (26 % do custo total de produção). Visando a sustentabilidade econômica e ambiental, a utilização de águas residuárias como fonte de água configura-se numa alternativa viável ao suprimento de nutrientes e redução de custos na produção de minitomates.

2.2. Fertirrigação com águas residuárias e salinização

A técnica de fertirrigação pode ser definida como a aplicação de fertilizantes via sistema de irrigação, sendo que esta aplicação pode ser adequada ao estágio fenológico de determinada cultura (PUTTI et al., 2014). Estudos comprovam que esta técnica, desde que administrada corretamente, é capaz de aumentar a produtividade da cultura do tomateiro e melhorar os parâmetros de qualidade dos frutos (LUO; LI, 2018; ZANG et al., 2015; XING et al., 2015).

Para que a fertirrigação seja eficaz é necessário que o fertilizante selecionado apresente alta solubilidade e o sistema de irrigação tenha boa uniformidade de aplicação de água. O método que melhor proporciona efeitos benéficos desta prática é o localizado e a microaspersão (PUTTI et al., 2014).

Dentre as várias práticas de conservação do uso da água de melhor qualidade, a utilização de técnicas não convencionais tem sido crescente. Neste contexto, a utilização de águas residuárias para o reuso agrícola caracteriza-se como uma excelente alternativa, uma vez que preserva suprimentos potáveis, reduz o descarte de efluentes potencialmente poluentes nos corpos d'água superficiais e aumenta benefícios econômicos aos produtores devido à redução na taxa de aplicação de fertilizantes (PARANYCHIANAKIS et al., 2006).

Segundo Bixio et al. (2006), no sul da Europa a utilização das águas residuárias está voltada em 44,48 % para a agricultura irrigada, embora a França imponha algumas restrições à utilização desta prática na agricultura. Estas restrições relacionam-se com a produção segura de alimentos, uma vez que a irrigação com águas residuárias pode gerar contaminações. Relativamente à utilização de água residuária para fins agrícolas no Brasil não existe legislação que dê as normativas para sua aplicação, entretanto a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) possui uma orientação para a utilização de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura, lançada no ano de 2006. Tal documento estabelece critérios mínimos e exigências técnicas para proteção do meio ambiente, da saúde humana e da manutenção da produtividade das culturas.

Pesquisas têm sido desenvolvidas com a finalidade de demonstrar o potencial de reuso de efluentes agroindustriais em diferentes culturas agrícolas. Alguns trabalhos tem se destinado ao estudo da aplicação destes efluentes em culturas para consumo humano, como é o caso do trabalho desenvolvido por Gomes et al. (2017), o qual os autores tiveram por objetivo analisar o estado nutricional do cultivo de beterraba irrigada com efluente tratado de laticínio. Neste trabalho os autores concluíram que a irrigação com este tipo de água residuária promoveu níveis adequados de macronutrientes nas folhas e raízes, e que os teores de sódio aumentaram conforme o aumento da lâmina de irrigação (50%, 100% e 150% de reposição da estimativa da

evapotranspiração da cultura). Neste estudo, o potássio apresentou comportamento antagônico aos teores de sódio, diminuindo nos tratamentos irrigados com efluente tratado de laticínio.

A associação das técnicas de fertirrigação e de reuso podem resultar num efeito benéfico às culturas, desde que haja o manejo correto da fertilização. Algumas culturas como o algodão (BEZERRA, FIDELES FILHO, 2009), mamona (AZEVEDO et al., 2007), alface (BAUMGARTNER et al., 2007) se beneficiam deste sistema de produção.

Especificamente para a cultura do tomateiro, tanto efluentes de origem de esgoto doméstico quanto de origem agroindustrial, tem sido estudado quanto ao seu potencial de reuso. Aiello, Cirelli e Consoli (2007) estudaram a qualidade de frutos de tomate irrigados com esgoto doméstico e sua influência sobre as características do solo, constatando potencial de reuso uma vez que não foram verificadas contaminações microbiológicas dos frutos, apesar das características físicas do solo terem sido afetadas negativamente (redução da porosidade total do solo e consequente diminuição de retenção de água no solo e condutividade hidráulica). De modo semelhante Cunha et al. (2014) avaliaram a produtividade de minitomates da cultivar *Sweet grape* constatando ausência de diferenças entre as soluções aplicadas para fertirrigação (efluente de esgoto doméstico e solução nutritiva convencional), indicando o potencial de reuso para o cultivo de minitomate em hidroponia. Ainda em um estudo seguinte, Cunha, Ferreira e Sandri (2016) avaliaram a classificação/qualidade de minitomates da mesma variedade citada fertirrigados com esgoto doméstico, concluindo que para minitomates da classe pequena os pesos foram maiores quando irrigados com efluente doméstico tratado enriquecido nutricionalmente.

Quanto ao reuso de efluentes provenientes da agroindústria, Prazeres et al. (2013) e Prazeres et al. (2016) estudaram a produção de tomate sobre a fertirrigação com efluente de soro do leite de origem da produção de queijos e de requeijão, buscando compreender o desenvolvimento da cultura sobre condições salinas e efeitos sobre qualidade e produtividade. No primeiro estudo constatou-se que o cultivo dos tomateiros com águas residuárias diluídas não leva a efeitos negativos visíveis, embora os teores foliares de sódio aumentem com o nível de salinidade destas águas e que a cultivar Rio Grande apresentou-se mais tolerante à salinidade devido ao maior acúmulo de Ca e K. No segundo trabalho citado, os autores constataram que o aumento da salinidade nas águas residuárias, numa faixa de 1,75 a 10,02 dS m⁻¹, diminuíram a produtividade da cultivar Roma, enquanto que para cultivar Rio Grande, até os 3,22 dS m⁻¹, foram verificados incrementos de até 21 % da produtividade, o que ressalta a tolerância à salinidade desta cultivar.

De modo semelhante Malheiros et al. (2012) também estudaram o cultivo hidropônico de tomate-cereja com a utilização de efluente proveniente de indústria de sorvete, com diferentes doses de efluente, concluindo que soluções nutritivas com 25% de substituição por efluente

proporcionaram as melhores produtividades. Isto indica que efluentes provenientes da indústria de laticínios apresentam grande potencial de reuso uma vez que podem ser fonte de nutrientes necessários ao bom desenvolvimento de culturas como a o tomateiro, embora possam ocasionar problemas de salinização ao solo pela aplicação contante.

A agroindústria de laticínios tem grande potencial poluente, uma vez que cerca de 2,5 litros de efluente são gerados para cada litro de leite processado (VILLA et al., 2007) e tais efluentes são gerados em limpezas de tanques de processamento, trocadores de calor, tubulações, homogeneizadores e demais equipamentos (BRIÃO; TAVARES, 2007). Ainda segundo Silva, Siqueira e Nogueira (2018), o principal agente poluidor deste tipo de efluente é o soro, que é cerca de 90% constituinte do leite e possui baixo aproveitamento na indústria de lácteos. Além da alta carga de matéria orgânica, gorduras, sólidos suspensos e nutrientes, estas águas residuárias também apresentam solventes, detergentes e outros produtos químicos (SARKAR et al., 2006; VOURCH et al., 2008). Desta forma, o reuso deste efluente, desde que tratado de forma correta, corresponde à uma técnica viável para mitigar os impactos gerados pelo mesmo quando dispostos em corpos hídricos.

Segundo Cichello, Ribeiro e Tommaso (2012), efluentes de laticínios apresentam alta carga de matéria orgânica, altos teores de nitrogênio e fósforo e alta condutividade elétrica devido ao processo de salga do queijo, e visando o reuso, o tratamento mais indicado para este tipo de efluente é o anaeróbio. Isso se justifica mediante o fato de que embora o tratamento anaeróbio diminua a DQO (demanda química de oxigênio), SST (sólidos suspensos totais) e SSV (sólidos suspensos voláteis), as concentrações de nutrientes pós-tratamento, como nitrogênio e fósforo, são importantes fontes de nutrientes às culturas. Para disposição deste efluente em corpos hídricos esta condição não é adequada, entretanto, do ponto de vista agrícola isso se torna interessante uma vez que este efluente tratado anaerobicamente pode apresentar valor econômico como fertilizante (BAME et al. 2014; FOXON et al., 2004; MONTOYA et al., 2017).

Os efluentes com altos teores de sais podem ocasionar impactos negativos ao solo devido à salinidade/sodicidade bem como às plantas, embora segundo Prazeres et al. (2016) sugiram que diversos estudos demonstram que em condições salinas as propriedades físicas e químicas do solo sejam melhoradas quando cultivado com tomates. Eloi, Duarte e Soares (2007), concluíram em um experimento sobre diferentes níveis de salinidade e manejo de fertirrigação na cultura do tomate em cultivos protegidos, que o aumento da salinidade do solo reduz a altura inicial das plantas e a produção de frutos de tomate, de modo que a cultivar Débora Plus suportou até $3,03 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo. De modo geral Alvarenga (2013) sugere que o tomateiro apresenta-se moderadamente tolerante à salinidade, suportando valores na faixa dos $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ na solução do solo.

As culturas não respondem igualmente aos diferentes níveis de salinidade, sendo que algumas apresentam rendimentos satisfatórios na presença de elevada salinidade, pois possuem mecanismos osmóticos que favorecem a absorção de água nestas condições (AYERS; WESTCOT, 1999). Entretanto, geralmente a alta salinidade provoca desbalanço nutricional nas plantas devido à competição entre o sódio e os nutrientes no processo de absorção (DEMIRAL, 2005). Santos et al. (2017) avaliaram a concentração de nutrientes em tomates cereja cultivados em solução nutritiva com água salobra e constataram interações antagônicas entre os nutrientes, o que afetou suas concentrações nas plantas.

O sódio trocável promove a dispersão de argila e consequentemente a degradação de algumas propriedades físicas do solo, podendo reduzir o crescimento dos vegetais e diminuir a infiltração de água no solo. A precipitação em solos salinos-sódicos pode inclusive agravar problemas nestes solos uma vez que pode ocorrer lixiviação dos sais solúveis, provocando a diminuição da condutividade hidráulica (FREIRE et al., 2003). A sodicidade e a salinidade podem ser mensuradas por meio da solução do solo pela Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e por meio do solo pela Porcetagem de sódio trocável (PST) e argila dispersa.

Visando diminuir o impacto da salinização do solo proveniente da irrigação com efluente tratado de laticínios, Donatti et al. (2017) avaliaram o potencial fitorremediador de três espécies de adubos verdes forrageiros: *Calopogonium mucunoides* (calopogonio), *Cajanus cajan* (guandu-anão), e *Pennisetum glaucum* (milheto), sendo que após a irrigação com efluente anaeróbio tratado de laticínio, o milheto foi a espécie que mais fitoextraiu o sódio, embora a fitorremediação não tenha sido efetiva a ponto de possibilitar novas aplicações do mesmo efluente. Isto indica a necessidade de estudos com outras espécies de adubos verdes, tanto em cultivo solteiro, quando em cultivo consorciado, viabilizando a irrigação com águas residuárias ao longo do tempo.

2.3. Adubação verde

A adubação verde é a prática agrícola de cultivar plantas com a finalidade de recuperar, manter ou incrementar a fertilidade do solo. As plantas após manejadas, podem ser utilizadas como plantas de cobertura ou serem incorporadas ao solo visando acelerar sua decomposição e fornecimento de nutrientes minerais. Esta prática agrícola é muito antiga, adotada pelas civilizações grega, chinesa e romana (ROSSI; CARLOS, 2014). Dentre as espécies mais adotadas estão as fabáceas (leguminosas), devido à fixação biológica do nitrogênio, entretanto as poaceas

(gramíneas) e as crucíferas também têm sido utilizadas com grande relevância (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

Os principais benefícios proporcionados pela prática da adubação verde são: melhoria nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, por meio do aumento do teor de matéria orgânica, redução da erosão, fixação biológica do nitrogênio, aumento da fertilidade do solo, tolerância contra pragas, entre outras (ZHANG et al., 2016). Segundo Alcântara et al. (2000), os efeitos verificados nas propriedades químicas dos solos são bem variáveis dependendo da espécie de adubo verde utilizadas, do manejo da biomassa, da época de plantio, do tempo de permanência dos resíduos no solo e das condições locais.

Como fonte de nutrientes às culturas, é necessário conhecer, entre outras informações, a relação C/N de cada espécie, o ciclo de cultivo da espécie (se é compatível com o ciclo de cultivo da cultura comercial), a produtividade de matéria seca, a extração de nutrientes, entre outros (SILVA et al., 2014), visando selecionar adequadamente as espécies a serem cultivadas em sucessão/rotação ou consórcio. Dentre as fabáceas (leguminosas) Alvarenga et al. (1995) verificaram que o feijão-de-porco destacou-se tanto em acúmulo de nutrientes como em produção de matéria seca, enquanto em estações chuvosas ganham destaque as crotalárias (AMABILE; FANCELLI; CARVALHO, 1999).

O modo de cultivo de adubos verdes pode afetar os benefícios trazidos pelos mesmos, sendo cultivados principalmente em rotação, sucessão ou consórcio com a cultura de interesse econômico. De acordo com Aita, Giacomini e Ceretta (2014), quando em pré-cultivo, a decomposição dos resíduos culturais de adubos verdes pode apresentar distintos efeitos sobre a produção das culturas e sobre o ambiente. Deste modo, a partir do manejo adequado, os efeitos positivos podem ser maximizados. Estes mesmos autores sugerem que os efeitos benéficos, em relação à nutrição de plantas quando cultivadas em rotação, são obtidos de maneira mais rápida quando opta-se pelo sistema preparo convencional em contrapartida ao sistema de plantio direto, isto pois no sistema de preparo convencional há maior contato entre os resíduos dos adubos verdes e o solo, acelerando a decomposição. Apesar disso, em um estudo realizado por Pott e Feltrin (2008) com adubação verde em tomateiro em sistema orgânico, os autores concluíram que a adição da fitomassa das leguminosas sem incorporação ao solo, foi eficaz para aumentar o número de frutos médios e a produtividade do tomateiro.

De acordo com Willey (1990), a prática do cultivo de duas ou mais espécies vegetais em uma mesma área pode ser definida como consórcio. A finalidade do consórcio é o que o mesmo possa proporcionar rendimentos superiores da cultura comercial de interesse em comparação ao sistema de cultivo exclusivo. Neste contexto, a prática do consórcio pode contribuir com diversos serviços agroecossistêmicos, como melhoria da qualidade do solo, sequestro de carbono

e fitorremediação (CONG et al., 2015). Entretanto, para que estes benefícios sejam verificados, é necessário que a espécie escolhida para consórcio não entre em competição com a cultura de interesse agrícola, sendo portanto o maior desafio selecionar as culturas mais adequadas ao consórcio, bem como seu manejo (RIBAS et al., 2003).

Ainda segundo Willey (1979), são três as possíveis competições dentro do sistema consorciado: inibição mútua, compensação e cooperação mútua. Na inibição mútua, ambas as culturas escolhidas produzem menos que isoladamente, na compensação há uma espécie dominante e uma dominada, de modo que a dominante produza mais e na cooperação mútua ambas espécies são beneficiadas, havendo aumento da produção em relação ao cultivo exclusivo.

No cultivo de hortaliças, as espécies de adubos verdes mais utilizadas são predominantemente de ciclo anual, apresentam alto potencial de produção de biomassa e destaca-se a família das leguminosas. Para hortaliças de fruto, como o pimentão, o consórcio com adubos verdes com hábito de crescimento determinado, como as crotalárias e feijão-de-porco, mostra-se viável (GUERRA et al., 2014). As crotalárias em geral são de ciclo anual (verão), arbustivas e de crescimento determinado e se adaptam bem à terrenos arenosos e pouco férteis. O feijão-de-porco apresenta características semelhantes além de possuir tolerância ao sombreamento e bom desenvolvimento em solos com deficiência em fósforo (P). O tremoço-branco também já foi estudado no consórcio com minitomateiros por Rossi et al. (2012) e as plantas deste adubo verde são eretas, anuais, herbáceas e podem melhorar condições físicas do solo e fixar cerca de 130 kg $\text{há}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de N. Já o milheto, apesar de ser da família das poaceae, é uma opção de destaque aos cerrados brasileiros por ser adaptável a climas secos e pouco férteis. Apresenta crescimento ereto, anual, sistema radicular vigoroso e grande potencial de ciclagem de nutrientes (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014)

Tivelli et al. (2013), investigaram o consórcio de quiabeiro com mucuna-anã (*Mucuna deeringiana*) e crotalária-espectábilis (*Crotalaria spectabilis*), concluindo que a produção do quiabeiro foi aumentada com duas linhas de consórcio com estas leguminosas. Do mesmo modo, Cesar et al. (2007) constataram que as cultivares “Magali R” e “Magda Super” de pimentão, quando cultivadas em consórcio com *Crotalaria juncea*, tiveram suas produtividades aumentadas, bem como maior teor de nitrogênio nos frutos. Para a cultura do minitomateiro, um estudo realizado por Rossi et al. (2011), demonstrou que o cultivo de crotalária-júncea em consórcio com tomate-cereja incrementou sua produtividade.

2.3.1. Fitorremediação com Adubos Verdes

Solos salinizados e/ou sodificados apresentam problemas em suas propriedades físicas e químicas, o que prejudica o desenvolvimento das culturas. Segundo Qadir et al. (2000), os solos afetados por salinidade podem ser divididos em três categorias: salinos, salino-sódicos e sódicos, de modo que solos salinos apresentem no extrato de saturação do solo $CE \geq 4 \text{ dS m}^{-1}$ e RAS (Razão de adsorção de Sódio) < 13 , solos salino-sódicos $CE \geq 4 \text{ dS m}^{-1}$ e $RAS > 13$ e solos sódicos $CE < 4 \text{ dS m}^{-1}$ e $RAS \geq 13$.

Diversas técnicas têm sido empregadas para a remediação destes solos, dentre as quais se destaca a fitorremediação, na qual o uso de plantas contribui para redução de contaminantes do solo ou de sais, sendo as mesmas hiperacumuladoras ou tolerantes à salinidade (HERNANI; PADOVAN, 2014; JESUS et al., 2015; BHUIYAN; RAMAN; HODGKINS, 2016). Há diversos mecanismos de fitorremediação, sendo alguns deles: fitoextração, fitoestabilização e fitotransformação; na fitoextração os contaminantes são absorvidos pelas raízes e estocados nos órgãos superiores, na fitoestabilização são inicialmente imobilizados e depois acumulados nas raízes, e na fitotransformação são transformados em componentes menos tóxicos, através da absorção e quebra destes componentes (NOURI et al., 2017).

As plantas fitoextratoras ou tolerantes à salinidade são conhecidas como halófitas, por tolerarem altas concentrações de sódio e cloro, devido ao ajuste osmótico. Diversas espécies de halófitas possuem diferentes mecanismos de sobrevivência a ambientes salinos. Dentre estas espécies é possível citar a *Atriplex numulária* (NOURI et al., 2017).

Com relação aos adubos verdes, destacam-se nacionalmente estudos voltados a acumulação de metais pesados em feijão-de-porco, mucuna-preta e crotalária-espectábilis (BELO et al., 2007; LINDINO; TOMCZAK; JÚNIOR, 2012). Com relação à salinidade, destacam-se os trabalhos de Donatti et al. (2017) e um estudo realizado por Santos et al. (2014), relacionado ao crescimento de leguminosas para adubação verde irrigadas com água salina. As conclusões deste último estudo foram que a *Crotalaria spectabilis* não foi afetada pela salinidade até os 20 DAS enquanto a *Crotalaria juncea* não teve o crescimento afetado por níveis de salinidade até 4 dS m^{-1} . Estas duas espécies destacam-se justamente por ter crescimento rápido e capacidade de extração de nutrientes. Entretanto, ainda são escassos os trabalhos que demonstrem a fitorremediação de sódio em solos salinos ou salino-sódicos por espécies de adubos verdes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e delineamento experimental

O experimento foi conduzido em uma estufa agrícola com aproximadamente 210 m² de área, pertencente ao laboratório de Tecnologia da Produção e Sanidade Vegetal, do Departamento de Engenharia de Biosistemas, na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), no município de Pirassununga-SP, com altitude de 627 m, latitude de 21°59'S e longitude 47°25'W. O clima na região é do tipo Cwa na classificação de Köppen, ou seja, subtropical de inverno seco e verão quente. A Figura 1 apresenta as temperaturas e umidade relativas máximas, mínimas e médias dentro da estufa no período de 04 de outubro de 2017 (início de preparo das parcelas experimentais) até 29 de janeiro de 2018. Embora o experimento tenha sido encerrado em 01 de março de 2018, os gráficos não trazem dados para esta data devido à problemas técnicos relacionados ao estação experimental que armazenava os dados.

Figura 1. Temperaturas (°C) e umidade relativa do ar (%) mínimas, máximas e médias no período de 4/10/2017 a 29/01/2018. Fonte: própria autoria.

O delineamento experimental adotado foi blocos casualizados em esquema fatorial (5 x 2) com quatro adubos verdes a saber: *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco), *Crotalaria spectabilis*

(crotalária-espectábilis), *Lupinus albus* (tremoço-branco) e *Pennisetum glaucum* (milheto) e uma testemunha (sem adubação verde), e duas fontes de água utilizadas na fertirrigação (água de torneira e efluente tratado de laticínio por sistema anaeróbico), com quatro repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. Cada parcela foi constituída de uma caixa com volume de 0,5 m³ e área superficial de 1 m². A Figura 2 apresenta o croqui da área experimental.

B1	B2	B3	B4	Tratamento	Fonte de Água	Adubo Verde
T10	T3	T4	T9	T10	Efluente tratado anaeróbico	Testemunha
T9	T2	T1	T10	T9	Água de torneira	Milheto
T8	T5	T5	T7	T8	Efluente tratado anaeróbico	Crotalária-spectábilis
T7	T9	T6	T5	T7	Água de torneira	Crotalária-spectábilis
T6	T8	T2	T3	T6	Água de torneira	Tremoço-branco
T5	T6	T9	T2	T5	Água de torneira	Feijão-de-porco
T4	T10	T8	T6	T4	Efluente tratado anaeróbico	Milheto
T3	T7	T3	T4	T3	Efluente tratado anaeróbico	Feijão-de-porco
T2	T1	T7	T8	T2	Água de torneira	Testemunha
T1	T4	T10	T1	T1	Efluente tratado anaeróbico	Tremoço-Branco

B1, B2, B3 e B4: Blocos 1, 2, 3 e 4

Figura 2. Croqui do experimento com dez tratamentos e quatro repetições. Fonte: própria autoria.

3.2. Preparo do solo

Anteriormente à execução do experimento foram aplicadas em todas as parcelas experimentais lâminas de água visando lixiviação dos sais para uniformização das características químicas do solo. Este procedimento foi necessário porque anteriormente a este experimento foram cultivadas hortaliças irrigadas com duas fontes de água (água de torneira – AT, e efluente de laticínio tratado por sistema anaeróbico – EAN). As lâminas de lixiviação foram determinadas de acordo com a condutividade elétrica do lixiviado das parcelas experimentais, e aplicou-se em média a cada parcela experimental 936 mm de água em 20 dias. A condutividade elétrica (CE) da

água lixiviada foi monitorada durante o período de aplicação da lâmina de lixiviação, sendo as condutividades iniciais iguais a $0,241 \pm 0,047 \text{ dS m}^{-1}$ para o lixiviado das parcelas que receberam AT e $0,79 \pm 0,21 \text{ dS m}^{-1}$ para EAN, e o resultado final igual a $0,19 \pm 0,058 \text{ dS m}^{-1}$ para o lixiviado das parcelas que receberam AT e $0,24 \pm 0,065 \text{ dS m}^{-1}$ para o lixiviado das parcelas que receberam EAN.

Após a aplicação das lâminas de lixiviação, amostras de solo compostas foram coletadas na camada de 0-30 cm para análise inicial das características químicas do solo, conforme metodologia proposta por Rajj et al. (2001), com determinação adicional do sódio, para cálculo da porcentagem de sódio trocável do solo (PST). As análises químicas de solo foram realizadas no Laboratório de Ciências Agrárias/Solos da FZEA/USP (Tabela1). Os resultados das análises químicas do solo foram interpretados de acordo com o Rajj et al. (1997) (Tabela 1), efetuando-se a fosfatagem, na quantidade de 400 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de termofosfato magnesiano (Yoorin Master 1[®]). O termofosfato, além de fósforo (16% P_2O_5), adicionou também 18% de cálcio (Ca), 7% de magnésio (Mg), 0,10% de boro (B), 0,05% de cobre (Cu), 0,30% de manganês (Mn), 10% de silício (Si) e 0,55% de zinco (Zn) ao solo.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo na camada de 0-30cm antes do cultivo consorciado de minitomate com adubos verdes. Universidade de São Paulo, FZEA/USP, Pirassununga, 2017.

Fonte	pH CaCl ₂	P -- (mg dm ⁻³) --	S --	K -----	Ca (mmolc dm ⁻³)	Mg -----	Na -----	H+Al -----	M.O. ---- (g Kg ⁻¹) ----	
AT	6,5	51	11	0,7	56	19	0,4	17	15	
EAN	6,4	37	7	0,9	60	17	0,4	16	13	
Continuação										
Fonte	C.T. (g Kg ⁻¹)	SB (mmolc dm ⁻³)	CTC	V ---- (‰) ----	PST -----	B -----	Cu -----	Fe mg dm ⁻³ -----	Mn -----	Zn -----
AT	8,6	76	93	82	0,43	1,49	5,3	12	1,7	2,5
EAN	7,6	78	94	83	0,43	1,37	4,2	11	1,4	1,8

AT = água de torneira; EAN = Efluente anaeróbico. Fonte: própria autoria.

Verifica-se no resultado da análise química do solo (Tabela 1) que as lâminas de lixiviação foram eficientes em reduzir a porcentagem de sódio trocável (PST) do solo anteriormente irrigado com efluente tratado de laticínio por sistema anaeróbico (EAN), haja vista, que o valor ficou igual ao solo que havia apenas sido irrigado com água de torneira (AT). Os valores de pH, matéria orgânica (M.O.), soma de bases (SB), saturação de bases (V) e micronutrientes também foram semelhantes.

Após isso, no dia 18 de setembro de 2017, as parcelas experimentais foram semeadas com aveia-preta (*Avena strigosa*) e milheto (*Pennisetum glaucum*) em sistema de consórcio, com quatro linhas de cada espécie, semeadas intercaladamente (Figura 3). As densidades de semeadura

adotadas foram 60 sementes por metro linear para aveia-preta e 50 sementes por metro linear de milho, segundo recomendações de Wutke et al. (2007).

Figura 3. Pré-cultivo de aveia-preta em consórcio com milho. Fonte: Própria autoria.

A aveia-preta e o milho foram conduzidos por 46 dias após semeadura (DAS), sendo posteriormente cortados, triturados e distribuídos uniformemente em todas as parcelas na quantidade de $0,45 \text{ kg m}^{-2}$ de matéria seca.

3.3. Sistema de Irrigação

O sistema de irrigação adotado foi o de gotejamento superficial, com gotejadores modelo NaanTif 25 16 mm (marca NaanDanJain), integrados, não-compensantes, com espaçamento de 0,20 m, totalizando 10 gotejadores por parcela e vazão nominal de $2,3 \text{ L h}^{-1}$ para pressão de serviço de 98,06 kPa. Cada parcela recebeu duas linhas de tubogotejadores com 1 m de comprimento cada e espaçadas de 0,35 m entre si.

O manejo da irrigação foi realizado com o auxílio de tensiômetros instalados no centro da parcela experimental, na profundidade de 0,20 m, em três repetições por tratamento, totalizando 30 tensiômetros. A leitura do potencial matricial foi realizada com um tensímetro digital na frequência de 48 horas. A transformação das leituras de tensão em umidade foi realizada pela curva característica de retenção da água no solo (CCRAS). A CCRAS foi determinada com amostras de solo indeformadas coletadas na profundidade de 0-20 cm, em quatro parcelas experimentais, das quais duas haviam recebido anteriormente água de torneira e duas haviam recebido efluente tratado de laticínio. No entanto, a coleta do solo ocorreu após a realização da lâmina de lixiviação. As amostras indeformadas foram encaminhadas ao Laboratório

de Física do Solo/ Departamento de Engenharia de Biossistemas/ESALQ/USP e submetidas a câmaras de pressão com placa porosa e mesa de tensão. Os dados obtidos não diferiram entre as amostras, sendo os valores médios ajustados pelo software RETC (VAN GENUCHTEN; LEIJ, 1989) versão 6.02, modelo de Van Genuchten (1980) para elaboração da CCRAS. O manejo adotado objetivou a reposição da lâmina de irrigação para a reposição da umidade à capacidade de campo (0cc) nas parcelas experimentais. Para o solo das parcelas experimentais a umidade à capacidade de campo, a umidade crítica e a umidade no ponto de murcha permanente corresponderam a $0,316 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, $0,258 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,214 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ respectivamente.

3.4. Análises físico-químicas das fontes de água

O reator adotado para o tratamento do efluente proveniente do Laticínio Escola do campus foi do tipo Anaeróbio em bateladas sequenciais com biomassa suspensa, localizado na estação de tratamento de efluentes (ETE), com tempo de detenção hidráulica de 48 horas. Após o tratamento anaeróbio, o efluente de saída do reator passava por processo de filtragem em manta geotêxtil e na sequencia pelo processo de desinfecção por lâmpada ultravioleta, sendo posteriormente conduzido por gravidade à estufa, onde o experimento foi realizado.

A caracterização físico-química do efluente tratado teve frequência semanal, realizada sempre às segundas-feiras, por um período de 90 dias e as coletas das amostras durante o experimento foram realizadas conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras de água (CETESB/ANA, 2011), e analisadas segundo APHA/AWWA/WEF (2012). A caracterização da água de torneira (AT) foi realizada da mesma forma que o efluente,

O volume de efluente coletado foi de 1000 mL acondicionado em frasco plástico e conduzido ao Laboratório de Biotecnologia Ambiental do departamento de Engenharia de Alimentos da FZEA/USP para determinação imediata de pH e CE. A Tabela 2 apresenta as demais variáveis físicas e químicas avaliadas, a técnica analítica empregada e o laboratório no qual as mesmas foram realizadas. Determinados os valores de Na, Ca, e Mg, calculou-se a razão de adsorção de sódio (RAS) pela equação descrita por Ayers e Westcot (1999).

Tabela 2. Variáveis analisadas, método analítico e local para a caracterização das fontes de água.

Variáveis avaliadas	Técnica analítica	Local
DQO	Colorimetria (APHA, 1998, métodos 5220 e 5540)	Laboratório de Biotecnologia Ambiental ZEA/FZEA/USP
Alcalinidade e Acidez	Titulométrico (Ripley, 1956)	Laboratório de Biotecnologia Ambiental ZEA/FZEA/USP
Nitrogênio Total e Amoniacal	Kjeldahl	Laboratório de Biotecnologia Ambiental ZEA/FZEA/USP
N-NO ₃ ⁻ , N-NO ₂ ⁻ , PO ₄ ³⁻	Análise por Injeção em Fluxo (FIA) – Condutividade Elétrica	Laboratório de Análises Ambiental e Geoprocessamento/CENA/USP
K, Na, Ca, Mg	Absorção Atômica	Laboratório de Minerais ZAZ/FZEA/USP
Sólidos Suspensos Totais e Sólidos Dissolvidos Totais	Filtração, secagem, calcinação e gravimetria	Laboratório de Biotecnologia Ambiental ZEA/FZEA/USP

Fonte: própria autoria.

3.5. Condução da cultura do minitomate em consórcio com os adubos verdes

As mudas de minitomateiro tipo *grape*, cultivar TDC 1430 da Agristar, foram produzidas em bandejas de polietileno com substrato de fibra de coco. Aos 30 dias após semeio (DAS), dia 7 de novembro de 2017, as mesmas foram transplantadas às parcelas experimentais no espaçamento de 0,8 x 0,8 m, 4 plantas por parcela (1 m²). Entre as linhas de minitomate foram semeados os adubos verdes cultivados em consórcio, conforme representação (Figura 4). A densidade de semeadura foi a seguinte: feijão-de-porco – 5 sementes por metro linear; crotalária-espectabilis – 30 sementes por metro linear; tremoço-branco – 10 sementes por metro linear; milho – 50 sementes por metro linear (WUTKE et al., 2007).

Figura 4. Representação gráfica da parcela experimental: tomateiros nas extremidades e os adubos verdes em duas linhas ao centro. Fonte: própria autoria.

As plantas de minitomateiro foram conduzidas com duas hastes no sistema vertical com fitilhos amarrados em estruturas de apoio. A desbrota foi realizada duas vezes por semana, e o desponte apical foi executado após a emissão de sete inflorescências. As colheitas foram realizadas duas vezes na semana e cessaram após o amadurecimento do último cacho floral. Os adubos verdes foram conduzidos até 60 dias após semeadura (DAS) quando foram cortados, triturados e mantidos como cobertura nas parcelas experimentais.

3.6. Manejo da fertirrigação

A Tabela 3 apresenta a quantidade de nutrientes recomendada para dois estádios de desenvolvimento da cultura (Cunha et al., 2014).

Tabela 3. Quantidade de nutrientes recomendada para dois estágios, em dias após o transplântio (DAT) do ciclo de minitomate.

Macronutrientes	Estágio 1 - 1 a 45 DAT (g 1000 L ⁻¹)	Estágio 2 - 45 até o fim do ciclo da cultura
		(g 1000 L ⁻¹)
Nitrogênio	79,5	97,5
Fósforo	114,4	114,4
Potássio	213,8	332,8
Cálcio	85	110,5
Magnésio	35	45
Enxofre	79,88	58,87
Micronutrientes	----- mg 1000 L ⁻¹ -----	
Cloro	0	70,5
Zinco	1050	1050
Ferro	1500	1500
Manganês	800	800
Bóro	375	375
Molibdênio	12,5	12,5

Fonte: adaptado de SAKATA (2012), apud CUNHA et al. 2014.

O valores da Tabela 3 foram utilizados para cálculo da fertirrigação e os fertilizantes aplicados foram os seguintes:

- Nitrato de Cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) – 15,5 % de N e 19 % de Ca;
- Sulfato de Potássio (K_2SO_4) – 51 % de K_2O e 18% de S;
- Micronutrientes – fórmula contendo 1,2 % de Mg, 0,85% de B, 0,5% de Cu, 3,4% de Fe, 3,2% de Mn, 0,06% de Mo e 4,2 % de Zn.

Importante ressaltar que a padronização da aplicação dos fertilizantes se deu a partir das concentrações exigidas de nitrogênio, potássio e bóro. Como já citado, a aplicação de fósforo e magnésio ocorreu por meio da aplicação de termofosfato magnésiano, fornecido na adubação de plantio, na dose de 400 kg ha⁻¹ de P_2O_5 .

O manejo da fertirrigação foi realizado a partir do conhecimento do volume de irrigação a ser aplicado (em L) em cada parcela experimental irrigada com água de torneira e da concentração de referência de cada nutriente na solução nutritiva, em mg 1000 L⁻¹ (Tabela 3). Com o produto entre estes dois fatores foi determinada a quantidade em gramas de cada nutriente a ser aplicada. Para as parcelas experimentais irrigadas com efluente tratado de laticínio,

a partir da caracterização do mesmo, a fertilização complementar foi calculada por meio da diferença entre a recomendação de aplicação de nutrientes (Tabela 3) e a quantidade aportada pelo efluente. Esta diferença (em mg 1000 L⁻¹) foi então multiplicada pelo volume de irrigação (L) a ser aplicado nestas parcelas, fornecendo a quantidade em gramas de cada nutriente a ser complementada. A aplicação dos fertilizantes ocorreu por meio do acoplamento de um injetor ao sistema de irrigação, e foi realizada duas vezes por semana (quintas e sextas-feiras) juntamente à programação da irrigação para aqueles dias.

Como ferramenta de acompanhamento da questão nutricional, efetuou-se semanalmente a avaliação indireta do teor de clorofila, medida na quarta folha a partir do ápice dos minitomateiros, por meio do medidor portátil de clorofila modelo ClorofiLOG - CFL1030 da FALKER, totalizando 8 (2 hastes x 4 plantas) medições por parcela. Foram efetuadas 11 avaliações ao longo do experimento (29 DAT, 36 DAT, 43 DAT, 50 DAT, 57 DAT, 64 DAT, 71 DAT, 81 DAT, 85 DAT, 92 DAT, 99 DAT), realizadas no período da manhã entre às 7 e 9h. A medição indireta por clorofilômetro dos adubos verdes também foi avaliada em três datas ao longo do experimento (43 DAS, 52 DAS e 59 DAS) sendo que para estas avaliações optou-se pela medição de folíolos saudáveis; para o feijão-de-porco e tremoço-branco selecionou-se o folíolo central da terceira folha totalmente expandida, enquanto que para a crotalaria-espectabilis e o milheto selecionou-se a terceira folha totalmente expandida. Segundo Argenta, Silva e Bortolini (2001) o teor de clorofila se correlaciona com os teores de nitrogênio devido a este ser cerca de 50 a 70 % constituinte de enzimas associadas aos cloroplastos.

3.6.1. Tratos Culturais e Manejo Fitossanitário

Ao longo de todo o ciclo de cultivo, desde a emergência dos adubos verdes até o fim da produção do minitomateiro, realizou-se o manejo manual de plantas invasoras. Para o controle de pragas, ao longo do ciclo, foram efetuadas o total de cinco aplicações de óleo de Nim a 0,5%. %. As plantas de minitomateiro foram submetidas à vibração para polinização das flores. Este método foi necessário para dificuldade de entrada de insetos polinizadores no interior da estufa agrícola e da baixa ventilação natural.

3.7. Características da produção

Realizaram-se 16 colheitas ao longo do ciclo de cultivo, do dia 8 de janeiro a 1 de março de 2018. Como citado anteriormente, foram efetuadas colheitas com frequência de dois dias na

semana. Os frutos colhidos foram classificados em três classes de tamanho segundo seu diâmetro, medido com um paquímetro digital: pequenos (diâmetro $< 17,00$ mm), médios (entre $17,00$ mm e 20 mm), grandes (diâmetro $> 20,00$ mm), de acordo com Cunha et al.(2016). Após esta classificação, pesagens de cada classe foram efetuadas para determinar a massa fresca de cada parcela experimental. Além desta classificação, também determinou-se a massa de descarte para os frutos defeituosos de cada parcela. Destas 16 colheitas, seis foram selecionadas para análises de qualidade de produção (62, 64, 76, 79, 97 e 100 DAT).

3.7.1. Características físico-químicas

As análises de caracterização físico-química foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Sistemas de Embalagem (LATSE/ZEA) pertencente ao Departamento de Engenharia de Alimentos (ZEA) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da USP. Foram avaliadas as colheitas relativas às seguintes datas: 8/01/2018 (62 DAT), 10/01/2018 (64 DAT), 22/01/2018 (76 DAT), 25/01/2018 (79 DAT), 12/02/2018 (97 DAT) e 15/02/2018 (100 DAT), de modo que 3 blocos experimentais foram sendo analisados (30 parcelas). As análises foram agrupadas a cada duas colheitas, sendo os frutos armazenados a 8°C por um período de 7 dias em uma câmara BOD e de cada agrupamento foram sorteados 6 frutos. As seguintes características foram analisadas:

3.7.2. Cor da casca do fruto

Medida com o auxílio de um espectrofotômetro portátil, modelo MiniScan EZ 4500L da marca HunterLab. Os frutos cortados diametralmente foram arranjados em uma placa de petri, e esta foi colocada na base do aparelho, calibrado por um padrão branco, e as medições foram feitas em triplicata (Figura 5). Utilizou-se o sistema CIELab, em que L^* representa o índice de luminosidade, a^* o teor de vermelho e b^* o teor de amarelo.

Figura 5. Placas de petri contendo os minitomates para análise de cor. Fonte: Própria autoria.

3.7.3. Determinação de Sólidos Solúveis e pH

O teor de sólidos solúveis foi determinado triturando a polpa dos minitomates e as medições foram efetuadas por um refratômetro digital a temperatura ambiente, em graus Brix° conforme IAL (2008). Já o pH foi determinado com um peagâmetro. Estas medições também foram realizadas em triplicata.

3.7.4. Determinação de Acidez Titulável

A acidez titulável foi determinada por titulação com hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N, em triplicata, utilizando 5g de cada amostra triturada, diluídas em 50 mL de água em um erlenmeyer. Para tanto, mediu-se o pH de viragem até 8,3, e anotou-se o volume gasto de NaOH. Após conversões, segundo IAL (2008), o resultado encontrado foi expresso em porcentagem de ácido cítrico.

3.7.5. Determinação do índice de maturação (ratio)

O índice foi obtido pela relação entre os “sólidos solúveis” (SS) e a “acidez titulável” (AT), sendo $IM = SS/AT$, adimensional (TRESSLER; JOSLYN, 1961).

3.8. Diagnose nutricional do minitomateiro, análise de macro e micronutrientes nos frutos do minitomateiro e análise química da parte aérea dos adubos verdes

Por ocasião do primeiro fruto maduro (60 DAT) a avaliação nutricional do minitomateiro foi efetuada por meio da coleta da quarta folha a partir do ápice, num total de 8 folhas coletadas por parcela e foram enviadas para análise de diagnose foliar, segundo metodologia proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Estas folhas foram lavadas, secas em estufa a 65°C por 72 horas e moídas num moinho tipo Wiley. Para análise de macro e micronutrientes nos frutos do minitomateiro, adotou-se a mesma metodologia.

Já para os adubos verdes, após manejo aos 60 DAS tanto a parte aérea quanto as raízes foram lavadas com solução de água e ácido clorídrico, numa diluição de 0,1%, retirando as impurezas presentes. Após isto, as raízes e a parte aérea foram pesadas para determinação de massa fresca e a parte aérea foi acondicionada em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas, para posterior determinação de porcentagem de matéria seca. Feito isto, as amostras da

parte aérea foram processadas em moinho de Wiley para caracterização química no Laboratório de Ciências Agrárias/Solos da FZEA/USP.

3.9. Análises das amostras de Solo

Amostras de solo da camada 0-30 cm foram coletadas após manejo dos adubos verdes (60 DAT) e no final do experimento (114 DAT). O solo foi processado em pastas de saturação para obtenção de extrato aquoso do solo a fim de determinar condutividade elétrica e pH (EMBRAPA, 1997).

3.10. Eficiência de uso da água

A eficiência de uso da água foi avaliada e adaptada de acordo com a metodologia proposta por Moura et al. (2017), seguindo conceitos propostos por Geerts e Raes (2009) e Lacerda et al. (2009), e de acordo com Malheiros et al. (2012). As expressões 1 e 2 explicitam este conceito para o cálculo da EUA relacionando a produção de frutos do minitomateiro e a lâmina aplicada (EUAt), e a produção de massa seca da parte aérea dos adubos verdes e a lâmina aplicada (EUAav). Importante ressaltar que as lâminas consideradas no cálculo da EUAt foram apenas para a fase de frutificação e para EUAav apenas até o manejo dos adubos verdes (60 DAS).

$$EUAt = \frac{PF}{LAA} \quad (1)$$

Em que:

EUAt: eficiência de uso de água do minitomateiro (g L^{-1});

PF: Produção de frutos (g m^{-2})

LAA: Lâmina de água aplicada (L m^{-2})

$$EUAav = \frac{MSPA}{LAA} \quad (2)$$

Em que:

EUAav: eficiência de uso da água para os adubos verdes (g L^{-1});

MSPA: Massa seca da parte aérea (g m^2)

LAA: Lâmina de água aplicada (L m^{-2})

3.11. Análises estatísticas

A análise estatística dos dados foi realizada de acordo com o delineamento de blocos casualizados. Foram realizadas análises de variância (Anova) e constatada diferenças significativas ($p < 0,05$), realizou-se comparações entre médias pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011). Para atendimento das pressuposições do modelo matemáticos foram efetuadas transformações por raiz quadrada dos dados relativos ao número de frutos, produtividade e colorimetria. Também foram realizadas e análises de correlação através do cálculo do coeficiente de Spearman e teste t.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Manejo da irrigação e aporte de nutrientes pelo efluente tratado de laticínio

A Tabela 4 apresenta os resultados médios para a caracterização do efluente tratado de laticínio no período de 20 de novembro de 2017 a 26 de fevereiro de 2018. Tais resultados indicam altas concentrações de nitrogênio, predominantemente sobre a forma amoniacal ($\text{N} - \text{NH}_4^+ = 103,67 \pm 58,25 \text{ mg L}^{-1}$), seguido por médias concentrações de potássio, magnésio e cálcio, quando comparado com AT. Donatti et al. (2017), relataram valores inferiores às concentrações de nitrogênio amoniacal ($51,24 \text{ mg L}^{-1}$) e às concentrações de potássio ($59,67 \text{ mg L}^{-1}$), e valores superiores às concentrações de cálcio ($54,41 \text{ mg L}^{-1}$) às concentrações da Tabela 4.

De acordo com a resolução CONAMA nº430/2011, os valores apresentados de nitrogênio na forma amoniacal se situam acima do recomendado pela legislação (20 mg L^{-1}), e para disposição deste efluente em cursos d'água, seria necessário tratamento complementar, visando a remoção de nitrogênio. Entretanto, como a finalidade do mesmo foi o reuso, tal característica torna-se positiva.

Segundo a orientação da CETESB de 2006, a cerca do reuso proveniente de esgoto tratado doméstico na agricultura, as concentrações limítrofes de sódio e cloro para não sodificação e/ou salinização do solo são respectivamente 69 mg L^{-1} e 106 mg L^{-1} . No caso das concentrações apresentadas pela Tabela 4, para ambos os elementos, as concentrações foram superiores à recomendação (164 mg L^{-1} e 160 mg L^{-1}) e tal concentração de sódio acarretou uma RAS de $5,19 \text{ mmol L}^{-1}$. Apesar disto, mediante CE de $2,55 \text{ dS m}^{-1}$, a RAS apresentada encontra-se de acordo com os valores preconizados pela CETESB (2006) para CE entre 1,2 e $2,9 \text{ dS m}^{-1}$. Importante ressaltar que a CE média do efluente tratado anaerobicamente está dentro da faixa tolerável pelo tomateiro de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ (ALVARENGA, 2013).

A média demanda química de oxigênio (DQO) do efluente a ser tratado foi $2054,8 \pm 1214,1 \text{ mg L}^{-1}$, sendo que após tratamento por sistema anaeróbico a média do efluente de saída foi de $514,0 \pm 309,9$, deste modo o tratamento apresentou eficiência de 71 %.

Tabela 4. Caracterização físico-química da água de torneira (AT) e do efluente tratado por sistema anaeróbio (EAN) proveniente do laticínio escola da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP). Pirassununga, 2017/2018

Parâmetro	*AT	EAN**
N - NTK (mg L ⁻¹)	19,46 ± 2,47	131,61 ± 80,30
N - NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	0,00 ± 0,00	103,67 ± 58,25
N - NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,26 ± 0,05	0,3 ± 0,36
N - NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,00 ± 0,00	0,2 ± 0,2
P – total (mg L ⁻¹)	0,21 ± 0,17	1,70 ± 0,50
P – solúvel (mg L ⁻¹)	0,05 ± 0,03	0,67 ± 0,33
K ⁺ (mg L ⁻¹)	0,23 ± 0,05	74,8 ± 50,84
Ca ⁺² (mg L ⁻¹)	6,85 ± 1,06	41,6 ± 16,78
Mg ⁺² (mg L ⁻¹)	1,83 ± 0,27	21,2 ± 0,69
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	1,78 ± 0,65	164 ± 12,27
Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	2,39 ± 1,98	160 ± 67,89
Fe (mg L ⁻¹)	0,15 ± 0,00	0,06 ± 0,004
Mn (mg L ⁻¹)	0,01 ± 0,01	0,04 ± 0,037
RAS (mmol/L) ^{-1/2}	0,16 ± 0,05	5,19 ± 0,49
CE (dS m ⁻¹)	0,04 ± 0,02	2,55 ± 1,17
pH	6,92 ± 0,18	8,07 ± 0,34

NTK = Nitrogênio total Kjeldahl; RAS = Razão de adsorção de sódio; CE = condutividade elétrica; DQOe = Demanda química de oxigênio da entrada; DQOs = Demanda química de oxigênio da saída.

*Fonte: Donatti et al. (2017). **Fonte: própria autoria.

As lâminas totais de irrigação aplicadas a cada tratamento durante o ciclo de cultivo do minitomateiro (114 dias após transplântio - DAT) consorciado com adubos verdes são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Lâmina de Irrigação aplicada ao longo do ciclo de cultivo do minitomateiro consorciado com adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco, tremoço branco) e a testemunha (cultivo solteiro do minitomateiro), para as fontes (AT – água de torneira; EAN – efluente tratado por sistema anaeróbio).

Tratamentos	AT	EAN
	----- mm -----	
Milheto	185,74	325,83
Crotalária-espectabilis	304,47	397,32
Feijão-de-porco	317,50	449,32
Tremoço-branco	352,59	453,62
Testemunha	272,25	422,37

Fonte: própria autoria.

Tais valores foram obtidos pela aplicação das lâminas de irrigação calculadas a partir do monitoramento das tensões de água no solo, aferidas nos dias de manejo da irrigação por meio dos tensiômetros instalados a 20 cm de profundidade no solo. Importante ressaltar que até os 24

dias após o transplântio (DAT), o manejo da irrigação foi realizado por meio de um tanque classe A reduzido, instalado no centro da estufa, uma vez que até esta data os tensiômetros ainda não se encontravam instalados nas parcelas experimentais. Cunha et al. (2014) ao longo de 170 DAT de cultivo do minitomate cultivado em substratos com efluente e suplementação via fertirrigação, verificaram um total de 327 L de solução nutritiva aplicada por planta. Já Malheiros et al. (2012) observaram um consumo de 120,8 L por planta nos tratamentos que receberam solução nutritiva comercial, ao longo de 126 DAT. Analisando a Tabela 5 é possível constatar que os tratamentos os quais receberam EAN apresentaram maiores lâminas de irrigação possivelmente pelo efeito da salinidade contida no efluente. A presença de sais na solução do solo, pela irrigação com efluente, torna o potencial osmótico mais negativo, por consequência altera o potencial total da água, indicando nos tensiômetros valores de tensão superiores aos tratamentos com água e assim a demanda por lâminas maiores de irrigação (LIBARDI, 2012).

As Figuras 6 e 7 apresentam a variação da umidade do solo dos 24 DAT aos 111 DAT, sendo a Figura 6 correspondente aos tratamentos irrigados com água de torneira e a Figura 7 aos tratamentos irrigados com efluente anaeróbio tratado de laticínio. A linha vertical aos 60 DAT indica a data de corte dos adubos verdes.

Figura 6. Variação da umidade do solo em função dos dias após o transplântio (DAT) do minitomateiro durante seu ciclo de cultivo, para os tratamentos irrigados com água de torneira (AT) em consórcio com: MI: milheto; CS: crotalaria-espectabilis; TB: tremoço-branco; FP: feijão-de-porco; TEST: testemunha, minitomateiro solteiro; θcc: umidade na capacidade de campo; θcrit: umidade crítica. Fonte: própria autoria.

Figura 7. Variação da umidade do solo em função dos dias após o transplante (DAT) do minitomateiro durante seu ciclo de cultivo, para os tratamentos irrigados com efluente anaeróbico tratado (EAN) em consórcio com: MI: milheto; CS: crotalária-espectábilis; TB: tremoço-branco; FP: feijão-de-porco; TEST: testemunha, minitomateiro solteiro; θ_{cc} : umidade na capacidade de campo; θ_{crit} : umidade crítica. Fonte: própria autoria.

Analisando as Figuras 6 e 7 explicitadas anteriormente, as umidades do solo foram maiores para os tratamentos irrigados com água de torneira, exceto para ao tratamento testemunha, no qual ocorreu o inverso. A variação da umidade do solo em picos é explicada pelo fato do manejo da irrigação objetivar a reposição de água até o solo atingir a capacidade de campo. Como esperado, estes valores foram mantidos dentro da faixa de manejo adotada, capacidade de campo e umidade crítica para cultura, sendo que após o manejo dos adubos verdes (60 DAT) e sua utilização como planta de cobertura, a umidade se elevou para além da capacidade de campo nas parcelas irrigadas com AT, resultado de maior umidade nas parcelas experimentais devido a adição da palhada proveniente dos adubos verdes.

A partir do conhecimento das lâminas totais de irrigação aplicadas a cada tratamento foi possível realizar a estimativa da quantidade de nutrientes aportada no período de execução do experimento. Os tratamentos os quais foram irrigados com efluente receberam suplementação de nutrientes quando as quantidades aportadas não atenderam a recomendação consultada e aqueles que foram irrigados com água de torneira receberam a dosagem integral de recomendação para cada estágio de cultivo. Tal manejo objetivou a padronização do aporte nutricional em tratamentos os quais foram consorciados com o mesmo adubo verde (aporte aos pares). A Tabela 6 a seguir traz estes dados.

Tabela 6. Aporte nutricional às parcelas experimentais no ciclo de cultivo de 114 DAT (dias após o transplântio) do minitomateiro.

		Macronutrientes (g)					
Tratamentos	Fontes de água	N	P	K	Ca	Mg	S
Milheto	AT	28,56	-	78,31	33,53	0,14	27,64
	EAN	32,76	0,48	74,36	14,90	5,88	17,72
Crotalaria-espectabilis	AT	39,80	-	108,76	48,09	0,19	38,38
	EAN	49,46	0,71	104,08	22,23	10,44	23,76
Feijão-de-porco	AT	36,98	-	97,56	43,00	0,18	34,43
	EAN	42,29	0,61	93,62	19,16	7,40	22,43
Tremoço-branco	AT	40,59	-	112,74	49,86	0,20	39,79
	EAN	48,37	0,70	105,74	21,52	8,53	25,18
Testemunha	AT	34,45	-	100,54	41,53	0,18	35,48
	EAN	44,97	0,65	96,08	21,06	9,83	21,76
		Micronutrientes (mg)					
Tratamentos	Fontes de água	Fe	Mn	B	Cu	Mo	Zn
Milheto	AT	440,24	414,34	110,06	64,74	77,69	115,60
	EAN	448,43	425,22	110,08	64,75	77,70	115,62
Crotalaria-espectabilis	AT	582,99	548,69	145,75	85,73	102,88	150,87
	EAN	594,92	564,60	145,75	85,73	102,88	150,87
Feijão-de-porco	AT	535,17	503,69	133,79	78,70	94,44	139,05
	EAN	545,41	517,34	133,79	78,70	94,44	139,05
Tremoço-branco	AT	604,23	568,69	151,06	88,86	106,63	156,11
	EAN	616,04	584,43	151,06	88,86	106,63	156,11
Testemunha	AT	531,73	500,45	132,93	78,20	93,83	138,20
	EAN	542,73	515,11	132,93	78,20	93,83	138,20

AT: Água de torneira; EAN: Efluente anaeróbico tratado. Fonte: própria autoria.

Ao que se remete ao aporte de sódio e cloro, elementos ocasionadores de salinidade no solo, a Tabela 7 apresenta este aporte nos tratamentos irrigados com efluente tratado anaerobicamente. Grandes quantidades aportadas de ambos elementos podem ocasionar o desbalanço nutricional da cultura prejudicando seu desempenho. Como dito anteriormente, as concentrações de Na e Cl (164 mg L^{-1} e 160 mg L^{-1}), foram superiores às recomendações da CETESB, e às concentrações Gomes et al. (2017).

Tabela 7. Aporte de sódio (Na) e cloro (Cl) aos tratamentos irrigados com efluente tratado anaeróbicamente.

		Na	Cl
Tratamentos	Fontes de água	(g)	
Milheto	AT	-	-
	EAN	44,28	43,35
Crotalária-espectabilis	AT	-	-
	EAN	68,21	63,86
Feijão-de-porco	AT	-	-
	EAN	55,97	54,78
Tremoço-branco	AT	-	-
	EAN	64,54	63,17
Testemunha	AT	-	-
	EAN	63,59	58,84

AT: Água de torneira; EAN: Efluente anaeróbio tratado. Fonte: própria autoria.

Analisando estes dados (Tabelas 6 e 7) e comparando-os aos pares (mesma espécie de adubo verde em consórcio com o minitomateiro com a fonte de água) é possível constatar que as quantidades aportadas não foram semelhantes para alguns nutrientes (N, P, K e Ca) ao contrário do que se pretendia com o manejo. A causa para estas diferenças é o fato do balanço nutricional ter sido procedido incorretamente aos 70 DAT.

4.2. Diagnose foliar do minitomateiro *grape*

Para os macronutrientes, relativamente ao nitrogênio (N), verificou-se interação entre as fontes de água e os adubos verdes cultivados em consórcio com o minitomateiro (Tabela 8). Para os minitomateiros irrigados com água de toneira (AT) a testemunha (cultivo solteiro) foi semelhante ao cultivo consorciado com tremoço-branco e feijão-de-porco, e diferiu do minitomateiro cultivado em consórcio com crotalária-espectabilis e milheto, que apresentaram as menores concentrações deste macronutriente. Nos tratamentos irrigados com efluente anaeróbio tratado de laticínio (EAN), o milheto diferiu apenas do tratamento com crotalária-espectabilis. Analisando as fontes de água, para crotalária-espectabilis e testemunha houve diferenças entre AT e EAN, sendo que o consórcio com crotalária-espectabilis quando irrigado com EAN proporcionou teores mais elevados de N. Já para o fósforo (P) e magnésio (Mg), os tratamentos diferiram entre si ao que se remete à fonte de água aplicada, sendo as maiores concentrações obtidas para EAN. Com relação aos demais macronutrientes não houve diferenças estatísticas.

Tabela 8. Teores de macronutrientes contidos nas folhas do minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalária-espectábilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira –AT e efluente anaeróbio – EAN).

Tratamentos	AT	EAN	Média	Referência*
	----- N (g kg ⁻¹) -----			
Milheto	33,09 Ca	34,02 Ba	33,55	40-60
Crotalária-espectábilis	36,99 BCb	45,46 Aa	37,74	
Feijão-de-porco	40,30 ABCa	41,23 ABa	40,64	
Tremoço-branco	44,36 ABa	40,98 ABa	42,79	
Testemunha	47,36 Aa	38,49 ABb	46,41	
Média	40,42	40,03		
CV (%)	9,98			
	----- P (g kg ⁻¹) -----			
Milheto	1,93	2,13	2,03 A	4-8
Crotalária – espectábilis	1,56	2,45	1,97 A	
Feijão-de-porco	2,34	2,49	2,39 A	
Tremoço-branco	2,46	2,78	2,48 A	
Testemunha	2,17	2,36	2,47 A	
Média	2,09 b	2,44 a		
CV (%)	19,32			
	----- K (g kg ⁻¹) -----			
Milheto	50,18	52,38	51,28 A	30-50
Crotalária – espectábilis	42,53	53,36	47,95 A	
Feijão-de-porco	56,29	51,16	53,73 A	
Tremoço-branco	55,07	59,47	57,27 A	
Testemunha	52,65	53,36	53,01 A	
Média	51,34 a	53,95 a		
CV (%)	17,41			
	----- Ca (g kg ⁻¹) -----			
Milheto	22,24	21,99	22,11 A	14-40
Crotalária – espectábilis	19,25	18,38	18,81 A	
Feijão-de-porco	23,23	21,74	22,48 A	
Tremoço-branco	17,21	19,87	18,54 A	
Testemunha	22,05	20,09	21,07 A	
Média	20,79 a	20,41 a		
CV (%)	17,78			
	----- Mg (g kg ⁻¹) -----			
Milheto	8,25	9,11	8,68 A	4-8
Crotalária – espectábilis	7,51	9,56	8,54 A	
Feijão-de-porco	8,57	10,94	9,76 A	
Tremoço-branco	8,86	8,61	8,73 A	
Testemunha	9,23	10,46	9,84 A	
Média	8,48 b	9,74 a		
CV (%)	19,59			

Continua ...

Continuação.

Tratamentos	AT	EAN	Média	Referência*
	----- S (g kg ⁻¹) -----			
Milheto	2,98	3,81	6,89 A	3-10
Crotalaria – espectabilis	3,10	3,15	3,13 A	
Feijão-de-porco	3,46	3,50	3,48 A	
Tremoço-branco	3,73	3,46	3,60 A	
Testemunha	3,24	3,64	3,44 A	
Média	4,70 a	3,51 a		
CV (%)	11,76			

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). *Fonte: RAIJ et al. (1997). Fonte: própria autoria.

Para os micronutrientes (Tabela 9), não foram constatadas diferenças estatísticas para os teores de boro, cobre e manganês. No caso do ferro, nos tratamentos irrigados com AT, a testemunha, tremoço-branco e feijão-de-porco não diferiram estatisticamente entre si, sendo superiores aos tratamentos crotalaria-espectabilis e milheto. Nos tratamentos irrigados com EAN não houve diferença. Importante ainda ressaltar que para o feijão-de-porco houve diferença estatística entre as fontes de água, sendo em EAN superior a AT. Para o zinco, o tratamento com milheto irrigado com EAN diferiu estatisticamente da crotalaria-espectabilis e o tratamento com crotalaria-espectabilis diferiu entre as diferentes fontes de água, sendo as maiores concentrações observadas para EAN.

Tabela 9. Teores de micronutrientes contidos nas folhas do minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalaria-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN).

Tratamentos	AT	EAN	Média	Referência*
	----- B (mg kg ⁻¹) -----			
Milheto	47,25	39,17	43,21 A	30-100
Crotalaria-espectabilis	36,36	40,10	38,23 A	
Feijão-de-porco	38,29	34,91	36,60 A	
Tremoço-branco	39,33	37,12	38,23 A	
Testemunha	40,50	43,71	42,11 A	
Média	40,35 a	39,00 a		
CV (%)	14,95			
	----- Cu (mg kg ⁻¹) -----			
Milheto	22,88	18,15	20,51 A	5-15
Crotalaria – espectabilis	17,68	17,78	17,73 A	
Feijão-de-porco	19,70	22,00	20,85 A	
Tremoço-branco	17,20	14,83	16,01 A	
Testemunha	16,57	18,35	17,46 A	
Média	18,80 a	18,22 a		
CV (%)	27,93			

Continuação.

	AT		EAN		Média	Referência*
Tratamentos	----- Fe (mg kg ⁻¹) -----					
Milheto	136,88	Bb	191,33	Aa	164,10	100-300
Crotalaria – espectabilis	140,48	Ba	166,80	Aa	153,64	
Feijão-de-porco	164,60	ABb	209,90	Aa	187,25	
Tremoço-branco	195,85	Aa	177,78	Aa	186,81	
Testemunha	179,83	Aba	176,48	Aa	178,15	
Média	163,53		184,46			
CV (%)	14,93					
	----- Mn (mg kg ⁻¹) -----					
Milheto	171,45		178,60		175,03	A
Crotalaria – espectabilis	160,00		165,23		162,61	A
Feijão-de-porco	167,83		174,18		171,00	A
Tremoço-branco	165,28		160,93		163,10	A
Testemunha	165,90		168,75		167,33	A
Média	166,09	a	169,54	a		
CV (%)	6,69					
	----- Zn (mg kg ⁻¹) -----					
Milheto	30,38	Aa	30,78	Ba	30,58	30-100
Crotalaria – espectabilis	28,15	Ab	47,55	Aa	37,85	
Feijão-de-porco	33,25	Aa	41,83	ABa	37,54	
Tremoço-branco	37,68	Aa	37,00	ABa	37,34	
Testemunha	34,20	Aa	35,73	ABa	34,96	
Média	32,73		38,58			
CV (%)	18,45					

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). *Fonte: RAIJ et al. (1997). Fonte: própria autoria.

Analisando os teores de nutrientes e comparando-os com os teores sugeridos por Raij et al. (1997) é possível verificar que para o nitrogênio (N) os teores foliares nos tratamentos com minitomateiro consorciado com tremoço-branco, feijão-de-porco e o cultivo solteiro (testemunha) estão adequados, enquanto que no cultivo consorciado com milheto e crotalária-espectabilis os teores foliares de N do tomateiro estão abaixo da faixa recomendada em AT. Já para o fósforo (P), todos os tratamentos demonstraram teores abaixo do adequado. Para cálcio e enxofre, os teores para todos os tratamentos encontram-se adequados, enquanto que para potássio (K) e magnésio (Mg) encontram-se ligeiramente acima do valor recomendado. Para os micronutrientes, os teores encontram-se adequados para todos os tratamentos.

Para as concentrações de sódio, constatou-se diferenças estatísticas entre as fontes de água, sendo que os tratamentos irrigados com efluente tratado de laticínio (EAN) apresentaram maiores concentrações de sódio em comparação com aqueles irrigados com água de torneira (AT) (Tabela 10).

Tabela 10. Teores de sódio contidos nas folhas do minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN).

Tratamentos	AT	EAN Na (g kg ⁻¹)	Média
Milheto	1,05	2,28	1,66 A
Crotalária-espectabilis	1,15	2,00	1,58 A
Feijão-de-porco	1,30	2,75	2,03 A
Tremoço-branco	1,58	1,95	1,76 A
Testemunha	1,30	2,25	1,78 A
Média	1,28 b	2,25 a	
CV (%)	25,94		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Segundo Santos et al. (2017) o incremento da condutividade elétrica na solução nutritiva aumentou linearmente as concentrações de sódio no tecido foliar dos minitomateiro. Para um tempo de exposição de 51 dias à solução nutritiva de condutividade elétrica correspondente a 3,01 dS m⁻¹, a concentração média obtida foi de 3,07 g kg⁻¹. No caso deste estudo, os tratamentos irrigados com EAN foram submetidos às irrigações diárias por 114 DAT com condutividade elétrica média de 2,55 dS m⁻¹, e a concentração média de Na obtida foi de 2,25 g kg⁻¹.

Estes mesmos autores também concluíram que o aumento das concentrações de sódio e cloro acarretou a redução nas concentrações de nitrogênio e potássio no tecido foliar do tomate cereja. Comparando com as concentrações apresentadas pela Tabela 8, este fato só é verificado para o tratamento testemunha, no qual os teores foliares de nitrogênio diferem entre as fontes de água, sendo maiores para AT, e os teores de sódio são maiores para EAN em relação a AT.

4.3. Produção de fitomassa dos adubos verdes e teores de nutrientes

Relativamente à massa fresca é possível observar que a crotalária-espectabilis diferiu dos demais adubos verdes, apresentando maiores valores quando irrigada com AT (Tabela 11). Para os tratamentos irrigados com EAN, destaca-se o milheto, que não diferiu da crotalária-

espectábilis. Em ambas as fontes de água, o tremoço-branco foi o adubo verde que apresentou a menor massa fresca, o que pode ser reflexo do efeito da salinidade e do plantio fora de época, uma vez que o cultivo ideal do mesmo é durante o inverno.

Tabela 11. Massa fresca da parte aérea dos adubos verdes (tremoço-branco, milho, feijão-de-porco, crotalária-espectábilis) cultivados em consórcio com o minitomateiro, fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN).

Adubos Verdes	AT	EAN	Referência*
	----- kg m ⁻² -----	-----	---- kg m ⁻² ----
Crotalária-espectábilis	2,50 Aa	1,55 ABb	2,0 – 3,0
Feijão-de-porco	1,62 Ba	0,96 BCb	2,2 – 4,0
Milho	1,37 BCb	2,39 Aa	2,3 – 5,0
Tremoço-branco	0,60 Ca	0,34 Ca	1,5 – 4,0
CV (%)	30,29		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Fonte: própria autoria.

*Características das espécies mais utilizadas como adubos verdes e plantas de cobertura (adaptado de Wutke, Calegari e Wildner, 2014)

Para massa seca da parte aérea em AT, crotalária-espectábilis e feijão-de-porco apresentaram produtividades superiores aos demais tratamentos, enquanto para EAN, milho, feijão-de-porco e crotalária-espectábilis não diferiram estatisticamente entre si e foram superiores ao tremoço-branco. Crotalária-espectábilis apresentou maior produtividade quando irrigada com AT enquanto milho apresentou maior produtividade quando irrigado com EAN. Para os demais tratamentos não houve diferença na fonte de água para irrigação (Tabela 12).

Tabela 12. Massa seca da parte aérea dos adubos verdes (tremoço-branco, milho, feijão-de-porco, crotalária-espectábilis) cultivados em consórcio com o minitomateiro, fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN).

Adubos Verdes	AT	EAN	Referência*
	----- kg m ⁻² -----	-----	---- kg m ⁻² ----
Crotalária-espectábilis	0,32 Aa	0,18 ABb	0,4 – 0,6
Feijão-de-porco	0,31 ABa	0,20 Aa	0,5 – 0,8
Milho	0,17 BCb	0,31 Aa	0,8 – 2,1
Tremoço-branco	0,08 Ca	0,04 Ba	0,2 – 0,5
CV (%)	36,90		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Fonte: própria autoria.

*Características das espécies mais utilizadas como adubos verdes e plantas de cobertura (adaptado de Wutke, Calegari e Wildner, 2014)

Comparando com as informações de referência, todos os adubos verdes apresentaram produtividade abaixo da sugerida, entretanto isto pode ser explicado pelo fato dos adubos verdes terem sido manejados aos 60 DAS, antes do período ideal de manejo para as espécies estudadas no consórcio, 100 DAS para crotalária-espectabilis, 90 DAS para o feijão-de-porco, 100 DAS para o tremoço-branco e 90 DAS para o milho (WUTKE, CALEGARI E WILDNER, 2014). Além disso, estas espécies estavam sobre o efeito de elevada salinidade, o que pode ter reduzido sua produtividade, e sobre competição de nutrientes com o minitomateiro.

Donatti et al. (2017) para o milho manejado aos 85 DAS, obtiveram produtividade correspondentes a $1,12 \text{ kg m}^{-2}$ quando o mesmo foi irrigado com AT e $0,77 \text{ kg m}^{-2}$ quando irrigado com EAN. Estes dados também diferem dos obtidos neste presente estudo. Entretanto, Rossi et al. (2015) ao estudarem o desenvolvimento do milho irrigado com diferentes fontes de água, com manejo aos 65 DAS, obtiveram produtividade de $0,38 \text{ kg m}^{-2}$ em solo previamente irrigado com efluente anaeróbio, dado próximo ao obtido neste estudo. Os autores atribuíram a baixa produção de fitomassa do milho à falta de nitrogênio (N), sendo que as plantas apresentaram clorose típica de deficiência de N. Isto corrobora com os dados verificados no presente trabalho.

Para massa fresca de raiz (Tabela 13), não foi constatada interação entre as fontes de água e os adubos verdes, de modo que apenas o tremoço-branco diferiu da crotalária-espectabilis e do milho. Comparando com os dados apresentados por Rossi et al. (2014), o milho apresentou massa fresca de raiz superior aos encontrados pelos autores.

Tabela 13. Massa fresca de raiz dos adubos verdes (tremoço-branco, milho, feijão-de-porco, crotalária-espectabilis) cultivados em consórcio com o minitomateiro, fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN).

Adubos Verdes	AT	EAN	Média
	Kg m ⁻²		
Milho	0,037	0,049	0,043 A
Crotalária-espectabilis	0,042	0,030	0,036 A
Feijão-de-porco	0,028	0,024	0,026 AB
Tremoço-branco	0,016	0,012	0,014 B
Média	0,031 a	0,029 a	
CV (%)	42,36		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

A Tabela 14 apresenta os valores dos teores de macronutrientes nos adubos verdes. Os resultados observados para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), não apresentaram interações entre as fontes de água e os adubos verdes, bem como as diferenças

estatísticas só foram verificadas entre os adubos verdes, exceto para o magnésio. Para o nitrogênio, o milho apresentou as menores concentrações ($18,60 \text{ g kg}^{-1}$) diferindo dos demais tratamentos, enquanto para o fósforo o tremoço-branco ($1,19 \text{ g kg}^{-1}$) tenha diferido do feijão-de-porco ($1,79 \text{ g kg}^{-1}$). Para K, tremoço-branco ($26,11 \text{ g kg}^{-1}$) diferiu do milho ($45,42 \text{ g kg}^{-1}$) e da crotalaria espectabilis ($40,41 \text{ g kg}^{-1}$). Para o cálcio todos os adubos verdes diferiram entre si, de modo que o milho tenha apresentado a menor concentração ($5,24 \text{ g kg}^{-1}$) e o feijão-de-porco a maior ($25,02 \text{ g kg}^{-1}$). Para o magnésio nenhuma diferença estatística foi verificada, sendo a média de concentração correspondente a $6,01 \text{ g kg}^{-1}$.

Tabela 14. Concentração de macronutrientes nas folhas dos adubos verdes (milho, crotalaria-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco), fertilizados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN).

Adubos Verdes	AT	EAN	Média
	N (g kg^{-1})		
Milho	18,92	18,29	18,60 C
Crotalaria-espectabilis	29,73	37,52	33,62 AB
Feijão-de-porco	37,55	39,77	38,66 A
Tremoço-branco	29,16	29,97	29,57 B
Média	28,84 a	31,39 a	
CV (%)	16,04		
Adubos Verdes	P (g kg^{-1})		
Milho	1,64	1,20	1,42 AB
Crotalaria-espectabilis	1,44	1,55	1,49 AB
Feijão-de-porco	1,59	2,01	1,80 A
Tremoço-branco	1,30	1,09	1,19 B
Média	1,49 a	1,46 a	
CV (%)	28,2		
	K (g kg^{-1})		
Milho	43,09	47,74	45,42 A
Crotalaria-espectabilis	36,50	44,32	40,41 AB
Feijão-de-porco	29,41	31,85	30,63 BC
Tremoço-branco	22,07	30,14	26,11 C
Média	32,77 a	38,51 a	
CV (%)	24,29		
	Ca (g kg^{-1})		
Milho	6,06	4,43	5,24 D
Crotalaria-espectabilis	15,99	14,39	15,19 B
Feijão-de-porco	24,52	25,53	25,02 A
Tremoço-branco	12,25	8,76	10,51 C
Média	14,70 a	13,28 a	
CV (%)	18,12		

Continua...

Continuação.

	AT	EAN	Média
Adubos Verdes		Mg (g kg ⁻¹)	
Milheto	6,60	4,87	5,73 A
Crotalaria-espectabilis	5,42	5,52	5,47 A
Feijão-de-porco	6,32	6,64	6,48 A
Tremoço-branco	7,29	5,42	6,35 A
Média	6,41 a	5,61 a	
CV (%)	24,22		
		S (g kg ⁻¹)	
Milheto	0,72 Aa	0,52 Ba	0,62
Crotalaria-espectabilis	0,62 Aa	0,54 ABa	0,58
Feijão-de-porco	0,49 Ab	1,09 Aa	0,79
Tremoço-branco	0,55 Aa	0,54 Ba	0,54
Média	0,59	0,67	
CV (%)	39,37		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Para os teores de enxofre houve interação entre fonte de água e adubos verdes. Para EAN o feijão-de-porco foi superior em comparação ao milheto e ao tremoço-branco, apresentando maior concentração quando irrigado com EAN em comparação com AT.

Souza, Guimarães e Favarato (2015), avaliando os teores de macronutrientes de tremoço-branco cultivado em rotação com milho-verde, manejados aos 80 DAS e sobre o tratamento de adubação nitrogenada de 450 kg ha⁻¹, próxima à quantidade aportada neste experimento, obtiveram resultados semelhantes aos verificados na Tabela 15 para o tremoço-branco.

Para os micronutrientes (Tabela 15) não houve interação entre as fontes de água e os adubos verdes. Para o boro (B), houve diferenças estatísticas entre os adubos verdes, sendo que o milheto diferiu dos demais nutrientes apresentando a menor concentração (14,91 mg kg⁻¹). Para o manganês comportamento semelhante foi verificado, com o tremoço-branco diferindo dos demais tratamentos e apresentando a maior concentração (440,01 mg kg⁻¹).

Tabela 15. Concentração de micronutrientes nas folhas dos adubos verdes (milheto, crotalária-espectábilis, feijão-de-porco e tremoço-branco), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN).

Adubos Verdes	AT	EAN	Média
		B (mg kg ⁻¹)	
Milheto	15,70	14,13	14,91 B
Crotalária-espectábilis	24,22	23,50	23,86 A
Feijão-de-porco	23,62	22,65	23,13 A
Tremoço-branco	27,03	28,96	27,99 A
Média	22,64 a	22,31 a	
CV (%)	23,13		
		Cu (mg kg ⁻¹)	
Milheto	40,08	30,22	35,15 A
Crotalária-espectábilis	34,70	33,10	33,90 A
Feijão-de-porco	38,35	35,60	36,98 A
Tremoço-branco	32,70	28,55	30,63 A
Média	36,46 a	31,87 a	
CV (%)	30,11		
		Fe (mg kg ⁻¹)	
Milheto	240,90	208,15	224,53 A
Crotalária-espectábilis	174,20	198,10	186,15 A
Feijão-de-porco	185,45	262,80	224,13 A
Tremoço-branco	245,30	317,97	281,64 A
Média	211,46 a	246,76 a	
CV (%)	35,46		
		Mn (mg kg ⁻¹)	
Milheto	217,20	215,85	216,53 B
Crotalária-espectábilis	160,60	166,50	163,55 B
Feijão-de-porco	164,98	181,35	173,16 B
Tremoço-branco	457,33	422,70	440,01 A
Média	250,03 a	246,60 a	
CV (%)	32,21		
		Zn (mg kg ⁻¹)	
Milheto	38,55	31,58	35,06 A
Crotalária-espectábilis	34,85	35,05	34,95 A
Feijão-de-porco	32,63	39,50	36,06 A
Tremoço-branco	40,45	36,03	38,24 A
Média	36,62 a	35,54 a	
CV (%)	17,01		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Analisando os teores de sódio (Na) não houve interações entre os adubos verdes e as fontes de água (Tabela 16). Isoladamente, as concentrações de sódio diferiram de acordo com os adubos verdes e com as fontes de água, sendo observadas maiores médias para EAN (3,20 g kg⁻¹)

e para o tremoço-branco ($4,20 \text{ g kg}^{-1}$), o qual diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, apresentando a maior média.

Tabela 16. Concentração de sódio (Na) nas folhas dos adubos verdes (milheto, crotalaria-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN).

Adubos Verdes	AT	EAN	Média
	Na (g kg^{-1})		
Milheto	1,25	1,78	1,51 B
Crotalaria-espectabilis	0,75	2,58	1,66 B
Feijão-de-porco	0,68	2,30	1,49 B
Tremoço-branco	2,25	6,15	4,20 A
Média	1,23 b	3,20 a	
CV (%)	54,54		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Ao correlacionar estes dados com os dados de massa seca da parte aérea (Tabela 12) verifica-se que para EAN o tremoço-branco juntamente com feijão-de-porco, no caso de massa fresca, e juntamente com crotalaria-espectabilis no caso da massa seca, apresentou as menores médias, o que pode ser resultado de inibição de desenvolvimento devido à salinidade. O sódio compete com o potássio por sítios de absorção, o qual possui importante papel na ativação de enzimas, de modo que sua diminuição pode afetar o crescimento da planta (MARSCHNER, 2012; EPSTEIN; BLOOM, 2006). É o que foi observado para o tremoço-branco, no qual as menores concentrações de potássio foram verificadas ($26,57 \text{ g kg}^{-1}$).

Comparando as concentrações de macro e micronutrientes nos adubos verdes com os teores observados nas folhas do minitomateiro, os tratamentos os quais tiveram consórcio com milheto apresentaram os menores teores de nitrogênio, bem como o milheto em si apresentou a menor concentração deste macronutriente, para ambas as fontes de água utilizadas na fertirrigação. Isto indica que o minitomateiro e o milheto competiram por nutrientes, o que acarretou as menores concentrações em ambos.

4.4. Índice relativo de clorofila (IRC)

Ao longo do experimento monitorou-se o índice relativo de clorofila (IRC) para o minitomateiro e para os adubos verdes, a fim de acompanhar se o fornecimento de nitrogênio via fertirrigação foi realizado de acordo com as exigências das culturas e manejado corretamente.

4.4.1 Índice relativo de clorofila (IRC) do minitomateiro

A Tabela 17 apresenta o IRC a, b e Total, para os quais houve interação entre os adubos verdes consorciados com o minitomateiro e as fontes de água. Para IRC “a” apenas para AT o tratamento com milho diferiu estatisticamente dos demais, em EAN não foram encontradas diferenças estatísticas entre os tratamentos. Para IRC “b” em AT milho diferiu dos demais tratamentos e em EAN diferiu da crota-lária-espectábilis, feijão-de-porco e tremoço-branco.

Para AT as parcelas com milho diferiram dos demais tratamentos apresentando o menor teor de IRC Total, enquanto que para EAN este mesmo tratamento diferiu das parcelas contendo feijão-de-porco e tremoço-branco. Os teores de clorofila para as parcelas com milho foram maiores para EAN do que para AT.

Ao correlacionar estes resultados com os teores de nitrogênio verificados nas folhas do minitomateiro (Tabela 8) é possível verificar que os menores teores de nitrogênio (N) encontrados para minitomateiro cultivado em consórcio com o milho, tanto para AT quanto para EAN, foram determinados de maneira indireta pelo IRC Total.

Tabela 17. Índice Relativo de Clorofila (IRC) a, b e Total das folhas do minitomateiro cultivado em consórcio com os adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN).

Tratamentos	AT		EAN		Média
IRC a					
Milheto	37,73	Bb	40,06	Aa	38,89
Crotalaria-espectabilis	40,24	Aa	40,66	Aa	40,45
Feijão-de-porco	40,22	Aa	40,77	Aa	40,49
Tremoço-branco	40,28	Aa	40,70	Aa	40,49
Testemunha	40,47	Aa	40,11	Aa	40,29
Média	39,79		40,46		
CV ¹ = 6,28 %; CV ² = 5,04%					
IRC b					
Milheto	13,84	Bb	16,45	Ca	15,14
Crotalaria-espectabilis	17,89	Aa	18,63	ABa	18,26
Feijão-de-porco	18,55	Aa	19,71	ABa	19,13
Tremoço-branco	19,08	Aa	20,12	Aa	19,60
Testemunha	18,08	Aa	18,87	BCa	18,48
Média	17,49		18,76		
CV ¹ = 17,90 %; CV ² =13,14%					
IRC Total					
Milheto	51,57	Bb	56,50	Ba	56,50
Crotalaria-espectabilis	58,13	Aa	59,29	ABa	59,29
Feijão-de-porco	58,77	Aa	60,48	Aa	60,48
Tremoço-branco	59,36	Aa	60,82	Aa	60,82
Testemunha	59,35	Aa	59,35	ABa	58,12
Média	57,43		59,29		
CV ¹ = 8,51%; CV ² = 6,49					

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV¹: tratamentos; CV²: tempo. Fonte: própria autoria.

Também houve interação entre as fontes de irrigação (AT e EAN) e o tempo (Figura 8) para IRC a, b e Total. Verifica-se que houve diferenças estatísticas entre as fontes de água aos 29, 36 e 43 DAT, o que indica que nestas datas o aporte de nitrogênio via fertirrigação pode ter sido díspare entre os tratamentos que receberam AT e os que receberam EAN, de modo que para AT os índices tenham sido menores que para EAN.

Figura 8. IRC – Índice Relativo de Clorofila a, b e Total das folhas dos minitomateiros cultivados em consórcio com os adubos verdes (milheto, crotalária-espectábilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) mais um tratamento testemunha, irrigados com diferentes dondes de água (AT – água de torneira, EAN – efluente anaeróbio), por 99 DAT (dias após o transplante). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

4.4.2 Índice relativo de clorofila (IRC) dos adubos verdes

O índice de clorofila das folhas dos adubos verdes apresentou interação com as fontes de água apenas para IRC a e IRC Total (Tabela 18). Para ambas as fontes de água, AT e EAN, tanto o IRC a e IRC Total apresentaram o mesmo comportamento, o milheto diferiu estatisticamente dos demais adubos verdes, apresentando os menores índices, enquanto crotalária-espectábilis e tremoço-branco foram semelhantes, e feijão-de-porco superior a todos os tratamentos. Com relação à fonte de irrigação, para o feijão-de-porco o IRC para EAN foi superior a AT e para o tremoço-branco verificou-se o inverso. Para IRC b, o Milheto foi inferior aos demais tratamentos.

Tabela 18. Índice Relativo de Clorofila (IRC) para clorofila a, b e Total das folhas dos adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbio – EAN).

Adubos Verdes	AT	EAN	Média
IRC a			
Milheto	26,77 Ca	27,62 Ca	27,19
Crotalária-espectabilis	34,33 Ba	33,81 Ba	34,07
Feijão-de-porco	39,81 Aa	41,57 Aa	40,69
Tremoço-branco	36,50 Ba	34,23 Bb	35,37
Média	33,64	34,33	
CV ¹ = 5,18%; CV ² = 6,61%			
IRC b			
Milheto	6,19	6,30	6,25 C
Crotalária-espectabilis	9,98	10,00	9,99 B
Feijão-de-porco	19,59	21,56	20,57 A
Tremoço-branco	9,75	9,24	9,50 B
Média	11,38	11,78	
CV ¹ = 15,09%; CV ² = 16,59%			
IRC Total			
Milheto	32,96 Ca	33,92 Ca	33,44
Crotalária-espectabilis	44,31 Ba	43,81 Ba	44,06
Feijão-de-porco	59,39 Ab	63,12 Aa	61,26
Tremoço-branco	46,26 Ba	43,48 Bb	44,87
Média	45,73	46,08	
CV ¹ = 5,14%; CV ² = 7,42%			

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV¹: tratamentos; CV²: tempo. Fonte: própria autoria.

Estes dados corroboram com os teores de nitrogênio nas folhas dos adubos verdes (Tabela 14), pois analisando as concentrações deste macronutriente para os adubos verdes isoladamente, o milheto diferiu dos demais tratamentos apresentando as menores concentrações, embora a crotalária-espectabilis tenha sido semelhante ao feijão-de-porco e ao tremoço-branco, diferentemente dos dados de IRC na Tabela 18 a qual só foi semelhante ao tremoço-branco.

Também houve interação entre os teores relativos de clorofila com o tempo (avaliações aos 43, 52 e 59 DAS). Os índices relativos de clorofila Total e clorofila a variaram para as três datas da mesma forma, conforme indicado pela Tabela 19, enquanto que para clorofila b aos 43 DAS o milheto diferiu dos demais adubos verdes, crotalária-espectabilis foi semelhante ao tremoço-branco e feijão-de-porco apresentou o maior teor relativo de clorofila b. Para os 52 DAS o feijão-de-porco diferiu dos demais tratamentos (IRC igual a 22,08 e a 21,78) bem como para os 52 e 59 DAS e o milheto e a crotalária-espectabilis foram semelhantes ao tremoço-branco.

É possível também verificar diferenças estatísticas para o IRC isoladamente para cada adubo verde nas três datas em questão (Tabela 19). Com relação à clorofila Total, para o milho, aos 59 DAS o IRC (36,59) diferiu estatisticamente dos 43 DAS (30,08), mesmo comportamento observado no feijão-de-porco (IRC igual a 63,44 aos 59 DAS e 58,08 aos 43 DAS). Já para crotalária-espectabilis aos 59 DAS o IRC (46,20) diferiu dos 52 DAS (41,82). O mesmo foi verificado para o tremoço-branco (IRC igual a 46,86 aos 59 DAS e 40,66 aos 52 DAS). Para clorofila a é possível realizar as mesmas considerações, exceto para o feijão-de-porco, o qual não apresentou diferenças estatísticas para o IRC nas datas consideradas. Já para clorofila b, não foram verificadas diferenças estatísticas entre as datas para milho e crotalária-espectabilis.

Tabela 19. Índice Relativo de Clorofila (IRC) para clorofila a, b e Total das folhas dos adubos verdes (milho, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) em três datas distintas (43, 52 e 59 dias após semeadura).

Adubos Verdes	DAS					
	43		52		59	
IRC a						
Milheto	24,48	Cb	27,44	Ca	29,66	Ca
Crotalária-espectáveis	36,27	Bab	32,47	Bb	35,48	Ba
Feijão-de-porco	40,22	Aa	40,18	Aa	41,66	Aa
Tremoço-branco	36,19	Ba	33,11	Bb	36,81	Ba
CV ¹ = 5,18%; CV ² = 6,61%						
IRC b						
Milheto	5,60	Ca	6,21	Ba	6,93	Ca
Crotalária-espectáveis	9,89	Ba	9,36	Ba	10,73	Ba
Feijão-de-porco	17,85	Ab	22,08	Aa	21,78	Aa
Tremoço-branco	10,89	Ba	7,55	Bb	10,05	BCab
CV ¹ = 16,59%; CV ² = 15,09%						
IRC Total						
Milheto	30,08	Cb	33,65	Cab	36,59	Ca
Crotalária-espectáveis	44,16	Bab	41,82	Bb	46,20	Ba
Feijão-de-porco	58,08	Ab	62,26	Aa	63,44	Aa
Tremoço-branco	47,08	Ba	40,66	Bb	46,86	Ba
CV ¹ = 5,14%; CV ² = 7,42%						

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV¹: tratamentos; CV²: tempo. Fonte: própria autoria.

4.5. Variáveis biométricas do minitomateiro

4.5.1. Número de Frutos

A Figura 9 apresenta o número de frutos comercializáveis ao longo dos 114 DAT, agrupados em quatro datas (72, 84, 98 e 114) para três classes: pequena, média e grande. A Figura traz apenas a interação entre um dos fatores e o tempo, no caso os adubos verdes cultivados em consórcio com o minitomateiro (milheto, crotalária spectabilis, feijão-de-porco, tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro). Já a Tabela 20 apresenta as regressões para cada classe. Também não foi verificada para nenhuma classe a interação tripla entre fonte, adubos verdes e tempo. Importante ressaltar que as variáveis apresentadas neste tópico sofreram transformações por raiz quadrada para adequação dos dados.

Para a classe pequena, analisando a Figura 9, foram constatadas diferenças para o fator adubo verde aos 84, 98 e 114 DAT. Aos 84 DAT a média dos frutos foi semelhante entre tremoço-branco, testemunha e crotalária-espectabilis, sendo estes superiores ao milheto e os dois primeiros superiores ao feijão-de-porco e milheto. Para os 98 DAT, tremoço-branco, testemunha e crotalária-espectabilis foram superiores ao feijão-de-porco e ao milheto, e para os 114 DAT tremoço-branco e testemunha foram semelhantes entre si, bem como crotalária-espectabilis e feijão de porco, sendo os dois primeiros superiores aos demais tratamentos e milheto apresentou o menor número de frutos. Os ajustes obtidos para as regressões apresentadas foram todos lineares.

Para classe média, tanto aos 72 quanto aos 84 DAT não foram verificadas diferenças estatísticas entre os adubos verdes. Aos 98 DAT tremoço-branco, testemunha e crotalária-espectabilis foram semelhantes entre si, de modo que o tremoço-branco tenha sido superior ao feijão-de-porco e ao milheto, Para os 114 DAT tremoço-branco e testemunha diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, sendo superiores aos mesmos. Os ajustes obtidos para as regressões apresentadas foram de segundo grau.

Para classe grande, aos 72 DAT não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, enquanto que para os 84 DAT milheto diferiu da testemunha e do tremoço-branco. Para os 98 DAT tremoço-branco foi semelhante à testemunha e crotalária-espectabilis e superior ao feijão-de-porco e milheto. Já para os 114 DAT, tremoço-branco, testemunha e crotalária-espectabilis foram semelhantes entre si, feijão-de-porco semelhante à crotalária-espectabilis e milheto semelhante ao feijão-de-porco. Os ajustes obtidos para as regressões também foram de segundo grau.

Figura 9. Número de frutos colhidos por m^2 , por tratamento ao longo de 114 DAT (Dias após o transplante), sendo MI = milho, CS = crotalaria – espectabilis, FP = feijão-de-porco, TB = tremoço-branco e Teste = testemunha. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Com relação ao número de frutos total, a Figura 10 apresenta as médias ao longo dos 114 DAT, as quais explicitam que aos 72 DAT não houve diferenças estatísticas entre os adubos verdes, enquanto que para os 84 e 98 DAT tremoço-branco tenha sido superior ao feijão-de-porco e ao milho. Para os 114 DAT os tratamentos como tremoço-branco e testemunha obtiveram as maiores médias, diferindo dos demais, enquanto que feijão-de-porco e milho apresentaram as menores médias. Os ajustes obtidos para as regressões foram de segundo grau (Tabela 20).

Figura 10. Número de frutos totais colhidos por m^2 , por tratamento ao longo de 114 DAT (Dias após o transplante), sendo MI = milho, CS = crotalaria – espectabilis, FP = feijão-de-porco, TB = tremoço-branco e Teste = testemunha. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Tabela 20. Ajustes obtidos para as regressões das classes pequena, média e grande, e total, para o número de frutos, para cada tratamento.

Tratamentos	Equações de ajuste	R ²
Classe pequena		
Milheto	$y = 0,53x - 33,05$	0,9921
Crotalária-espectabilis	$y = 1,72x - 111,94$	0,9922
Feijão-de-porco	$y = 1,20x - 80,39$	0,9977
Tremoço-branco	$y = 3,16x - 211,06$	0,9973
Testemunha	$y = 2,92x - 199,90$	0,9989
Classe média		
Milheto	$y = 0,0047x^2 + 0,2047x - 33,394$	0,9967
Crotalária-espectabilis	$y = 0,0274x^2 - 3,3277x + 105,58$	0,9998
Feijão-de-porco	$y = 0,0172x^2 - 1,8546x + 50,342$	0,9973
Tremoço-branco	$y = 0,0373x^2 - 3,7572x + 87,609$	0,9991
Testemunha	$y = 0,0477x^2 - 6,0382x + 198,17$	0,9961
Classe grande		
Milheto	$y = 0,0344x^2 - 5,3269x + 212,39$	0,9966
Crotalária-espectabilis	$y = 0,0529x^2 - 7,8700x + 304,31$	0,9998
Feijão-de-porco	$y = 0,0205x^2 - 2,5762x + 83,98$	1,0000
Tremoço-branco	$y = 0,0334x^2 - 3,8756x + 115,53$	0,9985
Testemunha	$y = 0,0419x^2 - 5,5906x + 196,46$	0,9954
Tratamentos	Equações de ajuste	R ²
Total		
Milheto	$y = 0,0423x^2 - 5,167x + 172,134$	0,9999
Crotalária-espectabilis	$y = 0,067x^2 - 7,108x + 192,588$	1
Feijão-de-porco	$y = 0,04x^2 - 3,458x + 64,171$	0,9988
Tremoço-branco	$y = 0,067x^2 - 3,771x - 39,969$	0,9984
Testemunha	$y = 0,083x^2 - 7,401x + 135,471$	0,9986

Fonte: própria autoria.

Comparando estes dados com os de Holcman (2009), é possível verificar que para as classes pequena e grande, o número médio de frutos por planta para a cultivar Sweet grape encontrado pela autora foi de respectivamente 163,3 e 341,4, média de dois ciclos. No caso do presente estudo, verificou-se aos 114 DAT para tremoço-branco (tratamento com maior número de frutos) 149 frutos por m² para a classe pequena e 108 frutos por m² para a classe grande. Como havia 4 plantas por parcela, isto indica que o número de frutos obtidos por planta para as referidas classes (aproximadamente 37 e 27 frutos por planta para as classes pequena e grande) estão abaixo de uma produtividade potencial, como a do trabalho citado. Entretanto isto pode ser justificado pela ocorrência de pragas ao longo cultivo, entre elas percevejos e lagartas (Figura 11), além de altas temperaturas ao longo do ciclo de cultivo.

Figura 11. Pragas incidentes ao longo dos 114 dias após o transplântio. Percevejo à esquerda (A) e lagarta à direita (B). Fonte: própria autoria.

Porém ao comparar o número de frutos totais (sem classificação) com os dados obtidos por Malheiros et al. (2012), num estudo com condições semelhantes a este, para os tratamentos que não receberam efluente e para os que receberam 100% de efluente de uma indústria de sorvete com complementação de nutrientes, os dados obtidos foram de 29,2 e 46,2 frutos por planta respectivamente. Para o caso de 4 plantas de minitomateiro por m^2 , isto corresponderia a aproximadamente 116,8 frutos por m^2 no caso dos tratamentos que receberam solução nutritiva comercial e 184,8 frutos por m^2 para os que receberam efluente com complementação nutricional. Ao comparar estes dados com o número de frutos obtidos aos 114 DAT para os tratamentos em questão, é possível constatar que para tremoço-branco (402,5 frutos m^{-2}), testemunha (366,63 frutos m^{-2}) e crotalária-espectábilis (258,63 frutos m^{-2}) o desempenho verificado foi superior ao encontrado por Malheiros et al. (2012).

Rossi et al. (2011) num estudo similar a este, encontraram valores correspondentes a 28 frutos por planta de minitomateiro com haste única em consórcio com feijão-de-porco, 43 frutos por planta para consórcio com tremoço-branco e 45 frutos por planta para tratamento testemunha. Considerando 4 plantas por m^2 , isto corresponderia a 112, 172 e 180 frutos por m^2 respectivamente para o consórcio com feijão-de-porco (FP), tremoço-branco (TB) e testemunha (TEST), valores inferiores ao do presente trabalho (FP=176, TB = 402 e TEST = 367 frutos por m^2).

4.6. Produtividade do minitomateiro

A Figura 12 apresenta os valores médios de produtividade para interação entre os fatores adubos verdes (milheto, crotalária-espectábilis, feijão-de-porco, tremoço-branco e testemunha) e tempo, para 4 datas (72, 84, 98 e 114 DAT) para três classes de frutos: pequena, média e grande. Não foi constatada interação tripla entre adubos verdes, fontes de água e tempo. Já a Figura 13 apresenta os valores médios de produtividade total ao longo dos 114 DAT. A

Tabela 21 traz os ajustes para as regressões de cada classe de frutos. As variáveis apresentadas neste tópico também sofreram transformações por raiz quadrada para adequação dos dados

Analisando os resultados de produtividade para a classe pequena aos 72 DAT não foram constatadas diferenças estatísticas, enquanto que para os 84 DAT tremoço-branco foi semelhante à testemunha e superior aos demais tratamentos. Já para os 98 e 114 DAT tremoço-branco e testemunha foram semelhantes entre si e superiores aos demais tratamentos. Os ajustes obtidos foram de primeiro grau. Já para a classe média, não foram encontradas diferenças aos 72 e 84 DAT entre os tratamentos, enquanto que para os 98 DAT tremoço-branco foi semelhante à testemunha e a crotalaria-espectabilis e superior ao milheto e feijão-de-porco. Aos 114 DAT tremoço-branco e testemunha foram superiores aos demais tratamentos. Para a classe grande comportamentos semelhantes foram encontrados de modo que para os 114 DAT tremoço-branco e testemunha tenham sido superiores ao milheto e feijão-de-porco. Estes resultados de produtividade se assemelham com os resultados do número de frutos explicitados anteriormente.

Para a produtividade total (sem classificação), é possível verificar pela Figura que aos 72 DAT não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos. Já aos 84 DAT, os tratamentos contendo tremoço-branco foram superiores aos contendo milheto e feijão-de-porco, e aos 98 e 114 DAT foram superiores aos tratamentos contendo crotalaria-espectabilis, feijão-de-porco e milheto.

Figura 12. Produtividade em g m^{-2} obtida por tratamento ao longo de 114 DAT (Dias após o transplante), sendo MI = milheto, CS = crotalária-espectabilis, FP = feijão-de-porco, TB = tremoço-branco e Teste = testemunha. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Tabela 21. Ajustes obtidos para as regressões das classes pequena, média e grande, e sem classificação (total) para produtividade do tomateiro consorciado com adubos verdes e solteiro.

Tratamentos	Equações de ajuste	R ²
Classe pequena		
Milheto	$y = 1,48x - 77,03$	0,9920
Crotalaria-espectabilis	$y = 4,08x - 257,73$	0,9943
Feijão-de-porco	$y = 3,13x - 207,99$	0,9978
Tremoço-branco	$y = 7,60x - 505,88$	0,9986
Testemunha	$y = 8,28x - 533,96$	0,9959
Classe média		
Milheto	$y = 5,07x - 350,75$	0,9914
Crotalaria-espectabilis	$y = 8,87x - 646,50$	0,9658
Feijão-de-porco	$y = 6,41x - 445,35$	0,9837
Tremoço-branco	$y = 15,32x - 1090,72$	0,9829
Testemunha	$y = 13,65x - 983,24$	0,9585
Classe grande		
Milheto	$y = 0,18x^2 - 26,55x + 1046,19$	0,9994
Crotalaria-espectabilis	$y = 0,39x^2 - 58,34x + 2244,69$	0,9997
Feijão-de-porco	$y = 0,21x^2 - 29,15x + 1041,89$	0,9994
Tremoço-branco	$y = 0,23x^2 - 25,09x + 706,80$	0,9983
Testemunha	$y = 0,27x^2 - 33,55x + 1137,21$	0,9957
Total		
Milheto	$y = 0,22x^2 - 27,29x + 951,98$	1
Crotalaria-espectabilis	$y = 0,50 x^2 - 65,58x + 2254,5$	1
Feijão-de-porco	$y = 0,29 x^2 - 33,11x + 999,66$	0,9992
Tremoço-branco	$y = 0,36 x^2 - 26,36x + 207,47$	0,9985
Testemunha	$y = 0,46 x^2 - 48,71x + 1296,4$	0,9972

Fonte: própria autoria.

Figura 13. Produtividade total em g m⁻² ao longo de 114 DAT (Dias após o transplante), sendo MI = milheto, CS = crotalária – espectabilis, FP = feijão-de-porco, TB = tremoço-branco e Teste = testemunha. Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Ao comparar estes dados de produtividade total comercializável com as produtividades obtidas por Rossi et al. (2012), os quais estudaram a produtividade do minitomateiro também em consórcio com adubos verdes, é possível encontrar valores superiores. A produtividade comercial encontrada pelos autores para o consórcio com feijão-de-porco, tremoço-branco e sem consórcio foi respectivamente 768,23, 485,25 e 799,24 gramas por m². Já para o presente trabalho, aos 114 DAT para estes mesmos tratamentos foram encontradas produtividades de respectivamente 936,34, 1937,33 e 1756,33 gramas por parcela. Ainda observando a Figura 13, verifica-se aumentos de produtividade aos 114 DAT, comparando os tratamentos com tremoço-branco (1937,33 g m⁻²) com os demais. Para este tratamento foram constatados incrementos de 9,34 % em relação à testemunha (1756,33 g m⁻²), 33,13 % em relação ao consórcio com crotalária-espectabilis (1295,49 g m⁻²), 51,6 % em relação ao consórcio com feijão-de-porco (936,34 g m⁻²) e 66 % em relação ao consórcio com milheto (657,11 g m⁻²).

Ao analisar a Tabela 8 verifica-se que o menor teor de nitrogênio encontrado nas folhas do minitomateiro foi para o tratamento com consórcio com milheto, e que a menor concentração de N nos adubos verdes também foi para o milheto (Tabela 14). Isto indica claramente que houve competição por nutrientes entre o milheto e as plantas de minitomateiro, sendo portanto explicável as menores produtividades neste tratamento. Em contrapartida, as maiores produtividades para os tratamentos em consórcio com tremoço-branco podem ser explicadas pelo fato das plantas de minitomateiro terem sofrido menos influência da salinidade, uma vez que

de acordo com a Tabela 16 do tópico 4.2.2 o tremço-branco foi o adubo verde que apresentou a maior concentração de sódio. Além disso, Ambrosano et al. (2008) constataram que o tremço-branco contribui com 27% do N encontrado na parte aérea do tomate-cereja, cultivado em consórcio, sendo possível portanto que o minitomateiro tenha absorvido nitrogênio proveniente do processo de fixação biológica desta leguminosa. Para os tratamentos testemunha as produtividades também foram superiores juntamente com tremço-branco branco devido à ausência de competição por água e nutrientes.

Relativamente à interação entre fonte de água e tempo (Figura 14), a mesma foi verificada apenas para a classe grande de frutos, não havendo diferença e para a produtividade total (total - sem classificação).

Figura 14. Produtividade para a classe grande de frutos em g m^{-2} e para o total (sem classificação), de acordo com as duas fontes de água AT = água de torneira e EAN = Efluente anaeróbico tratado, ao longo de 114 DAT (dias após transplante). Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria

Para a classe grande, não foram verificadas diferenças estatísticas aos 72 e 84 DAT, enquanto que para os 98 e 114 DAT, as maiores produtividades foram obtidas para os tratamentos irrigados com água de torneira. Para produtividade total não foram constatadas diferenças entre as fontes de água ao longo do tempo. Malheiros et al. (2012) encontraram para os minitomateiros fertirrigados apenas com solução nutritiva convencional produtividades de 128,83 gramas por planta e para aqueles irrigados com 100% de efluente proveniente de uma indústria de sorvete com complementação nutricional, 95,91 gramas por planta. Caso quadriplicássemos estes resultados (512 g m^{-2} para solução nutritiva convencional e 384 g m^{-2} para irrigação com efluente), considerando as condições do presente trabalho, as produtividades estariam abaixo do observado na Figura 14.

Relativamente ao descarte, a Tabela 22 apresenta os dados médios de massa de frutos descartados e número de frutos descartados para os diferentes tratamentos.

Tabela 22. Massa de descarte de frutos (MDF) e número de frutos descartados (NFD) para o minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e solteiro (testemunha), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT, efluente anaeróbico – EAN).

Tratamentos	AT	EAN	Média
	MDF ----- g m^{-2} -----		
Milheto	35,04	43,65	39,34 A
Crotalária – espectabilis	105,67	18,53	62,1 A
Feijão-de-porco	65,84	33,69	49,76 A
Tremoço-branco	60,16	122,42	91,29 A
Testemunha	112,24	100,35	106,30 A
Média	75,79 a	63,73 a	
CV (%)	47,34		
Tratamentos	NFD ----- frutos m^{-2} -----		
	AT	EAN	
Milheto	8,00	4,50	6,25 B
Crotalária – espectabilis	16,50	5,50	11,00 B
Feijão-de-porco	16,25	7,75	12,00 AB
Tremoço-branco	14,50	18,50	16,50 AB
Testemunha	30,75	20,00	25,38 A
Média	17,20 a	11,25 b	
CV (%)	36,02		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Para a massa de descarte de frutos não foram constatadas diferenças entre os tratamentos. Entretanto para o número de frutos descartados é possível constatar que o tratamento testemunha foi superior aos tratamentos com milheto e feijão-de-porco e que os

descartes foram superiores nos tratamentos irrigados com água de torneira, ou seja, a irrigação com EAN acarretou menor perda de frutos.

4.7. Composição química dos frutos

Relativamente ao teor de macro e micronutrientes nos frutos do minitomateiro, as Tabelas 23 e 24 explicitam estes dados. Não foram constatadas diferenças estatísticas para as concentrações de K, Ca, Cu, Fe, Mn e Zn. Para N, P e Mg, não houve interação entre os fatores adubos verdes e fontes de água, de modo que foram constatadas diferenças estatísticas apenas para a fonte de água. Para o nitrogênio, os teores nos frutos foram maiores para os tratamentos irrigados com AT (18,11 g Kg⁻¹) em comparação com EAN (16,98 g Kg⁻¹). Para o fósforo foi observado o mesmo comportamento, o teor encontrado para AT (2,29 g Kg⁻¹) foi maior que para EAN (1,87 g Kg⁻¹), enquanto que para Mg o teor encontrado para AT (1,94 g Kg⁻¹) foi menor que para EAN (2,12 g Kg⁻¹). Já para o enxofre (S) foi verificada interação entre os fatores de modo tal que os tratamentos com minitomate em consórcio com tremoço-branco irrigados com EAN, foram superiores (2,70 g Kg⁻¹) aos tratamentos testemunha (2,32 g Kg⁻¹). e crotalaria-espectabilis (2,50 g Kg⁻¹). Ainda para os tratamentos em consórcio com tremoço-branco, os teores de S foram superiores quando irrigados com EAN.

Tabela 23. Teores de macronutrientes dos frutos do minitomateiro cultivados em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalaria-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e a testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN).

Tratamentos	AT	EAN	Média
	----- N (g Kg ⁻¹) -----		
Milheto	16,43	16,54	16,49 A
Crotalaria-espectabilis	16,71	16,50	16,61 A
Feijão-de-porco	18,62	17,95	18,28 A
Tremoço-branco	19,48	17,02	18,25 A
Testemunha	19,30	16,94	18,12 A
Média	18,11 a	16,98 b	
CV (%)	8,84		
Tratamentos	----- P (g Kg ⁻¹) -----		
Milheto	2,44	1,65	2,05 A
Crotalaria-espectabilis	2,25	1,86	2,05 A
Feijão-de-porco	2,16	1,90	2,03 A
Tremoço-branco	2,45	1,97	2,21 A
Testemunha	2,13	1,99	2,06 A
Média	2,29 a	1,87 b	
CV (%)	12,51		

Continua...

Continuação.

Tratamentos	AT	EAN	Média
	----- K (g Kg ⁻¹) -----		
Milheto	43,58	41,14	42,36 A
Crotalaria-espectabilis	40,89	41,63	41,26 A
Feijão-de-porco	40,40	39,19	39,79 A
Tremoço-branco	45,05	42,36	43,71 A
Testemunha	37,47	39,67	38,57 A
Média	41,48 a	40,80 a	
CV (%)	14,72		
Tratamentos	----- Ca (g Kg ⁻¹) -----		
Milheto	7,01	6,31	6,66 A
Crotalaria-espectabilis	7,26	6,35	6,80 A
Feijão-de-porco	6,64	6,75	6,69 A
Tremoço-branco	6,89	6,38	6,63 A
Testemunha	6,73	6,68	6,71 A
Média	6,91 a	6,49 a	
CV (%)	9,8		
Tratamentos	----- Mg (g Kg ⁻¹) -----		
Milheto	2,06	2,24	2,15 A
Crotalaria – espectabilis	1,94	2,15	2,05 A
Feijão-de-porco	1,89	2,09	1,98 A
Tremoço-branco	2,03	2,13	2,08 A
Testemunha	1,79	1,99	1,89 A
Média	1,94 b	2,10 a	
CV (%)	12,18		
Tratamentos	AT	EAN	Média
	----- S (g Kg ⁻¹) -----		
Milheto	2,58 Aa	2,52 ABa	2,55
Crotalaria-espectabilis	2,57 Aa	2,50 Ba	2,53
Feijão-de-porco	2,50 Aa	2,49 ABa	2,50
Tremoço-branco	2,43 Ab	2,70 Aa	2,56
Testemunha	2,43 Aa	2,32 Ba	2,38
Média	2,50	2,51	
CV (%)	10,17		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Para os micronutrientes (Tabela 24), apenas boro apresentou interação entre os fatores, sendo que para AT os tratamentos em consórcio com milheto ($10,92 \text{ mg Kg}^{-1}$) apresentaram diferenças estatísticas com a testemunha ($5,29 \text{ mg Kg}^{-1}$). Para EAN os tratamentos em consórcio com crotalaria-espectabilis ($10,71 \text{ mg Kg}^{-1}$) foram superiores aqueles com feijão-de-porco ($5,17 \text{ mg Kg}^{-1}$). Ainda para crotalaria-espectabilis os teores de B foram superiores quando irrigados com EAN.

Tabela 24. Teores de micronutrientes dos frutos do minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbico – EAN).

Tratamentos	AT	EAN	Média
	----- B (mg Kg ⁻¹) -----		
Milheto	10,92 Aa	8,74 ABa	9,83
Crotalária-espectabilis	7,13 ABb	10,71 Aa	8,92
Feijão-de-porco	9,67 ABa	5,17 Bb	7,42
Tremoço-branco	9,51 ABa	7,01 ABa	8,26
Testemunha	5,29 Ba	8,02 ABa	6,65
Média	8,50	7,93	
CV (%)	27,13		
	----- Cu (mg Kg ⁻¹) -----		
Milheto	13,18	12,83	13,00 A
Crotalária-espectabilis	14,10	15,08	14,59 A
Feijão-de-porco	19,58	14,60	17,09 A
Tremoço-branco	16,20	14,60	15,40 A
Testemunha	15,23	13,73	14,48 A
Média	15,66 a	14,17 a	
CV (%)	20,79		
	----- Fe (mg Kg ⁻¹) -----		
Milheto	119,03	115,63	117,33 A
Crotalária-espectabilis	117,63	118,43	118,03 A
Feijão-de-porco	124,88	115,73	120,30 A
Tremoço-branco	122,23	122,40	122,31 A
Testemunha	120,63	115,07	117,85 A
Média	120,88 a	117,45 a	
CV (%)	5,49		
	----- Mn (mg Kg ⁻¹) -----		
Milheto	140,88	138,78	139,83 A
Crotalária-espectabilis	136,88	136,95	136,91 A
Feijão-de-porco	137,00	136,33	136,66 A
Tremoço-branco	136,58	110,85	123,71 A
Testemunha	136,68	135,90	136,29 A
Média	137,60 a	131,76 a	
CV (%)	11,65		
	----- Zn (mg Kg ⁻¹) -----		
Milheto	36,85	23,80	30,33 A
Crotalária-espectabilis	24,48	24,25	24,36 A
Feijão-de-porco	24,55	24,78	24,66 A
Tremoço-branco	27,45	25,25	26,35 A
Testemunha	25,95	26,03	25,99 A
Média	27,86 a	24,82 a	
CV (%)	22,04		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Estes resultados quando comparados aos teores encontrados nos frutos de minitomateiro por Ambrosano et al. (2018), apresentam valores superiores para potássio, cálcio e micronutrientes. Já para nitrogênio e fósforo, os valores encontrados por estes autores foram superiores aos teores do presente trabalho. A mesma comparação cabe para os dados encontrados por Kumar et al. (2015).

Com relação ao teor de sódio (Tabela 25) contido nos frutos do minitomateiro, não foi verificada interação entre os fatores e apenas foram constatadas diferenças estatísticas para as fontes de água (AT e EAN). Como esperado, os teores de sódio foram maiores nos tratamentos irrigados com EAN ($1,48 \text{ g Kg}^{-1}$) comparados com AT ($1,08 \text{ g Kg}^{-1}$). Comparando estes dados com os teores de sódio encontrados por Souza et al. (2010) e Ali e Ismail (2014), é possível constatar que os valores do presente trabalho estão entre os encontrados pelos referidos autores ($0,141 \text{ g kg}^{-1}$ e $41,4 \text{ g kg}^{-1}$). Consultando a Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TBCA), elaborada pela Universidade de São Paulo (USP), a concentração referência para o sódio é de $0,6 \text{ g kg}^{-1}$ em frutos de tomateiro (base seca), valor também inferior aos encontrados neste trabalho, que foram de $1,80 \text{ g kg}^{-1}$ para os frutos fertirrigados com AT e $1,48 \text{ g kg}^{-1}$ para os frutos fertirrigados com EAN.

Tabela 25. Teores de sódio nos frutos do minitomateiro cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira –AT e efluente anaeróbio – EAN).

Tratamentos	AT	EAN Na (g Kg^{-1})	Média
Milheto	1,10	1,58	1,34 A
Crotalária-espectabilis	1,05	1,40	1,23 A
Feijão-de-porco	1,08	1,60	1,34 A
Tremoço-branco	1,05	1,45	1,25 A
Testemunha	1,13	1,38	1,25 A
Média	1,08 b	1,48 a	
CV (%)	10,48		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

4.8. Qualidade dos frutos do minitomateiro

Relativamente aos parâmetros de qualidade avaliados para o minitomateiro, pH, teor de sólidos solúveis (SST em °Brix), Acidez titulável (AT) e relação SST/AT, não houve interação entre os distintos consórcios com adubos verdes e as fontes de água. Só foram identificadas

diferenças estatísticas para o teor de sólidos solúveis, sendo constatadas interações entre os fatores adubos verdes e o tempo (DAT), e fontes de água e tempo. As Tabelas 26 e 27 explicitam respectivamente as médias gerais para as variáveis consideradas e as interações para o teor de sólidos solúveis.

Tabela 26. Valores médios de pH, teor de sólidos solúveis (SST), acidez titulável (AT) e relação SST/AT para o minitomate cultivado em consórcio com adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco, tremoço-branco) e a testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com diferentes fontes de água (água de torneira –AT e efluente anaeróbico – EAN).

Variável	Média
pH	4,18
SST (°Brix)	7,73
AT	0,45
SST/AT	16,73

Fonte: própria autoria.

Analisando a Tabela 27, considerando os adubos verdes apresentados, apenas aos 79 dias após o transplântio o milheto diferiu dos demais tratamentos, apresentando a menor média (6,67). Com relação às datas apresentadas, para os tratamentos em consórcio com milheto, o menor valor de SST observado foi para os 79 DAT enquanto que o maior foi observado para os 100 DAT.

Tabela 27. Teor de sólidos solúveis (SST) contidos nos frutos do minitomateiro cultivado em consórcio com diferentes adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com diferentes fontes de água (água de torneira –AT e efluente anaeróbico – EAN).

Tratamentos	Tempo (DAT)				Média
	64	79	100		
	SST (°Brix)				
Milheto	7,38 Ab	6,67 Bc	8,19 Aa		7,41
Crotalária-espectabilis	7,40 Ab	7,93 Aab	8,41 Aa		7,91
Feijão-de-porco	7,52 Aa	7,88 Aa	7,94 Aa		7,78
Tremoço-branco	7,71 Aa	7,77 Aa	8,12 Aa		7,86
Testemunha	7,18 Ab	8,04 Aa	7,77 Aa		7,66
Média	7,44	7,66	8,09		

CV¹ = 3,45%; CV² = 5,81

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). CV¹: tratamentos; CV²: tempo. Fonte: própria autoria.

Para os tratamentos em consórcio com crotalária-espectabilis, o maior valor observado ocorreu aos 100 DAT e o menor aos 64 DAT, da mesma forma para o tratamento testemunha. Segundo Alvarenga (2013), os açúcares tendem a se acumular ao fim do processo de maturação, o

que reforça os resultados explicitados anteriormente. Para os demais tratamentos não foram observadas significâncias. Considerando as distintas fontes de água (AT e EAN), os valores para SST foram superiores para os tratamentos irrigados com EAN. Para os tratamentos irrigados com AT, o menor valor de SST foi obtido aos 64 DAT, enquanto que para os tratamentos irrigados com EAN o menor valor de SST foi obtido aos 79 DAT (Figura 15).

Figura 15. Variação do teor de sólidos solúveis totais (SST), em °Brix, para duas fontes de água (AT = Água de torneira; EAN = Efluente tratado anaeróbio), em três datas (64, 79 e 100 dias após o transplante – DAT). Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre as fontes de água e minúsculas entre as datas, pelo teste de tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

Estes dados apresentam-se próximos aos obtidos por Ambrosano et al. (2018), Jorge et al. (2017) e Pék et al. (2017), correspondentes a 6,5, 7,2 e 7,48 °brix respectivamente. Quanto maiores os valores de teor de sólidos solúveis (SST), mais agradável será o sabor dos frutos do tomateiro, e por isto este parâmetro de qualidade é tão utilizado (ISLAM et al., 1996). Segundo Kader (1978), frutos de tomateiros com qualidade apresentam valores de acidez titulável acima de 0,32 % e relação SST/AT superior a 10, e isto é verificado para os dados do presente trabalho, sendo importante ressaltar que quanto maior a relação SST/AT mais suave será o sabor do fruto. O valor de SST (°Brix) normal para o tomate cereja é de 6 a 10, e uma faixa de pH adequada centra-se em 4 a 4,5, o que corrobora com os dados apresentados (YARA, 2018).

Para as análises de cor não foram constatadas diferenças estatísticas para os parâmetros L (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b*(teor de amarelo). As médias gerais obtidas para estes três parâmetros foram respectivamente 39,06, 25,05 e 21,02. Tais resultados encontram-se próximos aos valores obtidos por Rosa et al. (2011) e por Preczenhak et al. (2014), e estes mesmos autores sugerem que os valores adequados de luminosidade (L^*) para o minitomate

estão entre 38 e 40, o que condiz aos valores encontrados neste trabalho. Os teores de vermelho (a^*) e amarelo (b^*) estão relacionados com o amadurecimento dos frutos, e quanto maior forem os valores de a^* , maiores os teores de licopeno presentes, componente antioxidante muito potente contra os radicais livres, o que o torna interessante para a dieta humana (PRECZENHAK et al., 2014; CARVALHO et al., 2005).

4.9. Correlações: Composição química dos frutos e parâmetros de qualidade

A Tabela 28 a seguir apresenta as correlações de spearman entre os nutrientes contidos nos frutos do minitomateiro e suas variáveis de qualidade (pH, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e relação SST/AT), para as duas fontes de água, AT e EAN. Analisando as correlações para AT, é possível observar correlações positivas e significativas entre os teores de potássio e o teor de sólidos solúveis, entre os teores de enxofre e acidez titulável e entre os teores de cobre e pH. Em contrapartida, verifica-se uma correlação negativa significativa para os teores de enxofre e a relação SST/AT. Uma vez que a deficiência do potássio em tomateiros se correlaciona com os distúrbios do amadurecimento dos frutos, é coerente que os teores deste macronutriente se correlacionem positivamente com SST. Já para o enxofre, as correlações apresentadas diferem das expostas por Sasaki e Seno (1994), que citam a influencia positiva do enxofre sobre os teores de açúcares nos frutos. Para EAN, a única correlação significativa positiva observada foi entre os teores de zinco e pH.

Para o nitrogênio, assim como observado por Ferreira et al. (2006), os teores de nitrogênio não exerceram influência sobre pH, SST e AT. Em relação ao sódio, as correlações verificadas entre as variáveis de qualidade foram praticamente nulas, indicando que a salinidade contida no efluente e no solo pouco influenciaram a qualidade do pós colheita dos frutos do minitomateiro.

Tabela 28. Coeficientes de correlação de Spearman entre as concentrações de nutrientes no minitomateiro e as variáveis de qualidade, para duas fontes de água: água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN.

Nutrientes nos frutos	AT				EAN			
	pH	SST	AT	SST/AT	pH	SST	AT	SST/AT
N	0,17	0,00	-0,44	0,40	-0,46	0,13	0,43	-0,40
P	-0,03	0,22	-0,05	0,06	0,23	-0,21	-0,41	0,37
K	0,38	0,54*	0,28	-0,05	0,06	0,35	-0,26	0,39
Na	0,13	-0,15	0,00	-0,08	-0,02	0,16	-0,02	-0,03
Ca	0,46	0,37	0,00	0,14	0,42	0,18	-0,47	0,11
Mg	0,07	-0,04	0,07	-0,11	-0,21	0,03	0,02	-0,15
S	-0,09	-0,35	0,58*	-0,67*	0,24	0,16	-0,47	0,44
B	-0,35	0,19	0,13	-0,11	0,08	-0,36	0,12	-0,09
Cu	0,56*	0,00	-0,41	0,39	-0,47	0,34	0,52	-0,14
Fe	0,27	-0,13	-0,11	-0,06	0,19	-0,04	0,24	0,00
Mn	-0,21	-0,04	0,28	-0,17	0,19	-0,27	-0,12	-0,30
Zn	0,25	-0,04	-0,23	0,03	0,63*	-0,01	-0,07	0,22

SST – Teor de sólidos solúveis, AT – acidez titulável

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t

Fonte: própria autoria.

4.10. Solução do solo

A condutividade elétrica (CE) e o pH da solução do solo foram a partir do extrato da pasta de saturação do solo, à profundidade de 30 cm (Tabela 29) . Não foram constatadas interações entre os fatores adubos verdes e fontes de água. Para condutividade elétrica houve interações entre as fontes de água AT e EAN e o tempo de coleta das amostras de solo para a confecção de pastas de saturação e extração da solução do solo. Para AT não houve diferença entre os tempos, enquanto que para EAN valores superiores foram observados aos 114 DAT. Entre as fontes de água, valores superiores de CE foram obtidos para os tratamentos irrigados com EAN. Já para o pH houve diferença estatística apenas entre as fontes de água, sendo valores superiores observados para EAN.

Tabela 29. Valores médios de condutividade elétrica (CE) e pH para o extrato solução do solo obtida na profundidade de 0 – 30 cm, aos 59 e 114 DAT, para AT e EAN.

Tempo	AT	EAN	Média
----- CE (dS m ⁻¹) -----			
60 DAT	0,57 Ab	1,94 Ba	1,94
114 DAT	0,59 Ab	3,32 Aa	1,61
Média	0,58	2,63	
CV ¹ = 46,77%; CV ² = 47,45			
----- pH -----			
60 DAT	3,83	4,17	3,93
114 DAT	3,81	4,04	3,96
Média	3,82 b	4,10 a	
CV ¹ = 7,06%; CV ² = 9,28			
	7,06		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). CV¹: tratamentos; CV²: tempo. Fonte: própria autoria.

A condutividade elétrica obtida para os tratamentos irrigados com EAN foi bem mais elevada comparando aqueles irrigados com AT devido à salinidade presente no efluente. O tomateiro, como citado anteriormente, suporta uma salinidade no solo de até 2,5 dS m⁻¹ sem perdas de produtividade, e para cada 1 dS m⁻¹ acima da tolerância, há perdas na ordem de 10% (ALVARENGA, 2013). Neste caso, aos 114 DAT a CE da solução do solo para EAN atingiu 3,3 dS m⁻¹ aproximadamente, o que pode ter reduzido a produtividade em cerca de 10%. Entretanto, assim como apresentado pela Figura 15, os frutos apresentaram maior SST quando irrigados com EAN, demonstrando que a salinidade influenciou positivamente a qualidade dos frutos possivelmente devido ao estresse hídrico provocado às plantas, ocasionando maior concentração de açúcares. Medeiros et al. (2011) encontraram incrementos significativos de CE na faixa de 0,20 – 0,40 m, para um solo irrigado com efluente de suinocultura, enquanto Silva et al. (2012) analisando uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite (ARB) não constatarem incrementos na salinidade da solução do solo.

Quanto ao pH, Erthal et al. (2010), Medeiros et al. (2011), e Silva et al. (2012) verificaram incrementos de pH da solução do solo quando o mesmo foi fertirrigado com ARB e efluente proveniente de suinocultura, o que também ocorreu neste trabalho (Tabela 30). Entretanto, os valores de pH da solução do solo, obtidos por estes autores foram superiores aos apresentados aqui.

4.11. Eficiência de uso da água

A eficiência de uso de água (EUA) foi calculada em relação à produtividade do minitomateiro e em relação à produção de massa seca dos adubos verdes. Na Tabela 30 é possível constatar interação entre os fatores adubos verdes e fontes de água. Para os tratamentos irrigados com água de torneira (AT), aqueles os quais o minitomateiro foi consorciado com crotalária-espectábilis, apresentaram EUA superior aos tratamentos consorciados com milho, tremoço-branco e tratamento testemunha. Analisando a Tabela 12 observa-se maior massa seca para crotalária-espectábilis e para o feijão-de-porco quando irrigados com AT, o que indica que os adubos verdes como plantas de cobertura propiciaram melhor e maior manutenção da umidade nas parcelas experimentais, refletindo nas maiores EUA para o minitomateiro quando consorciado com estes adubos verdes.

Nos tratamentos irrigados com EAN, não foram constatadas diferenças entre os adubos verdes. Relativamente às diferenças entre as fontes de água, as mesmas foram verificadas apenas para os tratamentos em consórcio com crotalária-espectábilis e feijão-de-porco, sendo a EUA maior para AT. Malheiros et al. (2012) observaram valores de EUA próximos aos apresentados para cultivar Dellycia (1,05 g L⁻¹ para 0% de efluente e 1,94 g L⁻¹ para 100% efluente), o que pode ser explicado pela salinidade, enquanto Moura et al. (2017) e Abrahão, Villas Boas e Bull (2014) encontraram valores superiores para as cultivares ‘E5663’ e ‘Sweet Milion’ respectivamente 15,37 e 22,3 g L⁻¹.

Tabela 30. Eficiência de uso da água (EUA) para os minitomateiros cultivados em consórcio com diferentes adubos verdes (milho, crotalária-espectábilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) e testemunha (tomateiro solteiro), fertirrigados com duas fontes de água (água de torneira –AT e efluente anaeróbico – EAN)

Tratamentos	AT	EAN	Média
	EUA (g L ⁻¹)		
Milho	6,51 Ba	4,84 Aa	5,68
Crotalária – espectábilis	13,55 Aa	5,97 Ab	9,76
Feijão-de-porco	9,20 ABa	2,94 Ab	6,07
Tremoço-branco	6,25 Ba	9,31 Aa	7,78
Testemunha	6,82 Ba	3,92 Aa	5,37
Média	8,47	5,40	
CV (%)	46,36		

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). Fonte: própria autoria.

A EUA para a produtividade de massa seca da parte aérea dos adubos verdes, também não apresentou interação entre os fatores adubos verdes e fontes de água. A Tabela 31 explicita que para as fontes de água, as maiores eficiências de uso da água foram obtidas para os

tratamentos irrigados com AT ($1,38 \text{ g L}^{-1}$) e para os adubos verdes, o tremoço-branco apresentou a menor média para EUA ($0,3 \text{ g L}^{-1}$), diferindo dos demais tratamentos. Este baixo valor indica a competição entre os adubos verdes e os minitomateiros por água, demonstrando que para os tratamentos em consórcio com o tremoço-branco, claramente as plantas de minitomateiro se sobressaíram em relação à produtividade e à EUA.

Tabela 31. Eficiência de uso da água (EUA) para os adubos verdes (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço-branco) fertirrigados com diferentes fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN).

	AT	EAN		
Adubos Verdes	EUA (g L ⁻¹)		Média	
Milheto	1,77	1,75	1,76	A
Crotalária – Espectábilis	1,73	0,76	1,25	A
Feijão-de-Porco	1,62	0,95	1,28	A
Tremoço-Branco	0,43	0,18	0,31	B
Média	1,39 a	0,91 b		
CV (%)	35,65			

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: própria autoria.

É interessante discutir a partir dos dados apresentados, que embora em algumas ocasiões apresentadas a EUA tenha sido superior para os tratamentos irrigados com AT, o reaproveitamento do efluente tratado anaerobicamente para produção do minitomateiro já se constitui numa ação eficaz, uma vez que estará poupando o gasto de água proveniente de abastecimento.

Outra abordagem pertinente para análise é relacionar a EUA da produtividade do minitomateiro para a testemunha (minitomateiro solteiro) com a EUA para os minitomateiros consorciados com adubos verdes. Adotando a premissa de que valores das razões superiores a 1 demonstrem eficiência superior a testemunha, é possível considerar que os consórcios com crotalária-espectabilis e feijão-de-porco apresentam relação maior que 1 para AT, enquanto que para EAN a única relação inferior a 1 ocorre para o consórcio com feijão-de-porco (Tabela 32).

Tabela 32. Razão entre a EUA (eficiência de uso da água) dos tratamentos consorciados com adubos (milheto, crotalária-espectabilis, feijão-de-porco e tremoço) com a EUA do tratamento testemunha, para produtividade do minitomateiro, para duas fontes de água (água de torneira – AT e efluente anaeróbio – EAN)

Tratamentos	AT	EAN	AT	EAN
	EUA (g L^{-1})		EUA _{av} /EUA _t	EUA _{av} /EUA _t
Milheto	6,51	4,84	0,95	1,23
Crotalária-espectabilis	13,55	5,97	1,99	1,52
Feijão-de-porco	9,20	2,94	1,35	0,75
Tremoço-branco	6,25	9,31	0,92	2,38
Testemunha	6,82	3,92	1,00	1,00

EUA_{av}/EUA_t = razão entre a eficiência de uso da água dos tratamentos consorciados com adubos verdes e a eficiência de uso da água para o tratamento testemunha. Fonte: própria autoria.

4.12. Redução de aplicação de nitrogênio e potássio pelo aporte do efluente tratado de laticínio

Analisando a Tabela 4, do tópico 4.1, é possível observar que o efluente aplicado às parcelas experimentais apresentou alta concentração de nitrogênio ($\text{N} - \text{NTK} = 131,61 \pm 80,30$), o que ocasionou grande redução na aplicação do mesmo sobre a forma de nitrato de cálcio. O potássio também apresentou uma concentração considerável no efluente ($\text{K}^+ = 74,8 \pm 50,84$).

Deste modo é possível observar pela Tabela 33, que os tratamentos os quais receberam EAN apresentaram uma economia média de 90,89 % de nitrogênio, que foi aplicado na forma de nitrato de cálcio e de 27,88% de potássio, aplicado na forma de sulfato de potássio. Considerando que o nitrogênio é o nutriente que mais limita a produtividade e crescimento das culturas, estes dados comprovam que a utilização de águas residuárias provenientes de laticínio para o cultivo de minitomate, após tratamento e aplicadas via fertirrigação, pôde reduzir quase que em totalidade a aplicação deste nutriente, evitando por consequência o desperdício do mesmo e problemas de ordem ambiental.

Tabela 33. Economia de nitrogênio e potássio na fertirrigação com efluente tratado de laticínio (ENA) no cultivo do minitomateiro em consórcio com adubos verdes ao final do ciclo da cultura.

Tratamentos	N (g m ⁻²)		
	Aporte pelo EAN	Complementado pelo fertilizante	Economia (%)
Milheto	32,76	3,00	90,85
Crotalaria–espectabilis	49,46	4,27	91,37
Feijão-de-porco	42,29	4,05	90,42
Tremoço-branco	48,37	4,20	91,32
Testemunha (minitomateiro solteiro)	44,97	4,27	90,51
Média			90,89
Tratamentos	K (g m ⁻²)		
	Aporte pelo EAN	Complementado pelo fertilizante	Economia (%)
Milheto	74,36	54,16	27,16
Crotalaria-espectabilis	104,08	74,32	28,59
Feijão-de-porco	105,74	76,30	27,84
Tremoço-branco	93,62	68,09	27,27
Testemunha (minitomateiro solteiro)	96,08	68,66	28,54
Média			27,88

Fonte: própria autoria.

5. CONCLUSÕES

É possível substituir a água de melhor qualidade pelo efluente tratado de laticínio na fertirrigação do minitomateiro, pois não há diferença na produtividade total, embora com o passar do tempo, aproximadamente 100 dias após o transplante, fora observado uma menor produção de frutos de classe grande.

A aplicação do efluente tratado de laticínio supriu de maneira adequada o fornecimento de nitrogênio ao minitomateiro. No entanto, quando cultivado em consórcio com milho houve uma competição pelo nutriente. A utilização do efluente anaeróbio tratado de laticínio diminuiu em média 90,89% e 27,88% a aplicação de nitrogênio sobre a forma de nitrato de cálcio e potássio sobre a forma de sulfato de potássio, respectivamente.

Os adubos verdes cultivados em consórcio não favoreceram a produtividade do minitomateiro. A produtividade do consórcio do minitomateiro com tremoço-branco foi semelhante ao cultivo solteiro. Isto ocorreu pela baixa produtividade de fitomassa do tremoço, ou seja, pela menor competitividade.

Os frutos do minitomateiro tipo *grape* apresentaram maior teor de sólidos solúveis (°Brix) quando fertirrigados com efluente tratado de laticínio.

As maiores eficiências do uso da água (EUA) verificadas para o minitomateiro irrigado com água de torneira (AT) ocorreram para o consórcio do minitomateiro com crotalária-espectabilis e feijão-de-porco. Isto pode ser reflexo da maior adição de fitomassa destes adubos verdes às parcelas experimentais após o corte, o que contribuiu para manutenção da umidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, C.; VILLAS BÔAS, R. L.; BULL, L. T. Relação K:Ca:Mg na solução nutritiva para a produção de minitomate cultivado em substrato. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 214–224, 2014.
- AGRIANUAL (2017) Anuário da Agricultura Brasileira. FNP, 456p.
- ALVARENGA, M.A.R. 2013. Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA. 457 p.
- ALVARENGA, R. C. et al. Características de alguns adubos verdes de interesse para conservação e recuperação de solos. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, DF, v.30, n.2, p.175 – 185, 1995.
- AMABILE, R. F.; FANCELLI, A. L.; CARVALHO, A. M. Absorção de N, P e K por espécies de adubos verdes cultivadas em diferentes épocas e densidades num latossolo vermellho-escuro argiloso sob cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 837-845, 1999.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA) - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA) Standard methods for the examination for water and wastewater. 20.ed. Washington, 1999, 1220p.
- AIELLO, R.; CIRELLI, G. L.; CONSOLI, S. Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: A case study in Sicily (Italy). **Agricultural Water Management**, v. 93, n. 1-2, p.65-72, 2007.
- ALI, H. E. M.; ISMAIL, G. S. M. Tomato fruit quality as influenced by salinity and nitric oxide. **Turkish Journal of Botany**, v. 38, n. 1, p. 122–129, 2014.
- AMBROSANO, EJ; SAKAI, RH; SCHAMMASS, E; GUIRADO, N; ROSSI, F; NEGRINI, ACA; TRIVELIN, PCO; MURAOKA, T; BUENO, JRP; CAMARGO, LF. 2008. Uso da técnica da abundância natural de ¹⁵N na quantificação da contribuição do nitrogênio dos adubos verdes para o tomate cereja em cultivo consorciado. IN: Seminário dos programas estratégicos da APTA - Sustentabilidade Ambiental, 2, 2008, Barra Bonita-SP. 1.CD-ROM.
- AMBROSANO, E. J. et al. Organic cherry tomato yield and quality as affect by intercropping green manure. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, n. 1, p. 36530, 2018.
- ATA, C.; GIACOMINI, S. J.; CERETTA, C. A. Decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais de adubos verdes. In: LIMA FILHO, O. F. et al (Ed.). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2014. Cap. 6. p. 227-264.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. DA; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 715–722, 2001.

- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 29).
- AZEVEDO, M. R. Q. A. et al. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 02, n. 01, p. 63-68, 2007.
- BAME, I. B. et al. The effect of irrigation with anaerobic baffled reactor effluent on nutrient availability , soil properties and maize growth. *Agricultural Water Management*, v. 134, p. 50–59, 2014.
- BELO, A.F. et al . Fitorremediação de solo adubado com composto orgânico e contaminado com trifloxysulfuron- sodium. **Planta daninha**, Viçosa , v. 25, n. 2, p. 251-258, 2007.
- BAUMGARTNER, D. et al. Reuso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 01, p. 152-163, 2007.
- BEZERRA, B. G.; FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p.339-345, 2009.
- BEZERRA, R.S. et al. Minitomato cultivation with substrate under different fertigation management strategies. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 88–93, 2018.
- BIXIO, D. et al. Wastewater reuse in Europe. *Desalination*, , v. 187, n. 1-3, p.89-101, 2006.
- BHUIYAN, M. S. I.; RAMAN, A.; HODGKINS, D. S. Plants in remediating salinity-Affected agricultural landscapes. **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v. 83, n. 1, p. 51–66, 2017.
- BRIÃO, V.B.; TAVARES, C.R.G. Effluent generation by the dairy industry: preventive attitudes and opportunities. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 24, n. 4, p. 487-497, 2007.
- CARVALHO W. et al. 2005. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica. **Horticultura Brasileira** 232: 819-825.
- CETESB/ANA – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo/Agencia Nacional de Águas. Guia Nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Org. Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB, Brasília: ANA, 2011. 326 p.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (2006). Orientação para apresentação de projeto visando à aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. CETESB, 11p.
- CESAR, M. N. Z. et al. Desempenho do pimentão em cultivo orgânico, submetido ao desbaste e consórcio. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 322–326, 2007.

- CICHELLO, G. C. V.; RIBEIRO, R.; TOMMASO, G.. Caracterização e Cinética do Tratamento Anaeróbio de Efluentes de Laticínios. Unopar Científica. **Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 15, n. 1, p.27-40, 2013
- ÇOLPAN, E.; ZENGİN, M.; ÖZBAHÇE, A. The effects of potassium on the yield and fruit quality components of stick tomato. **Horticulture Environment and Biotechnology**, v. 54, n. 1, p. 20–28, 2013.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispões sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 16 mai. 2011. N. 92, p. 89.
- CONG, W. F. et al. Intercropping enhances soil carbon and nitrogen. **Global Change Biology**, v. 21, n. 4, p. 1715–1726, 2015.
- CUNHA, A. H. N. et al. Sweet grape mini tomato grow in cultura substrates and effluent with nutrient complementation. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p.707-715, 2014.
- CUNHA, A. H. N.; FERREIRA, R. B.; SANDRI, D. Classificação de tomate Sweet Grape produzido com efluente de esgoto tratado enriquecido. **Global Science And Technology**, v. 9, n. 2, p.90-96, 2016.
- DEMIRAL, M. A. Comparative response of two olive (*Olea europaea* L.) cultivars to salinity. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, v.29, p.267-274, 2005.
- DONATTI, R. N. et al. Sodium phytoremediation by green manure growing in soil irrigated with wastewater of dairy industry. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 4, p.665-675, 2017
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). Hortaliças na web: 50 hortaliças. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/hortalicasnaweb/hortalias.html>>. Acesso em: 11 de abril de 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p
- ELOI, W. M.; DUARTE, S. N.; SOARES, T. M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre características do tomateiro cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p.83-89, 2007.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.

- ERTHAL, V. J. T. et al. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 467–477, 2010.
- FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of United Nations Statistic Division. Production quantities of Tomatoes by country. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 11 de abril de 2018.
- FELTRIN, D. M. et al. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro fertirrigado com cloreto e sulfato de potássio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p.17-24, out. 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, M. M. M. et al. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 141–145, 2006.
- FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. Cultura do tomate. In: FONTES, P. C. R. Olericultura- Teoria e Prática. Viçosa, p. 458-475. 2005.
- Foxon, K., Buckley, C., Brouckaert, C., Dama, P., Mtembu, Z., Rodda, N., Smith, M., Pillay, S., Arjun, N., Lalbahadur, T., Bux, F., 2005. Evaluation of the Anaerobic Baffled Reactor for Sanitation in Dense Peri-urban Settlements. WRC Report No 1248/1/06, Pretoria, South Africa, pp. 224.
- FREIRE, M. B. G. dos S. et al. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p.227-232, 2003.
- GARGANTINI, H.; BLANCO, H. G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro Bragantia, Boletim Científico do Instituto Agrônomo de São Paulo, v.22, n.56, 1963.
- GEERTS, S.; RAES, D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, p. 1275-1284, 2009.
- GIORDANO, L. B.; RIBEIRO C.S da. Origem botânica e composição química do fruto. In: SILVA J. B. C. da; GIORDANO L. B. (Orgs.) Tomate para o processamento industrial. Brasília DF: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças. 2000. p. 36-59
- GOULD, W. A.. Tomato Production, Processing and Technology. 3. ed. Baltimore: CTI Publications Inc., 1992. 535 p.
- GOMES, T. M. et al. Supplementation of Nutrients for Table Beets By Irrigation With Treated Dairy Effluent. **Engenharia Agrícola**, v. 37, n. 6, p. 1137–1147, 2017.

- GUERRA, J. G. M. et al. Adubação verde no cultivo de hortaliças. In: LIMA FILHO, O. F. et al (Ed.). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2014. v.2 Cap. 20. p. 243-264.
- GUSMAO, M. T. A. de; GUSMAO, S. A. L. de; ARAUJO, J. A. C. de. Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. *Hortic. Bras.*, Brasília, v. 24, n. 4, p. 431-436, 2006
- HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. DE.; BARBOSA, V. ; SILVA NETO, J. M. DE. Nutrição mineral de hortaliças. XXXII. Marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) destinado ao processamento industrial. *Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"*, v. 35, p. 28, 1978.
- HERNANI, L. C.; PADOVAN, M. P. Adubação verde na recuperação de solos degradados. In: LIMA FILHO, O. F. de et al (Ed.). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática**. Brasília: Embrapa, 2014. Cap. 2. p. 21-36.
- HOLCMAN, E. Microclima e produção de tomate tipo cereja em ambientes protegidos com diferentes coberturas plásticas. 2009. Dissertação (Mestre em ciências) – Departamento de Física do ambiente agrícola, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P. C.; MELLO, S. da C. Cherry tomato yield in greenhouses with different plastic covers. **Ciência Rural**, v. 47, n. 10, p. 222–229, 2017.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da Produção Agrícola. Março de 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 11 de abril de 2018.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2008. 1018 p. (Série A – Normas e Manuais Técnicos).
- IPNI. Manual Internacional de Fertilidade do Solo. Manual internacional de fertilidade do solo, v. 2, p. 89–117, 1998.
- ISLAM, M. S. et al. Carbohydrate content and the activities of sucrose shynthase, sucrose phosphate synthase and acid invertase in different tomato cultivars during fruit development. **Sci. Hort.**, 65, p. 125 – 136, 1996.
- JESUS, J. M. et al. Phytoremediation of salt-affected soils: a review of processes, applicability, and the impact of climate change. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 9, p. 6511–6525, 2015.
- JONES, J. B. Tomato Plant Culture in the Field, Greenhouse and Home Garden. **New York, CRC Press**, 1999.

- JORGE, M. F. et al. Physicochemical Characteristics, Antioxidant Capacity and Phenolic Compounds of Tomatoes Fertigated With Different Nitrogen Rates. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 237–243, 2017.
- KADER, A.; STEVENS, M. A. Composition and Flavor Quality of Fresh Market Tomatoes as Influenced by Some Postharvest Handling Procedures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 1978.
- KNAPP, S.; PERALTA, I. E. **The Tomato Genome**. Berlim, Springer, 2016.
- KOLEŠKA, I. et al. Biostimulant prevents yield loss and reduces oxidative damage in tomato plants grown on reduced NPK nutrition. **Journal of Plant Interactions**, v. 12, n. 1, p. 209–218, 2017.
- KUMAR, P. et al. Effect of nickel and grafting combination on yield, fruit quality, antioxidative enzyme activities, lipid peroxidation, and mineral composition of tomato. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 178, n. 6, p. 848–860, 2015.
- LACERDA, C. F. et al. Eficiência de utilização de água e nutrientes em plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v.29, p.221-230, 2009.
- LIBARDI, P. L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: Edusp, 2012. 344p.
- LINDINO, C. A.; TOMCZAK, A. P.; JÚNIOR, A. C. G. Fitorremediação de solos utilizando *Crotalaria spectabilis* para remoção de cádmio e chumbo. **Scientia Agrária Paranaensis**, v. 11, n. 4, p. 25–32, 2012.
- LUCKWILL, L.C. (1943) The genus *Lycopersicon*: an historical, biological, and taxonomical survey of the wild and cultivated tomatoes. *Aberdeen Univ Stud* 120:1– 44
- LUO, H.; LI, F. Tomato yield, quality and water use efficiency under different drip fertigation strategies. *Scientia Horticulturae*, v. 235, n. January, p. 181–188, 2018.
- MACEDO, L. de S.; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciênc. agrotec.**, Lavras , v. 29, n. 2, p. 296-304, abr. 2005
- MACIEL, G. M.; CLARETE, E. Herança do formato do fruto em tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.4, p. 495–498, 2008.
- MACIEL, G. M et al. Potencial agrônômico de híbridos de minitomate com hábito de crescimento determinado e indeterminado. *Horticultura Brasileira*, v. 34, n. 1, p.144-148, 2016.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MALHEIROS, S. et al. Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando-se efluente tratado de uma indústria de sorvete. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1085–1092, 2012.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, H.R.; SILVA, W.L. Irrigação do tomateiro para processamento. Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, v. 102, p. 24, 2012.
- MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. San Diego: Elsevier, 2012. 651 p.
- MEDEIROS, S. DE S. et al. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 1047–1055, 2011.
- MINAMI, K.; MELLO, S. C. Fisiologia e nutrição do tomateiro. Curitiba: SENAR, 2017. 1200 p.
- MONTROYA, A. C. V. et al. Dairy manure wastewater in serial UASB reactors for energy recovery and potential effluent reuse. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, v. 34, n. 4, p. 971–983, 2017.
- MOURA, M. S. B. et al. Biometria e eficiência do uso da água em tomate cereja no semiárido. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.25, n.1, p. 175-183, 2017.
- MÜLLER, C.H. (1940) A revision of the genus *Lycopersicon*. USDA Misc Publ 382:1–28
- NESBITT, T. C.; TANKSLEY, S. D. Comparative sequencing in the genus *lycopersicon*: Implications for the evolution of fruit size in the domestication of cultivated tomatoes. **Genetics**, v. 162, n. 1, p. 365–379, 2002.
- NOURI, H. et al. Application of green remediation on soil salinity treatment: A review on halophytoremediation. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 107, p. 94–107, 2017.
- OECD; FAO (Org.). *Agricultural Outlook 2017-2026: DAIRY* - OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026. 2017. Disponível em: <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HIGH_AGLINK_2017#>. Acesso em: 25 jul. 2017.
- PAULA, J. T. et al. Características físico-químicas e compostos bioativos em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 434–440, 2015.
- PARANYCHIANAKIS, N. V. et al. The effect of recycled water on the nutrient status of *Soultanina grapevines* grafted on different rootstocks. **Agricultural Water Management**, v. 81, n. 1-2, p.185-198, 2006.

- PEDROTTI, A. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308–1324, 2015.
- PÉK, Z. et al. Seasonal and irrigation effect on yield parameters and soluble solids content of processing cherry tomato. **Acta Horticulturae**, v. 1159, p. 45–49, 2017.
- PEREIRA-CARVALHO, R. D. C et al. Melhoramento Genético do Tomateiro para resistência de doenças de etiologia viral. **RAPP**, v. 22, p. 280-361, 2014.
- PERALTA, J. E.; SPOONER, D. M. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). In: Razdan MK, Mattoo AK (eds) Genetic improvement of Solanaceous crops, vol 2, tomato. Science, Enfield, p. 1–27, 2007.
- PERIN, L. et al. Cherry and Grape tomato fruits classification according different cropsystems and defoliate levels. **Idesia**, Arica, v. 36, n. 2, p. 143-151, 2018.
- PIOTTO, F. A.; PERES, L. E. P. Base genética do hábito de crescimento e florescimento em tomateiro e sua importância na agricultura. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1941–1946, 2012.
- POTT, C. A.; FELTRIN, D. M. Adubação verde em tomateiro cultivado em sistema de agricultura orgânica. **Ambiência: Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p.210-220, 2008.
- POSTALI L.G.B; SILVA E. C; MACIEL G M. Produção de híbridos comerciais de tomateiro do grupo cereja cultivados no sistema hidropônico com diferentes números de hastes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44. *Resumos*. Campo Grande: ABH (CD-ROM), 2004.
- PRAZERES, A. R. et al. Pretreated cheese whey wastewater management by agricultural reuse: Chemical characterization and response of tomato plants *Lycopersicon esculentum* Mill. under salinity conditions. **Science of the Total Environment**, v. 463–464, p. 943–951, 2013.
- PRAZERES, A. R. et al. Agricultural reuse of cheese whey wastewater treated by NaOH precipitation for tomato production under several saline conditions and sludge management. **Agricultural Water Management**, v. 167, p. 62–74, 2016.
- PRECZENHAK, A. P. et al. Caracterização Agronômica de genótipos de minitomates. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 348–356, 2014.
- PUTTI, F. F. et al. Fertirrigation for Vegetables Grown in Greenhouses. **Journal Of Biosystems Engineering**, v. 39, n. 4, p. 400-404, 2014. Korean Society for Agricultural Machinery.
- QADIR, M.; GHAFOR, A.; MURTAZA, G. Amelioration strategies for saline soils: A review. **Land Degradation and Development**, v. 11, n. 6, p. 501–521, 2000.
- RAIJ, B. van et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2001, 285 p.

- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas : Instituto Agrônômico, 1996. 285p. (IAC. Boletim técnico, 100).
- RIBAS, R. G. T. et al. **Manejo da Adubação Verde com Crotalária no Consórcio com o Quiabeiro sob Manejo Orgânico**. Seropédica: Embrapa, 2003. 4 p.
- RICK, C.M. The tomato. *Scientific American*, v.239, p.76- 87, 1978.
- RICK, C.M.; HOLLE, M. Andean *Lycopersicon esculentum* var *cerasiforme* genetic variation and its evolutionary significance. **Econ Bot** , v. 43, n.3, p.69– 78, 1990.
- ROSA, C. L. DA S. et al. Caracterização físico-química, nutricional e intrumental de quatro acessos de tomate italiano (*lycopersicum esculentum* mill) do tipo heirloom produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. **Alim. Nutr.**, v. 22, n. 4, p. 649–656, 2011.
- ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Histórico da adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, O. F. de et al (Ed.). **Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática**. Brasília: Embrapa, 2014. Cap. 2. p. 21-36.
- ROSSI, F. et al. Colheita e qualidade dos frutos do tomate cereja em cultivo intercalar com adubos verdes em sistema de plantio direto. **Horticultura Brasileira**, n.30, p. 5321–5326, 2012.
- ROSSI, F. et al. Fitoextração de sódio pelo cultivo do milho em sucessão a produção da beterraba irrigada com águas residuárias de origem agroindustrial. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 1–11, 2015.
- ROSSI, F. et al. Produtividade e qualidade do tomate cereja cultivado em consórcio com adubos verdes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p.143-148, 2011.
- RUDICH, J. et al. Low Water Tensions in Defined Growth Stages of Processing Tomato Plants and Their Effects on Yield and Quality. **Journal of Horticultural Science**, v. 52, n. 3, p. 391–400, 1977.
- SANTOS, A. N. et al. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 48, n. 4, p. 576–585, 2017.
- SANTOS, R. A. et al. Crescimento de leguminosas utilizadas na adubação verde em diferentes níveis de sais na água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 12, p. 1255–1261, 2014.
- SAKATA. *Seed Sudamerica*. Disponível em: <<http://www.sakata.com.br/institucional/>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

- SAKATA. Sweet Grape, o legítimo tomate uva. 2018. Disponível em: <<https://www.sweetgrape.com.br/>>. Acesso em: 17 set. 2018.
- SARKAR, B. et al. Wastewater treatment in dairy industries - possibility of reuse. **Desalination**, v. 195, n. 1–3, p. 141–152, 2006.
- SASAKI, J. L. S.; SENO, S. Importância da adubação na qualidade de algumas olerícolas (alho, cebola, couve-flor, pimentão e tomate). In: Sá, M. E.; Buzzeti, S. (coord.). Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, 1994. cap.19, p.331-343.
- SILVA, E. C. da et al. Adubação verde como fonte de nutriente às culturas. In: LIMA FILHO, O. F. de et al (Ed.). Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática. Brasília: Embrapa, 2014. Cap. 7. p. 267-334.
- SILVA, J. B. C. et al. Embrapa Hortaliças. Cultivo de Tomate para Industrialização: Deficiências nutricionais. 2006. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/deficiencias.htm>. Acesso em: 05 set. 2018.
- SILVA, J. B. G. et al. Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma area fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Irriga**, Edição esp, p. 250–263, 2012.
- SILVA, R.R.; SIQUEIRA, E. Q. DE; NOGUEIRA, I. D. S. Impactos ambientais de efluentes de laticínios em curso d ' água na Bacia do Rio Pomba Environmental impacts of dairy effluent on waterway in the Pomba River Basin. *Eng Sanit Ambient*, v.23, n.2, p. 217–228, 2018.
- SOARES, I. et al. Efeito do volume de solução nutritiva na produção e nutrição do tomateiro tipo cereja cultivado em substrato. *Revista Ciência Agronômica*, v. 36, n. 2, p.152-157, 2005.
- SONNEVELD, C., VOOGT, W. Response of tomates (*Lycopersicum esculentum*) to the unequal distribution of nutrients in the root environment. In: VAN BEUSICHEM, M. L. (Ed). **Plant nutrition: physiology and applications**. Londres: Kluwer academic Publishers, 1990.
- SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P.; FAVARATO, L. F. Desenvolvimento de hortaliças e atributos do solo com adubação verde e compostos orgânicos sob níveis de N. **Horticultura Brasileira**, p. 19–26, 2015.
- SOUZA, J. A. R. et al. Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluentes do tratamento primário da água residuária da suínocultura. **Engenharia na Agricultura**, v. 18, p. 198–207, 2010.
- TAO, J. et al. Maize growth responses to soil microbes and soil properties after fertilization with different green manures. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 101, n. 3, p. 1289–1299, 2017.

- TAKAHASHI, K.; CARDOSO, A.. Produção e qualidade de mini tomate em sistema orgânico com dois tipos de condução de hastes e poda apical. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 4, p.515-520, 2015.
- TAKAHASHI, H. W. et al. Manejo da solução nutritiva sobre a qualidade pós-colheita de tomate salada fertirrigado em areia. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, n. 0, 2018.
- TIVELLI, S. W. et al. Desempenho do quiabeiro consorciado com adubos verdes eretos de porte baixo em dois sistemas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 483–488, 2013.
- TRESSLER, D. K., JOSLYN, M. A. Fruits and vegetables juice processing technology. Westport: AVI, 1961. 1028p.
- VAN DER HOEK, W. et al. Urban Wastewater: A Valuable Resource for Agriculture A Case Study from Haroonabad, Pakistan. Colombo: **International Water Management Institute**, 2002. 20 p.
- VAN GENUCHTEN, M.T. van. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.44, p.892-898, 1980.
- VAN GENUCHTEN, M.T, LEIJ, F.L. Indirect methods for estimating the hydraulic properties of unsaturated soils. Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils, Riverside, California, October 11-13, 1989, p. 273–283, 1989.
- VARGAS, P. F. et al . Performance of mini-tomato hybrids in different training systems with different number of stems. **Hortic. Bras.**, Vitoria da Conquista , v. 35, n. 3, p. 428-433, 2017.
- VILLA, R. D.; APOLINÁRIO DA SILVA, M. R.; PUPO NOGUEIRA, R. F. Potencial de aplicação do processo foto-fenton/solar como pré-tratamento de efluente da indústria de laticínios. **Quimica Nova**, v. 30, n. 8, p. 1799–1803, 2007.
- VINH, T. D. et al. Comparative Analysis on Blossom-end Rot Incidence in Two Tomato Cultivars in Relation to Calcium Nutrition and Fruit Growth. **The Horticulture Journal**, v. 87, n. 1, p. 97–105, 2018.
- VOURCH, M. et al. Treatment of dairy industry wastewater by reverse osmosis for water reuse. **Desalination**, v. 219, n. 1-3, p.190-202, 2008.
- WILLEY, R.W. Intercropping: its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. **Field Crop Abstracts**. Slough, v.32, n.1, p.1-10, 1979.
- WILLEY, R. W. Resource use in intercropping systems. **Agricultural Water Management**, v. 17, n. 1, p. 215–231, 1990.

- WUTKE, E. A.; CALEGARI, A; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendação para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. de et al (Ed.). Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil: Fundamentos e Prática. Brasília: Embrapa, 2014. Cap. 2. p. 21-36.
- WUTKE, E. B. et al. Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007. 52 p.
- XING, Y.Y. et al. Effect of irrigation and fertilizer coupling on greenhouse tomato yield, quality, water and nitrogen utilization under fertigation. *Sci. Agric. Sin.* v. 48, n. 4, p. 713–726, 2015.
- YARA. Manejo do sabor do tomate: Teor de Ácidos/Açúcares e sabor. 2018. Disponível em: <<https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/tomate/manejo-do-sabor-do-tomate/>>. Acesso em: 23 jul. 2018.
- ZANG, X.P et al. Effects of drip fertigation on yield, quality and economic benefit of rambutan. **Chin. Agric. Sci. Bull.**, v.31, n .25, p. 113–117, 2015.
- ZHANG, X. et al. Thirty-one years of rice-rice-green manure rotations shape the rhizosphere microbial community and enrich beneficial bacteria. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 104, p. 208–217, 2017.