



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**ADUBOS VERDES IRRIGADOS COM EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO
E CULTIVO EM SUCESSÃO DA ALFACE E BETERRABA EM CONSÓRCIO**

JULIANA DE FÁTIMA VIZÚ

Araras

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**ADUBOS VERDES IRRIGADOS COM EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO
E CULTIVO EM SUCESSÃO DA ALFACE E BETERRABA EM
CONSÓRCIO**

JULIANA DE FÁTIMA VIZÚ

ORIENTADOR: PROF. Dr. FABRÍCIO ROSSI

CO-ORIENTADOR: PROFa. Dra. TAMARA MARIA GOMES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL

Araras

2018

VIZÚ, JULIANA DE FÁTIMA

ADUBOS VERDES IRRIGADOS COM EFLUENTE TRATADO DE
LATICÍNIO E CULTIVO EM SUCESSÃO DA ALFACE E BETERRABA
EM CONSÓRCIO / JULIANA DE FÁTIMA VIZÚ. -- 2018.

71 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus
Araras, Araras

Orientador: FABRÍCIO ROSSI

Banca examinadora: FABRÍCIO ROSSI, CATARINA ABDALLA
GOMIDE, ADRIANE CAVALIERE SAIS

Bibliografia

I. Dissertação - Agroecologia e Desenvolvimento Rural . I. Orientador. II.
Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

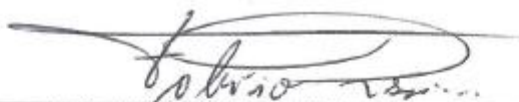
Bibliotecário(a) Responsável: Maria Helena Sachi do Amaral – CRB/8 7083

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE

JULIANA DE FÁTIMA VIZÚ

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL, DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SÃO CARLOS, **EM 01, Março, 2018.**

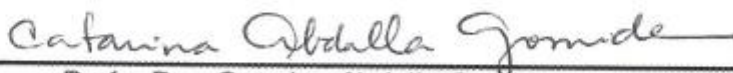
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Fabrício Rossi
UFSCar



Prof. Dra. Adriana Cavaliere Sais
UFSCar



Prof. Dra. Catarina Abdalla Gomide
FZEA/USP

AGRADECIMENTOS

À Deus e Nossa Senhora Aparecida, pelo dom da vida e por permitir encerrar mais um ciclo.

Aos meus pais pelo amor e carinho. O sustento diário para renovar as esperanças e a motivação para continuar estudando, oportunidade que eles não tiveram, com certeza esse título é mérito deles também.

Ao meu pai orientador Dr. Fabrício Rossi, pela paciência, compreensão e dedicação neste trabalho e por me fazer acreditar que iria conseguir mesmo diante de tantas limitações e obstáculos. Agradeço por não ter sido apenas sua orientada de pesquisa, mas sim de vida, gratidão eterna pela “Mudança de Alma”.

A minha co-orientadora Dra. Tamara Maria Gomes por toda atenção no decorrer das atividades que foram de fundamental importância para conclusão deste estudo.

Aos professores Dr. Rogers Ribeiro e Dra. Giovana Tommaso pela ajuda sempre que necessário, contribuindo para o êxito da pesquisa.

Ao grupo de pesquisa GEBio – Sistemas e Engenharia, por todo empenho e dedicação no experimento, em especial aos alunos Bruno Fernando, Victor Xavier e Milene Nóbrega.

As amigas do laboratório Ana Cristina Machado, Jéssica Xavier e Lisiane Brichi por todos momentos que vivemos juntas nessa jornada.

Pelas amigas que tornaram-se essenciais em Pirassununga, Dona Elisabete Fantinato, Marina Paim, Maria Julia Passarin e Juliana Fritolli.

A CAPES pelo auxílio financeiro.

À UFSCar – Programa de pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural pela oportunidade de cursar e receber o título de mestre.

Aos professores e amigos do IFRO, pelos conselhos e direcionamento à vida acadêmica onde iniciei minha trajetória como Engenheira Agrônoma.

Piraí sementes por fornecer as sementes de adubos verdes.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO GERAL	1
Capítulo 1	5
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
Águas Residuárias e Tratamento de Efluentes.....	6
Adubação Verde	9
Fitorremediação	13
Alface e Beterraba	14
Referências	16
Capítulo 2.....	23
CULTIVO DE ADUBOS VERDES COM APORTE DE EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO.....	23
RESUMO	24
ABSTRACT	25
INTRODUÇÃO	26
MATERIAL E MÉTODOS.....	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
CONCLUSÃO	39
Referências	40
Capítulo 3.....	43
CONSÓRCIO DA ALFACE E BETERRABA EM SUCESSÃO AOS ADUBOS VERDES IRRIGADOS COM EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO	43
RESUMO	44
ABSTRACT	45
INTRODUÇÃO	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
Referências	67
ANEXO I – Análise do composto orgânico utilizado no cultivo da alface consorciada com a beterraba	71

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Caracterização físico-química das fontes de água utilizadas para a irrigação dos adubos verdes.....	30
Tabela 2. Massa fresca e massa seca da parte aérea dos adubos verdes irrigados com água de torneira e efluente tratado de laticínio.....	31
Tabela 3. Condutividade Elétrica e pH do extrato líquido aquoso da pasta de saturação do solo irrigado com efluente anaeróbio tratado de laticínios e água de torneira após o cultivo dos adubos verdes.....	33
Tabela 4. Resultados da análise química do solo após o cultivo dos adubos verdes irrigados com água de torneira ou efluente tratado de laticínio.....	34
Tabela 5. Número total de nódulos e massa fresca nodular dos adubos verdes cultivados com água de torneira e efluente tratado de laticínio.....	35
Tabela 6. Fitoextração de macronutrientes pela fitomassa de adubos verdes irrigados com água de torneira e efluente tratado de laticínio.....	36

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Resultado da análise química do solo após o cultivo dos adubos verdes irrigados com água de torneira (AT) ou efluente tratado de laticínio (ETL), na camada de 0-30 cm.....	49
Tabela 2. Lâminas de irrigação (mm) de água de torneira (AT) e efluente tratado de laticínio (ETL) aplicadas nos tratamentos em período de consórcio alface x beterraba e após a colheita da alface para as plantas de beterraba.....	51
Tabela 3. Caracterização físico-química das fontes de água utilizadas para a irrigação do cultivo em consórcio de alface e beterraba.....	52
Tabela 4. Massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das folhas (MFF) e massa seca das folhas (MSF) das alfaces irrigadas com água de torneira e efluente tratado de laticínio.....	54
Tabela 5. Diâmetro (DM), altura (AL) e número de folhas (NF) das plantas de alface irrigadas com água de torneira e efluente tratado de	

laticínio.....	56
Tabela 6. Massa fresca total (MFT), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca das raízes (MFR), massa seca das raízes (MSR), das plantas de beterraba irrigadas com água de torneira e efluente tratado de laticínio.....	59
Tabela 7. Diâmetro de raiz (DR), altura de plantas (AL) e índice de área foliar (IAF) das plantas de beterraba irrigadas com água de torneira e efluente tratado de laticínio.....	62
Tabela 8. pH e Condutividade Elétrica da pasta de saturação do solo irrigado com efluente anaeróbio tratado de laticínios e água de torneira após o cultivo de adubos verdes e cultivo sucessivo de alface e beterraba em consórcio.....	64
Tabela 9. Resultados da análise química do solo após o cultivo dos adubos verdes e cultivo sucessivo do consórcio de alface e beterraba irrigados com irrigados com água de torneira ou efluente tratado de laticínio.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS**CAPÍTULO 2**

Figura 1. Crotalaria-júncea.....	10
Figura 2. Crotalaria-spectabilis.....	11
Figura 3. Feijão-de-porco.....	12
Figura 4. Guandu-anão.....	12

CAPÍTULO 3

Figura 1. Parcela experimental do cultivo em consórcio.....	50
--	----

Anexo 1 Análise do composto orgânico utilizado no cultivo da alface consorciada com a beterraba.....	71
--	----

ADUBOS VERDES IRRIGADOS COM EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO E CULTIVO EM SUCESSÃO DA ALFACE E BETERRABA EM CONSÓRCIO

Autor: JULIANA DE FÁTIMA VIZÚ

Orientador: Prof. Dr. FABRÍCIO ROSSI

Co-orientador: Profa. Dra. TAMARA MARIA GOMES

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar o desenvolvimento de adubos verdes e sua influência nas características químicas do solo e cultivo em sucessão do consórcio de alface (*Lactuca sativa* L.) e beterraba (*Beta vulgaris* L.) com o aporte de efluente tratado de laticínio. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial (2 x 5) com duas fontes de água (torneira e efluente tratado de laticínio) e quatro adubos verdes *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformes* e testemunha (sem adubo verde), com quatro repetições. Aos 70 dias após o semeio foram analisados os adubos verdes e o solo, e transplantadas as mudas de alface e beterraba. Aos 45 dias após o transplantio foram analisadas as plantas de alface e aos 73 dias as plantas de beterraba. O feijão-de-porco foi o único adubo verde que obteve produtividade semelhante quando irrigado com as duas fontes de água, sendo que os demais tiveram uma menor fitomassa quando irrigados com efluente tratado de laticínio. A fitoextração foi baixa pelos adubos verdes. Houve aumento da concentração de sódio no solo irrigado com efluente tratado de laticínio. O aporte de efluente não influenciou a nodulação dos adubos verdes, mas contribuiu para a fertilidade química do solo, com incremento de fósforo, cálcio e magnésio. As plantas de alface e beterraba produziram satisfatoriamente por meio da irrigação com efluente tratado de laticínio em sucessão ao cultivo dos adubos verdes.

Palavras-chave: adubação verde, águas residuárias, *Beta vulgaris* L., fitorremediação, *Lactuca sativa* L.

GREEN MANURES IRRIGATED WITH DAIRY TREATED EFFLUENT AND CULTIVATION IN SUCCESSION OF LETTUCE AND BEET IN CONSORTIUM

Author: JULIANA DE FÁTIMA VIZÚ

Adviser: Prof. Dr. FABRÍCIO ROSSI

Co-adviser: Profa. Dra. TAMARA MARIA GOMES

ABSTRACT

The objective of this work is to verify the development of green manure and its influence on the chemical characteristics of the soil and the cultivation in succession of the lettuce (*Lactuca sativa* L.) consortium, and beet (*Beta vulgaris* L.), with the contribution of treated effluent of dairy. The experimental design used for the randomized blocks, in a factorial scheme (2 x 5) with two water sources (treated effluent of dairy) and four green manures *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis*, *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformes* and (control green fertilizer), with four replicates. In the 70 days after sowing, it analyzed the green manures and the soil, and transplanted to the lettuce and beet seedlings. In the 45 days after the transplant, they were analyzed as lettuce plants in 73 days as beet plants. Pork bean was the only green manure that yielded similar productivity when irrigated with both sources of water, and the others had a smaller phytomass when irrigated with treated dairy effluent. Phytoextraction was low by green manures. There was an increase in sodium concentration in the soil irrigated with treated dairy effluent. The contribution of effluent did not influence the nodulation of the green manures, but contributed to soil chemical fertility, with increase of phosphorus, calcium and magnesium. As lettuce and beet plants produced satisfactorily with an irrigation with treated effluent of dairy in succession to the cultivation of green fertilizers.

Keywords: green manures, reuse water, *Beta vulgaris* L., *Lactuca sativa* L.

INTRODUÇÃO GERAL

Á água doce é um recurso indispensável em todas as atividades urbanas, industriais ou agropecuárias. De acordo com o último relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, da Agência Nacional de Águas (ANA), no Brasil se retiram, em média, $2.057,8\text{m}^3\text{ s}^{-1}$ dos rios, córregos, lagoas, lagos e reservatórios, sendo que 46,2% vão para irrigação. Já a vazão média de consumo é de $1.081,3\text{m}^3\text{ s}^{-1}$. Deste total, 67,2% são consumidos pela irrigação. Para esta atividade econômica o Brasil ainda tem um potencial de crescimento de 76 milhões de hectares, principalmente no Centro-Oeste (ANA, 2017).

A irrigação de áreas agrícolas com águas residuárias é uma alternativa de substituição à água de boa qualidade. Silva et al. (2016) afirmaram que o uso da água residuária na agricultura se mostra como uma alternativa válida, uma vez que disponibiliza água necessária para o incremento da produção agrícola, além de reduzir as pressões de demanda nos mananciais.

Porém, esta prática apresenta alguns riscos devido à persistência de determinados constituintes no pós-tratamento de águas residuárias de laticínio como por exemplo, o sódio (Na), além de organismos patogênicos prejudiciais ao ser humano (FONSECA et al., 2007).

A salinidade do solo é um dos principais estresses ambientais que afetam negativamente o crescimento e o metabolismo vegetal, além de ser um dos fatores responsáveis pelo decréscimo da produtividade de culturas (SOUZA et al., 2011).

Diante da necessidade de produção agrícola e dos altos investimentos exigidos pelo processo convencional de recuperação de solos salinos, a fitorremediação surge como uma técnica de baixo custo, não agressiva ao ambiente, podendo propiciar a reutilização de tais solos. Nesta técnica, certas espécies de plantas removem, imobilizam ou tornam determinados elementos químicos orgânicos e inorgânicos dos solos inofensivos ao ecossistema (LEAL et al., 2008).

As plantas utilizadas para este objetivo devem apresentar alta produção de biomassa, rápido crescimento, fácil controle e sistema radicular profundo e vigoroso (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000).

As plantas de cobertura e adubos verdes contribuem para melhoria da fertilidade do solo em razão de uma maior reciclagem de nutrientes, maior biodiversidade, aumento no rendimento das culturas e melhor estabilidade de produção (CALEGARI, 2014).

Esses efeitos são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à biomassa, da época de plantio e de corte do adubo verde, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e da interação entre esses fatores (PADOVAN et al., 2012).

Algumas espécies de adubos verdes estão sendo utilizadas para avaliar a tolerância e a capacidade de fitoextração de sódio (ROSSI et al., 2014; DONATTI et al., 2017), ou seja, seu potencial na fitorremediação.

O cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) apresenta expressiva importância econômica por apresentar manejo fácil, ciclo curto de crescimento, alta produtividade e rápido retorno financeiro, além de ser fonte de vitaminas e sais minerais, constituindo-se como a folhosa mais consumida no país (ZIECH et al., 2014). Ayers & Westcot (1999) classificaram a alface como uma cultura sensível a salinidade em que o valor de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ é recomendado como sendo a máxima salinidade tolerada pela cultura da alface, sendo que o aumento da salinidade em uma unidade pode resultar em decréscimos na produção de 9,9%.

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) destaca-se dentre as hortaliças por sua composição nutricional, rica em açúcares, sais minerais como potássio, sódio, ferro, cobre, zinco e vitaminas do complexo B, e pelas formas de consumo da raiz tuberosa, além das folhas (TRANI et al., 2005).

A beterraba de mesa é classificada como moderadamente tolerante a salinidade, o que significa que sua produtividade pode ser sustentada em condutividades elétricas cerca de $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ (AYERS & WESTCOT, 1999).

A integração entre as atividades e o reuso agrícola são um meio de otimizar os recursos para produção de alimentos com menores custos energéticos. Deste modo, as espécies de adubos verdes podem tanto minimizar o efeito do sódio advindo da irrigação com efluente tratado de laticínio, quanto maximizar a produção das hortaliças cultivadas em sucessão

pelos benefícios químicos, físicos e biológicos proporcionados ao solo pelo seu cultivo. A análise do desenvolvimento das hortaliças com maior ou menor tolerância a salinidade podem servir como indicativo do potencial de utilização de águas residuárias e adubos verdes.

O cultivo de plantas em consórcio é uma técnica aplicável e acessível, vindo a se estabelecer como um sistema alternativo de cultivo, que pode possibilitar um maior ganho por unidade de área em associações entre raízes tuberosas e hortaliças folhosas, como as culturas da beterraba e rúcula (GRANGEIRO et al., 2007), beterraba e coentro estudado por Grangeiro et al. (2011), alface e cenoura (OLIVEIRA et al., 2017).

Com isso, propõe-se a utilização de efluentes tratados de laticínio com fonte de água e nutrientes aos adubos verdes, e o cultivo em sucessão de espécies pouco tolerantes a salinidade, como é o caso da alface, em consórcio com espécies moderadamente tolerantes, como a beterraba, estudando-se a dinâmica dos nutrientes e a produtividade das hortaliças folhosas e tuberosas.

Capítulo 1
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Águas Residuárias e Tratamento de Efluentes

O avanço da urbanização favorece o consumo dos recursos naturais e considerável aumento na produção agroindustrial. Juntamente com o aumento do consumo de recursos, a urbanização também culmina no aumento da emissão de resíduos e efluentes (PAULO, 2010).

O processamento de produtos animais e vegetais de agroindústrias, principalmente processos de fermentação, gera resíduos líquidos ricos em matéria orgânica, nutrientes e sais, e mesmo após o tratamento, eles ainda apresentam potencial de poluição para os corpos d'água, principalmente devido à presença de nitrogênio e fósforo (KARADAG et al., 2015). Desse modo, uma preocupação e pressão ambiental também tem crescido, visto que a geração de efluentes líquidos e resíduos crescem de maneira proporcional ao aumento do processamento dos alimentos (SCHEEREN et al., 2011).

A utilização de água nos processos de produção de alimento é responsável por gerar grandes quantidades de efluentes líquidos, que antes de serem lançados nos rios e lagos, precisam ser tratados. Uma das indústrias alimentícias que mais contribuem na geração desses efluentes líquidos são os laticínios. De acordo com Mendonça et al. (2015) os volumes de efluentes gerados por uma pequena fábrica de lácteos, que processa até 10 mil litros de leite por dia pode ser três vezes o volume de leite processado.

As características dos efluentes de laticínios são: alto teor de matéria orgânica, elevada concentração de óleos e graxas, altos teores de nitrogênio e fósforo, grandes variações no pH, alta condutividade, e variações na temperatura (MEGANHA, 2007). Tais características deste efluente o tornam de difícil degradação, principalmente em função da presença de gorduras emulsionadas em sua composição. Além disso, tais efluentes são nutricionalmente desbalanceados em relação a microrganismos envolvidos em sua degradação (SPEECE, 1996).

Com a diminuição dos recursos hídricos e a deterioração das águas superficiais e subterrâneas, torna-se cada vez mais necessário o aproveitamento de tal recurso. Uma tendência atual na indústria de alimentos é

a busca por novas tecnologias que possibilitem o aproveitamento de resíduos e o reuso da água. A legislação ambiental é rigorosa e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), do Ministério do Meio Ambiente, através da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Visto isso, o tratamento das águas residuárias é essencial visando o uso racional da água, reduzindo os impactos causados ao meio ambiente (BELI et al., 2010).

Os métodos físico-químicos e biológicos são alternativas para se tratar os efluentes, todavia, os métodos físico-químicos apresentam um alto custo com relação ao seu reagente. Portanto, os métodos biológicos aeróbios e/ou anaeróbios são as alternativas mais utilizadas (VIDAL et al., 2000).

A função de um processo de tratamento biológico é remover a matéria orgânica do efluente industrial, através do metabolismo de oxidação e da síntese de células (BRAILE, 1979).

Os tratamentos aeróbios ocorrem por meio de processos oxidativos realizados principalmente por bactérias heterotróficas e autotróficas (BRITO, 2006). O processo pode ser por lodo ativado, filtro biológico e lagoa de estabilização aeróbia (MENDES & CASTRO, 2005).

A digestão anaeróbia é considerada a melhor opção para o tratamento de efluentes cuja composição contemple elevadas concentrações de matéria orgânica, como os normalmente encontrados nos laticínios (CICHELO; RIBEIRO; TOMMASO, 2012).

A biodegradação anaeróbia depende de uma população microbiana diversificada e estável. Esses microrganismos sintetizam a matéria orgânica, transformando-a em metano e dióxido de carbono em ambientes isentos de oxigênio (CHERNICHARO, 1997).

A eficiência do processo depende das interações entre as diversas espécies bacterianas e ainda das condições específicas de operação, como temperatura, pH e tipo de substrato, entre outros (CAMPOS, 2004).

Durante o processo é gerado biogás, que pode ser utilizado como fonte de energia, e biomassa. O reator anaeróbio de fluxo ascendente e manto de

lodo - UASB é o mais utilizado, devido a sua capacidade de reter alta concentração de biomassa, com alta velocidade de fluxo e produção de biogás (MENDES, 2005).

Após tratamento os efluentes podem ser utilizados na irrigação de áreas agrícolas, uma alternativa sustentável de substituição à água de qualidade. Além disso, as águas residuárias contêm grandes concentrações de nutrientes orgânicos e inorgânicos, como por exemplo, fósforo e nitrogênio (BEZERRA & FILHO, 2009).

Assim, se manejado de maneira adequada, esses efluentes líquidos residuários podem ser utilizados como fontes de fertilizantes quando utilizados na irrigação para a agricultura (TOZE, 2005).

Diversos estudos comprovam o incremento de produtividade em distintas culturas quando utilizado água residuária como fonte de irrigação como beterraba (GOMES et al., 2017); plantas forrageiras (Azevedo et al., 2007); horticultura (BAUMGARTNER et al., 2007). Porém um problema advindo dessa técnica é a quantidade de sais que podem afetar o desenvolvimento das culturas devido à redução do potencial osmótico da solução do solo, resultando na diminuição da capacidade das plantas em absorverem água (AYERS & WESTCOT, 1999).

A salinidade e sodicidade do solo podem ser expressas através da determinação do percentual de sódio trocável (PST) e da condutividade elétrica (CE) no extrato de saturação do solo. Solos com valores de PST no complexo de troca de cátions acima de 6% são classificados como sódico e valores de condutividade elétrica nos efluentes, entre 0,75 e 2,9 dS m⁻³, são considerados limites para serem utilizados como fonte água para irrigação sem causar problemas de salinidade no solo (CETESB, 2006).

Os efluentes tratados de laticínios aplicados aos vegetais podem fornecer umidade e ser fonte de nutrientes. Os adubos verdes são plantas utilizadas para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo e apresentam potencial de serem irrigados com efluente, maximizando sua eficiência no fornecimento de nutrientes e minimizando os impactos causados pela sodicidade e/ou salinidade.

Adubação Verde

A adubação verde consiste em uma prática de cultivos de plantas de cobertura e adubos verdes que vem sendo utilizados por diversas civilizações para as mais variadas aplicações, dentre elas para a diversificação e melhoria do potencial produtivo das distintas áreas de produção (CALEGARI et al., 2014). Tem como efeitos benéficos melhorias nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, que são proporcionados pela proteção do solo contra a erosão, através da cobertura morta no solo, redução da infestação de plantas espontâneas, inclusive devido a efeitos alelopáticos; aumento do teor de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, na qual macro e micronutrientes de camadas mais profundas são trazidos para a superfície, tornando-se novamente disponíveis para as plantas (WILDNER, 2014).

No entanto, ressalta-se que estes efeitos são variáveis, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à fitomassa, da época de plantio e corte do adubo verde, tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais climáticas e interação destes fatores (ALCÂNTARA et al., 2000; PADOVAN et al., 2012).

De acordo com Aita et al. (2014), quando em pré-cultivo, a decomposição dos resíduos culturais dos adubos verdes, pode apresentar distintos efeitos sobre a produção das culturas em sucessão e sobre o ambiente.

A adubação verde constitui ainda uma alternativa de fornecimento de nutrientes para culturas em sucessão, podendo contribuir de forma viável para nutrição e desenvolvimento destas. Em um estudo realizado por Vendruscolo et al. (2017) os autores constataram que a utilização do sorgo forrageiro como cultura antecessora, em sistema de plantio direto, aumenta os ganhos econômicos e produtivos com a cultura da alface crespa. Pott & Feltrin (2007) demonstraram em seu estudo que a adubação verde em tomateiro cultivado no sistema de agricultura orgânica aumentou a produtividade, o número de frutos médios e a massa dos mesmos, através da adição da fitomassa de leguminosas.

Dentre as espécies empregadas na adubação verde, as fabáceas (leguminosas) encontram-se entre as mais utilizadas por fixarem o nitrogênio atmosférico por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* nas raízes (RODRIGUES et al., 2012). Outra vantagem apresentada pela utilização de leguminosas é em relação ao seu sistema radicular ramificado e profundo, promovendo assim a extração de nutrientes das camadas mais profunda do solo, e tornando-os disponíveis para a cultura subsequente, realizando assim a reciclagem de nutrientes (LONGO; RIBEIRO; MELO, 2011). Algumas espécies são mais comuns, como a *Crotalaria juncea* L., *Crotalaria spectabilis* Roth e a *Crotalaria breviflora* D.C. As crotalárias apresentam elevada tolerância ao estresse hídrico, reduzem a multiplicação de fitonematoides no solo e proporcionam significativo acúmulo de fitomassa e nutrientes na parte aérea (PACHECO et al., 2015).

A crotalária-júncea (Figura 1) é originária da Índia e Ásia tropical, sendo que essa espécie se adapta bem a solos de mediana fertilidade (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014). É uma planta anual subarbusciva de crescimento rápido, proporcionando uma rápida cobertura do solo, produz elevada quantidade de fitomassa, de 50 a 60 t ha⁻¹ de massa verde e 6 a 17 t ha⁻¹ de massa seca (SANTOS & FONTANETTI, 2007).

Figura 1. Crotalária-júncea



Fonte: Própria autoria

A *crotalária-spectabilis* Roth (Figura 2) tem sua origem na América do Sul (Brasil) e do Norte, pertence à família Fabaceae como cobertura (manejo das plantas na floração plena e início de frutificação), quanto para produção de sementes, seu cultivo pode ser realizado em consórcio a outras culturas ou exclusivo, apresentando elevada capacidade de produção de biomassa e fixação de nitrogênio (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

Figura 2. *Crotalária-spectabilis*



Fonte: Própria autoria

O feijão-de-porco [*Canavalia ensiformis* (L.) D. C.] (Figura 3) é originário da América Central. É uma espécie de características anual, ereta, herbácea, com crescimento lento e apresentando resistência à alta temperatura (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014).

Apresenta controle de invasoras e se adapta a diferentes tipos de solo. A grande quantidade de nutrientes que está presente na massa seca do feijão-de-porco destaca seu potencial em reciclagem de nutrientes no solo (RODRIGUES et al., 2004).

Figura 3. Feijão-de-porco



Fonte: Própria autoria

O guandu-anão [(*Cajanus cajan* (L.) Millsp.)] (Figura 4) é uma espécie originária da Índia e da África tropical ocidental. É uma planta com características anual, perene, arbustiva e de crescimento determinado (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014). Considerada de ampla utilidade na adubação verde, possui sistema radicular profundo e ramificado e maior resistência à estresse hídrico, também chamado de arado biológico porque possui importante papel na descompactação do solo, pois possibilita o rompimento de camadas adensadas do solo (AZEVEDO; RIBEIRO; AZEVEDO, 2007). Seu crescimento ocorre rapidamente, aumentando a biomassa e cobrindo o solo, agindo na restauração física do solo. Possui grande importância na adubação verde por obter grande quantidade de nitrogênio (N) o que proporciona a restauração química do solo (BELTRAME; RODRIGUES, 2008).

Figura 4. Guandu-anão



Fonte: Própria autoria

Quando os adubos verdes são utilizados para minimizar ou mitigar condições que tornam os solos impróprios para a produção vegetal eles são cultivados com o objetivo de fitorremediação.

Fitorremediação

A fitorremediação corresponde a uma técnica que emprega plantas e a microbiota associada, com a finalidade de remover, imobilizar ou tornar contaminantes inofensivos ao meio. Esta técnica tem grande emprego na remoção de metais pesados e de herbicidas (COUTINHO & BARBOSA, 2007).

Fitorremediação é uma palavra de origem grega, na qual “phytos” quer dizer planta e “remederi” significa curar ou restaurar (ANDRADE et al., 2007).

Segundo Prasad (2003) a fitorremediação pode ser até 5% mais barata que os demais métodos de remediação utilizados, e sustentáveis principalmente quando comparada a lixiviação de solos.

Dentre as técnicas de fitorremediação estão incluídas a fitoextração, a fitofiltração, a fitoestabilização, a fitovolatilização e a fitodegradação. A fitoextração no caso corresponde à absorção de contaminantes do solo ou água pelas raízes das plantas e sua translocação de acumulação na biomassa acima do solo (ALI et al., 2013).

Algumas espécies de adubos verdes estão sendo utilizadas para avaliar o seu potencial como plantas fitorremediadoras e quanto a sua tolerância e capacidade de fitoextração de sódio e metais pesados.

Pires et al. (2003) constataram a eficácia dos adubos verdes feijão-guandu e milho para a remediação do herbicida tebuthionon, bem como Santos et al. (2006) também comprovaram este efeito, para o feijão-de-porco, com relação à remediação do herbicida trifloxysulfuron sodium.

Ferraço et al. (2017) encontraram que o cultivo prévio da espécie fitorremediadora *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco) promoveu a remediação do solo contaminado com sulfentrazone.

A seleção de espécies fitorremediadoras é de extrema importância para identificar se a cultura realmente irá diminuir os níveis de contaminantes ou se simplesmente os toleram (PIRES, 2006). Qadir et al. (2001) afirmaram que a

fitorremediação apresenta o mesmo desempenho que amenizantes químicos para diminuir a sodicidade do solo.

De acordo com Souza et al. (2011) a fitoextração de sais pela *Atriplex numularia* foi eficiente em um solo salino, diminuindo as concentrações de Na^+ e a percentagem de sódio trocável ao final do experimento, indicando um efeito benéfico da planta ao solo.

Donatti et al. (2017) ao avaliarem a fitoextração de sódio por adubos verdes, em solos irrigados com águas residuárias da indústria de leite, encontraram fitoextração pelo milho de 22,4 Kg ha^{-1} , pelo calopogônio de 12,5 Kg ha^{-1} e pelo guandu-anão de 11,4 Kg ha^{-1} . Rossi et al. (2014) encontraram uma fitoextração de sódio pela parte aérea do milho de 14,69 Kg ha^{-1} em solo irrigado com efluente tratado de laticínio, sendo que este desempenho proporcionou a redução da razão de adsorção de sódio (RAS), sugerindo que a fitorremediação em sistemas agroecológicos torna-se uma alternativa promissora por viabilizar o uso de águas residuárias orgânicas oriundas de agroindústrias.

Alface e Beterraba

A alface (*Lactuca sativa* L.) destaca-se entre as hortaliças folhosas mais consumidas em todo o mundo por ser produzida durante o ano todo, o que lhe confere grande oferta, e devido à sua importância alimentar como fonte de vitaminas e sais minerais (OLIVEIRA et al., 2004).

As hortaliças, de maneira geral, apresentam restrições quanto à presença de sais na solução do solo e déficit hídrico em determinadas fases de desenvolvimento, ocasionando redução de produtividade, maior quando comparado a outros grupos de culturas (MAROUELLI, 2008).

Ayers & Westcot (1999) classificaram a alface moderadamente sensível quanto à presença de sais para irrigação, sendo o valor de condutividade elétrica da água de irrigação máximo de 1,3 dS m^{-1} , recomendado para garantir rendimento total.

Dessa forma, a alface pode ser utilizada como uma forma de avaliar indiretamente o potencial de uso de um solo salinizado e/ou sodificado e/ou fitorremediado. Purquerio et al. (2011) ao avaliarem o desenvolvimento de alface, em estufa agrícola com solo salinizado após o cultivo de crotalária-júncea e milho, observaram que a produtividade da alface melhorou com o cultivo dos adubos verdes.

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma hortaliça de grande importância comercial no Brasil e no mundo (TRANI et al., 2005). Destaca-se entre as hortaliças, pela alta concentração de vitaminas do complexo B e minerais, como potássio, sódio, ferro, cobre e zinco, além de antioxidantes, como betalaína (KANNER et al., 2001).

Em relação à salinidade é classificada como moderadamente tolerante, significa que sua produtividade pode ser sustentada em condutividades elétricas cerca de $2,7 \text{ dS m}^{-1}$ (AYERS & WESTCOT, 1999).

Gomes et al. (2015) ao avaliarem o rendimento e qualidade de beterraba irrigada com efluentes tratados de laticínios encontraram aumento da produtividade em relação à utilização da água de torneira.

A utilização de consórcio como alternativa de cultivo de culturas agrícolas pode ser uma alternativa importante de otimização de recursos econômicos e ambientais. Com esta prática, busca-se maior produção por área pela combinação de plantas que irão utilizar espaço, nutrientes e luz solar, além dos benefícios que uma planta traz para a outra no controle de plantas concorrentes, pragas e doenças (ALMEIDA et al., 2015).

Grangeiro et al. (2011) ao avaliarem as culturas do coentro e beterraba em consórcio verificaram que o coentro não interferiu no desempenho da beterraba, independentemente da época de estabelecimento do consórcio. Portanto, essa forma de cultivo é vantajosa, permitindo que obtenha-se uma produção adicional para uma certa área com a cultura intercalar de coentro. Além de otimizar as práticas culturais como capinas, irrigações e adubações.

Em um trabalho desenvolvido por Souza et al. (2007) para análise de viabilidade econômica de sistemas orgânicos de produção consorciada, apresentaram em seus resultados a viabilidade da aplicação das práticas de

consórcio entre alface e beterraba em sistema orgânico de cultivo. Os autores constataram possibilidade técnico-produtivas e sua viabilidade econômico-financeira.

Essa prática com hortaliças que apresentam diferentes tolerâncias à salinidade torna-se importante para compreender as interações que uma cultura pode apresentar em relação a outra no sistema produtivo irrigado com efluentes tratados.

Referências

ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. *TÓPICOS EM CIÊNCIA DO SOLO*, v.1, p.299-352, 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - 2017: relatório pleno/Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. 169p.

AITA, 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.

ALCÂNTARA, F. A.; Neto, A. E. F.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.277-288, 2000.

ALI, H.; KHAN, E.; SAJAD, M. A. Phytoremediation of heavy metals-Concepts and applications. *Chemosphere*, v.91, p.869-881, 2013.

ALMEIDA, A.E da.; NETO, F.B.; COSTA, L.R.; SILVA, M.L da.; LIMA, S.S de.; JÚNIOR, A.P.B. Eficiência agrônômica do consórcio alface-rúcula fertilizado com flor-de-seda. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.28, p.79-85, 2015.

ANDRADE, J.C.M.; TAVARES, A.S.R.L.; MAHLER, C.F. Fitorremediação: uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 176p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. In H. R. Gheyi, J. F. de Medeiros, & F. A. V. Damasceno (Eds.), *Water Quality for Agriculture* (Vol. 29 rev.1 (FAO), p. 218). Campina Grande, Brazil: UFPB. 1999.

AZEVEDO, R.L.; RIBEIRO, G.T; AZEVEDO, C.L.; Feijão guandu: uma planta multiuso. *Revista da Fapese*, Sergipe, v.3, p.81-86, 2007.

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, p.63-68, 2007.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S.C.; SILVA, T.R da.; TEO, C.R.P.A.; VILAS BOAS, M.A. Reuso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.152-163, 2007.

BELI, E.; HUSSAR, G. J.; HUSSAR, Débora Helena. Redução de DGO e turbidez de efluente de uma unidade suinícola empregando reator anaeróbio compartimentado (RAC) seguido de filtro biológico e filtro de areia. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.7, p.5-19, 2010.

BELTRAME, T. P.; RODRIGUES, E. Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no Pontal do Paranapanema, SP. **Scientia Florestalis**. v.36, p.317-327, 2008.

BEZERRA, B.B.; FILHO, F.J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. **Revista Ciência Agronômica**.v.40, p.339-345, 2009.

BRAILE, P. M. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. CETESB, São Paulo, 1979.

BRITO, M. F. Determinação das frações orgânicas de efluentes de reatores UASB. 2006. 33 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CAMPOS, C. M. M.; LUIZ, F.A.R de.; BOTELHO, C. G.; DAMASCENO, L. H. S. Avaliação da eficiência do reator UASB tratando efluente de laticínio sob diferentes cargas orgânicas. **Ciência e Agrotecnologia**. v..28, p.1376-1384, 2004.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes. In: Lima Filho, O. F. et al. Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil. Brasília: Embrapa, 2014. Cap.1,p.19-37.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Orientação para apresentação de projeto visando à aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. São Paulo: Cetesb, 2006. 11p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 357 de 17/03/2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e

padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, n.53, 18 mar. 2005, p.58-63.

COUTINHO, H. D.; BARBOSA, A. R. Fitorremediação: Considerações Gerais e Características de Utilização. *Silva Lusitana*, Lisboa, v.15, p.103-117, jun. 2007.

CHERNICHARO, C. A.L. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios. Belo Horizonte: Editora UMFG, 246p. v.5.1997.

CHICHELO, G.C.V.; RIBEIRO, R.; TOMMASO, G. Caracterização e Cinética do Tratamento Anaeróbio de Efluentes de Laticínios. *UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde*, v.15, p.27-40, 2013.

DONATTI, R. N.; GOMES, T. M.; MENEGASSI, L. C.; TOMMASO, G.; ROSSI, F. Sodium phytoremediation by green manure growing in soil irrigated with wastewater of dairy industry. *Engenharia Agrícola*, v.37, p.665-675, 2017.

FERRAÇO, M.; PIRES, F.R.; BELO, A.F.; FILHO, A.C.; BONOMO, R. Efeito da densidade populacional de *Canavalia ensiformis* na fitorremediação de solo contaminado com sulfentrazone. *Revista Ciência Agronômica*, v.48, p.32-40, 2017.

FONSECA, A. F.; HERPIN, U.; PAULA, A. M. DE; VICTÓRIA, R.; MELFI, A. J. Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. *Scientia Agricola*, v.64, p.194-209, 2007.

GOMES, T.M.; ROSSI, F.; TOMMASO, G.; RIBEIRO, R.; MACAN, N.P.F.; R.PEREIRA, R.S. Treated Dairy wastewater effect on the yield and quality of drip irrigated table beet. *Engineering in Agriculture*, v2, p.255-260 2015.

GOMES, T.M.; ROSSI, TOMMASO, G.; RIBEIRO, R.; KUSHIDA, M.M.; STABLEIN, M.J. Supplementation of nutrients for table beets by irrigation with treated dairy effluent. *Engenharia Agrícola*, v.37, p.1137-1147, 2017.

GRANGEIRO, C. G.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CALDAS, A. V. C.; COSTA, N. L. Produtividade da beterraba e rúcula em função da época de plantio em monocultivo e consórcio. *Horticultura Brasileira*, v.25, p.577-581, 2007.

GRANGEIRO, C. G.; SANTOS, A. P.; FREITAS, F. C. L.; SIMÃO, L. M. C.; BEZERRA NETO, F. Avaliação agronômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p.242-248, 2011.

KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT, R. Betalains: a new class of dietary cationized antioxidants. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.49, p.5178-5185, 2001.

KARADAG, D.; KOROGLU, O.E.; OZKAYA, B. CAKMAKCI, M.A. Review on anaerobic biofilm reactors for the treatment of dairy industry wastewater. **Process Biochemistry**. v.50, p.262-271, 2015.

LEAL, I. G.; ACCIOLY, A.M de.; NASCIMENTO, C.W.A do.; FREIRE, G. dos S. MONTENEGRO, A.A. de A.; FERREIRA, F.L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1065-1072, 2008.

LONGO, R.M.; RIBEIRO, A.Í.; MELO, W.J de. Uso da adubação verde na recuperação de solos degradados por mineração na floresta amazônica. **Bragantia**, v.70, p.139-146, 2011.

MARQUELLI, W.A. Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 15p. (Boletim Técnico), 2008.

MASSAD, M.D.; OLIVEIRA, F.L de.; Fávero, C.; DUTRA, T.R.; QUARESMA, M.A.L. Desempenho de milho verde em sucessão a adubação verde com crotalária, submetido a doses crescentes de esterco bovino, na caatinga mineira. **Magistra**, v.26, p. 322-332, 2014.

MEGANHA, M.F.B. Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos. São Paulo: CETESB; 2007.

MENDONÇA, H. V., Ribeiro, C. B. M., Borges, A. C., Bastos, R. R. Sistemas alagados construídos em batelada: remoção da demanda bioquímica de oxigênio e regulação do pH no tratamento de efluentes de laticínios. **Revista Ambiente Água**, v.2, p.442-453, 2015.

MENDES, A.A.; CASTRO, H.F de. Aplicação de lípases no tratamento de água residuárias com elevados teores de lipídeos. **Química Nova**, v.28, p.296-305, 2005.

OLIVEIRA, E. Q.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; BARROS JÚNIOR, A. P. Desempenho agroeconômico do bicultivo de alface em sistema solteiro e consorciado com cenoura. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 712-717, 2004.

OLIVEIRA, L.A de A.; NETO, F.B.; JÚNIOR, A.P.B.; SILVA, M.L da.; SILVA, M.L da.; OLIVEIRA, O.F.N.; LIMA, J.S.S de. Agroeconomic efficiency of polycultures of arugula-carrot-lettuce fertilized with roostertree at different population density proportions. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.791-797, 2017.

PACHECO, L.P.; MIGUEL, A.S.D.; SILVA, E.M.B.; SOUZA, E.D de.; SILVA, F.D. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Trop.** v.45, p.464-472, 2015.

PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. de SÁ.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; SALOMÃO, G. de BRITO. Dinâmica de acúmulo de massa e nutrientes pelo milho para fins de adubação verde em sistemas de produção sob bases ecológicas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, p.95-103, 2012.

PAULO, R.F.; O desenvolvimento industrial e o crescimento populacional como fatores geradores do impacto ambiental. **Veredas do Direito**, v.7, p.173-189, 2010.

PIRES, F. R.; PROCÓPIO, S. de O.; SOUZA, C.M de.; SANTOS, J.B dos.; SILVA, G.P. Adubos verdes na fitorremediação de solos contaminados com o herbicida Tebuthiuron. **Revista Caatinga**, v.19, p.92-97, 2006.

PIRES, F.R.I.; SOUZA, C.M.; SILVA,A.A.; QUEIROZ, M.E.L.R.; PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B. SANTOS, E.A.V.; CECON, P.R. Seleção de plantas com potencial para fitorremediação de tebuthiuron. **Planta Daninha**, v.21, p.584-594, dez. 2003.

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*, v. 4, p.210-220, 2007.

PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI, S.W. DE MARIA, I.C.; ANDRADE, C.A.; WUTKE, E.B.; ROSSE, C.E.; OLIVEIRA, A.H.V. Produção de alface em estufa agrícola com solo salinizado após o cultivo de plantas extratoras de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.172-180, 2011.

PRASAD, M.N.V. Phytoremediation of metal-polluted ecosystems: hype for commercialization. **Russ. J. Plant Physiol**, v.50, p.686-700, 2003.

RODRIGUES, G. B.; DE SÁ, M.E.; FILHO, W.V.V.; BUZETTI, S. BERTOLIN, D.C.; PINA, T.P. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, v.59, p.380-385, 2012.

RODRIGUES, J.E.L.F.; ALVES, R.N.B.; LOPES, O.M.N.; TEIXEIRA, R.N.G.; ROSA, E.S. A importância do feijão de porco (*Canavalia enciformes* DC.) como cultura intercalar em rotação com milho e feijão caupi em cultivo de coqueirais no município de ponte-de-pedras/ Marajó-PA, EMBRAPA: núcleo de apoio a Pesquisa e Transferência de tecnologia do Marajó, Belém-PA, 2004.

ROSSI, F.; GOMES, T.; TOL, J. C. H. B.; FERRAZ, M. R.; LUZ, P. H. C.; AMBROSANO, E. J. Fitoextração de sódio pelo cultivo do milho em sucessão a produção da beterraba irrigada com águas residuárias de origem agroindustrial. **Cadernos de Agroecologia** v.4, p.1-11, 2014.

SANTOS, J.B.; PROCÓPIO, S.O.; PIRES, F.R.; SILVA, A.A da.; SANTOS, A.S. Fitorremediação de solo contaminado com trifloxysulfuron-sodium por diferentes densidades populacionais de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L). DC.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, p.444-449, 2006.

SOUZA, J. P de.; Análise de viabilidade agroeconômica de sistemas orgânicos de produção consorciada. **Associação Brasileira de Custos**, v.2, p.60-82, 2007.

SILVA, A. F. S.; LIMA, C. A. de; QUEIROZ, J. J. F.; JÁCOME, P. R. L. de A.; JÁCOME JUNIOR, A. T. Análise bacteriológica das águas de irrigação de horticulturas. **Revista Ambiente e Água**, v.11, p.428-438, 2016.

SILVA, H.; BARBIERI, A.F.; MONTE-MÓR, R.L. Demografia do consumo urbano: um estudo sobre a geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte. **Revista Brasileira de Estudos de População** v.29, p.421-449, 2012.

SOUZA, R. P., MACHADO, E.C., SILVEIRA, J.A.G.; RIBEIRO, R. V. Fotossíntese e acúmulo de solutos em feijoeiro caupi submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.586-592, 2011.

SOUZA, E.R de.; FREIRE, M.B.G dos S.; NASCIMENTO, C.W.A do.; MONTENEGRO, A.A de A.; FREIRE, F.J.; MELO, H. F de.; Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia* lindl. sob estresse hídrico em solo salino sódico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, p.477-483, 2011.

SCHEEREN, M. B. et al. O processo ANAMMOX, como alternativa para tratamento de águas residuárias, contendo alta concentração de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.1289-1297, 2011.

SPEECE RE. Anaerobic biotechnology for industrial wastewater. Nashville: Archae; 1996.

QADIR, M.; SCHUBERT, S. GHAFOR, A.; MURTAZA, G. Amelioration strategies for sodic soils: a review. *Land Degradation & Development*, Chichester, v.12, p.357-386, 2001.

TRANI, P. E., CANTARELLA, H.; TIVELLI, S. W. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, v.3, p.726-730, 2005.

TOZE, S. Reuse of effluent water-benefits and risks. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.80, p.147-159, 2005.

VENDRUSCOLO, E.P.; CAMPOS, L.F.C.; ARRUDA, E.M.; SELEGUINI, A. Análise econômica da produção de alface crespa em cultivo sucessivo de plantas de cobertura em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, p.458-463, 2017.

VIDAL, G. et al. Influence of the content in fats and proteins on the anaerobic biodegradability of dairy wastewaters. *Bioresource Technology*, Barking, v.74, p.231-239, 2000.

WILDER, do L.P. Adubação verde: conceitos e modalidades de cultivo. In: Lima Filho, O. F. et al. Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil. Brasília: Embrapa, 2014. Cap.14,p.19-44.

ZIECH, A.R.D.; CONCEIÇÃO, P.C.; LUCHESE, A.V. PAULUS, D.; ZIECH, M.F.; Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.18, p.948–954, 2014.

Capítulo 2
CULTIVO DE ADUBOS VERDES COM APORTE DE EFLUENTE TRATADO
DE LATICÍNIO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar o desenvolvimento dos adubos verdes com o aporte de efluente tratado de laticínio e sua influência nas características químicas do solo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial (2 x 5) com duas fontes de água (torneira e efluente anaeróbio) e quatro adubos verdes *Crotalaria juncea* – crotalária-juncea; *Crotalaria spectabilis* – crotalária-spectabilis; *Cajanus cajan* – guandu-anão; *Canavalia ensiformes* – feijão-de-porco e testemunha (sem adubo verde), com quatro repetições. Aos 70 dias após o semeio foram analisados os adubos verdes e o solo. O feijão-de-porco foi o único adubo verde que obteve produtividade semelhante quando irrigado com as duas fontes de água, sendo que os demais tiveram uma menor fitomassa quando irrigados com efluente tratado de laticínio. A fitoextração foi baixa pelos adubos verdes. Houve aumento da concentração de sódio no solo irrigado com efluente tratado de laticínio, com porcentagem de saturação de sódio (PST) em 4,39 e condutividade elétrica de 1,56 dS m⁻¹ da pasta de saturação do solo. O aporte de efluente não influenciou a nodulação dos adubos verdes, mas contribuiu para a fertilidade química do solo, com incremento de fósforo, cálcio e magnésio.

Palavras-chave: adubação verde, água residuária, fitorremediação, salinização

ABSTRACT

The aim of the present study was to verify the development of green manures with the contribution of dairy treated effluent and its influence on soil characteristics. The experimental design used was random blocks design, in factorial scheme (2 x 5) with two water sources (tap and anaerobic effluent) and four green manures (*Crotalaria juncea* – sunn hemp; *Crotalaria spectabilis* - showy crotalaria; *Cajanus cajan* - pigeon pea; *Canavalia ensiformes* - jack beans), and a control group (without green manure), with four replications. At 70 days after sowing, green manures and soil were analyzed. Jack bean was the only green manure that obtained similar productivity of the two water sources, being that the others had a lower phytomass when irrigated with anaerobic effluent. Phytoextraction was low by green manures. There was an increase in the concentration of sodium in the irrigated soil with anaerobic effluent, with sodium saturation percentage (PST) at 4.39 and electrical conductivity of 1.56 dS m⁻¹ of the soil saturation paste. The effluent contributed to increase soil chemical fertility, with increased phosphorus, calcium and magnesium.

Keywords: reuse water, green manures, salinization, phytoremediation

INTRODUÇÃO

As indústrias de processamento de leite estão ligadas diretamente à cadeia alimentar humana, porém os resíduos gerados por esta atividade tem aumentado significativamente, contribuindo para danos ao meio ambiente. No primeiro trimestre de 2017, a aquisição de leite feita pelos estabelecimentos sob inspeção sanitária foi de 5,87 bilhões de litros (IBGE, 2017). De acordo com Mendonça et al. (2015) o volume de efluentes gerados por uma pequena fábrica de lácteos pode ser três vezes o volume de leite processado.

Como alternativa e destino correto dos efluentes tratados de laticínio tem-se a irrigação de áreas agricultáveis. Segundo Rossi et al. (2014), a vantagem da utilização de efluentes na irrigação das culturas é poder diminuir a pressão sobre os recursos hídricos, servindo tanto como fonte de água como de nutrientes. Porém, esta prática apresenta alguns riscos devido à persistência de determinados constituintes no pós-tratamento do efluente, como por exemplo, o sódio (Na), além de organismos patogênicos, prejudiciais ao solo, às plantas e ao ser humano (FONSECA et al., 2007). O principal problema do excesso de sódio é a redução do potencial osmótico da solução solo diminuindo a disponibilidade de água para as plantas (Ayers & Westcot, 1999).

A fitorremediação é uma técnica que pode ser utilizada visando mitigar os problemas causados pelo reuso agrícola de águas residuárias. Nesta técnica, certas espécies de plantas removem, imobilizam ou tornam determinados elementos químicos orgânicos e inorgânicos dos solos inofensivos ao ecossistema (LEAL et al., 2008).

As plantas de cobertura (adubos verdes) contribuem para melhoria da fertilidade do solo em razão de uma maior reciclagem de nutrientes, maior biodiversidade, aumento no rendimento das culturas e melhor estabilidade de produção (CALEGARI, 2014). Entretanto, Padovan et al. (2012) reforçaram que os efeitos observados pelo cultivo destas plantas são bem variáveis de acordo com a espécie a ser utilizada. A seleção de adubos verdes para receber águas residuais é uma questão fundamental à sustentabilidade do sistema solo-

planta, pois o conhecimento sobre o potencial de adubos verdes quanto a fitoextração de sódio é limitado.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar o desenvolvimento dos adubos verdes com o aporte de efluente tratado de laticínio e sua influência nas características químicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa com 210 m² de área, pertencente ao laboratório de Tecnologia de Produção e Sanidade Vegetal, do Departamento de Engenharia de Biosistemas, na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (ZEB/FZEA/USP), no município de Pirassununga-SP, com altitude de 627m, latitude de 21°59'S e longitude 47°25'W. O clima na região é do tipo Cwa (subtropical úmido) na classificação de Koppen, a temperatura média anual é de 20,8°C, com precipitação pluviométrica média anual de 1089 mm. A estufa recebe, por gravidade, os efluentes tratados da estação experimental de tratamento de efluentes (ETE) da seção de Laticínios da Prefeitura do Campus USP "Fernando Costa" (Pirassununga-SP).

As características químicas do solo antes do cultivo dos adubos verdes na profundidade de 0-30 cm foram: pH = 5,70 (CaCl₂), P = 30 mg dm⁻³, M.O = 14 g dm⁻³, K = 1,4 mmol_c dm⁻³, Ca = 38 mmol_c dm⁻³, Mg = 10 mmol_c dm⁻³, Al = 0,00 mmol_c dm⁻³, H+Al = 18,0 mmol_c dm⁻³, CTC = 67 mmol_c dm⁻³, V% = 74, B = 0,65 mg dm⁻³, Fe = 6 mg dm⁻³, Cu = 1,2 mg dm⁻³, Zn = 0,3 mg dm⁻³, Mn = 4,9 mg dm⁻³.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema fatorial (2x5) no qual o primeiro fator foi a fonte de água: água de torneira (AT) e efluente tratado de laticínio (ETL), e para o segundo fator, foram utilizados quatro adubos verdes a saber: *Crotalaria juncea*; *Crotalaria spectabilis*; *Canavalia ensiformes*; *Cajanus cajan*; e testemunha (sem adubo verde), com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de uma caixa de 0,5 m³ e 1,0 m² de área superficial. Os adubos verdes foram semeados no dia 15 de fevereiro de 2017, dispostos uniformemente em cinco linhas em cada parcela, em uma

profundidade de 2,0 cm. Após desbaste foram conduzidas respectivamente 85, 90, 16 e 85 plantas por parcela dos adubos verdes: crotalária-júncea, crotalária-spectabilis, feijão-de-porco e guandu-anão. Os adubos verdes foram cultivados por 70 dias após semeio (DAS).

As plantas da área central da parcela (0,5 m²) foram cortadas, pesadas para obtenção da massa fresca e deixadas sobre o solo, sendo as raízes coletadas. Uma amostra da parte aérea foi acondicionada em saco de papel e seca em estufa de circulação forçada a 65°C, durante 72 h e, após este período foram pesadas para determinação da massa seca. As amostras foram moídas e enviadas ao laboratório de Ciências Agrárias/Solos/USP, para análise de diagnóstico nutricional seguindo os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

As raízes foram acondicionadas em sacos plásticos em solução de álcool 70% para classificação de nódulos de acordo com a metodologia proposta por Matoso & Kusdra (2014).

As amostras de solo foram coletadas em cada parcela na profundidade de 0-30 cm, homogêneas (três sub-amostras), e enviadas ao Laboratório de Ciências Agrárias/Solos do Departamento de Zootecnia (ZAZ/FZEA/USP), para análise pelo método de extração de resina Raij et al. (2001), com determinação também do sódio, para cálculo da porcentagem de sódio trocável do solo. Com a relação de sódio trocável e capacidade de troca de cátions (CTC) foi calculada a porcentagem de sódio trocável (PST). Conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (1997) o solo foi processado em pastas de saturação para obtenção de extrato aquoso do solo, a fim de determinar pH e a condutividade elétrica.

O sistema de irrigação adotado foi gotejamento superficial, através do qual foram aplicadas as diferentes fontes de água (ETL e AT) para irrigação dos adubos verdes. Os gotejadores são integrados e não compensantes. O sistema é composto por sistemas de bombeamento acionados automaticamente, hidrômetros e manômetros de glicerina para controle da vazão e pressão, além de filtro de disco, em função dos tratamentos aplicados.

O manejo da irrigação foi baseado na reposição da estimativa da evapotranspiração das culturas (ETc), calculado pela evaporação do tanque classe A reduzido, corrigido pelo coeficiente da cultura – Kc, como proposto por Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2008) nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. O tanque reduzido tem diâmetro de 0,60 m e 0,25 m de altura, com fundo plano, construído em chapa galvanizada e instalado sobre um estrado de madeira de 0,15 m de altura. A medida da lâmina evaporada foi realizada através de um micrômetro de gancho, assentado sobre um poço tranquilizador de 0,26 m de altura e 0,10 m de diâmetro. O coeficiente de correção do tanque – Kp utilizado para a condição de reduzido, em ambiente protegido, é 1, conforme citado por Farias, Bergamaschi & Martins (1994).

A frequência de irrigação adotada foi diária e o volume real aplicado nas irrigações foi registrado por hidrômetros, com o qual se aferiu as seguintes lâminas de irrigação: para ETL 164 mm, 164 mm, 183 mm, 164 mm e os volumes para AT de 205 mm, 192 mm, 213 mm, 181 mm, nessa ordem, para os adubos verdes *C. juncea*, *C. spectabilis*, *C. cajan* e *C. ensiformes*. As parcelas sem adubo verde (testemunha) foram irrigadas com a mesma lâmina utilizada para crotalária juncea.

Os valores máximos e mínimos de umidade e temperatura do ar foram monitorados diariamente pela leitura do termo-higrômetro digital localizado na área central da estufa. A umidade relativa máxima foi de 90% e a umidade relativa mínima foi de 15%, enquanto que a temperatura máxima foi de 47,1°C e a mínima de 6°C. Os valores observados foram adequados para o desenvolvimento dos adubos verdes.

A caracterização físico-química do efluente tratado foi realizada semanalmente, sendo as coletas das amostras realizadas conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras de água CETESB/ANA (2011) e analisadas segundo APHA/AWWA/WEF (2012). 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 (ZEA/FZEA/USP), para determinação imediata de pH e CE, por

eletrodos. As médias das características das fontes de água utilizadas para irrigação estão apresentadas na (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-química das fontes de água utilizadas para a irrigação dos adubos verdes

Parâmetro	Efluente Tratado de Laticínio	Água de Torneira
N-NTK (mg L ⁻¹)	70,92 ± 35,80	19,46 ± 2,47
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	36,81 ± 27,82	0,00 ± 0,00
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,07 ± 0,08	0,02 ± 0,05
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,58 ± 0,28	0,00 ± 0,00
P Total (mg L ⁻¹)	5,63 ± 1,61	0,21 ± 0,17
P Solúvel (mg L ⁻¹)	1,78 ± 0,94	0,05 ± 0,03
K ⁺ (mg L ⁻¹)	74,80 ± 50,84	0,23 ± 0,05
Ca ⁺² (mg L ⁻¹)	40,89 ± 35,81	6,85 ± 1,06
Mg ⁺² (mg L ⁻¹)	69,47 ± 43,49	1,83 ± 0,27
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	197,20 ± 101,01	1,78 ± 0,65
Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	160,52 ± 67,9	2,39 ± 1,98
Fe ⁺⁺ (mg L ⁻¹)	0,03 ± 0,01	0,15 ± 0,00
Mn ⁺⁺ (mg L ⁻¹)	0,04 ± 0,04	0,01 ± 0,01
CE (dS m ⁻¹)	2,74 ± 0,76	0,04 ± 0,02
pH	7,77 ± 0,41	6,92 ± 0,18
RAS (mmol L ⁻¹)	4,35 ± 1,68	0,16 ± 0,05

A análise estatística dos resultados foi realizada de acordo com o delineamento de blocos casualizados, sendo realizadas análises de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ou F a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6 (Ferreira, 2011). Os dados referentes à nodulação foram transformados em \sqrt{X} para atendimento das pressuposições do modelo matemático.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa fresca da parte aérea (MFPA) do feijão-de-porco não apresentou diferença de produtividade em relação às fontes de água, ou seja, o feijão-de-porco mostrou-se apto a ser irrigado com efluente tratado de laticínio (ETL). Os demais adubos verdes tiveram uma produção menor de MFPA quando irrigados com ETL em relação à AT (Tabela 2).

Tabela 2. Massa fresca e massa seca da parte aérea dos adubos verdes irrigados com água de torneira e efluente tratado de laticínio

Tratamentos	Água de Torneira		Efluente Tratado de Laticínio		Média
	Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA) ----- t ha ⁻¹ -----				
Feijão-de-porco	19,3	Aa	18,5	Aa	18,8
Crotalária-spectabilis	19,9	Aa	11,1	Bb	15,5
Crotalária-júncea	12,0	Ba	8,4	Cb	10,2
Guandu-anão	8,1	Ca	4,9	Db	6,5
Média	14,8		10,7		
C.V. (%) = 9,87					
Tratamentos	Água de Torneira		Efluente Tratado de Laticínio		Média
	Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) ----- t ha ⁻¹ -----				
Feijão-de-porco	5,1		4,6		4,9 A
Crotalária-júncea	3,2		2,3		2,8 B
Crotalária-spectabilis	3,7		2,1		2,9 B
Guandu-anão	2,5		1,5		2,0 C
Média	3,6	a	2,6	b	
C.V. (%) = 13,8					

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste F e Tukey ($p < 0,5$), respectivamente

Analisando os adubos verdes dentro de cada fonte de água, o feijão-de-porco apresentou maior produtividade de MFPA quando irrigado com o ETL em relação às demais plantas, seguido da crotalária-spectabilis, crotalária-júncea e guandu-anão. Em relação à AT, o feijão-de-porco e a crotalária-spectabilis apresentaram a maior produção de MFPA, diferindo da crotalária-júncea e do guandu-anão, que obtiveram a menor produtividade.

De modo geral a produtividade de MFPA obtida pelo feijão-de-porco neste experimento independente da fonte de água recebida, supera os limites citados por Cavalcante et al. (2012) e Teixeira et al. (2005) que obtiveram em seus estudos realizados a campo, respectivamente, uma produção de 16,2 t ha⁻¹ e 13 t ha⁻¹ sendo a colheita realizada após 92 e 119 dias de cultivo.

Os resultados para crotalária-spectabilis (39,10 t ha⁻¹) e guandu-anão (25,25 t ha⁻¹) foram inferiores aos encontrados por Pereira et al. (2012). Para crotalária-júncea os valores estiveram abaixo dos citados por Cavalcante et al. (2012), sendo que a produtividade inferior de massa fresca destas espécies, pode ser explicada possivelmente pela maior sensibilidade ao receberem o efluente anaeróbio tratado de laticínios, o que em conjunto com ataque do fungo oídio (*Oidium* sp.) causou desfolha severa na crotalária-júncea.

Os resultados relativos à produtividade de massa seca da parte aérea (MSPA) demonstraram que todos os adubos verdes tiveram uma maior produtividade quando irrigados com AT, destacando-se o feijão-de-porco com a maior produtividade ($5,1 \text{ t ha}^{-1}$), e o guandu-anão com os menores valores ($2,5 \text{ t ha}^{-1}$), sendo que a crotalária-spectabilis e a crotalária-júncea não diferiram entre si. As médias obtidas neste estudo para feijão-de-porco e guandu-anão são inferiores às encontradas por Almeida (2010) que obteve valores de $14,1 \text{ t ha}^{-1}$ e $8,1 \text{ t ha}^{-1}$ pelas respectivas espécies. As médias para crotalária-spectabilis e crotalária-júncea apresentam-se menores quando comparadas aos resultados obtidos por Soares et al. (2015), que encontraram $4,2 \text{ t ha}^{-1}$ e $10,49 \text{ t ha}^{-1}$. Convém salientar que as referências utilizadas referem-se a cultivo em campo.

Em um estudo semelhante a este, Rossi et al. (2014) encontraram melhores resultados para MSPA em plantas de milho quando foram irrigadas com efluente tratado de laticínio tratado por sistema anaeróbio, com valores em média de $3,8 \text{ t ha}^{-1}$.

Os resultados obtidos para condutividade elétrica (CE) e pH do extrato aquoso do solo demonstraram que a CE, não diferiu entre os adubos verdes, mas nas médias entre as fontes de água, sendo os valores encontrados maiores no tratamento com efluente ($1,557 \text{ dS m}^{-1}$) em relação à água de torneira ($0,352 \text{ dS m}^{-1}$) (Tabela 3).

Rossi et al. (2014) também observaram estes resultados em seus estudos, em que a CE para efluente tratado de laticínio foi superior à água. A concentração total de sais na água de irrigação, sem especificá-los, é avaliada em relação à CE, portanto isso explica os maiores valores em relação ao extrato aquoso de saturação do solo quando submetido à irrigação com efluente. Os valores da CE da água residuária para ETL e AT neste trabalho foram $2,74 \text{ dS m}^{-1}$ e $0,04 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. De acordo com Almeida (2010) estes valores não apresentam restrições para a utilização na irrigação.

Tabela 3. Condutividade Elétrica e pH do extrato aquoso da pasta de saturação do solo irrigado com efluente anaeróbio tratado de laticínios e água de torneira após o cultivo dos adubos verdes

Tratamentos	Efluente tratado de Laticínio		Água de Torneira		Média
	----- Condutividade Elétrica (dS m ⁻¹) -----				
Feijão-de-porco	1,71		0,28		0,94
Crotalaria-spectabilis	1,54		0,33		0,94
Crotalaria-júncea	1,63		0,35		0,99
Guandu-anão	1,53		0,38		0,96
Testemunha	1,37		0,43		0,90
Média	1,56	a	0,35	b	
C.V. (%) = 20,89					
			pH		
Feijão-de-porco	3,47	Aa	3,67	Aa	3,57
Crotalaria-spectabilis	3,56	Aa	3,79	Aa	3,69
Crotalaria juncea	3,54	Aa	3,67	Aa	3,61
Guandu-anão	3,74	Aa	3,50	Ab	3,62
Testemunha	3,49	Aa	3,62	Aa	3,56
Média	3,57		3,65		
C.V. (%) = 4,21					

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste F e Tukey (p<0,5), respectivamente

Em relação ao pH do extrato aquoso de saturação do solo, houve interação entre os adubos verdes e as fontes de água, o solo cultivado com adubos verdes e a testemunha foram semelhantes não apresentando diferenças, porém, o solo em que foi cultivado guandu-anão, após ser irrigado com ETL, teve valores de pH superiores em relação à AT.

Conforme resultados obtidos de análise do solo coletadas após o cultivo dos adubos verdes irrigados com água de torneira (AT) ou efluente tratado de laticínio (ETL), verificou-se que não houve diferenças entre os adubos verdes, apenas entre as fontes de água (Tabela 4).

Quando os adubos verdes foram irrigados com ETL, observou-se que, com exceção da acidez trocável, todos os atributos químicos do solo tiveram valores superiores, sendo que para enxofre, potássio e matéria orgânica não houve diferenças estatísticas.

Tabela 4. Resultados da análise química do solo após o cultivo dos adubos verdes irrigados com água de torneira ou efluente tratado de laticínio

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	P -----mg dm ⁻³ -----	S -----	K -----mmolc dm ⁻³ -----	Ca -----	Mg -----	Na -----
Água de Torneira	6,50 b	27,45 b	8,80 a	2,49 a	54,20 b	13,60 b	0,28 b
Efluente Tratado Laticínio	6,55 a	30,60 a	8,95 a	2,60 a	57,25 a	18,10 a	4,20 a
C.V. (%)	1,44	17,74	38,63	12,57	5,90	13,97	26,49
Continuação							
Tratamentos	H + Al	MO ----mmolc dm ⁻³ ----	SB -----	CTC	V (%)	PST (%)	
Água de Torneira	14,51 a	17,19 a	70,57 b	85,10 b	82,86 b	0,33 b	
Efluente Tratado Laticínio	13,92 b	17,88 a	82,15 a	96,05 a	85,47 a	4,39 a	
C.V. (%)	3,55	9,06	6,49	5,34	1,34	28,64	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F (p<0,05)

Os maiores teores dos macronutrientes (fósforo - P, potássio - K, cálcio - Ca, magnésio - Mg) e sódio - Na, pode ser explicado devido às características do EAN, o qual em sua caracterização físico-química apresentou P total = $5,63 \pm 1,61 \text{ mg L}^{-1}$, $K^+ = 74,80 \pm 50,84 \text{ mg L}^{-1}$, $Ca^{+2} = 40,89 \pm 35,81 \text{ mg L}^{-1}$, $Mg^{+2} = 69,47 \pm 43,49 \text{ mg L}^{-1}$ e $Na^+ = 197 \pm 101,1 \text{ mg L}^{-1}$, apresentando, deste modo, efeito residual no solo. Conseqüentemente a soma de bases (SB), a saturação por bases (V%) e a capacidade de troca catiônica (CTC) destes solos apresentaram um aumento significativo em relação ao solo irrigado com AT, principalmente em relação ao Na de $0,28 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no solo irrigado com AT para $4,20 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em solo irrigado com ETL.

Donatti et al. (2017) ao utilizar diferentes fontes de água no cultivo de adubos verdes encontraram aumento na SB, na V% e na CTC quando o solo recebeu efluente tratado de laticínio por sistema anaeróbio. Rossi et al. (2014) também encontraram resultados semelhantes a estes quando a fonte de água utilizada foi efluente de laticínio, sendo que o solo teve um aumento dos macronutrientes, SB, V% e CTC, e os valores de sódio estiveram em média $4,33 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e a PST apresentou valor médio de 6,98%.

Em relação à porcentagem de sódio trocável (PST), os valores estiveram entre 4,39% para ETL e 0,33% para AT. De acordo com a CETESB/ANA (2006) pode ser estabelecida a irrigação com águas residuárias até uma PST de 6,0%.

Em referência ao número total de nódulos (NTN) e massa fresca nodular (MFN) encontrou-se uma diferença entre os adubos verdes, não apresentando interação com a fonte de água (Tabela 5).

Tabela 5. Número total de nódulos e massa fresca nodular dos adubos verdes cultivados com água de torneira e efluente tratado de laticínio

Tratamentos	Número Total de Nódulos	Massa Fresca Nodular (g)
Crotalária-júncea	700,75 a	3,41 ab
Crotalária-spectabilis	277,12 b	2,10 b
Guandu-anão	77,25 c	2,17 b
Feijão-de-porco	15,50 c	6,62 a
C.V.(%)	27,18	40,74

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Observa-se que para NTN a crotalária-júncea apresentou a maior média, seguida da crotalária-spectabilis. O feijão-de-porco obteve o menor NTN, não diferenciando do guandu-anão. Quanto a MFN o maior valor foi expresso pelo feijão-de-porco, que não se diferenciou da crotalária-júncea, a qual permaneceu semelhante à crotalária-spectabilis e ao guandu-anão (Tabela 5). Ao estudarem a nodulação em feijoeiro, Matoso & Kusdra (2014) verificaram que nem sempre o aumento do número de nódulos resulta em incrementos de massa da planta e de nitrogênio acumulado na parte aérea. Esta observação reforça os resultados encontrados neste estudo, em que as espécies crotalária-spectabilis e crotalária-júncea apesar de terem apresentado os maiores NTN, não refletiram no aumento da MFPA e MSPA e da fitoacumulação de nitrogênio pela fitomassa. Há indicativos de que a variável que se correlaciona com a elevação dos níveis de nitrogênio e, conseqüentemente, com o crescimento da planta e produtividade da cultura é a massa nodular (VARGAS et al., 1994). Neste sentido foi observado que o feijão-de-porco apresentou o menor NTN, porém teve a maior MFN em relação aos outros adubos verdes, também notou-se a maior MFPA e MSPA para esta espécie, assim como aumentos nos níveis de nitrogênio fitoacumulados pela fitomassa desta planta.

Os teores de nitrogênio (N) e enxofre (S) não mostraram interação entre as fontes de água e adubos verdes, e quando irrigados com AT houve uma maior fitoextração destes macronutrientes (Tabela 6).

Tabela 6. Fitoextração de macronutrientes pela fitomassa de adubos verdes irrigados com água de torneira e efluente tratado de laticínio

Tratamentos	Efluente Tratado de Laticínio		Média
	Água de torneira		
----- N (Kg ha ⁻¹) -----			
Feijão-de-porco	134,1	112,8	123,5 A
Crotalária-spectabilis	88,9	79,0	84,0 B
Crotalária-júncea	82,2	60,1	71,2 B
Guandu-anão	48,3	38,5	43,4 C
Média	88,4 a	72,6 b	
C.V.(%)	21,62		
----- P (Kg ha ⁻¹) -----			
Feijão-de-porco	2,8	3,8	3,3 A
Crotalária-spectabilis	2,2	2,6	2,4 B
Crotalária-júncea	2,0	1,8	1,9 B
Guandu-anão	1,5	1,6	1,6 B
Média	2,2 a	2,5 a	
C.V.(%)	26,36		
----- K (Kg ha ⁻¹) -----			
Feijão-de-porco	63,5	68,1	65,8 A
Crotalária-spectabilis	70,4	53,8	62,1 A
Crotalária-júncea	42,1	40,3	41,2 B
Guandu-anão	28,4	23,6	26,0 C
Média	51,1 a	46,4 a	
C.V.(%)	17,34		
----- Ca (Kg ha ⁻¹) -----			
Feijão-de-porco	86,6 Aa	73,3 Ab	80,0
Crotalária-spectabilis	60,9 Ba	33,7 Bb	47,3
Crotalária-júncea	15,0 Ca	9,1 Ca	12,0
Guandu-anão	13,4 Ca	8,6 Ca	11,0
Média	44,0	31,2	
C.V.(%)	14,89		
----- Mg (Kg ha ⁻¹) -----			
Feijão-de-porco	5,0 Ba	6,7 Aa	5,8
Crotalária-spectabilis	14,0 Aa	8,6 Ab	11,3
Crotalária-júncea	4,1 BCb	6,5 Aa	5,3
Guandu-anão	1,7 Ca	1,6 Ba	1,6
Média	6,2	5,9	
C.V.(%)	23,54		

Continua...

Continuação...

Tratamentos	Efluente Tratado de		Média
	Água de torneira	Laticínio	
----- S (Kg ha ⁻¹) -----			
Feijão-de-porco	9,9	8,9	9,4 A
Crotalária-spectabilis	7,1	4,4	5,7 B
Crotalária-júncea	6,0	4,9	5,5 B
Guandu-anão	4,7	2,8	3,7 C
Média	6,9 a	5,3 b	
C.V.(%)	13,67		
----- Na (Kg ha ⁻¹) -----			
Feijão-de-porco	5,1 Aa	4,7 Aa	4,8
Crotalária-spectabilis	3,7 Ba	4,2 Aa	3,9
Crotalária-júncea	3,2 Bb	4,6 Aa	3,9
Guandu-anão	2,5 Ba	1,5 Bb	2,0
Média	3,6		
C.V.(%)	17,02		

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

O feijão-de-porco apresentou as maiores médias de N (123,5 Kg ha⁻¹) seguido da crotalária-spectabilis (84 Kg ha⁻¹) e crotalária-júncea (71,2 Kg ha⁻¹) que não apresentaram diferenças e o guandu-anão que obteve as menores médias (43,4 Kg ha⁻¹). O mesmo foi observado para o S. O elevado acúmulo de N em relação aos outros adubos verdes pelo feijão-de-porco relaciona-se à maior produtividade de fitomassa obtida por essa espécie. Cavalcante et al. (2012) obtiveram os valores de fitoextração de N para crotalária-spectabilis de 79,5 kg ha⁻¹, para crotalária-júncea de 65 kg ha⁻¹, para feijão-de-porco de 71 kg ha⁻¹ e para guandu-anão de 107,2 kg ha⁻¹.

Para fósforo (P) e potássio (K) observaram-se diferenças entre os adubos verdes independentemente da fonte de água. O feijão-de-porco diferiu para extração de P, o qual apresentou a maior fitoextração deste macronutriente 3,3 Kg ha⁻¹. Os níveis de K extraídos pelo feijão-de-porco foram de 65,8 Kg ha⁻¹, não diferindo dos obtidos para a crotalária-spectabilis 62,1 Kg ha⁻¹, seguido da crotalária-júncea 41,2 Kg ha⁻¹ e do guandu-anão 26,0 Kg ha⁻¹, que apresentou o menor valor. As concentrações de P e K obtidas por Brito et al. (2017) foram superiores às observadas para o feijão-de-porco 9,3 Kg ha⁻¹ P e 81,6 Kg ha⁻¹ K, crotalária-spectabilis 8,7 Kg ha⁻¹ P e 69,3 Kg ha⁻¹ K e guandu-anão 8,1 Kg ha⁻¹ P e 68,3 Kg ha⁻¹ K. Para crotalária-júncea os valores

encontrados por Cavalcante et al. (2012) foram superiores para P ($3,0 \text{ Kg ha}^{-1}$) e inferiores para K ($17,2 \text{ Kg ha}^{-1}$).

Quando analisado cálcio (Ca) e magnésio (Mg) notou-se uma interação entre fontes de água e adubos verdes. A fitoextração foi reduzida para todos os adubos verdes quando estes foram irrigados com ETL. Os níveis de Mg apresentaram diferenças apenas para guandu-anão quando a fonte de água foi ETL, sendo os valores $8,6 \text{ Kg ha}^{-1}$ para crotalária-spectabilis, $6,7 \text{ Kg ha}^{-1}$ feijão-de-porco, $6,5 \text{ Kg ha}^{-1}$ crotalária juncea e $1,6 \text{ Kg ha}^{-1}$ para guandu-anão.

Em AT, a maior média foi encontrada pela crotalária-spectabilis ($14,0 \text{ Kg ha}^{-1}$), seguida pelo feijão-de-porco ($5,0 \text{ Kg m}^{-1}$) que não apresentou diferença em relação à crotalária-spectabilis ($4,1 \text{ Kg ha}^{-1}$), foi superior ao guandu-anão ($1,7 \text{ Kg ha}^{-1}$).

Garcia et al. (2007) observaram que a irrigação com água salina no solo reduziu a absorção do K, Ca e Mg pelas plantas de milho. Santos et al. (2017) ao estudarem o aumento da salinidade da solução nutritiva preparada com água salobra encontraram que o aumento nas concentrações de sódio e cloro reduziram as concentrações de potássio e nitrogênio no tecido foliar do tomate cereja.

Para o sódio (Na), a maior fitoextração aconteceu quando os adubos verdes receberam ETL, exceto para o guandu-anão. A fonte de água não influenciou a fitoextração do feijão-de-porco e do guandu-anão. Observou-se que apenas o guandu-anão apresentou diferenças em relação aos outros tratamentos, com a menor média quando irrigados com ETL, os valores foram de $4,7 \text{ kg ha}^{-1}$, $4,6 \text{ kg ha}^{-1}$, $4,2 \text{ kg ha}^{-1}$ e $1,7 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente para o feijão-de-porco, crotalária-júncea, crotalária-spectabilis e guandu-anão. Em relação à AT o feijão-de-porco apresentou a maior média ($5,1 \text{ Kg ha}^{-1}$) seguido da crotalária-spectabilis ($3,7 \text{ Kg ha}^{-1}$), crotalária-júncea ($3,2 \text{ Kg ha}^{-1}$) e do guandu-anão ($2,5 \text{ Kg ha}^{-1}$). Na caracterização das fontes de água em relação ao sódio, determinaram-se os seguintes valores: $\text{Na} = 197 \pm 101,1 \text{ mg L}^{-1}$ para ETL e $1,78 \pm 0,65 \text{ mg L}^{-1}$ para AT. Com isso, houve um aporte significativo ao solo irrigado com ETL. A fitoextração de sódio pelos adubos verdes pode ser considerada baixa quando comparada aos resultados de Rossi et al. (2014),

que apresentaram valores de extração de Na para milho de 14,69 Kg ha⁻¹ quando a fonte de água foi ETL, portanto o acúmulo de Na e a PST maior em solo irrigado com efluente pode ser explicado pelo fato dos adubos verdes não terem fitoextraído o Na em grande quantidade. Donatti et al. (2017) ao estudarem o comportamento de três espécies de adubos verdes (milho, calopogônio e guandu-anão) identificaram uma maior fitoextração de sódio quando as plantas foram irrigadas com efluentes, sendo que os valores extraídos foram: 22,4 Kg ha⁻¹ para milho, 11,4 Kg ha⁻¹ para guandu-anão e 12,5 Kg ha⁻¹ para calopogônio.

Larcher (2000) afirmou que o aumento da concentração de sódio no meio radicular pode inibir a absorção de nutrientes, especialmente K e Ca e, conseqüentemente, a redução do crescimento foliar nas plantas e diminuição da produção de massa seca. Segundo Fageria (2001) a interação entre nutrientes em cultivo de plantas ocorre quando o suprimento de um nutriente afeta a absorção de outro, sendo essa interação mais comum quando a concentração de um íon específico está em excesso no meio de cultivo.

CONCLUSÃO

1. O feijão-de-porco apresentou produção de fitomassa fresca semelhante ao ser irrigado com efluente tratado de laticínio e água de torneira;
2. O aporte de efluente não influenciou a nodulação dos adubos verdes, mas contribuiu para a fertilidade química do solo, aumentando os macronutrientes, Soma de bases, V% e Capacidade de troca de cátions;
3. A fitorremediação através da fitoextração de sódio foi considerada baixa neste estudo. Houve aumento da porcentagem de sódio trocável e condutividade elétrica no solo com aporte de efluente tratado de laticínio.

Referências

ACCIOLY, A.M.A.; SIQUEIRA, J.O. Contaminação química e biorremediação do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.1, p.299-352, 2000.

ALCÂNTARA, F.A.; NETO, A.E.F.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.277-288, 2000.

ALMEIDA, O.A. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 228p.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Tradução de H. R. Gheyi, J. F. de Medeiros, F. A. V. Damasceno, v. 29 revisado 1 (FAO). Tradução de Water quality for agriculture. Campina Grande: UFPB, 1999, 218p.

BRITO, M.F de.; TSUJIGUSHI, B.P.; ROCHA, D.P.; SILVA, R.F. Reciclagem de nutrientes de adubos verdes e produtividade de milho cultivado em sucessão em agroecossistema de transição agroecológica. **Acta Iguazu**, v.6, p.11-21, 2017.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes. In: Lima Filho, O. F. et al. Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil. Brasília: Embrapa, 2014. Cap.1, p.19-37.

CAVALCANTE, V.S.; SANTOS, V.R.; NETO, A.L.S.; SANTOS, M.A.L.; SANTOS, C.G.; COSTA, L.C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.521-528, 2012.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Orientação para apresentação de projeto visando à aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. São Paulo: CETESB, 2006. 11p.

DONATTI, R.N.; GOMES, T.M.; MENEGASSI, L.C.; TOMMASO, G.; ROSSI, F. Sodium phytoremediation by green manure growing in soil irrigated with wastewater of dairy industry. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.37, p.665-675, 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.2, p.17-22, 1994.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, p.1269-1290, 2001.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Land resources, management, planning and use. 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

FONSECA, A.F.; HERPIN, U.; PAULA, A.M. DE; VICTÓRIA, R.; MELFI, A.J. Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia Agricola**, v.64, p.194-209, 2007.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.

GARCIA, G.O.; FERREIRA, P.A.; MIRANDA, G.V.; NEVES, J.C.L.; MORAES, W.B.; SANTOS, D.B. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **Idesia**, v.25, p.93-106, 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE - Estatística da Produção Pecuária. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 15 nov 2017.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. 2.ed. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

LEAL, I.G.; ACCIOLY, A.M.A.; NASCIMENTO, C.W.A.; FREIRE, G.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; FERREIRA, F.L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1065-1072, 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **Potafos**, 319p. 1997.

MATOSO, S.C.G.; KUSDRA, J.F. Nodulação e crescimento do feijoeiro em resposta à aplicação de molibdênio e inoculante rizobiano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.567-573, 2014.

MENDONÇA, H.V.; RIBEIRO, C.B.M.; BORGES, A.C.; BASTOS, R.R. Sistemas alagados construídos em batelada: remoção da demanda bioquímica de oxigênio e regulação do pH no tratamento de efluentes de laticínios. **Revista Ambiente Água**, v.2, p.442-453, 2015.

PADOVAN, M.P.; MOTTA, I.de SÁ.; CARNEIRO, L.F.; MOITINHO, M.R.; SALOMÃO, G.de BRITO. Dinâmica de acúmulo de massa e nutrientes pelo milheto para fins de adubação verde em sistemas de produção sob bases ecológicas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, p.95-103, 2012.

PEREIRA, G.A.M.; SILVA, D.V.; BRAGA, R.R.; CARVALHO, F.P. de; FERREIRA, E.A.; SANTOS, J.B. Fitomassa de adubos verdes e cobertura do solo na região do Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Revista Agro@ambiente On-line**, v.6, p.110-116, 2012.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

ROSSI, F.; GOMES, T.M.; TOL, J.C.H.B.; FERRAZ, M.R.; LUZ, P.H. de C.; AMBROSANO, E.J. Fitoextração de sódio pelo cultivo do milho em sucessão a produção da beterraba irrigada com águas residuárias de origem agroindustrial. **Cadernos de Agroecologia**, v.4, p.1-11, 2014.

SANTOS, A.N. dos; SILVA, E.F. de F.; SILVA, G.F. da; BEZERRA, R.R.; PEDROSA, E.M.R. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra. **Revista Ciência Agrônoma**, v.48, p.576-585, 2017.

SOARES, C.M.J.; RAMBO, J.R.; CAVALLARI, L.A.; OLIVEIRA, M.S.; SOARES, D.M.J. Produção de adubos verdes no cerrado e seus efeitos sobre as plantas daninhas. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.13, p.57-64, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TEIXEIRA, C.M.; CARVALHO, G.J.; ANDRADE, M.J.B.; FURTINI NETO, A.E.; MARQUES, E.L.S. Palhadas e doses de nitrogênio no plantio direto do feijão. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.27, p.499-505, 2005.

VARGAS, M.A.T.; SUHET, A.R.; MENDES, I.C.; PERES, J.R.R. Fixação biológica de nitrogênio em solos de Cerrados. 1.ed. Brasília: EMBRAPA, CPAC/SPI, 1994. 83p.

Capítulo 3

CONSÓRCIO DA ALFACE E BETERRABA EM SUCESSÃO AOS ADUBOS VERDES IRRIGADOS COM EFLUENTE TRATADO DE LATICÍNIO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção do consórcio de alface (*Lactuca sativa* L.) com a beterraba (*Beta vulgaris* L.) em sucessão ao cultivo de adubos verdes, irrigados com efluente tratado de laticínio e sua influência nas características químicas do solo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial (2 x 5) com duas fontes de água (água de torneira - AT e efluente tratado de laticínio - ETL) e quatro adubos verdes *Crotalaria juncea* – crotalária-júncea; *Crotalaria spectabilis* – crotalária-spectabilis; *Cajanus cajan* – guandu-anão; *Canavalia ensiformes* – feijão-de-porco e testemunha (sem adubo verde), com quatro repetições. Aos 45 dias após o transplântio (DAT) foram analisadas as plantas de alface e 73 DAT as beterrabas. A alface foi mais produtiva em cultivo em sucessão ao guandu-anão, independentemente da fonte de água, com produtividade de 1,14 kg 0,5m⁻² para AT e 1,38m⁻² para ETL. O aporte de efluente influenciou positivamente a produção das raízes de beterraba quando em sucessão do feijão-de-porco, crotalária-júncea e guandu-anão, com valores de 1,88 Kg 0,5m⁻², 1,75 Kg 0,5m⁻², e 1,75 Kg 0,5⁻², respectivamente. A irrigação com efluente tratado de laticínio contribuiu para a fertilidade química do solo, aumentando os macronutrientes, soma de bases, V% e capacidade de troca de cátions. O cultivo em consórcio de alface e beterraba em sucessão aos adubos verdes reduziu os níveis de Na e conseqüentemente a PST do solo irrigado com efluente tratado de laticínio de 4,33% para 1,97%.

Palavras-chave: adubação verde, águas residuárias, *Beta vulgaris* L., *Lactuca sativa* L.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the production of the lettuce (*Lactuca sativa* L.) consortium with beet (*Beta vulgaris* L.) in succession to the cultivation of vegetables, irrigated with treated effluent of latication and its influence on the chemical characteristics of the soil. The experimental design was used for the randomized blocks, in a factorial scheme (2 x 5) with two water sources (ATL) and four green manures *Crotalaria juncea* - crotalaria-júncea; *Crotalaria spectabilis* - Crotalaria-spectabilis; *Cajanus cajan* - pigeon pea; *Canavalia ensiformes* - bean and pig (without green manure), with four replicates. At 45 days after transplanting (DAT) were analyzed as surface plants and 73 DAT as beets. A lettuce was more productive in cultivation in succession to pigeon pea, regardless of water source, with productivity of 1.14 kg 0.5m⁻² for AT and 1.38m⁻² for ETL. The effluent contribution positively influenced beet roots production when, in succession, the bean, crotalaria-júncea and guandu-dwarf, with values of 1.88 kg 0.5m⁻², 1.75 kg 0.5m⁻², and 1.75 kg 0.5m⁻², respectively. Irrigation with treated effluent from laticement contributed to the chemical fertility of the soil, increasing the macronutrients, sum of bases, V% and cation exchange capacity. The cultivation of lettuce and beet in succession to green manures reduced Na levels and consequently a soil PST irrigated with treated dairy effluent from 4.33% to 1.97%.

Keywords: *Beta vulgaris* L., green manures, *Lactuca sativa* L., reuse water

INTRODUÇÃO

A irrigação de áreas agrícolas com águas residuárias é uma alternativa de substituição à água de boa qualidade, porém, existem efeitos negativos da utilização destas águas, principalmente pela concentração de sais no solo que podem causar salinização e/ou sodificação (AYERS & WESTCOT, 1999).

Toda cultura possui um nível de tolerância à salinidade limite a partir do qual passa a sofrer estresse salino e conseqüentemente a perder produção proporcionalmente ao aumento da salinidade (TAIZ & ZEIGER, 2006).

As hortaliças, de maneira geral, apresentam restrições quanto à presença de sais na solução do solo e déficit hídrico em determinadas fases de desenvolvimento, ocasionando redução de produtividade maior quando comparado a outros grupos de culturas (MAROUELLI, 2008).

A produção de hortaliças é uma atividade agrícola vantajosa quando praticada em condições ambientais e em mercados adequados para sua comercialização. Desta forma, é imprescindível a busca de novas alternativas de cultivo e tecnologias que contribuam para o aumento da produtividade (ARAÚJO et al., 2009).

A cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) possui grande importância na alimentação humana, tanto baixo custo, quanto pelo sabor e qualidade nutritiva, como fonte de vitaminas, sais minerais e fibras (MAGALHÃES et al., 2010). No Brasil, em 2016, a área plantada foi de 91.172 hectares, com uma produção estimada de 1,7 milhões de toneladas (ABCSEM, 2017).

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma hortaliça de grande importância comercial no Brasil e no mundo. No Brasil, em 2016, a área plantada foi de 10.938 hectares, alcançando uma produção média equivalente a 218,76 mil toneladas (ABCSEM, 2017).

Segundo Ayers & Westcot (1999) a alface é considerada moderadamente sensível à presença de sais e a beterraba de mesa moderadamente tolerante.

Deste modo, o consórcio entre a alface e beterraba pode ser utilizado como uma forma de avaliar indiretamente o potencial de uso de um solo

salinizado e/ou sodificado e/ou fitorremediado, assim como o potencial de produção destas hortaliças ao receber águas residuárias, estudando-se o desenvolvimento e produtividade das hortaliças.

Diante da necessidade de produção agrícola e dos altos investimentos exigidos pelo processo convencional de recuperação de solos afetados por sais, a fitorremediação surge como uma alternativa de baixo custo para recuperação de solos salinos, podendo propiciar a reutilização de tais solos (LEAL et al., 2008).

A integração entre as atividades agrícolas da propriedade rural é um meio de otimização dos recursos para produção de alimentos com menores custos energéticos (ROSSI et al., 2014). Uma maneira de integrar atividades em áreas agrícolas é o cultivo em consórcio de hortaliças em sucessão à plantas de cobertura. O consórcio de culturas é prática tradicional de produção de alimentos e biomassa vegetal e entre as vantagens proporcionadas pela sua adoção destaca-se o aproveitamento mais eficaz dos recursos naturais, tais como água e nutrientes minerais (HUMPHRIES et al., 2004).

A inserção de adubação verde em sistemas produtivos de hortaliças vem ganhando visibilidade por meio de diversas pesquisas, que têm demonstrado sua eficácia produtiva e econômica. A utilização dos adubos verdes mucuna-preta, *crotalaria-spectabilis*, feijão-de-porco, guandu-anão elevaram o número de folhas comerciais e área foliar da alface (BENTO et al., 2015). Pauletti et al. (2009) salientam a capacidade de absorver nutrientes das plantas de cobertura, solteiras ou consorciadas, em camadas profundas do solo e acumulá-los na parte aérea, alterando o teor de nutrientes nas camadas mais superficiais ao longo do ciclo das culturas sucessoras. De acordo com Fontanetti et al. (2006) o uso de adubos verdes em complemento ao composto orgânico, possibilita a produção satisfatória de repolho e alface americana, demonstrando a viabilidade da prática na produção de hortaliças em sistema orgânico. Oliveira et al. (2008) ressaltam que a *Crotalaria juncea* é precoce na liberação de nitrogênio com a decomposição/mineralização de sua biomassa, levando em média 38 dias para liberar metade do conteúdo desse elemento, influenciando positivamente a produtividade das culturas em rotação/sucessão.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção do consórcio de alface (*Lactuca sativa* L.) com a beterraba (*Beta vulgaris* L.) em sucessão ao cultivo de adubos verdes, irrigados com efluente tratado de laticínio, e sua influência nas características químicas do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa com 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 (ZEB/FZEA/USP), no município de Pirassununga-SP, com altitude de 627m, latitude de 21°59'S e longitude 47°25'W. O clima na região é do tipo Cwa (subtropical úmido) na classificação de Koppen, a temperatura média anual é de 20,8°C, com precipitação pluviométrica média anual de 1089 mm. A estufa recebe, por gravidade, os efluentes tratados da estação experimental de tratamento de efluentes (ETE) da seção de Laticínios da Prefeitura do Campus USP Fernando Costa (Pirassununga-SP).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial (2 x 5) com duas fontes de água (torneira e efluente anaeróbico) e quatro adubos verdes *Crotalaria juncea* – crotalária-júncea; *Crotalaria spectabilis* – crotalária-spectabilis; *Cajanus cajan* – guandu-anão; *Canavalia ensiformes* – feijão-de-porco e testemunha (sem adubo verde), com quatro repetições. Após cultivo dos adubos verdes, os mesmos foram manejados e deixados sobre o solo, sendo posteriormente transplantadas as mudas de alface e beterraba em cultivo consorciado. As características químicas do solo na profundidade de 0-30 cm após o cultivo dos adubos verdes irrigados com água de torneira ou efluente tratado de laticínio estão apresentadas na Tabela 1.

Nota-se um incremento nos nutrientes fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) quando o solo foi anteriormente irrigado com efluente tratado de laticínio (ETL) (Tabela 1). A diferença mais acentuada é em relação ao sódio (Na) e conseqüentemente na porcentagem de sódio trocável (PST), cujo solo irrigado com ETL apresentou 4,20 mmol_c dm⁻³ e 4,39%, respectivamente.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo após o cultivo dos adubos verdes irrigados com água de torneira (AT) ou efluente tratado de laticínio (ETL), na camada de 0-30 cm

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	P -----mg dm ⁻³ -----	S -----	K -----	Ca -----mmolc dm ⁻³ -----	Mg -----	Na -----
Água de Torneira	6,50 b	27,45 b	8,80 a	2,49 a	54,20 b	13,60 b	0,28 b
Efluente Tratado Laticínio	6,55 a	30,60 a	8,95 a	2,60 a	57,25 a	18,10 a	4,20 a
C.V. (%)	1,44	17,74	38,63	12,57	5,90	13,97	26,49
Continuação							
Tratamentos	H + Al -----mmolc dm ⁻³ -----	MO -----	SB -----	CTC -----	V (%)	PST (%)	
Água de Torneira	14,51 a	17,19 a	70,57 b	85,10 b	82,86 b	0,33 b	
Efluente Tratado Laticínio	13,92 b	17,88 a	82,15 a	96,05 a	85,47 a	4,39 a	
C.V. (%)	3,55	9,06	6,49	5,34	1,34	28,64	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

De acordo com a análise de solo foi recomendada a adubação de plantio conforme as necessidades das culturas: 20 t ha⁻¹ de composto orgânico (Anexo I), fósforo - 300 kg P₂O₅ ha⁻¹, na forma de termofosfato magnésiano (Yoorin master 1 Si[®]), que fornece além de fósforo, cálcio (18% Ca), magnésio (7% Mg), boro (0,10% B), cobre (0,05% Cu), manganês (0,30% Mn), silício (10% Si) e zinco (0,55% Zn). Foi adicionado também 150 Kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cinzas de caldeira. A cinza foi obtida da caldeira do próprio laticínio. Durante o período de cultivo do consórcio houve também a decomposição dos adubos verdes. Nas parcelas irrigadas com água de torneira (AT) houve uma adubação de cobertura com 15 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), na forma de nitrato de amônio.

Cada parcela foi constituída de uma caixa de 0,5 m³ e 1,0 m² de área superficial. As mudas da alface crespa 'Vanda' e beterraba 'Cabernet' foram transplantadas no dia 5 de maio de 2017. No consórcio, as parcelas foram compostas por 2 linhas de beterrabas com 9 plantas cada, em espaçamento (0,25 x 0,10m) e 2 linhas de alface com 4 plantas cada, em espaçamento (0,25 x 0,25m) (Figura 1). Foi considerada como parcela útil as quatro plantas centrais de alface e oito plantas de beterraba.

Figura 1. Parcela experimental do cultivo em consórcio



Fonte: Própria autoria

Os valores máximos e mínimos de umidade e temperatura do ar foram monitorados diariamente pela leitura do termo higrômetro digital localizado na área central da estufa. A umidade relativa máxima durante todo o período do consórcio foi de 81% e a umidade relativa mínima foi de 20%, enquanto que a temperatura máxima foi de 34,3°C e a mínima de 12,7°C. Os valores observados foram adequados para o desenvolvimento das culturas em consórcio.

O sistema de irrigação adotado foi gotejamento superficial, através do qual foram aplicadas as diferentes fontes de água (ETL e AT) para irrigação do cultivo consorciado. Os gotejadores são integrados e não compensantes. O sistema é composto por sistemas de bombeamento acionados automaticamente, hidrômetros e manômetros de glicerina para controle da vazão e pressão, além de filtro de disco, em função dos tratamentos aplicados.

O manejo da irrigação foi baseado na reposição da estimativa da evapotranspiração das culturas (ETc), calculado pela evaporação do tanque classe A reduzido, corrigido pelo coeficiente médio das culturas – Kc, como proposto por Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2008) nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura. O tanque reduzido tem diâmetro de 0,60 m e 0,25 m de altura, com fundo plano, construído em chapa galvanizada e instalado sobre um estrado de madeira de

0,15 m de altura. A medida da lâmina evaporada foi realizada através de um micrômetro de gancho, assentado sobre um poço tranquilizador de 0,26 m de altura e 0,10 m de diâmetro. O coeficiente de correção do tanque – Kp utilizado para a condição de reduzido, em ambiente protegido, é 1, conforme citado por Farias, Bergamaschi & Martins (1994).

A frequência de irrigação adotada foi diária e o volume real aplicado nas irrigações foi registrado por hidrômetros, no período de consórcio alface e beterraba, e após a colheita da alface até a colheita da beterraba estão apresentados na (Tabela 2).

Tabela 2. Lâminas de irrigação (mm) de água de torneira (AT) e efluente tratado de laticínio (ETL) aplicadas nos tratamentos no período de consórcio da alface e beterraba, e após a colheita da alface nas plantas de beterraba

Tratamentos	Alface e Beterraba		Beterraba	
	AT	ETL	AT	ETL
Crotalária-júncea	126 mm	93 mm	66 mm	42 mm
Crotalária-spectabilis	129 mm	80 mm	67 mm	33 mm
Guandu-anão	123 mm	99 mm	65 mm	43 mm
Feijão-de-porco	114 mm	99 mm	60 mm	45 mm
Testemunha	129 mm	80 mm	67 mm	33 mm

A caracterização físico-química do efluente tratado foi realizada semanalmente, sendo as coletas das amostras realizadas conforme o Guia Nacional de Coleta e Preservação de amostras de água CETESB/ANA (2011) e analisadas segundo APHA/AWWA/WEF (1999). 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 (ZEA/FZEA/USP), para determinação imediata de pH e CE, por eletrodos. As médias das características das fontes de água utilizadas para irrigação estão apresentadas na (Tabela 3).

Tabela 3. Caracterização físico-química das fontes de água utilizadas para a irrigação do cultivo em consórcio de alface e beterraba

Parâmetro	Efluente Tratado de Laticínio	Água de Torneira
N-NTK (mg L ⁻¹)	70,92 ± 35,80	19,46 ± 2,47
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	36,81 ± 27,82	0,00 ± 0,00
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,07 ± 0,08	0,02 ± 0,05
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,58 ± 0,28	0,00 ± 0,00
P Total (mg L ⁻¹)	5,63 ± 1,61	0,21 ± 0,17
P Solúvel (mg L ⁻¹)	1,78 ± 0,94	0,05 ± 0,03
K ⁺ (mg L ⁻¹)	74,80 ± 50,84	0,23 ± 0,05
Ca ⁺² (mg L ⁻¹)	40,89 ± 35,81	6,85 ± 1,06
Mg ⁺² (mg L ⁻¹)	69,47 ± 43,49	1,83 ± 0,27
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	197,20 ± 101,01	1,78 ± 0,65
Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	160,52 ± 67,9	2,39 ± 1,98
Fe ⁺⁺ (mg L ⁻¹)	0,03 ± 0,01	0,15 ± 0,00
Mn ⁺⁺ (mg L ⁻¹)	0,04 ± 0,04	0,01 ± 0,01
CE (dS m ⁻¹)	2,74 ± 0,76	0,04 ± 0,02
pH	7,77 ± 0,41	6,92 ± 0,18
RAS (mmol L ⁻¹)	4,35 ± 1,68	0,16 ± 0,05

As plantas da alface e beterraba foram cultivadas por 45 dias e 73 dias respectivamente após transplante (DAT). As quatro plantas de alface da área central da parcela e oito plantas de beterraba foram cortadas rente ao solo, sendo as mesmas separadas em folhas e raiz. Após a separação foram pesadas em balança analítica para obtenção da massa fresca da parte aérea e das raízes.

Determinou-se a altura das plantas com auxílio de uma régua graduada, com precisão de 1 mm, medida a partir da base da planta até a altura máxima das folhas. Para a determinação do número de folhas e área foliar, consideraram-se apenas as folhas com altura igual ou superior a 5,0 cm. Para medição da área foliar utilizou-se um medidor de área foliar, marca Li-Cor, modelo LI-3100C. O diâmetro das alfaces foi avaliado medindo-se à distância entre as margens opostas do disco foliar, expressando o diâmetro em cm, através de régua graduada. As raízes de beterraba tiveram o seu diâmetro medido com um paquímetro graduado em milímetros. Três raízes de beterraba de cada parcela foram trituradas, tiveram seu suco extraído e foram determinados os sólidos solúveis totais por refratômetro digital, marca Reichert (precisão ± 0,0002).

Após as medições, uma amostra da parte aérea e raiz foram acondicionadas em sacos de papel e submetidas a secagem em estufa a 65°C,

com ventilação forçada de ar, até que se alcançasse massa constante, posteriormente foram pesadas para obter a massa seca.

As amostras de solo foram coletadas em cada parcela na profundidade de 0-30 cm, homogeneizadas, e enviadas ao Laboratório de Ciências Agrárias/Solos do Departamento de Zootecnia (ZAZ/FZEA/USP), para análise pelo método de extração de resina Raji et al. (2001), com determinação também do sódio, para cálculo da porcentagem de sódio trocável do solo. Com a relação de sódio trocável e capacidade de troca de cátions (CTC) foi calculada a porcentagem de sódio trocável (PST). Conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (1997) o solo foi processado em pastas de saturação para obtenção de extrato aquoso do solo, a fim de determinar pH e a condutividade elétrica.

A análise estatística dos resultados foi realizada de acordo com o delineamento de blocos casualizados, sendo realizadas análises de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ou F a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise para massa fresca da parte aérea da alface (MFPA) e massa fresca das folhas (MFF) apresentou interação entre as fontes de água e os adubos verdes. As alfaces cultivadas em sucessão ao guandu-anão obtiveram as maiores médias independente da fonte de água recebida na irrigação (Tabela 4). As alfaces cultivadas após o guandu-anão, irrigados com água de torneira (AT) apresentaram as maiores médias (1,14 Kg 0,5 m⁻²), diferindo da testemunha. O mesmo comportamento foi observado em relação à ETL, as maiores médias foram para guandu-anão 1,38 Kg 0,5 m⁻² e a menor média para testemunha 0,39 Kg 0,5 m⁻². Purquerio et al. (2011) obtiveram produtividade maior de massa fresca de alface cv. Camila, conduzidas por 38 dias, após o cultivo do milheto e crotalária em solo salinizado do que o controle (sem plantas de cobertura) de 1,23 Kg 0,5 m⁻² e 1,25 Kg 0,5 m⁻² respectivamente.

Tabela 4. Massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das folhas (MFF) e massa seca das folhas (MSF) das alfaces irrigadas com água de torneira e efluente tratado de laticínio

Tratamentos	Água de Torneira	Efluente Tratado de Laticínio	Média
Alface - Massa Fresca da Parte Aérea			
----- kg 0,5 m ⁻² -----			
Guandu-anão	1,14 Aa	1,38 Aa	1,11
Crotalária-júncea	1,02 ABa	1,12 Aa	1,04
Feijão-de-porco	0,84 ABb	1,22 Aa	1,12
Crotalária-spectabilis	0,97 ABa	1,21 Aa	1,18
Testemunha	0,66 Ba	0,39 Ba	0,53
Média	0,94	1,05	
C.V. (%) = 24,52			
Alface - Massa Fresca das Folhas			
----- kg 0,5 m ⁻² -----			
Guandu-anão	0,96 Aa	0,92 Aa	0,93
Crotalária-júncea	0,79 Aa	0,97 Aa	0,88
Feijão-de-porco	0,70 Ab	1,11 Aa	0,90
Crotalária-spectabilis	0,75 Aa	0,90 Aa	0,82
Testemunha	0,54 Aa	0,29 Ba	0,42
Média	0,75	0,83	
C.V. (%) = 27,98			
Alface - Massa Seca das Folhas			
----- kg 0,5 m ⁻² -----			
Guandu-anão	0,038	0,030	0,034 A
Crotalária-júncea	0,029	0,027	0,028 A
Feijão-de-porco	0,027	0,029	0,028 A
Crotalária-spectabilis	0,032	0,028	0,030 A
Testemunha	0,022	0,007	0,014 B
Média	0,029 a	0,024 B	
C.V. (%) = 24,05			

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste F e Tukey ($p < 0,5$), respectivamente

Oliveira (2008) observou que a massa fresca da alface foram superiores quando leguminosas foram utilizadas como cobertura morta do solo, devido à fixação de nitrogênio. Sandri et al. (2007) afirmaram que a produtividade da alface pode ser mais elevada nos sistemas de irrigação por gotejamento subterrâneo e superficial utilizando-se água residuária.

Para massa fresca de folhas (MFF), quando a fonte de água foi AT, a maior média foi para guandu-anão (0,96 Kg 0,5 m⁻²) e a menor média para testemunha (0,54 Kg 0,5 m⁻²). O feijão-de-porco teve sua média influenciada

pela fonte de água, produzindo menor quantidade de MFF quando irrigado com AT (0,70 Kg 0,5 m⁻²) em relação a ETL, sendo que este tratamento apresentou a maior produtividade (1,10 Kg 0,5 m⁻²), e para esta mesma fonte de água a testemunha apresentou os menores valores 0,29 Kg 0,5 m⁻².

Estes valores foram superiores para todos os tratamentos, exceto para a testemunha quando irrigada com AT, aos encontrados por Sandri et al. (2007) que encontraram valores de 0,42 Kg 0,5 m⁻² para MFF em plantas irrigadas com águas residuárias cultivadas por 45 dias. Contudo faz-se necessário considerar que além dos nutrientes fornecidos pelo ETL, tem-se a decomposição da cobertura dos adubos verdes.

Analisando a massa seca das folhas (MSF), o melhor desempenho da alface em relação as fontes de água foi para AT, obtendo-se em média 0,029 kg 0,5 m⁻² para AT e 0,024 Kg 0,5 m⁻² para ETL. Em relação aos adubos verdes a maior média encontrada foi para alfaces após guandu-anão 0,030 Kg 0,5 m⁻² que diferiu apenas da testemunha que apresentou 0,014 Kg 0,5 m⁻².

Diferente dos resultados deste trabalho, Fonteles et al. (2015) não encontraram efeito significativo na produção de alface em relação à MSPA quando irrigada com água residuária de esgoto tratado e água de abastecimento, sendo os valores encontrados em média de 0,010 Kg 0,5 m⁻².

Baumgartner et. al. (2007) encontraram que para matéria seca e fresca da parte aérea não houve diferenças significativas quando se irrigou com águas residuárias da piscicultura e da suinocultura no cultivo da alface.

A massa fresca (MFR) e seca das raízes (MSR) da alface não apresentaram diferenças estatísticas em relação aos tratamentos ($p > 0,05$). O valor, em média, para MFR quando as plantas foram irrigadas com AT foi 0,13 Kg 0,5 m⁻² e 0,11 Kg 0,5 m⁻² para ETL. Para MSR as médias foram: 0,067 Kg 0,5 m⁻² para AT e 0,062 Kg 0,5 m⁻² para ETL.

Os resultados obtidos para diâmetro (DM) demonstraram que as plantas da alface não apresentaram diferenças de tamanho quando em cultivo sucessivo ao guandu-anão, independente da fonte de água (Tabela 5).

Tabela 5. Diâmetro (DM), altura (AL) e número de folhas (NF) das plantas de alface irrigadas com água de torneira e efluente tratado de laticínio

Tratamentos	Água de Torneira		Efluente Tratado de Laticínio		Média
Alface - Diâmetro					
----- cm -----					
Guandu-anão	24,48	Aa	24,72	Aa	24,60
Crotalaria-júncea	22,67	ABa	24,28	Aa	23,48
Feijão-de-porco	21,50	ABb	24,93	Aa	23,21
Crotalaria-spectabilis	22,13	ABa	23,08	Aa	22,60
Testemunha	19,63	Ba	16,96	Bb	18,30
Média	22,08		22,79		
CV (%) = 6,98					
Alface - Altura					
----- cm -----					
Guandu-anão	23,27	Aa	23,48	Aa	23,37
Crotalaria-júncea	21,73	ABa	23,02	Aa	22,38
Feijão-de-porco	21,50	ABb	24,93	Aa	23,21
Crotalaria-spectabilis	23,30	Aa	23,70	Aa	23,60
Testemunha	18,90	Ba	17,25	Bb	18,07
Média	21,56		22,57		
CV (%) = 9,02					
Alface - Número de Folhas					
----- folhas planta ⁻¹ -----					
Guandu-anão	16,7	Aa	16,2	Aa	16,5
Crotalaria-júncea	15,6	Aa	16,1	Aa	15,9
Feijão-de-porco	15,0	Aa	17,4	Aa	16,2
Crotalaria-spectabilis	15,5	Aa	15,6	Aa	15,6
Testemunha	14,6	Aa	10,6	Bb	12,6
Média	15,5		15,2		
CV (%) = 11,61					
Alface - Índice de Área Foliar					
----- m ² m ⁻² -----					
Guandu-anão	4,12	Aa	3,90	Aa	4,01
Crotalaria-júncea	3,66	Aa	4,14	Aa	3,90
Feijão-de-porco	2,94	Ab	4,87	Aa	3,90
Crotalaria-spectabilis	3,60	Aa	4,21	Aa	3,90
Testemunha	2,78	Aa	1,59	Ba	2,19
Média	3,42		3,74		
CV (%) = 25,56					

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste F e Tukey (p<0,5), respectivamente.

As alfaces em cultivo após guandu-anão apresentaram as maiores médias para DM quando irrigadas com AT, não diferindo entre os outros tratamentos, apenas da testemunha (Tabela 5). Quando irrigadas com ETL as alfaces em cultivo sucessivo guandu-anão apresentaram as maiores médias

24,72 cm diferindo apenas da testemunha com a menor média 16,96 cm. Juchen et al. (2013) encontraram valores de DM para plantas de alface irrigadas com águas residuárias de laticínio de 33,12 cm após 55 dias de cultivo.

Para altura de plantas observou-se que as alfaces irrigadas com AT em cultivo pós crotalária-spectabilis e guandu-anão apresentaram as maiores médias, seguido da crotalária-júncea e feijão-de-porco, sendo que estes não diferiram da testemunha. Em cultivo pós adubos verdes irrigados com ETL as alfaces pós feijão-de-porco apresentaram as maiores médias para AL 24,93 cm, diferindo apenas da testemunha com a menor média 17,25 cm. Juchen et al. (2013), encontraram valores de altura de plantas de alface irrigadas com água residuária de laticínio de 21,06 cm, semelhante aos resultados encontrados por Sandri et al. (2007), que encontraram em média valores de 22,1 cm. O tamanho exagerado de folhas muitas vezes é indesejável pela dificuldade de embalagem pelos danos causados às folhas (SEDIYAMA et al., 2011).

Apesar das diferenças encontradas para massa fresca das folhas (MFF), o número de folhas (NF) apresentou diferença apenas para testemunha quando irrigada com ETL. As maiores médias em relação à AT foram quando as alfaces desenvolveram-se após guandu-anão (16,7 folhas), crotalária-júncea (15,6 folhas), crotalária-spectabilis (15,5 folhas), feijão-de-porco (15,0 folhas) e testemunha com a menor média (14,6 folhas) e para ETL: feijão-de-porco (17,4 folhas), guandu-anão (16,2 folhas), crotalária-júncea (16,1 folhas), crotalária-spectabilis (15,6 folhas) e testemunha (10,6 cm).

Ao avaliar diferentes cultivares de alface crespa Magalhães et al. (2015) encontraram as seguintes médias para número de folhas: 10,75 folhas cv. Rapids, 10,38 folhas cv. Mônica e 13,63 folhas para cv. Simpson.

De maneira geral, o fato das plantas de alface em cultivo sucessivo aos adubos verdes terem apresentado um bom desempenho quando irrigadas com ETL pode estar relacionado ao aporte de nutrientes fornecido pelo efluente em conjunto com a liberação de nutrientes pela decomposição dos adubos verdes no sistema.

O índice de área foliar (IAF) apresentou interação entre os tratamentos, para as plantas irrigadas com AT as maiores médias foram observadas pelo cultivo de alface em sucessão ao guandu-anão $4,12 \text{ m}^{-2}$, porém não diferiu dos demais tratamentos. Quando as plantas foram irrigadas com ETL as maiores médias foram para feijão-de-porco $4,87 \text{ m}^{-2}$ o qual diferiu da testemunha $1,59 \text{ m}^{-2}$ é possível observar que a alface em sucessão ao feijão-de-porco teve um maior IAF quando recebeu AT.

A maior área foliar resulta em maior material produzido no processo de fotossíntese, além disso, conforme observado por Hamada (1995), a massa fresca total é influenciada principalmente pela área foliar, sendo que a área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas.

Portanto, o fato das alfaces pós cultivo guandu-anão quando irrigadas com AT terem apresentado maior índice de área foliar está relacionado com sua maior produção de massa fresca, número total de folhas e altura assim como as plantas da alface em pós cultivo ao feijão-de-porco quando irrigadas com ETL.

Houve interação para o cultivo sucessivo em consórcio de alface e beterraba pós-cultivo de adubos verdes para massa fresca total (MFT), massa fresca das folhas (MFF) e massa fresca das raízes (MFR) das plantas de beterraba (Tabela 6).

As beterrabas após o cultivo de crotalária-spectabilis e testemunha não sofreram influências, independente de fonte de água utilizada para MFT. A maior produção obtida pelas plantas de beterraba em relação a esta variável quando irrigadas com AT foram alcançadas pela testemunha $1,79 \text{ Kg } 0,5 \text{ m}^{-2}$, seguido das plantas em sucessão a crotalária-spectabilis $1,70 \text{ Kg } 0,5 \text{ m}^{-2}$, guandu-anão $1,47 \text{ Kg } 0,5 \text{ m}^{-2}$, feijão-de-porco $0,87 \text{ Kg } 0,5 \text{ m}^{-2}$.

Tabela 6. Massa fresca total (MFT), massa fresca das folhas (MFF), massa fresca das raízes (MFR), massa seca das raízes (MSR), das plantas de beterraba irrigadas com água de torneira e efluente tratado de laticínio

Tratamentos	Água de Torneira	Efluente Tratado de Laticínio	Média
Beterraba - Massa Fresca Total			
----- kg 0,5 m ⁻² -----			
Guandu-anão	1,47 Ab	2,96 Aa	2,22
Crotalaria-júncea	1,45 Ab	2,80 Aa	2,12
Feijão-de-porco	0,87 Ab	2,99 Aa	1,93
Crotalaria-spectabilis	1,70 Aa	1,98 Aa	1,84
Testemunha	1,79 Aa	2,37 Aa	2,08
Média	1,46	2,62	
CV (%) = 28,69			
Beterraba - Massa Fresca Folhas			
----- kg 0,5 m ⁻² -----			
Guandu-anão	0,41 Ab	1,21 Aa	0,81
Crotalaria-júncea	0,41 Ab	1,04 ABa	0,73
Feijão-de-porco	0,28 Ab	1,11 ABa	0,70
Crotalaria-spectabilis	0,46 Aa	0,66 Ba	0,56
Testemunha	0,47 Aa	0,71 Ba	0,59
Média	0,41	0,95	
CV (%) = 32,27			
Beterraba - Massa Fresca Raiz			
----- kg 0,5 m ⁻² -----			
Guandu-anão	1,06 Ab	1,75 Aa	1,40
Crotalaria-júncea	1,03 Ab	1,75 Aa	1,39
Feijão-de-porco	0,58 Ab	1,88 Aa	1,23
Crotalaria-spectabilis	1,23 Aa	1,31 Aa	1,27
Testemunha	1,31 Aa	1,65 Aa	1,48
Média	1,04	1,67	
CV (%) = 29,86			
Beterraba - Massa Seca Raiz			
----- kg 0,5 m ⁻² -----			
Guandu-anão	0,25	0,38	0,32
Crotalaria-júncea	0,25	0,37	0,31
Feijão-de-porco	0,16	0,37	0,26
Crotalaria-spectabilis	0,30	0,30	0,30
Testemunha	0,24	0,38	0,32
Média	0,24 b	0,36 a	
CV (%) = 23,69			

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste F e Tukey (p<0,5), respectivamente.

Quando as plantas foram irrigadas com ETL não observou-se diferenças estatísticas; as maiores médias foram pós cultivo de feijão-de-porco 2,99 Kg

0,5 m⁻², guandu-anão 2,96 Kg 0,5 m⁻², crotalaria-júncea 2,80 Kg 0,5 m⁻², testemunha 2,37 Kg 0,5 m⁻² e crotalaria-spectabilis 1,98 Kg 0,5 m⁻².

A maior produção de massa fresca das folhas (MFF) irrigadas com AT ocorreu nos tratamentos: testemunha 0,47 Kg 0,5 m⁻² e com cobertura de crotalaria-spectabilis 0,46 Kg 0,5 m⁻², seguido pelo guandu-anão 0,41 Kg 0,5 m⁻², crotalaria-júncea 0,41 Kg 0,5 m⁻² e feijão-de-porco 0,28 Kg 0,5 m⁻², Sediya et al. (2011) encontraram maior produção de MFF para plantas de beterraba quando em cultivo sobre cobertura morta.

Para as plantas irrigadas com ETL as maiores médias foram para o guandu-anão 1,21 Kg 0,5 m⁻², feijão-de-porco 1,11 Kg 0,5 m⁻², crotalaria-júncea 1,04 Kg 0,5 m⁻², testemunha 0,71 Kg 0,5 m⁻² e crotalaria-spectabilis 0,66 Kg 0,5 m⁻². Ao avaliar a massa fresca das folhas de beterraba irrigadas com diferentes fontes de água e lâminas de irrigação Gomes et al. (2015) encontrou na lâmina de 100% e com efluente anaeróbio tratado de laticínio uma massa fresca das folhas de 0,64 Kg 0,5 m⁻².

Na interação entre os tratamentos para massa fresca das raízes as beterrabas irrigadas com AT apresentaram as maiores médias para o cultivo sucessivo dos tratamentos: testemunha 1,31 Kg 0,5 m⁻² e crotalaria-spectabilis 1,23 Kg 0,5 m⁻² que não tiveram seu desempenho influenciado pelas diferentes fontes de água, e a menor média foi para feijão-de-porco 0,58 Kg 0,5 m⁻². Em relação às plantas irrigadas com ETL não foi observada diferenças, as maiores médias foram para o tratamento com feijão-de-porco 1,88 Kg 0,5 m⁻² e as menores para crotalaria-spectabilis 1,31 Kg 0,5 m⁻².

Neste estudo pode-se observar que as raízes tiveram um melhor desenvolvimento na irrigação por ETL, mostrando a possibilidade do uso de água salina na irrigação da cultura. Isto se deve, possivelmente, por se tratar de uma cultura moderadamente tolerante à salinidade, indicando que a beterraba pode ser cultivada nessas condições.

Estes valores foram semelhantes aos encontrados por Ferreira et al. (2006) que em seus estudos notaram que a produtividade de raízes de beterraba irrigada com águas salinas, resultou num rendimento médio de 1,87

Kg $0,5 \text{ m}^{-2}$ e Gomes et al. (2015) demonstram em seus estudos uma média de $1,59 \text{ Kg } 0,5 \text{ m}^{-2}$.

Os tratamentos que receberam efluente foram eficientes na produção da beterraba, uma vez que, atendem a preferência do mercado que segundo Sediya et al. (2010) a massa da raiz preferida é entre 200 e 300 g.

A massa seca da raiz foi influenciada pelas fontes de água, os tratamentos tiveram melhor desempenho quando irrigados com ETL. As maiores médias para AT foram para crotalaria-spectabilis $0,30 \text{ Kg } 0,5 \text{ m}^{-2}$ e menores pelo tratamento com feijão-de-porco $0,16 \text{ Kg } 0,5 \text{ m}^{-2}$, para ETL o guandu-anão e a testemunha apresentaram as maiores médias $0,38 \text{ Kg } 0,5 \text{ m}^{-2}$ e crotalaria-spectabilis com os menores valores em média $0,30 \text{ Kg } 0,5 \text{ m}^{-2}$.

Gomes et al. (2015) também encontraram as maiores médias para MFR quando as plantas foram irrigadas com efluente tratado de laticínio em relação a água de torneira.

As beterrabas pós-cultivo de crotalaria-spectabilis não sofreram influências no seu desempenho para diâmetro de raiz independente da fonte de água utilizada, os outros tratamentos tiveram um melhor desempenho quando irrigados com ETL em relação à AT (Tabela 7).

As maiores médias para DR foram alcançadas pela crotalaria-spectabilis 4,48 cm, seguido pelo guandu-anão 4,22 cm, testemunha 4,22 cm, crotalaria-júncea 4,09 cm diferindo do feijão-de-porco com a menor média 3,38 cm quando as beterrabas foram irrigadas com AT, já para ETL não foi observado efeitos significativos, as maiores médias foram para feijão-de-porco 5,16 cm e a menor média para crotalaria-spectabilis 4,60 cm.

Gomes et al. (2015) encontraram valores superiores a estes quando plantas de beterraba foram irrigadas com efluente tratado de laticínio e cultivadas em casa de vegetação no período de 72 dias: 6,5 cm. Assim como Silva et al. (2017) que em pós cultivo de plantas de cobertura apresentam valores de DR de 5,92 cm após cultivo de crotalaria e 6,78 cm para plantas cultivadas pós feijão-de-porco, no período de 70 dias de cultivo.

Tabela 7. Diâmetro de raiz (DR), altura de plantas (AL) e índice de área foliar (IAF) das plantas de beterraba irrigadas com água de torneira e efluente tratado de laticínio

Tratamentos	Água de Torneira	Efluente Tratado de Laticínio	Média
Beterraba - Diâmetro de Raiz			
----- cm -----			
Guandu-anão	4,22 ABa	4,91 Aa	4,56
Crotalaria-júncea	4,09 ABb	4,97 Aa	4,53
Feijão-de-porco	3,38 Bb	5,16 Aa	4,27
Crotalaria-spectabilis	4,48 Aa	4,60 Aa	4,54
Testemunha	4,22 ABa	4,94 Aa	4,58
Média	1,46	2,62	
CV (%) = 11,52			
Beterraba - Altura			
----- cm -----			
Guandu-anão	38,67	45,42	42,04
Crotalaria-júncea	36,19	44,97	40,58
Feijão-de-porco	33,68	46,38	40,03
Crotalaria-spectabilis	40,12	44,15	42,14
Testemunha	39,69	46,16	42,92
Média	37,67 b	45,41 a	
CV (%) = 8,38			
Beterraba - Número de Folhas			
----- folhas planta ⁻¹ -----			
Guandu-anão	5,94 Ab	9,31 ABa	7,62
Crotalaria-júncea	5,92 Ab	9,85 Aa	7,87
Feijão-de-porco	5,25 Ab	8,34 ABCa	6,79
Crotalaria-spectabilis	6,42 Aa	6,31 Ca	6,36
Testemunha	6,40 Aa	6,87 BCa	6,64
Média	5,98	8,13	
CV (%) = 16,99			
Beterraba - Índice de Área Foliar			
----- m ² m ⁻² -----			
Guandu-anão	1,41	3,18	2,30
Crotalaria-júncea	1,20	2,99	2,10
Feijão-de-porco	3,38	5,16	4,27
Crotalaria-spectabilis	1,36	2,13	1,75
Testemunha	1,58	2,18	1,88
Média	1,29 b	2,62 a	
CV (%) = 30,13			

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste F e Tukey (p<0,5), respectivamente

Para altura de planta e Índice de Área foliar o efeito significativo foi entre as fontes de água, as maiores médias ocorreram quando as beterrabas foram irrigadas com ETL. A maior média para altura foi para o tratamento

crotalária-spectabilis 40,12 cm e a menor média para o feijão-de-porco 33,68 cm na fonte de água AT, para plantas irrigadas com ETL a maior média foi para feijão-de-porco 46,38 cm e a menor média para crotalária-spectabilis 44,15 cm.

Em um estudo para avaliar o desempenho de plantas de beterraba e coentro em sistema de cultivo consorciado Grangeiro et al. (2011) encontraram uma média para AL de beterraba de 30,13 cm.

Houve interação entre os tratamentos e fontes de água para número de folhas (Tabela 7). As beterrabas da parcela com a testemunha irrigadas com crotalária-spectabilis tiveram a maior média 6,42 folhas, seguida pela testemunha 6,31 folhas, guandu-anão 5,94 folhas, crotalária-júncea 5,92 folhas e feijão-de-porco 5,25 folhas. Quando as beterrabas foram irrigadas com ETL a maior média foi para crotalária-júncea 9,82 folhas, não diferindo das plantas pós guandu-anão 9,31 folhas, seguido por feijão-de-porco 8,34 folhas, testemunha 6,87 folhas e crotalária-spectabilis 6,82 folhas. Nota-se que para todos os tratamentos o aporte de efluentes contribuiu para o melhor resultado nesta variável. Silva et al. (2013) ao estudarem o desempenho de cultivares de beterraba sob diferentes tensões da água no solo, encontraram valores médios de 9,96 folhas para a cultivar Early Wonder e 10,20 folhas para cultivar Itapuã. Sarmiento et al. (2011) encontraram valores de 10,28 folhas em plantas de beterraba submetidas a adubação orgânica.

O índice de área foliar (IAF) obteve a maior média pelo tratamento feijão-de-porco e o menor valor para crotalária-júncea quando irrigados com AT. Para plantas irrigadas com ETL a maior média foi para feijão-de-porco e a menor para crotalária-spectabilis (Tabela 7). Tullio et al. (2013) ao avaliarem a beterraba cultivada por 65 dias encontraram um índice de área foliar de 1,94 m².

Os tratamentos não apresentaram efeitos significativos para sólidos solúveis totais (SST), sendo que a média das beterrabas após os adubos verdes irrigados com AT foi de 11,51 °Brix e para ETL 11,57 °Brix. Façanha et al. (2010) encontraram valores médios de sólidos solúveis totais nas raízes tuberosas de beterraba que variaram entre 10,4 a 11,1 °Brix.

Os resultados obtidos para condutividade elétrica (CE) e pH do extrato aquoso do solo não diferiram entre os adubos verdes, mas nas médias entre as fontes de água (Tabela 8).

Sendo os maior valor encontrado para CE no tratamento com efluente ($1,18 \text{ dS m}^{-1}$) em relação à água de torneira ($0,23 \text{ dS m}^{-1}$). Avaliando o extrato aquoso em pasta de saturação do solo após cultivo dos adubos verdes nota-se que houve uma redução da CE do solo irrigado com AT de $1,56 \text{ dS m}^{-1}$ para $1,18 \text{ dS m}^{-1}$.

Rossi et al. (2014) também observaram estes resultados em seus estudos, em que a CE para EAN foi superior à água. A concentração total de sais na água de irrigação, sem especificá-los, é avaliada em relação à CE, portanto isso explica os maiores valores em relação ao extrato aquoso de saturação do solo quando submetido à irrigação com efluente.

Tabela 8. Condutividade Elétrica (CE) e pH do extrato da pasta de saturação do solo irrigado com água de torneira (AT) e efluente anaeróbio tratado de laticínios (ETL) após o cultivo de adubos verdes e cultivo sucessivo de alface e beterraba em consórcio

Tratamentos	Água de Torneira	Efluente Tratado de Laticínio	Média
Guandu-anão	0,28	1,08	0,68
Crotalária-júncea	0,17	1,25	0,71
Feijão-de-porco	0,21	1,13	0,67
Crotalária-spectabilis	0,23	1,03	0,68
Testemunha	0,26	1,40	0,83
Média	0,23 b	1,18 a	
C.V. (%) = 32,38			
		pH	
Guandu-anão	3,81	3,97	3,89
Crotalária-júncea	4,15	4,00	4,07
Feijão-de-porco	3,88	4,62	4,25
Crotalária-spectabilis	3,93	5,13	4,53
Testemunha	4,16	4,07	4,11
Média	3,99 b	4,36 a	
C.V. (%) = 12,60			

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação ao pH do extrato aquoso de saturação do solo, os valores foram superiores para os tratamentos que receberam efluente (4,36) em relação à AT (3,99).

Conforme resultados obtidos de análise do solo coletadas após o cultivo dos adubos verdes e cultivo sucessivo do consórcio de alface e beterraba irrigados com água de torneira (AT) ou efluente tratado de laticínio (ETL), verificou-se que não houve diferenças entre os adubos verdes, apenas entre as fontes de água (Tabela 9).

Tabela 9. Resultados da análise química do solo após o cultivo dos adubos verdes e cultivo sucessivo do consórcio de alface e beterraba irrigados com irrigados com água de torneira (AT) ou efluente tratado de laticínio (ETL)

Tratamentos	pH (CaCl ₂)	P ----- mg dm ⁻³ -----	S -----	K -----	Ca ----- mmolc dm ⁻³ -----	Mg -----	Na -----
Água de Torneira	6,48 b	21,90 a	8,80 a	2,13 a	61,45 b	15,45 b	0,42 b
Efluente Tratado Laticínio	6,56 a	21,10 a	8,95 a	3,11 a	65,40 a	20,40 a	2,10 a
C.V. (%)	1,44	17,74	38,63	12,57	5,90	13,97	26,49
Continuação							
Tratamentos	H + Al ----- mmol _c dm ⁻³ -----	MO -----	SB -----	CTC -----	V (%)	PST (%)	
Água de Torneira	18,07 a	17,88 a	79,35 b	97,55 b	81,19 b	0,43 b	
Efluente Tratado Laticínio	16,52 b	17,97 a	91,01 a	107,5 a	84,50 a	1,97 a	
C.V. (%)	4,90	6,34	11,38	9,24	2,28	50,45	

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste F ($p < 0,05$)

Quando as plantas em consórcio alface e beterraba em sucessão aos adubos verdes foram irrigadas com ETL, observou-se que, com exceção da acidez potencial, todos os atributos químicos do solo tiveram valores superiores, sendo que para fósforo, enxofre, potássio, cálcio, e matéria orgânica não houve diferenças estatísticas.

Os maiores teores dos macronutrientes (potássio - K, cálcio - Ca, magnésio - Mg) e sódio - Na, pode ser explicado devido às características do ETL, o qual em sua caracterização físico-química apresentou $K^+ = 74,80 \pm 50,84 \text{ mg L}^{-1}$, $Ca^{+2} = 40,89 \pm 35,81 \text{ mg L}^{-1}$, $Mg^{+2} = 69,47 \pm 43,49 \text{ mg L}^{-1}$ e $Na^+ = 197 \pm 101,1 \text{ mg L}^{-1}$, apresentando, deste modo, efeito residual no solo. Conseqüentemente a soma de bases (SB), a saturação por bases (V%) e a capacidade de troca catiônica (CTC) destes solos apresentaram um aumento

significativo em relação ao solo irrigado com AT. Em relação ao Na notou-se que para a segunda fase do experimento houve uma redução no efeito residual do solo irrigado com ETL de $4,20 \text{ mmolc dm}^{-3}$ no solo pós cultivo aos adubos verdes para $2,10 \text{ mmolc dm}^{-3}$ em solo irrigado pós cultivos dos adubos verdes e cultivo sucessivo do consórcio de alface e beterraba, com isso à porcentagem de sódio trocável (PST), também teve as médias reduzidas na segunda fase do experimento de 4,39% para 1,97% em ETL.

Donatti et al. (2017), ao utilizarem diferentes fontes de água no cultivo de adubos verdes encontraram aumento na SB, na V% e na CTC quando o solo recebeu ETL. Rossi et al. (2014) também encontraram resultados semelhantes a estes quando a fonte de água utilizada foi ETL, onde o solo teve um aumento dos macronutrientes, SB, V%, e CTC, e os valores de sódio estiveram em média $4,33 \text{ mmolc dm}^{-3}$ e a PST apresentou valores em média de 6,98%.

Pizarro (1978) classifica solos sódicos quando apresentam valores de PST acima de 7. Portanto, neste experimento, o aporte de efluentes apesar de ter aumentado os teores de sódio, não causou danos ao solo. De acordo com a (CETESB/ANA, 2011), pode ser estabelecida a irrigação com águas residuárias até uma PST de 6,0%.

CONCLUSÕES

1. A alface foi mais produtiva em cultivo em sucessão ao guandu-anão, independentemente da fonte de água;
2. O aporte de efluente influenciou positivamente a produção das raízes de beterraba quando em sucessão da crotalária-júncea, feijão-de-porco e guandu-anão;
3. A irrigação com efluente tratado de laticínio contribuiu para a fertilidade química do solo, aumentando os macronutrientes, soma de bases, V% e capacidade de troca de cátions;
4. O cultivo em consórcio de alface e beterraba em sucessão aos adubos verdes reduziu os níveis de Na e conseqüentemente a PST do solo irrigado com efluente tratado de laticínio de 4,33% para 1,97%.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS. Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças do Brasil/Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil – Brasília: CNA, 79p, 2017.

ARAÚJO, J.S.; ANDRADE A. P. de.; RAMALHO, C. I.; AZEVEDO, C. A. V.de. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.152-157, 2009.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. In H. R. Gheyi, J. F. de Medeiros, & F. A. V. Damasceno (Eds.), *Water Quality for Agriculture* (Vol. 29 rev.1 (FAO), p. 218). Campina Grande, Brazil: UFPB. 1999.

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S.C.; SILVA da, T.; CARLA R. P. A. TEO, C.R.P.A.; VILAS BOAS, M.A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.27 p.152-163, 2007.

BENTO, T. S.; CARVALHO, M. A. C.; GERVAZIO, W. Adubação verde e Sistemas de Cultivo na produção orgânica de alface. **Cadernos de Agroecologia**, v.9, p.1-12, 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Orientação para apresentação de projeto visando à aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. São Paulo: Cetesb, 2006. 11p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

FAÇANHA, M. L.; MEDEIROS, D.C de.; COUTINHO, O de. L.; MARQUES, L. F.; MEDEIROS, C.B.; VALE, L.S do. Produção e qualidade da beterraba em função da adubação com esterco bovino **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.5 p.24-31, 2010.

FARIAS, J. R. B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.2, p.17-22, 1994.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, P. A.; MOURA, R. F. de.; SANTOS, D. B. dos.; FONTES, P. C. R.; MELO, R. F. de. Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.10, p.570–578, 2006.

FONTANÉTTI, A. et al. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, p.146-150, 2006.

FONTELES, J. L. V.; MOURA, K.K.C. F de.; DIAS, N. S d, CARNEIRO, J.V.; GUEDES, R.A.A. Crescimento e produção de duas cultivares de alface utilizando água de esgoto tratado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, n.5, p.320 - 325, 2015.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. Land resources, management, planning and use. 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

GOMES, T. M.; ROSSI, F.; TOMMASO, G.; RIBEIRO, R.; MACAN, N .P. F.; PEREIRA, R.S. Treated dairy wastewater effect on the yield and quality of drip irrigated table beet. **Applied Engineering in Agriculture** v.31, 2015.

GRANGEIRO, C. G.; SANTOS, A. P.; FREITAS, F. C. L.; SIMÃO, L. M. C.; BEZERRA NETO, F. Avaliação agrônômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. **Revista Ciência Agrônômica**, v.42, p.242-248, 2011.

HAMADA, E. Desenvolvimento e produtividade da alface submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.9, n.30, p.1201-1209, 1995.

HUMPHRIES, A. W. et al. Over-cropping lucerne with wheat: effect of lucerne winter activity on total plant production and water use of the mixture, and wheat yield and quality. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.55, p.839-848, 2004.

JUCHEN, C. R.; SUSZEK, F. L.; VILAS BOAS, M. A. Irrigação por gotejamento para produção de alface fertirrigada com águas residuárias agroindustriais. **Irriga**, Botucatu, v.18, p. 243-256, 2013.

LEAL, I.G.; ACCIOLY, A.M.A.; NASCIMENTO, C.W.A.; FREIRE, G.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; FERREIRA, F.L. Fitorremediação de solo salino sódico por *Atriplex nummularia* e gesso de jazida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1065-1072, 2008.

MAGALHÃES, F. F.; CUNHA, F. F. da.; GODOY, A. R.; SOUZA, E. J. de.; SILVA, T.R da. Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. **Water Resources and Irrigation Management**, v.4, p.41-50, 2015.

MAGALHÃES A. G.; MENEZES D.; RESENDE L. V.; BEZERRA NETO E. 2010. Desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico sob dois níveis de condutividade elétrica. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.316-320, 2010.

MARQUELLI, W.A. Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças, 15p. (Boletim Técnico), 2008.

OLIVEIRA FF; GUERRA JGM; ALMEIDA DL; RIBEIRO RLD; ESPINDOLA JAA; RICCI MSF; CEDDIA MB. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira** v.26, p.216-220, 2008.

PAULETTI, V. et al. Atributos químicos de um Latossolo bruno sob sistema plantio direto em função da estratégia de adubação e do método de amostragem de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.581-590, 2009.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S.W.; DE MARCIA, I.C; ANDRADE, C.A.; WUTKE, E.B.; ROSSE, C.E.; OLIVEIRA, A.H.V. Produção de alface em estufa agrícola com solo salinizado após o cultivo de plantas extratoras de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.29, 2011.

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

ROSSI, F.; GOMES, T.M.; TOL, J.C.H.B.; FERRAZ, M.R.; LUZ, P.H. de C.; AMBROSANO, E.J. Fitoextração de sódio pelo cultivo do milho em sucessão a produção da beterraba irrigada com águas residuárias de origem agroindustrial. **Cadernos de Agroecologia**, v.4, p.1-11, 2014.

SANDRI, D.; MATSURA, E.E.; E.E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, p.17–29, 2007.

SARMENTO, A.L.R.; PEREIRA, F.H.F.; SILVA, M.C.; MEDEIROS, J.E de.; FREIRE, E.C.B.S. Fontes e tempo de incorporação de esterco no cultivo da beterraba. **Revista Verde**. v.6, p.50-58, 2011.

SEDIYAMA, M.A.N.; SANTOS, M.R.; VIDIGAL, S.M.; SANTOS, I.C.; SALGADO, L.T. Ocorrência de plantas daninhas no cultivo de beterraba com cobertura morta e adubação orgânica. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 717-725, 2010.

SEDIYAMA, M.A.N.; SANTOS, M.R.; Vidigal, S.M.; SALGADO, L.T. Produtividade e exportação de nutrientes em beterraba cultivada com cobertura morta e adubação orgânica **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.9, p.883–889, 2011.

SILVA, R.C de.; OLIVEIRA, F.F de.; SOUZA, K.R.; BRITO, E.S.; SILVA, A. O da.; GUEDES, C.M.L. Avaliação de diferentes coberturas mortas na produção de beterraba (*Beta vulgaris* L.). **Revista Semiárido De Visu**, v. 5, p. 03-10, 2017.

SILVA, A.O da.; SILVA, E.F.F.; KLAR, A.E. Eficiência de uso da água em cultivares de beterraba submetidas a diferentes tensões da água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**. v.2, p.27-36, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719p. TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.609-618, 2005.

TULLIO, J.A.; OTTO, R.F.; BOER, A.; OHSE, S. Cultivo de beterraba em ambientes protegido e natural na época de verão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, p.1074-1079, 2013. ANEXOS

ANEXO I – Análise do composto orgânico utilizado no cultivo da alface consorciada com a beterraba



Laudo de Análise: MATERIAL: FERT. ORGANICO SOLIDO

Remetente

ANA RENATA ZIBORDI

ENG.AGR*

Proprietário:

VISAFERTIL-IND COM FERT ORGANICO LT

VISAFERTIL IND COM FERT ORGANICO LT

CATXA POSTAL 70

13.800-970 MOGI MIRIM SP

FONE: (19)3806-4419/99903-5961

FAX : (19)3806-5563

Laudo Expedido em: 21/01/2015

AMOSTRA(S)	
Identificações: UNITHAL»	32109
Remetente»	LOTE 90
Cultura e/ou Material.»	VISAFERTIL ORGANICO
DETERMINAÇÃO	
Nitrogênio.....N....%»	1,70
Fósforo.....P.(P2O5)»	
..Total.....P.....%»	1,70
..Citr.+Agua.Pa/c....%»	AÑS
..Ac. Cítrico..Pc....%»	AÑS
..Agua.....Pa....%»	AÑS
Potássio....(K2O)....%»	1,24
Cálcio.....Ca....%»	14,45
Magnésio.....Mg....%»	0,70
Enxofre.....S....%»	0,74
Ferro.....Fe....%»	1,92
Manganês.....Mn.ppm»	675,0
Cobre.....Cu.ppm»	95,0
Zinco.....Zn.ppm»	230,0
Boro.....B.ppm»	340,0
Sódio.....Na....%»	0,60
Cobalto.....Co.ppm»	AÑS
Molibdênio....Mo.ppm»	AÑS
Alumínio.....Al....%»	AÑS
Cloro.....Cl....%»	AÑS
Níquel.....Ni....%»	AÑS
Carbono Orgânico.....%»	16,50
Matéria Orgânica.....%»	32,15
Cinzas.....%»	67,85
Umidade.....%»	30,40
pH.....»	7,6
pH (H2O).....»	AÑS
Relação C/N.....»	9/1
Densid.Aparente.g/cm3»	AÑS
Capacid.de Retenção.»	
de Agua....(CRA)....%»	172,00
C.Elétrica(25°C).µS/cm»	AÑS
CTC.....mmol/kg»	190,0
Rel.CTC/C Org.....»	11,5
Índice Salino.....%»	AÑS
GRANULOMETRIA	
Retido Pen. 4,8 mm...%»	AÑS
Passa Pen. 2,8 mm...%»	AÑS

mmol = mmolc/dm3	OBS: RESULTADOS EM BASE PESO/	OBS.: K2O solúvel em H2O.	ENGENHEIROS RESPONSÁVEIS
1 mmol = 10 x mEq/100 ml	PESO E MATÉRIA SECA.		ACR: Antonio Carlos Marques
ALD = Abaixo Limite Detecção	RESULTADO DE pH EM CaCl2		CRA 129.499-7-SP
AÑS = Análise Não Solicitada	0,01 M.		QUIM: Luis Roberto Possolo
NI = Não Informado(a)			CRA 138.690-0-SP
Análise(s) realizada(s) com base em amostra(s) de material, acima identificada(s), entregue(s) em nossos laboratórios			
MATRIZ: R. SANTO ANTONIO CLARET 161-J.CHAPADÃO CAMPINAS-SP CEP:13070-145 EMAIL:unithal@unithal.com.br FAX:(0xx19) 3242-6477			