

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

HUMBERTO CAMPOS DO VAL

REUSO DO EFLUENTE LÍQUIDO DE INDÚSTRIA
ALIMENTÍCIA NO CULTIVO DO LIMOEIRO

CAMPO GRANDE
2012

Ficha catalográfica preparada pela
COORDENADORIA DA BIBLIOTECA CENTRAL/UFMS

R461a	Val, Humberto Campos do Reuso do Efluente Líquido de uma Industria Alimentícia no Cultivo do Limoeiro Dissertação (Mestrado) –Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2012. Orientadora: Profª. Dra. Maria Lúcia Ribeiro 1. Fertirrigação 2. Efluente Zero 3. <i>Citrus latifolia</i> Tanaka
-------	--

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

HUMBERTO CAMPOS DO VAL

**REUSO DO EFLUENTE LÍQUIDO TRATADO DE INDÚSTRIA
ALIMENTÍCIA NO CULTIVO DO LIMOEIRO**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

**ORIENTADORA: Professora Dr.^a.
Maria Lúcia Ribeiro**

**CO-ORIENTADOR: Professor Dr.
Carlos Nobuyoshi Ide**

Aprovada em:

Banca Examinadora:

Prof.: Dr. Carlos Nobuyoshi Ide
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Fábio Veríssimo Gonçalves
UFMS

Prof. Dr. Samuel Ferrari
UNESP

Campo Grande, MS
2012

DEDICATÓRIA

*A Deus, aos meus Pais, ao meu irmão
e amigo André; e à Comunidade Científica.*

AGRADECIMENTOS

À Professora Dra. Maria Lúcia Ribeiro pela orientação deste trabalho e, pela amizade, especialmente, pelo incentivo no tema apresentado.

Ao Professor Dr. Carlos Nobuyoshi Ide pela orientação deste trabalho e, pela amizade, dedicação e incentivo nesta dissertação.

Ao amigo José Luiz, pela amizade, dedicação, companheirismo e apoio incondicional nesta dissertação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do curso de Mestrado em Tecnologias Ambiental, apoio à minha evolução científica e preparação profissional na área ambiental.

Aos professores do Departamento de Hidráulica e Transportes, docentes de alta qualificação. Aos técnicos do Laboratório LAQUA pela disponibilidade dada na realização das análises.

À Mestre Dirce Martins de Oliveira, pela amizade, dedicação, e apoio na leitura dos metais nesta dissertação.

Ao amigo Fernando, pela amizade, dedicação, companheirismo e apoio nesta dissertação.

Aos alunos do curso de Engenharia Ambiental: Rafaela, Tatiane, Bruno, Luis e Willian pelo apoio na coleta de efluente.

À Empresa Semalo e, em especial, aos Diretores Sergio M. Longen e André Savoia, a Técnica de Segurança no Trabalho Edinéia, e a todos os funcionários que participaram da Gestão Ambiental, pelo patrocínio direto do proprietário e apoio técnico dos profissionais.

Aos colaboradores do Laboratório Biolaqua Ambiental: em especial à Diretora Administrativa Maria Aparecida Cabral Seixas e aos colaboradores Marcelo, Maria, Vera, Luciene e Gabriel pela contribuição na realização desta dissertação.

Aos meus pais Luiz Augusto Araujo do Val e Ilka de Oliveira Campos do Val, pelo apoio incondicional e paciência.

À minha namorada Carla Deisiane pelo apoio e paciência pela minha ausência.

A Deus, por ter me dado força e saúde para iniciar e terminar esta pesquisa.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS.....	iii
SUMÁRIO.....	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	vii
LISTA DE SÍMBOLOS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo Geral.....	3
2.2. Objetivos Secundários.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Água.....	4
3.2. Planta.....	7
3.3. Solo	11
3.4. Estatística	15
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
4.1. Estatística	18
4.2. Água.....	18
4.3. Planta.....	21
4.4. Solo	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5.1. Efluente tratado	23
5.2. Planta.....	32
5.3. Solo	36
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	42
6.1. Conclusões	42
6.2. Recomendações.....	42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Área do Pomar (23/04/2010).....	17
Figura 4.2 - Esquema representativo do sistema de tratamento de efluentes (Adaptado de Semalo Ind. e Comércio Ltda).....	19
Figura 4.3 - Sistema de irrigação localizada (23/04/2010)	20
Figura 5.1 - Dendrograma dos parâmetros do efluente.....	25
Figura 5.2 - Dendrograma do efluente, 7 meses.....	25
Figura 5.3 - Dendrograma dos parâmetros do efluente (7 meses).....	26
Figura 5.4 - Comportamento do Ca, Mg, P, Nitrito, Nitrato e N _{total} , no efluente.....	27
Figura 5.5 - Comportamento da RAS, K e Na no efluente	28
Figura 5.6 - Correlação entre parâmetros do efluente.....	29
Figura 5.7 - Matriz de correlação dos parâmetros de salinidade no efluente (5 dias)	30
Figura 5.8 - Matriz de correlação dos parâmetros de salinidade no efluente (7 meses).....	31
Figura 5.9 - Clorose nas folhas (08/09/2010).....	33
Figura 5.10 - Comportamento dos macronutrientes nas plantas ao longo de sete meses	34
Figura 5.11 - Sombreamento do pomar, em 18/11/2010, às 12:00 horas	34
Figura 5.12 - Comportamento dos macronutrientes ao longo de sete meses	35
Figura 5.13 - Matriz de correlação entre macronutrientes da planta e sódio no efluente.	36
Figura 5.14 - Histograma de chuva.....	39
Figura 5.15 - Constatação de compactação do solo em 15/05/2010.....	40
Figura 5.16 - Plantas com desenvolvimento radicular comprometido pela compactação do solo	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - Qualidade físico-química do efluente tratado	23
Tabela 5.2 - Níveis de metais no efluente tratado	24
Tabela 5.3 - Análise do efluente tratado quanto a salinidade.....	30
Tabela 5.4 - Níveis de macro e micro nutrientes nas folhas de <i>Citrus</i>	32
Tabela 5.5 - Análise química dos macronutrientes do solo.....	38
Tabela 5.6 - Análise química dos micronutrientes e enxofre do solo.....	39

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CE	Condutividade Elétrica
CNPQ	Conselho Nacional de Pesquisa
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DP	Desvio Padrão
DQO	Demanda Química de Oxigênio
MO	Matéria Orgânica
NC	Necessidade de Calagem
NT	Nitrogênio Total
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
OG	Óleos e Graxas
pH	Potencial Hidrogênionico
PRNT	Poder Relativo de Neutralização Total do Calcário
PSS	Porcentagem de Sódio Solúvel
PT	Fosfato Total
RAS	Razão de Absorção de Sódio
rpm	Rotações por Minuto
SB	Somatório de Bases
ST	Sólidos Totais
T	Temperatura

LISTA DE SÍMBOLOS

Al	Alumínio
Aw	Clima Tropical com Estação Seca de Inverno
B	Boro
C4	Sistema das Plantas que Apresentam uma Alta Taxa de Fotossíntese
Ca	Cálcio
Ca ⁺²	Íon Cálcio
Ca+Mg	Cálcio e Magnésio
CaCl ₂	Cloreto de Cálcio
Cd	Cádmio
Cfa	Clima Temperado Húmido com Verão Quente
Cl ⁻	Íon Cloro
Co	Cobalto
CO ₂	Dióxido de Carbono ou Gás Carbônico
Cu	Cobre
Fe	Ferro
H ⁺	Íon Hidrogênio
H+Al	Acidez Potencial
H ₂ O	Água
HCl	Ácido Clorídrico
K	Potássio
K ⁺	Íon Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
N ₂	Nitrogênio
Na	Sódio
Na ⁺	Íon Sódio
NH ₃	Amônia
NH ₄ ⁺	Íon Amônio
Ni	Níquel
NO ₂ ⁻	Íon Nitrito
NO ₂	Nitrito

NO ₃	Nitrato
O ₂	Oxigênio
°C	Graus Celsius
Pb	Chumbo
S	Enxofre
SS	Sólidos Solúveis
V	Saturação Por Bases
V ₁	Saturação Obtida na Análise de Solo
V ₂	Saturação Desejada
Zn	Zinco

RESUMO

VAL, H.C. (2012). *Reuso do Efluente Líquido de Indústria Alimentícia no Cultivo do Limoeiro. Campo Grande, 2012. 50 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

As cidades e indústrias, de modo geral, realizam o reuso denominado indireto ou não planejado, pois lançam seus efluentes nos corpos hídricos para serem novamente captados a jusante por outros usuários. O consórcio entre agricultura e reuso de água já é praticado há muito tempo pela humanidade. A utilização de plantas cítricas em projetos de reuso na indústria não é comum. O estudo avaliou uma plantação de limoeiros que recebeu como água de irrigação o efluente tratado de indústria alimentícia de Campo Grande, MS. Avaliou-se o efluente tratado, aplicado a uma taxa de $1,69 \text{ L.min}^{-1}$ na cultura do limoeiro, e os micro e macronutrientes, da planta e do solo, entre os meses de junho e dezembro de 2011. Comparou-se a área fertirrigada com outra apenas irrigada. Os resultados indicaram que o efluente tratado não supriu a demanda nutricional da cultura. Recomenda-se a adubação de cobertura para auxiliar na nutrição das plantas. A CE média foi de $1,89 \text{ dS.m}^{-1}$ e a RAS de 11,33 indicando alta salinidade no efluente. A quantidade de micro e macronutrientes no solo fertirrigado aumentou em relação à testemunha. O efluente tratado da indústria pode ser indicado para o cultivo do limoeiro desde que a salinidade seja reduzida. O cultivo do limoeiro contribuiu com a prática do descarte zero de efluente já praticado pela indústria.

Palavras-Chave: Fertirrigação, Descarga Zero, *Citrus latifolia* Tanaka.

ABSTRACT

VAL, H.C. (2012). *Liquid Effluent Reuse of a Food Industry in Growing Lemon Trees. Campo Grande, 2012. 50 p. Master Dissertation - Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil.*

Cities and industries in general, perform reuse called indirect or unplanned, they cast their effluents in water bodies to be captured again downstream by other users. The partnership between agriculture and water reuse is already practiced by humanities for a long time. The use of citrus fruit in reuse projects in the industry is not common. The study evaluated a lemon tree grove, which received irrigation water as the treated effluent from the food industry in Campo Grande, MS. We evaluated the treated effluent applied at a rate of 1.69 L.min^{-1} in the culture of lemon, and micro and macronutrients of the plant and soil between the months of June and December 2011. We compared the area fertirrigated with another only irrigated. The results indicated that the treated effluent does not supply crop nutrients demand. It is recommended to cover fertilization to assist in plant nutrition. The EC average was 1.89 dS.m^{-1} and SAR 11.33 indicating high salinity in the effluent. The amount of macro and micronutrients in soil fertilized increased compared to control. The treated effluent of the industry may be suitable for the cultivation of lemon since the salinity is reduced. The cultivation of lemon contributed to the practice of zero effluent disposal already used by industry.

Key-words: Fertirrigation, Zero Discharge, *Citrus latifolia* Tanaka

1. INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial no século XIX, a humanidade vem se defrontando com uma série de problemas globais – ambientais, financeiros, econômicos, sociais e de mercado. As preocupações com o ambiente, em geral, e com a água, em particular, adquirem especial importância, pois a demanda está se tornando cada vez maior.

A qualidade das águas da Terra, vem sendo degradada de maneira alarmante e esse processo poderá a curto prazo se tornar irreversível, principalmente nas áreas mais povoadas dos países emergentes, como o Brasil (PIEADDE, 2004).

A escassez de água, em qualidade ou quantidade, é realidade no Brasil, tal como no resto do mundo. O foco ambiental nos negócios estão em evidência. As legislações ambientais, como o CONAMA 357/05 e 430/11, juntamente com as exigências de certificação ambiental têm se revelado como excelentes instrumentos de mudança de comportamento das empresas brasileiras (ONISHI, 2007).

As cidades e indústrias, de modo geral, realizam o reuso denominado indireto ou não planejado, pois lançam seus efluentes nos corpos hídricos para serem novamente captados a jusante por outros usuários. O poder de autodepuração dos corpos d'água não garante que as cargas poluidoras lançadas pelas cidades e indústrias sejam neutralizadas na totalidade. As legislações ambientais como CONAMA 357/05, 430/11 e CECA 036/12 contribuem para a redução no impacto ambiental nos corpos hídricos causado pela atividade antrópica.

A forma direta ou planejada do reuso de água aplica conceitos que vem evoluindo nos últimos anos. Desde o conceito conservacionista em que os dejetos deveriam ser conservados para manter a fertilidade do solo, ou para a redução ou eliminação da poluição dos rios, passando pelo enfoque de que o reuso deveria ser feito para fornecer água somente para zonas áridas, o que acabou se juntando à necessidade de se reduzir a crescente poluição dos mananciais de superfície. Chegando ao ponto em que, devido às restritivas exigências ambientais que devem ser seguidas quando do tratamento de um efluente antes deste ser lançado em um corpo de água, torna-se mais vantajoso reutilizar o efluente o maior número de vezes possíveis antes de realizar o seu descarte (FIESP/CIESP, 2005).

A lima-ácida “Tahiti” (*Citrus latifolia* Tanaka), conhecida e consagrada entre os consumidores brasileiros como limão Tahiti, é uma espécie americana de *citrus*, pois sua origem é a Califórnia, Estados Unidos, onde surgiu a partir de sementes de limão introduzidas do Tahiti, por volta de 1870. Sua cultura difundiu-se pelos países das três Américas, único continente onde o limão Tahiti é produzido comercialmente. A produção de limas apresenta crescimento e ocupa lugar cada vez mais importante na citricultura brasileira, além do consumo no mercado interno (BARROS *et al.*, 1991).

O aumento da produção de Tahiti levou a exploração de novos mercados, especialmente aqueles da Europa, que com rapidez aceitaram o novo limão de "casca verde". No Brasil, estima-se que exista 5 a 6 milhões de plantas de limoeiro Tahiti, sendo 80% no Estado de São Paulo (CEASA, 2012).

A grande maioria dos pomares brasileiros, no entanto, apresentam baixas produtividades, devido à combinação de diversos fatores. É relevante citar a implantação de pomares em solos com baixos teores em nutrientes, agravados por adubações insuficientes e em épocas inadequadas, bem como a deficiência hídrica decorrente de precipitações aquém do necessário e/ou distribuídas irregularmente durante o ano.

2. OBJETIVOS

A proposta aqui apresentada é utilizar o efluente tratado de uma indústria alimentícia na cultura do limoeiro, avaliando a influência do uso desse efluente no desenvolvimento das plantas assim como seu acúmulo no solo.

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a influência da aplicação do efluente tratado de uma indústria alimentícia, através de fertirrigação, em um pomar de limoeiros.

2.2. Objetivos Secundários

1- Avaliar se o efluente da indústria alimentícia permite o desenvolvimento das plantas de limoeiro.

2- Avaliar o acúmulo de elementos presentes no efluente, no solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica é apresentada nos tópicos água, planta, solo e estatística.

3.1. Água

As opções para tratamento de esgoto ou recuperação de águas servidas de origem doméstica, agrícola ou industrial envolvem inúmeras alternativas, que podem ser complexas e onerosas, ou simples e de baixo custo (METCALF & EDDY, 2003).

Asano & Levine (1996) relataram que o reuso de água na agricultura é antigo, e foi uma prática comum de pequenas civilizações há aproximadamente 5.000 anos.

Jimenez & Asano (2004) e IWMI (2006) relataram que pelo menos 3,5 milhões de hectares eram irrigados globalmente com água não tratada. Em Israel, por exemplo, em 1985, os efluentes de sistemas de tratamento de esgotos já representavam cerca de 7% das águas de irrigação (VARGAS, 1990).

No processo de disposição por irrigação pretende-se suprir a necessidade de água requerida pelas plantas, porém, pode servir, também, como um processo de tratamento terciário (BERNARDES, 1986).

Nos Estados Unidos, em 1986, foi instalado um grande projeto, em Orlando, para reuso de água residuária. Este projeto proporcionou mais de 167.000,00 m³.dia⁻¹ de esgoto tratado para as áreas de agricultura, incluindo 2.800 ha de plantas de citros (KOO & ZEKRI, 1989; ZEKRI & KOO, 1990).

O uso do efluente tratado na agricultura é uma das estratégias adotadas para aumentar a oferta de água em regiões com baixa disponibilidade hídrica, quantitativa e qualitativamente. A utilização de águas residuais devem ser geridas dentro de certas restrições impostas para a proteção ambiental e para salvaguardar a saúde pública (GHARSALLAOUI *et al.*, 2011).

O reuso de água refere-se a uma tecnologia desenvolvida, que depende da finalidade e de como foi usada anteriormente, porém sua conceituação refere-se ao momento em que o reuso será realizado. (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Dependendo das características das águas que recebem esgotos, a prática da irrigação por longos períodos pode levar à acumulação de compostos tóxicos, orgânicos e inorgânicos, e ao aumento significativo da salinidade, em camadas insaturadas do solo (FOSTER *et al.*, 1994).

A água é essencial para as plantas cítricas, pois é um componente integral das reações bioquímicas que ocorrem na planta. Há uma grande demanda de recursos, que às vezes é escasso e/ou de má qualidade, fazendo com que a reutilização de águas residuárias recuperadas nas regiões peri-urbanas, seja uma proposta atraente para a irrigação (HAMILTON *et al.*, 2007).

A irrigação é um dos métodos mais utilizados, ao longo do território nacional, de aplicação de água que recebem esgotos no solo, como forma de reutilização destes efluentes e não de tratamento propriamente dito, podendo ser por aspersão, por inundação ou por sulcos e canais (BERNARDES, 1986).

A escolha do método de irrigação está associada a vários aspectos, sendo mais importantes, a disponibilidade de água, o clima, a textura e a topografia do solo, bem como a disponibilidade de mão-de-obra (COELHO *et al.*, 2000).

A irrigação localizada deixou de focalizar exclusivamente a aplicação eficiente de água, mas leva em consideração a nutrição completa e alguns tratamentos fitossanitários da planta (FOLEGATTI, 1999). O mesmo autor sugere que a economia de água e de fertilizantes está fundamentalmente ligada à capacidade de controle e da uniformidade de aplicação, os quais possibilitam ganhos de produtividade, qualidade e padronização dos produtos, aumentando a eficiência energética e a rentabilidade das atividades agrícolas.

O método de irrigação localizada compreende sistemas nos quais a água é aplicada ao solo, diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades, porém com alta frequência de aplicação, de modo que mantenha a umidade do solo na zona radicular próxima à capacidade de campo, parâmetro que mede a capacidade de um solo para reter a água (BERNARDO *et al.*, 2006).

A irrigação por bacias em nível garante 85% de eficiência na aplicação (ALLEN, 1992). O consumo anual de água pelas plantas cítricas varia de 600 a 1200 mm. No Estado de São Paulo o consumo de água aproxima-se de 3,0 mm.dia⁻¹ em pomares irrigados e de 1,5 mm.dia⁻¹, nos não irrigados. Os dados de diferentes regiões do mundo mostram que o consumo dos citros no período de inverno é de 1,5 mm.dia⁻¹ e no período de verão é de 3,2 a 4,7 mm.dia⁻¹ (MARIN, 2002).

A absorção de água e nutrientes em citros, que ocorre durante todo o ano, é mais intensa durante as fases de floração, formação de novas folhas e ramos, o que corresponde aos meses de setembro a dezembro e março-abril no hemisfério sul (ATHAYDE *et al.*, 2008). A arquitetura radicular e sua capacidade de exploração das camadas mais profundas e úmidas do solo, juntamente com a maior razão entre a raiz e a parte aérea, podem ser um mecanismo importante de escape aos déficits hídricos. Dependendo do porta-enxerto utilizado, as raízes podem se desenvolver chegando até seis metros de profundidade, embora a maior quantidade delas se encontre próxima à superfície do solo (NORDELO & TORRE, 1991).

Moura (1994), pesquisando a água de irrigação, sob diferentes doses de adubos utilizados em fertirrigação, concluiu que para cada g.L⁻¹ dos adubos nitrato de potássio, nitrato de amônio, cloreto de potássio, sulfato de potássio e nitrato de cálcio, a condutividade elétrica (CE) era acrescida em 1,30, 1,48, 1,57, 1,27 e 0,97 dS.m⁻¹, respectivamente. Um grama de sulfato de amônio em um litro de água, incrementava a CE da solução formada em 2,1 dS.m⁻¹.

O uso da irrigação em pomares cítricos proporciona inúmeros benefícios. O aumento da produção de frutos nos pomares irrigados é da ordem de 35 a 75%, comparado aos pomares não-irrigados, gerando um ganho econômico extra ao produtor. A irrigação assegura boa florada e adequado pegamento de frutos, o que induz à produção de qualidade (MARIN, 2002).

Os elementos encontrados nas águas de irrigação não-poluídas, que mais comumente causam problemas de toxidez às plantas, são os íons cloro, sódio e boro (BERNARDO *et al.*, 2006). A magnitude do efeito da salinização depende da concentração do íon na água de irrigação, da sensibilidade da planta ao íon, da demanda evapotranspirométrica da região e o método de irrigação em uso. O estudo realizado por Rewald *et al.* (2012) apontou que valores da razão de absorção de sódio (RAS), na faixa de 1 a 4, na zona radicular de plantas lenhosas, implicou na redução de cerca de 23% das raízes.

O desenvolvimento dos ramos nos citros sofre influência acentuada do clima, principalmente da temperatura e da umidade (CASSIN *et al.*, 1968; MENDEL, 1969). A Pesquisa realizada por Davenport (1990) apontou que o déficit hídrico é o principal promotor de floração em citros, pois está diretamente relacionado com a quebra da dormência das gemas. O crescimento vegetativo, normalmente, ocorre em dois estádios de crescimento anuais bem definidos nas regiões de clima frio, enquanto nas regiões mais quentes, de clima tropical ou subtropical úmido, pode variar de três a cinco estádios (MEDINA *et al.*, 2005).

3.2. Planta

O nome limão é comumente utilizado para indicar frutas cítricas ácidas e inclui os limões verdadeiros [*Citrus limon* (L.) Burm. f.] e as limas ácidas, com destaque para as cultivares Tahiti [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] e Galego [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] (AMARO *et al.*, 2003).

As investigações para se determinar qual o cavalo que melhor se adaptaria as condições ecológicas do Estado de São Paulo com copas de laranjeira, pomelo e limão, iniciaram-se em 1937, na Estação Experimental de Ribeirão Preto-SP. Após quinze anos de estudos o cavalo de limão cravo apresentou razoável vigor vegetativo (MOREIRA *et al.*, 1962).

Com relação a porta-enxerto para lima ácida tahiti, há poucos estudos, o que evidencia a predominância da utilização do Limão Cravo, por induzir boa produtividade às plantas (MATTOS JR. *et al.*, 2003).

A limeira ácida tahiti apresenta floração principal nos meses de setembro a outubro, podendo haver várias outras temporãs em função das condições de temperatura e da disponibilidade de água, possibilitando produção durante todo o ano, embora concentrada nos meses de janeiro a junho, com pico de produção em abril a maio (JOMORI, 2005).

A ausência de sementes decorre da cultivar ter natureza triploide ($3n = 27$) e, por isso, apresenta meiose irregular, não havendo formação de grãos de pólen viáveis (BACCHI, 1940). Esporadicamente, em função da probabilidade de se desenvolverem alguns óvulos

funcionais, a polinização cruzada com espécies compatíveis pode levar à formação de raras sementes (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Para a comercialização, os frutos devem permanecer verdes. São colhidos quando atingem o pleno desenvolvimento, antes da ocorrência dos processos naturais de degradação da clorofila e de síntese de carotenóides, que provocam o desverdeamento da fruta (JOMORI, 2005). A produtividade pode chegar a 40 t.ha⁻¹, ao se utilizar irrigação, manejo nutricional, tratamentos fitossanitários e procedimentos de colheita adequados (LUCHETTI *et al.*, 2003).

A evapotranspiração da cultura (ET_c), é a evapotranspiração de uma cultura qualquer, em qualquer fase de seu desenvolvimento, quando se considera o albedo real e a resistência efetiva da cobertura vegetal ao transporte de vapor d'água (BARRETO *et al.*, 2003).

Segundo Doorenbos & Kassam (1994), o ciclo das culturas podem ser divididos em quatro fases: Fase I - período inicial ou de emergência (da germinação até cobrir 10% do solo). Nesta fase, a evapotranspiração ocorre principalmente em virtude da evaporação do solo; Fase II - corresponde ao desenvolvimento vegetativo da cultura (da fase anterior anterior até a cultura cobrir cerca de 70% a 80 % do solo). Nesse caso, a evapotranspiração ocorre principalmente em função da transpiração da cultura e o coeficiente da cultura (fator indicativo do consumo ideal de água ao longo do ciclo da planta) aumenta linearmente; Fase III - fase intermediária ou de produção (da fase anterior até o início da maturação); Fase IV - corresponde ao período de senescência ou maturação, quando o coeficiente da cultura começa a decrescer linearmente.

A maior resistência à perda de água ocorre entre as células das folhas e o ar circundante, onde os estômatos exercem uma importante resistência, atuando como o principal controle do movimento da água em todo o sistema (SUTCLIFFE, 1980). Essa resistência, denominada de resistência estomática, é tanto maior quanto maior for a demanda evaporativa do ar, e menor a umidade do solo.

A diagnose foliar e análise de plantas começou a ser estudada, em 1804, por Sausser. Em 1852, Liebig contribuiu com o estudo da manutenção da fertilidade pela reposição dos nutrientes exportados, e no Brasil, os estudos iniciaram, em 1895, na cultura do cafeeiro por Dafert (MALAVOLTA *et al.*, 1999).

O teor de elementos nas folhas é influenciado por diversos fatores, entre os principais segue: solo; adubação; correção da acidez; planta; família; espécie; variedade; folha; parte da

folha; clima; temperatura; chuva; insolação; práticas culturais; e pragas e doenças (MALAVOLTA, 2006).

O estado nutricional da planta é dado pela relação crescimento ou produção por concentração do nutriente (macro ou micro) na planta. Esse estado é caracterizado pelas seguintes fases: deficiente; adequado; alto; e tóxico. Há dois aspectos a serem observados o nível crítico, o qual limita pela falta de determinado(s) nutriente(s); e o nível tóxico. Entretanto, o fator limitante para a produção é a falta de nutriente(s) (MALAVOLTA, 2006).

Autores como, por exemplo, Reinhard & Rost (1995) e Croser *et al.* (2001) afirmaram que a salinidade reduz o número das raízes laterais em várias espécies lenhosas.

Desde o início dos anos de 1960, é sabido que os íons de cálcio têm um papel crucial na regulação de sal nas plantas e, especificamente, na seletiva de transporte ou de exclusão de sódio (Na), e outros íons minerais pelas membranas de células vegetais. LaHaye & Epstein (1969) comprovaram que os íons de cálcio (Ca^{+2}) presentes nas células vegetais atuam nas células das raízes, regulando a entrada de sódio.

O íon Na^+ é considerado potencialmente tóxico para as plantas (KINRAIDE, 1999; BLUMWALD, 2000). A remoção de Na^+ do citoplasma ou sua compartimentalização no vacúolo é realizada por proteínas antiporte Na^+/H^+ (APSE *et al.*, 1999), que utilizam as bombas de H^+ para regular a expressão e atividade dos transportadores de K^+ e Na^+ (ZHU *et al.*, 1993). Em baixas condições de salinidade, as plantas mantêm elevadas concentrações de K^+ e baixas concentrações de Na^+ no citosol. O K^+ é elevado em condições normais, pois é um íon móvel, que possui função osmótica, regulando a abertura e fechamento dos estômatos, auxiliando a ativação enzimática (TAIZ & ZEIGER, 1998). Contudo, o Na^+ é importante para algumas plantas que possuem o sistema C4, para regenerar o fosfoenol piruvato, que se junta ao CO_2 , iniciando a fixação de carbono (TAIZ & ZEIGER, 1998).

As plantas sob condição de salinização limitam a entrada de íons Na^+ ou acumulam este íon em seus tecidos mais velhos, formando um ambiente estoque, que logo será eliminado (WARWICK & BAILEY, 1997; TAIZ & ZEIGER, 1998).

As plantas do sistema C4 apresentam uma alta taxa de fotossíntese líquida associada com um alto ponto de saturação de luz. Além disso, possuem uma afinidade extraordinariamente alta por CO_2 . Isto está relacionado com o fato destas plantas (C4) quase

não realizar a fotorrespiração aumentando, assim, a taxa fotossintética. Por causa desta alta afinidade por CO₂, não existe inibição da fotossíntese por O₂ (MOHR & SCHOPFER, 1995).

O íon cálcio (Ca⁺²) possui papel estrutural e regulador no metabolismo de plantas (KIEGLE *et al.*, 2000). Normalmente, atua como mensageiro secundário ativando uma proteína chamada calmodulina que, por sua vez, ativa uma série de enzimas (ZHU, 2002). Assim, o resultado do aumento de Ca⁺² leva à transdução de sinais, que resulta em uma adaptação à salinidade (MENDOZA *et al.*, 1994; KNIGHT *et al.*, 1997), gerando um melhor manejo na eliminação e acúmulo de íons, reduzindo seus efeitos tóxicos (LIU & ZHU, 1997).

O estresse causado pelo aumento de íons de sódio (Na⁺) e cloro (Cl⁻), em determinadas plantas, faz com que esses elementos sejam acumulados em maior quantidade nas folhas, seguidos pelas raízes. Nesta situação, observa-se o efeito antagônico destes íons sobre o K⁺, que diminui, particularmente, nas folhas (PARIDA *et al.*, 2004).

A acumulação de compostos nitrogenados em plantas é comumente relacionada à tolerância a salinidade (MANSOUR, 2000).

A taxa fotossintética é menor em plantas tratadas com excesso de sal, apesar de o estresse ser mais evidente no conteúdo de clorofila e área foliar. A redução na taxa fotossintética é devido a vários fatores, tais como a desidratação das membranas, toxicidade por sais, redução do suprimento de CO₂ (fechamento de estômatos), senescência induzida pela salinidade e mudança na atividade das enzimas (induzidas por mudanças no citoplasma) (IYENGAR & REDDY, 1996). Esta redução depende de dois aspectos da salinização: concentração total de sal; e sua composição iônica (VERSLUES *et al.*, 2006). A concentração elevada de sais no solo aumenta o potencial osmótico, que reduz a disponibilidade de água para plantas (VERSLUES *et al.*, 2006). Este aumento no potencial osmótico inativa, tanto os transportadores de elétrons fotossintéticos, quanto os respiratórios (PAPAGEORGIOU *et al.*, 1998; ALLAKHVERDIEV *et al.*, 1999). A diminuição do potencial hídrico causa estresse osmótico, que inativa irreversivelmente a via do transporte de elétrons fotossintéticos por proteínas nos canais da membrana plasmática (ALLAKHVERDIEV *et al.*, 2000).

O sistema radicular absorve minerais na forma de macro e micro elementos estabilizados da matéria orgânica, para que possam ser sintetizados pelo sistema foliar. As raízes também respiram e, portanto, absorvem O₂ e eliminam CO₂ que se combina com

nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), ferro (Fe) e outros, auxiliando na estabilização da matéria orgânica disposta no solo (PAGANINI, 1997).

A água contaminada por esgotos quando entra em contato com o colo da planta propicia a formação de um filme biológico, desempenhando as funções de um filtro biológico. Neste local os organismos presentes na água entram em equilíbrio e transformam as substâncias dissolvidas e coloidais em sólidos estáveis que vão para o solo auxiliar a estabilização da matéria orgânica. Esta, por sua vez é absorvida na camada biológica, de modo a sofrer degradação aeróbia nas camadas exteriores. À medida que os organismos crescem, a espessura da camada biológica aumenta, e o oxigênio não consegue penetrar em todas as camadas, sendo consumido antes de atingir as faces interiores que se comportam anaerobicamente (PAGANINI, 1997). Quando em excesso a matéria orgânica pode ser prejudicial ao desenvolvimento da planta.

3.3. Solo

Reichardt (1990) define o solo como um material poroso, constituído por três frações (sólida, líquida e gasosa), que cobre parte da superfície terrestre originado por meio de processos de intemperização, servindo de apoio físico (sustentação), químico e biológico (nutrição) para a maioria dos vegetais.

Nos ecossistemas, onde há períodos do ano sem chuva, predominam plantas com raízes mais profundas que 1 m, pois apresentam vantagens, como a capacidade de obter água do subsolo, que é mais abundante, mesmo nos períodos de seca. As plantas, dessa forma, conseguem fazer mais fotossíntese (McCULLEY *et al.*, 2004).

No entanto, um dos fatores de maior importância para as plantas é a capacidade de explorar os nutrientes em profundidade. Nutrientes somente são absorvidos pelas plantas quando há água para dissolvê-los. Dessa forma, os nutrientes em profundidade são mais aproveitados, ou seja, quando encontrados são prontamente absorvidos, uma vez que, há quantidade de água intersticial é maior a medida que a profundidade aumenta. Já os nutrientes aplicados em camadas mais superficiais, para serem consumidos pelas plantas o solo deve estar úmido (McCULLEY *et al.*, 2004).

O arranjo espacial das partículas sólidas no perfil do solo resulta em espaços vazios que servem para transportar gases como O_2 , CO_2 , N_2 , NH_3 , vapores de água e a solução do solo, e permitem a troca de gases tóxicos na zona das raízes das plantas (BARRETO *et al.*, 2003).

O maior reservatório de nitrogênio (N_2) encontra-se na atmosfera (78% de N_2), de onde provêm a maior parte do nitrogênio utilizado na agricultura e é fixado através de processos industriais ou biológicos (MOREIRA, 2002). Nos solos o nitrogênio pode estar presente nas formas inorgânicas como os íons amônio (NH_4^+), ou íons nitrato (NO_3^-), ou em formas orgânicas, sendo que aproximadamente 98% do conteúdo total de nitrogênio apresentam-se na forma orgânica (RAIJ, 1991).

As raízes crescem preferencialmente nas regiões que contêm concentrações altas e favoráveis de nutrientes (DREW, 1975). No entanto, alguns nutrientes possuem preferência para serem absorvidos pelas plantas.

O uso de fertilizantes na agricultura permite melhorar a nutrição das plantas e alcançar produções elevadas. A absorção de nitrogênio, fósforo e potássio pelas plantas cítricas depende do pH do solo e a melhor faixa de pH está entre 4 e 8 (CRESTE, 2004).

Pitman & Laüchli (2004), mostraram que a salinidade é uma grande preocupação para a agricultura em todo o mundo, sendo que pelo menos 20% de todas as terras irrigadas, com fins agrícolas, já foram afetados por sais.

O processo de compactação do solo é oriundo de processos pedogenéticos, o qual é denominado adensamento (CAMARGO, 1983), ou da atividade antrópica, devido ao manejo do solo. A compactação ocorre devido a alteração da estrutura do solo, que promove uma reorganização das partículas e dos agregados, de modo a diminuir o espaço poroso (ROSOLEM *et al.*, 1999). Esta diminuição na porosidade acarreta a elevação da densidade do solo, influenciando diretamente a produtividade das culturas, uma vez que prejudica a dinâmica do ar, da água, dos nutrientes, da temperatura do meio, dos microrganismos e o desenvolvimento radicular das plantas (CAMARGO, 1983).

A percolação ocorre através dos macroporos, uma vez que esse fluxo é resultante do movimento da água livre ou gravitacional no perfil do solo, quando há aplicação de água em excesso (BARRETO *et al.*, 2003).

A infiltração e a percolação de efluentes tratados se beneficia da capacidade natural de biodegradação e filtração dos solos, proporcionando um tratamento *in situ* e permitindo, em função do tipo de efluente considerado, dos métodos de recarga, de condições hidrogeológicas e dos usos previstos, eliminar a necessidade de sistemas de tratamento avançados (HESPANHOL, 2003).

O manejo inadequado e contínuo dos solos modifica a relação entre os seus componentes, podendo resultar na diminuição do teor de matéria orgânica e da porosidade, reduzindo a fertilidade, a capacidade de infiltração e a retenção de água e, conseqüentemente, a produtividade das plantas cultivadas (BARRETO *et al.*, 2003).

A qualidade física do solo pode ser descrita de muitas maneiras. A densidade aparente é um índice que mostra a compactação do solo e interfere na capacidade de absorção das raízes das plantas (JONES, 1983). A friabilidade tem sido definida como a tendência de uma massa de solo não confinada a desagregar e desintegrar sob tensão aplicada em um intervalo de tamanho particular de pequenos fragmentos (UTOMO & DEXTER, 1981), indicando trabalhabilidade do solo e a resposta da lavoura.

O solo com sodicidade, ou seja, com elevado teor de sódio, pode ter sua permeabilidade reduzida, assim como a taxa de infiltração do solo, a condutividade hidráulica do solo, e aumento do encrostamento da superfície do solo, como resultado da dispersão do sódio no seu perfil (lixiação). No entanto, o aumento da quantidade de cálcio e magnésio podem reduzir a quantidade de sódio induzida por dispersão (PEARSON, 2003).

A relação de adsorção de sódio (RAS) é utilizada para obter informações sobre os teores comparativos de Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} em soluções do solo. A RAS do estrato de solo reflete os efeitos combinados de sódio, cálcio, magnésio e íons na dispersão no solo. Pesquisas sobre os efeitos das águas residuárias tratadas, nas propriedades do solo, tem sido realizada nos últimos anos, indicando que a aplicação dessas águas, em alguns casos, provocou o aumento da densidade do solo, a diminuição de porosidade, e a diminuição da condutividade hidráulica e da permeabilidade (AIELLO *et al.*, 2007).

A condutividade elétrica da solução do solo pode ser afetada pela temperatura e a capacidade diferente dos íons em conduzir a eletricidade. A temperatura padrão para medição da CE é de 25°C, e quando medições forem feitas em outras temperaturas, precisam ser

ajustadas para o padrão, ainda que muitos métodos de medição automática de condutividade elétrica do solo façam este ajustamento (SANTOS, 2000).

Uma das substâncias que mais prejudicam ou impedem o crescimento das plantas são os sais. O estudo sobre a salinidade da água e do solo não é recente. Em 1969, na Universidade da Califórnia, Estados Unidos, já se perguntavam porque em determinadas regiões Norte Americanas e de alguns países em desenvolvimento conseguiam apresentar altas produtividades agrícolas, sendo que a água predominante era salina. A produtividade foi atribuída a capacidade de lixiviação inerente a fertilidade do solo, temperaturas altas e intensa luminosidade (LAHAYE & EPSTEIN, 1969).

Abedi-Koupai *et al.* (2006) observaram que a taxa de infiltração do solo e condutividade hidráulica saturada aumentaram após aplicação de efluente líquido por aspersão, mas diminuiu na irrigação por superfície. A acumulação de chumbo (Pb), manganês (Mn), níquel (Ni) e cobalto (Co) no solo aumentou significativamente, depois da aplicação de águas residuárias. Ao longo do perfil do solo há uma diminuição no acúmulo desses metais (ABEDI-KOUPAI *et al.*, 2006).

O cálcio é o elemento predominante no complexo de troca, exceto em solos extremamente ácidos, onde cede lugar para o alumínio (MALAVOLTA, 2006).

A baixa redistribuição do cálcio, ou imobilidade no floema, característica que partilha com o boro, é devida, pelo menos em parte, ao fato de que as formas predominantes do cálcio em muitas espécies de plantas são insolúveis em água, como o pectato de cálcio, que compõe a parede celular. Dessa forma, conforme as células crescem, após a multiplicação, precisam constantemente de cálcio para a formação da parede celular (MALAVOLTA, 2006).

O movimento do cálcio no perfil, do solo, depende do ânion acompanhante, como cloreto (Cl^-), nitrato (NO_3^-) e sulfato (SO_4^{2-}), os quais formam pares com o cálcio (MALAVOLTA, 2006).

Segundo Raij *et al.* (1997), saturação de bases inferior a 51% é considerada baixa e entre 51-70% é considerada média.

Para calcários moídos, quando o poder de neutralização total não é determinado, pode-se adotar um valor médio de 67% (Raij *et al.*, 1997).

O boro é imóvel na planta, isto é, não se move das folhas ou de outros órgãos para atender a necessidade do crescimento, dessa forma, os sintomas de deficiência ocorrem em tecidos em crescimento (meristemas florais e vegetativos, pólen, fruto, raízes). Entretanto, para toda regra há exceções e o Boro é móvel no floema de algumas famílias de plantas (*Rosaceae*, *Oleaceae*, *Apiaceae*, *Celastraceae*, *Scrophulariaceae* e *Rubiaceae*) sendo que, o gênero *Coffea* (café) não está incluído. Na maioria das outras, o boro é realmente imóvel. Uma das respostas mais imediatas à deficiência de boro é a inibição ou a paralisação do crescimento da raiz principal e das raízes laterais (MALAVOLTA, 2006).

3.4. Estatística

De acordo com Alves (2007), a demanda crescente de informações implica um melhor conhecimento de técnicas para a organização e interpretação de dados, assim como, para a interpretação dos resultados que podem ser gerados em cada tipo de aplicação.

A escolha da técnica é justificada, basicamente, pelo que se pretende investigar através de um conjunto de dados (ALVES *et al.*, 2007). Contudo, a especificação de uma determinada técnica não implica em privar a combinação de uma segunda técnica para atingir resultados (ALVES *et al.*, 2007). Uma análise conjunta, quando bem estruturada, pode revelar melhores respostas para uma análise.

A denominação “Análise Multivariada” corresponde a um conjunto de métodos e técnicas, que analisam, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados (ALVES *et al.*, 2007).

De acordo com Mingoti (2005), a Análise de Agrupamentos também é conhecida como Análise de Conglomerados ou Análise de Classificação ou *Cluster Analysis*. Seu objetivo é agrupar os elementos da amostra ou população em grupos.

Para Mingoti (2005), é indispensável decidir, *à priori*, a medida de similaridade que será utilizada para se proceder ao agrupamento de elementos. Para isto, existem medidas apropriadas para análise de variáveis qualitativas e quantitativas. As medidas apropriadas para variáveis quantitativas também são chamadas de "dissimilaridade". Neste caso, quanto menores os seus valores, mais similares serão os elementos que estão sendo comparados.

Algumas dessas medidas de similaridade são: Distância Euclidiana; Distância Generalizada (ou Ponderada); e Distância de Minkowsky.

Uma decisão na análise se refere à formação do agrupamento do método hierárquico a ser empregado. É também um método aglomerativo, pelos agrupamentos serem formados pela combinação de outros já existentes (HAIR *et al.*, 2005).

Carvalho & Struchiner (1992) afirmam que a análise de correspondência é um método que permite a visualização gráfica das relações mais importantes de um grande conjunto de variáveis entre si (categóricas e contínuas categorizadas). A análise de correspondência parte de uma matriz de dados representados por uma Tabela de Contingência e converge para um gráfico que exibe as linhas e as colunas da matriz, como pontos de um espaço vetorial de dimensão menor que a original, de maneira a estabelecer relações entre linhas e colunas, e que possam ser interpretáveis (GREENACRE & HASTIE, 1984).

A técnica de Análise de Correspondência se revela uma técnica útil para disponibilizar a associação de variáveis categóricas através do seu dispositivo gráfico, gerado pelas relações existentes entre as mesmas. No entanto, a combinação de uma segunda técnica, a saber, da Análise de Agrupamentos, otimizou de forma considerável a interpretação de seus resultados. Portanto, é interessante despertar o interesse por pesquisas que expõem a combinação de métodos, uma vez que podem resultar num aperfeiçoamento dos resultados de uma análise. Ainda que cada técnica possua suas particularidades e objetivos específicos de pesquisa, o ajuste de duas ou mais técnicas podem proceder a invenção de uma nova técnica (ALVES *et al.*, 2007).

A utilização da análise multivariada de dados permite uma análise mais detalhada da base de dados. Uma das principais vantagens destas técnicas, como a análise de componente principal e a análise de cluster, é a capacidade de analisar grandes conjuntos de dados contendo muitas variáveis de unidades experimentais (VIALLE *et al.*, 2011).

O método aglomerativo de agrupamento inicia-se com o cálculo de uma matriz de distâncias entre as variáveis e finaliza-se com um dendrograma, no qual é possível verificar as fusões sucessivas dos indivíduos, até os indivíduos formarem um único grupo (REGAZZI, 2001).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O pomar avaliado, no presente trabalho, estava instalado na área da Semalo Indústria e Comércio de Alimentos Ltda, localizada no município de Campo Grande, Estado do Mato Grosso do Sul. A figura 4.1 apresenta o pomar de limoeiros. As coordenadas são 20°26'48'' Sul e 54°43'19'' Oeste. Segundo a classificação de Köppen & Geiger (1928) o clima, situa-se na faixa de transição entre os climas Cfa (clima temperado úmido com Verão quente) e Aw (clima tropical com estação seca de Inverno). O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico (EMBRAPA, 2006).

A área do pomar era de 3.840 m². Em março de 2010 o pomar já estava instalado com 80 pés de limoeiros tahiti. O espaçamento utilizado foi de 6 metros entre as plantas e 8 metros entre as linhas. Segundo a fábrica, durante a instalação do pomar não foi realizada a correção de acidez do solo em área total, apenas nas covas. Não foi realizado preparo do solo (subsolagem, gradeamento ou aração) na área. No momento da abertura das covas foi aplicado 1Kg de calcário por cova e adubo orgânico na proporção de uma lata (20L) de adubo para duas de terra.



Figura 4.1 - Área do Pomar (23/04/2010)

4.1. Estatística

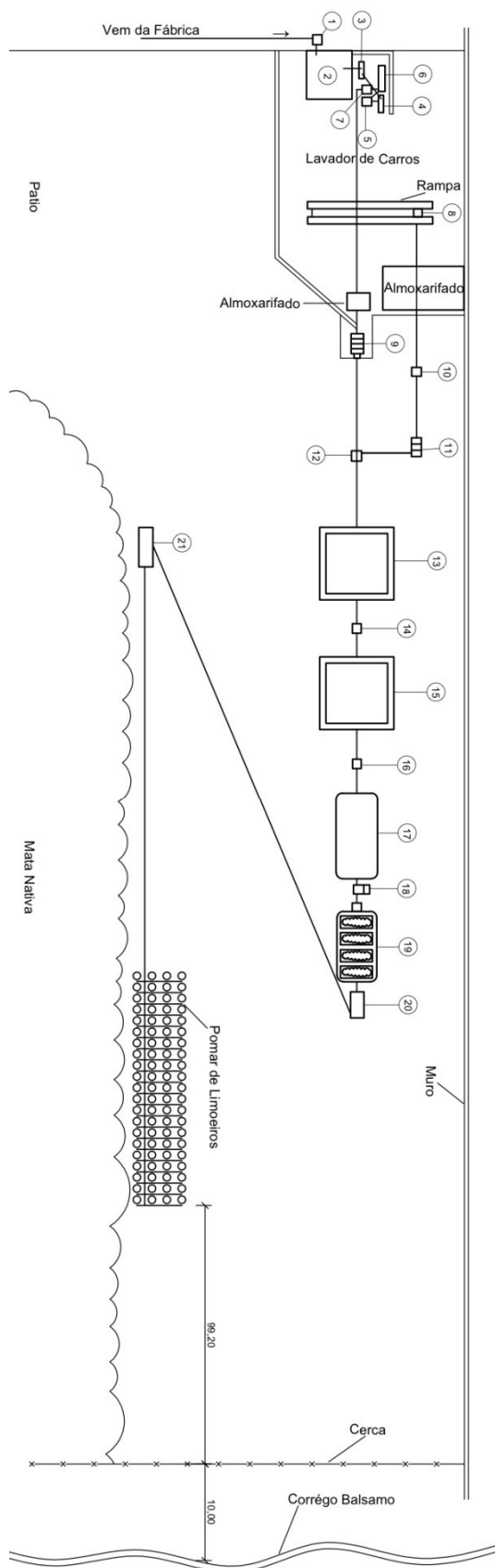
Com o objetivo de comparar médias de dados racionais do efluente, da planta e do solo, foi realizado teste de normalidade proposto por Kolmogorov e Smirnov para confirmar a distribuição gaussiana dos dados. Adotou-se o desvio padrão como medida de variabilidade entre as amostras de dados.

Para a avaliação de correlação linear entre as amostras do efluente, da planta e do solo foi utilizado o teste de Pearson com 5% de significância. A análise multivariada utilizada foi a de Cluster e para a determinação do número de agrupamentos foi utilizado a distância euclidiana.

A área de aplicação do efluente foi comparada com uma testemunha, que recebeu o mesmo preparo inicial e tratamentos fitossanitários, mas foi irrigada apenas com água.

4.2. Água

O efluente utilizado na fertirrigação do pomar foi tratado biologicamente. O esquema representativo do sistema de tratamento pode ser observado na figura 4.2. O tratamento inicia-se no tanque de equalização, segue para as unidades de separação de sólidos (peneira rotativa e filtro prensa), caixa de separação de água e óleo, lagoa anaeróbia, lagoa facultativa 1, lagoa facultativa 2, e banhado artificial. Ao término desse processo o efluente é armazenado em um tanque de 5.000L e segue para o pomar através de tubulações.



Legenda

1. Caixa de passagem
2. Tanque de mistura
3. Bomba helicoidal
4. Peneira rotativa
5. Tanque de efluente a ser filtrado
6. Filtro prensa
7. Tanque de efluente filtrado
8. Caixa de visita
9. Tanque de separação água e óleo
10. Caixa de visita
11. Tanque de separação
12. Caixa de visita
13. Lagoa anaeróbia
14. Caixa de visita
15. Lagoa facultativa 1
16. Caixa de visita
17. Lagoa facultativa 2
18. Medidor de vazão
19. Banhado artificial
20. Tanque de efluente tratado
21. Tanque de efluente para distribuição

Figura 4.2 - Esquema representativo do sistema de tratamento de efluentes (Adaptado de Semalo Ind. e Comércio Ltda)

A figura 4.3 retrata o sistema de irrigação localizada. O sistema de irrigação da fábrica não permitia regulagem da taxa de aplicação, assim sendo, foi aferida a vazão média aplicada de efluente, $1,69 \text{ L.min}^{-1}$. A produção estimada de efluente foi de aproximadamente $56 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$.



Figura 4.3 - Sistema de irrigação localizada (23/04/2010)

A amostragem do efluente foi pontual (simples), ou seja, uma amostra representa a composição do efluente ou corpo d'água somente no momento da coleta. Inicialmente, avaliou-se a condutividade elétrica (CE), demanda bioquímica de oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$), demanda química de oxigênio (DQO), fosfato total (PT), nitrogênio total (NT), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), óleos e graxas (OG), pH, sólidos suspensos (SS), sólidos totais (ST), temperatura ambiente, temperatura da amostra, turbidez, cálcio (Ca), cádmio (Cd), cobre (Cu), ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg), manganês (Mn), sódio (Na), níquel (Ni), chumbo (Pb), zinco (Zn), razão de absorção de sódio (RAS), e porcentagem de sódio solúvel (PSS) do efluente, em uma campanha, diariamente, durante 5 dias, a fim de avaliar as oscilações durante um ciclo.

O ciclo foi definido como o intervalo de limpeza dos equipamentos utilizados para a produção de salgadinhos. Durante a semana, a indústria varia o tipo de matéria prima, a quantidade de produzida de salgadinhos, e o tempo de funcionamento.

Com o objetivo de analisar a influência do efluente tratado como água de irrigação na cultura do limoeiro, analisou-se os parâmetros CE, $\text{DBO}_{5,20}$, DQO, PT, nitrato (NO_3), Nitrito (NO_2), NT, NTK, OG, pH, SS, ST, temperatura ambiente, temperatura da amostra, turbidez, Ca, K, Mg, Na, RAS, e PSS, mensalmente, no período de sete meses. O efluente foi coletado na primeira ou última semana de cada mês e, preferencialmente, às quartas-feiras, evitando-se assim, a coleta durante o período de limpeza e manutenção dos equipamentos.

As análises físico-químicas do efluente foram realizadas no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA/UFMS). A análise dos metais foi utilizado o equipamento Espectrômetro de Absorção Atômica Multi Sequencial, Varian, modelo 220 FS.

A escolha dos requisitos básicos de amostragem, preservação e análise do efluente foram realizados de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WEF, 2005), exceto razão de absorção de sódio e porcentagem de sódio solúvel (BERNARDO *et al.*, 2006).

4.3. Planta

Para a determinação dos nutrientes foliares do limoeiro foi realizada a coleta da 4ª folha, preferencialmente de ramos frutíferos, na quantidade de 2 a 3 folhas por planta (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Coletou-se todas as plantas do pomar, perfazendo um total de 240 folhas por amostragem. A frequência de amostragem foi mensal e foi realizada durante sete meses.

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel estéreis e encaminhadas, no mesmo dia em que foram coletadas, ao Laboratório Solos Ltda onde foi determinado nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), boro (B), manganês (Mn), e enxofre (S).

4.4. Solo

A amostragem de solo foi realizada com um trado holandês, coletou-se 10 pontos aleatoriamente, a 50 cm de distância do caule das plantas, na projeção da copa, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, a fim de compor uma amostra composta. As amostras compostas foram acondicionadas em sacos plásticos estéreis e encaminhadas, em até 2 dias, ao Laboratório Solos Ltda.

No laboratório analisou-se os seguintes parâmetros pH em água, pH em CaCl_2 , matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), enxofre (S) e acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}$). A amostragem foi realizada mensalmente durante sete meses.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Efluente tratado

Os resultados da análise físico-químicos do efluente são apresentados na tabela 5.1 e 5.2, respectivamente. O efluente não atende os padrões de lançamento nos corpos d'água, segundo o CONAMA 430/11 e CECA 036/12.

Na tabela 5.1, observou-se que $\text{DBO}_{5,20}$ na média, $233,34 \text{ mg.L}^{-1}\text{O}_2$, não atende a CECA 036/12 para lançamento de efluente em corpos hídricos. O OG, apresentou valor máximo de $83,30 \text{ mg.L}^{-1}\text{OG}$, entretanto na média ficou com valor de $22,63 \text{ mg.L}^{-1}\text{OG}$, atendendo as legislações CONAMA 430/11 e CECA 036/12. O pH durante o período atendia os padrões de lançamento de ambas as legislações citadas. A temperatura da amostra manteve-se com valores abaixo do limite estabelecidos pelas legislações CONAMA 430/11 e CECA 036/12. Os demais parâmetros, apresentados na tabela 5.1, não possuem limites estabelecidos pelas legislações citadas.

Tabela 5.1 - Qualidade físico-química do efluente tratado

Dia	pH	Turbidez	$\text{DQO}_{5,20}$	$\text{DBO}_{5,20}$	CE	Temp Amb.	Temp Amostra	OG	Fósforo Total	NTK	SS	ST
	-	UNT	$\text{mg.L}^{-1}\text{O}_2$		$\mu\text{S.cm}^{-1}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{mg.L}^{-1}\text{OG}$	$\text{mg.L}^{-1}\text{P}$	$\text{mg.L}^{-1}\text{N}$	$\text{mg.L}^{-1}\text{SS}$	$\text{mg.L}^{-1}\text{ST}$
1	7,6	61,0	769,49	358,04	881,49	24,0	21,0	5,12	11,20	0,38	0,10	804,67
2	7,5	65,6	641,25	180,24	889,43	26,0	21,0	6,84	17,70	0,63	0,00	716,67
3	7,4	76,6	694,68	189,98	1637,00	25,0	21,0	7,97	6,04	0,13	0,00	998,00
4	7,9	320,0	109,01	87,68	1248,00	22,0	18,0	83,30	50,85	0,63	0,00	1292,67
5	7,6	125,0	179,55	350,74	1774,00	21,0	17,0	9,90	41,95	0,38	0,00	1345,33
Média	7,6	129,64	478,80	233,34	1285,98	23,6	19,6	22,63	25,55	0,43	0,02	1031,47
DP	0,2	109,41	309,75	117,52	413,43	2,1	1,9	33,96	19,73	0,21	0,04	282,13
Máx.	7,9	320,00	769,49	358,04	1774,00	26,0	21,0	83,30	50,85	0,63	0,10	1345,33
Mín.	7,4	61,00	109,01	87,68	881,49	21,0	17,0	5,12	6,04	0,13	0,00	716,67
*	5-9	-	-	-	-	-	>40,0	50,00	-	-	-	-
**	5-9	-	-	100	-	-	>40,0	50,00	-	-	-	-

* CONAMA 430/11 Padrão para lançamento de efluentes

** CECA 036/12 Padrão para lançamento de efluentes

A tabela 5.2 mostra que o Ni, Cd, Pb e Zn atendem os padrões de lançamentos do CONAMA 357/05, 430/11 e CECA 036/12. O Mn não estava em conformidade com o

CONAMA 357/05 para ser lançado no corpo d'água. Os demais metais totais, apresentados na tabela 5.2, não possuem limites estabelecidos pelas resoluções mencionadas anteriormente.

Tabela 5.2 - Níveis de metais no efluente tratado

Metais Totais	Média ($n=5$)	Desvio Padrão	Máximo	Mínimo	CONAMA 430/11	CECA 036/12
	mg.L ⁻¹					
Mg	8,6034	2,7324	11,3228	4,0908	-	-
K	102,7838	65,8040	187,2750	20,1188	-	-
Na	34,5875	14,7089	53,8750	15,8583	-	-
Fe	4,2821	2,2462	7,7448	1,8698	-	-
Ca	5,1894	1,4927	6,4623	2,6461	-	-
Mn	0,3015	0,1446	0,4780	0,0768	0,1*	-
Cu	0,0252	0,0202	0,0527	0,0036	-	-
Ni	0,0600	0,0143	0,0786	0,0384	2,0	2,0
Cd	0,0018	0,0008	0,0028	0,0006	0,2	0,2
Pb	0,0196	0,0058	0,0288	0,0140	0,5	0,5
Zn	0,1738	0,0869	0,2781	0,0796	5,0	5,0

* CONAMA 357/05

A figura 5.1 apresenta o dendrograma dos 21 parâmetros avaliados em uma amostra coletada em 5 dias consecutivos para representar a variação dos parâmetros analisados, no período de uma semana, a similaridade foi de 71,89%.

Os dez grupos de cluster apresentados na figura 5.1 e sua similaridade são, respectivamente: Mg e NTK, 91,56%; K, Na, RAS, PSS e Ni, 94,58%; Fe e Mn, 94,56%; Ca, 84,38%; Cu, Pb, Zn, DBO e SS, 94,59%; Cd, 87,30%; pH, turbidez, OG e P_{total}, 93,86%; DQO, T_{amostra} e T_{ambiente}, 96,69%; CE, 86,79%; e ST, 91,56%.

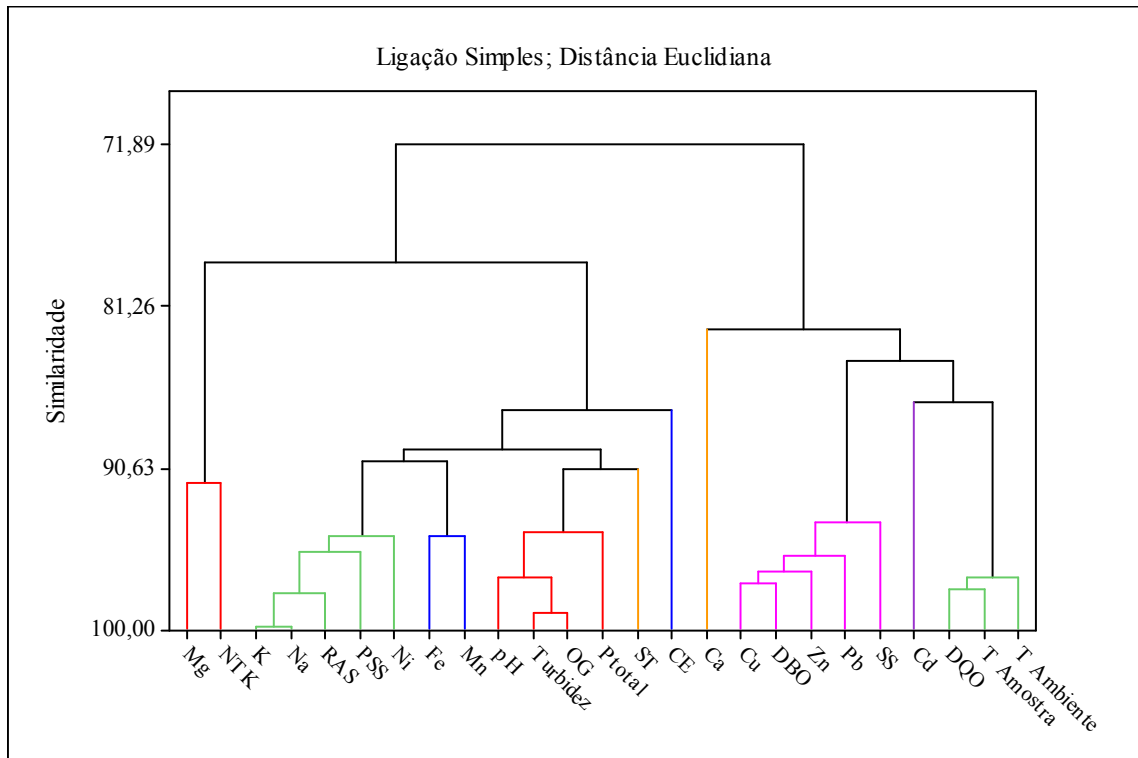


Figura 5.1 - Dendrograma dos parâmetros do efluente

A figura 5.2, apresenta o dendrograma com base nos parâmetros analisados durante os sete meses de observação, mostrando que existe 69,05% de similaridade entre os parâmetros neste período, com exceção do mês de julho. O baixo valor de similaridade encontrado para o mês de julho foi provavelmente devido as atividades de manutenção e/ou reparo das linhas de produção ou aumento na intensidade de produção da fábrica na semana de amostragem do mês de julho.

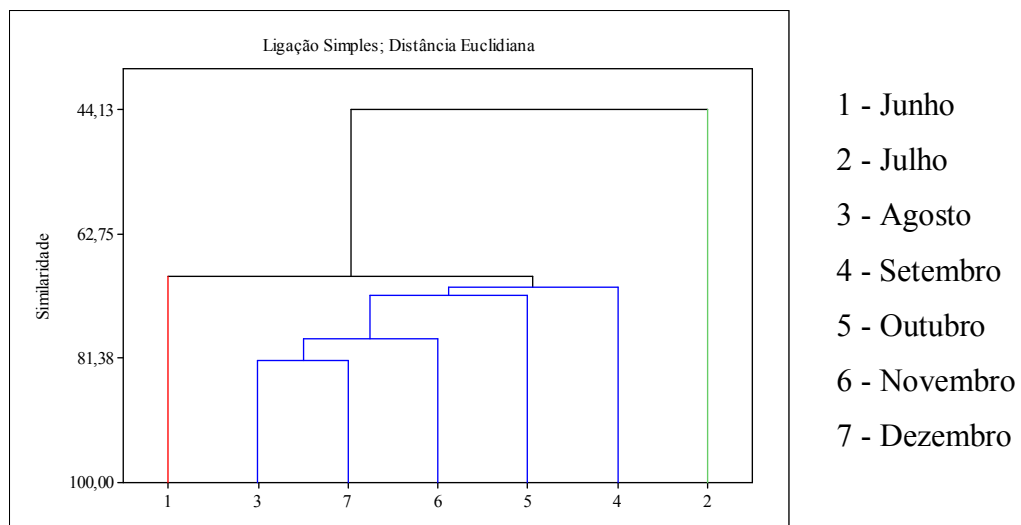


Figura 5.2 - Dendrograma do efluente, 7 meses

A figura 5.3 mostra o dendrograma do efluente analisado durante sete meses. A similaridade entre os parâmetros Na e K no efluente foi alta, 91,02%, igualmente, entre a Na e RAS, 85,17%, a RAS e PSS, 94,52%, Ca e Mg, 91,81%, apontando correlação forte entre eles. A similaridade dos parâmetros citados, com a CE foi de 80,30%, indicando uma correlação forte com ela.

Os parâmetros contidos nos dez grupos de cluster na avaliação do efluente ao longo de sete meses (Figura 5.3), mantêm similaridade significativa entre os grupos exceto com o nitrito (58,60%).

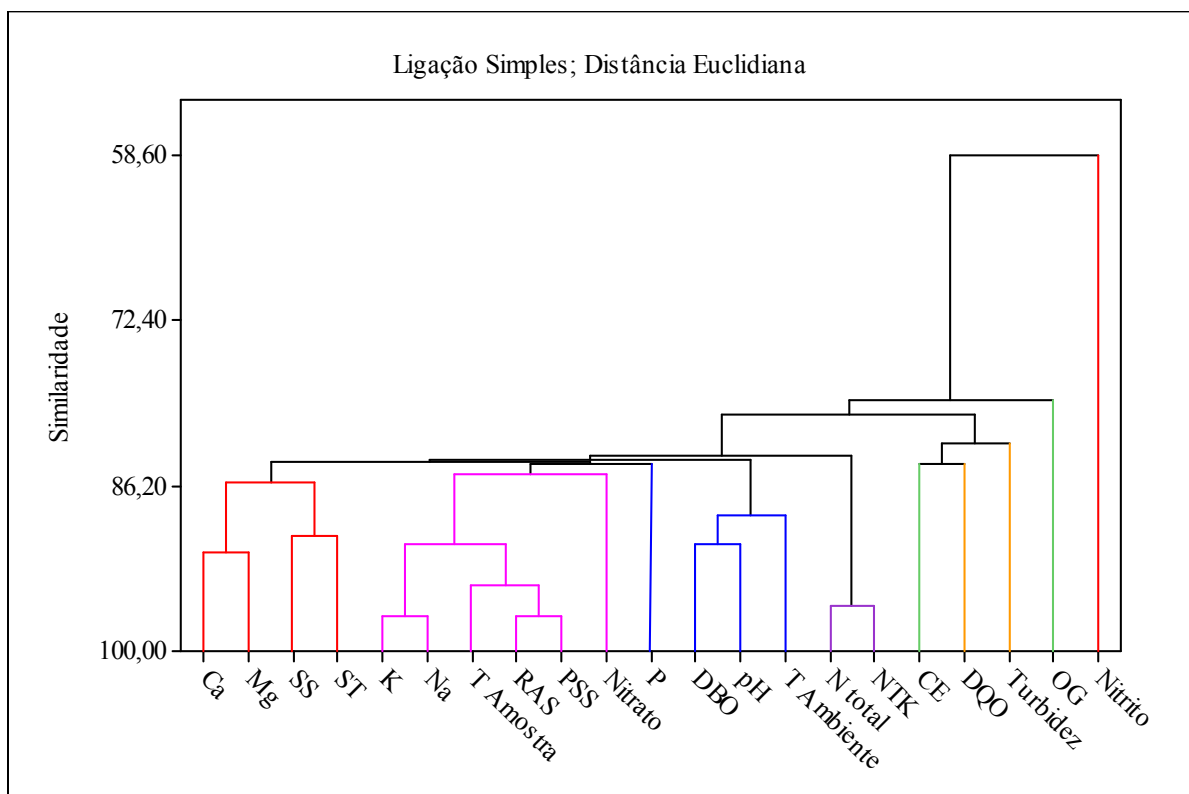


Figura 5.3 - Dendrograma dos parâmetros do efluente (7 meses)

A figura 5.4 mostra o comportamento do Ca, Mg, P e nitrogênio (nitrato, nitrito e N_{total}) ao longo dos sete meses avaliados. A quantidade de P e N_{total} apresentaram grande variação durante os meses de monitoramento, decorrente da variação do processo industrial e eficiência da estação de tratamento de efluente da fábrica. O nitrito reduziu ligeiramente no primeiro mês e se manteve constante durante todo o período ao contrário do nitrato que oscilou, provavelmente em função da eficiência do sistema de tratamento e variação do processo industrial.

As concentrações de Ca e Mg aumentaram no efluente de julho a setembro, e de setembro a novembro reduziram (Figura 5.4). A quantidade desses elementos está ligada diretamente ao processo industrial e ao tempo de funcionamento das linhas de produção.

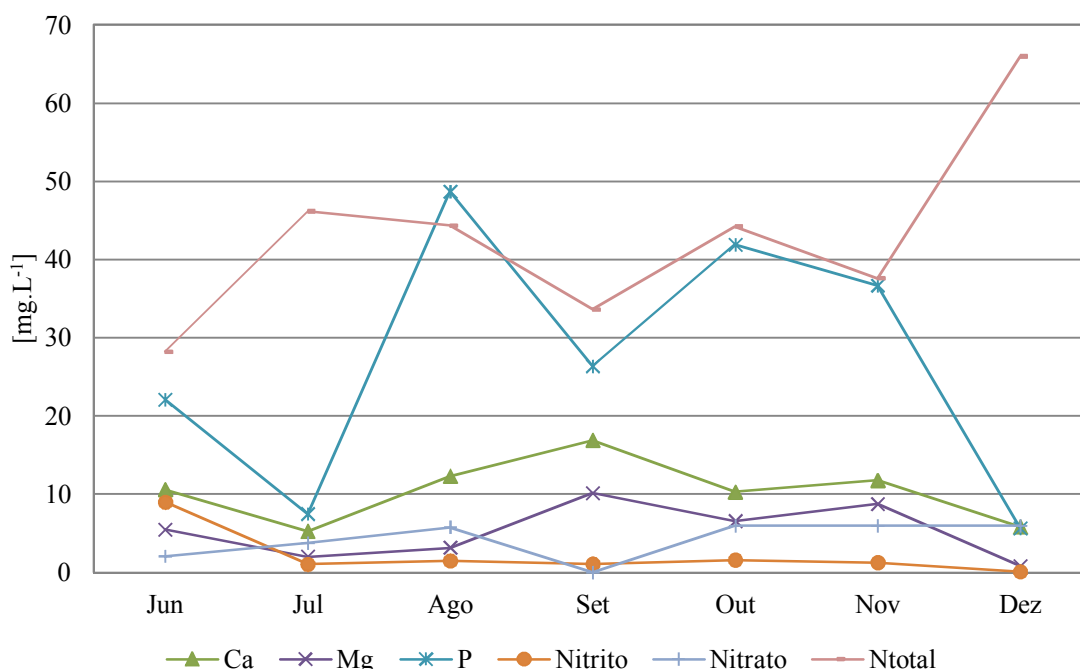


Figura 5.4 - Comportamento do Ca, Mg, P, Nitrito, Nitrato e N_{total}, no efluente

A figura 5.5 apresenta o comportamento da RAS, K e Na no efluente, durante o período analisado. Na figura 5.5 observa-se o aumento do K e Na no efluente entre os meses de junho a novembro e no mês de dezembro estes parâmetros apresentaram valores inferiores ao de julho, o aumento da dessas duas variáveis está relacionado com o incremento na produção de salgadinhos. A RAS e o Na aumentaram nos três primeiros meses e, após esse período, mantiveram-se acima de 9,78 e 206mg.L⁻¹, respectivamente, até novembro. A quantidade de Na diminuiu em dezembro, mas a RAS manteve-se elevada.

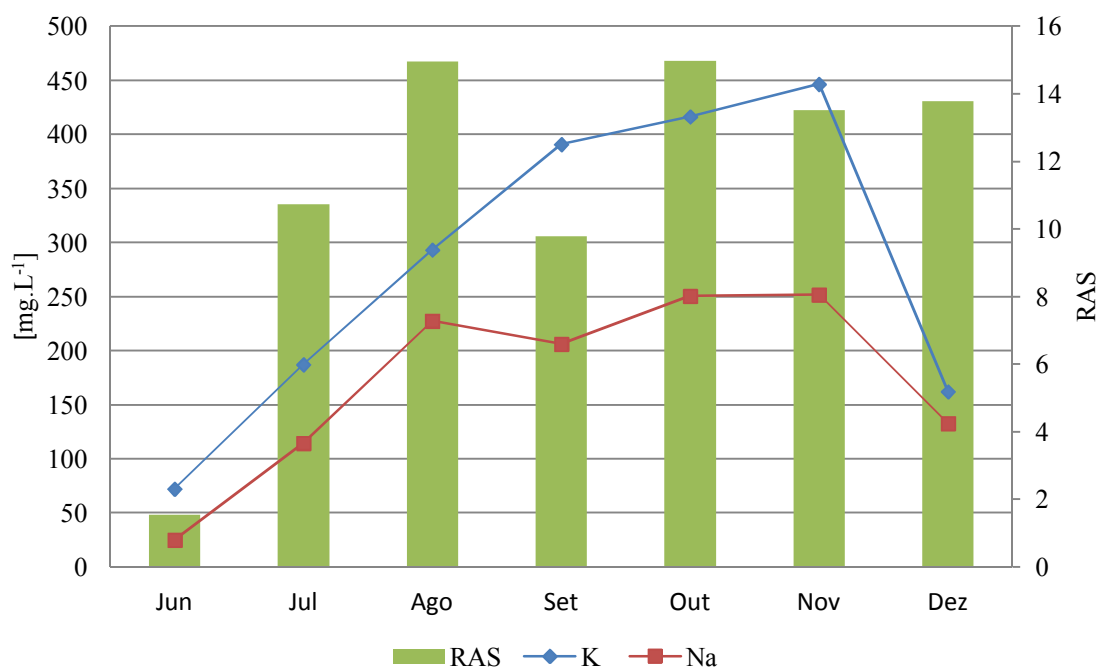


Figura 5.5 - Comportamento da RAS, K e Na no efluente

A correlação entre Mg, Ca, P, NTK, N_{total} , K e CE no efluente é apresentada na figura 5.6. O Mg e Ca possuem forte correlação (84%), assim como, na série nitrogenada, o NTK e o N_{total} (92%) e entre o K e o Na (94%).

A água é um solvente químico que reage com cátions e ânions, ligando-os conforme a sua afinidade entre os mesmos. O Mg e Ca possuem forte correlação observada na figura 5.4 que, quando um deles aumenta, o outro também deve aumentar na mesma proporção, e vice-versa. O mesmo ocorre entre o K e o Na, conforme pode ser observado na figura 5.5.

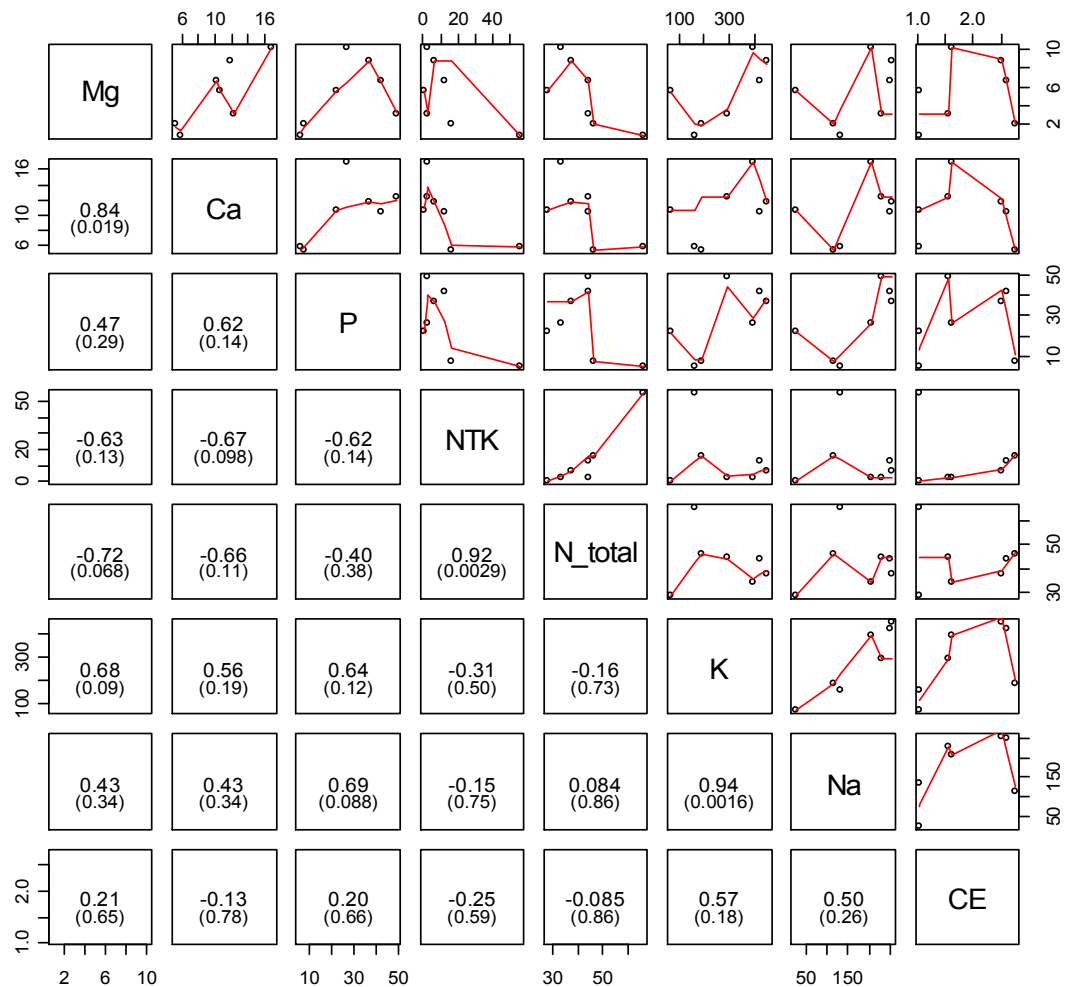


Figura 5.6 - Correlação entre parâmetros do efluente

A tabela 5.3 apresenta a resultados da análise do efluente tratado quanto a salinidade. O valor médio de Na e da RAS indica grande salinidade do efluente, para com as plantas. A figura 5.4 e a tabela 5.3 mostram a variação de Na e da RAS, ao longo do estudo.

Segundo Ayers & Westcot (1985), os valores de CE na água de irrigação (Tabela 5.3) apontam perdas no potencial produtivo das plantas entre 10 e 50%, uma vez que a CE varia de 1,0 a 2,6dS.m⁻¹.

Tabela 5.3 - Análise do efluente tratado quanto a salinidade

Mês	Na (mg.L ⁻¹)	CE (dS.m ⁻¹)	RAS	Salinidade*
Junho	53,88	1,77	1,55	Alta
Julho	114,71	1,04	10,73	Alta
Agosto	227,77	2,75	14,96	Muito Alta
Setembro	206,23	1,56	9,78	Alta
Outubro	250,50	2,59	14,98	Muito Alta
Novembro	251,73	2,50	13,52	Muito Alta
Dezembro	133,03	1,05	13,79	Alta
Média	176,84	1,89	11,33	Alta
Desvio Padrão	76,80	0,72	4,76	-

* UNITED STATES (1954)

A figura 5.7 mostra a matriz de correlação dos parâmetros relacionados com a salinidade do efluente tratado durante os cinco dias de avaliação. Ayers & Westcot (1985) afirmam que o *citrus* é sensível ao íon sódio na água e indicam que a razão entre a RAS e a CE pode interferir na capacidade de infiltração de água no solo. A correlação entre a Na e a RAS foi de 96%, entre RAS e CE de 63% e entre RAS e PSS de 91% (Figura 5.5).

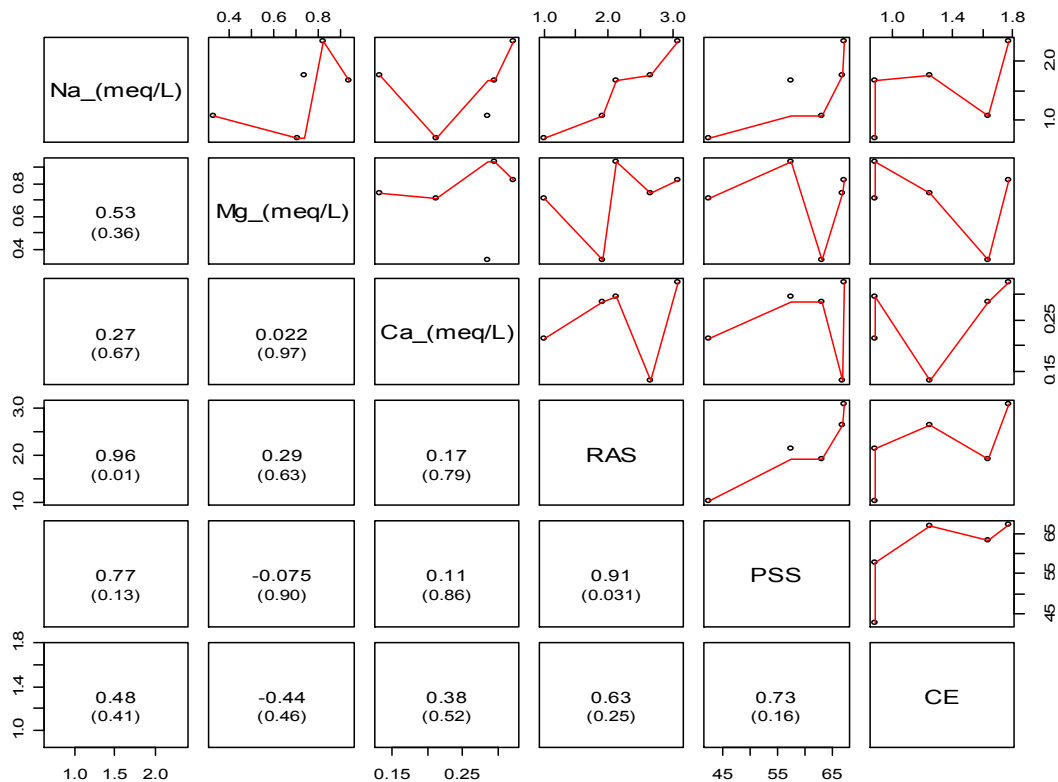


Figura 5.7 - Matriz de correlação dos parâmetros de salinidade no efluente (5 dias)

A figura 5.8 apresenta a matriz de correlação dos parâmetros de salinidade do efluente tratado no período monitorado. A correlação entre o Na e a RAS manteve-se elevada (82%), assim como, entre a RAS e a porcentagem de sódio solúvel (PSS) (94%) quando comparados com a matriz de salinidade para cinco dias (Figura 5.8). A relação RAS e a CE diminuiu para 42% quando realizado o mesmo confronto.

A correlação entre o Na e a CE manteve-se praticamente igual, entre a avaliação de cinco dias e sete meses, 48% e 50%, respectivamente (Figuras 5.7 e 5.8). A redução da correlação entre a RAS e a CE indicou que não houve contribuição do Na, para o aumento da CE (Tabela 5.3).

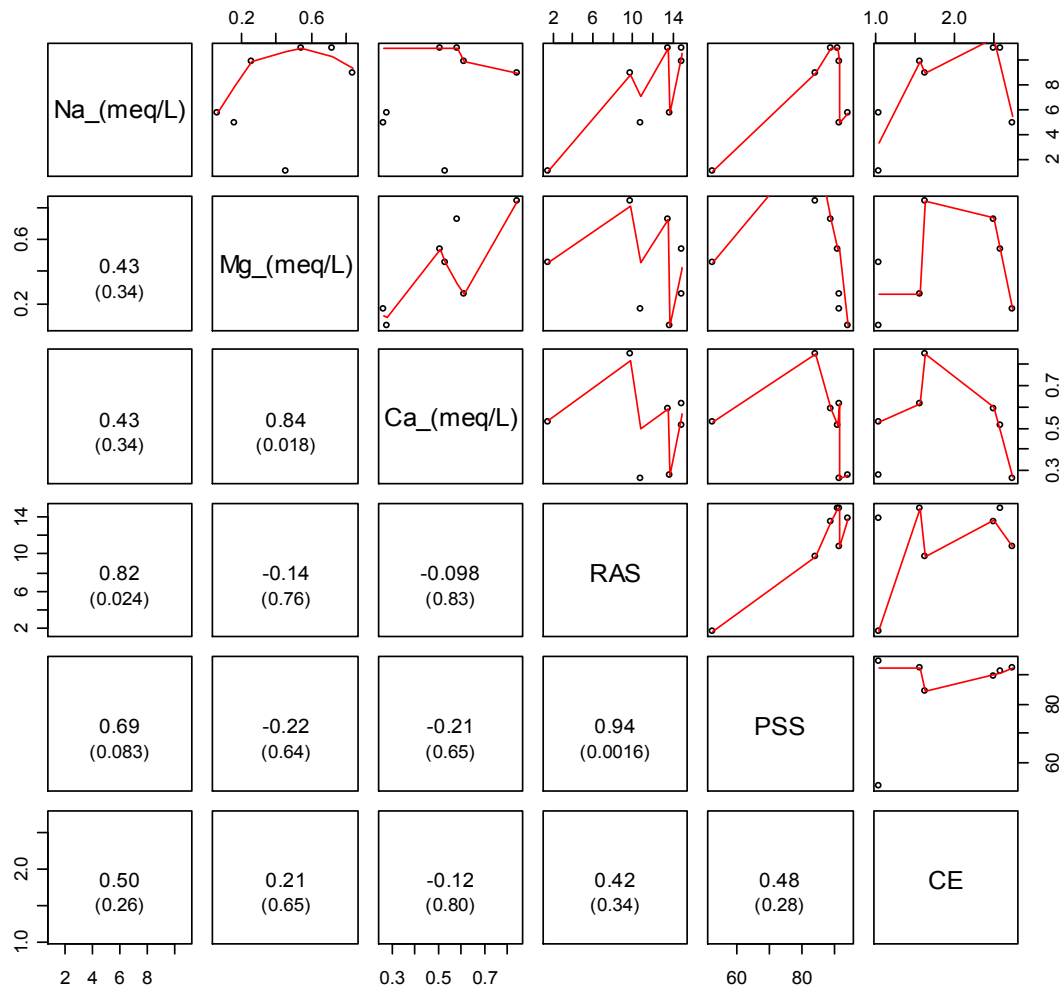


Figura 5.8 - Matriz de correlação dos parâmetros de salinidade no efluente (7 meses)

5.2. Planta

A tabela 5.4 mostra os teores médios de macro e micronutrientes nas folhas. Neste trabalho observou-se que o valor de Ca foi menor que o de potássio K (Tabela 5.4). Segundo Malavolta (2006) o teor de Ca em citros é normalmente maior que o de potássio.

Rodriguez (1991), estudou a adubação e nutrição de *citrus*, encontrando valores de macronutrientes nas folhas próximos aos de referência (Tabela 5.4), contudo, em relação ao presente trabalho, o valor de Ca foi muito baixo (Tabela 5.4). O fato pode ser explicado pela aplicação de água com altos teores de sódio, o excesso deste elemento desregulou o sistema de transporte de metabólitos na planta, ou seja, ocorreu um acúmulo de sódio nas folhas, em detrimento ao de Ca. Como o cálcio é responsável pela ativação de várias enzimas, muitas responsáveis pelo crescimento, a sua redução provocou o prostamento no desenvolvimento da planta. A produção estimada de efluente tratado foi de aproximadamente $56\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$, ou seja, a quantidade de Na (Tabela 5.3) aplicada no solo foi de aproximadamente $26\text{Kg de Na}.\text{(ha.dia)}^{-1}$.

Tabela 5.4 - Níveis de macro e micro nutrientes nas folhas de *Citrus*

Nutriente	Valor Médio	Desvio Padrão	Valor de referência *	Unidades
N	27,16	2,59	24-26	g.kg ⁻¹
P	2,11	0,35	1,2-1,7	
K	28,38	7,48	10-14	
Ca	7,55	0,39	35-40	
Mg	1,98	0,41	2-3	
S	1,90	1,09	1-4	
Fe	317,94	98,29	130-300	mg.kg ⁻¹
Mn	25,78	11,64	25-50	
Zn	15,46	2,11	25-50	
Cu	7,71	4,43	10-30	
B	33,85	4,87	60-140	

* Malavolta (2006).

A figura 5.9 mostra a clorose nas folhas. O acúmulo de íons de sódio, principalmente, nas folhas, contribuiu para a redução do crescimento dos limoeiros, e o baixo teor de Zn favoreceu a clorose e a queima de tecidos (Figura 5.9). Após 4 meses do plantio, as plantas não se desenvolveram como o esperado.



Figura 5.9 - Clorose nas folhas (08/09/2010)

A figura 5.10 apresenta o comportamento dos macronutrientes na planta. A planta de limoeiro consome, no período inicial de desenvolvimento, mais P que o N e K, respectivamente. Ao relacionar a figura 5.10 e a tabela 5.4 observa-se que não há carência de nenhum desses elementos, então, o baixo desenvolvimento vegetativo não está relacionado a carência na planta desses nutrientes.

Os valores de Ca e Mg diminuem ao longo do tempo (Figura 5.10), sugerindo que a planta não está sendo nutrida adequadamente. Na tabela 5.4 verificou-se que o Ca, apresentou teor médio inferior ao de referência.

Em geral, o N tem seus teores reduzidos no processo de crescimento das plantas, uma vez que, esse elemento é requerido em vários processos metabólicos que envolvem a produção de energia (Malavolta & Carvalho, 1982 a,b,c). Na figura 5.10, observa-se que em julho, setembro e dezembro o consumo deste nutriente, reflexo do aumento da produção de fotoassimilados.

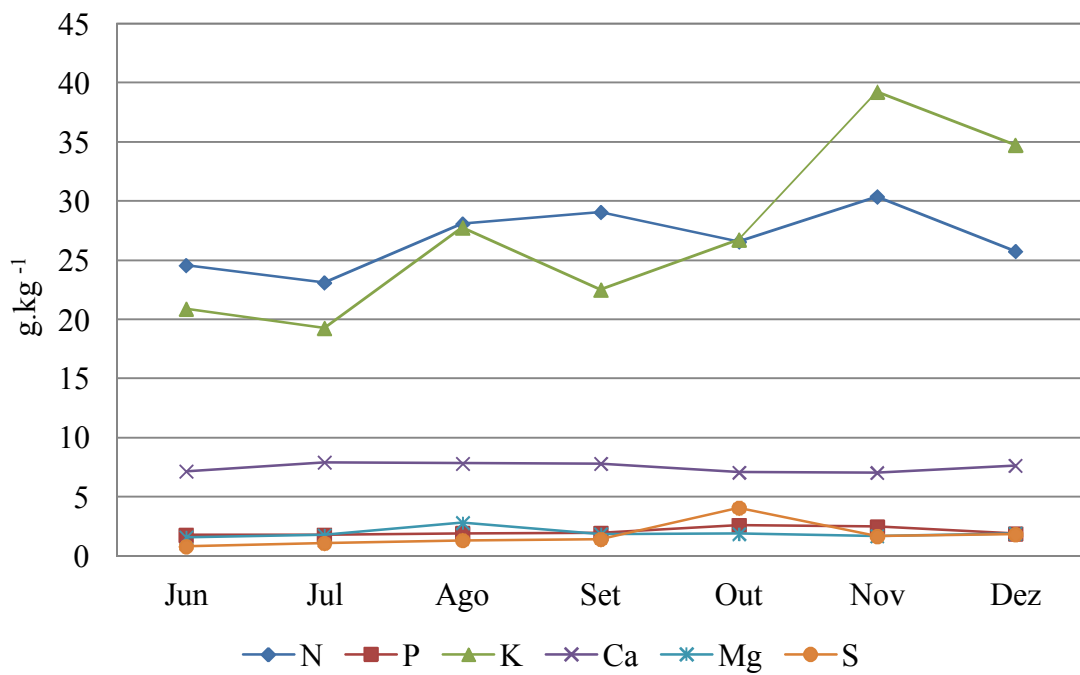


Figura 5.10 - Comportamento dos macronutrientes nas plantas ao longo de sete meses

Na figura 5.11 observa-se o pomar parcialmente sombreado. O sombreamento contribui para a redução da produção de fotoassimilados. A área de vegetação nativa, que fábrica preserva, sombreou 25% das plantas do pomar.

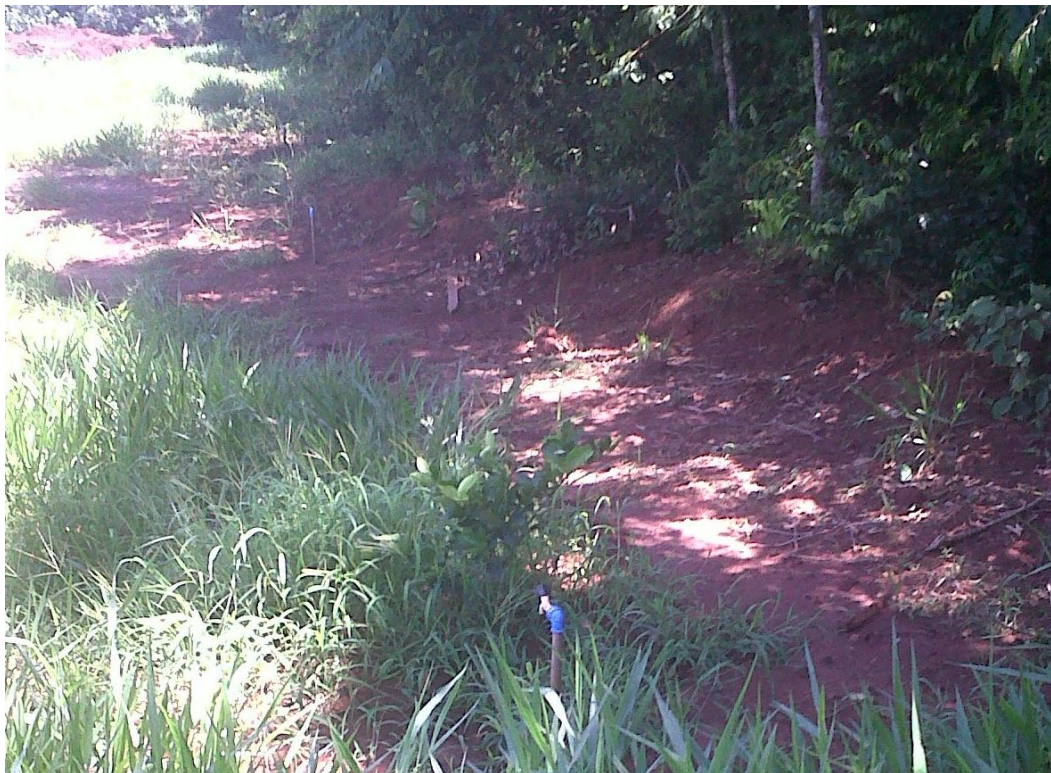


Figura 5.11 - Sombreamento do pomar, em 18/11/2010, às 12:00 horas

A figura 5.12, apresenta o comportamento dos micronutrientes na planta. Observa-se o aumento de três micronutrientes de agosto para setembro: Fe de 294 para 471mg.Kg⁻¹; Mn 23,8 para 48,3mg.Kg⁻¹; e cobre (Cu) 5,5 para 16,13mg.Kg⁻¹. Normalmente a planta apresenta menor crescimento entre junho e agosto devido a menor temperatura. Na figura 5.11 o aumento de crescimento pode ser observado na redução de K de agosto para setembro.

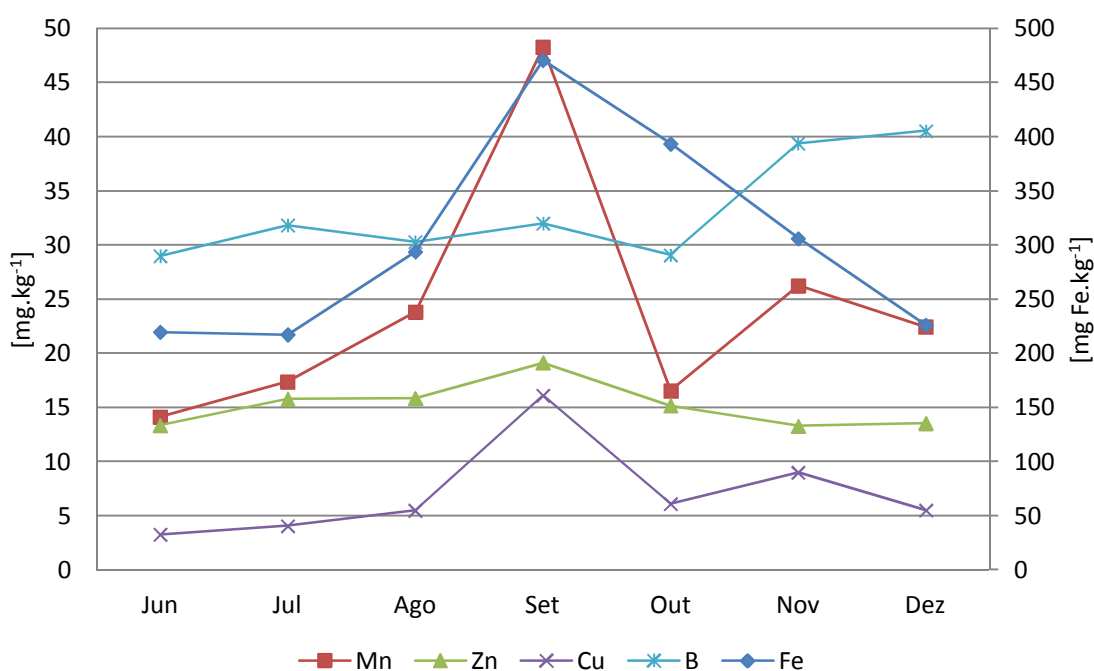


Figura 5.12 - Comportamento dos macronutrientes ao longo de sete meses

A figura 5.13 apresenta a matriz de correlação entre os macronutrientes da planta e o sódio no efluente. O P e o enxofre (S) possuem correlação de 80% (Figura 5.13), evidenciando a ligação desses elementos no crescimento das plantas. O Na no efluente não teve correlação com N e P de 76 e 75%, respectivamente (Figura 5.13). Por esse motivo, nota-se que o aumento de Na no efluente pode não ter participação no acúmulo de N e P na planta.

Ao correlacionar o Na com o Ca e o Mg obteve-se valores de 11 e 41%, respectivamente. Sendo assim, a carência de Ca e Mg, na planta, não está relacionada com o Na presente no efluente.

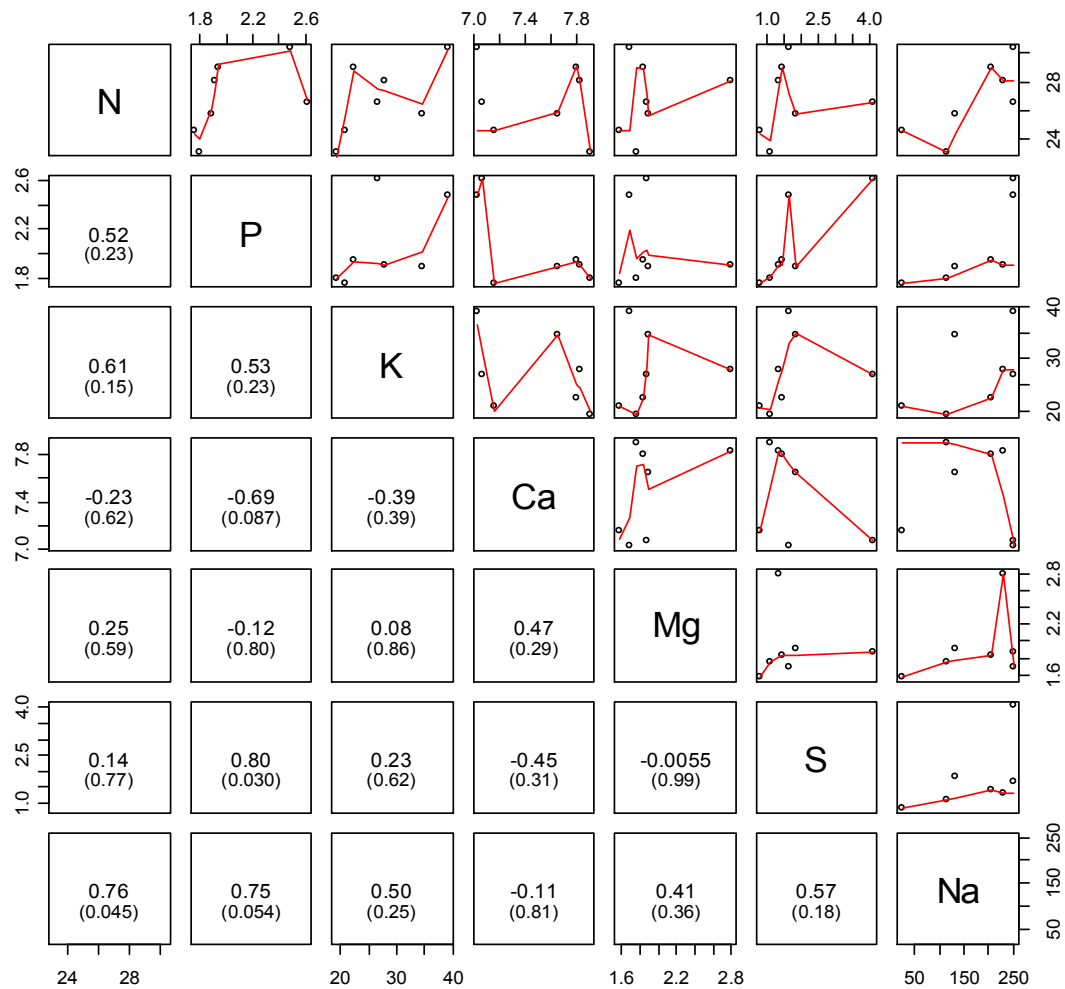


Figura 5.13 - Matriz de correlação entre macronutrientes da planta e sódio no efluente.

5.3. Solo

A tabela 5.5 apresenta a análise química de macronutrientes do solo. Os valores de saturação média por bases, foram de 53,72% e 44,3%, nas camadas de 0-20 e 20-40cm, respectivamente, e o de cálcio mais magnésio (Ca+Mg) foram de 3,05 e 2,03cmol_c.dm⁻³ (Tabela 5.5). O pH foi de 5,47 e 5,16, nas camadas de 0-20 e 20-40cm, respectivamente. Os valores são considerados adequados segundo as recomendações de Raij *et al.* (1997), indicando que não há necessidade de correção do solo.

A medida que a saturação por bases (V%) aumenta a disponibilidade de K, Ca e Mg, no solo, também aumentam (Tabela 5.5). O pH em CaCl_2 e em água, assim como (V%) gradativamente (Tabela 5.5) ao longo do tempo, reflexo da interação de bases trocáveis no solo que disponibilizaram os nutrientes para as plantas.

A disponibilidade de nutrientes para as plantas na camada de 20-40cm do solo é menor quando comparada com a camada de 0-20cm. As bases trocáveis no solo não foram suficientes para neutralizar o alumínio (Al), na camada de 20-40cm. Assim, a absorção de nutrientes pelas plantas nessa profundidade foi prejudicada.

O P e o K tiveram seus teores reduzidos à medida que a profundidade do solo aumentava (Tabela 5.5). A melhor hipótese que explica essa diminuição seria o consumo desses nutrientes pelos limoeiros, e pela competição com plantas invasoras.

O alto teor de P, no solo, próximo a zona radicular (0-20cm) pode ter induzido a redução na absorção de cobre (Cu) pela planta. O baixo teor de matéria orgânica (MO), $24,06\text{g.dm}^{-3}$ (Tabela 5.5), na profundidade de 0-20cm, é um indicativo de que o Cu no solo não formou complexos estáveis.

A hipótese que a lixiviação de Ca e Mg tenham contribuído para a redução de bases trocáveis não pode ser aceita, visto o(s) seu(s) incremento(s) nesse período, na camada de 0-20cm (Tabela 5.5). Por outro lado, a partir de setembro ocorreu a redução de potássio, na mesma profundidade, elemento que foi requerido pelas plantas no início do período de frutificação dos limoeiros. O efluente não conseguiu suprir as necessidades da planta (Tabela 5.4).

Tabela 5.5 - Análise química dos macronutrientes do solo

Camada	Mês	pH CaCl ₂	pH água	P	MO	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H	H+Al	SB	CTC	V
		-	-	mg.dm ⁻³	g.dm ⁻³										%
0-20 cm	Testemunha	3,99	4,61	0,83	19,88	0,04	0,00	0,00	0,35	1,18	3,99	5,17	0,39	5,56	7,01
	Junho	5,26	5,88	9,27	20,14	1,42	1,30	0,85	2,15	0,00	3,13	3,13	3,57	6,70	53,28
	Julho	5,18	5,80	12,42	21,23	1,27	1,55	0,85	2,40	0,00	4,50	4,50	3,67	8,17	44,92
	Agosto	5,24	5,86	50,06	23,46	1,24	1,50	0,90	2,40	0,00	4,72	4,72	3,64	8,36	43,54
	Setembro	5,32	5,94	85,98	24,46	1,55	2,15	0,90	3,05	0,00	4,50	4,50	4,60	9,10	50,55
	Outubro	5,78	6,40	13,34	24,03	1,56	1,60	0,90	2,50	0,00	3,24	3,24	4,06	7,30	55,62
	Novembro	5,33	5,94	22,94	28,93	1,48	2,25	1,55	3,80	0,00	3,25	3,25	5,28	8,53	61,90
	Dezembro	6,16	6,78	34,51	26,10	0,98	3,35	1,70	5,05	0,00	3,07	3,07	6,03	9,10	66,26
	Média	5,47	6,09	32,65	24,06	1,36	1,96	1,09	3,05	0,00	3,77	3,77	4,41	8,18	53,72
	DP	0,36	0,36	27,61	2,92	0,21	0,71	0,37	1,04	0,00	0,75	0,75	0,95	0,90	8,36
20-40 cm	Testemunha	4,07	4,69	1,40	23,18	0,15	0,00	0,00	0,50	1,23	5,34	6,57	0,65	7,22	9,00
	Junho	4,79	5,42	5,97	17,50	1,25	0,75	0,45	1,20	0,19	3,30	3,49	2,45	5,94	41,25
	Julho	4,96	5,57	3,85	21,06	0,98	1,00	0,65	1,65	0,00	4,50	4,50	2,63	7,13	36,89
	Agosto	4,84	5,47	6,39	18,05	1,14	0,95	0,50	1,45	0,20	3,93	4,13	2,59	6,72	38,54
	Setembro	5,74	6,36	19,49	23,10	1,53	1,50	0,75	2,25	0,00	3,10	3,10	3,78	6,88	54,94
	Outubro	4,86	5,48	6,63	22,76	1,20	0,85	0,60	1,45	0,20	4,22	4,42	2,65	7,07	37,48
	Novembro	4,84	5,46	5,21	30,61	1,18	1,55	0,70	2,25	0,15	5,31	5,46	3,43	8,89	38,58
	Dezembro	6,07	6,68	20,40	54,83	0,83	2,90	1,05	3,95	0,00	2,85	2,85	4,78	7,63	62,65
	Média	5,16	5,78	9,71	22,56	1,16	1,36	0,67	2,03	0,11	3,89	3,99	3,19	7,18	44,33
	DP	0,52	0,52	7,06	4,44	0,22	0,75	0,20	0,94	0,10	0,87	0,91	0,86	0,91	10,22

A tabela 5.6 apresenta a análise química dos micronutrientes do solo. Nessa tabela, observou-se que o enxofre (S) reduziu em novembro, nas camadas de 0-20 e 20-40cm. A figura 5.14 apresenta a distribuição de chuva e temperatura no período de julho a dezembro de 2011.

As chuvas entre os meses de outubro e novembro foram concentradas e propiciaram que o S, elemento móvel no solo, fosse lixiviado para camadas mais profundas que 40cm. O enxofre na média aumentou no solo em relação a testemunha (Tabela 5.6). Uma hipótese que pode ser atribuída para explicar a presença de enxofre no solo é a presença deste composto na água ou nos produtos fitossanitários utilizados na cultura.

Tabela 5.6 - Análise química dos micronutrientes e enxofre do solo

Camada	Meses	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
		g.dm ⁻³			mg.dm ⁻³		
0-20 cm	Testemunh a	3,40	113,46	24,81	6,63	1,30	0,16
	Junho	6,49	122,30	29,54	6,18	1,95	0,15
	Julho	9,02	148,78	42,84	7,89	2,24	0,19
	Agosto	8,09	114,68	43,91	5,92	4,90	0,22
	Setembro	9,22	82,82	72,46	6,11	1,98	0,29
	Outubro	8,50	208,82	63,03	7,95	1,70	0,22
	Novembro	4,00	110,39	80,16	6,86	7,53	0,30
	Dezembro	7,53	115,26	91,65	6,54	4,20	0,25
	Média	7,55	129,01	60,51	6,78	3,50	0,23
	DP	1,82	40,17	22,55	0,84	2,17	0,05
20-40 cm	Testemunh a	2,09	107,99	54,67	7,50	3,20	0,17
	Junho	13,57	55,86	15,36	4,97	1,75	0,13
	Julho	8,15	377,86	34,91	6,50	2,13	0,18
	Agosto	8,79	152,98	23,81	5,76	3,29	0,18
	Setembro	10,19	90,48	43,99	5,59	1,94	5,59
	Outubro	8,87	223,53	43,75	7,07	1,12	0,20
	Novembro	18,24	122,29	49,30	7,21	5,01	0,18
	Dezembro	9,65	123,05	74,28	6,20	3,94	0,22
	Média	11,07	163,72	40,77	6,19	2,74	0,95
	DP	3,63	107,95	19,07	0,81	1,39	2,04

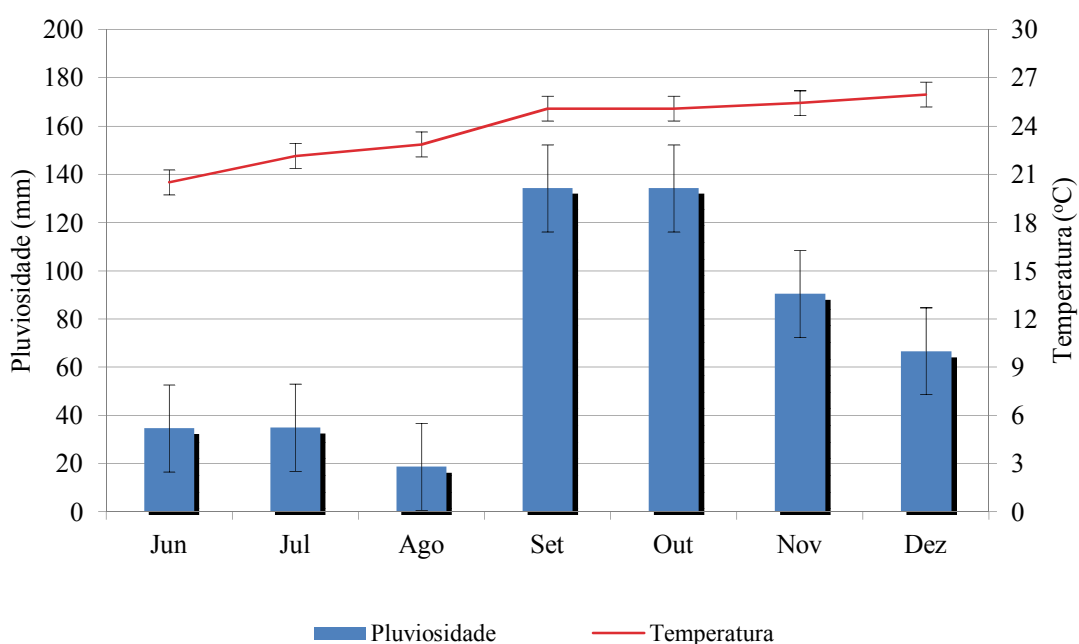


Figura 5.14 - Histograma de chuva

O Fe foliar, em setembro, aumentou (Figura 5.12). No solo foi observado que parte do Fe presente na camada de 0-20cm deve ter sido consumido pela planta e outra parte foi lixiviada e acumulou-se na camada de 20-40cm (Tabela 5.6).

Os micronutrientes Fe, Mn e Zn estão em teores adequados no solo (Tabela 5.6) e para as plantas (Tabela 5.4), apesar de, no efluente, não haver excesso de alguns deles. Os resultados do efluente (Tabela 5.2) foram obtidos durante uma campanha de apenas 5 dias, nos quais a fábrica estava em manutenção e ao longo de sete meses não foi constatado contaminação no solo.

O boro não é comum em solos de cerrado (Tabela 5.6). Durante o experimento, percebeu-se a deficiência desse elemento essencial as plantas (Tabela 5.4) e foi aplicado BORAX®, no mês de setembro, na dosagem de 1g por metro linear, com o intuito de suprir as necessidades da planta. A alta frequência de irrigação aliada a precipitação fez com que o boro fosse lixiviado rapidamente para camadas mais profundas (Tabela 5.6).

Durante o experimento foi observado que não foi realizado o preparo do solo em área total. Na figura 5.15 observa-se a compactação do solo e, na figura 5.16, o desenvolvimento radicular das plantas comprometidas pela compactação do solo. A compactação do solo afeta o desenvolvimento radicular das plantas. A subsolagem e o gradeamento da área antes da instalação do pomar poderia ter evitado este problema.



Figura 5.15 - Constatação de compactação do solo em 15/05/2010.



Figura 5.16 - Plantas com desenvolvimento radicular comprometido pela compactação do solo

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões e recomendações são apresentadas nos tópicos a seguir.

6.1. Conclusões

A fábrica contribui para a preservação dos recursos hídricos pois realiza a descarga zero de efluente.

Durante o período de pesquisa pode-se concluir que existe 69,05% de similaridade do efluente tratado entre os meses analisados, com exceção ao mês de julho.

O efluente, mesmo tratado, não deve ser lançado diretamente no corpo d'água pois não atende as legislações CONAMA 357/05, 430/11 e CECA 036/12 para o lançamento de efluente em corpos hídricos.

O manganês apresentou valores acima do preconizado pelo CONAMA 357/05.

Todos os parâmetros no efluente se mostraram estáveis ao longo dos sete meses avaliados com exceção do nitrito.

A salinidade afetou o desenvolvimento das plantas, cuja a CE foi de $1,89\text{dS.m}^{-1}$. O que pode ser atribuído à limpeza dos equipamentos da linha de produção, e ao uso excessivo de produtos químicos na lavagem de veículos.

O efluente não supriu as necessidades nutricionais do limoeiro.

No solo o alumínio foi neutralizado apenas na camada de 0-20cm. O excesso de alumínio na camada de 20-40cm prejudicou a absorção de nutrientes do solo pelas plantas.

6.2. Recomendações

A fábrica sempre que produzir efluente além da necessidade da cultura do limoeiro poderá aplicá-lo na fertirrigação dos jardins e campo esportivo. Caso ocorra o inverso, a falta de efluente, os pés de limoeiros necessitarão de irrigação.

Para aumentar a similaridade entre o efluente ao longo do tempo recomenda-se a separação do efluente de cada linha de produção. Otimizando, assim, o tratamento do efluente e/ou recuperação do mesmo.

O manganês, foi analisado em absorção atômica, ou seja, manganês total. A resolução CONAMA 357/05 e 430/11, utiliza valores dissolvidos desses metais. Outros metais não foram comparados com a legislação porque foram analisados na sua forma total. Recomenda-se analisar os metais novamente conforme a exigência das resoluções (CONAMA 430/11 e CECA 036/12).

A redução da frequência de lavagem dos veículos e/ou a substituição dos produtos de limpeza por outros menos agressivos podem reduzir a salinidade do efluente. Além de propiciar um melhor funcionamento do sistema de tratamento na fase biológica.

Alguns teores foliares estavam a quem da recomendação para a cultura, fato que não pode ser atribuído apenas à salinidade, apesar de sua participação. A compactação do solo também afetou o desenvolvimento das plantas, o problema é de difícil correção quando a cultura do limoeiro já está instalada. Mas, pode ser evitado realizando a subsolagem antes da implantação da cultura, para o rompimento das camadas mais profundas do solo.

Recomenda-se a adubação de cobertura para suprir a demanda da planta por nutrientes. A calagem na dose de 950g por cova é recomendada para a elevação da saturação de bases para 70%, juntamente com a adubação de cobertura. Na dose de 160g de N.planta⁻¹, 100g de P₂O₅.planta⁻¹ e 60g de K₂O.planta⁻¹. Deve-se aplicar o fósforo de preferência em dose única, no período de julho-agosto e parcelar o nitrogênio e potássio em quatro vezes, entre setembro e março. Aplicar o fertilizante em, aproximadamente, 1,0m de distância do caule da planta, na área da coroa.

Aumentar a saturação por bases, na camada de 20-40cm, no solo neutralizará o alumínio. Recomenda-se a aplicação de calcário nas covas para a redução da toxidez do alumínio do solo, e consequentemente auxiliar no desenvolvimento radicular das plantas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEDI-KOUPAI, J.; MOSTAFAZADEH-FARD, B.; AFYUNI, M.; BAGHERI, M.R. Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region. **Plant Soil and Environment**, v. 52, n. 8, p. 335–344, 2006.

AIELLO, R.; CIRELLI, G.L.; CONSOLI, S. Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: a case study in Sicily (Italy). **Agricultural Water Management**, v. 93, p. 65–72, 2007.

ALLAKHVERDIEV, S.I.; NISHIYAMA, Y.; SUZUKI, I.; TASAKA, Y.; SAKAMOTO, A.; MURATA, N. Genetic engineering of the un saturation of fatty acids in membrane lipids alters the tolerance of *Synechocystis* to salt stress. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 96, 5862–5867, 1999.

ALLEN, R. G. **Irrigation engineering: Course lecture Notes Department of Agricultural Engineering**. Utah State University, Logan, Utah. p.297, 1992.

ALVES L.B.; MISCHER, C.N.; BELDERRAIN, R.; SCARPEL, A. Tratamento multivariado de dados por análise de correspondência e análise de agrupamentos **Anais do 13º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XIII ENCITA** / 2007 Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil, 2007.

AMARO, A.A.; CASER, D.V.; DE NEGRI, J.D. Tendências na produção e comércio de limão. **Informações econômicas**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 37-47, 2003.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th edition, Washington D.C., 2005.

APSE, M.P.; AHARON, G.S.; SNEDDEN, W.A.; BLUMWALD, E. Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na⁺/H⁺ antiport in *Arabidopsis*. **Science**, v. 285, 1256–1258, 1999.

ASANO, T.; LEVINE, A.D. Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: Past, Present and Future. **Water Sci. Technology**, v.33, n.10, p. 1-14, 1996.

ATHAYDE, M.B.; LYRA, R.; BÔAS, V.; SOUZA, T.R.D.; NOGUEIRA, J. Comportamento dos nutrientes fósforo e potássio em folhas de laranja "Valência" fertirrigadas, 2008. Disponível em: <http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_34324193843.pdf> Acesso em: 05/07/2012.

AYERS, R.S.; WESTCOT. **Water quality for agriculture (Revised)**. Irrigation and Drainage Paper nº 29. Food and Agriculture Organization of the United Nation, FAO: Rome, 1985.

BACCHI, O. Observações citológicas em Citrus. I - Número de cromossomos de algumas espécies e variedades. **Jornal de Agronomia**, Piracicaba, v. 3, n. 4, p. 249-258, 1940.

BARRETO, A.N.; SILVA, A.A.G.; BOLFE, E.L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju; Embrapa Algodão, Campina Grande, 418 p. 2003

BARROS, S.A.; RODRIGUES, J.D.; RODRIGUES, S.D. Efeito do ácido giberélico e do uniconazole na fisiologia pós-colheita do limão ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.13, n.3, p.223-6, 1991.

BERNARDES, R.F. de. Estabilização de Poluentes por Disposição no Solo. **DAE**, v.145, n.46, p. 129-145, 1986.

BERNARDO S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**, 8.ed. Viçosa: UFV, 2006.

BLUMWALD, E. Sodium transport and salt tolerance in plants. **Current Opinion in Cell Biology**, v. 12, 431-434, 2000.

BRASIL. **Resolução Conama nº 430**, de 13 de maio de 2011, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

CAMARGO, O.A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983.

CARVALHO, M.S.; STRUNCHINER, C.J. Análise de Correspondência: uma aplicação do método à avaliação de serviços de vacinação. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 287-301, 1992.

CASSIN, J.; BOURDEAUT, J.; FOUGUE, A.; FURON, V.; GAILLARD, J.P.; LEBOURDELLES, J.; MONTAGUT, G.; MOREUIL, C. The influence of climate up on the blooming of Citrus in tropical areas. **Proc. Int.Soc. Citriculture**, v.1, p.315-324, 1968.

CEASA. **Serviços Limão**, 2012. Disponível em: <http://www.ceasacampinas.com.br/novo/Serv_Frutas_Limao.asp> Acesso em: 23/07/2012.

COELHO, F.C.; RUIZ, H.A.; FERREIRA, P.A.; FRANÇA, G.E. ARAÚJO, C.A.S.; DUARTE, M.A. Transporte do amônio em colunas com agregados de um Latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.4, n.3, p. 362-367, 2000.

CRESTE, J.E. Adubação Fosfatada na Cultura dos Citros. in: Yamada, T. & Abdalla, S.R.S. (Eds.). Fósforo na Agricultura Brasileira. **Potafos**, Piracicaba, p. 229-357, 2004.

CROSER, C.; RENAULT, S.; FRANKLIN, J.; ZWIAZEK, J. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea mariana*, *Picea glauca*, and *Pinus banksiana*. **Environmental Pollution**, v.115, 9–16, 2001.

DAVENPORT, T.L. Citrusflowering. **Hortic. Rev.**, v.12, p.349-408, 1990.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 33), Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. Tradução Gheyi, H.R. FAO 306 p. 1994.

DREW, M.C. Comparison of the effects of a localized supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. **New Phytologist**, v.75, n.3, p. 479-490, nov. 1975.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa- SPI, 2006.

FERNANDES, V.M.C. Padrões para reuso de águas residuárias em ambientes urbanos. In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE O USO DA AGUA NA AGRICULTURA, 2006, Disponível em: <<http://www.upf.br/coaju/download/padroesreusoaguaII.pdf>>. Acesso em: 09/07/2012.

FIESP/CIESP. **Conservação e reuso de água: Manual de orientações para o setor industrial**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Destaque/docs/d179-reuso.pdf>> Acesso em 09/07/2012.

FOLEGATTI, M.V. Fertirrigação: Citrus, flores, hortaliças. **Agropecuária**, 1999.

FOSTER, S.D.; GALE, I.N.; HESPANHOL, I. Impacts of wastewater use and disposal on groundwater technical report WD/94/95, **British Geological Survey**, Keyworth Nottingham, 1994.

GHARSALLAOUI, M.; BENINCASA, C.; AYADI, M.; PERRI, E.; KHLIF, M.; GABSI, S. Study on the impact of wastewater irrigation on the quality of oils obtained from olives harvested by hand and from the ground and extracted at different times after the harvesting. **Scientia Horticulturae**, v. 128, n. 1, p. 23-29, 2011.

GREENACRE, M.; HASTIE, T. **The Geometric Interpretation of Correspondence Analysis**. Ed. Academic Press., 1984. Disponível em: <<http://www.jstor.org/discover/10.2307/2289445?uid=3737664&uid=2129&uid=2&uid=70&uid=4&sid=50973490154377>> Acesso em 21/07/2012.

HAIR, J.F. JR.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Editora Bookman, p. 593, 2005.

HAMILTON, A.J.; STAGNITTI, F.; XIONG, X.; KREIDL, S.L.; BENKE, K.K.; MAHER, P. Wastewater Irrigation: The State of Play. **Vadose Zone Journal**, v. 6, n. 4, p. 823-840, 2007.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos. **Bahia Análise & Dados**, v. 13, p. 411-437, 2003. (Edição Especial)

IWMI (International Water Management Institute). Recycling realities: managing heal thrisks to make wastewater anasset. **Water Policy Briefing 17**. IWMI, Colombo, Sri Lanka, 2006.

IYENGAR, E.R.R.; REDDY, M.P. Photosynthesis in highly salt tolerant plants. Pp: 897–909. In: M. Pesserkali (ed.). **Handbook of photosynthesis**. Marshal D., Baten R., USA, p. 952, 1996.

JIMENEZ, B.; ASANO, T. Acknowledge all approaches: the global outlook on reuse. **Water** 21, p. 32–37, 2004.

JOMORI, M.L.L. **Resistência de lima ácida 'Tahiti' à baixa temperatura: tratamentos térmicos e envolvimento do etileno**. 2005. 129 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

JONES, C.A. Effect of soil texture on critical bulk densities for root growth. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v. 47, p. 1208–1211, 1983.

KIEGLE, E.; MOORE, C.; HASELOFF, J.; TESTER, M.; KNIGHT M. Cell-type specific calcium responses to drought, NaCl, and cold in Arabidopsis root: a role for endodermis and pericycle in stress signal transduction. **The Plant Journal**, v. 23, 267–78, 2000.

KINRAIDE, D. Interactions among Ca^{2+} , Na^{+} and K^{+} in salinity toxicity: quantitative resolution of multiple toxic and ameliorative effects. **Journal of Experimental Botany**, v. 50, 1495-1505, 1999.

KNIGHT, H.; TREWAVAS, A.J.; KNIGHT M.R. Calcium signaling in Arabidopsis thaliana responding to drought and salinity. **The Plant Journal**, v. 12, 1067–1078, 1997.

KOO, R.C.J.; ZEKRI, M. Citrus irrigation with reclaimed municipal wastewater. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v.102, p. 52-56, 1989.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimateder Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

LAHAYE, P.A.; EPSTEIN E. Salt Toleration by Plants: **Enhancement with Calcium Science** v.166 , n. 3903 , p. 395-396, 1969.

LIU, J.; ZHU, J.K. An Arabidopsis mutant that requires increased calcium for potassium nutrition and salt tolerance. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 94, 14960–14964, 1997.

LUCHETTI, M.A.; MATTOS JR., D.; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. Aspectos gerais e distribuição de cultivo. In: MATTOS JR., D.; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. (Ed.). **Lima ácida Tahiti**. Campinas: IAC. p. 1-12 , 2003

MALAVOLTA E., CARVALHO J. F. **Diagnose foliar na cana-de-açúcar**. VII Nota sobre o efeito da quantidade de chuvas nos teores foliares de Ca, Mg e S na cana-planta. An. E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP (Piracicaba)39:109-116. 1982 b

MALAVOLTA E., CARVALHO J.F. **Diagnose foliar na cana-de-açúcar**. VI Nota sobre o efeito da quantidade de chuvas nos teores foliares de N, P e K na cana-planta. An. E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP (Piracicaba)39:101-108. 1982 a

MALAVOLTA E., CARVALHO J.F. **Diagnose foliar na cana-de-açúcar**. VIII Nota sobre o efeito da quantidade de chuvas nos teores foliares de Ca, Mg e S na cana-soca. An. E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP (Piracicaba)39:107-126. 1982 c

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; OLIVEIRA, S.A.; WADT, P.G.S. **Foliar diagnosis - the status of the art**. Em: Inter-Relação Fertilidade, Biologia do Solo e Nutrição de Plantas. p. 205-242.

Siqueira, J.O.; Moreira, F.M.S.; Lopes, A.S.; Guilherme, L.R.G.; Faquin, V.; Furtini Neto, A.E.; . Carvalho, J.G. Editora Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Universidade Federal de Lavras: Departamento de Ciências do Solo. Lavras, 818 p., 1999.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliações do estado nutricional das plantas - Princípios e aplicações**. Editora Potafos, Piracicaba, 301 p., 1997

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reuso de água. (CR ROM): **Manole**. São Paulo, 570p 2003.

MANSOUR, M.M.F. Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. **Biologia Plantarum**, v. 43, 491–500, 2000.

MARIN, F R. **Evapotranspiração, transpiração e balanço de energia em pomar de lima ácida “Tahiti” Piracicaba**, 2000. 74p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

MATO GROSSO DO SUL, BRASIL. Decreto Estadual nº 12.367, de 5 de julho de 2007, dispõe sobre o conselho Estadual de Controle Ambiente (CECA), **Deliberação CECA nº 036/12**, de 27 de junho de 2012, Dispõe sobre a classificação dos corpos de água superficiais e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como, estabelece as diretrizes, condições e padrões de lançamento de efluentes no âmbito do Estado do Mato Grosso do Sul, e dá outras providências.

MATTOS JR, D. de.; DE NEGRI, D. J.; FIGUEIREDO, J. O. de. Sistema radicular de três porta-enxertos para lima ácida “tahiti” no estado do Piauí **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 187-194, 2007.

McCULLEY, R.L.; JOBBÁGY, E.G.; POCKMAN, W.T.; JACKSON, R.B. Nutrient uptake as a contributing explanation for deep rooting in arid and semi-arid ecosystems. **Oecologia**, n. 141, p. 620-628, 2004.

MEDINA, C.L; RENA, A.B.; SIQUEIRA, D.L.; MACHADO, E.C. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NIGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: InstitutoAgrônômico/Fundag, p. 147-195, 2005.

MENDEL, K. The influence of temperature and light on the vegetative development of Citrus trees. **Proceedings of the First International Citrus Symposium**, v. 1, p. 259-265, 1969.

MENDOZA, I.; RUBIO, F.; RODRIGUEZ-NAVARRO, A.; PRADO, J.M. The protein phosphatase calcineurin is essential for NaCl tolerance of *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Biological Chemistry**, v. 269, 8792–8796, 1994.

METCAL; EDDY INCORPORATION. **Wastewater engineering treatment, disposal and reuse**. 4.ed. New York: Mc.Graw Hill, p. 1819, 2003.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, p. 297, 2005.

MOHR, H.; SCHOPFER, P. **Plant Physiology**. Ed. Springer, 629p., 1995.

MOREIRA, R. IAC 2001 – um “Nanicão” resistente à sigatoka amarela é resistente também à sigatoka-negra. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.15, n.2, p.18-19, 2002.

MOREIRA, S.; ROESSING, C.; ABRAMIDES, E.. Experimentos de cavalos para citros. IV. **Bragantia**, v. 21, 63-76, 1962.

MOURA, A.O.B. **Avaliação do pH e da CE da água de irrigação submetida a diferentes doses e tipos de adubos**. Mossoró, 1994, 92p. Monografia (Graduação em Agronomia)Escola Superior de Agronomia de Mossoró.

NORDELO, C.B.; TORRE, A.B. **Citricultura tropical**. Havana: Ministério de Educação Superior, 227p., 1991.

OLIVERA, R.P.; GONÇALVES, A.S.; SCIVITTARO, W.B.; NAKASU, B.H. **Fisiologia da formação de sementes em citros**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 119), 2004

ONISHI, C.K. **Estratégia de Implementação do Sistema de Gestão Ambiental - Modelo ISO 14001** - Do processo decisório à certificação. Campo Grande, MS, 2007. 185 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

PAGANINI, W.S. Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície. **Fundo editorial da AESABESP**, São Paulo, 1997.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro, in: Follegatti, M. V. (Ed.). **Fertirrigação: cítrus, flores, hortaliças**. Agropecuária, p .11-169, 1999.

PAPAGEORGIOU, G.C.; ALYGIZAKI-ZOBRA, A.; LADAS, N.; MURATA, N. A method to probe the cytoplasmic osmolarity and osmotic water and solute fluxes across the cell membrane of cyanobacteria with Chl a florescence: experiments with *Synechococcus sp.* PCC 7942. **Physiologia Plantarum**, v. 103, 215–224, 1998.

PARIDA, A.K.; DAS, A.B.; MITTRA, B. Effects of salt on growth, ion accumulation photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parvifl ora*. **Trees - Structure and Function**, v. 18, 167–174, 2004.

PEARSON, K.E. **The basic of salinity and sodicity effects on soil physical properties**. Adapted by Pearson K.E. from a paper by Warrence N.J.; Pearson, K.E.; Bauder, J.W., 2003. Disponível em: <http://waterquality.montana.edu/docs/methane/basics_highlight.shtml> Acesso em 28/04/2010.

PIEDADE, A.R. **Desenvolvimento vegetativo de quatro espécies de grama irrigadas com efluente de Estação de Tratamento de Esgoto Doméstico**. Botucatu, SP, 2004. 93 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista *Júlio de Mesquita Filho*.

PITMAN, M.; LAÜCHLI, A. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Laüchli A, Lüttge U, eds. Salinity: environment-plants-molecules. Dordrecht, The Netherlands: **Springer**, n.3, v.20, 2004.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: IAC, 1991.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed rev., Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, Campinas, 1997.

REGAZZI, A.J. **INF 766 - Análise multivariada**. (Apostila de disciplina). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Departamento de Informática, p. 166, 2001.

REICHARDT, K. **A Água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Manole, 1990.

REINHARDT, D.H.; ROST, T.L. On the correlation of primary root growth than tracheary element size and distance from the tip in cotton seedlings grown under salinity. **Environmental and Experimental Botany**, v. 35, 575–588, 1995.

REWALD, B.; RAVEH, E.; GENDLER, T.; EPHRATH, J.E.; RACHMILEVITCH, S. **Phenotypic plasticity and water flux rates of Citrus root order under salinity**, 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22268156>> Acesso em: 14 fevereiro 2012.

RODRIGUEZ, O. **Aspectos fisiológicos, nutrição e adubação dos citros**. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A.A. *Citricultura brasileira*. 2. ed. rev. ampl. Campinas: Fundação Cargill, p. 419-475, 1991.

ROSOLEM, C.A.; FERNANDEZ, E.M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C.A.C. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.821-828, 1999.

SANTOS, J.G.R. dos. **A salinidade na agricultura irrigada: teoria e prática**. Campina Grande, 1ª edição, UFPB, 171 p., 2000.

SUTCLIFFE, J.F. Movimento de água nas plantas. In: SUTCLIFFE, J.F. **As plantas e a água**. São Paulo: EPU, p. 96-124, 1980.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. The Benjamin/ Cummings Publishing, Redwood City, California. p. 363, 1998.

UNITED STATES. Salinity laboratory staff - diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. **Agriculture Handbook n 60**. USDA, 1954.

UTOMO, W.H.; DEXTER, A.R. Soil friability. **J. Soil Sci.** 32, 203–213, 1981.

VARGAS, S.V. Reutilização de efluentes para irrigação: uma alternativa para zonas áridas. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, Recife. **Anais ...** Recife: p. 625-637, 1990.

VERSLUES, P.E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, v. 45, 523–539, 2006.

VIALLE, C.; SABLAYROLLES, C.; LOVERA, M.; JACOB, S.; HUAU, M.C.; MONTREJAUDVIGNOLES, M. Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis. **Water research**, v. 45, n. 12, p. 3765-3775, 2011.

WARWICK, N.W.M.; BAILEY, C.E. The effect of increasing salinity on the growth and ion content of three non-halophytic wetland macrophytes. **Aquat. Bot.**, n. 58, p. 73–88, 1997

ZEKRI, M.; KOO, R.C.J. Effects of reclaimed wastewater on leaf and soil mineral composition and fruit quality of Citrus. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, n.103, p.38-41, 1990.

ZHU, J.K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 53, 247–273, 2002.

ZHU, J.K.; SHI, J.; SINGH, U.; WYATT, S.E.; BRESSAN, R. A.; HASEGAWA, P.M.; CAPITA, N. C. Enrichment of vitronectin and fibronectin like proteins in NaCl adapted plant cells and evidence for their involvement in plasma membrane- cell wall adhesion. **The Plant Journal**, v. 3, 637–646, 1993.