

I. INTRODUÇÃO

Impacto ambiental consiste no resultado da avaliação da quantidade e/ou qualidade de energia transacionada nas estruturas aleatórias dos ecossistemas diante da ocorrência de um evento ambiental capaz de afetá-las, quer ocasionando eventos derivados quer modificando a natureza e a intensidade do comportamento e/ou funcionalidade de pelo menos um conjunto de fatores ambientais, beneficiando-os ou prejudicando-os nas relações que mantém entre si e com os outros fatores a eles vinculados (MACEDO, 1995).

Na agricultura irrigada, um dos principais problemas ambientais é o que se refere à qualidade da água utilizada na irrigação. Os problemas de qualidade da água ocorrem quando se faz a utilização de insumos intensivamente sem levar em consideração a necessidade da cultura, as condições de solo, de clima, o manejo inadequado da irrigação, podendo ocorrer degradação do solo e comprometer a qualidade da água.

Segundo ARAÚJO (2006) os principais impactos ambientais possíveis devido a prática de irrigação são: modificação do meio ambiente, consumo exagerado da disponibilidade hídrica da região, contaminação dos recursos hídricos nas áreas de abrangência, salinização do solo nas regiões áridas e semi-áridas e problemas de saúde pública.

No Rio Grande do Norte desde a década de 80, com o intuito de aproveitar o potencial hídrico dos grandes açudes, foram implantados os perímetros irrigados visando aproveitamento da água para fins agrícolas e abastecimento humano. A expectativa era com isso alavancar o desenvolvimento regional. Porém, devido a mau gerenciamento desses açudes e dos recursos hídricos disponíveis não foi possível atingir os objetivos propostos. Tais obras proporcionaram mudanças a nível local, gerando grandes impactos ambientais.

Os impactos no meio ambiente podem ser monitorados utilizando-se de recursos que viabilizem a sua identificação, visando com isso minimizar seus efeitos. Neste contexto MARZALL & ALMEIDA (2000) afirmam que o desenvolvimento de indicadores, com o objetivo de avaliar e monitorar a sustentabilidade de um sistema

poderá permitir que se avance de forma efetiva em direção a mudanças consistentes na tentativa de solucionar os inúmeros problemas ambientais e sociais levantados.

Diante do que foi exposto, está pesquisa se justifica, devido à crescente preocupação com a falta de manejo adequado das atividades agrícolas que vem provocando a degradação do meio ambiente, alertando para a necessidade de buscar alternativas que visam atender as novas tendências de desenvolvimento econômico e conservação dos recursos naturais. Neste contexto o trabalho faz uma avaliação de indicadores de impactos ambientais, visando mostrar como o uso e o manejo do solo e da água podem desencadear impactos negativos no Perímetro Irrigado Cruzeta.

II. OBJETIVO

II.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar indicadores de impactos ambientais relacionados ao uso, manejo do solo e água do perímetro irrigado cruzeta-RN.

II.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mensurar parâmetros físico-químicos e biológicos na água de irrigação e parâmetros químicos no solo;
- Avaliar a qualidade da água utilizada na irrigação do perímetro irrigado Cruzeta.

III. REVISÃO DE LITERATURA

III. 1. Impactos ambientais nos ecossistemas naturais

Impactos ambientais são definidos como os processos de mudanças sociais e ecológicas causados por perturbações (uma nova ocupação e/ou construção de um objeto novo) no ambiente. Corresponde à evolução conjunta das condições sociais e ecológicas estimulada pelos impulsos das relações entre forças externas e internas à unidade espacial e ecológica, histórica ou socialmente determinada. É a relação entre sociedade e natureza que se transforma diferencial e dinamicamente. Os impactos ambientais incidem diferentemente, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço (GUERRA & CUNHA, 2005).

De acordo com CUSTÓDIO (1995), a avaliação de impacto ambiental está, direta ou indiretamente, relacionada com a preservação do meio e a proteção da saúde, a segurança, a tranquilidade e o bem estar da população. Constitui instrumento de real importância na atualidade, diante das graves e crescentes repercussões negativas, decorrentes, sobretudo, da execução de projetos de serviços como: construções ou obras de interesse público ou particular; realização de atividades industriais ou comerciais; exploração de recursos naturais; ocupação do solo; aplicação de praguicidas e agrotóxicos na agricultura além de outras atividades efetivas ou potencialmente poluidoras.

SILVEIRA (2004) cita que, na agricultura, os impactos ambientais são bastante diversificados. A magnitude e intensidade de cada um são os mais variáveis. É preciso ter em mente que o uso intensivo do solo e de práticas agrícolas inadequadas causa efeito negativo no meio ambiente, além de afetar a produtividade das culturas e a qualidade de vida do homem.

COLETTI (2005) afirma que a agricultura nem sempre origina um impacto ambiental negativo, sendo que em numerosos casos se produz impacto positivo que favorecem diferentes aspectos do meio. Ressaltando, porém que ela tem mais provocado impactos negativos do que positivos, mesmo que se considere o grau de deterioração menor do que os provocados por outras atividades tais como a indústria. E isso ocorre geralmente porque a atividade é tratada com falta de

atenção, sem técnicas e sem conhecimento, não se preocupando com os danos que possam vir causar ao meio ambiente e à população.

BONILLA (1992) cita que, quando a agricultura é exercida em regiões tropicais, como na maior parte do Brasil, onde os ecossistemas são complexos e ricos em espécies, inclusive com a presença de predadores e parasitas, há um controle biológico natural muito eficiente. Quando nestes sistemas é implantado o sistema de monoculturas, utilizando os fertilizantes químicos e pesticidas que destroem inimigos naturais, os impactos ambientais adversos são inevitáveis.

A irrigação é um componente importante ao desenvolvimento da agricultura não somente em regiões áridas e semi-áridas, mas também em outras regiões. Os projetos de irrigação podem interferir em diversas áreas, necessitando muitas vezes de infra-estruturas de apoio, extensas aos sistemas de irrigação, tais como: represas, reservatórios, açudes, poços, estações de bombeamento, canais de transporte d'água, desvios e retificação de corpos d'água etc., que resultam em mudanças nas zonas afetadas, especialmente bacias hidrográficas (DIAS, 1999).

Afirmando também que todos os métodos de irrigação repercutem sobre o meio ambiente, podendo, em alguns casos de boa adaptação e gestão correta, apresentar situações de equilíbrio de nutrientes e benefícios para a microflora e microfauna, porém a má gestão poderá provocar impactos ambientais de difícil reversão.

De acordo com LIMA & VALARINE (1996) constituem-se em impactos ambientais intrínsecos da agricultura irrigada: o risco à degradação do solo, a alteração microclimática, que pode favorecer a incidência de pragas e doenças e a alteração das propriedades químicas e físicas dos corpos da água sujeitos a poluição. E os impactos ambientais extrínsecos da agricultura irrigada: a poluição e contaminação por agroquímicos, implicando em riscos de intoxicação humana e animal, além de alteração da cobertura vegetal provocada pela expansão da área irrigada, com conseqüentes reduções de biodiversidade, alterando o valor dos recursos naturais e a qualidade de vida de agricultores e consumidores.

O adequado dimensionamento dos impactos ambientais sobre o meio antrópico exige um conhecimento aprofundado e atualizado da estrutura social, econômica, demográfica e cultural da população atingida. Independente das

características dos projetos, a desconsideração desses aspectos implicará o aumento de tensão e conflitos no interior de grupos e no empobrecimento econômico e cultural das populações envolvidas (OLIVEIRA, 1989).

III. 2. Indicadores de impactos ambientais

Derivada da palavra latina *indicare*, indicador significa destacar ou revelar algo. Um indicador exige uma ou mais unidades de medida (tempo, área, etc.) e, muitas vezes, padrões para referenciar sua interpretação. Os padrões seriam valores que expressam os limites nos quais a ocorrência de um indicador deve ser ou não nociva ao homem ou ao seu ambiente. Os indicadores são informações quantitativas de monitoramento de uma situação pontual ou evolutiva, seja ele de caráter político, econômico, social e ambiental. Como tal eles têm sido instrumentos básicos de planejamento, monitoramento de tendências e medições do alcance de metas (MAGALHÃES JUNIOR, 2007).

Este mesmo autor afirma que, como ferramenta de auxílio à decisão, os indicadores são modelos simplificados da realidade com a capacidade de facilitar a compreensão dos fenômenos, de aumentar a capacidade de comunicação de dados brutos e de alcançar as informações à linguagem e aos interesses locais dos decisores.

SILVA (2006) cita que um indicador é uma ferramenta que permite, através da obtenção de informações e mensuração de variáveis ambientais, caracterizar, monitorar e avaliar a condição e/ou nível de sustentabilidade de um agroecossistema, reduzindo uma grande quantidade de informações a uma forma mais simples, ao mesmo tempo mantém o significado essencial da questão cuja resposta esta sendo procurada nessa informação.

Segundo LEONARDO (2003), indicadores ambientais são atributos mensuráveis do ambiente que podem ser monitorados via observações de campo, amostragem de solo, sensoriamento remoto, por compilação de dados pré-existentes ou pela combinação desses métodos. Podem ser quantitativos, quando medidos e representados por uma escala numérica, ou qualitativos, quando classificados simplesmente em categorias ou níveis.

O estudo do tema indicadores ambientais é relativamente novo em termos mundiais (a partir dos anos 80), ao contrário dos indicadores sociais, que já eram adotadas sistematicamente a partir dos anos 70. Na década de 1990, a tendência global, da busca do desenvolvimento sustentável motivou a multiplicação de iniciativas, a respeito dos indicadores voltados para a gestão sustentável dos recursos naturais. A agenda 21 (Senado Federal, 1997) lembrou que os indicadores são instrumentos importantes na busca da sustentabilidade. Entretanto, em 1997 (Conferência Rio+5) concluiu-se que as iniciativas sobre indicadores eram ainda tímidas em nível global (DOMINGUES & RIBEIRO, 1997).

No Brasil, o desenvolvimento de programas ou projetos sobre indicadores para a avaliação ambiental, em todas as suas dimensões, é recente. A complexidade do sistema agro-ambiental é um dos maiores desafios do setor, pois exige muitas vezes o desenvolvimento de um trabalho multidisciplinar e entendimento holístico do desenvolvimento rural (SILVEIRA, 2004).

SILVA (2006) desenvolveu um trabalho com o objetivo de caracterizar através de parâmetros físico-químicos e biológicos a qualidade da água utilizada no Perímetro Irrigado Jacarecica I, bacia hidrográfica do Rio Jacarecica, município de Itabaiana, SE, a partir dos resultados obtidos verificou-se que os parâmetros em estudo serviram como indicadores impactos ambientais da água da barragem, visando tanto o monitoramento ambiental como a sua adaptabilidade à prática da agricultura irrigada.

VANZELA (2004) avaliou a qualidade da água para a irrigação ao longo do córrego Três Barras, no município de Marinópolis, SP. Os parâmetros avaliados foram: vazão, descarga sólida total, parâmetros físico-químicos e biológicos. A partir dos resultados obtidos verificou-se que durante o período seco houve comprometimento da qualidade da água utilizada na irrigação.

GRAMOLELLI (2004) desenvolveu estudos nas áreas irrigadas dos municípios de Jundiaí, Jarinú e Campo Limpo Paulista, pertencentes à bacia hidrográfica do rio Jundiaí-Mirim, no estado de São Paulo. Dentre os objetivos da pesquisa avaliou-se a qualidade da água utilizada na irrigação nas propriedades rurais a partir de um índice de qualidade da irrigação (IQI) baseado em parâmetros indicadores de qualidade relacionados à água, ao solo, à cultura irrigada e ao

manejo da irrigação. Com os resultados obtidos foi possível avaliar o conhecimento dos agricultores sobre a cobrança pelo uso de recurso hídrico e desenvolver uma metodologia para a estimar a qualidade da irrigação a partir de um índice simplificado (IQI), com a identificação de aspectos relacionados ao uso de sistemas de irrigação.

SILVEIRA (2004) realizou um diagnóstico do sistema de irrigação por sulcos no município de Estiva Gerbi/SP e estabeleceu parâmetros indicadores de impactos ambientais da irrigação por sulcos na cultura do tomate. Os resultados alcançados mostraram que o sistema de produção de tomate causou impacto ambiental nos recursos naturais destacando-se o desperdício de água e a perda de solo.

FRAVET (2006) analisou a qualidade da água utilizada para a irrigação por produtores de hortaliças da região de Botucatu/SP para isso analisou parâmetros físico – químicos e biológicos a partir destes, pode-se concluir que a água utilizada na irrigação, encontram - se em condições não alarmantes, pois não apresentam valores muito diferentes daqueles estabelecidos pela Legislação em vigor.

Para o estudo em questão utilizou-se de parâmetros físico-químicos e biológicos para dar subsídios à avaliação de impactos ambientais no perímetro irrigado Cruzeta, sendo eles: Os sólidos suspensos, sólidos totais dissolvidos, turbidez, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, dureza total, nitrato, metais pesados e coliformes termotolerantes, Na, K, Ca e Mg, RAS e PST. Os resultados obtidos foram comparados com os padrões de qualidade da água estabelecidos pela resolução CONAMA nº 387/05. Além do monitoramento destes parâmetros, o estudo contempla o monitoramento de parâmetros hidrológicos como vazão e infiltração de água no solo, além da análise de fertilidade e metais pesados no solo.

III. 2.1. Parâmetros físico-químicos e biológicos utilizados como indicadores de impactos ambientais:

III. 2.1.1. Sólidos suspensos e sólidos totais dissolvidos

Segundo PATEMIANI & PINTO (2001) este parâmetro refere-se à quantidade de material que está presente na água. Em saneamento, sólidos nas águas

correspondem a toda matéria ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis) (PIVELE, 1997).

Os sólidos suspensos, em altas concentrações constituem-se em um dos principais problemas de qualidade de água para irrigação, pois pode ocasionar sérios problemas de obstrução física em sistemas de irrigação localizada. Esse problema ainda pode ser agravado pela presença de bactérias do gênero *Pseudomonas* sp e *Enterobacter* sp, que combinadas com partículas em suspensão, pode ocasionar um tipo de entupimento não controlável pelos sistemas de filtragem (NAKAYAMA & BUCKS, 1986).

Estes autores afirmam ainda que com relação aos sólidos dissolvidos, dificilmente ocasionam obstrução física nos equipamentos, no entanto, havendo interação com outros sais formando precipitados ou favorecendo o crescimento do lodo, pode ocorrer obstrução de emissores. Além disso, PORTO et al.(1991) citam que como os sais fazem parte dos sólidos dissolvidos, o seu excesso na água de irrigação pode provocar salinização do solo, dificultando ou impedido a absorção de água pelas plantas.

Para este parâmetro a resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, estabelece como limite máximo permissível para as águas de classe C1, C2 e C3 os valores de 500 mg/L⁻¹.

III.2.1.2. Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é o grau de redução de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e essa redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e de detritos orgânicos, algas e bactérias, plâncton em geral, etc.(PIVELE, 1997).

Segundo BRAGA et al. (2002), com o aumento da turbidez, e conseqüentemente redução da transparência da água, ocorre redução nas taxas

fotossintéticas, prejudicando a procura de alimento para algumas espécies, o que leva a desequilíbrios ambientais.

SILVEIRA (2004) cita que a turbidez é um parâmetro extremamente importante no monitoramento ambiental, atuando muitas vezes como indicador ambiental. Afirmando ainda que no caso do sistema de irrigação por sulcos, a turbidez não foi considerada um bom indicador de impacto ambiental, haja vista que para estudos dessa natureza, os impactos ambientais foram melhores traduzidos pelos sólidos em suspensão. Entretanto CARVALHO (1994) cita que a turbidez pode ser utilizada para medir a concentração de sedimentos em suspensão que é de grande importância para a qualidade da água para irrigação.

Na irrigação localizada pode ser um parâmetro comprometedor, uma vez que indica a concentração de partículas sólidas em suspensão que podem obstruir os gotejadores, além de diminuir a eficiência de processos de desinfecção. A turbidez da água é normalmente reduzida através da filtração (PATEMIANI & PINTO, 2001).

Para este parâmetro, o valor máximo estabelecido pela resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA para as águas de classe C1 é de 40 UNT e para as águas de classes C2 e C3 esse valor é de 100 UNT.

III.2.1.3. pH (Potencial Hidrogeniônico)

O potencial Hidrogênionico (pH) é um valor que representa a concentração de íons de hidrogênio H^+ (Em escala logarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 1996).

PATEMIANI & PINTO (2001) afirmam que os valores de pH da água de irrigação normalmente estão entre 6,5 e 8,4, os valores fora desses limites indicam que pode haver problemas na qualidade da água, recomendando-se uma análise mais detalhada dos parâmetros que definem sua qualidade, ressaltando também que o pH é considerada uma medida importante na análise de água para irrigação por estar intimamente relacionado com a concentração de outras substâncias presentes na água. Assim, por exemplo, uma água que apresenta pH acima de 8,3 contém altas concentrações de sódio, carbonatos e bicarbonatos, podendo tornar-se inadequada para irrigação.

Segundo BRANCO (1986) as variações do pH de um ecossistema aquático podem provocar sérias conseqüências sobre os microrganismos. A maioria dos organismos aquáticos consegue sobreviver entre valores de pH de 5 a 9, sendo a faixa ótima em torno do neutro.

ESTEVES (1998) observa que é comum encontrar valores altos de pH em regiões de balanço hídrico negativo como ocorre com os açudes da região do semi-árido do Nordeste brasileiro com valores superiores a 8. Na época de estiagem, este fato é acentuado pelos altos valores de carbonatos e bicarbonatos encontrados nas águas e que se tornam mais concentrados pela evaporação.

Para este parâmetro, o valor máximo estabelecido pela resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA para as águas de classe: C1; C2; C3, C4, é de 6,0 a 9,0.

III. 2.1.4. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido indica o grau de arejamento da água, representa um ótimo indicador de qualidade de água e sua presença é essencial para os seres aquáticos aeróbicos, é usado como parâmetro para verificar a qualidade das águas superficiais é também um importante critério para se determinar às condições sanitárias das mesmas. O teor de oxigênio dissolvido varia em função da temperatura e altitude (MACEDO, 2003).

APHA et al. (1995) citam que as concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD) em águas naturais e esgotos dependem de fatores físicos, químicos e bioquímicos, sendo as análises de OD úteis para se verificar os níveis de poluição das águas e para controle dos processos de tratamento de esgotos.

De acordo com ESTEVES (1998) entre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes para os ecossistemas aquáticos, pois é fundamental para a maioria dos seres vivos e para que se verifiquem fenômenos aeróbios de biodegradação.

O oxigênio dissolvido é um fator importante na autodepuração, que é o restabelecimento do equilíbrio do meio aquático, por mecanismos naturais. Durante a autodepuração os compostos orgânicos são convertidos em compostos inertes e

não prejudiciais aos rios do ponto de vista ecológico. As bactérias aeróbias atuam sobre a matéria orgânica em decomposição utilizando o OD comoceptor de elétrons no processo metabólico. O conteúdo de oxigênio dissolvido nas águas superficiais depende, dentre outros fatores, da quantidade e tipos de matérias orgânicas instáveis que contenha a água (VON ESPERLING, 1996).

VARGAS et al. (2006) citam que a presença do oxigênio na água o torna um importante gás na dinamização e caracterização do ecossistema aquático. Isto é, por meio dele, podemos verificar a existência da alteração do meio em estudo a partir da medição do parâmetro do oxigênio dissolvido (OD), o qual é feito, normalmente, pelo método de Winkler (1988) que é de fundamental importância em trabalhos limnológicos e oceanográficos.

De acordo com a resolução nº 357/05 do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CONAMA, o limite máximo de oxigênio dissolvido para águas de Classe: C1, C2, C3 e C4 em qualquer amostra são respectivamente, não inferior a 6 mg/L O₂, 5 mg/L O₂, 4 mg/L O₂ e 2 mg/L O₂.

III. 2.1.5. Nitrato

O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob as formas: de nitrato (NO₃) e nitrito (NO₂). Dentre tais formas, o nitrato, juntamente com o íon amônio, assume grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVES, 1998).

ARAÚJO (2006) cita que as águas naturais, em geral, contêm nitratos em solução. As águas que recebem esgotos podem conter quantidades variáveis de compostos mais complexos, ou menos oxidados tais como: compostos orgânicos quaternários, amônia, nitritos. Em geral, a presença destes denuncia a existência de poluição recente, uma vez que estas substâncias são oxidadas rapidamente na água, devido principalmente à presença de bactérias nitrificantes. Por esta razão, constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes.

A origem de excessos de nitrogênio na água esta normalmente associada a despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e uso de fertilizantes. Devido a esse ultimo fator sua importância na agricultura irrigada tem tido atenção

intensificada, principalmente devido à difusão das técnicas de fertirrigação. A presença de nitrogênio, na forma de nitrato, em excesso na água pode trazer problemas graves de saúde a população como metahemoglobinemia, doença que pode causar morte em crianças (PATEMIANI & PINTO, 2001). De acordo com FRAVET (2006) esta doença ocorre porque o nitrato se reduz a nitrito na corrente sanguínea, competindo com o oxigênio livre.

Segundo PIVELLI (1997), os esgotos sanitários constituem em geral a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal e da hidrólise sofrida pela uréia na água. Citando também outras fontes como os matadouros, curtumes, a atmosfera em função da fixação biológica e química, as lavagens da atmosfera poluída e as áreas agrícolas, onde o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio.

A resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA estabelece como limite máximo o valor de $10 \text{ mg L}^{-1}/\text{N}$, para as águas de classes: C1; C2 e C3.

III. 2.1.6. Metais pesados

Os metais pesados são perigosos poluentes devido as suas diferentes espécies químicas, toxicidade e suas propriedades acumulativas. Estes poluentes necessitam de tratamento especial já que não são degradados biológica ou quimicamente, de forma natural. Ao contrário, acumulam tornando-se mais perigosos, pois persistem no ambiente ocasionando efeitos indesejáveis (CARVALHO et al., 2006).

São classificados em: elementos essenciais: sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio; micro-contaminantes ambientais: arsênico, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio; elementos essenciais e simultaneamente micro-contaminantes: cromo, zinco, ferro, cobalto, manganês e níquel (CAMPOS, 2008).

Durante muito tempo, a poluição relacionada ao longo e contínuo período de intensa industrialização, às emissões veiculares, às atividades agrícolas, aos

incineradores, ao tratamento inadequado de resíduos industriais, entre outras atividades, castiga os rios e aquíferos, os solos e a atmosfera do nosso planeta. Nas últimas décadas a preocupação das autoridades no mundo em relação à poluição ambiental por metais cresceu, movimentando a comunidade científica em busca de respostas e resoluções para estes problemas (ARTHUR et al., 2007).

CAMPOS (2007) afirma que a presença de metais pesados muitas vezes está associada à localização geográfica, seja na água ou no solo, e pode ser controlada, limitando o uso de produtos agrícolas e proibindo a produção de alimentos em solos contaminados com metais pesados. Todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais dependendo da dose e da forma química. Muitos metais são essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos, desde as bactérias até mesmo o ser humano, mas eles são requeridos em baixas concentrações e podem danificar sistemas biológicos.

Quanto a presença de metais pesados no solo, a influência da qualidade na saúde de seres humanos tem sido pouco estudada e mesmo subestimada até o momento. Por meio de sua ingestão (tanto deliberada como involuntária), inalação e absorção dérmica, os componentes minerais, químicos e biológicos dos solos podem tanto ser benéfico como prejudiciais à saúde humana. Os solos também podem afetar indiretamente a saúde da população influenciando as propriedades da atmosfera, hidrosfera e biosfera (GUMIERO et al., 2007).

A resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA estabelece os limites máximos para os metais pesados nas águas de classes: C1; C2 e C3.

III. 2.1.7. Coliformes Termotolerantes

Os coliformes são microorganismos que podem estar presentes nas águas. Controlar sua população é de fundamental importância, uma vez que quando a sua densidade aumenta pode haver a deterioração da qualidade da água, desenvolvendo-se odores e sabores desagradáveis e até mesmo prejudiciais à saúde humana (MACEDO, 2003).

Este mesmo autor afirma ainda que as bactérias do grupo coliformes são indicadoras de poluição fecal, pois estão sempre presentes no trato do intestino humano e de outros animais de sangue quente, sendo eliminadas em número pelas fezes. Desse modo, sua presença em água indica o risco potencial da presença de microorganismos patogênicos. Sua ausência evidencia condição de potabilidade, em nível bacteriológico, uma vez que são mais resistentes na água que as bactérias patogênicas de origem intestinal.

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e com o solo (CETESB, 2001 apud ANA, 2005).

Segundo DERISIO (2000) os organismos do grupo coliforme tem se mostrado como os melhores indicadores da possível presença de seres patogênicos (causadores de doença ao homem). A presença de coliformes numa água por si só não representa nenhum risco a saúde, mas indica a possível presença de outros seres causadores de problemas a saúde. A determinação deste indicador é baseada em termos probabilísticos, sendo o resultado expresso em número mais provável (NMP) de organismos do grupo coliforme por 100 mililitros de amostra. Esse indicador pode ser medido como coliforme total e fecal sendo este último revelador quanto à presença de esgotos de origem sanitária.

Segundo a Resolução nº 357/05 do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, o limite máximo de coliformes termotolerantes para as águas de Classe C1, C2, C3 são respectivamente: 200/100 ml, 1000/100ml, 4000/100 ml.

III. 2.1.8. Condutividade elétrica

BERNARDO (1995) cita que a condutividade elétrica da água é a sua capacidade de conduzir corrente elétrica. Expressa a concentração total de sais solúveis ou a salinidade. De acordo com QUEIROZ (2005) o processo de salinização

pode ter causas naturais (salinização primária) ou pode ter origem no manejo inadequado do solo e da água pela ação do homem (salinização secundária).

O excesso de sais na zona radicular, independentemente dos íons presentes, prejudica a germinação, desenvolvimento e produtividade das plantas. Isso porque uma maior concentração na solução exige da planta um maior dispêndio de energia para conseguir absorver água (efeito osmótico) prejudicando seus processos metabólicos essenciais (TOMÉ JUNIOR, 1997).

Para AYERS & WESTCOT (1999), o principal problema do excesso de sais na água de irrigação é que após a sua deposição no solo, os sais se acumulam à medida que a água é evaporada ou consumida pelas culturas, podendo resultar em salinização do solo. De acordo com BRANDÃO (2002) deve ficar claro que cada espécie vegetal possui um nível de tolerância ao excesso de sais.

MEIRELES (2007) cita que os sais que se acumulam na zona das raízes estão diretamente ligados ao aporte da água de irrigação e/ou ao aumento do nível do lençol freático próximo à superfície. De acordo com PIZARRO (1985) ; JUNIRAK & TOPPER (2004), em solos com deficiência de drenagem a água não se infiltra, ficando acumulada sobre a superfície sofrendo evaporação e concentrando os sais.

Para manter um nível de salinidade tolerável pelas culturas, faz-se necessário aumentar a fração de água liberada na irrigação, de modo que as plantas tenham seus requerimentos supridos e que possa ocorrer a lixiviação do excesso de sais para camadas mais profundas do solo. No entanto, esse excesso pode elevar o nível do lençol freático em áreas baixas, fazendo com que a água ascenda por capilaridade na zona radicular (MEIRELLES, 2007).

VANZELA (2004) cita que a análise desse parâmetro permite verificar a influência direta e indireta de atividade nas bacias sobre os recursos hídricos como lançamento de efluentes domésticos, industriais e agropastoris. Além disso, é uma variável que permite detectar variações nas características qualitativas da água, pois esta diretamente relacionada com a concentração total de íons.

III. 2.1.9. Dureza Total

Águas duras são aquelas que exigem consideráveis quantidades de sabão para produzir espuma de modo que, no passado, a dureza de uma água era considerada como uma medida de sua capacidade de precipitar sabão. A dureza é devida à presença de cátions metálicos divalentes, os quais são capazes de reagir com sabão formando precipitados e com certos ânions presentes na água para formar crostas. Os principais íons causadores de dureza são cálcio e magnésio tendo um papel secundário o zinco e o estrôncio. Algumas vezes, alumínio e ferro férrico são considerados como contribuintes da dureza (OLIVEIRA & FERNANDES, 2007).

O termo dureza é freqüentemente utilizado para caracterizar a qualidade de um determinado tipo de água. A dureza da água esta determinada pelo conteúdo de sais de cálcio e de magnésio, estreitamente ligados com íon carbonato (CO_3^{-2}) e bicarbonato (HCO_3^-)(dureza temporal) e com íons de sulfato, cloretos e outros ânions de acidez mineral (dureza permanente). Segundo CUSTÓDIO E LLAMAS (1983), a soma da dureza temporária e permanente representa a dureza total. O grau de dureza da água é definido em função da sua concentração em mg/l de CaCO_3 (ARANA, 1997).

SAWYER et al. (1994) citam que, as águas podem ser classificadas em: água mole (dureza menor que $50 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$); água moderada (dureza entre 50 e $150 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$); água dura (entre 150 e $300 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$); água muito dura (maior que $300 \text{ mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$).

III. 3. Irrigação e qualidade da água

A irrigação é basicamente uma operação agrícola que supre a necessidade de água da planta, fornecendo o complemento de água que não aconteceu por precipitação. Não funciona em separado, mas integrada com outras operações agrícolas de forma benéfica ou prejudicial, dependendo da habilidade de quem a executa (WITHERS & VIPOND, 1977).

A irrigação tem por objetivo proporcionar umidade adequada para o desenvolvimento das plantas para aumentar a produtividade e superar o efeito dos períodos secos. Qualquer que seja a fonte, a avaliação da água utilizada na

irrigação das culturas é indispensável e de importância fundamental (MATTOS, 2003).

SCHULTZ et al. (2001) afirmam, que boa parte dos irrigantes no Brasil usam métodos antiquados, que desperdiçam mais da metade da água utilizada. VIEIRA (2003) relata que isso é uma realidade preocupante, principalmente se levados em consideração dados da Agência Nacional de Águas (ANA) que apontam a irrigação agrícola como consumidora de quase 55% de toda a água demandada pelo país, por isso, o uso de modernas tecnologias e manejo correto na irrigação são fundamentais. TUNDISI (2003) afirma que somente 30 a 60% da água utilizada para a irrigação retorna a jusante, tornando a irrigação o maior usuário de água doce globalmente. A área irrigada cresceu 72% entre 1966 a 1996.

VILLIERS (2002) relata que quase 60% da água destinada a irrigação nunca chega às terras plantadas, sendo perdidas por canos que vazam, canais sem revestimento, evaporação nos reservatórios e canais abertos, e o mal direcionamento da aspersão e que o desperdício de água escoada está provocando no Norte da China o rebaixamento de um metro por ano no lençol freático.

De acordo com BERNARDO (1987), existem basicamente quatro métodos de irrigação: irrigação por aspersão, irrigação localizada, irrigação por superfície e irrigação subterrânea. A irrigação por superfície também denominada irrigação por gravidade utiliza a superfície do solo para conduzir à água que deve ser aplicada a área a ser irrigada, de forma a permitir um escoamento contínuo, sem causar erosão. Este método utiliza diferentes configurações, cujos critérios de classificação diferem substancialmente, mas em geral englobam os seguintes sistemas: irrigação por sulcos, irrigação por tabuleiros de inundação e irrigação por faixas.

De acordo com FRIZZONE (1993), a irrigação por sulcos consiste na inundação parcial e temporária, por condução da água na superfície do solo. Existem diferentes tipos de sulcos, como por exemplo: retilíneos em nível; retilíneos com gradiente; em contorno; corrugações; em zigue-zague; em dentes.

OLITTA (1984) cita as vantagens da utilização do sistema de irrigação por sulcos entre elas tem-se: presta-se para irrigação de todas as culturas; adapta-se a todos os tipos de solo com boa capacidade de infiltração; não exigência de uma perfeita sistematização do terreno; os custos de instalação e operação não são

elevados, sendo, portanto um dos métodos de irrigação de menos emprego de capital.

Apesar dos benefícios, a irrigação por sulcos apresenta algumas desvantagens, neste sentido. BERNARDO (1995) afirma que o excesso de água que geralmente ocorre na irrigação por sulcos resultará em perdas d'água por percolação e, ou, por escoamento no final do sulco (runoff), e perdas de nutrientes por lixiviação para as camadas abaixo da zona radicular das culturas, bem como causará problemas de afloração de lençol freático nas áreas abaixo da que está sendo irrigada ou na própria área de irrigação, criando problemas potenciais de salinização e por consequência resultara em baixo rendimento da cultura e baixa eficiência da irrigação.

Segundo VIEIRA (1983), a baixa eficiência do sistema de irrigação por sulcos está relacionada, sobretudo, aos principais aspectos ligados ao solo, água, topografia, planta e clima. A topografia assume importante papel uma vez que toda a movimentação da água faz-se em função do desnível do terreno, sendo que a declividade ideal seria terrenos relativamente planos (0,1 a 1% de declive).

Afirmando ainda que em áreas planas é preciso estar mais atento a uma menor vazão, sendo que altos declives implicam em maior dificuldade no manejo d'água. Em relação ao solo, aqueles de textura média são os mais favoráveis a esse método, pois os arenosos aumentam a perda por lixiviação, percolação e baixa eficiência de água aumentando os custos. Em solos muito argilosos, dependendo da estrutura desse solo, haverá dificuldade de infiltração problemas quanto às dimensões das parcelas, á quantidade da água e ao tempo de irrigação.

SILVEIRA (2004) afirma que a importância dos recursos hídricos para á irrigação esta associada à disponibilidade em termos de qualidade e quantidade de água para o sistema de irrigação. De acordo com AYERS & WESTCOT (1991) a agricultura irrigada depende tanto da quantidade quanto da qualidade da água. No entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido a que, no passado, as fontes de água, no geral, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização. Esta situação, todavia, está se alterando em muitos lugares.

Segundo AYERS & WESTCOT (1999), em todo o mundo o uso intensivo de águas de boa qualidade tem acarretado, de forma crescente, a diminuição da sua

disponibilidade para novos e antigos projetos de irrigação. Além disso, a crescente necessidade de expansão das áreas agrícolas tem gerado a necessidade do uso de águas consideradas de qualidade inferior. Bem como, a re-utilização de água de drenagem com elevados teores de sais e a utilização de espécies capazes de apresentarem elevada rentabilidade quando irrigadas com esses tipos de água (RHOADES et al., 2000).

A qualidade da água para irrigação está relacionada aos seus efeitos prejudiciais aos solos e às culturas, requerendo muitas vezes técnicas especiais de manejo para controlar ou compensar eventuais problemas associado a sua utilização. Os problemas causados pela qualidade da água podem ser resumidos nos seguintes efeitos principais: salinidade, permeabilidade do solo e toxidez às plantas cultivadas (AYERS & WESTCOT, 1976).

PATEMIAMI & PINTO (2001) afirmam que são vários os fatores que determinam a qualidade da água para irrigação. No entanto, alguns fatores são considerados mais importantes do que outros, em função de seus efeitos no solo e na planta.

Segundo REICHARDT (1990), na prática de irrigação a longo prazo, a qualidade da água é um dos fatores mais importantes. Pequenas quantidades de soluto podem, em projetos de irrigação mal elaborados, transformar lentamente uma área fértil em um solo salino de baixa produtividade.

SILVA (2006) afirma que os sais podem reduzir a produtividade de uma área ou mesmo torna - lá improdutivo levando a insustentabilidade dos agroecossistemas da região e que são muitos os fatores que influenciam no perigo da salinização dos solos em áreas irrigadas, como exemplo, lençol freático alto, danos físicos e químicos ao solo, drenagem insuficiente e deterioração da qualidade da água.

GURGEL et al. (2003) afirmam que assim como outras propriedades químicas e físicas, a salinidade do solo e da água é um atributo bastante variável no espaço e no tempo. Os fatores mais diretamente responsáveis por esta salinidade são: a natureza química dos solos, as interações com outros fatores, aumentando na perda de permeabilidade, elevação do nível do lençol freático e as variáveis climáticas, como pluviosidade, irregularidade de distribuição das chuvas, além das perdas hídricas por evaporação e evapotranspiração.

DREVER (1988) cita que a salinidade das águas é fortemente influenciada pelas condições climáticas, geológicas e estruturais. Assinala-se também que o tipo de relevo, vegetação e tempo de contato água-rocha, associados às condições hidrológicas locais são fatores importantes e muitas vezes determinantes.

Toda água, superficial ou subterrânea, contém sais dissolvidos. Os sais são adicionados às águas por meio de produtos solúveis do intemperismo da rocha e da erosão proveniente da precipitação pluvial e das águas em escoamento. Os tipos e concentrações dos sais dependem do meio ambiente, do movimento e da fonte de água (ANDRADE & LOPES, 2008).

Os problemas de salinidade têm sido também associados à água utilizada na irrigação, à drenagem deficiente e à presença de águas sub-superficiais ricas em sais solúveis a pouca profundidade, sendo também causada pela aplicação de fertilizantes, de forma excessiva e parcelada ao longo do ciclo natural, induzindo o sistema radicular ao estresse osmótico. Nestes casos, ou seja, quando a salinização é devido à ação antrópica, a mesma é conhecida como salinização secundária (DIAS, 2004).

OLIVEIRA (1997) cita que a salinização secundária é, em alguns casos, responsável por perdas irreparáveis da capacidade produtiva do solo, tornando estéreis grandes extensões de terras cultivadas. Este mesmo autor afirma que a salinidade induzida pelo homem é mais perceptível em ambientes de elevada taxa de evapotranspiração potencial e baixa precipitação pluvial no curso do ano. A salinidade induzida nessas áreas se manifesta em decorrência da irrigação praticada, e, onde, o controle através da drenagem não é feito ou feito de forma inadequada.

Às água de irrigação contém misturas de sais de origem natural. Conseqüentemente, os solos irrigados com estas águas contem mistura similar, mas geralmente com concentrações mais elevadas. A intensidade da acumulação de sais no solo depende da qualidade da água, do manejo de irrigação e da eficiência de drenagem. Para evitar as perdas de rendimentos das culturas ocasionadas pela acumulação excessiva de sais, estes devem ser mantidos numa concentração inferior àquela que afetaria seus rendimentos (AYERS & WESTCOT, 1991).

RHOADES & LOVEDAY (1990); VAN HOORN & VAN ALPHEN (1994) afirmam que, para se manter a solução do solo num nível de salinidade compatível com o sistema de cultivo, a remoção de sais na zona radicular depende da manutenção do balanço de sais. A lixiviação é o fator mais importante para reduzir a intensidade da salinização de uma área irrigada.

As três principais fontes naturais de sais no solo são o intemperismo mineral, a precipitação atmosférica e os sais fósseis (aqueles remanescentes dos ambientes marinhos e lacustres). Os sais também podem ser adicionados aos solos através de atividades humanas, incluindo o uso de águas de irrigação, salmouras altamente salinas ou resíduos industriais (BOHN et al., 1985 ; QUEIROZ et al., 1997). Embora a principal fonte de todos os sais encontrados no solo seja a intemperização das rochas, raros são os exemplos onde esta fonte tenha provocado, diretamente, problemas de salinidade do solo (RICHARDS, 1954).

De acordo com SHALHEVET & KAMBUROV (1976), a composição e qualidade das águas destinadas à irrigação dependem da zona climática, da fonte da água, do trajeto percorrido, da época do ano e da geologia da região. A qualidade da água de irrigação pode variar segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos, que são encontrados em quantidades pequenas, porém muitas vezes significativas, tendo sua origem na intemperização das rochas e dos solos, pela dissolução lenta do calcário e de outros minerais, que são levados pelas águas de irrigação e se depositam no solo, acumulando à medida que a água evapora ou é consumida pelas culturas (RHOADES et al., 1992).

A origem dos solos salinos e sódicos é um fenômeno observado particularmente sob condições de aridez. As altas taxas de evaporação e baixa precipitação, associadas às características do material de origem e às condições geomorfológicas e hidrológicas, condicionam a formação de solos com teores elevados de sais solúveis e sódio trocável, que comprometem o crescimento e o desenvolvimento das culturas (WHITEMORE, 1975).

A qualidade da água para irrigação é avaliada não apenas pelo seu conteúdo total de sais, mas, também, pela composição individual dos íons presentes. Alguns cátions e ânions, quando em excesso, podem trazer prejuízos ao solo (pelo efeito

direto na sodificação) e às plantas cultivadas, dependendo do grau de tolerância destas aos sais (AYERS & WESTCOT, 1991; RICHARDS, 1995; ZONN, 1986).

AYERS & WESTCOT (1991), afirmam que a energia necessária para absorver água de uma solução do solo salino é adicional à energia requerida para absorver água de uma solução de solo sem sais. Este efeito acumulativo, faz com que a disponibilidade de água para a cultura diminua à medida em que a salinidade aumenta. Por isto, os efeitos da estiagem e de salinidade são praticamente homólogos e provocam estados de escassez de água na planta e redução de seu crescimento. No entanto, os efeitos conseqüentes, tais como paralização do crescimento, danos nas folhas e necroses nos tecidos, aparecem depois que as culturas sejam expostas às condições de alta salinidade por tempo prolongado.

BURT et al. (1995) atentam para outros aspectos importantes na avaliação da qualidade da água para a irrigação, como a possibilidade de precipitação de resíduos, principalmente quando a irrigação é praticada em condutos pressurizados e há interação da água com produtos fertilizantes (misturas), aplicados via fertirrigação. Para os autores, a aplicação de sais (fertilizantes minerais) e defensivos (herbicidas, fungicidas, acaricidas, nematicidas, etc.) via água de irrigação, pode apresentar problemas de precipitação ou volatilização, dependendo da qualidade da água a ser usada.

BERNARDO & MANTOVANI (2005) definem que, para que se possa fazer correta interpretação da qualidade da água em irrigação, os parâmetros analisados devem estar relacionados com seus efeitos no solo, na planta e no manejo da irrigação, os quais serão necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água. A literatura evidencia então a importância em se considerar a qualidade da água no manejo de irrigação, mas infelizmente muitos dos projetos de irrigação não alcançam o êxito por negligenciar a qualidade da água.

Na literatura há vários métodos para determinação da qualidade da água dentre eles tem - se três métodos de avaliação da qualidade da água para irrigação, quais sejam, o método do departamento de agricultura dos Estados Unidos (United States Department Agriculture – USDA, 1954), as diretrizes para irrigação e drenagem (AYERS & WESTCOT, 1999) da organização para Alimentação e

Agricultura (Food and Agriculture Organization – FAO) e o método baseado na composição iônica – tipos de água (SILVA, 2006). Para o estudo em questão utilizou-se o primeiro método.

III. 4. Infiltração da água

O processo de infiltração é o processo pela qual a água penetra no solo, através de sua superfície, fator importante na irrigação, visto que a velocidade de infiltração de um solo determina o tempo em que se pode manter a água na superfície do solo, de modo que se aplique uma quantidade desejada de água, sem que ocorra saturação do solo, lixiviação de nutrientes é escoamento superficial. Com a operação de preparo, a estrutura do solo é modificada, o que provoca um aumento da porosidade, à medida que vão ocorrendo às precipitações naturais ou as irrigações, o solo tende a voltar à condição inicial, logo a velocidade de infiltração tende a reduzir de irrigação para irrigação (SALOMÃO, 2007).

BERNARDO et al. (2005), concordando com SOUZA (1996), relatam que a velocidade de infiltração de água no solo varia muito da primeira para a segunda irrigação, tornando praticamente constante a partir da terceira. SOUZA (1996) afirma ainda que essa variação pode ser atribuída ao índice de umidade do solo e modificações de suas características hidráulicas.

De acordo com REZENDE & SCALOPPI (1985) a infiltração é um fenômeno complexo depende de inúmeras variáveis relacionadas às características físicas e morfológicas do solo, e apresenta uma dependência com o teor de água no perfil e a condição da superfície. Afirmando ainda que as características da infiltração da água no solo constituem um dos principais parâmetros requeridos no dimensionamento, operação, manejo e avaliação de sistemas de irrigação por superfície.

REICHERT et al. (2005) relatam que o armazenamento de água no solo é decorrente do processo de infiltração, que por sua vez é um processo físico de grande complexidade, que envolve o solo como um meio heterogêneo com ampla variabilidade espacial e que apresenta características que sofrem alterações diferenciadas no tempo e no espaço.

A declividade do sulco, a resistência ao escoamento e a altura da lâmina de água sobre a superfície do solo influenciam o processo de infiltração de água. Os principais problemas de variáveis da lâmina de água infiltrada em uma área são provenientes, principalmente, do reduzido tempo de aplicação de água, da sistematização do terreno, da variabilidade espacial do solo (textura, estrutura, umidade), da compactação do solo e, da seção de escoamento (FRIZZONE, 1993).

Este mesmo autor descreve os inúmeros métodos que tem sido proposto para avaliar as características de infiltração em sistemas de irrigação por sulcos. Sendo estes reunidos em dois grupos geral sendo o primeiro correspondendo aqueles que determinam à infiltração na ausência de fluxo superficial que são os métodos do cilindro infiltrômetro simples, do sulco infiltrômetro e dos sulcos infiltrômetro “by pass”. E o segundo aqueles que consideram o fluxo superficial constituindo soluções particulares da equação do balanço volumétrico, em que o volume infiltrado é a única variável dependente. Afirmando ainda juntamente com REZENDE & SCALOPPI (1985) que estes métodos procuram reproduzir as condições sob as quais a irrigação se desenvolve e, portanto, deve se preferidos em relação aos primeiro grupo.

Um modelo empírico muito empregado no manejo de irrigação é a equação de Kostiakov-Lewis, normalmente utilizada para a estimativa da infiltração acumulada, cujos parâmetros não têm significado físico próprio e são estimados a partir de dados experimentais. Outro modelo mais consistente que o de Kostiakov-Lewis, é a equação de Horton, escrita na forma de uma função exponencial.

Segundo o modelo de Horton, descrito por PREVEDELLO (1996) a redução na taxa de infiltração com o tempo é fortemente controlada por fatores que operam na superfície do solo, tais como selamento superficial, devido ao impacto das gotas de chuva, fenômenos de expansão e contração do solo. Esses modelos apresentam coeficientes que podem ser calculados a partir das equações teóricas, ou serem estimados por meio de regressão, a partir de dados de infiltração medidos no campo.

III. 5. Umidade do solo

LIBARDI (2005) afirma que a umidade é importante para a compreensão do processo de armazenamento e de distribuição da água no solo. A umidade do solo varia espacialmente e temporalmente, sendo função das características edafo-climáticas da área de estudo (LIBARDI, 2000).

REICHARDT (1985) cita que do ponto de vista agrônomo, é fundamental conhecer a água armazenada em um perfil do solo, pois, até para eficiência de um sistema irrigado e maximização da produtividade é necessário aplicar água na quantidade certa e no momento certo para evitar gastos desnecessários principalmente com água.

O monitoramento periódico da umidade do solo se faz necessário visando uma melhor compreensão de seu comportamento em função de diferentes métodos de amostragem (ORTOLONI & CAMARGO, 1987).

A determinação da umidade do solo constitui uma importante ferramenta nos estudos relacionados à movimentação de água no solo e manejo de irrigação (MIRANDA et al., 2001). O controle de irrigação associado a sistemas de manejo mais eficientes no uso da água, levam a resultados de produção com maior economia deste recurso (OLIVEIRA et al., 2000).

A umidade pode ser determinada por métodos diretos (gravimétrico e o volumétrico) e por métodos indiretos (método de atenuação de nêutrons, método da atenuação da radiação gama, o método TDR, entre outros) (LIBARDI, 2005). ORTOLONI & CAMARGO (1987) citam que as determinações diretas e freqüentes da umidade do solo são bastante difíceis e trabalhosas, sobretudo em grandes áreas territoriais.

III. 6. Vazão

BERNARDO (1987) cita que o monitoramento e avaliação de sistemas de irrigação necessitam de estruturas e equipamentos que permitirão a obtenção de dados importantes à análise do sistema tais como, vazão aplicada, vazão de escoamento no final da parcela, características da infiltração, tempo de irrigação.

Segundo SILVEIRA (2004) um dos parâmetros de maior importância na condução, análise e avaliação de um sistema de irrigação é a medição da vazão,

tanto a vazão aplicada na irrigação, quanto à vazão de escoamento no final da parcela. Afirmando ainda que o método de derivação da água aos sulcos deve possibilitar o controle da vazão e facilitar a medição da mesma.

WALKER & SKOGERBOE (1987) afirmam que, existem várias formas de derivar e controlar a vazão aplicada aos sulcos. É ideal que todos os sulcos recebam a mesma vazão. Isto só é possível desde que todas as saídas tenham a mesma dimensão e operem sob a mesma carga hidráulica.

COSTA et al. (2007) afirmam que a determinação da vazão consiste em uma etapa fundamental no processo de caracterização das condições hidrológicas e na avaliação da disponibilidade hídrica de uma bacia, existindo várias técnicas para obtê-la.

PEREIRA & MELLO (2008) afirmam que a escolha do método depende do volume do fluxo de água, das condições locais, do custo e da precisão desejada. Para condutos livres (canais) o método direto usado para calibração de pequenas vazões ($Q \leq 10$ litros/s) divide em: volumétrico e gravimétrico (de alta precisão pode ser usado como calibração de outros métodos). O método volumétrico baseia-se no tempo gasto para que um determinado fluxo de água ocupe um recipiente com volume conhecido. E o gravimétrico que consiste na pesagem de um determinado volume de água obtido em um determinado tempo.

Citando ainda outros métodos como: O método do flutuador que é utilizado para grandes vazões ($Q > 300$ L/s); o método do vertedor que é utilizado para pequenos cursos d'água, canais (vazão média) utilizado para vazões maiores ou igual a 10 L/s e menor ou igual a 300 L/s ($10 < Q < 300$ L/s); o medidor "WSC FLUME" (Calha) que é muito utilizado para medir a vazão em sulcos de irrigação ou canais, e o molinete. De acordo com PEREIRA & MELLO (2008) os molinetes são pás ou hélices que giram impulsionadas pela velocidade de escoamento, estabelecendo uma proporcionalidade entre o número de voltas por unidade de tempo e a velocidade de escoamento. Este aparelho pode ser utilizado em condutos "livres" ou "forçados" sendo muito preciso na determinação da velocidade de escoamento.

IV. MATERIAL E MÉTODO

IV. 1. Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido no Perímetro Irrigado Cruzeta - PIC, a jusante do açude Cruzeta, no município de Cruzeta-RN. O município de Cruzeta situa-se na mesorregião Central potiguar e na microrregião Seridó Oriental (figura 01) e está localizado a 236 km da capital. O acesso é feito, a partir das rodovias pavimentadas BR – 226 BR 427 e RN – 228 (BELTRÃO et al., 2005).

De acordo com Dados do IBGE (Censo, 2000), a população de Cruzeta, era de 8.138 habitantes. Para o ano de 2006 a população foi estimada em 8.333 habitantes.

As principais atividades econômicas do Município compreendem a agropecuária, extrativismo e o comércio. Com relação aos principais produtos agrícolas produzidos no município de Cruzeta destaca-se o tomate, que apresenta entre outras culturas as maiores áreas produzidas com 300 t/ano (IDEMA, 2007).

O clima é muito quente e semi-árido com estação chuvosa se atrasando para outono, a precipitação pluvial anual normal é de 578,0 mm e a observada é de 859,9 mm, com desvio de 281,9 mm. A temperatura média anual chega a 27,5 °C e a máxima chega a 33 °C. A umidade relativa média anual é de 64%, com 2400 horas de insolação. O município está a uma altitude de 231m e abrange uma área de 288 km². A formação vegetal caracteriza-se pela caatinga hiperxerófila e caatinga subdesértica do Seridó.

O solo predominante é o Luvisolos de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos – SBCS (EMBRAPA, 1999). BELTRÃO et al. (2005) citam, que este é um solo de fertilidade natural média a alta, textura arenosa/argilosa e média/argilosa, fase pedregosa, relevo suave ondulado, bem drenado, muito susceptível a erosão e relativamente rasos.

O perímetro irrigado Cruzeta foi inaugurado em 1978. O método de irrigação é todo por sulcos de infiltração. A área do Projeto tem 415 ha, sendo 141,7 ha de superfície agrícola útil (SAU), dos quais estão implantados 111 ha. Nesta área encontram-se 23 famílias de irrigantes que estão assentadas em duas agrovilas. Cada família possui uma área média de 4,82 ha de lote irrigado e 11,89 ha em

sequeiro. Com relação ao cultivo eles plantam o tomate que é a cultura principal. Além deste também há o plantio da melancia, melão, feijão e milho para subsistência. O lote em sequeiro serve apenas para o gado e também para cultivo de capim elefante (SERHID, 2005).

O suprimento hídrico do Perímetro Irrigado Cruzeta é feito através do Açude Público Cruzeta, com capacidade de armazenamento de 35.000.000 m³ e em alguns lotes por 09 poços amazonas com vazão de 30 a 40 m³/h que suprem a deficiência d'água nos período de escassez. O sistema de distribuição d'água para jusante é constituído de um canal de concreto retangular que conduz a água da saída da galeria até a estação elevatória da CAERN e alimenta o canal principal de adução do sistema (Figura 2). O consumo d'água de irrigação é controlado a partir de comportas metálicas reguladoras de fluxo de canais secundários (MELO, 2002).



Figura 01: Localização do município de Cruzeta no estado do Rio Grande do Norte - RN



Figura 02: Canal principal do perímetro irrigado Cruzeta – RN.

A irrigação no perímetro é realizada em grande parte por sulcos, com exceção de dois lotes, cujo sistema é por gotejamento. Entretanto há previsão para que esse sistema seja implantado em todos os lotes do Perímetro Irrigado, contemplando à implantação de frutíferas. Através do sistema de abertura da comporta a água é liberada para o canal principal que percorre os 23 lotes, distribuindo água para todos os lotes do perímetro. Cada lote possui canais secundários (revestidos ou não) que fazem a irrigação através de sifões derivando a água dos canais secundários para os sulcos da irrigação.

IV. 2. Localização dos pontos de amostragem.

O monitoramento foi realizado em quatro pontos de amostragem, cujas localizações foram demarcadas com auxílio de um GPS - Garmin Etrex Summit (Aparelho que utiliza o sistema de posicionamento Global) (figura 03). Os pontos de monitoramento foram assim definidos: P1(Canal Principal – figura 04), P2 (Canal Secundário do Lote 01 – figura 05), P3 (Canal secundário do lote 02 – figura 06) e P4 (Cacimbão do Lote 02). As demais campanhas realizadas correspondem aos pontos localizados nos sulcos da irrigação do tomateiro (figura 08), sulcos da irrigação do feijoeiro (figura 07), poço do lote 01, barreiro do lote 02 (figura 06).

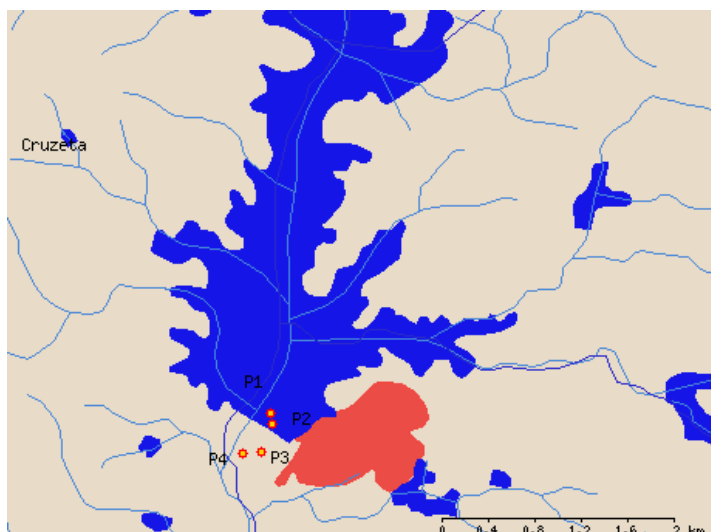


Figura 03: Mapa de Localização dos pontos de monitoramento no perímetro irrigado Cruzeta/RN.

Os pontos de monitoramento e suas respectivas coordenadas encontram-se na tabela 01 abaixo:

Tabela 01: Coordenadas Geográficas (UTM) em cada ponto de amostragem.

Pontos de monitoramento / localização	Coordenadas	
	x	y
1 - Canal Principal	0743833	9290810
2 - Canal Secundário Lote 01	0743820	9290894
3 - Canal Secundário Lote 02	0743739	9290562
4 - Cacimbão Lote 01	0743571	9290552
Campanhas realizadas	Coordenadas	
Irrigação do Tomateiro	0743585	9290940
Irrigação do Feijoeiro	0743638	9290862
Poço do lote 01	-	-
Barreiro	0743752	9290738

Dos quatro pontos de monitoramento, dois foram localizados no lote 01 (P1 e P2) e dois localizados no lote 02 (P3 e P4) do perímetro irrigado Cruzeta-RN. Sendo três pontos (P1, P2 e P3) monitorados nos canais de irrigação onde a irrigação é feita por sulcos, nas culturas como tomate e pimentão e um ponto (P4) monitorado em um cacimbão onde a irrigação é feita por gotejamento, irrigando culturas como feijão, melão e melancia. O monitoramento nestes pontos foram realizadas durante o período de Julho de 2007 a Março de 2008, inicialmente a cada quinze dias no período de julho a outubro de 2007 e mensalmente no período de novembro de 2007 até março de 2008.

Nestes lotes também foram realizadas campanhas em diferentes pontos, durante o período de novembro de 2007 á março de 2008. As campanhas foram realizadas nos sulcos de irrigação do tomateiro e no feijoeiro, com o objetivo de verificar como se comportam os parâmetros em estudo em relação aos demais pontos de monitoramento, uma vez que nestes pontos á água sofre influência da utilização de insumos agrícolas (Agrotóxicos), do manejo da irrigação, do tipo de solo e da velocidade de escoamento da água dentro dos sulcos. Foram realizadas campanhas no poço do lote 01, no qual não estava sendo utilizado neste período, mas foi objeto de análise e no barreiro do lote 02 que recebe a água de chuva e também do canal principal servindo para consumo de animais (bovinos e caprinos).

Foram realizadas medições da CE (Condutividade elétrica), pH e STD (Sólidos Totais Dissolvidos) in situ. As demais análises foram realizadas no laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN e no laboratório de água e solo do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte - CEFET/RN.

Para monitoramento do solo, foram realizadas coletas em dois lotes do perímetro irrigado. No lote 01, as amostragens foram realizadas durante o ciclo da cultura da melancia, no lote 02 as amostragens foram realizadas antes, durante e após o ciclo do tomate. Esses lotes foram escolhidos, pois os tipos de solo dessas áreas representam a maioria dos lotes do perímetro irrigado. Foram realizados monitoramentos da fertilidade do solo e metais pesados no período de julho a setembro de 2007.



Figura 04: Canal Principal do Perímetro Irrigado Cruzeta – RN



Figura 05: Canal Secundário do Lote 01



Figura 06: Canal Secundário do Lote 02



Figura 07: Barreiro do lote 02



Figura 08: Irrigação do feijoeiro do lote 01

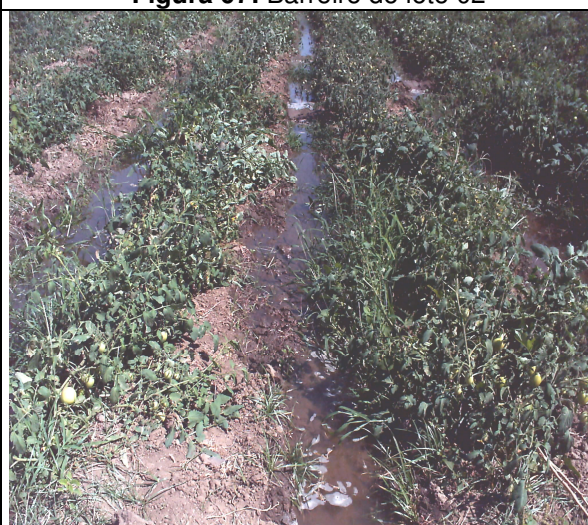


Figura 09: Irrigação do tomateiro no lote 01

IV. 3. Descrição das metodologias para determinação dos Parâmetros físico-químicos e biológicos na água

As amostras para análise de água foram coletadas usando garrafas de 2,0 litros. Em seguida foram conservadas em caixas térmicas com gelo e encaminhadas ao laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – LARHISA da UFRN onde foram feitas análises dos parâmetros definidos conforme a tabela 02, seguindo a metodologia Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Para análise de metais pesados as amostras foram encaminhadas ao laboratório de água e solo do Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Norte - CEFET – RN.

Para enquadramento da qualidade da água os resultados foram comparados com os padrões estabelecidos na resolução nº 357/05 do CONAMA para as águas doces de classe II. Para classificação da água utilizada na irrigação utilizou-se o método proposto por RICHARDS (1954) que se baseia na CE, como indicadora do perigo de salinização, e na Relação de Adsorção de Sódio (RAS), como indicadora do perigo de sodificação do solo e na Porcentagem de Sódio Trocável (PST).

Para determinação da CE, STD e pH utilizou-se a sonda Sension 156 - Portable Mutiparameter Meter Huch.

A determinação dos parâmetros e os respectivos métodos utilizados encontram-se na tabela 02.

Tabela 02: Parâmetros monitorados no Perímetro Irrigado Cruzeta com os respectivos métodos e referências:

Parâmetros	Métodos	Referência
Nitrato (mg. l ⁻¹ N)	Salicilato de Sódio	APHA, 1998
pH	Potenciometrico	APHA, 1998
Turbidez (UNT)	Nefelométrico/NTU	APHA, 1998
Sólidos suspensos (mg.l ⁻¹)	Gravimétrico	APHA, 1998
Sólidos totais dissolvidos (mg.l ⁻¹)	Potenciometrico	APHA, 1998
Oxigênio dissolvido (mgO ₂ / l)	Método iodométrico ou de Winkler (modificação da azida)	APHA, 1998
Condutividade Elétrica (dS.m ⁻¹)	Potenciometrico	APHA, 1998
Coliformes termotoletantes	Membrana Filtrante	APHA, 1998
Dureza (mgCaCO ₃ /L)	Titulométrico do EDTA	APHA, 1998
Na (meq/l)	Fotômetro de chama	APHA, 1998
K (meq/l)	Fotômetro de chama	APHA, 1998

IV.4. Descrição da metodologia utilizada na determinação da fertilidade do solo

A coleta para análise de fertilidade do solo e metais pesados foi realizada em dois lotes do perímetro irrigado, no período de julho a agosto de 2007. No lote 01, na área destinada o plantio da melancia, foram realizadas 3 (quatro) amostragens seguindo o ciclo da cultura. No lote 02, na área destinada ao plantio do tomate, foram realizada 3 (três) amostragem seguindo também o ciclo da cultura, sendo a primeira realizada antes do transplântio, a segunda logo após o transplântio das mudas, e a terceira após a colheita do tomate. O objetivo foi verificar a quantidade de nutrientes existente no solo antes, durante e após a colheita dos frutos.

Para coleta do material, percorreu-se a área em zigue-zague coletou-se amostra de solo em diferentes pontos, colocou as amostras simples em um recipiente (balde) misturou-se e retirou-se a amostra composta. Posteriormente a mesma foi devidamente colocada em sacola plástica e identificada, sendo este procedimento adotado em todas as coletas. As amostras assim coletadas foram encaminhadas ao laboratório de análises de solo, água e planta da empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte – EMPARN.

IV. 5. Determinações de variáveis e parâmetros hidrológicos

IV. 5.1. Vazão

O monitoramento da vazão foi realizado no canal principal (abertura da comporta) e no canal secundário do lote 02, nos dias em que estava sendo realizada a irrigação no Perímetro Irrigado Cruzeta. Para isso, utilizou-se o micromolinetete (Global Water modelo FP 201), aparelho que mede o fluxo de água em canal aberto, o qual dá o valor da velocidade em m/s, bem como permite também fazer a medição da altura da lâmina de água do local a ser monitorado. Determinou-se a área da seção de escoamento e obteve-se a vazão através da seguinte equação 01:

$$Q = A \times V \quad (\text{Equação 01})$$

Q= Vazão em m/s

A= Área da seção de escoamento

V= Velocidade de escoamento

Quanto a monitoramento da vazão nos sulcos da irrigação não foi possível fazer o mensuração nos mesmos, no entanto foi obtida informação com os agricultores que a irrigação nos sulcos da cultura do tomate, os quais tinham 80m de comprimento, demoravam cerca de 20 minutos para ser totalmente irrigado, correspondendo esse ao tempo de avanço da água ao longo desses sulcos.

IV. 5. 2. Infiltração de água no solo

Para determinação da taxa de infiltração do solo, utilizou-se o infiltrômetro de pressão positiva que consiste em manter sobre a superfície do solo uma lâmina de água constante ao longo do ensaio, durante o qual realiza-se o monitoramento com leitura da variação do volume da água dentro de um tubo que funciona com uma espécie de reservatório que alimenta a superfície do solo como pode ser visto na figuras 10.



Figura 10: Ensaio de Infiltração realizado no Lote 01 do Perímetro irrigado.

A partir dos ensaios foi possível determinar a curva de infiltração da água no solo, que representa o comportamento da taxa de infiltração em função do tempo. O ensaio foi realizado em dois lotes (Lote 1 e Lote 2) do perímetro irrigado, sendo

esses lotes escolhidos pelo fato dos mesmos serem representativos da maioria dos solos do perímetro irrigado.

IV. 5.3. Umidade do solo

Para determinação da análise da umidade, as amostras de solo foram coletadas concomitantemente ao ensaio de infiltração, em dois momentos. A primeira coleta foi realizada no lote 01 no local onde foi realizado o 1º ensaio de infiltração, a segunda foi realizada no lote 02, no local onde foi realizado o 2º ensaio de infiltração. Foram retiradas amostras de solo de cerca de 500g, colocadas em sacolas plásticas devidamente identificadas e enviadas ao laboratório da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) para análise.

No laboratório as amostras colocadas em recipientes foram pesadas em balança de precisão para obtenção do peso úmido. Para obtenção do peso seco constante, as amostras foram levadas à estufa de 105º C, permanecendo por 48 horas. Passado esse período as amostras então foram pesadas e obteve-se o peso seco. A determinação da umidade foi obtida pelo método gravimétrico com base em peso seco conforme mostra a equação 02:

$$U = [(M_u - M_s) / M_s] \times 100 \text{ (Equação 02)}$$

Em que:

M_u – massa de solo úmido (g)

M_s – massa de solo seco (g)

U – umidade do solo com base em peso (%)

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão apresentados os resultados das análises físico-química e biológica que serviram como parâmetros indicadores de impacto ambiental no Perímetro Irrigado Cruzeta/RN. Sendo estes, comparados com as condições e padrões estabelecidos pela resolução nº 357/05 do CONAMA, para as águas doces de classe II.

V.1. Turbidez

Os valores de turbidez da água de irrigação obtidos nos quatro pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) no perímetro irrigado cruzeta – PIC, durante o período de julho de 2007 a março de 2008, bem como o limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 387/05, encontram-se na figura 11.

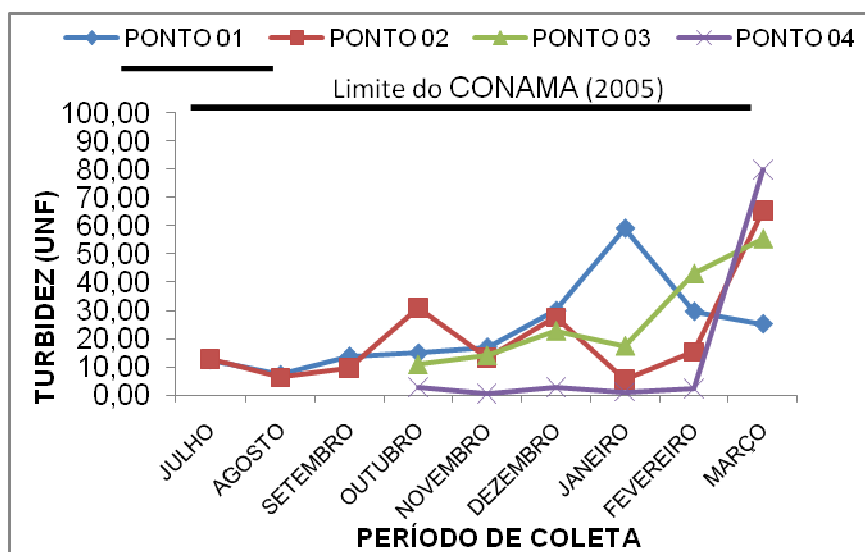


Figura 11: Turbidez da água nos quatro pontos de amostragem, no período de julho de 2007 a março de 2008 e respectivo limite estabelecido pelo CONAMA (2005).

A figura 11 mostra o resultado da análise de turbidez ao longo do período de coleta. Os valores encontrados mantiveram-se abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA (2005).

Verificou-se que não ocorreram grandes variações ao longo do período analisado. Em março ocorreu aumento nos teores nos pontos P2, P3 e P4, e redução no ponto P1.

A explicação para o aumento nos teores está em função das chuvas, que proporcionaram a elevação do nível de água do açude, promovendo aumento da quantidade de partículas suspensas na água, oriundas de diversas fontes poluidoras a montante. Conseqüentemente quando a água foi liberada para a irrigação dos lotes, permitiu uma maior descarga dessas partículas nos canais de irrigação, alterando as condições locais, proporcionando a movimentação e o arrasto das partículas, bem como permitindo uma maior concentração destas em determinados pontos. O ponto P4, localizado no cacimbão do lote II, as chuvas proporcionaram elevação do nível do lençol freático modificando a dinâmica local e consequentemente aumentando os teores.

Outros fatores de origem antropogênica como a criação de animais próximo aos pontos de coleta, o manejo da irrigação, o uso de defensivos, fatores de ordem física (profundidade do local de coleta), velocidade de escoamento da água, presença de partículas em suspensão e de sedimentos nos fundos dos canais, foram provavelmente os agentes determinantes das variações ocorridas nos valores de turbidez.

De acordo com ARAÚJO (2006) o valor elevado de precipitação aumenta a dinâmica do corpo d'água, que remove os sedimentos mais finos aumentando o material particulado em suspensão, aumentando também a turbidez da água. PAIVA (1982) cita que a turbidez da água decorre da presença de finas partículas de argilas e/ou diferentes materiais em suspensão, durante prolongado tempo, pois às águas quando muito agitadas podem manter em suspensão partículas de areia.

SILVA (2003) em sua pesquisa, realizada no complexo hídrico Papicú/Maceió obteve no período de baixa pluviosidade valores de turbidez inferiores aos obtidos no período chuvoso, citando que isso ocorre devido à escassez das chuvas reduzindo os processos de lixiviação, de transporte de sedimento das margens desses mananciais bem como através de esgotos das galerias de águas pluviais. O valor mínimo e máximo obtido foi: 2,0 UNT e 6,5 UNT no período de estiagem e 6,5 UNT e 39 UNT no período chuvoso.

O resultado da análise descritiva dos quatro pontos de monitoramento (P1, P2, P3 e P4) encontram-se na tabela 03.

Tabela 03: Resultado da estatística da descritiva da Turbidez dos quatro pontos de amostragem.

Turbidez (UNT)	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
P1	9	7,17	59,00	23,20	16,90	15,58
P2	9	5,38	65,50	20,73	13,10	18,95
P3	6	10,90	55,30	27,27	20,15	17,83
P4	6	0,48	80,00	14,97	2,62	31,87

A análise estatística apresentada demonstra que os valores médios (± 1 desvio padrão) obtidos nos canais de irrigação foram de: 23,20 ($\pm 15,58$), 20,73 ($\pm 18,95$) e 27,27 ($\pm 17,83$). No cacimbão do lote 01, o valor médio foi de 14,97 ($\pm 31,87$). Não ocorreram grandes variações dos resultados. Os valores obtidos dos desvios padrões confirmam a baixa dispersão dos dados. A menor e a maior concentração foram verificadas no ponto P4, com valores respectivamente de 80,00 UNT e 0,48 UNT. Neste ponto também se verificou a maior amplitude máxima que foi de 79,52 UNT.

Os resultados obtidos de turbidez nas campanhas realizadas durante o período de agosto de 2007 a março de 2008 encontram-se na tabela 04.

Tabela 04: Turbidez da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	Turbidez (UNT)
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	8,00
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	8,00
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	17,70
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	9,58
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	945,00
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	154,00
Janeiro	Poço do Lote 01	2,30
Fevereiro	Barreiro Lote 02	52,25
Março	Barreiro Lote 02	59,80

A tabela 05 mostra que ocorreu variação nos valores de turbidez, variando de 2,30 UNT a 945 UNT. Verificou-se que os valores obtidos mantiveram-se abaixo da faixa de até 40 UNT, entretanto no período de novembro, fevereiro e março os valores ficaram acima.

Os altos teores encontrados nos sulcos da irrigação do feijoeiro podem ser explicados pela alta concentração de sais nestes locais, fato constatado pelas falhas

contínuas observadas nas linhas de plantio do feijoeiro, indicando que há uma concentração maior de sais neste ponto. De acordo com VANZELA (2004), os sais fazem parte dos sólidos dissolvidos, o seu excesso na água de irrigação pode provocar salinização do solo, dificultando ou impedido a absorção de água pelas plantas. Outros fatores como a velocidade de escoamento, a profundidade do sulco provavelmente deve ter influenciado na variação dos resultados obtidos entre a primeira coleta realizada em novembro e a segunda realizada em dezembro.

Quanto aos teores encontrados no barreiro do lote 02, estes provavelmente foram influenciados pelas chuvas que alterou a dinâmica local aumentando as concentrações neste ponto.

V.2. SÓLIDOS

V. 2.1. Sólidos Totais Dissolvidos

Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos da água de irrigação obtidos nos quatro pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) no perímetro irrigado cruzeta – PIC, durante o período de julho de 2007 a março de 2008, bem como o limite estabelecido pelo CONAMA (2005) encontra-se na figura 12.

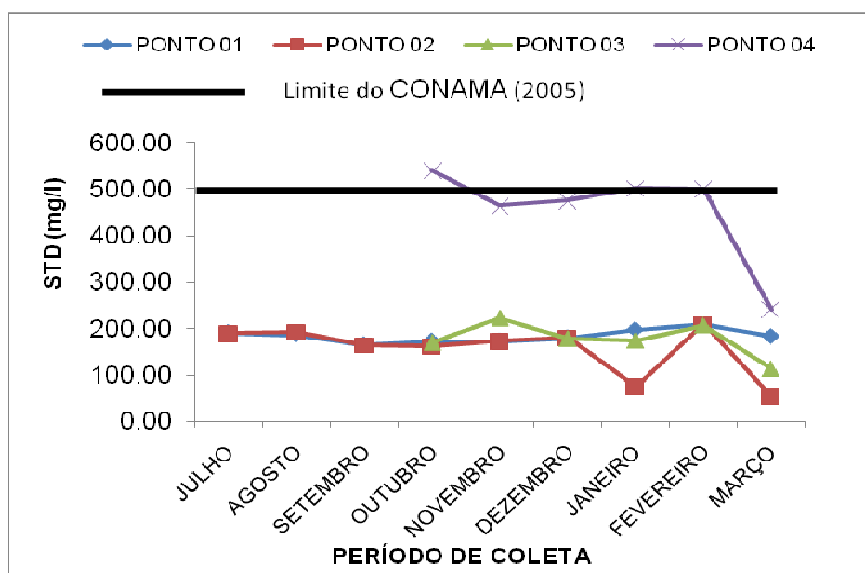


Figura 12: Sólidos Totais Dissolvidos (STD) nos quatro pontos amostragem no período de julho de 2007 a março de 2008 e respectivo limite estabelecido pelo CONAMA (2005).

A figura 12 mostra o resultado da análise de sólidos totais dissolvidos ao longo do período de coleta. No geral observou-se que os valores obtidos

mantiveram-se abaixo do limite de 500 mg/l^{-1} , ou seja, dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA (2005).

Não ocorreram grandes variações nos valores obtidos, contudo, ocorreu redução dos teores em março em todos os pontos. A explicação para isso deve-se às chuvas que proporcionou à diluição das partículas presentes na água reduzindo com isso os teores.

É interessante ressaltar que o ponto P4 em relação aos demais, apresentou ao longo de todo o período altas concentrações de STD, a explicação para isso deve provavelmente há uma maior concentração de partículas dissolvidas presentes neste local.

Os valores assim obtidos encontram-se na faixa de $0 - 2000 \text{ mg/l}^{-1}$, ou seja, dentro dos valores normais em água de irrigação de acordo AYERS & WESTCOT (1991).

O resultado da análise descritiva dos quatro pontos de monitoramento (P1, P2, P3 e P4) encontram-se na tabela 05.

Tabela 05: Resultado da estatística descritiva dos sólidos totais dissolvidos nos quatro pontos de amostragem.

STD (mg/l^{-1})	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
P1	9,0	165,00	207,50	183,31	182,20	13,29
P2	9,0	53,30	209,50	154,95	172,00	53,93
P3	6,0	112,80	223,00	177,53	176,40	37,95
P4	6,0	240,00	540,00	453,08	487,25	107,69

Os valores médios (± 1 desvio padrão) de STD obtidos nos canais de irrigação foram de $183,31 (\pm 13,29)$; $154,95 (\pm 53,93)$; $177,53 (\pm 37,95)$, no cacimbão do lote 02, o valor médio obtido foi de $453,08 (\pm 107,69)$. Verificou-se baixa dispersão dos dados, fato esses constados pelos valores dos desvios padrões obtidos. O menor e o maior valor foram obtidos nos pontos P2 e P4 respectivamente com valores de $53,30 \text{ mg/l}^{-1}$ e $540,00 \text{ mg/l}^{-1}$. A maior amplitude encontrada foi de 300 mg/l^{-1} no ponto P4.

O resultado de sólidos totais dissolvidos obtidos nas campanhas realizadas durante o período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 06.

Tabela 06: Sólidos totais dissolvidos da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	STD (mg/l⁻¹)
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	186,10
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	209,00
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	173,40
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	164,60
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	168,80
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	179,80
Janeiro	Poço do Lote 01	691,00
Fevereiro	Barreiro Lote 02	368,00
Março	Barreiro Lote 02	178,10

Os valores obtidos de STD nas campanhas realizadas ao longo do período de coleta variaram de 164,60 mg/l⁻¹ a 691,00 mg/l⁻¹. Verificou-se que os resultados mantiveram-se dentro do limite estabelecido pelo CONAMA (2005), com exceção da campanha realizada em janeiro onde o valor obtido foi superior. No barreiro do lote 02, confirmando o que ocorreu em março nos quatro pontos de amostragem, com a chegada das chuvas os teores reduziram. A explicação para isso está fundamentada no que foi comentado anteriormente.

V.2.2. Sólidos Suspensos Totais, Fixos e Voláteis.

Os valores de Sólidos Suspensos Totais, Fixos e voláteis da água de irrigação obtidos nos quatro pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) no perímetro irrigado cruzeta – PIC, durante o período de julho de 2007 a março de 2008, encontra-se na figura 13, 14 e 15.

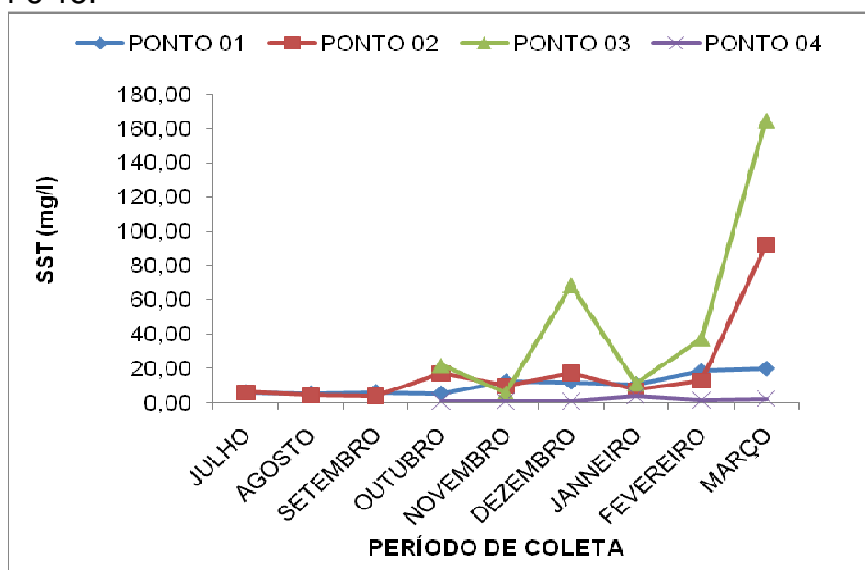


Figura 13: Sólidos Suspensos Totais (SST) nos quatro pontos de amostragem ao longo período de julho de 2007 a março de 2008.

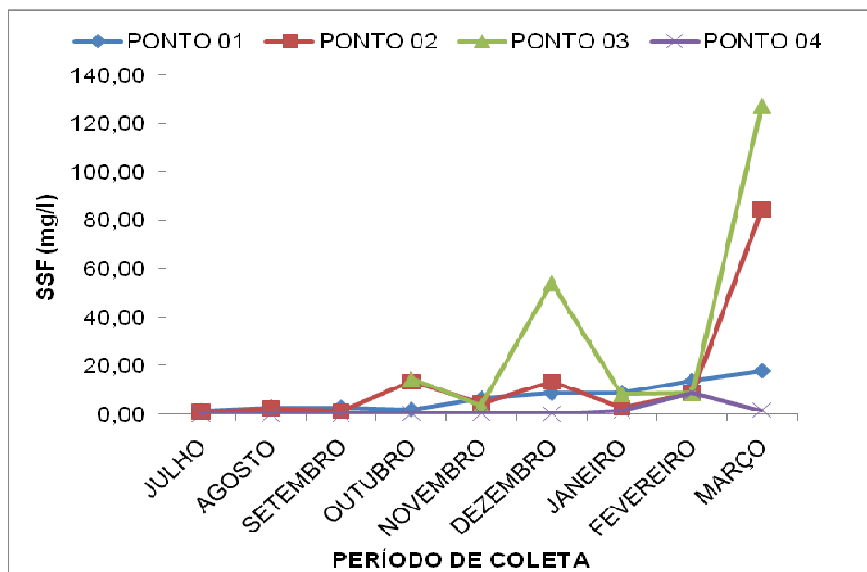


Figura 14: Sólidos Suspensos Fixos (SSF) nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008.

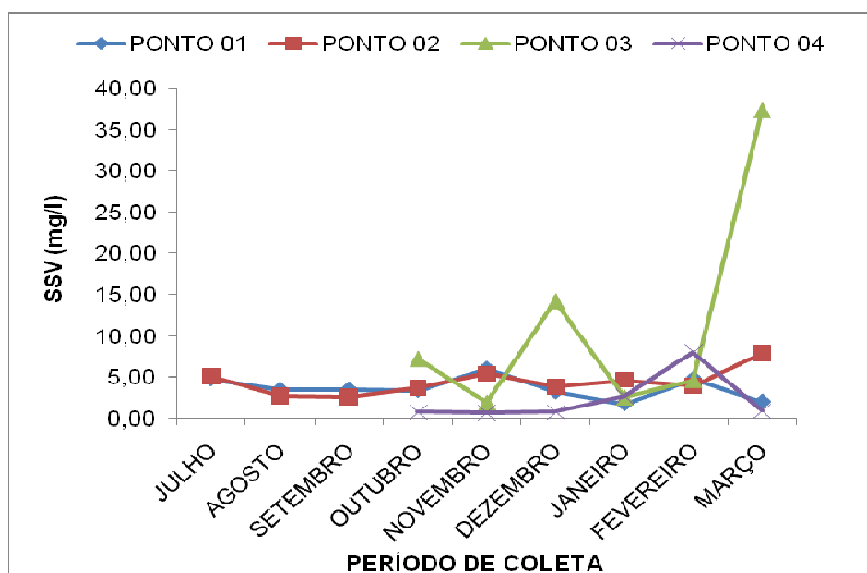


Figura 15: Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) nos quatro pontos de amostragem ao longo período de julho de 2007 a março de 2008.

As figuras 13,14 e 15 mostram o comportamento dos sólidos suspensos nos quatro pontos de amostragem, verificou-se que não ocorreram grandes variações ao longo do período analisado. Entretanto em março ocorreu aumento nos teores nos pontos P2 e P3.

O aumento dos teores de sólidos suspensos deve-se, provavelmente ao transporte de partículas suspensas, ocasionadas pelas chuvas, promovendo com

isso o escoamento de cargas poluidoras a montante. De acordo com VANZELA (2004) independente do ponto avaliado, os maiores valores de sólidos suspensos, ocorrem no período chuvoso, esse fato se deve provavelmente ao transporte de sedimento, que dentre outros fatores depende do escoamento das águas da chuva (CARVALHO et al., 2000), que ocorre com maior frequência no período chuvoso.

O resultado da análise descritiva dos quatro pontos de monitoramento (P1, P2, P3 e P4) encontram-se na tabela 07.

Tabela 07: Resultado da estatística descritiva dos sólidos suspensos dos quatro pontos de amostragem.

Pontos de Amostragem	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
SST (mg/l ⁻¹)						
P1	9,0	5,20	19,60	10,54	10,40	5,51
P2	9,0	3,60	92,11	18,75	9,60	27,96
P3	6,0	5,30	164,67	51,27	29,39	59,98
P4	6,0	0,90	4,00	1,81	1,33	1,22
SSF (mg/l ⁻¹)						
P1	9,0	1,20	17,60	6,99	6,20	5,69
P2	9,0	0,80	84,21	14,44	4,20	26,61
P3	6,0	3,40	127,33	39,67	22,59	46,73
P4	6,0	0,20	1,53	0,77	0,64	0,58
SSV (mg/l ⁻¹)						
P1	9,0	1,73	6,00	3,66	3,50	1,36
P2	9,0	2,50	7,89	4,40	3,94	1,64
P3	6,0	1,90	37,33	11,59	6,80	13,35
P4	6,0	0,63	2,70	1,05	0,70	0,81

A análise estatística apresentada demonstra que os valores médios (± 1 desvio padrão) obtidos de Sólidos Suspensos nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 10,54 ($\pm 5,51$); 18,75 ($\pm 27,96$); 51,27 ($\pm 59,98$) e 1,81 ($\pm 1,22$) para SST; 6,99 ($\pm 6,20$); 14,44 ($\pm 4,20$); 39,67 ($\pm 22,59$), 0,77 ($\pm 0,64$) para SSF; 3,66 ($\pm 3,50$), 4,40 ($\pm 3,94$), 11,59 ($\pm 6,80$), 1,50 ($\pm 0,70$) para SSV. Observou-se para cada fração de sólido suspenso não ocorreram grandes dispersões dos dados.

Verificou-se que o menor e o maior valor encontrado foi de 0,90 mg/l⁻¹ e 164,67 mg/l⁻¹ para SST, 0,20 mg/l⁻¹ e 127,33 mg/l⁻¹ para SSF e 0,63 e 37,33 mg/l⁻¹ para SSV. A maior amplitude observada foi de 159,37 mg/l⁻¹ para SSF, 125,80 mg/l⁻¹ para SSF, e 35,43 mg/l⁻¹ para SSV.

O resultado de sólidos suspensos obtidos nas campanhas realizadas durante o período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 08.

Tabela 08: Sólidos suspensos da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	Sólidos Suspensos
SST (mg/l⁻¹)		
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	54,00
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	148,60
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	6,30
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	449,41
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	888,00
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	233,60
Janeiro	Poço do Lote 01	3,60
Fevereiro	Barreiro Lote 02	99,10
Março	Barreiro Lote 02	44,00
SSF (mg/l⁻¹)		
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	49,20
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	141,00
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	4,20
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	398,82
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	817,33
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	212,80
Janeiro	Poço do Lote 01	1,60
Fevereiro	Barreiro Lote 02	61,39
Março	Barreiro Lote 02	18,00
SSV (mg/l⁻¹)		
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	4,60
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	7,60
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	2,10
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	50,59
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	70,67
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	20,80
Janeiro	Poço do Lote 01	2,00
Fevereiro	Barreiro Lote 02	37,71
Março	Barreiro Lote 02	26,00

A tabela 09 mostra o comportamento dos sólidos suspensos nas campanhas realizadas. Os valores obtidos variaram de 6,30 mg/l⁻¹ a 888 mg/l⁻¹, para os SST, 4,20 mg/l⁻¹ a 871,33 mg/l⁻¹, para os SSF e 2,00 mg/l⁻¹ a 70,67 mg/l⁻¹ para os SSV. Em março assim como observado em alguns pontos de amostragem houve redução

nos teores de sólidos suspensos no barreiro do lote 02, ficando com valores respectivamente de 44,00 mg/l⁻¹, 18,00 mg/l⁻¹ e 26,00 mg/l⁻¹.

Com exceção dos valores obtidos nas campanhas realizada em novembro para os SST e SSV, os valores mantiveram dentro do limite estabelecido pelo CONAMA (2005).

V. 3. Potencial Hidrogeniônico - pH

O resultado do monitoramento do potencial hidrogeniônico nos quatro pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) no Perímetro Irrigado Cruzeta – PIC, durante o período de julho de 2007 a março de 2008 estão apresentados na figura 16, bem como o limite estabelecido pelo CONAMA (2005).

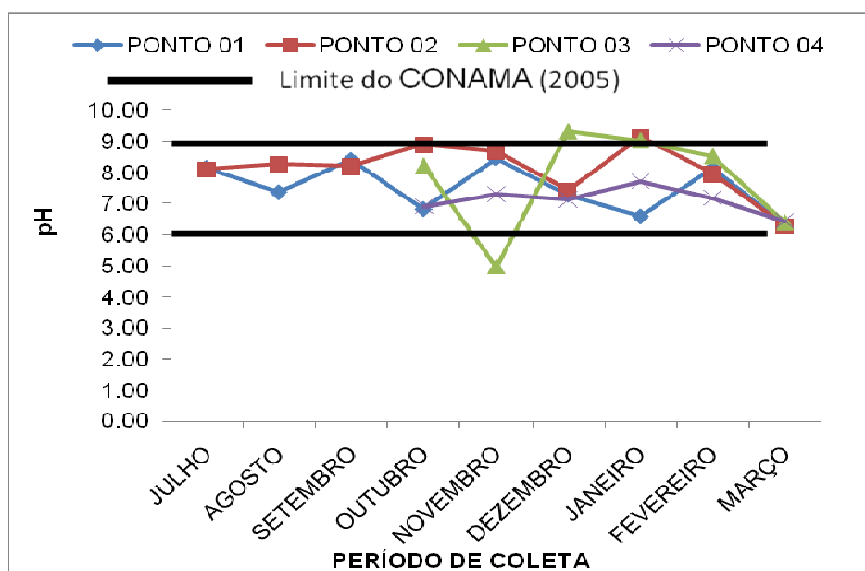


Figura 16: Potencial Hidrogeniônico nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008 e respectivo limite estabelecido pelo CONAMA (2005).

A figura 16 mostra o comportamento do potencial hidrogeniônico ao longo dos pontos de amostragem. Observou-se que ocorreu variação ao longo do período analisado, em março os valores reduziram.

A explicação para isso deve-se provavelmente em função da diluição da concentração de íons presentes na água quando da chegada da estação chuvosa. Outros fatores de ordem física, atividades antropogênicas e o aporte de cargas de

poluentes originaria a montante do canal de irrigação provavelmente contribuíram para as constantes variações nos valores de pH. SAWYER et al. (1994) citam que as chuvas aportam a matéria orgânica das margens e, conseqüentemente, há a entrada de CO₂ no meio aquático podendo provocar uma leve queda do pH, afirmando que valores naturais de pH podem ser da ordem de 5.

Verificou-se que os valores obtidos mantiveram-se a maioria na faixa de 6,0 a 9,0, ou seja, dentro do limite estabelecido pelo CONAMA (2005). Entretanto PATEMINI & PINTO (2001) citam que uma água que apresenta pH acima de 8,3 contém altas concentrações de sódio, carbonatos e bicarbonatos, podendo tornar-se inadequada para irrigação. Segundo ESTEVES (1988), o bicarbonato, seguido do carbonato são os principais responsáveis pelos altos valores de pH.

O resultado da análise descritiva do Potencial Hidrogeniônico nas campanhas realizadas durante o período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 09.

Tabela 09: Resultado da Estatística descritiva do potencial hidrogeniônico dos quatro pontos de amostragem.

pH	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
P1	9,0	6,30	8,45	7,50	7,37	0,82
P2	9,0	6,28	9,14	8,10	8,19	0,86
P3	6,0	4,96	9,32	7,61	8,36	1,70
P4	6,0	6,44	8,27	7,26	7,16	0,52

Os valores médios (± 1 desvio padrão) de pH, obtidos nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 7,5 ($\pm 0,82$); 8,10 ($\pm 0,86$); 7,61 ($\pm 1,70$) e 7,26 ($\pm 0,52$). Os valores dos desvios padrões obtidos indicam a baixa dispersão dos dados. Verificou-se que o menor e o maior valor encontrado foram de 4,96 e 9,32 respectivamente em novembro e dezembro no ponto P4. A maior amplitude encontrada foi no de 4,36 no ponto P3.

O resultado de pH obtido nas campanhas realizadas durante o período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 10.

Tabela 10: Potencial Hidrogênionico da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	pH
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	6,7
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	7,4
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	7,2
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	7,0
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	6,3
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	7,7
Janeiro	Poço do Lote 01	8,0
Fevereiro	Barreiro Lote 02	8,9
Março	Barreiro Lote 02	7,1

Observou-se que ocorreu variação nos valores de pH durante as campanhas realizadas. Os valores assim obtidos variaram de 6,7 a 8,9, ficando a maioria acima de 7,0. Assim como já constatado nos quatro pontos de amostragem observou-se que em março ocorreu redução do pH, no barreiro do lote 02, obtendo-se o valor de 7,1. Os valores assim obtidos mantiveram-se a maioria na faixa estabelecida pelo CONAMA (2005) que é de 6,0 a 9,0.

V.4. Nitrato

O resultado do monitoramento de nitrato nos quatro pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) no Perímetro Irrigado Cruzeta – PIC, durante o período de julho de 2007 a março de 2008 estão apresentados figura 17, bem como o limite estabelecido pelo CONAMA (2005).

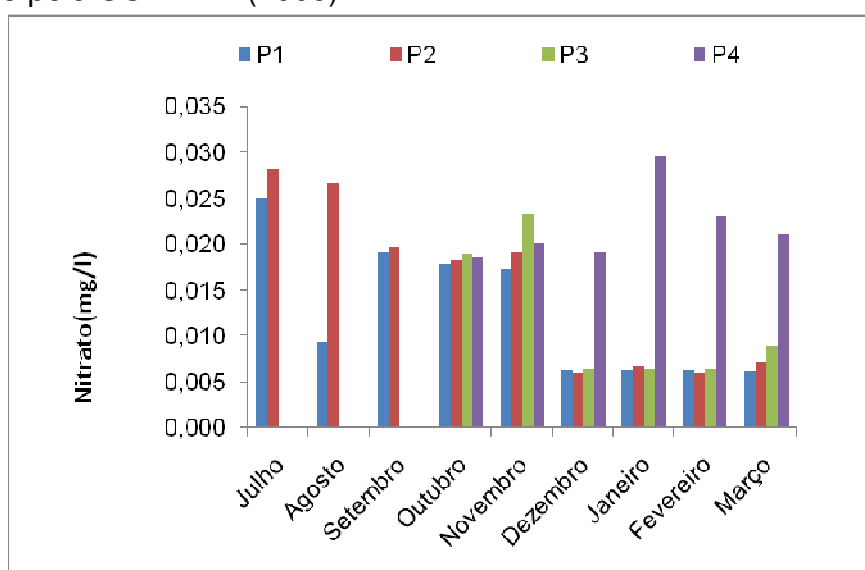


Figura 17: Nitrato nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008.

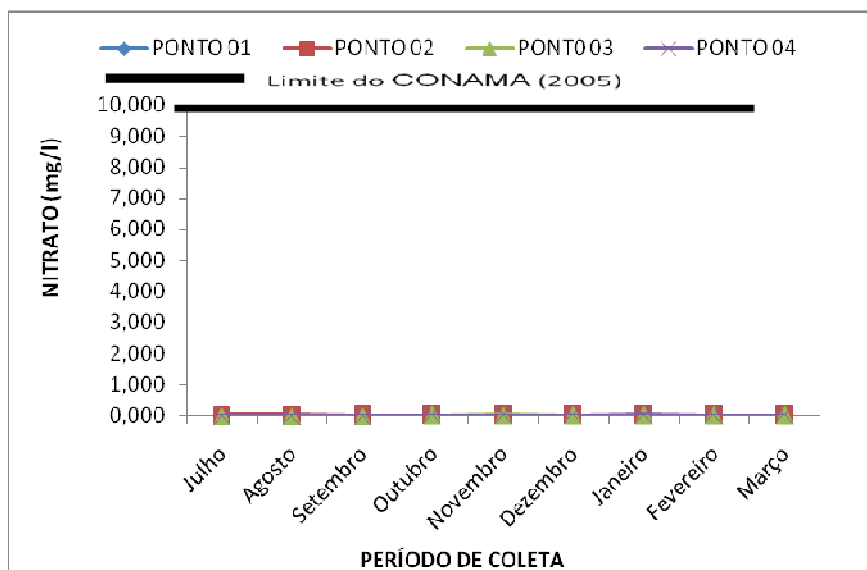


Figura 18: Nitrato nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008 e respectivo limite

As figuras 17 e 18 mostram o comportamento da análise de nitrato ao longo do período de amostragem, verificou-se que os valores encontrados foram bem reduzidos, ficando abaixo do limite máximo de 10 mg/l estabelecido pelo CONAMA (2005), sendo isso observado tanto no período seco como no período chuvoso. Demonstrando que a água que esta sendo utilizada para fins de irrigação não apresenta teores significativos de nitrato, mesmo que considere os diversos fatores atuantes na área, dentre eles tem o uso intensivo de fertilizante e contribuição de esgotos domésticos oriundos de ligações clandestinas para o açude cruzeta como pode ser visto na figura 19.



Figura 19: Ligação de esgoto de casas localizadas próximo ac Açude Cruzeta/RN.

O resultado da análise descritiva do Nitrato nas campanhas realizadas durante o período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 11.

Tabela 11: Resultado da estatística descritiva do Nitrato dos quatro pontos de amostragem.

Dureza Total	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
P1	9,0	0,0061	0,0248	0,0126	0,0093	0,0072
P2	9,0	0,0160	0,0281	0,0143	0,0095	0,0091
P3	6,0	0,0064	0,0233	0,0117	0,0077	0,0075
P4	6,0	0,0160	0,0296	0,0215	0,0206	0,0046

Os valores médios (± 1 desvio padrão) de Nitrato apresentado nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 0,0126 ($\pm 0,0072$); 0,0143 ($\pm 0,0091$); 0,0117 ($\pm 0,0075$) e 0,0215 ($\pm 0,0046$). Ficando evidente a baixa dispersão dos dados. Verificou-se que o menor e maior valor encontrado foi de 0,0061 mg/l em março no ponto P1 e 0,0296 mg/l⁻¹ em janeiro no ponto P4 e que a maior amplitude observada foi no ponto P1 com valor de 0,0187 mg/l.

O resultado obtido nas campanhas realizadas durante o período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 12.

Tabela 12: Nitrato da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	Nitrato (mg/l)
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	0,0194
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	0,0275
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	0,0200
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	0,0309
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	0,0482
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	0,0079
Janeiro	Poço do Lote 01	0,0070
Fevereiro	Barreiro Lote 02	0,0075
Março	Barreiro Lote 02	0,0067

Nas campanhas realizadas os valores obtidos de nitrato, assim como observado nos pontos de amostragem, foram bem reduzidos variando de 0,0067

mg/l a 0,0482 mg/, ficando igualmente bem abaixo do limite máximo de 10 mg/l estabelecido pelo CONAMA (2005).

V.5. Oxigênio Dissolvido

O resultado do monitoramento de Oxigênio dissolvido realizado nos quatro pontos de monitoramento (P1, P2, P3 e P4) no Perímetro irrigado Cruzeta – PIC, durante o período de julho de 2007 a março de 2008 estão apresentados na figura 20, bem como o limite máximo estabelecido pelo CONAMA (2005).

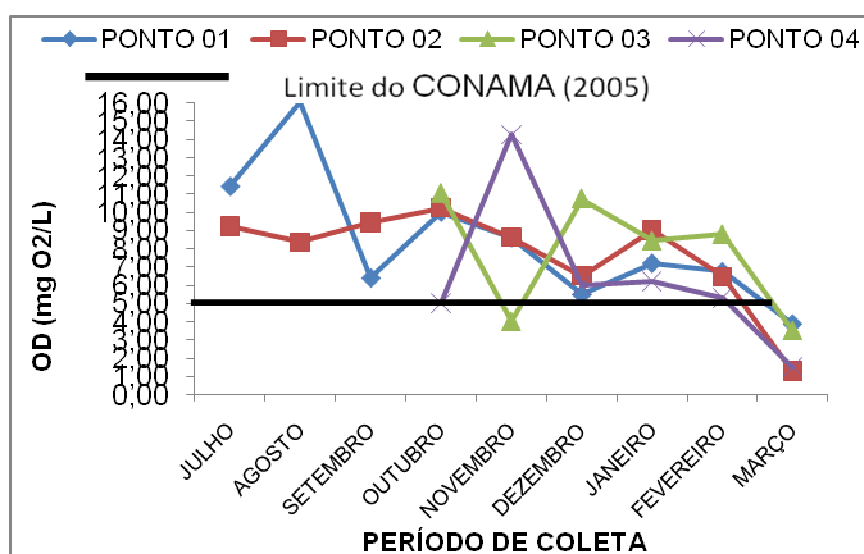


Figura 20: Oxigênio Dissolvido nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008 e respectivo limite estabelecido pelo CONAMA (2005).

Analisando a figura 20, verificou-se que ocorreram variações nos valores de oxigênio dissolvido ao longo do período de amostragem. Os valores obtidos de oxigênio dissolvido mantiveram-se até fevereiro dentro do limite estabelecido pelo CONAMA (2005). Em março ocorreu redução nos teores.

A explicação para isso é que, provavelmente houve uma maior concentração de matéria orgânica originada a montante e que se depositaram nos canais de irrigação promovendo redução dos teores. Esses efeitos juntamente com outras práticas como a irrigação e as condições físicas locais foram fatores determinantes para as constantes flutuações dos valores obtidos durante todo o período de análise.

VON SPERLING (1996) afirma que um dos efeitos mais nocivos da matéria orgânica em corpos d'água é a depleção dos níveis de oxigênio dissolvido, devido ao consumo pelos decompositores. De acordo com ESTEVES (1998) a redução na concentração de sólidos em suspensão, com conseqüente aumento da transparência da água, favorece a proliferação de algas, que pelo processo de fotossíntese liberam oxigênio, promovendo aumento em suas concentrações.

O resultado da análise estatística do oxigênio dissolvido realizada durante o período de julho de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 13.

Tabela 13: Resultado da estatística descritiva do oxigênio dissolvido dos quatro pontos de amostragem.

Dureza Total	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
P1	9,0	3,92	16,05	8,45	7,23	3,65
P2	9,0	1,31	10,24	7,69	8,63	2,71
P3	6,0	3,51	11,04	7,75	8,78	3,26
P4	6,0	1,51	14,25	6,39	6,02	4,22

Os valores médios (± 1 desvio padrão) de oxigênio dissolvido apresentados nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 8,45 ($\pm 3,65$); 7,69 ($\pm 2,71$); 7,75 ($\pm 3,26$) e 6,39 ($\pm 4,22$). Demonstrando a baixa dispersão dos dados analisados. Verificou-se que o menor e maior valor encontrado foi: 1,31 mO₂/L em março ponto P2 e 16,05 mO₂/L em agosto no ponto P1. As maiores amplitudes observadas foram nos pontos P1 e P4 com valores de 12,13 mg O₂/L, e 12,74 mg O₂/L respectivamente.

O resultado das campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 14.

Tabela 14: Oxigênio Dissolvido da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	OD mO₂/L
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	16,25
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	12,16
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	10,23
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	11,44
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	6,02
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	6,73
Janeiro	Poço do Lote 01	7,23
Fevereiro	Barreiro Lote 02	7,88
Março	Barreiro Lote 02	2,91

Nas campanhas observou-se que os valores de oxigênio dissolvido variaram de 2,91 mO₂/L a 16,25 mO₂/L. Assim como constatado nas demais pontos de amostragem, os valores obtidos mantiveram-se a maioria dentro do limite máximo estabelecido pelo CONAMA (2005) com exceção apenas do barreiro do lote 02, que em março atingiu um valor 2,91 mO₂/L, ou seja ficando abaixo do limite.

V.6. Coliformes Termotolerantes

O resultado do monitoramento de coliforme fecal realizado nos quatro pontos de monitoramento (P1, P2, P3 e P4) no Perímetro irrigado Cruzeta – PIC, durante o período de julho de 2007 a março de 2008, estão apresentados na figura 21, bem como o limite máximo estabelecido pelo CONAMA (2005).

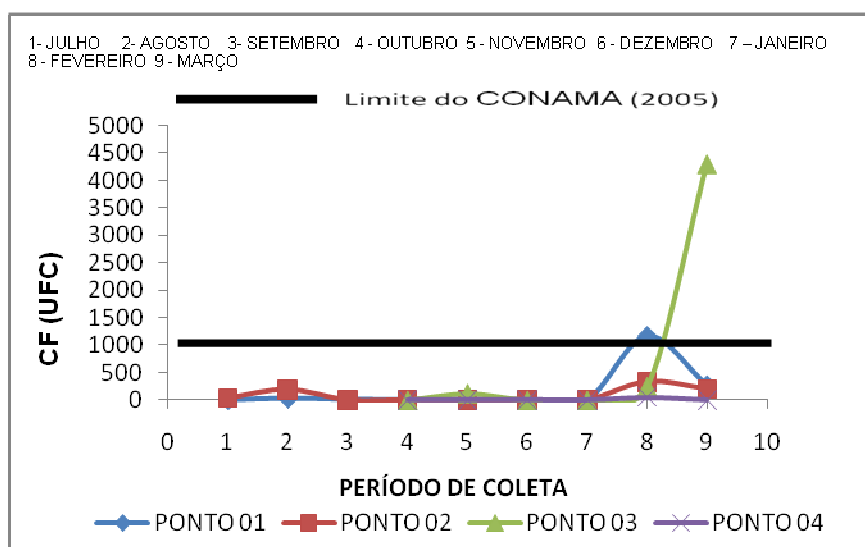


Figura 21: Coliforme Termotolerantes nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008 e respectivo limite estabelecido pelo CONAMA (2005).

A figura 21 mostra o comportamento da análise de coliformes termotolerantes nos quatro pontos de amostragem. Observou-se que não ocorreram grandes variações nos valores obtidos, permanecendo estáveis na maior parte do período analisado. Entretanto observou-se aumento nos teores em março, com destaque para o ponto P3, que apresentou valor bem mais elevado em relação aos demais pontos. Isso ocorreu provavelmente em função das chuvas que proporcionaram alterações na dinâmica local, aumentando o aporte de matéria orgânica e conseqüentemente aumentando os teores em alguns pontos.

Para o período em questão a maioria dos valores obtidos de Coliformes termotolerantes ficou dentro do limite máximo estabelecido pelo CONAMA (2005), ou seja, no limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 ml de amostra, com exceção dos pontos P1, P3 que apresentaram respectivamente os seguintes valores: 1160,00 UFC/100ml, 4300,00 UFC/100ml.

O resultado da análise estatística de coliforme termotolerantes realizada durante o período de julho de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 15.

Tabela 15: Resultado da estatística descritiva de Coliformes termotolerantes nos quatro pontos de amostragem.

Coliforme termotolerantes	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
P1	9,0	0,00	1160,00	163,33	0,00	383,96
P2	9,0	0,00	330,00	83,44	1,00	124,11
P3	6,0	0,00	4300,00	779,00	62,00	1727,82
P4	6,0	0,00	51,00	8,83	0,00	20,67

Os valores médios (± 1 desvio padrão) obtidos nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 163,33 ($\pm 383,96$); 83,44 ($\pm 121,11$); 779,00 ($\pm 1727,82$); 8,83 ($\pm 20,67$). Os valores dos desvios padrões obtidos demonstram a grande dispersão dos resultados. Verificou-se que o menor e maior valor encontrado foi respectivamente de 0,0 UFC em todos os pontos e 4300,00 UFC no ponto P3. A maior amplitude foi observada no ponto 03.

O resultado das campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 16.

Tabela 16: Coliformes termotolerantes da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período de julho de 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	CF (UFC/100ml)
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	20,00
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	50,00
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	0,00
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	1220,00
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	0,00
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	0,00
Janeiro	Poço do Lote 01	0,00
Fevereiro	Barreiro Lote 02	70,00
Março	Barreiro Lote 02	0,00

Nas campanhas, observou - se que os valores de coliformes variaram de 0,0 até 1220,00 UFC/100 ml, ficando a maioria dentro do limite máximo estabelecido pelo CONAMA (2005), com exceção do mês de setembro, onde o valor ficou bem acima, a explicação para isto, esta pautada em uma provável contaminação oriunda de atividades locais dentre elas tem-se manejo da irrigação e criação de animais próximos as linhas de plantio e contribuição de esgotos domésticos para o açude.

V.7. Metais Pesados

O resultado do monitoramento de metais pesados realizados nos quatro pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) no Perímetro irrigado Cruzeta – PIC, de julho de 2007 a março de 2008 estão apresentados na figura 22.

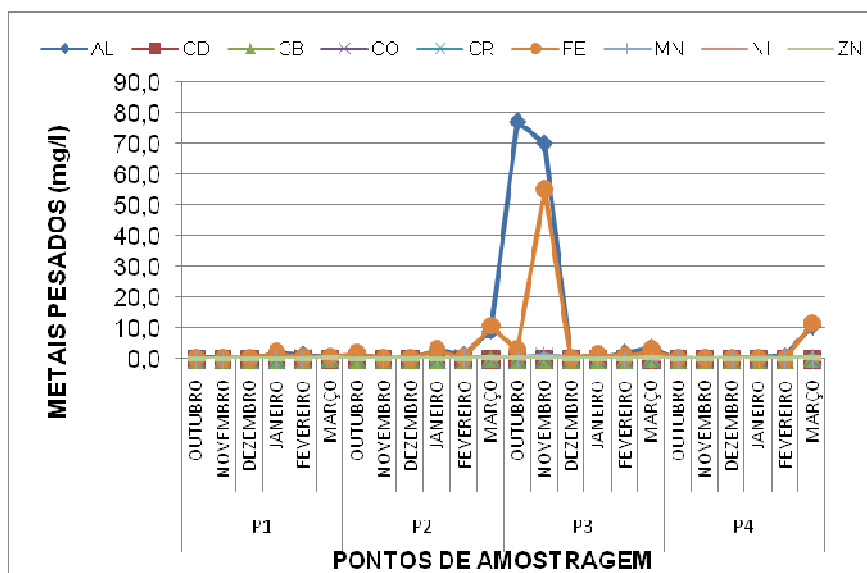


Figura 22: Metais pesados da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008.

A figura 22 mostra que não ocorreram grandes variações ao longo do período de amostragem para a maioria dos metais pesados analisados. Entretanto observou-se altas concentrações de alumínio e ferro durante quase todo o período de monitoramento, mantendo-se acima do limite estabelecido pelo CONAMA (2005).

É importante frisar que os maiores picos ocorreram em outubro e novembro no ponto P3, respectivamente com valores de 77,00 mg/l para o alumínio e 55,30 mg/l, para ferro. Isso ocorreu provavelmente em função das práticas agrícolas

desenvolvidas na área e do manejo da irrigação, uma vez que constatou-se que neste local há utilização intensiva de adubos e defensivos agrícolas o que pode ter contribuído para o aumento nos teores destes metais neste ponto.

Altas concentrações de chumbo foram encontradas em março, nos quatro pontos de amostragem. Os valores obtidos nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente: 0,370 mg/l, 0,340 mg/l, 0,360 mg/l, 0,420 mg/l, bem superior ao limite máximo de 0,01 mg/l Pb estabelecido pelo CONAMA (2005).

Este mesmo efeito foi observado para o manganês que apresentou em março valores de 0,16 mg/l, 0,36 mg/l e 0,47 mg/l nos pontos P1, P2 e P4 respectivamente, superior ao limite máximo de 0,1 mg/l Mn estabelecido pelo CONAMA (2005).

Os resultados da estatística descritiva dos metais pesados nos quatro pontos de amostragem estão apresentados conforme tabela em anexo. Pela tabela verificam-se os valores médios, mínimos, máximos e desvios padrões obtidos. Verificou-se baixa dispersão dos dados para a maioria dos parâmetros analisados, fato este constatados pelos valores dos desvios padrões encontrados.

Exceção apenas para o alumínio e ferro que apresentaram no ponto P3 desvio padrão superior aos demais pontos de amostragem. Observou-se também que as maiores amplitudes médias observadas foram de 77 mg/l e 54,93 mg/l respectivamente para o alumínio e ferro no ponto P3.

O resultado das campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 17.

Tabela 17: Metais pesados da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período de novembro de 2007 a março de 2008.

Período de coleta	Pontos de coleta	AL	CD	CB	CO	CR	FE	MN	NI	ZI
Novembro	S.I. do feijoeiro	0,47	0,00	0,00	0,04	0,02	0,38	0,10	0,00	0,02
Dezembro	S.I. do feijoeiro	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,09	0,00	0,02
Janeiro	Poço do Lote 01	0,45	0,02	0,04	0,00	0,04	0,57	0,01	0,00	0,05
Fevereiro	Barreiro	1,35	0,00	0,00	0,00	0,29	0,42	0,02	0,00	0,04
Março	Barreiro	7,55	0,00	0,40	0,10	0,02	9,43	0,56	0,06	0,47

A tabela mostra que não ocorrem grandes variações durante as campanhas realizadas, entretanto em março ocorreu alguns picos, sendo isso observado tanto para o alumínio como para o ferro, atingindo valores respectivamente de 7,55 mg/l e

9,43 mg/l no barreiro do lote 02. Isso ocorreu em função das chuvas, pois como afirma PIVELE (1997) nas águas superficiais o alto teor de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de presença de erosão das margens.

V.8. Condutividade Elétrica

O resultado do monitoramento da condutividade elétrica nos quatro pontos de amostragem (P1, P2, P3 e P4) no Perímetro irrigado Cruzeta – PIC, durante o período de julho de 2007 a março de 2008 estão apresentados na figura 23.

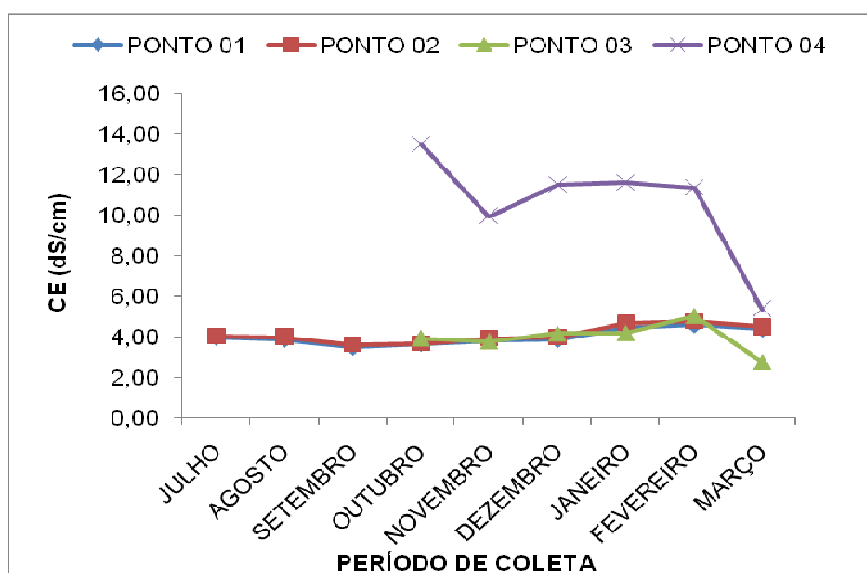


Figura 23: Condutividade elétrica da água nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008.

Analisando a figura 23, verificou-se que não ocorreram grandes variações ao longo do período de amostragem, os valores obtidos mantiveram na faixa de 4,0 dS/m⁻¹, alterando-se em poucos momentos para mais ou para menos, durante todo o período de amostragem. Em março ocorreu redução nos teores nos pontos 03 e 04. Esta redução ocorreu provavelmente devido às chuvas, que proporcionou a diluição dos íons presente na água, reduzindo assim o valor da condutividade elétrica. É importante frisar que o ponto P4 ao longo de todo o período de amostragem apresentou teores bem mais elevados em relação aos demais pontos, indicando que há presença de uma maior concentração de sais neste local.

SILVA (2006) em seu estudo cita que o maior valor registrado para a condutividade elétrica foi durante o período de estiagem, no mês de março, 824,00 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, já que neste período há uma redução do volume d'água no reservatório, com conseqüente concentração dos sais dissolvidos, o que ocasiona aumento na condutividade elétrica da água. Por outro lado, os menores valores foram registrados no período chuvoso, no mês de julho, 265 $\mu\text{S.cm}^{-1}$.

Observou-se que os valores assim obtidos, ficaram na maior parte do período de amostragem acima dos valores considerados normais em água de irrigação segundo AYRES & WESTCOT (1991). De acordo com estes autores a água assim utilizada apresenta severas restrições de uso, o que poderá implicar no aparecimento de problemas no solo e nas culturas podendo comprometer os rendimentos, requerendo com isso um manejo adequado e eficaz quando na utilização desta água, com vistas garantir rendimentos aceitáveis.

Na classificação da água de irrigação quanto ao risco de salinidade, verificou-se que nos pontos P1, P2, P3 a água foi classificada como de classe C1, ou seja, com baixo risco de salinidade, com exceção do ponto P4, onde a mesma foi classificada como de classe C2, ou seja, com médio risco de salinidade.

O resultado da estatística da condutividade elétrica dos quanto ponto de amostragem encontra-se na tabela 18.

Tabela 18: Resultado da estatística descritiva da condutividade elétrica dos quatro pontos de amostragem.

Condutividade elétrica	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
P1	9,0	3,50	4,60	4,02	3,89	0,38
P2	9,0	3,63	4,79	4,14	4,02	0,42
P3	9,0	2,76	5,04	3,98	4,06	0,74
P4	9,0	5,37	13,52	10,56	11,44	2,78

A tabela 20 revela que os valores médios (± 1 desvio padrão) de condutividade elétrica apresentada nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 4,02 ($\pm 4,02$); 4,14 ($\pm 4,14$); 3,98 ($\pm 3,98$) e 10,56 ($\pm 10,56$), ocorrendo baixa dispersão dos resultados. O menor e o maior valor encontrado foram respectivamente: 2,76 dS.m^{-1} em março no ponto P3 e 13,52 dS.m^{-1} em outubro no ponto P4. A maior amplitude observada foi no ponto 04 com valor de 8,15 dS.m^{-1} .

O resultado das campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 19.

Tabela 19: Condutividade elétrica da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	CE
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	3,88
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	4,36
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	4,01
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	3,62
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	3,25
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	4,04
Janeiro	Poço do Lote 01	15,00
Fevereiro	Barreiro Lote 02	8,17
Março	Barreiro Lote 02	4,45

Nas campanhas os valores obtidos variaram de $3,25 \text{ dS/m}^{-1}$ a $15,00 \text{ dS/m}^{-1}$, assim como observado para os demais pontos de amostragem os valores ficaram acima de $3,0 \text{ dS.m}^{-1}$, ficando acima dos valores considerados normais de condutividade elétrica para água utilizada na irrigação segundo AYERS & WESTCOT (1991). Confirmando o que ocorreu com os demais pontos de amostragem com chegada das chuvas ocorreu redução no valor da CE.

Verificou-se que, para a maioria das campanhas realizadas a água foi classificada como de classe C1, ou seja, como baixo risco de salinidade, entretanto em janeiro a mesma foi classificada como de classe C2, ou seja, com médio risco de salinidade.

V.9. Percentagem de Sódio Trocável e Razão de adsorção do sódio

O resultado do monitoramento da Razão de adsorção do sódio – RAS e da percentagem de sódio trocável – PST, realizado nos quatro pontos de monitoramento (P1, P2, P3 e P4) no Perímetro irrigado Cruzeta – PIC, de julho de 2007 a março de 2008 estão apresentados na figura 24 e 25.

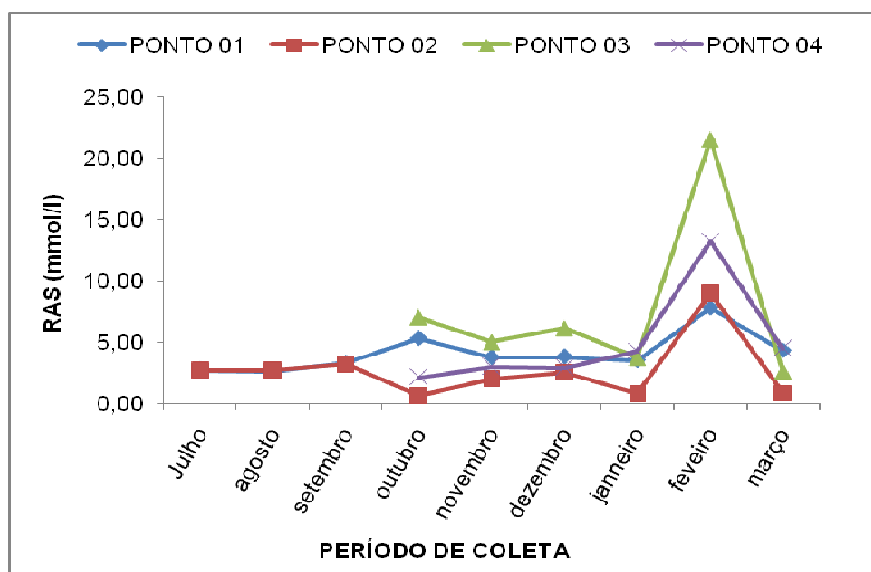


Figura 24: Percentagem do sódio Trocável nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008

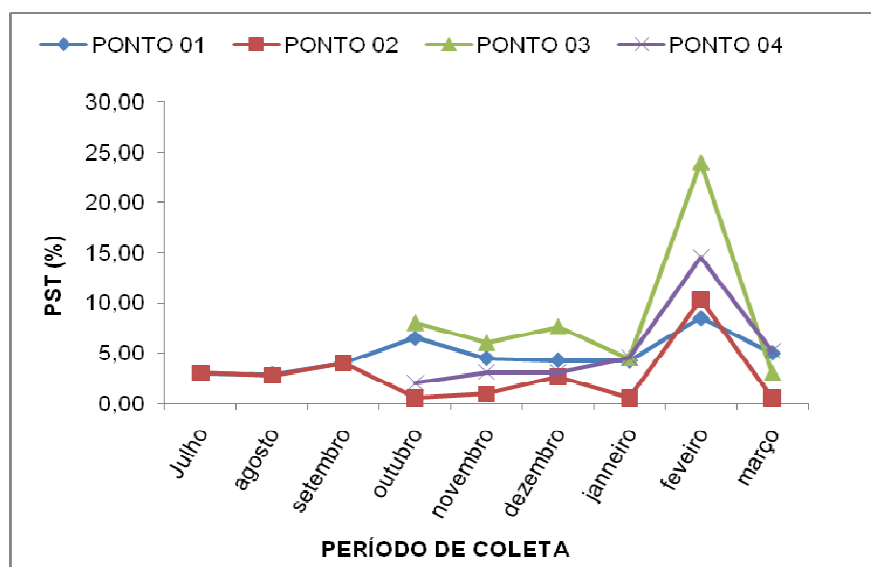


Figura 25: Razão de adsorção de sódio nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008.

As figuras 24 e 25 mostram o comportamento da RAS e da PST ao longo do período de amostragem, verificou-se que não ocorreram grandes variações ao longo do período de amostragem, em fevereiro observou-se aumento nos teores, em março os teores reduziram. A explicação para o aumento nos teores é devido provavelmente as grandes interferências das atividades desenvolvidas ao longo dos canais de irrigação, como o mesmo encontra-se próximo as áreas cultivadas

intensivamente, o uso intenso de fertilizantes aplicado ao solo bem como aplicado a água utilizada na irrigação contribuíram para elevar os teores nestes pontos. Com a chegada das chuvas ocorreu redução dos teores, em função provavelmente da diluição das partículas dissolvida.

Com relação aos valores obtidos da RAS na água de irrigação, correspondendo este ao teor existente de sódio em relação a concentração de cálcio e magnésio, e que serve para estimar a PST do solo, verificou-se que a maioria dos valores obtidos mantiveram dentro dos valores normais para água de irrigação que é de 0 a 15 mmol L^{1/2} conforme preconizado por AYERS & WESTCOT (1991), exceto o ponto P3 em fevereiro onde o limite foi superior.

Já os valores obtidos de PST do solo, mantiveram-se na faixa de 0,5% a 24%. Considerando que o tomateiro é a principal produto agrícola da região é importante atentar-se para questão da tolerância relativa desta cultura ao sódio trocável. Neste contexto a FAO-UNESCO (1973) cita que o tomate classifica-se como cultura semitolerante, ou seja, tolera valores de PST na faixa de 15% até 40%. Entretanto AYERS & WESTCOT (1991) citam que solos com PST acima de 30% não tem uma estrutura adequada para produzir boas colheitas.

O resultado da estatística descritiva da percentagem sódio trocável e da razão de adsorção de sódio dos quatro pontos de amostragem encontra-se na tabela 20.

Tabela 20: Resultado da estatística descritiva da percentagem de sódio trocável e da Razão de Adsorção do Sódio dos quatro pontos de amostragem.

	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
PST (%)						
P1	9	2,90	8,50	4,77	4,30	1,76
P2	9	0,50	10,30	2,78	2,60	3,11
P3	6	3,00	24,00	8,85	6,80	7,66
P4	6	2,00	14,50	5,40	3,80	4,60
	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
RAS (mmol) ^{1/2}						
P1	9	2,69	7,87	4,18	3,8	1,6
P2	9	0,64	9,03	2,74	2,54	2,55
P3	6	2,63	21,53	7,69	5,59	6,97
P4	6	2,17	13,8	5,05	3,68	4,13

Os valores médios (± 1 desvio padrão) da percentagem de sódio trocável apresentado nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 4,77 ($\pm 1,76$); 2,78 ($\pm 3,11$); 8,85 ($\pm 7,66$) e 5,40 ($\pm 4,60$). Verificou-se que o menor e maior valor encontrado foi: 0,50 % ponto P3 e 24,00% no ponto P1.

Os valores médios (± 1 desvio padrão) de percentagem de sódio trocável apresentados nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 4,18 ($\pm 1,60$); 2,74 ($\pm 2,55$); 7,69 ($\pm 5,05$) e 5,05 ($\pm 4,13$). Verificou-se que o menor e maior valor encontrado foi: 0,64 mmol/L⁻¹ ponto P2 e 21,53 mmol/L⁻¹ no ponto P3.

O resultado das campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 21.

Tabela 21: Razão de Adsorção do Sódio e Porcentagem de sódio trocável da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período de novembro de 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	RAS (mmol)^{1/2}	PST (%)
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	3,41	4,00
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	2,97	3,10
Janeiro	Poço do Lote 01	13,50	16,00
Fevereiro	Barreiro Lote 02	7,39	8,10
Março	Barreiro Lote 02	11,11	13,50

A tabela 22 mostra que nas campanhas, os valores da RAS variaram de 2,97 (mmol)^{1/2} a 13,50 (mmol)^{1/2}, já os valores da PST variaram 3,10 % a 16,00%. Ao contrário do que foi observado em março nos quatro pontos de amostragem, no barreiro do Lote 02 os teores elevaram-se. Em função provavelmente das primeiras chuvas que trazem consigo grande aporte de material advindo do canal principal e das margens do barreiro, o que a princípio, pode ter aumentado os teores. Os valores assim obtidos de RAS ficaram dentro dos valores normais da água de irrigação segundo AYERS & WESTCOT (1991).

V.10. Sódio (Na) e Potássio (K)

Os valores obtidos de sódio e potássio, para a água utilizada na irrigação do perímetro irrigado Cruzeta nos quatro pontos de amostragem estão apresentados conforme na figura 26 e 27.

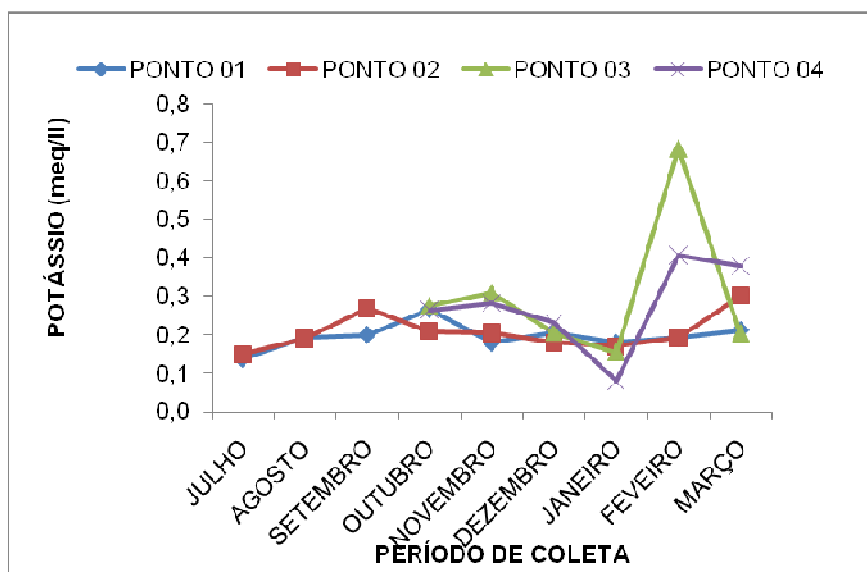


Figura 26: Potássio da água nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008.

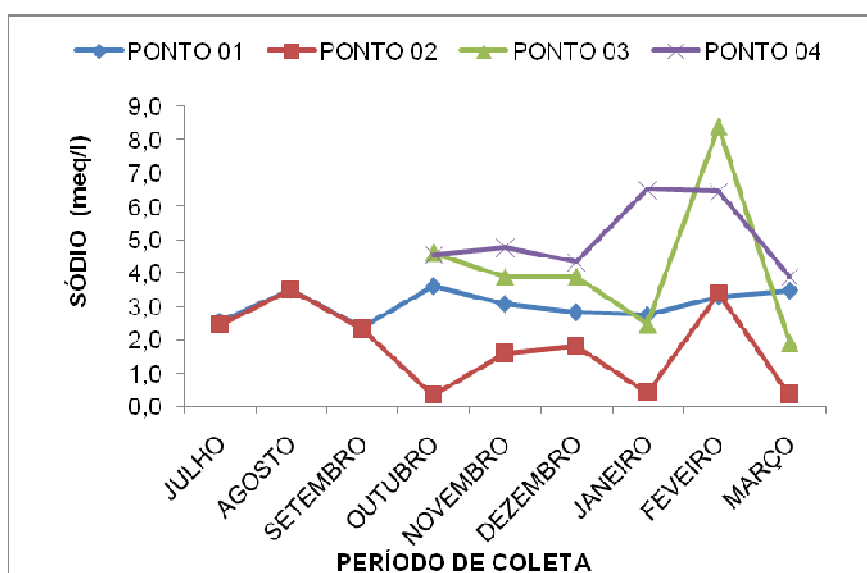


Figura: 27: Sódio nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008.

As figuras 26 e 27 mostram a variação dos valores de sódio e potássio, observou-se que ocorreram variações nos valores ao longo do período analisado, em março ocorreu redução nos teores. A explicação para isto, esta em função das chuvas e dos seus efeitos já explicados anteriormente e que contribuíram para a redução nos teores.

Verificou-se que os valores assim obtidos de sódio e potássio apresentaram-se respectivamente na faixa de 0 a 9 meq/l⁻¹ e de 0 a 0,8 mg/l, ou seja, dentro dos valores normais em água de irrigação segundo AYERS & WESTCOT (1991).

O resultado da estatística descritiva do sódio e do potássio dos quatro pontos de amostragem encontra-se na tabela 22.

Tabela 22: Resultado da estatística descritiva do Sódio e potássio dos quatro pontos de amostragem.

	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
Na (meq/l⁻¹)						
P1	9,0	2,37	3,61	3,06	3,09	0,45
P2	9,0	0,35	3,53	1,82	1,83	1,25
P3	6,0	1,93	8,4	4,21	3,91	2,28
P4	6,0	3,89	6,52	5,09	4,67	1,12
	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
K (meq/l⁻¹)						
P1	9,0	0,14	0,26	0,20	0,19	0,03
P2	9,0	0,15	0,30	0,21	0,19	0,05
P3	6,0	0,15	0,68	0,30	0,24	0,19
P4	6,0	0,08	0,40	0,27	0,27	0,12

Os valores médios (± 1 desvio padrão) de sódio apresentados nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 0,45 ($\pm 3,06$); 1,25 ($\pm 1,82$); 2,28 ($\pm 4,21$) e 1,12 ($\pm 5,09$). Verificou-se que o menor e maior valor encontrado de 0,35 meq/l⁻¹ no ponto P2 e 8,40 meq/l⁻¹ no ponto P3.

Os valores médios (± 1 desvio padrão) de potássio apresentado nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 0,20 ($\pm 0,03$); 0,21 ($\pm 0,04$); 0,30 ($\pm 0,19$) e 0,27 ($\pm 0,12$). Verificou-se que o menor e maior valor encontrado foi de 0,08 meq/l no ponto P2 e 0,68 meq/l no ponto P3.

O resultado das campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 23.

Tabela 23: Sódio e Potássio da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período de novembro 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	Na (meq/l ⁻¹)	K (mg/l ⁻¹)	K (meq/l ⁻¹)
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	2,30	7,8	0,20
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	2,30	11	0,30
Janeiro	Poço do Lote 01	10,92	6,3	0,16
Fevereiro	Barreiro Lote 02	3,30	7,5	0,19
Março	Barreiro Lote 02	7,18	2,8	0,07

Nas campanhas, os valores de potássio variaram de 2,8 a 7,8 mg/l, enquanto que para o sódio variaram de 2,3 meq/l⁻¹ a 10,92 meq/l⁻¹. Ficando respectivamente dentro e acima dos limites normais preconizado por AYERS & WESTCOT (1991) para água de irrigação. Em março, no barreiro do lote 02, verificou-se redução nos teores de potássio e ao contrário do que foi observado nos pontos de monitoramento ocorreu aumento dos teores de sódio.

V.11. Dureza Total, cálcio e magnésio

Os valores obtidos de dureza total, Cálcio e Magnésio da água utilizada na irrigação do perímetro irrigado Cruzeta nos quatro pontos de amostragem estão apresentados conforme figuras 28, 29 e 30.

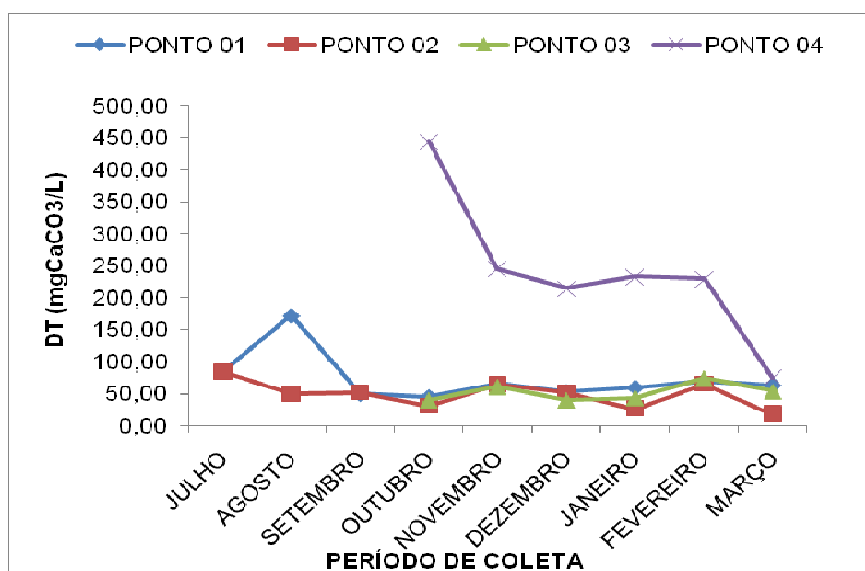


Figura 28: Dureza Total nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008.

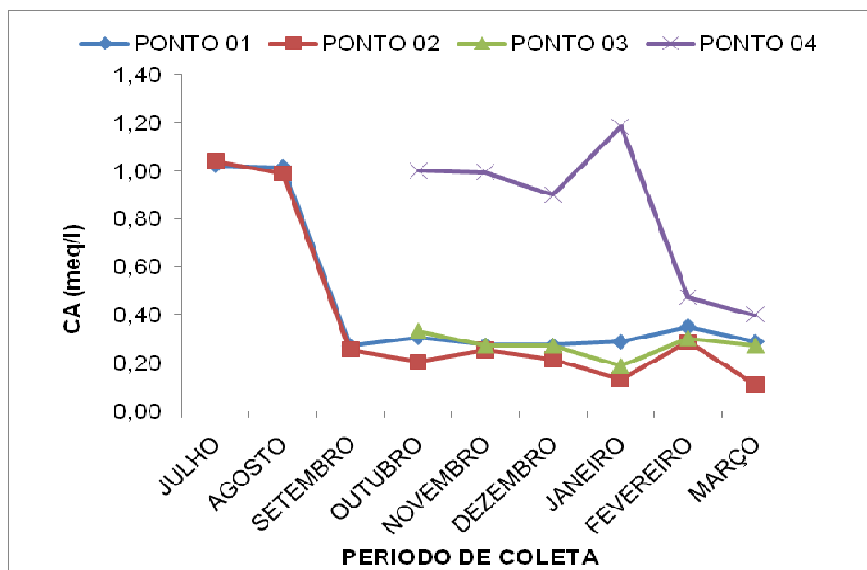


Figura 29: Cálcio nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008

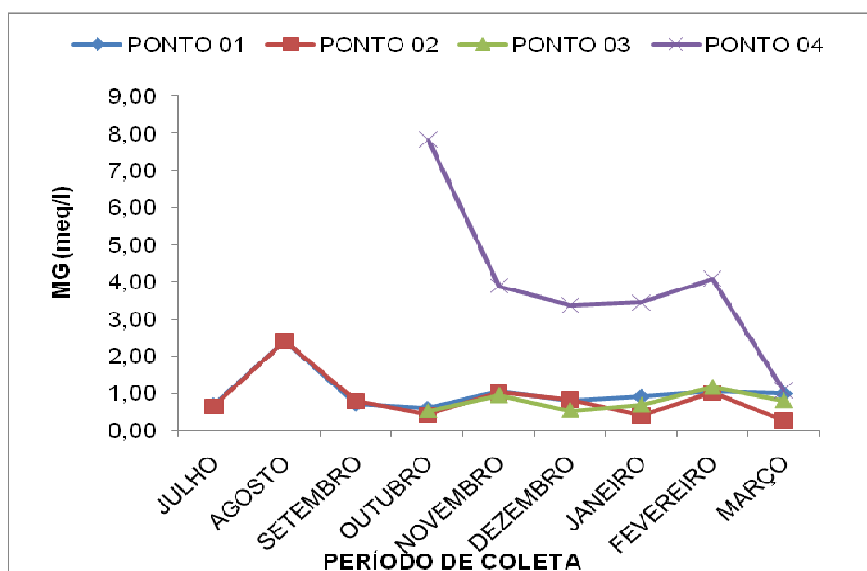


Figura 30: Magnésio nos quatro pontos de amostragem ao longo do período de julho de 2007 a março de 2008.

Analisando as figuras 28, 29 e 30, verificou-se que não ocorreram grandes variações ao longo do período de coleta. Altas concentrações foram obtidas durante todo o período de estiagem. Explicação para isso esta pautada na afirmação de VANZELA (2004) que cita que no período de estiagem há uma tendência de aumento da concentração de partículas dissolvidas em função da redução da vazão do córrego. Dentre as partículas dissolvidas, encontram-se as mais variadas substâncias que são as calcárias e magnesianas (BRASIL, 1999).

Efeito contrário foi observado em março, quando no início das chuvas, onde verificou-se redução dos teores em todos os pontos, isso ocorreu provavelmente em função do aumento da vazão, que proporcionou diluição da partículas dissolvidas na solução.

Observou-se os valores obtidos de dureza total, variaram 42,00 mgCaO₃/L a 136,00 mgCaCO₃, ficando a maioria na faixa de menos de 50 mg CaCO₃/L até 250 mg Ca CO₃/L, sendo enquadrada como uma água mole e moderada, com exceção do ponto P4, em outubro onde o valor foi bem superior, sendo enquadrada como uma água muito dura.

Verificou-se que os valores obtidos de cálcio e magnésio mantiveram-se a respectivamente na da faixa de 0 a 20 meq/ L⁻¹ e 0 a 5 meq/ l⁻¹, ou seja, ambos, dentro dos limites considerados normais para água utilizada na irrigação segundo AYERS & WESTCOT (1991). Entretanto verificou-se que em outubro o valor de magnésio no ponto P4 atingiu um valor acima do limite aceitável, em função provavelmente da maior concentração deste íon na solução.

Verificou-se que, para o período em análise, os teores obtidos de cálcio foram inferiores ao sódio. Essa informação é de suma importância em função dos benefícios que o cálcio traz para o crescimento dos vegetais. De acordo com FEITOSA & MANOEL FILHO (1997) sua abundância em águas para a irrigação tende a favorecer a redução da alta concentração de sódio no solo, entretanto este mesmo autor afirma que as águas com elevadas concentrações de sódio são prejudiciais à agricultura por reduzirem a permeabilidade do solo.

O resultado da estatística descritiva da dureza total, cálcio e magnésio dos quanto ponto de amostragem encontram-se na tabela 24.

Tabela 24: Resultado da estatística descritiva dureza total, cálcio e magnésio dos quatro pontos de amostragem.

	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
Dureza Total (mg CaCO₃/L)						
P1	9	45,5	172	74,06	64	38,55
P2	9	18	84	50	52	21,09
P3	6	40	74	52,17	49	13,57
P4	6	74	444	239,67	230,5	118,37
CA (meq/ L⁻¹)						
P1	9	0,27	1,02	0,46	0,29	0,32
P2	9	0,11	1,04	0,39	0,26	0,36
P3	6	0,19	0,34	0,28	0,28	0,05
P4	6	0,4	1,19	0,83	0,95	0,32
MG (meq/ L⁻¹)						
P1	9	0,6	2,42	1,02	0,91	0,55
P2	9	0,25	2,42	0,86	0,78	0,65
P3	6	0,52	1,17	0,78	0,75	0,25
P4	6	1,08	7,85	3,95	3,67	2,2

Os valores médios (± 1 desvio padrão) obtidos nos pontos P1, P2, P3 e P4 foram respectivamente 74,06 ($\pm 38,55$); 50,00 ($\pm 21,09$); 52,17 ($\pm 13,57$) e 239,67 ($\pm 118,37$) para dureza total, 0,46 ($\pm 0,32$); 0,39 ($\pm 0,36$); 0,28 ($\pm 0,05$) e 0,83 ($\pm 0,32$) para o cálcio e 1,02 ($\pm 0,55$); 0,86 ($\pm 0,65$); 0,78 ($\pm 0,25$) e 3,95 ($\pm 2,20$) para o magnésio. Pelos valores dos desvios padrões obtidos verificou-se que ocorreu baixa dispersão dos dados, com exceção apenas do ponto P4, para dureza total, onde o valor foi bem superior em relação aos demais pontos.

Os valores mínimos e máximos obtidos para os parâmetros analisados foram: 18,00 CaCO₃ /L e 444,00 CaCO₃ /L para a dureza total, 0,11 meq/l⁻¹ e 1,19 meq/l⁻¹ para o cálcio e 0,25 meq/l⁻¹ e 7,85 meq/l⁻¹ para o magnésio. As amplitudes médias observadas respectivamente para dureza total, cálcio e magnésio foram de 370 mg CaCO₃/L no ponto P4, 0,93 meq/l⁻¹ no ponto P2 e 6,77 meq/l⁻¹ no ponto P4.

O resultado das campanhas realizadas no período de agosto de 2007 a março de 2008 encontra-se na tabela 25.

Tabela 25: Dureza total, cálcio e magnésio da água utilizada na irrigação do Perímetro Irrigado Cruzeta nas campanhas realizadas no período agosto de 2007 a março de 2008.

Campanhas realizadas	Locais de coleta	Dureza Total	Cálcio	Magnésio
Agosto	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	110,0	0,69	1,50
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	136,0	0,74	0,60
Setembro	Sulco de irrigação do Tomateiro – início	44,0	0,3	2,00
	Sulco de irrigação do Tomateiro – final	60,0	0,37	0,80
Novembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	96,0	0,55	1,37
Dezembro	Sulco de irrigação do feijoeiro	56,0	0,19	0,93
Janeiro	Poço do Lote 01	66,0	0,18	1,14
Fevereiro	Barreiro Lote 02	92,0	0,4	1,43
Março	Barreiro Lote 02	42,0	0,16	0,68

Pela tabela verificou-se que os valores variaram de 42,0 mg CaCO₃/L a 136,0 mg CaCO₃/L para dureza total, 0,16 meq/ L⁻¹ a 0,69 meq/ L⁻¹ para o cálcio e de 0,60 meq/l⁻¹ a 2,00 meq/ l⁻¹ para o magnésio. Assim como observado para os demais pontos de amostragem em março houve redução dos teores, a explicação esta fundamentada no que foi comentado anteriormente.

Assim como observado nos demais pontos de amostragens, os valores obtidos de cálcio e magnésio mantiveram-se dentro dos limites normais para água de irrigação segundo AYERS & WESTCOT (1991).

VI. 12. Análise de fertilidade do solo.

Os resultados das análises de micro, macro-nutrientes e metais pesados das amostras de solo do lote 01 e lote 02, obtidos no período de julho a setembro de 2007, durante o ciclo do tomate e da melancia, estão apresentados conforme tabela em anexo. É importante frisar, que os lotes onde foram retiradas as amostras de solo para análises, são intensivamente cultivadas com culturas como feijão, melão, melancia e tomate, sendo, portanto áreas que vem sendo adubadas intensivamente.

Pela tabela verifica-se que os valores obtidos de pH nas amostras de solo do lote 01 foram: 7.62, 7.20, 8.02, respectivamente antes, após o transplante e colheita

do tomate, já nas amostras de solo do lote 02, os valores obtidos foram de 8.13, 8.36, 7.82 obtidos antes, após o plantio e colheita da melancia respectivamente.

Observou-se que os valores de pH mantiveram-se durante o período de análise na faixa de 7,0 a 8,5, variando da condição neutra a alcalina. CAMARGOS (2005) cita que valores igual a sete refere-se a condição neutra, valores na faixa 7,1 a 7,8 a alcalinidade é fraca, se for superior a 7,8 apresenta alcalinidade elevada. Indicando que, para as amostras de solo em questão, deve-se atentar para plantio de espécies que se ajustem melhor as concentrações presentes no solo.

Com relação ao fósforo verificou-se que ocorreu variação ao longo do período de amostragem. Nas amostras de solo do lote 01, os valores obtidos foram de 245 $\text{mg.kg}^{-1}\text{P}$, 352 $\text{mg.kg}^{-1}\text{P}$, 329 $\text{mg.kg}^{-1}\text{P}$, nas amostras de solo do lote 02, os valores obtidos foram de 155 $\text{mg.kg}^{-1}\text{P}$, 358 $\text{mg.kg}^{-1}\text{P}$ e 419 $\text{mg.kg}^{-1}\text{P}$. Observou-se que após a colheita, ocorreu redução nos teores nas amostras de solo do lote 01 e aumento nas amostras de solo do lote 02.

Altas concentrações de fósforo foram encontradas nas amostras de solo do lote 01 e 02 uma das explicações para isso é sua baixa absorção pelas plantas. De acordo com GATIBONI (2003) o fósforo tem habilidade em formar compostos de alta energia de ligação com os colóides, conferindo-lhe alta estabilidade na fase sólida. Assim, mesmo que os teores totais do elemento no solo sejam altos em relação aos necessários para as plantas, apenas uma pequena fração deste tem baixa energia de ligação que possibilita sua dessorção e disponibilidade às plantas.

Com relação ao potássio, os valores obtidos antes, depois do transplantio e após a colheita do tomate foram 85 $\text{kg}^{-1}\text{P mg}$, 112 kg^{-1}P , 136 $\text{mg.kg}^{-1}\text{P}$ para as amostras de solo do lote 01 e 96 $\text{mg.kg}^{-1}\text{P}$, 71 $\text{mg.kg}^{-1}\text{P}$ e 83 $\text{mg.kg}^{-1}\text{P}$ para as amostras de solo do lote 02. Observou-se que nas amostras de solo do lote 01 as concentrações foram crescentes, contudo nas amostras de solo do lote 02 verificou-se decréscimo nas concentrações depois do transplantio e aumento nos teores após a colheita.

Essas variações ocorreram provavelmente devido ao fato do potássio ser facilmente lixiviado, o que explica as menores concentrações em alguns pontos, sendo assim sua aplicação é feita em parcelas de forma a evitar tais perdas. De acordo com MALAVOLTA (1976) a aplicação de menores quantidades de potássio

evita a perda por lixiviação e evitar que a planta extraia uma quantidade de potássio além da quantidade necessária.

Para o alumínio, as concentrações encontradas foram zero, tanto nas amostras de solo do lote 01 como no lote 02, o que mostra a ausência deste elemento no solo. Isso é bastante significativo se levarmos em conta o efeito tóxico que o alumínio provoca nas plantas. De acordo com MENDONÇA et al.(2003) a tolerância de várias espécies vegetais ao alumínio tem sido atribuída à capacidade das plantas manterem em suas raízes ou na parte aérea níveis adequados de certos nutrientes essenciais. A toxicidade provocada pelo alumínio manifesta-se inicialmente pela redução da taxa de alongação radicular após o contato com a solução contendo alumínio (CUSTÓDIO et al., 2002) e drástica redução no crescimento da parte aérea (BEUTLER et al., 2001)

Com relação ao sódio, os valores obtidos antes, depois do transplântio e após a colheita do tomate foram: 146 mg kg⁻¹ Na, 102 mg kg⁻¹ Na, 88 mg kg⁻¹ Na nas amostras de solo do lote 01 e 39 mg kg⁻¹ Na, 83 mg kg⁻¹ Na e 268 mg kg⁻¹ Na nas amostras de solo do lote 02. Observou-se que os valores assim obtidos decresceram inicialmente para as amostra do solo 01 e foram crescentes para as amostras coletadas no solo do lote 02.

Quanto à análise de metais pesados, os valores obtidos antes, após o transplântio e após a colheita do tomate nas amostras de solo 01 foram respectivamente: 0,20 ppm, 0,20 ppm, 0,70 ppm para o chumbo, 1,40 ppm, 0,55 ppm, 1,00 ppm para o níquel, 0,10 ppm, 0,05 ppm, 0,00 ppm para o cádmio, 0,00 ppm, 0,00 ppm, 1,50 ppm para o cromo.

Nas amostras de solo 02 os valores obtidos antes, após o plantio e após a colheita da melancia foram respectivamente: 0,40 ppm, 0,30 ppm, 0,60 ppm para o chumbo, 0,75 ppm, 0,75 ppm, 0,80 ppm para o níquel, 0,10 ppm, 0,10 ppm, 0,05 ppm para o cádmio e 0,00 ppm, 0,00 ppm, 1,50 ppm para o cromo.

Verificou-se que ocorreu aumento ao longo do ciclo das culturas nas concentrações de chumbo, níquel e cromo, isso foi observado tanto nas amostras de solo do lote 01 quanto nas amostras de solo do lote 02. Isso ocorreu provavelmente em função do uso intensivo de fertilizantes na área ao longo do ciclo da cultura do tomate e da melancia. KABATA et al. (1984) & GIMENO et al. (1996) citam que o

acúmulo de metais pesados nos solos agrícolas é freqüentemente causado pelo uso repetitivo e excessivo de fertilizantes, pesticidas e resíduos orgânicos.

V. 13. Infiltração

O resultado do ensaio de infiltração realizado nos lote 01 e 02 do perímetro irrigado cruzeta, bem como os valores de lâmina infiltrada, lâmina acumulada, taxa de infiltração observada e taxa de infiltração calculada estão apresentados conforme tabela em anexo.

Verificou-se que os valores obtidos nos ensaios realizados nos Lote 01 e Lote 02 de lâmina acumulada foram respectivamente de 57,09 mm e 104,77mm, enquanto os valores de taxa de infiltração calculada pela fórmula de Horton foram respectivamente de 103,04 mm/h e 107,82 mm/h.

As curvas de infiltração obtidas com o ajuste dos dados observados e calculados, a partir dos ensaios realizados no lote 01 e lote 02 estão apresentadas conforme figura 31 e 32 abaixo.

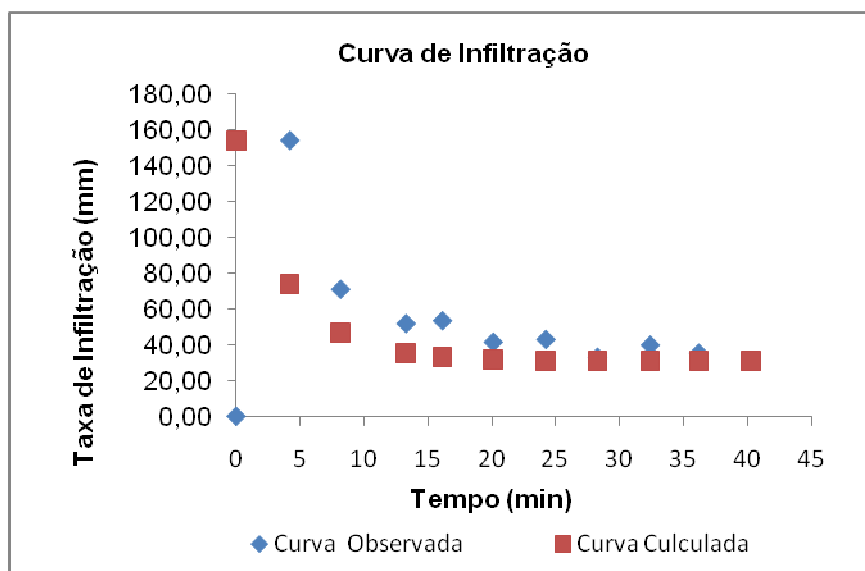


Figura 31: Curva de infiltração da água no solo obtida no através do ensaio de infiltração realizado no lote 01.

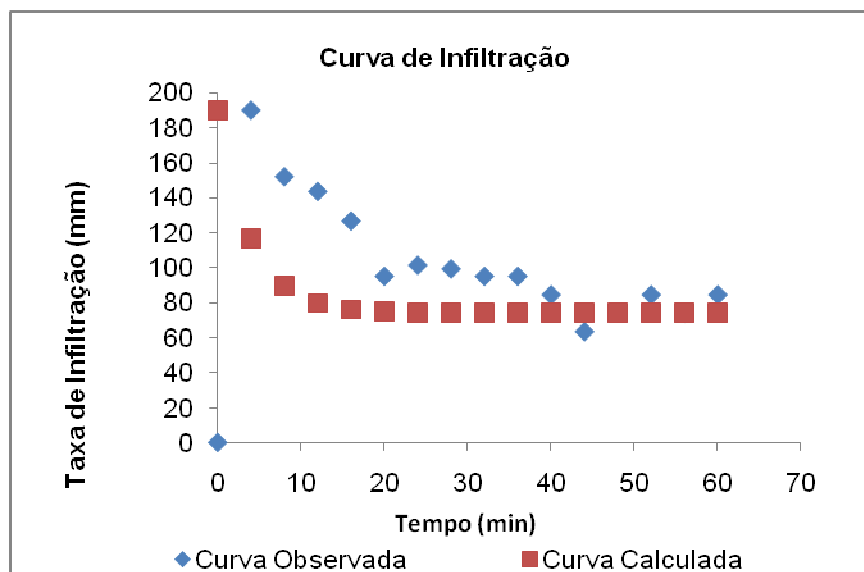


Figura 32: Curva de infiltração da água no solo obtida através do ensaio de infiltração realizado no lote 02.

As figuras 31 e 32 mostram o comportamento das curvas de infiltração obtidas a partir dos ensaios realizados no lote 01 e 02. Verificou-se que no primeiro ensaio os valores ficaram constante a partir dos 36 minutos, no segundo ensaio isso foi observado após decorridos 44 minutos do início do mesmo. Isso ocorreu provavelmente em função do fluxo de entrada da água no solo ter alcançado regime estável e constante, permitindo assim a determinação da condutividade hidráulica saturada do solo, que apresentou valores elevados durante a realização dos ensaios, indicando alta permeabilidade nestes solos.

VI. 14. Umidade do Solo

Os resultados das análises de umidade do solo em dois lotes do perímetro irrigado estão apresentados conforme tabela 26 abaixo.

Tabela 26: Resultado do monitoramento da umidade do solo realizado no Perímetro Irrigado Cruzeta-RN.

	Data da coleta	Umidade (%)
Amostra de solo do 1º ensaio – lote 01	19/7/2007	5,50
Amostra de solo do 2º ensaio – lote 02	11/1/2008	2,80

A tabela mostra o resultado da umidade do solo em dois lotes do perímetro irrigado cruzeta-RN em dois períodos distintos, em julho de 2007 e março de 2008. A coleta das amostras para determinação da umidade do solo foi realizada concomitantemente aos ensaios de infiltração no lote 01 (figura 18) e lote 02 do perímetro irrigado, no local de realização dos ensaios de infiltração. O objetivo foi determinar a quantidade de água retida em duas amostras de solo. Conforme pode ser visto pela tabela os valores obtidos de umidade do solo nas duas amostras de solo realizada no 1º e 2º ensaio de infiltração foram de 5,5 e 2,80 respectivamente.

A diferença encontrada entre o teor de umidade no solo do lote 01 e 02, se atribui provavelmente em função das peculiaridades de cada lote onde foram realizados os ensaios (lote 01 e 02), da frequência de irrigação realizada e do método de irrigação adotado em cada lote (lote 01- gotejamento, lote 02 – sulcos).



Figura 33: Amostra de solo coletada do 1º ensaio realizado no lote 01.

VI. 15. Vazão

Os resultados das análises do monitoramento das vazões no canal principal e secundário estão apresentados conforme tabela 27 em abaixo.

Tabela 27: Vazões monitoradas no canal principal e secundário do perímetro irrigado cruzeta-RN.

Período	Vazão (m²/s)
Ponto 01-Canal principal	
jul/07	0,54
set/07	0,43
nov/07	0,54
dez/07	0,13
fev/08	0,12
Ponto 02-Canal Secundário	
jul/07	0,01
set/07	0,00
nov/07	0,00
dez/07	0,00
fev/08	0,00

As medições das vazões nos canais de irrigação do perímetro irrigado cruzeta foram realizadas nos dias em que estava sendo realizada a irrigação para os lotes do Perímetro Irrigado Cruzeta/RN. O objetivo foi determinar qual a volume de água que está sendo liberado para o canal principal. O monitoramento foi realizado próximo a abertura da comporta e no canal secundário que leva água até o primeiro lote do perímetro irrigado. Observou-se que o valor encontrado no canal principal variou de 0,54 m²/s a 0,12 m²/s, no canal secundário o volume escoado não permitiu obter valores significativos de vazões neste ponto.

A explicação para essas ocorrências deve-se a alguns fatores que contribuíram para as variações das vazões ocorridas durante o período em estudo sendo eles: o clima, as atividades antropogênicas e o manejo da irrigação, uma vez que com a chegada das chuvas e com o fim do ciclo da cultura do tomate as irrigações foram reduzidas, demandando uma menor quantidade de água do açude para a irrigação do perímetro.

VI. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

1. Os parâmetros analisados mais eficazes na avaliação dos impactos ambientais ocorridos no Perímetro Irrigado Cruzeta foram: sólidos suspensos, turbidez; coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido;
2. Quanto ao Nitrato, não foram encontrados teores significativos ao longo do período de análise isso foi observado tanto nos pontos de amostragem quanto nas campanhas realizadas;
3. No cacimbão do lote 02 foram encontrados altos teores de STD indicando que há risco potencial de salinização do solo se os teores continuarem crescentes.
4. Quanto ao risco de salinidade, no poço do lote 02, a água foi classificada como de classe II, ou seja, com médio risco de salinidade nas demais pontos a água foi classificada como de classe I, ou seja, baixo risco de salinidade;
5. Foram verificadas altas concentrações de ferro e alumínio nos quatro pontos de amostragem independente do período seco ou chuvoso;
6. Altos teores de fósforo no solo foram encontrados nas amostras de solo coletadas no lote 01 e 02;
7. O pH obtido nas amostras de solo do lote 01 e 02, permitiram classificar os solos como neutro e de alcalinidade moderada;
8. Os valores obtidos de taxa de infiltração no ensaios realizado no lote 02 e 01, indicam alta capacidade de absorção do solo nestes locais.

VII. RECOMENDAÇÕES

- Recomenda-se trabalho futuros que contemplem o monitoramento em períodos distintos (antes, durante e após o período chuvoso) na área em questão e nas demais localizadas a montante e jusante do açude;
- É interessante incluir um monitoramento das águas superficiais e dos outros poços existentes na área, para fins de garantir a qualidade da água de irrigação;
- Sugerem-se trabalhos futuros que contemplem a avaliação de diferentes métodos de irrigação. É mister lembrar que o perímetro irrigado almeja implantação da irrigação localizada em todos os lotes com isso deve priorizar a avaliação desse método de irrigação;
- É fundamental importância que priorizem o estudo da avaliação da qualidade da água quem contemplem avaliação do solo, água e planta;

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, Brasília, 176p, 2005.
2. ANDRADE, L. N. V. & LOPES, H. L. **Aplicação de modelos hidrológicos superficiais e subsuperficiais em bacias hidrográficas: Fase I – compilação do banco de dados**. Juazeiro: UNEB – Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais. Disponível em: <geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/ARQUIVO>. Acesso em: 20 de junho de 2008.
3. APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste-water**. 19. ed. Washington, D. C. American Public Health Association, 1995, 1137p.
4. APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste-water**. 20 ed. Washington: A.P.H.A., A.W.W.A. and W.E.F., 1998.
5. ARANA, L.V. **Princípios químicos da qualidade da água em agricultura: uma revisão para peixes e camarões**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997, 166p.
6. ARAÚJO. C.A.B. **Avaliação do Perímetro Irrigado Cruzeta (RN), através do uso intensivo da água de irrigação**. 2006. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN.
7. ARTHUR C. et al. **Concentração de Metais em Solos de Parques Urbanos em São Paulo. 3. Parque da Aclimação**. INAC - International Nuclear Atlantic Conference. Santos, SP, Brazil, September 30 to October 5, 2007.
8. AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. de H.R. Gheyi; J.F. Medeiros; F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (FAO, Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).

9. AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **Calidad del agua para la agricultura**. Roma, FAO, 1976.85p. (Estúdios FAO: Riego y Drenage, 29).
10. AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Traduzido por H.R. Gheyi; J.F. Medeiros; F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
11. BERNARDO, S. **Manual de irrigação**, 4ª edição, UFV, imprensa universitária, Viçosa, 488p. ilustr., 1987.
12. BERNARDO, S. **Qualidade da água para irrigação e salinização do solo**, In: Bernardo, S. Manual de irrigação. 6. ed. Viçosa: UFV, impr. Univ., 1995. Cap 3 p. 117-137.
13. BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7 ed. Viçosa: Ed. UFV. 2005. 611p.
14. BERNARDO, S. **Manual de irrigação**, 4ª edição, UFV, imprensa universitária, Viçosa, 488p. ilustr., 1987.
15. BELTRÃO, B. A. et al. **Diagnóstico do Município de Cruzeta**. Recife, PE, 2005. 21p.
16. BONILLA, J. **Fundamentos da agricultura ecológica: sobrevivência e qualidade da vida**. São Paulo: Nobel, 1992.
17. BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. **Soil Chemistry**. New York, John Willey & Sons, 1985. 341p.
18. BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília, 1999. 373p.

19. BRAGA, B. et al. **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305p.
20. BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**, São Paulo, 3 ed., CETESB/ASCETESB, 1986, 616p.
21. BRANDÃO, S. L. **pH e Condutividade Elétrica em Solução do Solo, em Áreas de Pinus e Cerrado na Chapada, Em Uberlândia (Mg)**. REVISTA ON LINE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA INSTITUTO DE GEOGRAFIA UFU Caminhos de Geografia 3(6), Jun/2002 página 46.
22. BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1995. 296p.
23. BEUTLER, A.N.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V. Efeito do alumínio sobre o crescimento de duas espécies florestais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, p.923-928, 2001.
24. CAMARGOS, S. L. **Interpretação de Análise de Solo**. Universidade Federal De Mato Grosso Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Departamento de Solos e Engenharia Rural Disciplina Solos II. Cuiabá – MT, 2005. 11p.
25. CAMPOS. M. J. A. **Metais Pesados e Seus efeitos**. Disponível em: <<http://www.mundoquimico.gpg.com.br/>>. Acesso em: 10 de julho de 2008.
26. CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JUNIOR, N. P. SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL/Superintendência de Estudos e Informações hidrológicas, 2000. 132p.
27. CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.

28. COLETTI, C. Caracterização da irrigação por Sulcos na Cultura do Tomateiro e da Disponibilidade Hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, SP. 2005. Tese. Universidade Estadual de Campinas: São Paulo, SP.
29. CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357 de 18 de junho de 2005**. Brasília: D.O.U., 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=464>>. Acesso em: 10 de março de 2007.
30. COSTA, F. M.; BACELLAR, L. A. P.; SILVA, E. F. *Portable weirs in catchments*. Rem: Revista Escola de Minas, 2007, vol.60, n. 2, ISSN 0370-4467.
31. CUSTÓDIO, C.C.; BOMFIM, D.C.; SATURNINO, S.M.; MACHADO NETO, N.B. Estresse por alumínio e por acidez em cultivares de soja. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 59, n.1, p.145-153, 2002.
32. CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M.R. **Hidrologia subterrânea**. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1976. vol 2. 1157p.
33. CUSTÓDIO G.E. ; LLAMAS MADRUGA, M.R. **Hidrologia Subterrânea**. 1 ed. Barcelona: Ediciones Omega S.A, 1983. 2400p. 2v.
34. CUSTÓDIO, H. B. **Legislação Brasileira do estudo de impacto ambiental**. In: *Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar*. Organizadores Sâmia Maria Tauk-Tornisielo, Nivar Gobbi, Harold Gordon Fowler. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. p 45-64. (Natura Naturata).
35. DERISIO, J.C. **Introdução ao Controle de poluição Ambiental**. 2.ed. São Paulo: Signus, 2000. 164p.

36. DIAS, N. S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**. Piracicaba: ESALQ/USP. 2004. 110p. (Tese de Doutorado).
37. DIAS, M. C. O. et al. **Manual de Impactos Ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas / Banco do Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.p. 297.
38. DOMINGUES, E. & RIBEIRO, G.V. **Indicadores Ambientais no Sudoeste da Amazônia – uma experiência – piloto**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Geociências, 1997.32p.
39. DREVER, J. I. – 1988 – The geochemistry of natural waters. Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall. 1988.
40. ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**, Rio de Janeiro, Editora Interciência Ltda, FINEP.1998, 574p.
41. FAO/ UNESCO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Irrigation, drainage and salinity: an international source book**. London, Hutchinson/FAO/UNESCO, 1973. 510p. HEBRON, D.
42. FAO. **Investigation and feasibility study of an irrigation project south of Lake Chad**. Report by Sir M. MacDonald & Partness, London. Rome, FAO, 1973.
43. FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.
44. FRAVET, A. M. M. F. **Qualidade da água utilizada para irrigação de Hortaliças na região de Botucatu – SP e Saúde Pública**. 2006, 83p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campos de Botucatu, São Paulo, SP.

45. FRIZZONE, J. A. **Irrigação por superfície** – série didática nº 005, Esalq - USP, Piracicaba, 183p, 1993.
46. GATIBONI, L.C. **Disponibilidade de Formas de Fósforo do Solo às Plantas**. 2003. 247 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria - Programa de Pós- Graduação em Agronomia.
47. GUMIERO, C. et al. **Concentração de Metais Em Solos Deparques Urbanos Em São Paulo. 2. Parque Buenos Aires**. INAC - International Nuclear Atlantic Conference. Santos, SP, Brazil, September 30 to October 5, 2007.
48. GRAMOLELLI, J.F. **Flávio Diagnóstico do uso da água na irrigação de culturas na bacia do Rio Jundiaí-Mirim / SP / Flávio Gramolelli Júnior**. -- Campinas, SP: [s.n.], 2004.
49. GURGEL, M. T.; MEDEIROS, J. F.; NOBRE, R.G.; NETO, F.C.; & SILVA, F.V. **Evolução da salinidade no solo sob cultivo de melão irrigado com águas de diferentes salinidades**. REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA. Volume 3 - Número 2 - 2º Semestre 2003.
50. GUERRA, A.J. T. CUNHA. S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 3ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2005. 416p.
51. IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** - 2000. Censo Agropecuário do Tocantins – nº 6. RJ. P. 1 -197.
52. IDEMA - INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE. Estudo sócio econômicos: Perfil – Seu Município, 2003. disponível em: <http://www.rn.gov.br/secretarias/idema/perfil_municipio.asp>. Acesso em 10 abril de 2007.

53. JUNIRAK, J.J.; TOPPER, K. **Irrigation water quality and salt-affected soils**. Disponível em: <<http://extension.usu.edu/htm/publication>>. Acesso em: 17 mar. 2004.

54. LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, 2000. 509p.

55. LIBARDI, P.L. **Medidas de umidade e armazenamento na determinação do balanço hídrico**. In: XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Recife, Anais. 2005.

56. LIMA, M.A.; VALARINI, P. **Desenvolvimento de modelo conceitual metodológico de análise de impacto ambiental em áreas de agricultura irrigada**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DREAGEM, 1996. **Anais...** Campinas, 1996, p. 427-446.

57. LEONARDO, Hudson Carlos Lissoni **Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da Microbacia Hidrográfica do Rio Passo Cue, região oeste do Estado do Paraná**, Piracicaba: ESALQ, 2003, 121 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais – Conservação de Ecossistemas Florestais), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2003.

58. MACEDO, R.K. **A importância da avaliação ambiental**. In: *Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar*. Organizadores Sâmia Maria Tauk-Tornisielo, Nivar Gobbi, Harold Gordon Fowler. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. p 13-31. (Natura Naturata).

59. MACEDO, J.A.B. **Métodos laboratoriais de análise físico-químicas e microbiológicas**. 2ª ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2003. 450 p.

60.MAGALHÃES JUNIOR, A.P. **Indicadores Ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir de uma experiência francesa.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 688p.

61.MALAVOLTA, Eurípedes (coordenador). **Manual de química agrícola – Nutrição de plantas e fertilidade do solo.** São Paulo, ed. Agronômica Ceres, 1976. 528p.

62.MARZALL, K.; ALMEIDA, J. **Indicadores de Sustentabilidade para Agroecossistemas: Estado da arte, limites e potencialidade de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável.** Cadernos de Ciências & Tecnologia, Brasília. v. 17, n.1, p.41-59, jan / abr.2000.

63.MATTOS, K. M. C. **Viabilidade da Irrigação com Água contaminada por Esgoto Doméstico na Produção Hortícola.** 2003.151f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

64.MENDONÇA, R.J.; CAMBRAIA, J.; OLIVEIRA, J.A.; OLIVA, M.A. **Efeito do alumínio na absorção e na utilização de macronutrientes em duas cultivares de arroz.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n.7, p.843-846, 2003.

65.MEIRELES, A.C.M. **Dinâmica qualitativa das águas superficiais da bacia do Acaraú e uma proposta de qualificação para fins de irrigação.** 2007. 180 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN.

66.MELO, J. M. B. **Curva de Garantia para operação de açudes com fins múltiplos. 2002. 75p.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

67.MIRANDA, L.N.; AZEVEDO, J.A.; MIRANDA, J.C.C.; GOMES, A.C. **Produtividade do feijoeiro em resposta a adubação fosfatada e a regimes de**

irrigação em solos do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.4, p. 703-10, 2001.

68. NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production**. St. Joseph: ASAE, 1986. 383p.

69. OLIVEIRA, L.F.C.; NASCIMENTO, J.L.; STONE, L.F. Demanda total de água do feijoeiro nos sistemas de plantio convencional e direto. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 30., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004.p.12-16.

70. OLIVEIRA, R.; FERNANDES, C. Estudo e Determinação do pH. Disponível em: <<http://www.saneamento10.hpg.ig.com.br/PH.html>> acesso em: março de 2007.

71. OLIVEIRA, M. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.M. (eds) **Manejo e Controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. Cap. 1, p.1- 36.

72. OLITTA, A. F. L. **Os métodos de irrigação**. 11a edição, Nobel, São Paulo, 1984.

73. OLIVEIRA, N. M. Análise das Audiências Públicas no Estado do Paraná, In: Seminário sobre Avaliação e Relatório de Impacto Ambiental, 1989. Curitiba, **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1989, p. 168 – 172.

74. OLIVEIRA, L.F.C.; NASCIMENTO, J.L.; STONE, L.F. Demanda total de água do feijoeiro nos sistemas de plantio convencional e direto. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, 30., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 200.p.12-16.

75. ORTOLONI, A. A.; CAMARGO, M.P.B. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P.C.R.; FERREIRA, S. A. & YAMADA, T. Ecofisiologia da produção agrícola. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.71-81.
76. PAIVA, M. P. **Grandes Represas do Brasil**. Brasília, DF, Editora terra, 1982, 304p.
77. PATEMIANI, J.E.S.; PINTO, J. M. Qualidade da água. In: MIRANDA, J.H, PIRES, R.C.M. Irrigação série Engenharia Agrícola, Ed. Piracicaba: FUNEP/SBEA, 2001, v, 1. p. 195.253.
78. PEREIRA, G. M. ; MELLO, C. R. (2008). **Hidrometria. Medição da Vazão**. UFLA - Universidade Federal de Lavras. Departamento de engenharia – ENG 187. Minas Gerais, MG. Hidráulica geral. Aula Prática – 6. Disponível em: < <http://www.deq.ufla.br/>>. Acesso em: 13 de setembro de 2008.
79. PIVELI, R. P. **Qualidade das Águas**. ed: [s.n.], São Paulo, 1997, 218p. (Apostila).
80. PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. ed. Madrid: Editora Agrícola Española, S.A., 1985, 542p.
81. PORTO, R.M. Orifícios – tubos curtos – vertedores. In.:_____ **Hidráulica Básica**. (2.ed.). São Carlos: EESC – USP, 2001. cap. 12, p. 381–391. 519p.
82. PORTO, M.F.A.; BRANCO, S. M., LUCA, S. J. Caracterização da qualidade de água. In: BRANCO, S.M. **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora Universidade São Paulo / ABRH, 1991. Cap.2, p.27-66.

83. QUEIROZ; S. O. P.; TESTEZLAF. R. & MATSURA. E. E. **Avaliação de equipamentos para determinação da condutividade elétrica do solo.** Irriga, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 279-287, agosto-outubro, 2005.
84. QUEIROZ, J.E.; GONÇALVEZ, A.C.; SOUTO, J.S.; FOLEGATTI, M.V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In.: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Eds) **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB-SBEA, 1997. Cap. 3. p. 69-111.
85. REICHARDT, K. Processos de transferências nos sistemas do solo-planta-atmosfera. Campinas: Fundação Cargil, 4ª ed. 1985. 445p.
86. REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. Editora Manole LTDA, 1990, primeira edição, 188 p.
87. REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. CASSOL, E.A. & SILVA, V.R. **A infiltração da água no solo sob manejo conservacionista.** In: XXX Congresso Brasileiro de Ciência do solo, Recife, Anais, 2005.
88. REZENDE, F. C.; SCALOPPI, E. J. **Avaliação de Métodos para Determinação das Características de Infiltração em Sulco,** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 20, n. 2, p. 227-233, fev.1985.
89. RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington D.C., U.S. Salinity Laboratory, 1954. 160p. (USDA Agriculture Handbook, 60).
90. RICHARDS, R.A. Improving crop production on salt affected soils: by breeding or management **Expl. Agric.** Vol. 31, p.395 - 408. 1995.
91. RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington, D.C: United States Salinity Laboratory, 1954. 160p. (United States Department of Agriculture Handbook, 60).

92. RHOADES, J.P.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **The use saline waters for crop production**. Trad.: GHEYI, H.R.; SOUSA, J.R.; QUEIROZ, J.E. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p.

93. RHOADES, J. D; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução de H.R. Gheyi, J.R. de Sousa, J. E. Queiroz. Campina Grande, UFPB,1992. 117p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).

94. RHOADES, J. D. & LOVEDAY, J.G. Salinity in irrigateNielsen, D. R. (eds.) Irrigaton of agricultural crops. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. p.1089 – 1142. Agronomy, 30.

95. SALOMÃO, L. C. **Parâmetros que devem ser observados no manejo da irrigação**. (Trabalho de mestrado em Agronomia, Área de concentração em Irrigação e Drenagem) – UNESP/ Botucatu – SP – Brasil, 2007. Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos3/parametro-observados-irrigacao/parametro-observados-irrigacao.shtml>>. Acesso em: 20 de junho de 2008.

96. SAWYER, C. N.; MCCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for environmental enginoring**. 4th edition. New York: McCarty – Hill Book Company, 1994.

97. SCHULTZ, B; ROMANO, P. A.; SAMPAIO, T. Q. Água, um bem ambiental econômico e social. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n. 51, 3º trimestre, p. 13-14, 2001.

98. SAWYER, C. N.; MCCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for environmental enginoring**. 4th edition. New York: McCarty – Hill Book Company, 1994.

99. SILVA, M. G. **Caracterização da Qualidade da água na barragem do perímetro irrigado Jacarecica I**. 2006. 74p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Recife.

100. SILVA, P.R.F.G. **Indicadores Ambientais do Complexo Hídrico Papicu/Maceió, Fortaleza-CEARÁ**. Fortaleza, 2003, 76f. Dissertação (Mestrado).
101. SILVEIRA, J. M. C. **Impactos ambientais da Irrigação do tomateiro no Município de Estiva/SP**. 2004. 171p. Dissertação (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.
102. SERHID - SECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS (2005) **Projeto Piloto Perímetro Irrigado Cruzeta**. Natal.
103. SOUZA, J. N. **Irrigação por sulcos da cultura do tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill) cultivado em encosta com alta declividade**. Lavras, UFLA, 1996. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 1996. 79p.
104. SHALHEVET, J.; KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: a world-wide survey**. New Delhi, International Commission on Irrigation and Drainage, 1976. 106p. SRH, **Plano Estadual dos Recursos Hídricos**. Diagnóstico, Secretaria dos Recursos.
105. TOMÉ Jr., J. B. **Manual para Interpretação de Análise de Solo**. Editora Guaíba: Agropecuária, 1997.
106. TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: Enfrentamento a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003. 247p.
107. VANZELA, L. S. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego três Barras no município de Marinópolis, SP**. 2004. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.
108. VARGAS, A.V. et al. **Determinação rápida do oxigênio dissolvido em sistemas aquosos**. Congresso Brasileiro de Química – CBQ. ÁREA: Química Analítica. Rio Grande do Norte, Natal. 2006.

109. VIEIRA, Jair. Irrigação de superfície. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.9 n.100, abril, p.13-23, 1983.
110. VIEIRA, R. C. S. **Parâmetros indicadores de impactos ambientais na cultura do tomate de mesa sob irrigação por sulcos no município de Estiva Gerbi/SP**. 2003. 95 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola.
111. VON SPERLING, M. 1996. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Departamento de engenharia sanitária e ambiental; Universidade federal de Minas Gerais. 243p. 36.
112. VILLIERS, M. **Água**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.
113. WALKER, Wynn R.; SKOGERBOE, Gaylord V. **Surface Irrigation: Theory and Practice**. Utah State University: Prentice-Hall, New Jersey, 1987. 386p.
114. WITHERS, B.; VIPOND, S. **Irrigação: projeto e prática**. São Paulo: EPU, Editora da Universidade de São Paulo, 1977.
115. WHITEMORE, J. **Saline and sodic soils**. USA, 1975, 7p.
116. ZONN, S.V. Saline (halomorphic) soils. In: ZONN, S.V. **Tropical and subtropical soil science**. Moscow: Mir Publishers, 1986. Chapter 5 p. 365-379.

ANEXOS

Resultado da estatística descritiva de metais pesados dos quatro pontos de amostragem.

Metais pesados	Número de coletas	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
ALUMINIO						
P1	6,0	0,08	2,21	0,90	0,63	0,83
P2	6,0	0,07	9,04	2,33	0,88	3,48
P3	6,0	0,44	77,00	25,68	2,89	37,13
P4	6,0	0,00	10,74	2,00	0,15	4,30
CADMIO						
P1	6,0	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01
P2	6,0	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01
P3	6,0	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
P4	6,0	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01
CHUMBO						
P1	6,0	0,00	0,37	0,08	0,01	0,15
P2	6,0	0,00	0,34	0,08	0,02	0,13
P3	6,0	0,00	0,36	0,09	0,03	0,14
P4	6,0	0,00	0,42	0,08	0,01	0,17
COBALTO						
P1	6,0	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
P2	6,0	0,00	0,09	0,02	0,00	0,04
P3	6,0	0,00	0,09	0,02	0,00	0,04
P4	6,0	0,00	0,10	0,02	0,00	0,04
CROMO						
P1	6,0	0,00	0,18	0,04	0,01	0,07
P2	6,0	0,00	0,28	0,06	0,02	0,11
P3	6,0	0,00	0,68	0,12	0,02	0,27
P4	6,0	0,00	0,10	0,02	0,01	0,04
FERRO						
P1	6,0	0,16	2,00	0,73	0,54	0,66
P2	6,0	0,17	10,69	2,77	1,23	4,02
P3	6,0	0,42	55,30	10,60	2,08	21,92
P4	6,0	0,07	11,59	2,10	0,25	4,65
MANGANES						
P1	6,0	0,00	0,16	0,06	0,04	0,06
P2	6,0	0,01	0,36	0,12	0,09	0,12
P3	6,0	0,00	1,36	0,25	0,04	0,54
P4	6,0	0,06	0,47	0,21	0,18	0,14
NIQUEL						
P1	6,0	0,00	0,20	0,04	0,00	0,08
P2	6,0	0,00	0,10	0,04	0,02	0,05
P3	6,0	0,00	0,20	0,07	0,07	0,08
P4	6,0	0,00	0,10	0,03	0,00	0,04
ZINCO						
P1	6,0	0,01	0,29	0,10	0,09	0,10
P2	6,0	0,01	0,34	0,09	0,03	0,13
P3	6,0	0,05	0,44	0,22	0,20	0,17
P4	6,0	0,02	0,28	0,09	0,05	0,10

