

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS DE
RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS PARA USO EM
MICROIRRIGAÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

João Fernando Zamberlan

**Santa Maria, RS, Brasil.
2007**

CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS DE RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS PARA USO EM MICROIRRIGAÇÃO

POR

João Fernando Zamberlan

Dissertação apresentada ao curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Agrícola.**

Orientador: Prof. Dr. Ing.Osvaldo König

**Santa Maria, RS, Brasil.
2007**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS DE RESERVATÓRIOS
SUPERFICIAIS PARA USO EM MICROIRRIGAÇÃO**

elaborada por
João Fernando Zamberlan

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Oswaldo König, Dr.
(Presidente/Orientador)

Luis Antonio de Avila, Dr. (UFSM)

Luiz Carlos P. Martini, Dr. (UFSC)

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2007.

DEDICATÓRIA

A minha família **Raquel e Arthur, Valdir e Gilda, Carlos Otávio, Edson e Therezinha.**

Dedico esta conquista tão almejada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus que me deu saúde, serenidade, compreensão, perseverança, sabedoria e força para vencer todos os empecilhos e dificuldades ao longo desta jornada.

A minha família, Raquel e Arthur por serem minha fonte de energia e inspiração, tendo enfrentado junto comigo todas as adversidades.

Aos meus pais Valdir e Gilda pelo amor incondicional educação e valores a mim transmitidos.

A meu irmão Carlos Otávio, pelas orientações, incentivos e exemplo.

Aos meus sogros, Edson e Therezinha que sempre me apoiaram e me incentivaram a ir em frente.

A Ni e a Alzenir pelo apoio e orações.

A sociedade brasileira por manter o ensino público e gratuito, o que permitiu a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós – Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria pela oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro imprescindível para minha pós - graduação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ing. Osvaldo König pelos conhecimentos transmitidos, pela dedicação, confiança e amizade a mim dispensada.

Aos meus colegas e amigos Paulo e Henrique, pela convivência, amizade e auxílio sempre quando necessário.

Ao casal de amigos Josué e Rose, pelo apoio.

Ao Prof. Dr. Toshio Nishijima pela transmissão de conhecimentos e troca de idéias.

Ao secretário do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Ercelino Bevilaqua por toda ajuda e amizade dispensada a mim durante o período do mestrado.

Aos professores Dr. Reimar Carlesso e Dr. Nereu A. Streck pela coorientação.

Ao Prof. Dr. Rudiney Pereira e ao NDIGe pelas imagens e amizade.

Aos demais Professores e colegas do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola pelos conhecimentos adquiridos.

A todos que de uma maneira ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

O meu muito obrigado!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós – Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

CARACTERIZAÇÃO DE ÁGUAS DE RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS PARA USO EM MICROIRRIGAÇÃO

Autor: João Fernando Zamberlan

Orientador: Prof. Dr. Ing. Osvaldo König

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de fevereiro de 2007.

A água é para as culturas agrícolas o fator mais limitante e importante, portanto o conhecimento de sua composição qualitativa é relevante para a verticalização da produtividade. Em se tratando de sistemas de microirrigação (irrigação localizada), sua exigência em qualidade física e química é maior, devido ao diâmetro reduzido de seus componentes particularmente os emissores. Este trabalho teve por objetivo caracterizar as águas superficiais do campus da UFSM com vistas a sua utilização em microirrigação procurando identificar os níveis dos parâmetros químicos e físicos que possuem influência no sistema de irrigação, solo e planta. Foram caracterizados quatro principais açudes do campus da UFSM (Área Nova, Solos, Madame e Várzea). Realizou-se a coleta de 3 amostras por açude aleatoriamente a um metro de profundidade, em duas datas no mês de janeiro de 2007, uma anterior e outra após uma precipitação, perfazendo um total de 24 amostras. Foram analisados os seguintes parâmetros: sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, pH, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio, potássio, fósforo, nitrogênio, boro, ferro total e calculado o valor da razão de adsorção de sódio. Foram realizadas determinações a campo e laboratoriais. O estudo indicou que em relação aos parâmetros, com exceção do ferro total, o açude da Área Nova revelou os maiores valores, seguido do açude dos Solos, Madame e Várzea. Observou-se valores significativamente superiores para o parâmetro ferro total no açude dos Solos, devido a característica particular da área de contribuição do manancial. Verificou-se também que ocorreram diferenças nos níveis de determinados parâmetros em relação às duas datas de coleta, explicado pelo manejo dado à bacia de entorno, pois os solos dos açudes são semelhantes e pertencentes à mesma unidade de mapeamento São Pedro. Com relação à utilização destas águas em microirrigação, constatou-se que os açudes da área Nova e dos Solos possuem restrições em relação ao nível de ferro total, sólidos suspensos e pH. A RAS calculada, quando comparada com os valores da condutividade elétrica, devido ao seu baixo valor, quando relacionado com a condutividade elétrica, foi classificada como de risco severo para taxa de infiltração em todos os açudes. Concluiu-se que as diferenças nos parâmetros estudados variaram conforme o manejo dado ao entorno e que os açudes da Madame e Várzea poderiam ser utilizados na microirrigação desde que se eleve os seus níveis de cálcio e magnésio no solo.

Palavras-chaves: parâmetros físico-químicos; irrigação localizada; qualidade da água.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Graduation Program in Agricultural Engineering
Federal University of Santa Maria-RS, Brazil

CHARACTERIZATION OF SUPERFICIAL WATERS RESERVOIRS TO BE USED IN MICROIRRIGATION.

Author: João Fernando Zamberlan

Advisor: Osvaldo König

Date and local of presentation: Santa Maria, February 28th. 2007.

Water is the most important and restrictive factor for the agricultural cultures so, the knowledge of its qualitative composition is important to the verticalization of productivity. For the microirrigation systems (located irrigation), its requirement in physical and chemical quality is bigger, because of the reduced diameter of its components, particularly the transmitters. The objective of this work was to characterize the superficial waters of UFSM campus in order to use them in microirrigation, trying to identify the levels of chemical and physical parameters that influence the irrigation system, ground and plant. Four principal dams of the UFSM were characterized (Área Nova,, Solos ,Madame ,and Várzea). Three samples were collected in each dam ,casually, one meter of depth, in two dates in January 2007, one before and other after precipitation completing 24 samples. The following parameters were analyzed: suspended solids ,dissolved solids, pH, electrical conductivity, calcium, magnesium, sodium ,phosphorus, nitrogen, boron, total iron and it was calculated the value of absorption of sodium. Determinations of laboratory and “in situ” were done. The study showed that relating to parameters, except total iron, the Nova Área dam revealed the greatest values, followed by the Solos dam, Madame and Várzea. Values significantly superior were observed due to the particular characteristic of the source contribution area. It was also verified that differences occurred in the levels of some parameters relating to the two dates of the collection, explained by the administration given to she spill basin of contribution area, because the grounds of dams are similar and are from the same map unit São Pedro. Relating to the use of these waters in microirrigation, it was verified that Nova Área and Solos dams have restrictions to that total iron level, suspended solids and pH. The calculated RAS, when compared with the electrical conductivity, was classified as a severe risk to the infiltration rate in all dams. It was concluded that differences in the studied parameters varied according to the given conduct to the spill and that Madame and Várzea dams would be used in microirrigation since their levels of calcium and magnesium in the ground are elevated.

KEY WORDS: physical and chemical parameters; located irrigation; water quality

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Grau de restrição da qualidade da água para uso em irrigação.....	24
TABELA 02 – Classificação da água de irrigação quanto ao potencial de salinização.....	29
TABELA 03 – Classificação das águas de irrigação quanto a sua dureza total expressa em Ca CO ₃	31
TABELA 04 Classificação das águas de irrigação para a dureza e risco de obstrução de emissores.....	31
TABELA 05 – Classificação das águas de irrigação em relação ao perigo de sodificação segundo os valores da sua razão de adsorção de sódio.....	34
TABELA 06 – Grau de restrição das águas de irrigação quanto à concentração de ferro total com potencial de obstrução na microirrigação.....	36
TABELA 07 – Síntese das metodologias empregadas nas análises laboratoriais das águas dos açudes.....	48
TABELA 08 – Valores limites dos parâmetros qualitativos das águas de irrigação.....	50
TABELA 09 – Valores médios em mg/l de sólidos em suspensão presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.....	51
TABELA 10 – Valores médios em mg/l de nitrogênio total presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.....	61

TABELA 11 – Valores médios em mg/l de boro presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.....	62
TABELA 12 – Valores médios em mg/l de ferro total presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.....	63
TABELA 13 – Valores médios em mg/l de cálcio presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.....	65
TABELA 14 – Valores médios em mg/l de magnésio presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.....	66
TABELA 15 – Valores médios em mg/l de dureza total expressa em CaCO ₃ presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.....	68

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. tubulações com incrustações de ferro provenientes da água de irrigação.....	37
FIGURA 2. Imagem de satélite com vista geral do campus da UFSM com seus respectivos mananciais.....	43
FIGURA 3. Detalhe da coleta de água em um dos açudes da instituição.....	45
FIGURA 4. Detalhe da garrafa de Kemmerer utilizada na coleta de água dos reservatórios.....	45
FIGURA 5. Detalhe dos equipamentos utilizados para as medidas “in situ”.....	46
FIGURA 6 Detalhe das medições da condutividade elétrica em condutivímetro marca Minipa MCD 2000.....	46
FIGURA 7. Detalhe do frasco utilizado para acondicionamento da amostra de água.....	47
FIGURA 8. Concentração média de sólidos suspensos em mg/L nas águas dos quatro açudes.....	52
FIGURA 9. Concentração média de sólidos dissolvidos totais para os quatro açudes em duas datas de coleta.....	54
FIGURA 10. Valores médios do potencial de hidrogênio para os quatro açudes em duas datas de coleta.....	55

FIGURA 11. Valores médios da condutividade elétrica para os quatro açudes em duas datas de coleta.....	56
FIGURA 12. Valores médios da razão de adsorção de sódio para os quatro açudes em duas datas de coleta.....	57
FIGURA 13. Concentração média de sódio para os quatro açudes em duas datas de coleta.....	58
FIGURA 14. Concentração média de potássio para os quatro açudes em duas datas de coleta.....	59
FIGURA 15. Concentração média de fósforo para os quatro açudes em duas datas de coleta.....	60
FIGURA 16. Concentração média de nitrogênio total em mg/L nas águas dos quatro açudes.....	62
FIGURA 17. Concentração média de boro em mg/L nas águas dos quatro açudes.....	63
FIGURA 18 Concentração média de ferro total em mg/L nas águas dos quatro açudes.....	64
FIGURA 19. Concentração média de cálcio em mg/L nas águas dos quatro açudes.....	66
FIGURA 20 Concentração média de magnésio em mg/L nas águas dos quatro açudes.....	67
FIGURA 21 Valores médios de dureza total expressa em CaCO ₃ em mg/l nas águas dos quatro açudes.....	69

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Tolerância relativa de determinadas culturas ao boro.....	40
--	----

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A Planilha de campo.....	81
ANEXO B .Detalhes da água e entorno do açude da Área Nova.....	82
ANEXO C . Detalhe do açude dos Solos.....	83
ANEXO D . Detalhe dos açudes da Madame e Várzea.....	84
ANEXO E . Detalhe das medições “in situ” e planilha de campo.....	85
ANEXO F . Análises laboratoriais da água.....	86-87
ANEXO G . Vista geral do campus da UFSM com seus respectivos açudes.....	88

SUMÁRIO

RESUMO.....	
ABSTRACT.....	
LISTA DE TABELAS.....	
LISTA DE FIGURAS.....	
LISTA DE QUADROS.....	
1.INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 O panorama da água no mundo e no Brasil.....	19
2.2 A irrigação como fator de desenvolvimento do agronegócio.....	20
2.3 Degradação qualitativa das águas.....	22
2.4 A qualidade da água na microirrigação.....	23
2.4.1 Parâmetros físicos.....	26
2.4.1.1 Sólidos suspensos.....	26
2.4.2 Parâmetros químicos.....	27
2.4.2.1 Sólidos dissolvidos.....	27
2.4.2.2 Condutividade elétrica.....	27
2.4.2.3 Potencial hidrogênio.....	29
2.4.2.4 Dureza total.....	30
2.4.2.5 Cálcio.....	31
2.4.2.6 Magnésio.....	32
2.4.2.7 Sódio e Razão de adsorção de sódio.....	33
2.4.2.8 Ferro total.....	35
2.4.2.9 Fósforo.....	37
2.4.2.10 Potássio.....	37
2.4.2.11 Nitrogênio.....	38
2.4.2.12 Boro.....	39
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1 Localização e caracterização geral do local.....	41

3.2 Mananciais e entorno.....	43
3.3 As coletas de água.....	43
3.4 O acondicionamento da amostra.....	47
3.5 Análises laboratoriais químicas e físicas.....	47
3.6 Razão de adsorção de sódio.....	48
3.7 Análise dos dados.....	49
3.8 Análise estatística.....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4.1 Parâmetros físicos.....	51
4.1.1 Sólidos suspensos.....	51
4.2 Parâmetros químicos.....	53
4.2.1 Sólidos dissolvidos.....	53
4.2.2 Potencial hidrogênio.....	54
4.2.3 Condutividade elétrica.....	55
4.2.4 Razão de adsorção de sódio.....	56
4.2.5 Sódio.....	57
4.2.6 Potássio.....	58
4.2.7 Fósforo.....	60
4.2.8 Nitrogênio total.....	60
4.2.9 Boro.....	62
4.2.10 Ferro total.....	63
4.2.11 Cálcio.....	65
4.2.12 Magnésio.....	66
4.2.13 Dureza total.....	67
5. CONSIDERAÇÕES VINCULADAS A MICROIRRIGAÇÃO.....	70
5.1 Problemas relacionados ao sistema.....	70
5.2 Problemas relacionados ao solo.....	70
5.3 Problemas relacionados à planta.....	71
5.4 O efeito entorno.....	71
5.5 Comentário final.....	72
6. CONCLUSÕES.....	73
7. RECOMENDAÇÃO.....	74
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
9. ANEXOS.....	80

1. INTRODUÇÃO

Grandes alterações ambientais ocorreram na terra no período Neolítico (10.000AC), período em que se formaram importantes rios como o Nilo, Tigre, Eufrates, Amarelo e Indo, vindo a favorecer o desenvolvimento dos povos em suas bacias. Importantes civilizações cresceram as margens desses mananciais, usufruindo de suas águas para fins de potabilidade e produção de alimentos, dando início a primeira revolução agrícola da história e ao mito de que a água é um bem infinito.

A água tem um papel relevante no processo de desenvolvimento das civilizações, sendo fator determinante para a viabilização de várias atividades econômicas e fundamental para a vida em nosso planeta. De todos os recursos que a planta necessita para o seu desenvolvimento, a água é o fator mais importante e, ao mesmo tempo, o mais limitante para a produtividade agrícola (TAIZ & ZEIGER, 2004, p.62).

A população mundial cresce em progressão geométrica e segundo estimativas recentes nos próximos 40 anos atingirá nove bilhões de habitantes (RIGHES, 2000), ávidos por água e alimentos. Portanto, diferentemente do período pré-histórico, que teve seu fim em 4000 AC, a disponibilidade do recurso água é limitado pela depleção de seu estado qualitativo oriundo de ações antrópicas estimuladas pelo desenvolvimento econômico desmedido.

O incremento da produção é uma necessidade mundial. A elevação vertical dos níveis de produtividade das culturas, a utilização racional e eficiente de água e energia são requisitos para se alcançar a sustentabilidade no setor agrícola.

O limite superior da produtividade agrícola é estabelecido pelas condições climáticas e pelo potencial genético das culturas. O grau que esse limite será atingido sempre dependerá de como os aspectos da engenharia de aplicação de água estarão precisamente sintonizados com as necessidades biológicas de água das culturas (DOOREMBOS et al., 1979 apud CORTEZ & MAGALHÃES, 1992, p.66).

A quantidade de água no planeta é invariavelmente a mesma, através dos tempos, obedecendo a um ciclo hidrológico. Sua distribuição é irregular: 97% estão nos oceanos, formados por águas salgadas, e somente 3% são de água doce, distribuídas, 2% nas geleiras,

portanto prontamente indisponíveis, e 1% nos rios, lagos, lençóis freáticos, etc (ROSA et al, 2000).

O Brasil possui aproximadamente 13% das reservas de água doce mundiais, tendo 2/3 das águas concentradas na região amazônica, que possui a menor densidade demográfica do país (SETTI, 2001).

O crescimento populacional e econômico aliado à expansão das fronteiras agrícolas, com ocorrência de desmatamento, destruição das matas ciliares e uso intensivo dos solos, tem contribuído significativamente para a degradação qualitativa de nossos corpos hídricos.

O regime pluvial do Rio Grande do Sul é bem distribuído durante o ano, porém em algumas regiões do estado temos, nos meses de dezembro a março, altas demandas evaporativas e períodos de estiagens, a exemplo dos anos de 2004 e 2005 cuja produção agrícola ficou comprometida, acumulando prejuízos significativos no PIB estadual. A utilização de sistemas de irrigação é uma das alternativas para se minimizarem as flutuações de produção agrícola, reduzindo os riscos advindos das estiagens somados a outros inúmeros benefícios proporcionados pela adoção de sistemas irrigados.

Qualquer sistema de irrigação deve estar calcado na viabilidade técnica e econômica do projeto e nos benefícios sociais decorrentes da implantação do sistema (CORTEZ & MAGALHÃES, 1992). A modalidade de irrigação localizada ou microirrigação possui certas características intrínsecas que a torna mais eficiente e ecologicamente correta. A microirrigação tem por objetivo as aplicações pontuais de água, restrita somente ao espaço ocupado pelo sistema radicular da cultura, utilizando baixas pressões e vazões, através de emissores e tubulações de pequeno diâmetro, resultando em um uso mais eficiente e racional de água e energia chegando a valores superiores a 95%. Este sistema surgiu na Alemanha em 1870, mas obteve um maior crescimento nos países do oriente médio, onde predomina o clima desértico com altas demandas evaporativas e onde a escassez hídrica é uma realidade.

A microirrigação por utilizar-se de emissores e tubulações de menor diâmetro, tem uma maior exigência quanto aos atributos qualitativos da água (químicos, físicos e biológicos). Os problemas advindos da utilização de águas qualitativamente inferiores, podem resultar na inviabilização do sistema, implicando em aumento de custos operacionais, salinização dos solos, lixiviação de elementos nocivos ao ambiente e com isso, contaminando

lençóis freáticos e corpos d'água, podendo prejudicar a própria saúde humana. Portanto, a qualidade da água é de suma relevância para sistemas microirrigados.

Atualmente se conhece muito pouco sobre o estado qualitativo das águas de nossos mananciais, pois o objetivo e foco dos estudos foram sempre voltados a sua potabilidade. A composição das águas superficiais, teoricamente mais expostas às ações antrópicas oriundas do entorno das bacias hidrográficas, é uma incógnita quando o foco é a irrigação localizada. A qualidade da água tem relação com a sua finalidade, ou seja, refere-se àquelas características que influenciam sua adequabilidade para um uso específico (GOMES & PAULETTO, 1999).

A agricultura, na condição de maior consumidor proporcional de água, e o aumento geral na demanda por este recurso, confronta-se no futuro com a situação de utilizar águas de qualidade inferior, devido principalmente ao decréscimo qualitativo dos recursos hídricos. As águas de melhor qualidade destinam-se para usos mais nobres, como o abastecimento humano. Seguramente a irrigação deverá adaptar-se à utilização de águas residuárias na produção agrícola.

O conhecimento dos principais parâmetros qualitativos das águas com potencial de utilização em microirrigação é obrigatório para que o sistema e a produção agrícola sejam viabilizados.

O presente estudo teve o objetivo de caracterizar e avaliar a qualidade das águas superficiais tendo em vista sua utilização na microirrigação, identificando os níveis dos parâmetros químicos e físicos que possuem influência no sistema de irrigação, solo e planta e fornecendo subsídios informacionais a futuros programas de desenvolvimento agrícola regional em que a microirrigação esteja inserida, se estendendo para demais regiões estudos semelhantes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.O panorama da água no mundo e no Brasil.

A água é um insumo fundamental e insubstituível a vida, estando ela ligada a múltiplos usos bem como mantenedora do equilíbrio do meio ambiente (SETTI et al., 2001).

No passado a água era utilizada sem preocupação com sua quantidade e qualidade, pois culturalmente a água era tida com um bem infinito. Hoje sabemos que tal recurso é finito e que sua quantidade através dos tempos é invariavelmente a mesma, regulada pelo ciclo hidrológico. Sua distribuição no planeta é heterogênea: 97% das águas estão nos oceanos e são águas salgadas, tendo-se somente 3% de águas doces e desta percentagem, 70% estão nas calotas polares, 29% em aquíferos e 1% em rios e lagos (ROSA et al., 2000).

Para o ano de 2025, a água derivada anualmente para cada uso consuntivo estimada é de 3190 Km³ para produção de alimentos, 1170 Km³ para indústria e 607 Km³ para abastecimento humano. (SHIKLOMANOV, 2003 apud CHRISTOFIDIS, 2006).

Algumas regiões do planeta não possuem capacidade de desenvolver suas produções agrícolas e industriais pela simples falta de disponibilidade de água, incapaz de atender seus múltiplos usos tanto consuntivos quanto não consuntivos. O uso inadequado das áreas de entorno das bacias pela atividade agrícola e o lançamento de efluentes de origem industrial nos corpos de água reduz a capacidade de armazenamento destes pela deposição de sedimentos, bem como afeta a qualidade dessas águas.

O desenvolvimento econômico e demográfico, aliada às ações antrópicas advindas desse crescimento, tem contribuído significativamente para a depleção qualitativa dos recursos hídricos e constitui uns dos fatores determinantes para a escassez de água em certas regiões.

O Brasil possui aproximadamente 13% das reservas hídricas mundiais, mas apresenta uma distribuição extremamente irregular dentro de seus limites territoriais. Somente a bacia Amazônica detém 73% das reservas de água doce do país, possuindo apenas 5% da parcela da população, sendo que os 27% restantes das reservas estão distribuídas pelos demais estados da federação para um contingente populacional de 95% (SETTI et al., 2001).

Segundo Merten e Minella (2002), a ocupação e uso do solo pelas atividades agrícolas alteram os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais, e tais distúrbios podem vir a interferir na composição das águas. De nada adianta possuir uma enorme reserva hídrica se suas características qualitativas estiverem comprometidas, tornando-se escassa e inviabilizando sua utilização para determinadas finalidades.

As águas no Brasil são classificadas de acordo ao tipo de finalidade pelo CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), em classes de usos predominantes, existindo cinco classes para as águas doces, duas para as salinas e duas para as salobras s. Uma vez definidos os usos da água em um manancial, estará definida a sua classe e também a qualidade que a água desse manancial deverá representar, devendo-se obedecer a certas condições específicas para aquela determinada classe de água (TUCCI et al., 2004).

As águas que podem ser utilizadas para a irrigação são as de classe 1, 2 e 3, sempre obedecendo aos padrões qualitativos para cada classe e uso específico.

2.2. A irrigação como fator de desenvolvimento do agronegócio.

A produção agrícola atual exige que a agricultura moderna se torne cada vez mais tecnificada e competitiva, proporcionando aumento na produção de alimentos capaz de atender as demandas sempre crescentes da população. A irrigação não deve ser considerada isoladamente, mas sim como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica de determinada cultura com respeito aos recursos naturais (MANTOVANI et al., 2006). A irrigação é uma das principais técnicas de se obter verticalização na produtividade das culturas bem como de viabilizar áreas antes inexploradas, sendo agente fomentador de toda a cadeia do agronegócio.

Estimativas mundiais indicam que os 260 milhões de hectares irrigados, que correspondem a 17% da área cultivada, produzem cerca de 40% da safra mundial. No Brasil, 5% da área irrigada são responsáveis por 16% da produção de alimentos (MANTOVANI et al., 2006).

Outro ponto importante que vale ser ressaltado é o aumento de produtividade alcançado pelas culturas irrigadas quando comparadas com as de sequeiro, sendo sensível o aporte produtivo bem como o ganho de qualidade no produto final. Os casos do café e do

arroz são os de maior expressão, com produtividades superiores a 100% em relação às médias de produtividade nacionais (TESTEZLAF, 2002).

Com relação à mão de obra empregada, verifica-se que uma área irrigada oferece de 0,8 a 1,0 empregos diretos contra 0,22 da agricultura de sequeiro, sendo o setor responsável por 1,4 milhões de empregos diretos e 2,4 milhões de empregos indiretos, contribuindo para o desenvolvimento de toda a cadeia do agronegócio (CHRISTOFIDIS, 1999).

Atualmente a irrigação passou de simples fornecedora de água para as culturas a valioso instrumento no aumento da produção, produtividade, rentabilidade bem como de redução dos riscos de investimentos no setor (MANTOVANI et al., 2006). Contudo um projeto de irrigação é um processo dinâmico e a observância de vários aspectos como solos e qualidade da água são de fundamental importância para a viabilidade do sistema e a obtenção dos resultados esperados advindos dessa técnica. As aplicações de modernas técnicas de produção podem se tornar inoperantes se os recursos naturais não forem preservados do ponto de vista do seu estado qualitativo, muitas vezes inviabilizando economicamente a atividade. A adoção de manejos racionais, minimizando os impactos ambientais, promove uma melhor eficiência no uso da água. Portanto, torna-se imperativo o conhecimento e estudos com relação ao estado qualitativo das águas, antes de se implantar qualquer sistema de irrigação para não correr o risco de inviabilizá-lo economicamente.

Para Ferreira (1997), a concepção de um projeto tecnológico hidroagrícola passa pelas seguintes fases: Estudo de impacto ambiental, estudos hidrológicos, preocupando-se com a qualidade e quantidade da água, visto que a quantidade não significa disponibilidade, sendo esta dependente da outorga emitida pelos órgãos competentes, estudo do solo, clima, demanda energética, conservação de solo e água e sistema de irrigação e drenagem.

É relevante implantar sistemas de irrigação que utilizem formas mais eficientes de utilização dos recursos água e energia, de modo a garantir a sustentabilidade da agricultura irrigada, usufruindo de seus inúmeros benefícios socioeconômicos mitigando o êxodo rural e trazendo desenvolvimento para o agronegócio (MANTOVANI et al., 2006).

Diversas manifestações de deterioração ambiental conspiram contra a possibilidade de incrementar a produção alimentar e, sobretudo, assegurá-la às futuras gerações (PAZ, et al, 2000). Segundo Paz et al. (2000), o desenvolvimento da agricultura irrigada deve estar alicerçado em procedimentos tecnológicos e econômicos para otimização, melhoria de

eficiência de aplicação e ganhos de produtividade, baseados na resposta da cultura a aplicação da água e outros insumos sem, contudo, comprometer a disponibilidade nem a qualidade do recurso. Assim sendo, a irrigação cumprirá seu papel junto ao desenvolvimento da agricultura, tornando-se o principal fator de crescimento na produção de alimentos demandados pelo contingente populacional global.

2.3. Degradação qualitativa das águas.

A ocupação e uso do solo pelas atividades agropecuárias alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais, e essas alterações podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade das águas (MERTEN & MINELLA, 2002). Qualquer alteração no meio natural vem a influenciar nas características qualitativas dos corpos da água por meio do escoamento superficial, lixiviação e carreamento de materiais com fluxo direcionado a jusante da área.

Segundo Merten e Minella (2002), os principais poluentes resultantes do deflúvio superficial são constituídos de sedimentos, nutrientes, agroquímicos e dejetos de animais, sendo que tal atividade agropecuária exerce uma importante função na contaminação dos mananciais. De acordo com Carvalho (2000), a manutenção de pastos e o pisoteio efetuado pelos animais, potencializado pela alta lotação, favorecem as condições predisponentes da erosão tornando o solo mais exposto ao escoamento superficial. Portanto, o manejo dado às áreas de entorno dos mananciais tem extrema relevância na qualidade das águas, podendo alterar suas características originais e, com isso, inviabilizar muitas vezes sua utilização para um determinado fim.

Donadio et al. (2005), estudando a qualidade das águas de nascentes com diferentes usos na bacia, verificaram que, nas nascentes com vegetação remanescente, a qualidade da água se mostrou melhor do que nas nascentes com uso agrícola, sendo que as variáveis que melhor explicaram essas diferenças foram: cor, turbidez, alcalinidade e nitrogênio total.

Um aumento nos valores de pH das águas onde existem atividades agrícolas a montante nos mostra que tais resultados apontam para a necessidade de medidas de preservação e conservação dos recursos hídricos e dos solos por meio de um manejo adequado (BRITO 2005).

Fioravanti et al (2004), estudando a qualidade da água do Córrego Três Barras em SP, concluiu que, em vários momentos, a qualidade da água apresentou-se inadequada para os parâmetros ferro total, dureza, condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sólidos suspensos, oxigênio dissolvido e coliforme fecais.

O crescimento desordenado da agricultura e sua expansão em áreas próximas a cursos de água, têm causado sérios impactos ambientais necessitando-se de estudos quanto à qualidade das águas para permitir que se defina a capacidade de fornecimento de água para a irrigação e o tipo de tratamento dado para que se faça sua adequação à finalidade requerida (FIORAVANTI et al., 2004).

Portanto, a degradação ambiental do entorno da bacia e a depleção da mata ciliar são as causas principais das modificações nos parâmetros qualitativos das águas superficiais utilizadas para irrigação, podendo inviabilizar economicamente o sistema, devido à necessidade de tratamento químico destas águas e da instalação de filtros para que elas adquiram as características desejáveis.

2.4. A qualidade da água na microirrigação.

A água é o principal insumo da irrigação, tanto sua quantidade quanto sua qualidade são de vital relevância para o sucesso da técnica sem prejuízos ao sistema solo-planta, bem como ao próprio equipamento de irrigação. Segundo Cauduro & Dorfman (1986), existem numerosos exemplos no mundo de ricas regiões agrícolas que se tornaram totalmente improdutivas como consequência da utilização de águas de má qualidade e manejo inadequado da irrigação. A qualidade da água tem sido negligenciada na maioria dos projetos de irrigação o que produz efeitos indesejáveis na condução de uma cultura comercial (MANTOVANI et al., 2006).

Segundo Ayers & Westcot (1991), o conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico, ou seja, está vinculado a finalidade com que se pretende utilizá-la, podendo usos específicos ter diferentes requisitos de qualidade. Os parâmetros que descrevem o estado qualitativo das águas são os químicos, físicos e biológicos, que para determinados fins terão uma maior ou menor relevância. Uma análise completa de água pode conter mais de cinquenta elementos nela dissolvidos ou em suspensão (SETTI et al., 2001). A concentração dos constituintes da água

de irrigação de maior relevância deve ser determinada para que se possa julgar uma água e avaliar se pode ser utilizada para uma determinada finalidade (BERNARDO, 2006).

A compreensão da relação causa e efeito entre um componente da água e o problema resultante, permite avaliar sua qualidade e determinar seu grau de aceitabilidade (AYERS & WESTCOT, 1991). A avaliação da qualidade da água para irrigação baseia-se na determinação da quantidade, natureza e dimensões do material sólido em suspensão, e na identificação e concentração do material dissolvido (SCALOPPI & BRITO, 1986). Os parâmetros qualitativos da água são baseados nos efeitos causados a longo prazo sobre as culturas formulando-se diretrizes para avaliar seu estado qualitativo (AYERS & WESTCOT, 1991).

As diretrizes para interpretação e compreensão dos efeitos da qualidade das águas estão apresentadas no quadro 01, mostrando os graus de restrição para determinado parâmetro de acordo com sua quantidade presente na água de irrigação.

Tabela 01- Grau de restrição da qualidade da água para uso em irrigação.

Problema potencial	Unidades	Grau de Restrição para Uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Salinidade				
Ce _a ²	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
SDT	mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltração (RAS)³				
RAS = 0-3 e Ce =		> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
RAS = 3-6 e Ce =		> 1,2	1,20 - 0,3	< 0,3
RAS = 6-12 e Ce =		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
RAS = 12-20 e Ce =		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
RAS = 20-40 e Ce =		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidade de Íons				
Sódio (Na) ⁴				
Irrigação por Superfície	RAS	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Irrigação por Aspersão	meq/l	< 3,0	> 3,0	-
Boro (B)	mg/l	< 0,7	0,7- 3,0	> 3,0
Outros				
Nitrogênio	mg/l	< 5,0	5,0 – 30,0	> 30,0
Bicarbonato	meq/l	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH	-	Faixa normal: 6,5 – 8,4		

1 Fonte : University of Califórnia Committee of Consultants, 1974. Adaptado pelo autor.

2 CEa significa Condutividade Elétrica da água; medida da salinidade, expressa em deciSiemens por metro (dS/m) a 25°C ou em milimhos/cm (mmhos/cm). Ambas as medidas são equivalentes. SDT significa total de sais em solução, expressa em miligrama por litro (mg/l).

3 RAS significa Relação de Adsorção de Sódio algumas vezes representada como RNa. Para procedimento de cálculo da RAS ver Figura 1. Para determinado valor da RAS, a velocidade de infiltração

aumenta à medida em que aumenta a salinidade. Avalia-se o problema potencial de infiltração através da RAS e da CEa Fonte: Rhoades (1977) e Oster & Schroer (1979).

4 A maioria das culturas arbóreas e plantas lenhosas são sensíveis ao sódio e ao cloreto; no caso de irrigação por superfície, usam-se os valores indicados. Para a maioria das culturas anuais que não são sensíveis, usam-se tabelas de tolerância das culturas à salinidade.

Os limites de valores para cada parâmetro devem permitir que se façam ajustes relacionando-os com dados coletados a campo, levando em conta as respostas das culturas e do solo.

A avaliação deve levar em conta o potencial da água em criar condições no solo que possam restringir seu uso, bem como a necessidade de se empregarem técnicas de manejo que assegurem rendimentos aceitáveis de acordo com a capacidade de cada usuário (AYERS & WESTCOT, 1991).

Segundo Ayers & Westcot (1991), há uma variabilidade muito grande nos parâmetros qualitativos das águas a campo, pois a origem de seus constituintes pode ser natural, resultante da intemperização das rochas e solos, ou antrópica, principalmente nas áreas de entorno da bacia hidrográfica. Os problemas resultantes variam em tipo e intensidade e dependem do solo, clima e do manejo do sistema água-solo-planta, como também das quantidades limites em que o elemento constituinte da água se encontra.

Um dos principais problemas de qualidade de água para a irrigação, relacionados com a operação dos equipamentos, é a obstrução física dos emissores e tubulações, sobretudo em sistemas de irrigação localizada, onde os orifícios de passagem são de pequenos diâmetros (NAKAYAMA & BUCKS, 1986, p.142). Os parâmetros físico-químico-biológicos de qualidade de água que direta ou indiretamente estão relacionados com a obstrução física dos sistemas de irrigação são: os sólidos suspensos e dissolvidos, pH, ferro total, manganês, sulfato de hidrogênio e população bacteriana (NAKAYAMA & BUCKS, 1986 p. 142-143).

Os parâmetros qualitativos da água possuem influência tanto no sistema de irrigação como também no binômio solo-planta, sendo bastante complexa, ampla e dinâmica sua análise, necessitando-se ter uma visão multidirecional dos parâmetros constituintes por possuírem múltiplos efeitos. Por exemplo, a variável cálcio possui efeitos tanto no sistema de irrigação quando está na forma de carbonato de cálcio, podendo causar entupimentos, quanto no solo, contribuindo para redução do valor da RAS, que é um indicativo do potencial da água em criar problemas de infiltração.

Alguns íons, mesmo em concentrações reduzidas, podem vir a causar toxicidade em algumas culturas sensíveis, causando queda de produtividade, excesso de crescimento vegetativo, atrasos na maturação, etc (SCALOPPI & BRITO, 1986).

Certas águas podem causar problemas de corrosão em equipamentos, através de um processo eletrolítico quando a água de irrigação possuir baixa salinidade, sendo que existe uma variabilidade muito grande na composição dessas águas de lugar para lugar (AYERS & WESTCOT, 1991 p. 128).

A análise da qualidade da água, segundo Scaloppi & Brito (1986), é baseada na determinação da quantidade, dimensão e natureza do material sólido e na identificação e concentração do material solubilizado.

A caracterização dos parâmetros qualitativos que compõem as águas superficiais é fundamental para viabilização e eficiência operacional de qualquer projeto de irrigação a ser implementado, tendo sido desprezado na maioria das vezes. Este fato tem sido a causa de muitos sistemas de irrigação estarem inoperantes.

2.4.1. Parâmetros físicos da água.

2.4.1.1. Sólidos suspensos

Este parâmetro qualitativo das águas é constituído de areias, siltes, e algumas partículas de argilas com diâmetros de 10 micrômetros e superiores a esse valor (VANZELA, 2004).

A origem destes materiais pode ser natural ou antrópica, sendo esta última a maior responsável pela deposição de material sólido nos reservatórios, em áreas agrícolas, através do escoamento superficial de áreas erodidas ou de solos desnudos. Conseqüentemente ocorre sedimentação nos reservatórios destes materiais, comprometendo sua capacidade de armazenamento como também suas características qualitativas.

Não há dúvidas de que qualquer material sólido suspenso na água pode vir a prejudicar também o sistema de bombeamento e tubulação, em função do desgaste excessivo das partes móveis da bomba e das paredes da tubulação (SCALOPPI & BRITO, 1986).

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

De acordo com Nakayama & Bucks (1986, p 142-143), valores acima de 50 mg/l de sólidos suspensos na água de irrigação possuem potencial moderado de obstrução dos emissores utilizados na irrigação localizada. Segundo Scaloppi & Brito (1986), a natureza e a quantidade de material sólido em suspensão pode ser extremamente desfavorável em sistemas microirrigados devido à necessidade constante de limpeza do sistema de filtragem a fim de se obter um desempenho satisfatório.

2.4.2. Parâmetros químicos da água.

2.4.2.1. Sólidos dissolvidos

Os sólidos dissolvidos compreendem os sais e outros materiais de diâmetro inferior a 10^{-3} micrometros que se encontram solubilizados na água (VANZELA, 2004).

A quantificação dos sólidos dissolvidos presentes na água pode nos indicar problemas advindos da salinização causada por diversos tipos de sais, necessitando-se identificar que sais estão presentes na água e em que quantidades, para poder-se avaliar com precisão seus reflexos no sistema de irrigação, no solo ou na planta. O agravamento do problema relacionado à salinidade ocorre quando se observa uma maior entrada do que saída, conseqüentemente causando um incremento na concentração salina na área considerada (BIGGAR et al., 1984 apud SCALOPPI & BRITO, 1986).

2.4.2.2. Condutividade elétrica

A concentração total de sais na água de irrigação normalmente é expressa em relação a sua condutividade elétrica. É uma propriedade iônica que indica a capacidade de condução de corrente elétrica na água, dada sua proporcionalidade direta com a concentração de sais dissolvidos, crescendo com a temperatura (SANTOS, 2000 apud COSTA et al., 2005). Em razão da rapidez e da facilidade de determinação, a condutividade elétrica tornou-se o

procedimento padrão, a fim de expressar a concentração de sais para a classificação e diagnose das águas destinadas a irrigação (BERNARDO, 2006 p.100). Os sais contidos nas águas encontram-se em quantidades muito pequenas, mas significativas, tendo sua origem na dissolução ou intemperização de rochas e solos, incluindo a dissolução do calcário e de outros minerais (AYERS & WESTCOT,1991, p.2). A adequação da água de irrigação não depende unicamente do teor total, mas também do tipo de sais, e, à medida que o seu conteúdo aumenta, os problemas da cultura e do solo agravam-se (AYERS & WESTCOT, 1991, p.3).

A principal consequência do aumento da concentração total de sais solúveis de um solo é a redução do seu potencial osmótico, o que acarreta prejuízos às culturas em razão do decréscimo de disponibilidade de água naquele solo (BERNARDO, 2006, p.99).

Almeida e Gisbert (2006), estudando a variação da qualidade da água utilizada na irrigação de um cultivo de cítricos, afirmam que em períodos com altas taxas de evapotranspiração, a concentração salina sofre um aumento em seus níveis.

Altos valores de condutividade elétrica podem causar prejuízos significativos às culturas menos tolerantes como observado por Katerji et al. (2004), estudando duas variedades de *Triticum durum*, uma tolerante e outra sensível à salinidade. No referido trabalho, foi administrada irrigação com diferentes concentrações de águas salinas onde se constatou queda substancial no rendimento de grãos à medida que a concentração de sais se elevava (KATERJI et al., 2004). Mesmo a cultivar tolerante teve seu rendimento reduzido devido à administração de águas salinas, e a cultivar sensível obteve uma produtividade bastante inferior em relação à cultivar tolerante (KATERJI et al., 2004). Experimentos realizados por Malsh et al. (2005) e Handy et al. (2005),fazendo-se misturas de águas salinas e doces aliadas ao manejo da irrigação pode tornar o uso de águas salinas viáveis.

Conforme Bernardo (2006), a classificação da água quanto ao seu grau de salinidade está baseada em sua condutividade elétrica como mostra a Tabela 02, baseado nos valores de condutividade elétrica das águas de irrigação.

Tabela 02- Classificação da água de irrigação quanto ao potencial de salinização.

Denominação	Classificação	Valores de CE em dS/m a 25°C	Utilização
C1	Salinidade baixa	0 – 0,25	Pode ser usada na irrigação da maioria das culturas.
C2	Salinidade média	0,25 – 0,75	Pode ser usada com grau moderado de lixiviação e em culturas tolerantes.
C3	Salinidade alta	0,75 – 2,75	Não pode ser empregada em solos com deficiência em drenagem e usadas técnicas especiais para controle da salinização e usar culturas tolerantes.
C4	Salinidade muito alta	2,75 – 5,00	Não é apropriada para irrigação em condições normais, usar culturas tolerantes e em solos permeáveis com boa drenagem.

Fonte: Bernardo, 2006.

Valores de condutividade elétrica superiores a 1,1 dS/m começam a causar problemas na cultura de cítricos (MAAS, 1990 apud Almeida, 2006), causando efeitos de déficit hídrico pela diminuição do potencial osmótico e conseqüentemente queda do potencial total de água no solo (ALMEIDA, 2006). Segundo o referido autor, as plantas nestas situações aumentam as concentrações de substâncias minerais dentro de suas células, elevando a pressão osmótica interna, permitindo a continuidade do fluxo de água, resultando em maior gasto energético, traduzindo-se em queda na produtividade e menor crescimento vegetativo.

2.4.2.3. Potencial de hidrogênio

O potencial hidrogênio é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente, sendo que para as águas de irrigação o pH normal fica entre 6,5 e 8,4; caso esta água possua um pH anormal poderá criar desequilíbrios nutricionais ou conter íons tóxicos (AYERS & WESCOT, 1991 p. 113).

Um baixo valor de pH pode provocar a solubilização e a liberação de metais dos sedimentos, alterar a concentração de fósforo e nitrogênio e ainda dificultar a decomposição da matéria orgânica (FIORAVANTI et al, 2004). Águas com valores de pH acima de 7,0 podem favorecer a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em águas com alta dureza (NAKAYAMA & BUCKS, 1986, p.143).

Com altos valores de pH, segundo Harendia (1999) apud Almeida & Gislbert (2005), pode haver uma destruição das raízes e redução na assimilação de fósforo, ferro, zinco, cobre e magnésio.

O maior perigo das águas com valores anormais de pH está na deterioração do equipamento de irrigação, o qual deve ser cuidadosamente selecionado para utilizar águas com essas características (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 113).

O principal responsável pela acidez das águas de irrigação, são as algas provavelmente devido ao consumo de gás carbônico, quando da realização de seu processo fotossintético (RIBEIRO et al., 2004). Uma alternativa para o controle do pH da água armazenada seria fazer um controle da vazão e da profundidade do reservatório, fazendo-se variar a taxa, em diferentes épocas do ano, aumentando-a sempre que as condições de luminosidade e temperatura favoreçam a realização da fotossíntese (RIBEIRO et al., 2004).

Segundo Nakayama & Bucks (1986), valores de pH menores que 7,0, são de baixo risco, entre 7,0 e 8,0, de moderado e acima de 8,0, de severo risco, podendo vir a resultar em problemas no sistema de irrigação.

2.4.2.4. Dureza total

A dureza da água de irrigação é uma característica que está relacionada principalmente com a presença dos cátions cálcio e magnésio, bem como de outros cátions metálicos em solução (COSTA et al, 2005). A origem natural desses elementos vem da dissolução de minerais, solos e rochas (PORTO, 1991 apud VANZELA, 2004).

Os cátions de cálcio e magnésio reagem com ânions presentes formando precipitados e sua presença está relacionada com incrustações em tubulações e emissores, reduzindo a uniformidade de aplicação da água.

Segundo Nakayama & Bucks (1986, p. 142), as precipitações de carbonatos de cálcio e magnésio são causados quando as águas de irrigação possuem altos valores de dureza e de pH. A maneira de se evitar tal problema é através da adição de ácidos à água para diminuir os níveis de precipitação do CaCO_3 (AYERS & WESTCOT, 1991, p.114).

Os níveis normais de cálcio e magnésio na água de irrigação são de 400 mg/l e 60 mg/l respectivamente (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 14).

Existe uma classificação das águas quanto a sua dureza, e está baseada nos níveis de CaCO_3 presentes, indicando-nos se uma referida água poderá apresentar problemas relacionados à presença desses cátions. As Tabelas 03 e 04 mostram a classificação das águas baseadas na concentração de CaCO_3 .

Tabela 03- Classificação das águas de irrigação quanto a sua dureza expressa em CaCO_3

Níveis de CaCO_3 (mg/l)	Classificação
< 50	Mole
Entre 50 - 150	Moderada
Entre 150-300	Dura
> 300	Muito dura

Fonte: Costa, 2005.

Tabela 04- Classificação das águas para a dureza e risco de obstrução de emissores.

Níveis de CaCO_3	Classificação
<150 mg/l	Baixo
Entre 150 e 300 mg/l	Moderado
>300 mg/l	Alto

Fonte: Pitts (1990 apud RIBEIRO, 2005).

2.4.2.5. Cálcio

O cálcio é um importante elemento constituinte da água que pode, por vezes, causar efeitos antagônicos, dependendo da concentração em que se encontra na água de irrigação.

De maneira geral, após o N e o K, o cálcio é o nutriente mais exigido pelas plantas (SANTANA, et al., 2004).

A infiltração de água no solo, segundo Ayers e Westcot (1991, p.74), aumenta quando se tem altas concentrações de cálcio na água, contribuindo para amenizar o efeito dispersante do sódio.

Águas com baixos valores de pH tendem a lixiviar sais e minerais solúveis, incluindo os de cálcio, reduzindo sua influência sobre a estabilidade dos agregados e estrutura do solo (AYERS & WESTCOT, 1991 p. 74).

Por outro lado, águas que contêm altas concentrações de bicarbonatos e sulfatos de cálcio ocasionam problemas de incrustações, ocorrendo precipitados de CaCO_3 e obstruções em tubulações e emissores (AYERS & WESTCOT, 1991, p.114). Essas obstruções, segundo os referidos autores, são extremamente difíceis de serem localizadas pelo fato de que sua formação é gradual e condições de altas temperaturas e altos valores de pH da água favorecem as precipitações químicas de cálcio, bem como de outros elementos.

A precipitação de cálcio na água pode ser antecipada mediante o índice de Langelier, segundo o qual o carbonato de cálcio precipita-se quando alcança seu limite de saturação, definindo-se pela diferença entre o pH_a da água (laboratório) e o pH_c teórico que a água alcançaria em equilíbrio com o CaCO_3 .

Valores do índice positivos indicam uma tendência do CaCO_3 precipitar, enquanto valores negativos são indicadores de que o carbonato de Ca se mantém em solução (AYERS & WESTCOT, 1991, p.124-125).

O cálcio na água de irrigação pode contribuir para fornecimento nutricional para as plantas irrigadas, sendo ele um macronutriente essencial.

2.4.2.6. Magnésio

O magnésio é um macroelemento essencial para os vegetais, tendo uma relação estreita com o cálcio, sendo absorvido pelas plantas por fluxo de massa e difusão, quando se encontrar na solução do solo (REICHARDT & TIMM, 2004, p.342).

A produtividade das culturas, nos casos em que se têm altos teores de magnésio na água de irrigação parece ser reduzida, provavelmente por deficiência de cálcio induzida pelo excesso de magnésio trocável (AYERS & WESTCOT, 1991, p.115). Segundo Ayers & Westcot (1991), quando a relação Ca/Mg é menor que uma unidade, a extração de cálcio e sua

translocação é menor pelo efeito dos altos teores de magnésio, com isso pode-se inferir que águas de irrigação ricas em Mg podem produzir sintomas de deficiência nas plantas.

Outro problema relacionado à presença de magnésio nas águas de irrigação está vinculado a altas concentrações de sais, pois promovem a precipitação de carbonatos de magnésio e cálcio causadores de incrustações em tubulações e emissores em sistemas microirrigados (MANTOVANI et al., 2006). Um outro fator importante em relação ao magnésio, é a sua utilização juntamente com o cálcio no cálculo da RAS, na medida em que relaciona esses dois elementos ao excesso de sódio podendo gerar problemas na taxa de infiltração de água no solo.

2.4.2.7. Sódio e Razão de adsorção de sódio (RAS).

O sódio pode causar toxicidade em culturas arbóreas e ornamentais por serem mais sensíveis, mesmo em baixas concentrações (SCALOPPI & BRITO, 1986), sendo que as culturas anuais possuem uma maior tolerância à presença de sódio na água de irrigação (BERNARDO, 2006, p. 101). Os principais sintomas de toxicidade por sódio são necroses ao longo da borda das folhas, espalhando-se progressivamente para a área internervural até o centro, aparecendo primeiramente nas folhas mais velhas (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 95).

A dispersão dos solos e a destruição de sua estrutura ocorrem unicamente quando o teor de sódio supera o do cálcio numa proporção acima de 3:1 (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 75), afetando, dessa forma, a infiltração no solo e a disponibilidade deste recurso às plantas.

A percentagem de sódio pode ser calculada através da equação 1 abaixo descrita.

$$\%S\acute{o}d\acute{i}o = \frac{Na}{Ca + Mg + Na} * 100 \quad (1)$$

A razão de adsorção de sódio (RAS), é um cálculo matemático que indica o potencial de uma água em causar problemas de infiltração no solo, fazendo uma relação entre os níveis de sódio, cálcio e magnésio. A sodicidade, determinada pela RAS da água de irrigação, se refere ao efeito do sódio contido na água, que tende a elevar a percentagem de sódio trocável no solo, afetando assim sua capacidade de infiltração (PIZARRO, 1985 apud COSTA, 2005). O cálculo da razão de adsorção de sódio assume papel preponderante, posto que a combinação condutividade elétrica (CE) e razão de adsorção de sódio (RAS) servem para avaliar os

perigos que a água oferece com respeito à indução de salinidade e aumento nos teores de sódio na solução de solo (OLIVEIRA, 1998).

Aumentos nos valores da RAS reduziram drasticamente as taxas de infiltrações pela dispersão das partículas do solo observado por Murtaza et al. (2005), estudando a administração de águas sódico-salinas na produção de trigo e algodão.

A capacidade de infiltração de um solo cresce com o aumento de sua salinidade e decresce com o aumento da razão de adsorção de sódio, sendo assim os dois parâmetros devem ser analisados conjuntamente para obter uma correta avaliação do efeito da água de irrigação na capacidade de infiltração de um solo (BERNARDO, 2006, p. 100).

A Tabela 05 mostra a classificação das águas em relação ao potencial de sodificação de acordo aos valores da RAS.

Tabela 05- Classificação das águas de irrigação em relação ao perigo de sodificação segundo sua RAS.

Classe	Concentração de Na	Valor	Uso
S1	Baixa	$RAS \leq 32,19-4,44 \log CE$	Irrigação pouco perigo de sodificação.
S2	Média	$32,19-4,44 \log CE < RAS \leq 51,29-6,66 \log CE$	Somente em solos de textura grossa permeável e perigo de sodificação em solos de textura fina.
S3	Alta	$51,29-6,66 \log CE < rãs \leq 70,36-8,87 \log CE$	Produz doses malélicas de sódio trocável em solos e requer praticas especiais de manejo como a lixiviação e drenagem.
S4	Muito alta	$RAS > 70,36-8,87 \log CE$	Imprópria para irrigação quando a salinidade for baixa.

Fonte: Bernardo, 2006.

Limites como estes apresentados na Tabela 04, possibilitam fazer uma avaliação dos eventuais perigos de sodificação de um solo, quando utilizamos águas com elevados teores de sódio, podendo com isso inviabilizar o sistema de irrigação ou mesmo causar danos ao sistema solo-planta.

Segundo Ayers & Westcot (1991), a utilização de águas com baixa salinidade (abaixo de 0,2 dS/m), ou seja águas corrosivas com baixos valores de pH, tendem a lixiviar os sais e minerais solúveis, incluindo os de cálcio, reduzindo sua influência sobre a estabilidade dos agregados.

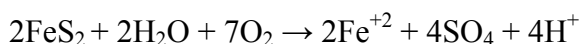
Dessa maneira, as partículas dispersadas obstruem os espaços porosos do solo, principalmente os de textura mais fina, causando uma queda na taxa de infiltração, pela formação de crostas superficiais (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 74).

Os problemas de infiltração podem ser solucionados através de tratamentos químicos ou físicos como: aplicação de corretivos como o gesso, mistura de águas (químico) e práticas culturais e manejo da irrigação (físico) (AYERS & WESTCOT, 1991, p.78).

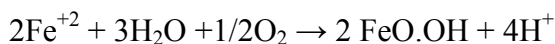
2.4.2.8. Ferro total

O ferro encontra-se na água de irrigação em sua forma, reduzido (Fe^{+2}), mais solúvel, que ao passar pelo sistema de filtragem oxida-se, precipitando e adquirindo a forma de Fe^{+3} (MANTOVANI, 2006, p. 92). O ferro na água é proveniente da intemperização dos materiais de origem do reservatório, como solos e rochas, bem como do carreamento de materiais sólidos do entorno da bacia, proveniente das ações antrópicas.

O Fe^{+2} solúvel ao entrar em contato com o oxigênio sofre uma reação de oxidação e transforma-se em Fe^{+3} insolúvel, reação descrita por Porto (2003) apud Vanzela (2004):



Na presença de oxigênio ocorre a oxidação:



Segundo Vanzela (2004), o processo de erosão dos solos formados a base de sesquióxidos de ferro faz com que haja um aumento da concentração de ferro tanto solúvel quanto em suspensão nas águas.

Segundo Nakayama & Bucks (1986), valores de ferro total acima de 0,2 mg/l na água de irrigação são de risco potencial a sua precipitação e valores até 0,5 mg/l, segundo Ayers e Westcot (1991), seriam o máximo permissível. Quando se levam em consideração os custos dos filtros e operacionais, o valor prático é de 2 mg/l (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 126).

Vieira et al. (2004), estudando a recuperação de gotejadores obstruídos por incrustações de ferro, em uma análise preliminar da água, encontraram teores de ferro total igual a 0,7 mg/l, estando na classe de moderado risco de entupimento. Já Souza et al. (2005), estudando o efeito do tratamento de emissores por hipoclorito de sódio encontrou valor de 1,7 mg/l de ferro na água de irrigação, estando esta classificada como de severo risco de obstrução segundo classificação proposta por Ayers e Westcot (1991). Sendo assim, a obstrução dos emissores é o maior problema no sistema de irrigação localizada, reduzindo ou aumentando a vazão com a conseqüente diminuição na uniformidade de distribuição de água (SOUZA et al., 2005).

O ferro também pode favorecer a formação de mucilagens produzidas por ferrobactérias (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 126). A tabela 06 traz a classificação das águas de irrigação segundo a concentração de ferro presente na água e o grau de restrição.

Tabela 06- Influência da concentração de ferro total na obstrução de tubos e emissores em microirrigação.

Parâmetro	Unidade	Grau de restrição		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Ferro	mg/l	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5

Fonte: Lamm et al., 2007

Para se ter um controle, e evitar a precipitação do ferro nas tubulações e emissores do sistema de microirrigação, utiliza-se tratar a água quimicamente através da cloração ou mecanicamente pela oxigenação da água antes do sistema de filtragem (AYERS & WESTCOT, 1991, p.126). Com a oxigenação da água de irrigação em um tanque anterior aos filtros, o ferro presente na forma reduzida solúvel se oxida e passa à forma insolúvel, precipitando, e sendo facilmente separado pelo sistema de filtros. A Figura 1 mostra incrustações de ferro em tubulações.

Vieira et al. (2004), concluíram em seu experimento comparando diversos tipos de tratamentos em gotejadores obstruídos, que 25 mg/l de hipoclorito de sódio tem o melhor custo benefício e o segundo maior desempenho quanto à uniformidade.



Figura 1 - Incrustações por ferro em tubulações.

Fonte: UNESP, 2006.

2.4.2.9. Fósforo

A quantidade de fósforo total nas águas naturais varia de 0,005 a 0,020 mg/l (EMBRAPA, 2002 apud GONÇALVES, 2003). O fósforo se encontra nas águas sob a forma de ortofosfato, polifosfato e fosfato orgânico.

O fósforo está relacionado com a eutrofização dos corpos hídricos, que aumenta a matéria orgânica e conseqüentemente aumenta o consumo de oxigênio. O fósforo é importante também para o crescimento de algas, quando presentes em grandes quantidades causam obstrução biológica das tubulações e emissores, fazendo com que aumente a pressão nas tubulações e queda das vazões nos emissores, fato este observado por Farias et al., (2001).

Segundo Gonçalves (2003), em águas de comportamento lântico, há maiores sinais de eutrofização do meio aquático.

Gonçalves (2003), estudando a qualidade de águas de uma microbacia de cabeceira, observou que as altas concentrações de fósforo encontradas na água do arroio estão condizentes com altas disponibilidades no solo.

2.4.2.10. Potássio

O potássio é um dos principais macronutrientes essenciais para as plantas e é por elas utilizado em grandes quantidades, participando em diversas fases do metabolismo como: reações de fosforilação e síntese de carboidratos (FERRI et al., 1985, p. 106).

As plantas absorvem o potássio na forma de K^+ solúvel e é nesta mesma conformação iônica é que se encontra nas águas. Sua importância tem relação com a sua utilização na nutrição das culturas via água de irrigação, quando o potássio se faz presente.

O potássio possui efeito inibidor de absorção de Mg pela planta quando se encontra em grandes quantidades na solução do solo (FERRI et al., 1985, p.107).

Gonçalves et al. (2003), estudando a qualidade da água de uma microbacia, observaram que as concentrações de potássio na água aumentavam à medida que aumentava a área de captação, resultado das elevadas taxas de erosão e das elevadas disponibilidades deste nutriente no solo.

Sua presença se torna relevante quando se utiliza a técnica da fertirrigação, necessitando-se saber a real quantidade de nutrientes contidos nas águas de irrigação.

2.4.2.11 Nitrogênio

O nitrogênio contido nas águas encontra-se em diversas formas como amônio (NH_4-N), nitrogênio orgânico (Org.-N) e nitrato (NO_3-N), este último em maior quantidade e sendo a forma mais assimilável (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 111).

Gonçalves et al. (2003), observaram que as quantidades de nitrato presentes na água do Arroio Lino encontravam-se em níveis inferiores aos limites estabelecidos pela resolução nº 20 do CONAMA (1986) para águas de classe 1, que é de 10 mg/l. O amônio pode estar livre ou adsorvido aos colóides contidos na água ao passo que a amônia é um gás de ocorrência natural em menor escala. (AMORIM & FERREIRA, 1999, apud Gonçalves, 2003).

O nível de nitrato nas águas superficiais é inferior a 50 mg/l, mas como existe nitrogênio em todas as águas de irrigação, recomenda-se que se incluam suas concentrações no plano de fertilização, sempre se monitorando a concentração na água bruta (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 111).

O excesso de nitrogênio na água pode causar inúmeros problemas, dependendo das concentrações em que se encontrar e da sensibilidade das culturas. Temos o exemplo da videira, que é sensível aos excessos de nitrogênio, prolongando seu ciclo vegetativo em detrimento da produção de frutos e ocorrendo maturação tardia e em alguns casos tornando-se

infrutífera (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 112). Seu excesso afeta também culturas graníferas, produzindo um crescimento vegetativo excessivo, tendo-se colmos menos espessos e resistentes, resultando em acamamento, sendo que a sensibilidade varia conforme os estádios de desenvolvimento da cultura (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 112).

Outro problema advindo da presença de nitrogênio nas águas de irrigação está na proliferação de algas nos reservatórios. O estímulo vem da presença de nutrientes na água consumidos por esses organismos como o fósforo e o nitrogênio que, em condições de ótima luminosidade e temperatura, favorecem seu desenvolvimento.

De acordo com Ayers e Westcot (1991, p. 113), concentrações inferiores a 5 mg/l de nitrogênio nas águas, mesmo que tenham muito pouco efeito nas culturas sensíveis, podem estimular o desenvolvimento de algas e plantas aquáticas. Acontece que altas populações de algas podem causar obstrução e perdas de carga nos sistemas microirrigados.

Segundo Ribeiro et al. (2005), ocorrem mudanças dinâmicas na população de algas durante o ano, indicando grande sensibilidade desses organismos a alterações na qualidade das águas.

2.4.2.12 Boro

O boro é um microelemento requerido em pequenas quantidades pelas plantas em seu desenvolvimento, tornando-se tóxico quando assimilado em maiores concentrações que aquelas necessárias. O grau de toxicidade com relação ao boro varia de acordo com a espécie cultivada.

Segundo Mass (1984), citado por Ayers e Westcot (1991), existem culturas sensíveis e outras tolerantes ao boro presente nas águas, dados estes apresentados no Quadro 01 onde estão classificadas diversas culturas segundo a sua resposta aos diferentes níveis de concentração de boro nas águas de irrigação.

Para algumas culturas o nível essencial de boro na água é de 0,2 mg/l, concentrações acima deste valor como, por exemplo, 1,0 mg/l pode ser tóxico para determinada cultura (Ayers & Westcot, 1991). Problemas como estes podem acarretar prejuízos econômicos e inviabilização da irrigação em culturas mais sensíveis.

Muito sensíveis (< 0,5 mg/l)	Moderadamente sensíveis (1,0 - 2,0 mg/l)
Limoeiro	Pimentão
Amoreira preta	Ervilha
Sensíveis (0,5 - 0,75 mg/l)	Cenoura
Abacateiro	Rabanete
Laranjeira	Batata
Damasqueiro	Moderadamente tolerantes (2,0 – 4,0 mg/l)
Pessegueiro	Alface
Cerejeira	Repolho
Caquiheiro	Nabo
Videira	Aveia
Figueira	Milho
Nogueira-pecã	Alcachofra
Ameixeira	Fumo
Cebola	Mostarda
Sensíveis (0,75 - 1,0 mg/l)	Trevo-branco
Alho	Abóbora
Amendoim	Melão
Trigo	Tolerantes (4,0 – 6,0 mg/l)
Cevada	Sorgo
Girassol	Tomateiro
Gergelin	Beterraba
Tremoço	Salsa
Morangueiro	Muito tolerantes (6,0 – 15,0 mg/l)
Feijão	Algodoeiro

Quadro 01- Tolerância relativa de determinadas culturas ao boro.^{1,2}

1. Adaptado de: Mass, 1984 apud Ayers e Westcot, 1991.

2. Concentrações máximas toleradas na água do solo (extrato de saturação), sem perdas de rendimento ou redução no crescimento. As concentrações máximas na água de irrigação são aproximadamente iguais as indicadas ou ligeiramente inferiores. As tolerâncias variam com o clima, condições do solo e com as variedades das culturas.

3. MATERIAL E MÉTODOS.

3.1. Localização e caracterização geral do local

O presente trabalho foi conduzido nos limites territoriais do campus da Universidade Federal de Santa Maria – RS, latitude de 29°42'24"S, longitude de 53°48'42" W e altitude de 95m pertencente ao bairro de Camobi, distante 12 km do centro do município.

O clima da região segundo a classificação de Köppen é o Cfa subtropical úmido sem estação seca definida (MORENO, 1961). A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio oscila entre -3 e 18°C. O regime pluviométrico regional é bem distribuído durante as quatro estações do ano com precipitações médias anuais variando entre 1322 a 1769 mm, porém nos meses de verão as precipitações são insuficientes para atender as demandas evapotranspiratórias das culturas (BERLATO, 1992). Em Santa Maria, nos meses de dezembro e janeiro, a radiação solar global diária é de 20,1 e 19,3 MJ/m², respectivamente (SOUZA FILHO, 2003).

Segundo Buriol (1980), a probabilidade de ocorrência de déficit hídrico em torno de 40 mm é de 25% em janeiro, 15% em fevereiro e 10% em março, no município de Santa Maria.

A unidade de mapeamento dos solos é pertencente à Unidade São Pedro, classificado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico (PVD) (STRECK et al., 2002).

3.2 Mananciais e entorno

Foram estudados quatro mananciais superficiais pertencentes à Universidade Federal de Santa Maria-RS situados em diferentes locais dentro do campus e possuem volumes de água potenciais para uso em irrigação.

A denominação de cada manancial ficou assim estabelecida:

- ✓ Várzea: barragem grande responsável pela irrigação da cultura de arroz na área de várzea da universidade. O reservatório possui coordenada geográfica: UTM/WGS84 53° 42' 30,97" O e 29° 43' 31,95" S.

- ✓ Solos: açude da área do Dep. de Solos da UFSM de coordenada geográfica UTM/WGS84 53° 42' 14,23" O e 29° 43' 54,01" S.
- ✓ Madame: açude da área do Dep. de Fitotecnia de coordenada geográfica UTM/WGS84 53° 42' 22,55" O e 29° 43' 10,88" S.
- ✓ Área Nova: localizada na área nova da UFSM pertencente ao Dep. de Zootecnia de coordenada geográfica UTM/WGS84 53° 42' 38,20" O e 29° 44' 72" S.

Os usos nas bacias de entorno dos açudes dos Solos e Madame são principalmente de áreas de lavouras, onde são cultivadas soja e milho em semeadura direta e outra parte da área ocupada com campo nativo e mato de pinus não açude da Madame do lado direito da entrada da taipa.

A barragem da Várzea possui em seu entorno principalmente campo nativo e matas de eucalipto e pinus, sendo áreas com cobertura vegetal.

Já o açude da Área Nova está localizado à jusante de áreas de lavoura de milho e forragens onde predomina o sistema convencional de cultivo. Ocorre que também nesta área, à montante do açude, existe um confinamento para bovinos.

Com relação à medida de área dos açudes, esta foi realizada pelo NDIGe da UFSM, através do programa computacional Spring 4.3.2. O açude dos solos possui uma área de 50797,7m², o da Madame de 13194,83m², o açude da Várzea com 44164,64 m² e o da Área Nova com 6636,07m². Esta medida está relacionada ao nível de água que possuíam os açudes no momento em que foi feita a imagem, estando vinculada à utilização da água para fins de irrigação, como é o caso do reservatório da Várzea.

A Figura 2 mostra uma visão geral do campus com os mananciais superficiais existentes, devidamente identificados e georreferenciados.

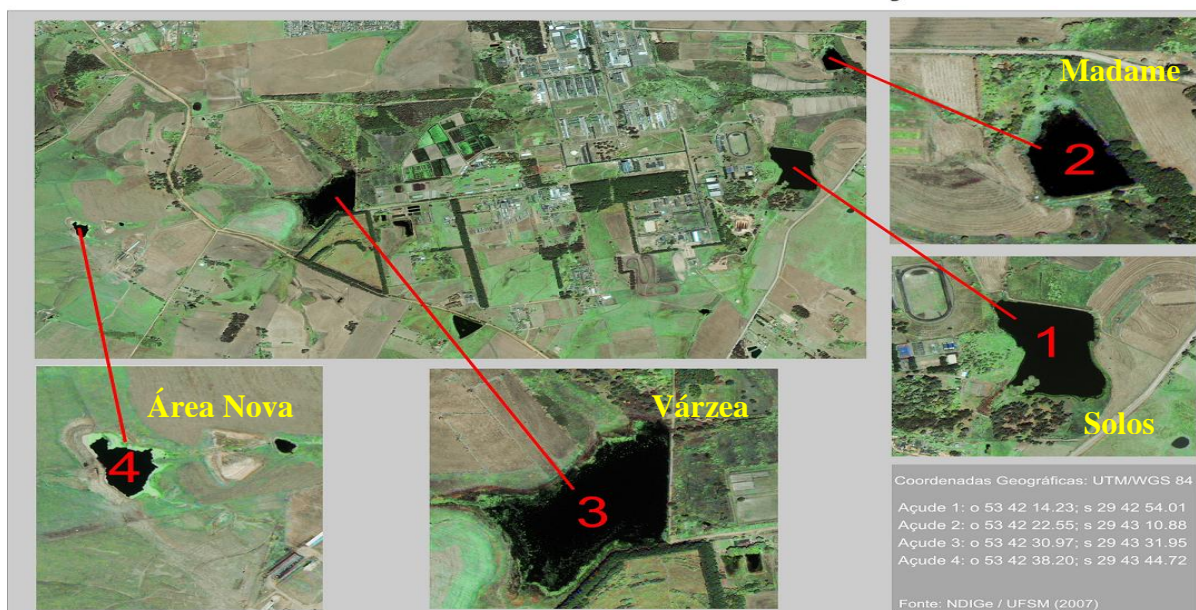


Figura 2- Imagem de satélite com vista geral do campus da UFES e os mananciais.

Fonte: NDIGe/UFES (2007).

Os solos de entorno dos açudes da Área Nova (4) e Várzea (3) são derivados de siltitos de formação Santa Maria membro Alemoa e os açudes dos Solos (1) e da Madame (2) são originados a partir de arenito de formação Santa Maria, membro Passo das Tropas (informação pessoal DALMOLIN, 2006).

3.3 As coletas de água

As coletas de amostras da água nos reservatórios ocorreram no mês de janeiro, onde as demandas evapotranspiratórias das culturas são maiores e se observa uma precipitação quantitativamente menor e irregular.

Nesse período há uma queda qualitativa das águas, devido ao menor volume dos reservatórios, ocorrendo, conseqüentemente, um aumento na concentração de sais nas águas superficiais. Foram realizadas duas coletas em diferentes dias: uma após três dias sem precipitação e com o reservatório com volume reduzido, outra, três dias após uma precipitação, quando se observou um aumento no nível do reservatório.

As coletas das amostras foram realizadas utilizando-se uma garrafa de Kemmerer da Alfakit capacidade de 2L em PVC para coleta vertical, com o auxílio de um barco inflável para se efetuarem as coletas no interior do manancial. As coletas foram realizadas na profundidade de 1,0m em três pontos aleatórios em cada manancial, evitando-se coletar próximo às margens dos açudes.

Imediatamente esse volume de 2L é acondicionado em recipientes de polietileno esterilizados com capacidade de 500ml, devidamente etiquetados, identificando o reservatório e o número do ponto e data de coleta. No momento da coleta foram efetuadas medidas “in situ” da condutividade elétrica por meio de um condutivímetro marca Minipa modelo MCD – 2000, dos sólidos dissolvidos totais por meio de um TDS marca Minipa modelo MTDS – 3000, do pH através de um peagâmetro Minipa modelo MpH – 1000 e da temperatura através de um termômetro marca Incoterm. Para as coletas, utilizaram-se luvas cirúrgicas a fim de evitar contaminação das amostras.

A seguir enunciam-se os principais procedimentos observados no momento da coleta segundo CETESB (1977) e Hérlon & Paulino (2001):

- ✓ Nenhuma das amostras conteve partículas grandes como folhas e outros materiais estranhos.
- ✓ Os equipamentos utilizados para as determinações “in situ” foram devidamente calibrados antes de cada determinação com solução padrão.
- ✓ Após cada medida o sensor de cada aparelho foi lavado com água destilada e seco com papel toalha.
- ✓ As determinações “in situ” foram realizadas em frasco de polietileno no momento da coleta.
- ✓ Utilizaram-se luvas cirúrgicas para as coletas evitando-se tocar na parte interna dos frascos e do equipamento de coleta.
- ✓ Foram utilizados, para acondicionamento das amostras, frascos de polietileno esterilizados com capacidade de 500 ml fornecidos pelo laboratório.
- ✓ Os frascos foram identificados por meio de etiqueta, indicando o nº do ponto de coleta, manancial e data.
- ✓ Após, todas as amostras foram colocadas em uma caixa térmica com gelo para conservação até o seu envio ao laboratório.
- ✓ As amostras foram levadas ao laboratório no prazo máximo de 24 horas.

Foi utilizada uma planilha de campo para fazer os registros dos resultados obtidos das medidas “in situ” com a identificação da amostra e do manancial, data, hora, condições climáticas e responsáveis pela coleta.



FIGURA 3- Detalhe da coleta de água nos açudes. (Zamberlan, 2007)



FIGURA 4- Detalhe da garrafa de Kemmerer utilizada nas coletas. (Zamberlan, 2007)



FIGURA 5- Detalhe dos equipamentos de medida “in situ” utilizados na análise de água dos mananciais. (Zamberlan, 2007)



FIGURA 6- Detalhe das medições da condutividade elétrica em condutivímetro. (Zamberlan, 2007)

3.4 O acondicionamento da amostra

Os frascos foram acondicionados em caixa térmica, marca Rubermaid, com capacidade de 28 litros. As amostras foram refrigeradas com gelo mantendo uma temperatura interna de 4°C a fim de manter inalteradas suas características qualitativas originais até a chegada ao laboratório.

No prazo de 24 horas as amostras foram encaminhadas ao laboratório de análise de águas rurais da UFSM.

3.5 Análises laboratoriais físicas e químicas

Os parâmetros analisados no trabalho foram: sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, pH, condutividade elétrica, ferro total, cálcio, magnésio, sódio, potássio, fósforo, nitrogênio e boro.

No momento da coleta foram efetuadas medidas in situ da condutividade elétrica por meio de um condutivímetro marca Minipa modelo MCD – 2000, sólidos dissolvidos totais por meio de um TDS marca Minipa modelo MTDS – 3000, pH através de um peagâmetro Minipa modelo MpH – 1000 e temperatura através de um termômetro marca Incoterm.

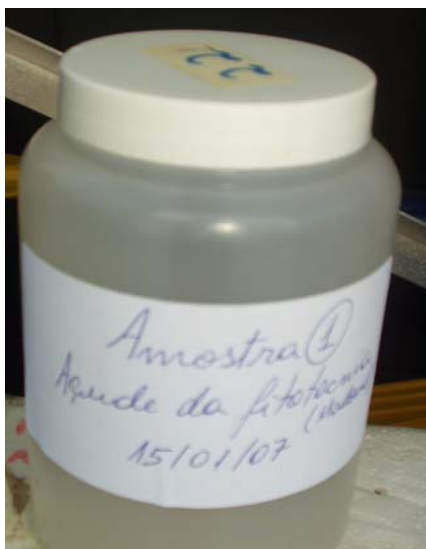


Figura 7- Detalhe do frasco enviado ao laboratório. (Zamberlan, 2007)

A Tabela 07 mostra os parâmetros analisados no laboratório de análise de águas rurais (LAAR) da UFSM com os respectivos métodos de análise utilizados.

Tabela 07- Síntese das metodologias empregadas nas análises laboratoriais.

Parâmetro	Unidade	Metodologia
Sólidos suspensos	mg/l	Gravimetria
Cálcio	mg/l	Espectrofotometria de absorção atômica
Magnésio	mg/l	Espectrofotometria de absorção atômica
Dureza total	mg/l	Titulometria
Sódio	mg/l	Espectrofotometria
Potássio	mg/l	Espectrofotometria
Fósforo	mg/l	Cromatografia iônica
Boro	mg/l	Espectrofotometria
Ferro total	mg/l	Titulometria
Nitrogênio total	mg/l	Cromatografia iônica

Fonte: Laboratório de análise de águas rurais da UFSM. (LAAR).

3.6 Cálculo da Razão de adsorção de sódio (RAS)

Segundo Ayers & Westcot (1991), há a necessidade de se recuperar os solos afetados por problemas de infiltração quando a velocidade com que a água atravessa a superfície do solo é reduzida, não permitindo o adequado suprimento hídrico as culturas ou mesmo a lixiviação dos sais da zona radicular. O cálculo da razão de adsorção de sódio tem a função de medir o perigo de salinização de um solo e é calculado pela expressão matemática citada por Ayers & Westcot (1991):

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (2)$$

sendo:

Na = teor de sódio na água de irrigação em mg/l

Ca = teor de cálcio na água de irrigação em mg/l

Mg = teor de magnésio na água de irrigação em mg/l.

3.7 Análise dos dados

Os dados obtidos, tanto os de laboratório quanto os medidos “in situ” foram analisados baseados nos valores limites para cada parâmetro específico da qualidade da água citados por Ayers e Westcot (1991) e Nakayama e Bucks (1986) citado por Lamm et al (2007) para a finalidade da irrigação, apresentados na Tabela 07.

Os dados obtidos da caracterização qualitativa de cada manancial estudado foram classificados baseados em padrões qualitativos estabelecidos por Ayers e Westcot (1991) e Nakayama e Bucks (1986), Lamm et al. (2007), para águas de irrigação.

Foram calculados os valores da RAS para cada ponto de coleta dos açudes através da equação 2 acima citada, e interpretados com auxílio das tabelas 05 e 08. A determinação deste parâmetro é importante, pois a elevada proporção de sódio em relação aos cátions cálcio e magnésio acarretam em problemas de estruturação do solo, dificultando o processo de infiltração, devido à obstrução e mesmo extinção dos poros (MANTOVANI et al., 2006).

Tabela 08- Valores normais e limites dos parâmetros qualitativos das águas de irrigação

Parâmetro	Unidade	Grau de restrição		
		nenhuma	moderada	alta
Condutividade elétrica	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
Sólidos dissolvidos	mg/l	< 450	450 - 2000	>2000
RAS 0-3	Ce	>0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS 3-6	Ce	>1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS 6-12	Ce	>1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS 12-20	Ce	>2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS 20-40	Ce	>5,0	5,0-2,9	<2,9
Cálcio	meq/l	0 – 20 (valores normais)		
Magnésio	meq/l	0 – 5 (valores normais)		
Sódio	meq/l	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Ferro	mg/l	< 0,1	0,1 - 1,5	> 1,5
Fósforo	mg/l	0 – 2 (valores normais)		
Potássio	mg/l	0 – 2 (valores normais)		
Nitrogênio	mg/l	< 5,0	5,0 – 30,0	> 30,0
Boro	mg/l	< 1,0	1,0 – 3,0	> 3,0
Potencial hidrogênio		< 7,0	7,0 – 8,0	> 8,0
Sólidos suspensos	mg/l	< 50,0	50 - 100	> 100

Adaptado de: Ayers e Westcot (1991), Nakayama e Bucks (1986), Lamm et al. (2007).

3.8 Análise estatística

Para as análises estatísticas foram calculadas as médias, análise das variâncias e teste de hipóteses para verificação de significância dos efeitos. De posse desses valores foi realizado teste de comparação de médias de Tukey em nível de 5%, realizando-se comparações dos parâmetros entre os açudes e entre as diferentes datas de coleta.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos programas computacionais SOC da Embrapa for Windows (Software matemático e estatístico em módulos para regressão, análise de frequência, manipulação de dados, estatísticas multivariadas, etc.) e Microsoft Excel para a construção das tabelas e gráficos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros físicos

4.1.1. Sólidos suspensos

A Tabela 09 mostra a concentração média de sólidos suspensos nas duas datas de coleta, uma realizada no dia oito e outra no dia quinze de janeiro. Verificou-se uma maior concentração de sólidos no primeiro dia de coleta, quando os volumes de água dos açudes estavam reduzidos, principalmente nos açudes dos solos e Área Nova. No dia 12 de janeiro ocorreu uma precipitação acima de 100 mm, o que fez o nível dos açudes elevarem-se.

Mesmo com o possível aporte de sólidos oriundos do escoamento superficial, suspeita-se que estes tenham se diluído devido ao aumento de volume dos açudes, principalmente naqueles em que o nível se encontrava mais baixo (Área Nova e Solos), e pela própria decantação e sedimentação do material mais pesado no fundo do reservatório. Esse comportamento foi influenciado pelo manejo do entorno dos açudes, ou seja, todas as ações realizadas na área de captação do açude ou a seu redor que pode contribuir para a contaminação de suas águas, como o uso inadequado do solo e ambiente.

Ribeiro^a et al (2005), estudando um pequeno açude com 2500m³ de capacidade sendo abastecido por uma represa que recebe contribuição de diversas nascentes, verificou que em períodos chuvosos, a concentração de sólidos suspensos foi maior. Fato semelhante foi observado por Vanzela (2004), estudando a qualidade da água da microbacia do Córrego Três Barras em Marinópolis-SP, sendo tal comportamento contrário ao observado neste trabalho. Porém os usos das bacias de entorno e a própria contribuição dos mananciais é diferente, tendo particularidades intrínsecas a cada bacia, portanto aí pode residir a causa da diferença observada.

Tabela 09- Valores médios em mg/l de sólidos em suspensão presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta distintos

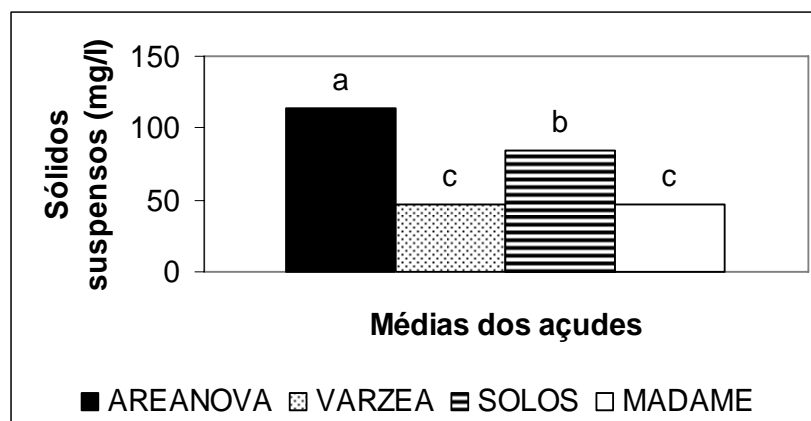
Amostras	Dias de coleta	Médias
12	08/01/2007	105,83 a
12	15/01/2007	40,00 b

Médias diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As concentrações médias de sólidos suspensos nos açudes, nas duas datas de coleta, no mês de janeiro, estão demonstradas na Figura 8. O açude da Área Nova apresentou os maiores valores de sólidos suspensos (113,33mg/l), seguido pelo açude dos solos (85,00mg/l) e pelos açudes da Madame e Várzea que não diferiram entre si (46,66mg/l). Basicamente tal comportamento deste parâmetro se explica pelo volume de água dos açudes e pelas condições e usos da bacia de entorno destes reservatórios.

Os sólidos suspensos, em altas concentrações constituem-se em um dos principais problemas de qualidade de água para irrigação, pois podem ocasionar sérios problemas de obstrução física de emissores na microirrigação dados os pequenos diâmetros de seus componentes (NAKAYAMA & BUCKS, 1986). Tal problema pode ocasionar o comprometimento da qualidade da irrigação (SCALOPPI & BRITO, 1986)

Em relação à utilização das águas destes mananciais na microirrigação o açude da Área Nova apresenta risco severo para obstrução de emissores, o açude dos Solos risco moderado e somente os reservatórios da Várzea e Madame possuem baixo risco de obstrução, segundo critérios de qualidade da água para microirrigação propostos por Nakayama e Bucks (1986). Portanto, para a utilização das águas dos açudes da Área Nova e Solos em microirrigação há necessidade de instalação de sistema de filtragem.



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 8 - Concentração média de sólidos suspensos em mg/l nas águas dos quatro açudes.

4.2. Parâmetros químicos

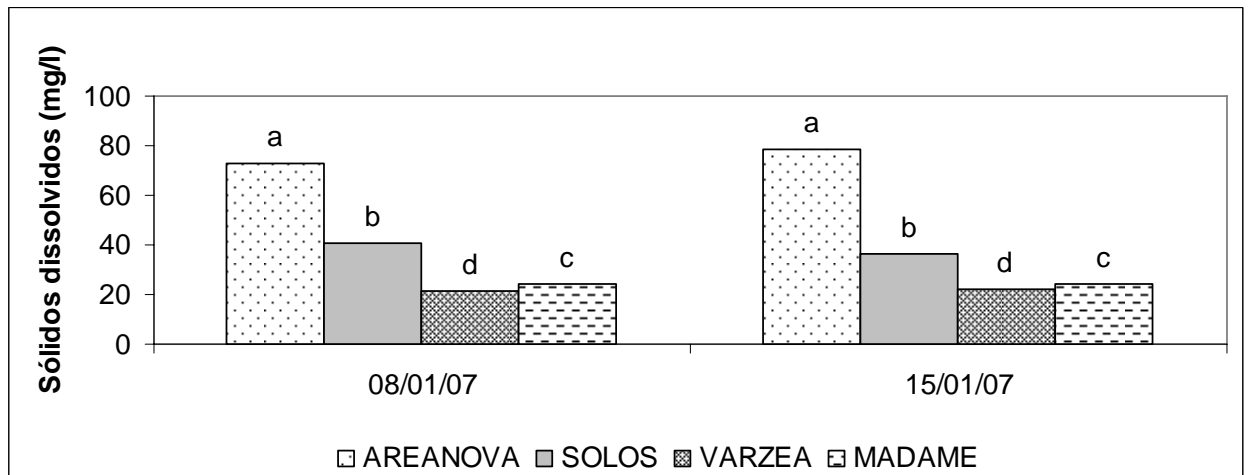
4.2.1 Sólidos dissolvidos

A Figura 9 apresenta as concentrações médias de sólidos dissolvidos dos quatro açudes nas duas datas de coleta. Houve efeito significativo entre os fatores data de coleta e açudes.

Observaram-se diferenças significativas nas concentrações entre açudes e comportamento semelhante deste parâmetro entre as datas de coleta. O maior valor obtido foi para o reservatório da Área Nova, sendo de 72,66 e 78,66 mg/l, 41,00 e 36,66 mg/l para o açude dos Solos, 24,00 mg/l para os dois períodos no açude da Madame e 21,33 e 22,00 mg/l no açude da Várzea para os dias 08/01/07 e 15/01/07, respectivamente. No açude da Área Nova observou-se um pequeno aumento na concentração de sólidos dissolvidos na segunda data, após a precipitação, devido a provável contribuição dos efluentes advindos do confinamento e lavouras a montante do reservatório. No açude dos Solos ocorreu um comportamento inverso, houve aumento nos níveis no período onde o volume do reservatório é mais baixo, corroborando as observações de Vanzela (2004), de que, nos períodos secos, os valores de sólidos dissolvidos eram maiores decorrentes do aumento de concentração causado pelo menor volume de água do reservatório. Nos demais açudes não houve variação significativa.

A concentração de sólidos dissolvidos na água de irrigação, em excesso, pode provocar salinização do solo, dificultando ou impedindo a absorção de água pelas plantas (AYERS & WESTCOT, 1991, p.3). No caso de climas chuvosos estes sais são mais facilmente lixiviados para camadas mais profundas do solo.

Visando ao uso dessas águas em sistemas microirrigados, todos os açudes com relação aos níveis de sólidos dissolvidos são classificados como de baixo risco de obstrução de emissores, segundo os critérios propostos por Nakayama & Bucks (1986), apresentados na tabela 07.



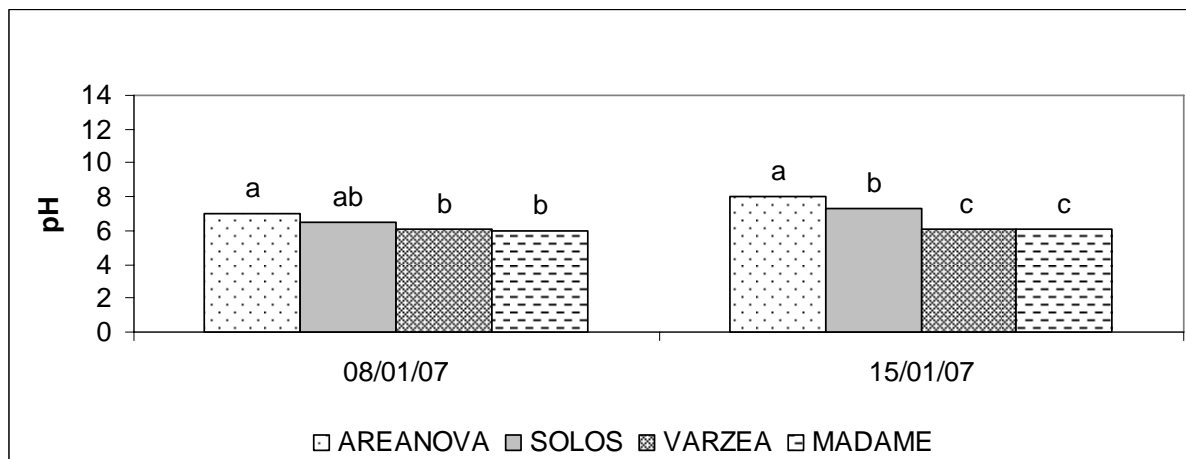
Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 9 - Concentração média de sólidos dissolvidos para os quatro açudes nas duas datas de coleta.

4.2.2. Potencial hidrogênio (pH)

Ocorreram diferenças significativas nos valores de pH entre açudes e entre os períodos de coleta demonstrados na Figura 10. Na primeira coleta, o maior valor obtido foi no açude da Área Nova com média de 7,03, nos Solos 6,45, no açude da Várzea 6,04 e para o reservatório da Madame 5,95. Os resultados na segunda coleta tiveram um comportamento semelhante ao da primeira coleta, com um pequeno acréscimo nos valores em todos os açudes. O maior valor de pH foi obtido no açude da Área Nova com 8,05, seguido pelo açude dos Solos com 7,27 e os reservatórios da Várzea e Madame com o mesmo valor 6,04. As diferenças entre os açudes se explicam pelo tratamento dado ao entorno dos reservatórios. O açude da Área Nova sofre contribuição direta dos efluentes da estrutura de confinamento de bovinos e das lavouras em sistema convencional a montante.

Segundo Testezlaf et al (2001), o risco de entupimento de emissores e tubulações está associado à precipitação de componentes insolúveis. As águas dos açudes ficaram dentro dos níveis normais para água de irrigação proposta por Ayers & Westcot (1991). Já para a classificação segundo o risco de obstrução de emissores, proposta por Nakayama & Bucks (1986), o açude da Área Nova, na primeira coleta, se encontrou com valor classificado como moderado e, na segunda coleta, como de risco severo. O açude dos Solos, na primeira coleta, foi de baixo risco e, na segunda moderado. Os açudes da Madame e da Várzea são todos de baixo risco de entupimento com relação aos valores médios de pH obtidos para a microirrigação.



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

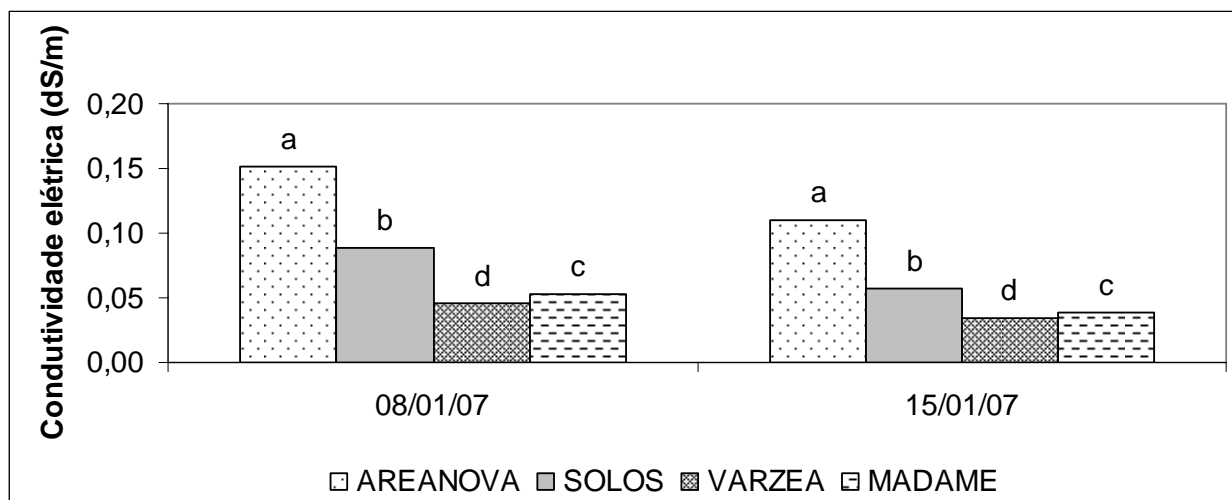
Figura 10- Valores médios do potencial hidrogênio para os quatro açudes nas duas datas de coleta.

4.2.3. Condutividade elétrica.

Na Figura 11 estão apresentados os valores médios da condutividade elétrica nos quatro açudes, em duas datas de coleta, onde se verificando-se que, na primeira coleta, obtiveram-se valores mais altos no açude da Área Nova 0,151 dS/m, Solos 0,088 dS/m.e para os açudes da Várzea e Madame foram 0,045 e 0,052 dS/m respectivamente. Esses valores podem ser explicados pelo fato de os reservatórios estarem com um menor volume de água e a concentração de sais ser maior, fato este observado por Vanzela (2004), estudando a qualidade da água de uma microbacia. Na segunda coleta, os valores obtidos nos reservatórios tiveram uma redução devido ao aumento do seu volume. Na Área Nova obteve-se 0,110 dS/m, nos Solos 0,057 dS/m, Várzea 0,038 dS/m e para o açude da Madame 0,033 dS/m. A variação ocorrida entre os açudes dentro das duas datas de coleta, são explicadas pelas condições do entorno dos reservatórios, pois segundo Merten & Minella (2002), em estudo sobre a qualidade da água em bacias rurais, a ocupação e uso dos solos pelas atividades agropecuárias alteram sensivelmente os processos biológicos, químicos e físicos dos sistemas naturais.

Com relação ao grau de restrição dessas águas para utilização em irrigação, todas as águas dos quatro reservatórios em ambas as coletas não apresentam nenhuma restrição de acordo com Ayers & Westcot (1991).As águas dos quatro açudes são classificados conforme o perigo de salinização como S1 (MANTOVANI et al., 2006). Esses níveis são bastante

genéricos sendo utilizados para todos os sistemas de irrigação, servindo como base para se ter um parâmetro de análise e classificação destas águas para determinada finalidade.



(Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância)

Figura 11 - Valores médios de condutividade elétrica para os quatro açudes nas duas datas de coleta.

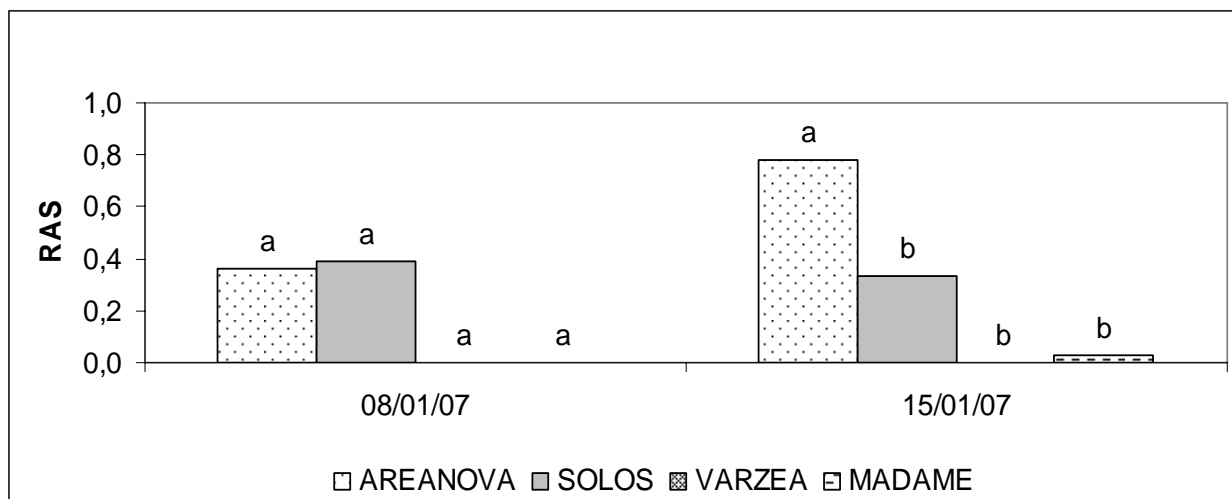
4.2.4 Razão de adsorção de sódio (RAS).

A Figura 12 mostra os valores médios para a razão de adsorção de sódio nas águas dos açudes em dois momentos de coleta. Constatou-se que, na comparação da primeira com a segunda coleta, esta teve valor maior da RAS para o açude da Área Nova. Na primeira coleta o valor da RAS é de 0,39, na segunda, coleta 0,78. No reservatório do Dep. de Solos verificou-se um valor superior na primeira data de coleta: 0,36 contra 0,33 da segunda coleta, resultados muito semelhantes não constituindo diferença significativa. Nos demais açudes estas diferenças não foram significativas, pois o valor da RAS foi próximo de zero ou até mesmo nulo.

Houve diferença entre o reservatório da área nova e os demais, devido à presença do confinamento a montante do açude, o que pode ter contribuído para a concentração de íons sódio nas águas do manancial, visto que a constituição geológica é a mesma do açude da Várzea. Também houve diferença entre o açude dos Solos e os demais, diferenças estas explicadas pelo tratamento dado à bacia onde os efluentes das enxurradas carregam maiores ou menores quantidades de sedimentos para o interior dos reservatórios.

A elevada proporção da concentração de sódio em relação a outros cátions, principalmente cálcio e magnésio, acarreta problemas na estruturação do solo, dificultando o processo de infiltração (MANTOVANI et al, 2006).

No caso do uso dessas águas para a irrigação baseada na classificação proposta por Ayers & Westcot (1991), os açudes estudados possuem severa restrição de utilização de suas águas para irrigação devido ao baixo valor de condutividade elétrica quando relacionada com os baixos valores calculados da RAS. Independentemente do valor da RAS, águas com condutividade elétrica muito baixa, inferiores a 0,2 dS/m, podem causar problemas de infiltração (AYERS & WESTCOT, 1991).



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 12 - Valores médios de razão de adsorção de sódio para os quatro açudes nas duas datas de coleta.

4.2.5 Sódio

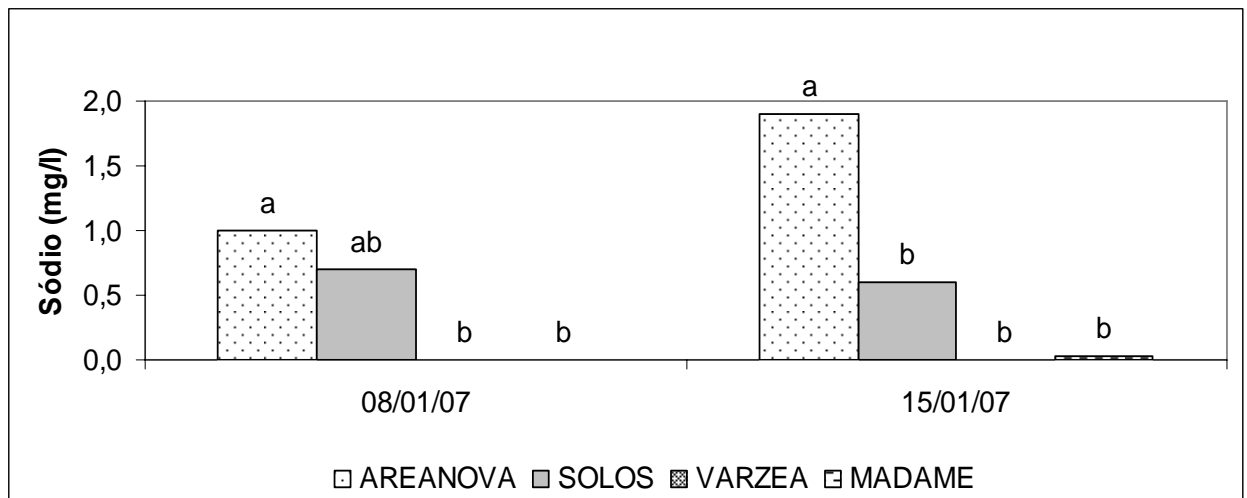
A presença e a concentração do cátion sódio nas águas dos açudes, nas duas datas de coleta apresentaram um comportamento semelhante ao observado nos valores da razão de adsorção de sódio. Na Figura 13 estão as concentrações médias de sódio nos diferentes açudes do campus da UFSM nas duas datas de coleta. Os maiores valores foram obtidos no açude da Área Nova nas duas coletas: 1,0 mg/l para a primeira coleta e 1,9 mg/l de sódio para a segunda coleta.

É importante ressaltar que este açude possui uma particularidade que pode estar influenciando o comportamento dos sais na água dos reservatórios - a existência de criação intensiva de animais próxima do manancial. Os resíduos de ração e sais minerais fornecidos

aos bovinos podem ser carreados para o interior do açude no momento de uma enxurrada. O açude dos Solos obteve valores de 0,7 e 0,6 mg/l na primeira e na segunda coleta respectivamente. Constatou-se não haver diferenças significativas entre os demais açudes para as duas datas de coleta. Ocorreu diferença no valor médio da concentração de sódio somente no período da segunda coleta em relação ao açude da Área Nova devido, provavelmente, à particularidade do entorno deste manancial. Porém Almeida & Gisbert (2005), estudando a variação da qualidade da água, verificaram que os valores de sódio se mantiveram estáveis durante todo o período estudado.

A dispersão dos solos e a destruição de sua estrutura ocorrem unicamente quando o teor de sódio supera o do cálcio numa proporção acima de 3:1 (AYERS & WESTCOT, 1991, p. 75

Segundo a classificação proposta por Ayers & Westcot (1991), as águas dos açudes caracterizados não possuem nenhuma restrição a sua utilização em irrigação.



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 13 - Valores médios de sódio em mg/l para os quatro açudes nas duas datas de coleta.

4.2.6 Potássio

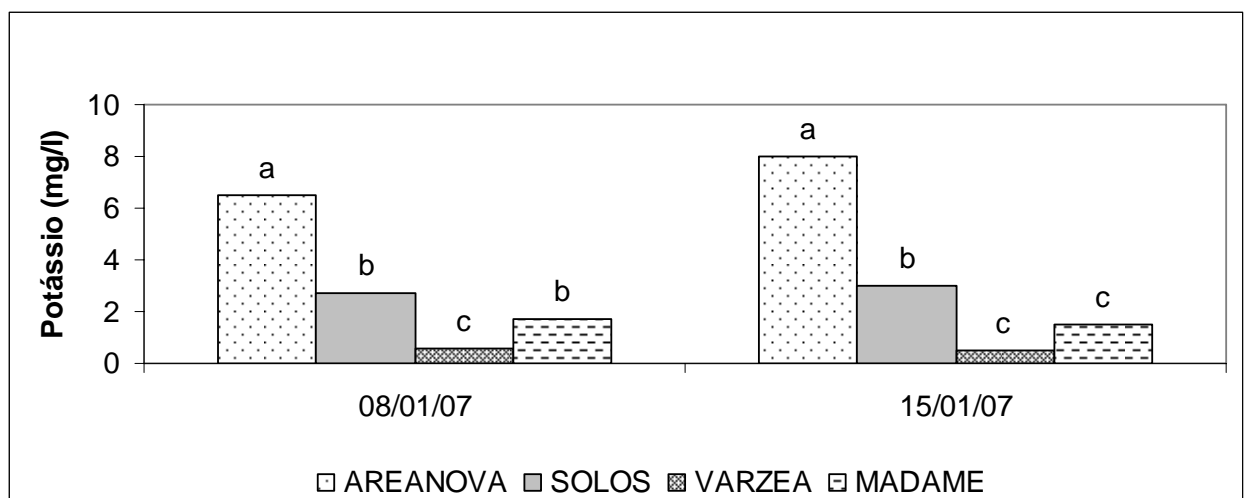
O valor de potássio obtido na primeira coleta foi de 6,5mg/l para o açude da Área Nova, 2,7mg/l para o do Solos, 1,7mg/l para o da Madame e 0,6mg/l para o açude da Várzea. Na segunda coleta o açude da Área Nova obteve o maior valor 8,0mg/l, 3,0mg/l para o do Solos, 1,5mg/l para o da Madame e 0,5 para o açude da Várzea. As concentrações médias de potássio nos açudes nas duas datas de coleta estão demonstradas na Figura 14. Tais diferenças

entre os açudes podem ser explicadas pelos diferentes manejos das áreas de entorno. Na área onde se encontra inserido o açude da Várzea, ocorre uma boa cobertura vegetal com matos de pinus e eucalipto e ausência de criação de animais e lavouras próximas, o que contribui para uma melhor qualidade nos níveis deste íon. Fato contrário foi observado no reservatório da Área Nova onde predominam as criações de bovinos, lavouras e pastagens que são sempre adubadas no momento de sua implantação.

Os maiores níveis de potássio foram observados na segunda coleta, que ocorreu posteriormente à precipitação, provavelmente devido ao efluente proveniente da enxurrada contribuindo significativamente para o aumento das concentrações de íons potássio.

Vanzela (2004), estudando a qualidade de água de uma microbacia, observou comportamento inverso do potássio cujo nível sofreu um aumento nos períodos chuvosos. Gonçalves et al (2005), estudando a qualidade da água do Arroio Lino, corrobora, afirmando que o acréscimo de concentração de potássio na água está relacionado com as precipitações que ocorreram em dias anteriores.

Os níveis de potássio normais nas águas de irrigação ficam entre 0-2 mg/l, estando as águas dos açudes da Madame e da Várzea dentro dos padrões estipulados para irrigação. O açude da Área Nova, nas duas coletas, possui nível bastante acima dos limites e o açude dos Solos somente na segunda coleta obteve valores médios acima do estabelecido por Ayers & Westcot (1991). O conhecimento do nível de potássio nas águas é extremamente relevante quando se utiliza fertirrigação em sistemas microirrigados.



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

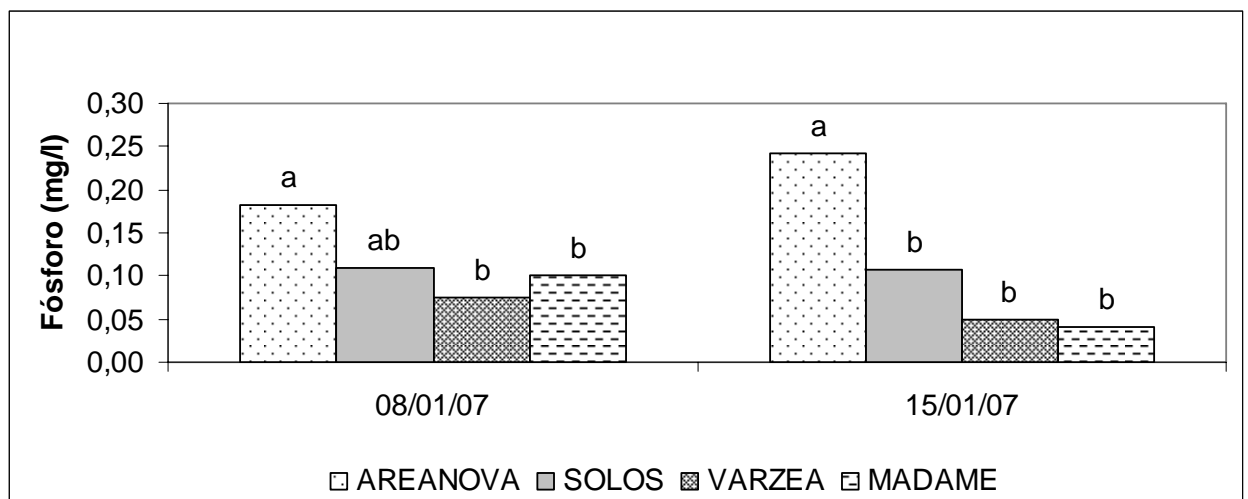
Figura 14- Concentração média de potássio em mg/l para os quatro açudes nas duas datas de coleta.

4.2.7 Fósforo

As concentrações médias de fósforo dos quatro açudes, nos dois momentos de coleta estão descritas na Figura 15. Verificou-se um acréscimo na concentração de fósforo, na segunda coleta, devido à precipitação de grande volume ocorrida anteriormente, principalmente no açude da Área Nova, onde as características da bacia de entorno contribuem para que haja um maior efluente.

Na primeira coleta os níveis de fósforo em mg/l foram: 0,18, 0,11, 0,10 e 0,07 para os açudes da Área Nova, Solos, Madame e Várzea respectivamente. Os valores referentes à segunda coleta são: 0,24, 0,10, 0,05 e 0,04 para Área Nova, Solos, Várzea e açude da Madame. As diferenças ocorridas entre açudes devem-se justamente a disponibilidade desse nutriente nos solos carregados pelo processo de escoamento superficial. Gonçalves et al (2005), constataram que as variações temporais estão relacionadas com as precipitações.

O fósforo possui, assim como o potássio e outros macronutrientes, relevância para a fertirrigação em sistemas microirrigados, sendo que, nos dois momentos de coleta e na totalidade dos açudes, os seus níveis estão dentro dos limites propostos para valores normais de águas de irrigação por Ayers & Westcot (1991).



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância

Figura 15 - Concentração média de fósforo em mg/l para os quatro açudes nas duas datas de coleta.

4.2.8 Nitrogênio total

O nitrogênio, nas águas de irrigação se apresenta de diferentes formas, como amônio, N-orgânico e nitrato que é a forma mais facilmente assimilável (AYERS & WESTCOT, 1991). Na Tabela 10 vêem-se as médias da concentração de nitrogênio total nas águas dos açudes relativas às duas coletas. Verificou-se que as médias relativas à primeira coleta foram superiores às observadas na segunda coleta; talvez por causa do menor volume dos açudes e, no segundo momento, pelo fato de o nitrogênio ser altamente solúvel, os níveis tenham apresentado diferenças.

Tabela 10 - Valores médios em mg/l de nitrogênio total presente nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.

Amostras	Dias de coleta	Médias
12	08/01/2007	1,15 a*
12	15/01/2007	0,87 b

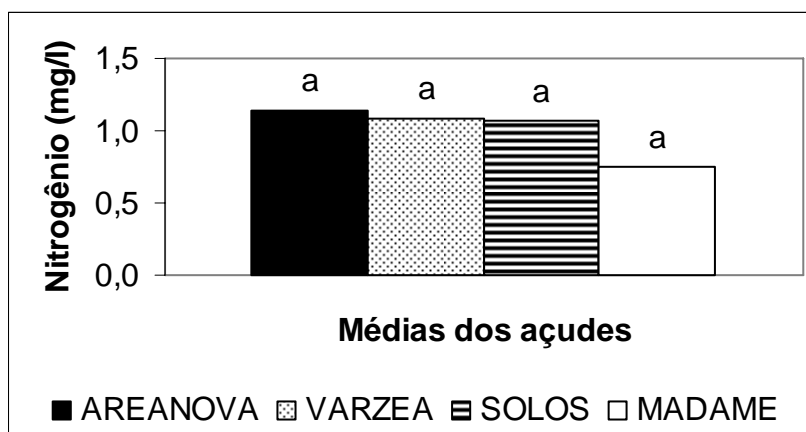
* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A Figura 16 mostra as médias de concentração de nitrogênio total dos quatro açudes para as duas coletas. Não houve diferenças significativas entre os açudes. O açude da Área Nova obteve o maior valor 1,143mg/l de nitrogênio, o açude da Várzea apresentou o segundo maior valor com 1,083mg/l seguido pelo dos Solos 1,071mg/l e o da Madame 0,748mg/l de nitrogênio total.

Não houve diferenças significativas entre as médias dos açudes. Uma hipótese é que, devido às áreas de lavoura no entorno serem formadas principalmente pelo cultivo da soja, não se utiliza comumente fertilizante nitrogenado e ou por realmente os solos que compõe o entorno serem pobres neste nutriente. A origem de algumas formas de nitrogênio encontrada na água de mananciais vem da degradação de compostos orgânicos e de fertilizantes e estes têm de estar disponíveis no ambiente (GONÇALVES et al, 2005).

Concentrações abaixo de 5mg/l de nitrogênio podem estimular o desenvolvimento de algas e outras plantas aquáticas, quando associadas à temperatura e luminosidade ótimas (AYERS & WESTCOT, 1991). Tal problema pode gerar, dentro de um sistema microirrigado, perda de carga em filtros, obstrução de emissores e maiores quantidades de retrolavagens (RIBEIRO et al, 2004).

Com relação ao uso dessas águas em microirrigação, todas as águas dos açudes possuem baixos níveis de nitrogênio, estando dentro de valores normais, segundo Ayers & Westcot (1991).



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 16 - Concentração média de nitrogênio total em mg/l para os quatro açudes referentes às duas datas de coleta.

4.2.9 Boro

Os níveis médios de boro nas duas datas de coleta para os quatro açudes são apresentados na Tabela 11 onde se observa que não houve diferenças significativas estatisticamente entre as duas coletas, talvez pela baixa disponibilidade deste nutriente

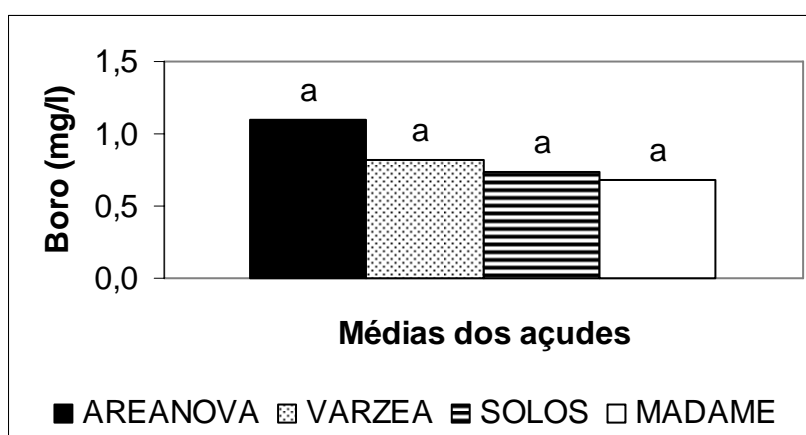
Tabela 11- Valores médios em mg/l de boro presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.

Amostras	Dias de coleta	Médias
12	08/01/2007	0,77 ns*
12	15/01/2007	0,89ns

* Médias seguidas por ns não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A Figura 17 mostra a concentração média de boro referente aos quatro açudes nas duas coletas. O açude da área Nova foi o que apresentou a maior concentração de boro em mg/l nas suas águas com valor médio de 1,10, o açude da Várzea obteve nível médio de 0,81, o dos Solos 0,73 e o reservatório da Madame com 0,67 mg/l de boro. Não houve diferenças significativas talvez pela baixa disponibilidade deste nutriente nas águas superficiais, pois segundo Ayers & Westcot (1991, p. 97), águas superficiais raramente apresentam altos níveis de boro.

A toxicidade por boro depende da tolerância de cada espécie cultivada. Não se têm níveis de concentração críticos, para classificação das águas de irrigação, mas a avaliação da água dependerá da cultura que será irrigada. O citrus, por exemplo, não suporta valores acima de 0,5mg/l (MASS, 1984 apud AYERS & WESTCOT, 1991 p.98). Portanto, no caso de microirrigação ou mesmo de qualquer outro sistema, o parâmetro a ser usado para avaliação é a concentração de boro e a tolerância ou não das culturas. As águas dos quatro açudes de acordo com a concentração obtida, não têm restrições nem mesmo para culturas sensíveis à toxicidade por boro, segundo Quadro 1 elaborado por . Mass, 1984 apud Ayers & Westcot, 1991 p.98.



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 17 - Concentração média de boro em mg/l para os quatro açudes, referente às duas datas de coleta.

4.2.10 Ferro total

Os resultados das concentrações médias de ferro total nos quatro açudes, referentes às duas coletas, estão apresentados na Tabela 12, indicando que houve diferenças significativas entre as datas de coleta. A coleta realizada no dia 15, após uma precipitação, fez com que o volume dos açudes se elevasse, obteve os maiores valores. Tal fato se explica pelo maior carreamento de partículas de solos constituídas de óxidos de ferro comuns nos argissolos. Vanzela (2004) verificou que nos períodos chuvosos ocorreram aumentos nos níveis de ferro nas águas pelo efeito da erosão.

Tabela 12 - Valores médios em mg/l de ferro total presente nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.

Amostras	Dias de coleta	Médias
12	08/01/2007	0,88 b

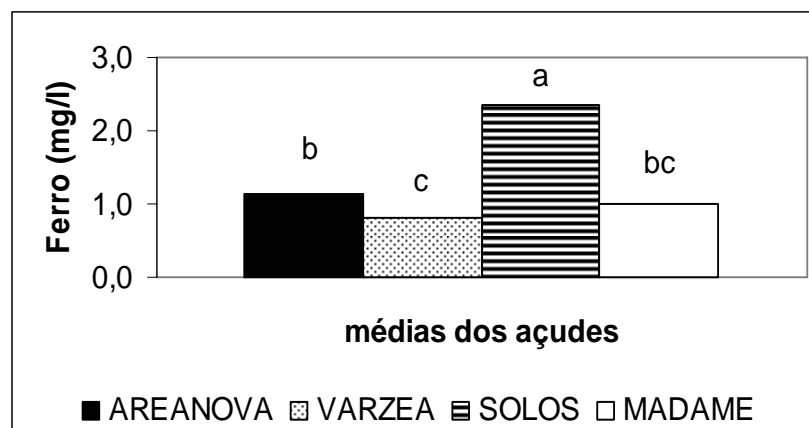
* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Com relação às médias encontradas entre os açudes, o dos Solos foi o que obteve as maiores concentrações com 2,340 mg/l, 1,130mg/l para o açude da Área Nova, 0,988mg/l para o açude da Madame e 0,805mg/l no reservatório da Várzea. A diferença observada no açude dos Solos deve-se ao fato de ali ter existido uma antiga olaria, e, na área de contribuição do açude terem sido retiradas enormes quantidades de horizonte B, ficando exposto um perfil subsuperficial rico em ferro sobre uma área mal drenada. Nos demais açudes as diferenças não foram tão discrepantes, estando relacionadas ao escoamento superficial que conduz materiais provenientes da bacia de entorno. A Figura 18 apresenta a concentração média de ferro em mg/l nos quatro açudes nas duas épocas de coleta.

Para a microirrigação o ferro tem uma alta relevância, principalmente por estar relacionado a problemas de obstrução de emissores e podendo ainda se associar a bactérias férricas que o oxidam causando entupimentos no sistema o que segundo Lamm et al (2007, p.401), é de difícil controle. Tais bactérias formam crostas de ferrugem no interior de tubos onde causam obstrução (RIBEIRO^b et al., 2005)

A água do açude dos solos está classificada, segundo seu potencial de causar obstrução, como de risco severo, sendo que os demais açudes possuem risco moderado (NAKAYAMA & BUCKS, 1986).

Para a utilização dessas águas em microirrigação deve-se pensar realizar alguma forma de tratamento, seja ele químico ou físico, principalmente no açude dos Solos onde verifica o pior nível de ferro total.



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 18 - Concentração média de ferro em mg/l para os quatro açudes referentes às duas datas de coleta.

4.2.11 Cálcio

Na Tabela 13 estão os valores médios do cálcio, nas duas datas de coleta, indicando que, para os dois momentos, não houve diferenças significativas, mesmo no período em que os mananciais possuíam um menor volume da água, aumentando um pouco sua concentração.

Fato semelhante foi observado por Vanzela (2004): estudando a qualidade da água de uma microbacia do córrego Três Barras, observou que os maiores valores de cálcio ocorreram no período seco, mesmo com pouca variação nos níveis deste elemento entre as épocas.

Tabela 13 - Valores médios em mg/l de cálcio presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.

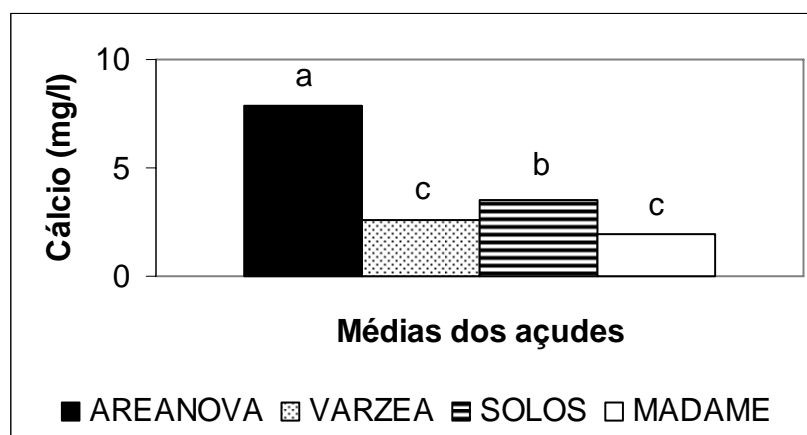
Amostras	Dias de coleta	Médias
12	08/01/2007	4,09 ns*
12	15/01/2007	3,86

* Médias seguidas por ns não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A Figura 19 mostra as concentrações médias encontradas nos diferentes açudes nas duas datas de coletas. A maior média de concentração de cálcio observada foi de 7,86 mg/l no açude da Área Nova, seguido do açude dos Solos com 3,54 mg/l, açude da Várzea 2,61 mg/l e da Madame com concentração média de 1,90 mg/l de cálcio em suas águas. Vanzela (2004) constatou que não ocorreram valores altos de cálcio nas águas do córrego Três Barras.

O cálcio nas águas pode ter origem natural, através da intemperização dos solos e rochas, e antrópicas, por meio do uso de fertilizantes aplicados diretamente no solo que posteriormente são carregados para o interior dos reservatórios. Neste caso específico, em se tratando de argissolos, onde estão inseridos os açudes, as características químicas são muito semelhantes. Portanto a hipótese de que as maiores concentrações de cálcio nos açudes da Área Nova e Solos se explicam pelo fato dos diferentes manejos dados à bacia de entorno parece ser a mais adequada. Outro motivo é a menor mobilidade e solubilidade do cálcio, observada por Chaverria et al. (2001), estudando a distribuição de íons em fertirrigação por gotejamento.

Os níveis normais de cálcio nas águas de irrigação são descritos por Ayers & Westcot (1991) e variam de 0 a 20 meq/l. Convertendo as unidades para meq/l temos que as águas dos açudes estudados estão dentro dos parâmetros normais. Com relação a microirrigação, o cálcio é extremamente importante pela sua estreita ligação com cátions como o potássio e o magnésio (CHAVERRIA et al, 2001) bem como sua interação com o sódio, fazendo parte do cálculo da RAS. Outro fator importante é com relação à fertirrigação e o seu excesso pode formar precipitados de carbonato e sulfato de cálcio causando obstrução de emissores e tubulações.



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 19 - Concentração média de cálcio em mg/l para os quatro açudes, referente às duas datas de coleta.

4.2.12 Magnésio

A Tabela 14 mostra as concentrações médias de magnésio em mg/l nas duas datas de coleta, referentes aos quatro açudes. Não houve diferenças nas concentrações do nutriente. Ocorreu um valor um pouco maior na referente à segunda coleta, realizada após precipitação anterior onde houve incremento no volume dos açudes.

Vanzela (2004) observou que a variação do magnésio nas águas é indefinida, mas encontrou valores no período chuvoso ligeiramente superiores, corroborando os valores observados neste trabalho.

Tabela 14 - Valores médios em mg/l de magnésio presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.

Amostras	Dias de coleta	Médias
----------	----------------	--------

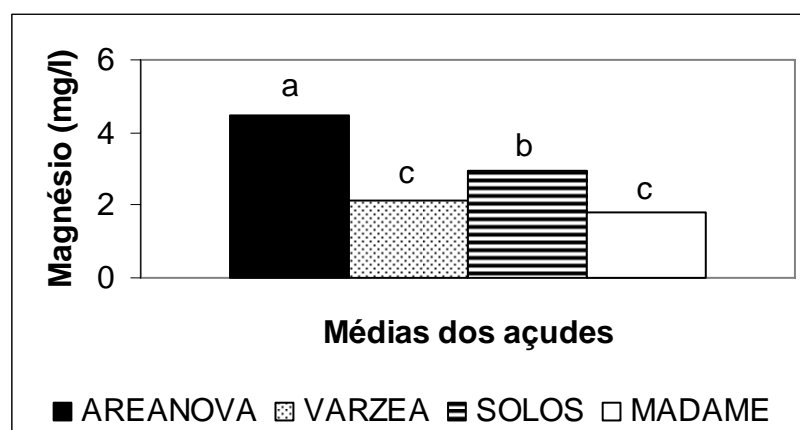
12	08/01/2007	2,80 ns*
12	15/01/2007	2,86

* Médias seguidas por ns não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A concentração média de magnésio nas águas dos açudes está descrita na Figura 20, onde se constata que a maior concentração de magnésio foi no açude da Área Nova cuja média de concentração é de 4,46 mg/l seguido do açude dos Solos com 2,95 mg/l, Várzea com valor médio de 2,11 mg/l e açude da Madame com concentração média de 1,80 mg/l de magnésio. O maior valor encontrado deve-se ao manejo do solo e ambiente do entorno da bacia, como a existência de lavouras e criação intensiva de bovinos onde são utilizadas diversas fontes alimentares inclusive minerais que podem ser carregadas para o reservatório à jusante. O mesmo comportamento se dá no açude dos Solos, onde existem, instaladas ao redor do açude, lavouras que fazem uso de fertilizantes. Já nos outros dois reservatórios suas médias não tiveram muita variação, devido à boa cobertura vegetal no entorno e ausência de atividades agrícolas próximas de seus cursos de contribuição.

Em águas que serão utilizadas em microirrigação é relevante determinar a concentração do magnésio por possuir correlação com elementos como o cálcio, participando na avaliação do potencial das águas em causar problemas de infiltração, bem como por ser macronutriente importante num programa de fertirrigação.

As águas de todos os açudes estão dentro dos valores normais para águas de irrigação segundo valores propostos por Ayers & Westcot (1991).



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 20 - Concentração média de magnésio em mg/l para os quatro açudes, referente às duas datas de coleta.

4.2.13 Dureza total

A tabela 15 traz os valores médios de dureza presentes na água dos açudes em cada uma das datas de coleta. Não ocorreram diferenças significativas quanto a este parâmetro até porque possui uma correlação estreita com os cátions de cálcio e magnésio. Por este motivo o comportamento observado é semelhante. Observaram-se valores um pouco superiores no período em que os açudes estavam com baixo volume de água.

Tabela 15 - Valores médios de dureza expressos em CaCO₃ presentes nas águas dos açudes em dois momentos de coleta.

Amostras	Dias de coleta	Médias*
12	08/01/2007	21,76 ns
12	15/01/2007	21,43

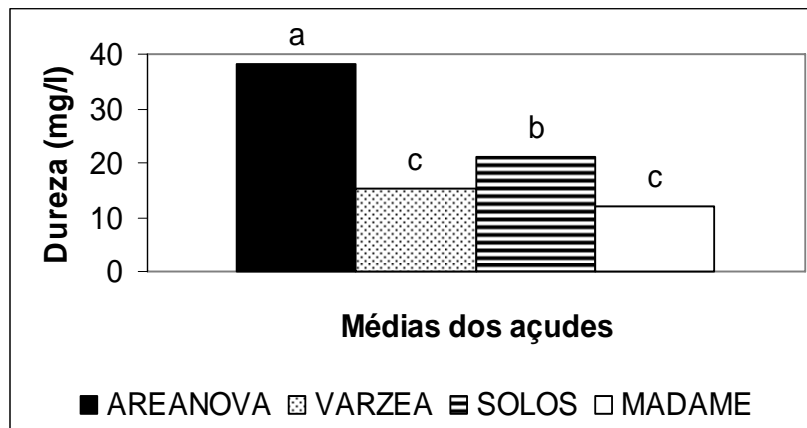
* Médias seguidas por ns não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados dos valores médios de dureza expressos em carbonato de cálcio nos diferentes açudes estão relacionados na Figura 21, onde se verificou que houve variação significativa entre os açudes. O açude da Área Nova teve o maior valor médio com 38,02mg/l de CaCO₃, o açude dos Solos obteve valor médio de 20,99mg/l de CaCO₃, o da Várzea e da Madame não diferiram entre si obtendo os valores de 15,22 e 15,15 mg/l de CaCO₃, respectivamente. A resposta para os valores obtidos no açude da Área Nova e dos Solos está justamente nas condições do entorno dos reservatórios, pois o comportamento foi semelhante ao observado para cálcio e magnésio.

Segundo Nakayama & Bucks (1986, p. 142) as precipitações de carbonatos de cálcio e magnésio são causados quando as águas de irrigação possuem altos valores de dureza e de pH, portanto a quantificação da dureza das águas de irrigação possui alta relevância técnica e econômica.

Na avaliação das águas dos reservatórios para o risco de entupimento de sistemas de irrigação, foram utilizados os valores propostos por Pitts (1990 apud ribeiro et al, 2005), onde as águas estudadas são classificadas como de baixo risco de entupimento.

Quanto à classificação das águas de irrigação propostas por Costa (2005), as águas dos açudes estudados são classificadas como moles.



Médias com mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Figura 21 - Valores médios da dureza total expressa em CaCO_3 para os quatro açudes, referentes às duas datas de coleta.

5. CONSIDERAÇÕES VINCULADAS A MICROIRRIGAÇÃO

5.1 Problemas relacionados ao sistema

Dentre os problemas relacionados à microirrigação, a obstrução dos emissores e tubulações talvez seja o mais comum e de maior importância. Para que o sistema forneça boa uniformidade de aplicação e seja vantajoso do ponto de vista econômico há necessidade de se reduzir os riscos de obstrução por meio de recursos de filtragem e ou tratamento químico da água utilizada.

O açude da Área Nova apresentou concentrações altas nos parâmetros ferro total, sólidos em suspensão e pH, apresentando alto risco de obstrução dos emissores, havendo necessidade de tratamento dessas águas para posterior utilização em sistemas de microirrigação.

No açude dos Solos os níveis relativos aos sólidos em suspensão nas duas coletas e pH na segunda, apresentaram risco moderado ao entupimento. Nos demais açudes as concentrações dos parâmetros estudados que possuem influência no sistema está dentro dos níveis tolerados e normais, podendo estas águas serem utilizadas, sem restrição, apenas com um simples sistema de filtragem, como um filtro de tela ou de disco.

Os parâmetros de cálcio, magnésio e dureza total estão dentro dos limites até então estabelecidos para uso em microirrigação, quando analisados individualmente.

Águas como as encontradas nos reservatórios da Área Nova e Solos necessitam de tratamentos prévios que muitas vezes são muito onerosos, podendo tornar a técnica da microirrigação inviável economicamente, dependendo da cultura a ser irrigada.

5.2 Problemas relacionados ao solo

Dentre os principais problemas que as águas de irrigação podem vir a causar nos solos estão à capacidade de infiltração e a salinização. Os principais parâmetros ligados a esses problemas são o cálcio, magnésio, sódio, pH, potássio, sólidos dissolvidos, concentração salina, fósforo e o valor da RAS.

Os açudes que apresentaram níveis significativos nas concentrações de potássio foram os açudes da Área Nova nas duas coletas e dos Solos na segunda. Estes níveis encontrados principalmente no açude da Área Nova tornam a água praticamente uma solução nutritiva, devendo seus níveis serem contabilizados quando se utilizar fertirrigação, pois o elemento já vai estar contido na própria água. No caso razão de adsorção de sódio (RAS), todos os açudes apresentaram severo risco. Com valores de sódio e condutividade elétrica baixos, os níveis de salinidade são reduzidos, incluindo-se aí Ca e Mg. A infiltração aumenta à medida que a salinidade se eleva (AYERS & WESTCOT, 1991).

De modo geral o risco de salinização dos solos, quando da utilização das águas dos quatro reservatórios, é pequeno e somente poderiam ocorrer problemas com a capacidade de infiltração, o que é perfeitamente contornável mediante aplicação de uma fonte de cálcio no solo.

5.3 Problemas relacionados com as plantas

Os principais problemas relacionados com os vegetais via água de irrigação estão relacionados ao excesso de determinados íons.

Os problemas podem ser causados pelo ferro, nitrogênio, sódio e boro. No caso particular do boro, este nutriente está dentro dos valores normais para águas de irrigação em todos os quatro açudes. Seu limite tóxico está vinculado à espécie vegetal cultivada, sendo que umas são mais sensíveis do que outras. No caso do nitrogênio seus níveis nos açudes são normais, mas se encontra presente em todos, portanto devem ser computados esses níveis quando se realiza um plano de fertirrigação. O seu excesso causa crescimento vegetativo demasiado e maturação tardia de frutos.

O ferro, quando solúvel, pode formar uma barreira física nas raízes das plantas cultivadas, impedindo que absorvam outros nutrientes. Sua toxicidade pode causar também bronzeamento das folhas, reduzindo a superfície fotossintética, a exemplo da clorose causada pelo sódio (AYERS & WESTCOT, 1991). Somente nos açudes dos Solos e da Área Nova é que o ferro possui concentrações que levam à restrição de seu uso na microirrigação.

5.4 O efeito entorno

Basicamente a origem dos parâmetros qualitativos presentes nas águas pode ser natural ou antrópica. A natural é proveniente da intemperização das rochas de origem e dos

solos onde estão inseridos os reservatórios. A antrópica é aquela que se origina a partir de uma ação realizada pelo homem. Os quatro açudes se localizam em áreas de argissolos com características naturais muito semelhantes. Portanto as diferenças observadas entre os açudes nos diversos parâmetros qualitativos analisados são provenientes do manejo dado a cada bacia de entorno específica de cada açude, pois toda e qualquer ação ou manejo realizado no entorno destes açudes terão reflexos significativos na qualidade de suas águas.

Ficou evidenciado que determinados açudes têm suas particularidades afetadas pelo manejo dado ao entorno. O caso da concentração de ferro no açude dos Solos fugiu completamente do comportamento que vinha sendo descrito. O que mudou foi uma peculiaridade intrínseca àquele reservatório que lhe conferiu tal característica: a retirada do horizonte B, deixando exposto o perfil rico em óxido de ferro.

O açude da Área Nova foi o que maiores problemas apresentou do ponto de vista qualitativo de suas águas, mas o material de origem onde ele está inserido é o mesmo do açude da Várzea que, juntamente com o açude da Madame, obteve melhores índices qualitativos em suas águas. Portanto o fator determinante das diferenças verificadas foi basicamente o manejo dado à bacia de entorno.

Os sistemas de microirrigação, devido ao pequeno diâmetro de seus componentes, têm a desvantagem de ser muito mais exigente em relação à qualidade da água utilizada. A depleção qualitativa das águas do açude da Área Nova poderia tornar a adoção de sistemas de microirrigação econômica e tecnicamente inviáveis.

5.5 Comentário final

Existe uma lacuna com relação às concentrações limites de certos parâmetros intrínsecas à microirrigação, sendo que estes valores são extremamente genéricos para todo tipo de método de irrigação, necessitando-se de maiores estudos aplicados a nossa realidade e condições de solo e clima.

6. CONCLUSÕES

Nas condições descritas no presente trabalho, as análises físicas e químicas das águas de quatro reservatórios permitem concluir que:

a) Os açudes estudados têm suas características qualitativas influenciadas pelo manejo do entorno de suas bacias, desta forma constatou-se que ocorreram diferenças entre açudes e entre datas de coleta para os diversos parâmetros avaliados.

b) As águas dos açudes da Madame e da Várzea possuem uma melhor qualidade de suas águas para uso em microirrigação. Apenas com relação à razão de adsorção de sódio (RAS) é que possuem restrição.

c) O açude da Área Nova apresentou restrições para utilização em microirrigação por apresentar alta concentração de sólidos suspensos, potencial de hidrogênio, ferro e potássio. O valor baixo da razão de adsorção de sódio, aliado à baixa condutividade elétrica, é de risco severo à infiltração de água no solo.

d) O açude dos Solos apresenta risco para uso na microirrigação com relação aos parâmetros ferro, o qual revela risco severo, RAS, em ambas as coletas, potássio e pH, na segunda coleta.

7. RECOMENDAÇÃO

Faz-se necessário um estudo minucioso, procurando avaliar as variações espaço-temporais da qualidade das águas desses mananciais, durante o ano, demonstrando, desta forma, um comportamento padrão para os diferentes componentes físico-químicos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Publicações da Agência Nacional das Águas-ANA**. Brasília, 2005. 1CD-ROM.
- ALMEIDA, O. A. de; GISBERT, J. M. Variación en la calidad Del água de riego em um huerto de cítricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10,n.1, p.64-69, 2005.
- AYERS, R. S; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande, UFPB, 1991, 218 p (Estudos FAO irrigação e drenagem, n.29).
- BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMANSKI, H. **Agrometeorologia aplicada a irrigação**. Porto Alegre: Ed. Da UFRGS, cap.1, p. 11-24, 1992.
- BERNARDO, S. MANTOVANI, E. C. SOARES, A. A. **Manual de Irrigação**. 7. ed. Viçosa UFV/ Imprensa Universitária., 2005.
- BIGGAR, J. W; ROLSTON, D. E; NIELSEN, D. R. Transport of salts by water. California. **Agriculture**, v. 38, n.10, p. 10-1, 1984.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n.20, de 30 de julho de 1986**. Brasília: Congresso Nacional, 1986. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama/res/res86/res2086.htm>. Acessado em 20/10/2006.
- BRITO, L.T.de L; et al. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.9,n.4, p.596-602, 2005.
- BURIOL, G. A. Disponibilidades hídricas do solo possíveis de ocorrerem no estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**. v. 10, 1980.
- CARVALHO, A. R; SCHLITTLER, F. H. M; TORNISIELO, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**. v.23 n.5, 2000.
- CAUDURO, F. A; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem**. Porto Alegre: IPH-UFRGS, 1995.
- CHAVERRÍA, C. J; et al. Distribución de iones em el bulbo húmedo del suelo como producto del fertirriego por goteo. **Revista Agrociencia**. n.35, p.275-285, 2001.
- CHRISTOFIDIS, D. **Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil**. Brasília, DF, 2006. Disponível em <http://www.genderandwater.org/page/2762>. Acessado em 20/10/2006.
- CORTEZ, A. B; MAGALHÃES, P.S.G. **Introdução à engenharia agrícola**. Campinas, Ed. da Unicamp, 1992. 393 p.

- COSTA, C. P.M. de; et al. Caracterização qualitativa da água de irrigação na cultura da videira no município de Brejo Santo, Ceará. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.2, 2005.
- DIAS, N. S. da; OLIVEIRA, M. V. A. M. de; COELHO, R. D. Resistência de diferentes tipos de tubogotejadores ao entupimento por precipitação química de cálcio. **Irriga.** v.9, n.2, p. 115-125, 2004.
- DONADIO, N. M. M; GALBIATTI, J. A; PAULA, R. C. de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo. **Engenharia Agrícola**. v.25 .n.1. p115-125, 2005.
- FARIA, L. F; et al. Entupimento de gotejadores e seu efeito na pressão da rede hidráulica de um sistema de microirrigação. . **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**.v.6,n.2, p.195-198, 2002.
- FERREIRA, P. A; et al. Estresse salino em plantas de milho: II macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9 (Suplemento), p.11-15, 2005.
- FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985, 362 p.v.1
- GOMES, A. S; PAULETTO, E. A. **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999. 201p.
- GONÇALVES, C. S; et al. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**.v.9, n.3, p.391-399, 2005.
- HAMDY, A; SARDO, V; GHANEM, K. A. F. Saline water in supplemental irrigation of wheat and barley under rainfed agriculture. **Agricultural Water Management**, n. 78, p. 122-127, 2005.
- HÉRLON F, R; PAULINO, W. D. **Recomendações e cuidados na coleta de amostras de água**. Secretaria de Recursos Hídricos - Companhia de Gestão dos recursos hídricos (COGERH), Fortaleza, 2001 (Informe Técnico n.2/2001).
- HERNADEZ, F. B. T; SASSAKI, N; BRAGA, R. S. Qualidade da água em um sistema irrigado no noroeste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu, **Anais ...** Foz do Iguaçu, 2001.
- KATERJ, N; et al. Salinity effect on grain quality of two durum wheat varieties differing in salt tolerance. **Agricultural Water Management**. v.75, n.2, p. 85-91, 2004.
- LIMA, J.E.F.W; FERREIRA, R.S.A; CHRISTOFIDIS, D. **O uso da irrigação no Brasil**. Disponível em <http://cf.org.br/cf2004/irrigação.doc> Acessado em 10 de julho de 2006.
- MAIA, C. E; MORAIS, E.R.C.de; OLIVEIRA, M. de. Estimativa de carbonato de cálcio aplicado via água de irrigação nas regiões do Apodi e Baixo Iguaçu, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.5, n.1, p71-75, 2001.

MALASH, N; FLOWERS, T. J; RAGAB, R. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. **Agricultural Water Management**, n.78, p.25-38, 2005.

MANTOVANI, E. C; BERNARDO, S. PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 318 p.

MEDEIROS, Y. D. P; et al. Monitoramento da qualidade da água para o desenvolvimento sustentável do semi-árido baiano. V SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 5., 2000, Natal. **Anais...** Natal., 2000.

MERTEN, G. H; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. v.3, n.4, p.33-38, 2004.

MORAIS, E. R. C. de; MAIA, C.E; OLIVEIRA, M. de. Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do departamento de solos e geologia da escola superior de agricultura de Mossoró-RN. **Caatinga**. v.11 n.1/2, p.75-88, 1998.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia, 1961.

NAKAYAMA, F. S; BOMAN, B. J; PITTS, D. J. Maintenance. In: LAMM, F. R; AYARS, J. E; NAKAYAMA, F. S. **Microirrigation for crop production**. 1st. ed.Elsevier B.V Amsterdam: Elsevier, 2007, cap.11, p.389-430 (Developments in Agricultural Engineering 13).

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

OLIVEIRA, F. M. de; et al. Diagnóstico da qualidade das águas da microbacia do riacho Angico, para fins de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9 (Suplemento), p.221-225, 2005.

OLIVEIRA, M. de; MAIA, C. E. Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.2, p.17-21, 1998.

PATERNIANI, J. E. S; SCATOLINI, M. E. Eficiência de diferentes elementos filtrantes na prevenção na prevenção de obstrução de gotejadores. **Irriga**, v.8, n.1, p.78-87, 2003.

PAZ, V. P. da S, TEODORO, R. E. F, MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.4, n.3, 2000.

RESENDE, R. S; et al. **Ocorrência de entupimento de origem biológica em sistemas de irrigação por gotejamento no município de Atibaia-SP**. Disponível em http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/etene/rede_irrigacao/docs/ocorrencia%20de%20entupimento%20de%20origem%20biologica%20em%20sistema%20de%20irrigacao%20por%20gotejamento%20no%20municipio%20de%20atibaia-sp.pdf. Acessado em 15/05/2006.

RHEINHEIMER, D. S; GONÇALVES, C. S; PELLEGRINI, J. B. R. Impactos das atividades agropecuárias na qualidade da água. **Revista Ciência e Ambiente**. v.20, p.186, 2003.

RIBEIRO, T. A. P; AIROLDI, R. P. S. da; PATERNIANI, J. E. S; SILVA, M. J. M. Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.9.n.3, 2005.a

_____. Variação temporal da qualidade da água no desempenho de filtros utilizados na irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.9,n.4, p.450-456, 2005.b

RIBEIRO, T; PATERNIANI, J; AIROLDI, R. Efeito da qualidade da água na perda de carga em filtros utilizados na irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.1-6, 2004.

RIGHES, A. A. Água sustentabilidade, uso e disponibilidade para a irrigação. **Revista Ciência e Ambiente**, v.21, p. 91-102, 2000.

ROSA, G. M; PETRY, M. T; CARLESSO, R. Disponibilidade, eficiência e racionalidade na utilização de recursos hídricos. **Revista Ciência e Ambiente**. v. 21, p. 103-118, 2000.

SAVOY, V. L. T; PRISCO, R. C. B; ALMEIDA, S. D. B. de. Determinação da dureza da água de regiões agrícolas do estado de São Paulo. **Arquivo Instituto. Biologia.**, v.71, n.3, 2004.

SCALOPPI, E, J; BRITO R. A. Qualidade da água e do solo para irrigação. (**Informe Agropecuário**), v. 139, p.80 - 94, 1986.

SCATOLINI, M. E; PATERNIANI, J. E. S. Remoção de sólidos suspensos na água de irrigação utilizando mantas sintéticas não tecidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.5, n.3, p382-385, 2001.

SCHLAM, F. H; et al. Monitoreo de la calidad del agua em el rio Texcoco mediante sensores selectivos de iones. **Revista Agrociencia**. n.40, p. 277-287, 2006.

SETTI, A. A; et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANAEE; ANA, 2001. 328 p.

SILVA JUNIOR, L. G. A; GHEYI, H. R; MEDEIROS, J. F. de. Composição química de águas do cristalino do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.3,n.1, p11-17, 1999.

SOUZA FILHO, P. S. **Comparativo de custos de diferentes fontes de energia para irrigação por gotejamento**, 2003. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

SOUZA, H. B; DERISIO, J. C. **Guia técnico de coleta de amostra de água**. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental-CETESB. São Paulo, SP, 1977.

SOUZA, J. A. A. de; CORDEIRO, E. de A; COSTA, E. L da. Aplicação de hipoclorito de sódio para recuperação de gotejadores entupidos em irrigação com água ferruginosa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10,n.1, p.5-9, 2006.

STRECK, E. V; et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed da EMATER/RS; UFRGS, 2002. 108p.

SUASSUNA, J; AUDRY, P. **Estudo da salinidade de águas utilizadas em pequena irrigação no nordeste e da sua evolução sazonal, durante os anos de 1988/89**. Disponível em <http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/estsal.html>. Acessado em 20/10/2006.

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

TESTEZLAF, R; MATSURA, E. E, CARDOSO, J. L. **Importância da irrigação no desenvolvimento do agronegócio**. ABIMAQ/ UNESP, jul. 2002. Disponível em <http://www.agr.feis.unesp.br/csei.pdf>. Acessado em 15/07/2006.

TESTEZLAF, R; et al. Análise potencial de entupimento em gotejadores através da avaliação da qualidade de água de irrigação. **Irriga**, v.6, n.1, p.53-62, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS/ABRH, 2004. 943p.

VANZELA, L. S. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP**. 2004. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

WITHERS, B; VIPOND, S. **Irrigação: projeto e prática**. São Paulo: USP, 1977.

9. ANEXOS

ANEXO A Planilha de Campo

PLANILHA DE CAMPO PARA COLETA DE AMOSTRA DE AGUA

CONDIÇÕES AMBIENTAIS: céu claro () nublado ()
chuvoso ()

DATA: / /

Horários: às h

Volume da amostra: 500ml

Amostras de água

Açude	Marchezan			Madame			Solos			Área nova		
Repet.	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ph												
CE												
SD												
Temp.°c												
Aparência da água	<input type="checkbox"/> barrenta <input type="checkbox"/> transparente <input type="checkbox"/> transp. c/susp.			<input type="checkbox"/> barrenta <input type="checkbox"/> transparente <input type="checkbox"/> transp. c/susp.			<input type="checkbox"/> barrenta <input type="checkbox"/> transparente <input type="checkbox"/> transp. c/susp.			<input type="checkbox"/> barrenta <input type="checkbox"/> transparente <input type="checkbox"/> transp. c/susp.		
Presença de algas	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> Não			<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> Não			<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> Não			<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> Não		
Cor da água	<input type="checkbox"/> verde <input type="checkbox"/> am. esv. <input type="checkbox"/> parda <input type="checkbox"/> escura			<input type="checkbox"/> verde <input type="checkbox"/> amarelo- Esverdeada <input type="checkbox"/> parda <input type="checkbox"/> escura			<input type="checkbox"/> verde <input type="checkbox"/> am. Esverdeada <input type="checkbox"/> parda <input type="checkbox"/> escura			<input type="checkbox"/> verde <input type="checkbox"/> am. Esverdeada <input type="checkbox"/> parda <input type="checkbox"/> escura		
Velocidade do vento (Km/h)												
Horário da coleta (horas)												

Responsável pela coleta: _____

ANEXO B. Detalhes da água e entorno do açude da Área Nova. (Foto: Zamberlan, 2007)



ANEXO C. Detalhe do açude do Solos. (Foto: Zamberlan, 2007)



ANEXO D. Detalhe dos açudes da Madame e da Várzea. (Foto: Zamberlan, 2007)



(Madame)



(Várzea)

ANEXO E. Detalhe das medições “in situ” e planilha de campo. (Foto: Zamberlan, 2007)



PLANILHA DE REGISTRO DE DADOS DE AMOSTRAS DE ÁGUA

Localidade: Estação de Tratamento de Água - São Carlos Data: 08/01/07 Hora: 07:30 Volume de amostra: 500ml

Parâmetro	Método			Unidade			Resultado		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
pH	7,2	7,2	7,2						
Temperatura	22,5	22,5	22,5	°C					
Condutividade	120	120	120	µS/cm					
Alcalinidade	120	120	120	mg/L					
Presença de algas	Não	Não	Não						
Cor de água	1	1	1	PCU					
Transparência	10	10	10	NTU					
Visibilidade	2,5	2,5	2,5	m					
Temperatura da água	22,5	22,5	22,5	°C					
Temperatura do ar	22,5	22,5	22,5	°C					

Observações: Amostras coletadas em pontos diferentes da estação.

ANEXO F Análises laboratoriais das águas.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS - DEPARTAMENTO DE SOLOS

LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE ÁGUAS RURAIS (LAAR)

Nome: João Zamberlan Fone: 3222-0311 3220-9449
 Endereço: NUMIR Entrada: 09/01/07
 Município: Santa Maria

LAUDO DE ANÁLISE DE ÁGUA

N°	Identificação da Amostra	N	B	pH	K	Na	P
		mg l ⁻¹			mg l ⁻¹		
1	solos 1	0,92	1,10	6,49	2,70	0,50	0,113
2	solos 2	1,48	0,49	6,46	2,70	0,80	0,107
3	solos 3	1,06	0,49	6,40	2,70	0,80	0,110
4	madame 1	0,88	0,66	5,93	1,80	0,00	0,103
5	madame 2	0,78	1,19	5,93	1,80	0,00	0,100
6	madame 3	0,64	0,44	6,00	1,50	0,00	0,097
7	Várzea 1	1,27	0,62	5,97	0,60	0,00	0,053
8	Várzea 2	1,48	0,53	6,05	0,60	0,00	0,093
9	Várzea 3	1,02	0,57	6,10	0,60	0,00	0,080
10	area nova 1	1,20	1,06	6,99	6,60	0,80	0,133
11	area nova 2	1,87	0,93	7,05	6,30	0,80	0,177
12	area nova 3	1,24	1,15	7,06	6,60	1,10	0,234

N°	Ca	Mg	Dureza	Fe	Sólidos suspensos		
	mg l ⁻¹		mg CaCO ₃ l ⁻¹	mg l ⁻¹			
1	3,95	2,89	21,77	1,88	130,00		
2	3,42	2,89	20,46	1,94	120,00		
3	3,25	3,00	20,47	1,97	100,00		
4	1,93	1,90	12,63	0,69	100,00		
5	1,93	1,90	12,63	0,81	90,00		
6	2,11	1,77	12,54	0,66	60,00		
7	2,54	2,00	14,61	0,25	90,00		
8	2,72	2,06	15,27	0,28	80,00		
9	2,63	2,13	15,35	0,48	60,00		
10	8,25	4,25	38,10	0,48	140,00		
11	8,16	4,40	38,48	0,78	140,00		
12	8,25	4,43	38,85	0,45	160,00		

LAAR

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS - DEPARTAMENTO DE SOLOS

LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE ÁGUAS RURAIS (LAAR)

Nome: João Zamberlan Fone: 3222-0311 3220-9449
Endereço: NUMIR Entrada: 15/01/07
Município: Santa Maria

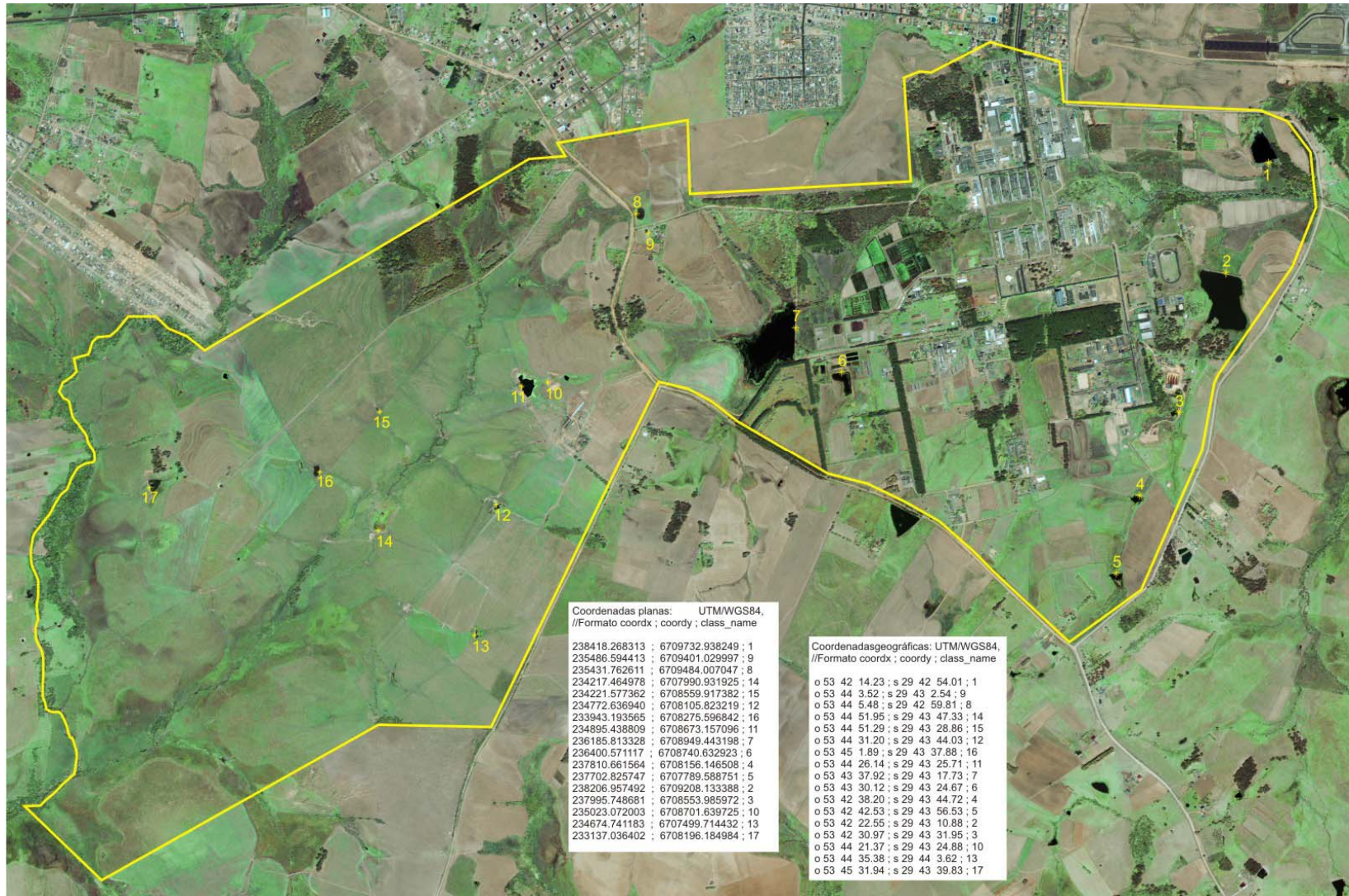
LAUDO DE ANÁLISE DE ÁGUA

Nº	Identificação da Amostra	N	B	pH	K	Na	P
		mg l ⁻¹			mg l ⁻¹		
1	solos 1	0,99	0,49	6,93	2,50	0,70	0,127
2	solos 2	0,99	0,71	6,98	4,00	0,70	0,097
3	solos 3	0,99	1,10	7,90	2,50	0,40	0,100
4	madame 1	1,13	0,40	5,93	1,60	0,00	0,033
5	madame 2	0,64	0,71	6,06	1,60	0,00	0,053
6	madame 3	0,42	0,66	6,15	1,30	0,10	0,037
7	Várzea 1	0,85	1,15	5,87	0,70	0,00	0,103
8	Várzea 2	0,64	1,37	6,15	0,40	0,00	0,020
9	Várzea 3	1,27	0,66	6,17	0,40	0,00	0,027
10	area nova 1	0,99	0,80	7,98	8,50	1,60	0,240
11	area nova 2	0,78	1,86	8,29	7,90	1,30	0,250
12	area nova 3	0,78	0,80	7,88	7,60	2,80	0,237

Nº	Ca	Mg	Dureza	Fe	Sólidos suspensos		
	mg l ⁻¹		mg CaCO ₃ l ⁻¹	mg l ⁻¹			
1	3,60	2,90	20,92	2,84	80,0		
2	3,77	3,33	23,15	2,75	30,0		
3	3,25	2,70	19,22	2,66	50,0		
4	2,11	2,10	13,91	1,21	10,0		
5	1,93	2,01	13,10	1,53	10,0		
6	1,40	1,12	8,13	1,03	10,0		
7	2,54	2,26	15,68	1,29	20,0		
8	2,81	2,05	15,44	1,21	20,0		
9	2,46	2,16	15,01	1,32	10,0		
10	9,04	4,71	41,96	1,47	80,0		
11	7,19	4,69	37,29	1,53	60,0		
12	6,32	4,29	33,46	2,07	100,0		

LAAR

ANEXO G. Vista geral dos limites do Campus da UFSM e seus reservatórios.



Fonte: NDIGe/UFSM, 2006.