

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade em Diferentes Setores

**DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA NO AGRONEGÓCIO IRRIGADO:
UMA CONTRIBUIÇÃO PARA SUSTENTABILIDADE**

**DIAGNOSIS OF WATER QUALITY IN AGRIBUSINESS IRRIGATED: A
CONTRIBUTION TO SUSTAINABILITY**

João Fernando Zamberlan, Adroaldo Dias Robaina, Márcia Xavier Peiter, Francies Diego Motke,
Roberto Schoproni Bichuetti e Clandia Maffini Gomes

RESUMO

Com a crescente necessidade de aumentar a produção de alimentos e diante da restrição do aumento horizontal de áreas agrícolas, a verticalização produtiva é uma alternativa. O agronegócio irrigado tem ocupado posição de destaque dentro deste cenário. A modalidade de microirrigação vai ao encontro do desenvolvimento sustentável devido a sua maior eficiência de aplicação de água e economia de energia. Porém pode tornar-se um problema para o ambiente quando a água aplicada for de qualidade inapropriada. Para tanto o objetivo deste trabalho foi o de realizar um diagnóstico qualitativo das águas superficiais para uso em microirrigação. Foram realizadas amostras em dois reservatórios durante diferentes meses do ano, onde foram mensurados os níveis dos parâmetros qualitativos da água relevantes para microirrigação. Posteriormente foram calculados índices de qualidade das águas e classificados os reservatórios. Os índices de qualidade da água dos reservatórios encontraram-se na faixa entre 80 e 70 na maioria dos meses. A exceção foi observada nos meses de maio e junho no reservatório S com índices de 68 e 57 respectivamente, evidenciando uma queda qualitativa das águas de irrigação. Concluiu-se que houve variação na qualidade de água dos reservatórios em função das condições meteorológicas e da bacia de entorno.

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável, índice de qualidade da água, gestão ambiental.

ABSTRACT

With the growing need to increase food production and on the restriction of increased horizontal agricultural areas, the vertical production is an alternative. The irrigated agribusiness has occupied a prominent position within this scenario. The type of micro irrigation meets the sustainable development due to its higher water application efficiency and energy saving. However may become a problem for the environment if the quality of the applied water is inappropriate. Therefore the objective of this study was to conduct a qualitative diagnosis of surface water for use in micro-irrigation. Specimens were collected in two reservoirs during different months of the year, where we measured levels of water quality parameters relevant for micro irrigation. Later indices were calculated water quality and classified the reservoirs. The indices of water quality of the reservoirs found in the range between 80 and 70 months at most. The exception was observed in the months of May and June in the reservoir S with indices of 68 and 57 respectively, showing a decrease in quality of irrigation waters. It was concluded that there was variation in the water quality of the reservoir due to the weather conditions and the surrounding watershed.

Keywords: sustainable development, index of water quality, environmental management.

1. INTRODUÇÃO

A água é recurso fundamental para sobrevivência no planeta bem como para toda e qualquer atividade humana. Em nosso cotidiano somos altamente dependentes da água para garantirmos uma boa qualidade de vida. A água é utilizada nas mais diversas indústrias, para o lazer, pesca, geração de energia mas principalmente na produção de alimentos, ou seja é um insumo indispensável e determinante do sucesso da atividade.

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).

O agronegócio irrigado tem adquirido importância ao passo que as legislações ambientais têm restringido a abertura de novas fronteiras agrícolas em território nacional. Diante da premente necessidade de produção de alimentos para uma população mundial crescente e a necessidade de um uso mais eficiente dos recursos naturais a modalidade de microirrigação tem sido uma das alternativas viáveis e sustentáveis para produção agrícola.

A agricultura é a maior usuária do recurso, portanto, com a diminuição da qualidade das águas de nossos mananciais o agronegócio irrigado deverá, não só melhorar a eficiência no seu uso como também adaptar-se a utilizar águas qualitativamente inferiores, como é o caso de águas residuárias, deixando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres.

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). 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, decorrentes dos diferentes usos humanos 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 dos níveis em que o elemento constituinte da água se encontra.

A água é integradora dos usos da bacia recebendo todo material advindo a sua montante, vindo a contaminar-se comprometendo a qualidade de vida e inviabilizando a atividade agrícola. Dependendo do tipo de água aplicada esta pode ocasionar diferentes danos ambientais, sociais e econômicos, ou seja, afetando diretamente a sustentabilidade do agronegócio. Águas que contenham altos níveis de sódio, por exemplo, acabam por causar uma redução na taxa de infiltração de água no solo. Esta redução não só traz prejuízos a atividade, mas também pode contribuir para um maior risco de ocorrência de cheias nas cidades a jusante pelo aumento de volume de água escoado decorrente das enxurradas. Outro problema advém da ocorrência de elementos tóxicos, sólidos suspensos, salinidade entre outros. Segundo Zamberlan (2007), qualquer alteração no meio natural pode vir a alterar as características qualitativas dos corpos da água por meio do escoamento superficial, lixiviação e carreamento de materiais com fluxo direcionado a jusante. Portanto, o conhecimento dos componentes é relevante, pois pode evitar impactos no meio ambiente bem como acarretar em prejuízos econômicos e sociais que podem perdurar por um longo período de tempo.

O objetivo deste trabalho foi o de realizar um diagnóstico da qualidade de águas superficiais utilizadas em sistemas microirrigados. Este levantamento contribui na medida em que conhecendo o que se utiliza pode-se, a partir do conhecimento destas características intrínsecas do recurso minimizar os impactos advindos de sua utilização e ou adequá-lo a finalidade proposta.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agronegócio irrigado

O agronegócio é responsável por aproximadamente 25 a 30% do PIB nacional e tem tido papel fundamental no saldo da balança comercial devido às exportações de produtos agrícolas como soja, algodão, carnes, suco de laranja e outros. Segundo Gasquet al., (2004) o agronegócio é o setor da economia que mais tem contribuído para a formação do saldo da balança comercial do país respondendo em média por 41,15% das exportações. O Brasil tem conquistado e expandido novos mercados como o da China, Rússia, países do Oriente Médio, Indonésia e alguns países Africanos. Também se destaca o papel de relevância de novos produtos nas exportações como o caso da carne bovina (GASQUES et al., 2004).

Segundo o IBGE, a agropecuária é responsável direta pelo emprego de 17,4 milhões de pessoas, o que corresponde a 24,2% da população economicamente ativa. Com relação a mão de obra empregada, o agronegócio irrigado oferece em média de 0,8 a 1,0 empregos diretos contra 0,22 do agronegócio de sequeiro (CHRISTOFIDIS, 1999). Este fato denota a relevância do agronegócio para a economia, para a sociedade e para a conservação dos recursos naturais do país.

Sem dúvida o Brasil é um grande produtor agrícola, pois possui em torno de 12% das reservas hídricas de água doce mundiais e 90 milhões de hectares de terras férteis ainda inexploradas, porém toda esta riqueza natural emperra nas legislações ambientais que visam, e com razão, a conservação destes recursos mas por outro lado freiam a expansão do agronegócio. Estas normatizações trazem consigo uma restrição a ampliação horizontal de novas áreas, sem contar as terras indígenas e quilombolas que atualmente tem sido alvo de inúmeros conflitos e discussões no Brasil.

A partir deste cenário a produção com sustentabilidade será a única forma de produzir, observando os preceitos de cuidado com as pessoas, conservação do planeta e garantia do lucro, sendo que cada vez mais as normatizações ambientais e trabalhistas terão maior rigidez (NEVES et al., 2007). Isto implicará em um diferente olhar por parte da comunidade internacional exigindo um padrão e modelo de produção baseados nos princípios do desenvolvimento sustentável. Portanto, mediante uma crescente necessidade de produção de alimentos devido ao aumento populacional mundial, o agronegócio encontra-se em um momento crítico. A alternativa diante da restrição e em alguns casos, impossibilidade de expansão e abertura de novas áreas encontra-se justamente na verticalização produtiva.

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 (ZAMBERLAN, 2007). 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 fomentadora da cadeia do agronegócio, pois, proporciona aumentos de produtividade, geração de empregos e viabiliza áreas antes inexploradas ou áridas. A irrigação passou de simples fornecedora de água para as culturas a valiosa estratégia no aumento da produção, produtividade, rentabilidade e redutora dos riscos de investimentos no setor (MANTOVANI et al., 2006).

Segundo Zamberlan (2007), o agronegócio irrigado é um processo dinâmico e a observância de diversos aspectos intrínsecos da atividade é de fundamental importância para viabilidade, conservação da qualidade ambiental e obtenção dos resultados esperados com a técnica, principalmente no que tange a qualidade da água.

2.2 Microirrigação e qualidade da água

A modalidade de microirrigação consta na aplicação localizada de água restrita ao sistema radicular efetivo das culturas. Esta lâmina de água é aplicada a baixas vazões e pressões, porém com maior frequência, denotando em menor consumo de água e energia, com eficiência de aplicação superior a 90%. A microirrigação caracteriza-se principalmente pelos pequenos diâmetros de seus emissores e tubulações e por este motivo sua exigência em águas qualitativamente superiores é maior. Sendo assim é tida como uma modalidade de irrigação que vai ao encontro do desenvolvimento sustentável.

A qualidade da água está diretamente ligada a sua finalidade. Uma água mineral envasada para o consumo humano, por exemplo, não é qualitativamente desejável para irrigação. Cada uso possui uma determinada exigência em relação a seus elementos constitutivos que lhe conferem uma característica peculiar. Na microirrigação a exigência na qualidade da água é maior determinando muitas vezes o sucesso ou insucesso da atividade, pois em muitos casos ocorre inclusive o abandono das áreas. Nakayama&Bucks (1986) e Lammet al., (2007), afirmam que um dos principais problemas de qualidade de água para a irrigação, é a obstrução física dos emissores e tubulações, sobretudo em sistemas de microirrigação, onde os orifícios de passagem são de pequenos diâmetros. Os constituintes qualitativos das águas possuem variabilidade espaço temporal que são determinantes nos seus usos dependendo dos níveis em que se encontrarem os elementos (ZAMBERLAN, 2011). Estes níveis segundo Ayers&Westcot (1991), de certa forma podem afetar sua adaptabilidade para uso específico.

No Brasil, foi estabelecida a classificação para as águas doces, salobras e salinas e enquadradas em classes de acordo aos usos preponderantes pela resolução 357/2005 do CONAMA (PADIAL et al., 2009; BRASIL, 2005). O conhecimento do estado qualitativo das águas é importante no sentido da gestão do recurso com base no monitoramento de seu estado a fim de contribuir na sua preservação bem como na melhoria de sua qualidade. Na constituição das águas, existem determinados componentes que são habitualmente encontrados, dependendo de fatores naturais e ou antrópicos. O que restringe muitas vezes seu uso é justamente a extrapolação dos níveis destes constituintes, que resultam em restrição (ZAMBERLAN, 2011).

Segundo Cauduro&Dorfman (1986), existem numerosos exemplos no mundo onde ricas regiões agrícolas transformaram solos produtivos em improdutivos devido ao uso 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 e também no meio ambiente (MANTOVANI et al., 2006), sendo assim causando reflexos diretos nos aspectos sociais, ambientais e econômicos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Delineamento e Caracterização da área de pesquisa

A pesquisa caracteriza-se como exploratória descritiva de caráter quali-quantitativa sendo conduzida no campus da Universidade Federal de Santa Maria – RS, latitude de 29°42'24" Sul, longitude de 53°48'42". A precipitação normal anual é de 1769 mm, geralmente bem distribuída nas quatro estações do ano (BURIOL et al., 2006). A unidade de mapeamento dos solos é pertencente à Unidade São Pedro, classificada no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico (PvD) (STRECK et al., 2002).

Foram estudados dois reservatórios superficiais pertencentes à Universidade Federal de Santa Maria-RS situados em diferentes locais no campus para uso em irrigação. A denominação dos reservatórios ficou assim estabelecida:

- Reservatório V: barragem responsável pela irrigação da cultura de arroz na área de várzea da Universidade. O reservatório possui coordenada geográfica: longitude oeste 53° 42'30,97" e latitude sul 29° 43'31,95".
- Reservatório S: açude da área do Dep. de Solos da UFSM de coordenada geográfica longitude oeste 53° 42'14,23" e latitude sul 29° 43'54,01".

Na Figura 3.1, estão apresentados os açudes V e S com as delimitações de suas bacias de contribuição realizadas através do método de curvas de nível a partir de imagem SRTM com o auxílio de programa computacional Arcgis 9.3.

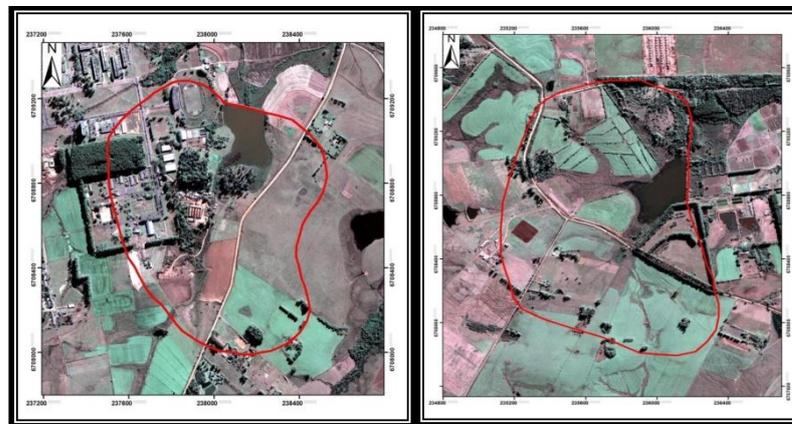


Figura 3.1 – Imagem dos reservatórios V e S com a delimitação de sua bacia de contribuição. Fonte: Autor e Google Earth, 2010.

A linha de contorno é a delimitação da microbacia e demonstra os diferentes usos e ocupações da bacia de entorno dos reservatórios. Esta evidência serviu para as discussões e análise dos resultados.

3.2 Coleta de dados e amostragem

As coletas foram realizadas nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho de 2010 sendo realizadas no período da manhã entre as 9 horas e 30 minutos e 11 horas e 30 minutos sob condições de tempo com céu claro e ou nublado com ausência de precipitação.

As coletas das amostras foram realizadas no sentido vertical da superfície para o fundo do reservatório desta forma abrangendo toda a coluna de água, no ponto de captação, com duas repetições, utilizando-se uma garrafa de Kemmerer. Imediatamente esse volume foi acondicionado em recipientes de polietileno esterilizados com capacidade de 1,0 litro, devidamente etiquetados, identificando o reservatório, número do ponto, data de coleta e responsável. No momento da coleta foram efetuadas medidas “in situ” da condutividade elétrica por meio de um condutivímetro, dos sólidos dissolvidos totais por meio de um TDS e pH através de um peagômetro, e os valores anotados em uma planilha de campo. Para as coletas e análises, foram utilizadas luvas de látex a fim de evitar contaminação das amostras sendo, as determinações, realizadas no próprio frasco destinado ao laboratório. Os procedimentos de coleta basearam-se na CETESB (1977) e Herlon e Paulino (2001). Posteriormente as amostras foram levadas ao Laboratório de Análise de Águas Rurais da

UFSM onde foram realizadas análises dos seguintes parâmetros qualitativos da água descritos na Tabela 01.

Tabela 01 - Síntese dos parâmetros e métodos empregados 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
Ferro total	mg/l	Titulometria

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

O parâmetro razão de adsorção de sódio é determinado em função dos níveis de cálcio e magnésio contidos na água e foi calculada por meio da equação abaixo descrita.

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

Em que: RAS é a razão de adsorção de sódio, Na é o teor de sódio na água de irrigação em mg/l; Ca o teor de cálcio na água de irrigação em mg/l e Mg é o teor de magnésio na água de irrigação em mg/l.

3.3 Análise dos dados

O diagnóstico consistiu em determinar os níveis dos parâmetros qualitativos presentes na água e com base nos mesmos calcular índices de qualidade a fim de classifica-la para uso na atividade irrigada. Para cada mês avaliado, foram calculados os índices de qualidade da água para microirrigação com o uso da equação abaixo descrita.

$$IQA = \sum_{i=1}^n q_i w_i$$

Em que: IQAI é o índice de qualidade da água, um número adimensional entre 0 a 100; q_i a qualidade da i -ésima variável, um número entre 0 e 100 e w_i o peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, dado em função da sua importância.

Os pesos relativos a cada um dos parâmetros estudados foram atribuídos mediante análise multivariada utilizando o método dos componentes principais. Foi utilizado o programa computacional SPSS 19 para o procedimento. Esta análise aplicada aos dados permite avaliar a associação entre as variáveis evidenciando a participação individual de cada componente das águas (ANDRADE et al., 2007).

Com base nos dados originais antes se realizaram os testes de Bartlet e KMO afim de medir a presença de correlações entre as variáveis e adequação dos dados para aplicação do método, respectivamente seguindo.

A partir de uma matriz original, os valores de Q_i e W_i foram calculados através das seguintes equações abaixo descritas segundo método proposto por Meirelles (2007).

$$Q_i = Q_{\text{imáx}} - \frac{(x_i - x_{\text{inf}}) \cdot q_{\text{iamp}}}{A_{\text{iamp}}}$$

Em que: Q_i é a qualidade individual do parâmetro, um número adimensional entre 0 e 100, $Q_{\text{imáx}}$ é o valor máximo pra a classe, x_i é o valor do parâmetro, x_{inf} o limite inferior da classe q_{iamp} amplitude da qualidade individual qualidade e A_{iamp} corresponde a amplitude da classe.

$$W_i = \frac{\sum F_j A_{ij}}{\sum \sum F_j A_{pi}}$$

Em que W_i é o peso atribuído a cada parâmetro da água, F_j auto valor do fator j , A_{ij} carga fatorial do parâmetro i e A_{pi} carga fatorial dos parâmetros p .

Após calculados os índices a água foi classificada mediante as Tabelas 02 e 03 propostas por Zamberlan (2011) e baseados em Ayers e Westcot (1991) e Nakayama e Bucks (1986).

Tabela 02 – Valores limites dos parâmetros da água de irrigação (a)

CLASSE	CE	RAS	Na	Mg	Ca
70 - 100	< 700	2 < RAS < 4	< 3,0	0 < Mg < 3	0 < Ca < 10
35 - 70	700 < CE < 3000	4 < RAS < 12	3 < Na < 9	03 < Mg < 5	10 < Ca < 20
0 - 35	Ce > 3000	RAS < 2 ou RAS > 12	> 9	Mg > 5	Ca > 20

*Ce em $\mu\text{S}/\text{cm}$, RAS e Ph são adimensionais e o restante é expresso em mg/l.

Tabela 03 – Valores limites dos parâmetros da água de irrigação (b)

CLASSE	Ph	Dureza	Fe	SDT	SS
70 - 100	< 7	< 150	< 0,1	< 450	< 50
35 - 70	7 < Ph < 8	150 < Dur < 300	0,1 < Fe < 1,5	450 < SDT < 2000	50 < SS < 100
0 - 35	> 8	> 300	> 1,5	> 2000	> 100

*Ce em $\mu\text{S}/\text{cm}$, RAS e Ph são adimensionais e o restante é expresso em mg/l.

As águas dos reservatórios foram enquadradas de acordo aos índices de qualidade da água para irrigação. Este enquadramento indica nos diferentes meses do ano se as águas estão aptas para serem utilizadas em sistemas microirrigados ou se necessitam de tratamento prévio para tal, servindo de ferramenta importante no processo decisório na gestão da atividade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observaram-se nos períodos de janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho as variações nos níveis dos parâmetros qualitativos das águas superficiais de ambos os reservatórios estudados. Com base nas condições meteorológicas, usos e cobertura vegetal, tipo de solo predominante, topografia da bacia de entorno e medidas hidrológicas (profundidade) dos reservatórios fez-se a interpretação da variação dos níveis em que se encontravam os parâmetros da água e seu enquadramento com vistas ao agronegócio irrigado.

Primeiramente foi elaborada uma matriz de dados originais com os diferentes níveis de concentração dos dez parâmetros de qualidade da água. Posteriormente, estes dados foram

padronizados a fim de uniformizar as unidades onde, a partir, desta foi construída uma matriz de correlação (Tabela 04) permitindo verificar a associação entre variáveis.

Tabela 04 – Matriz de correlação dos parâmetros qualitativos da água.

	pH	Ca	Mg	Dureza	Fe	Na	SS	SDT	Ce	RAS
pH	1,00	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Ca	0,61	1,00	---	---	---	---	---	---	---	---
Mg	0,62	0,90	1,00	---	---	---	---	---	---	---
Dureza	0,63	0,96	0,98	1,00	---	---	---	---	---	---
Fe	0,80	0,78	0,87	0,85	1,00	---	---	---	---	---
Na	0,55	0,85	0,94	0,93	0,80	1,00	---	---	---	---
SS	0,03	0,49	0,34	0,41	0,03	0,51	1,00	---	---	---
SDT	0,62	0,91	0,94	0,95	0,80	0,96	0,56	1,00	---	---
Ce	0,31	0,76	0,75	0,77	0,46	0,84	0,82	0,90	1,00	---
RAS	0,56	0,84	0,93	0,92	0,80	1,00	0,52	0,96	0,84	1,00

Conforme a matriz de correlação, os parâmetros com maior correlação foram os sólidos dissolvidos totais, com correlações acima de 0,9 com cálcio, magnésio, sódio, dureza total, condutividade elétrica e acima de 0,8 com o ferro total. Sendo que com relação ao ferro total observou-se a mais baixa correlação com os parâmetros pH e sólidos suspensos com valor de 0,03.

Após os dados estando dentro da adequabilidade pelo teste de Bartlet e KMO, aplicou-se o Método dos Componentes Principais, a fim de reduzir o número de dados sem prejuízo da informação relativa aos níveis dos parâmetros qualitativos da água. Obtiveram-se dois fatores principais que explicam 92,14% das variações dos dados originais de um total de dez fatores baseados nas variâncias calculadas.

Destes dois fatores adotou-se como critério selecionar os que possuíam valores acima de 0,85, portanto, foram utilizados valores pertencentes aos dois fatores, pH, ferro, magnésio e ferro total do primeiro fator que explicam 55,49% da variância e sólidos suspensos e condutividade elétrica do segundo fator que explicam 36,54%, pois estes possuíam valores superiores ao critério estabelecido. A carga fatorial e comunalidade calculadas encontram-se na Tabela 05.

Tabela 05 – Carga fatorial e comunalidade.

	Carga Fatorial		Comunalidade
	F1	F2	
pH	0,86	(0,06)	0,74
Ca	0,76	0,55	0,88
Mg	0,86	0,46	0,95
Dureza Total	0,84	0,51	0,96
Fe	0,98	0,09	0,96
Na	0,75	0,61	0,94
SS	(0,06)	0,95	0,91
SDT	0,75	0,64	0,98
Ce	0,40	0,90	0,96
RAS	0,75	0,62	0,94

Para o cálculo do índice de qualidade da água de irrigação foram determinados os limites dos valores baseados na literatura, distribuindo-os e enquadrando-os dentro de um intervalo adimensional onde atribui-se valores entre 0 e 100. Estes limites foram definidos com base nos padrões qualitativos para as águas de irrigação estabelecido por Ayers e Westcot (1991), Nakayama e Bucks (1986) e Lammet al. (2007). Para tanto os referidos

autores dividiram em três classes as águas de irrigação e, portanto, manteve-se o número de classes conforme sua qualidade e restrição a utilização para irrigação.

De acordo com a classificação estabelecida pelos referidos autores, os valores limites dos parâmetros foram distribuídos em três níveis, da melhor qualidade para a pior, onde n o intervalo compreendido entre 0 e 35 é classificado como restritivo ao uso da água em irrigação ou seja uma água de baixa qualidade, de 35 a 70 restrição moderada esta água sendo de média qualidade e de 70 a 100 uma água que não possui restrição sendo classificada como de boa qualidade. Esta divisão em classes também foi utilizada por Lopes et al. (2007), que dividiram a água em cinco classes. No trabalho realizado por Meireles et al., (2010) foi proposta uma nova classificação com quatro classes para a água de irrigação.

Observou-se que as notas calculadas para o reservatório V foram próximas de 100, em sua maioria variando entre 70 e 99, demonstrando que os valores dos parâmetros encontram-se dentro dos limites aceitáveis para irrigação. Mesmo assim ocorreram variações principalmente com relação a RAS nos meses de janeiro e fevereiro. Os valores baixos da qualidade individual (Q_i) indicam que nestes meses os níveis destes parâmetros estavam acima do aceitável para irrigação. No caso da RAS, pode ter havido um aporte de sódio oriundo de material carreado devido à alta precipitação e ventos ocorridos nestes meses bem como dos usos da bacia de contribuição. A ocupação urbana e a agricultura são usos que interferem de maneira direta na qualidade da água, principalmente devido ao deflúvio superficial. O aumento nos níveis de ferro total gerando uma qualidade individual inferior (44,00 e 35,25) pode ser atribuído ao mesmo motivo, tendo a precipitação destes meses se aproximado da média. Estes fatos são corroborados pelos estudos da qualidade da água realizados por Vanzela (2004) e Zamberlan (2007).

Com relação ao reservatório S a qualidade individual dos parâmetros seguiu um comportamento similar ao reservatório V. Porém, nos meses de maio e junho, a qualidade individual do ferro total foi bastante reduzida em relação ao outro reservatório (18,55 e 12,37mg.l⁻¹), sendo estes menores valores atribuídos a uma particularidade da bacia de contribuição do reservatório S, que é a presença de uma olaria a montante, onde se localiza uma área de retirada de argila do horizonte Bt, rico em óxido de ferro e que pode ter contribuído de forma expressiva com o aporte deste elemento para suas águas.

O parâmetro sólido suspenso (SS) obteve valor 35,00 mg.l⁻¹ nos meses de abril e junho evidenciando que houve entrada de material sólido no interior do corpo hídrico devido à precipitação. O ano de 2010 sofreu o efeito do fenômeno El Niño, este tipo de evento climático se caracteriza por precipitações acima dos níveis normais no Sul do Brasil (CUNHA et al., 2011). Este fenômeno certamente influenciou a dinâmica dos constituintes da água dos reservatórios.

Ponderou-se o peso para os cinco parâmetros que mais explicaram a variância que foram: pH, Mg e Fe total do Fator 1 e SS juntamente com a Ce referente ao Fator 2. Estes valores foram utilizados no cálculo do índice de qualidade da água de irrigação.

O valor mais alto foi obtido pelo ferro total (Fe) evidenciando a relevância deste parâmetro para águas superficiais na irrigação, juntamente com os sólidos suspensos, sendo muito comum sua presença em águas superficiais e por ter ocorrido um grande aporte deste parâmetro nas águas dos reservatórios ocasionados pelas enxurradas, principalmente no mês de janeiro.

De posse dos valores de Q_i e os W_i para os cinco parâmetros que mais explicaram a variância foram calculados os índices de qualidade da água para cada reservatório V e S demonstrados nas Tabelas 06 e 07.

Tabela 06 – Índices de qualidade da água nos diferentes meses para o reservatório V.

Paramêtros	Ce	RAS	Na	Mg	Ca	Ph	Dureza	Fe	SDT	SS	IQ A
W ₅	0,20	--	--	0,19	--	0,19	--	0,21	--	0,21	
Jan/10	88,86	20,55	89,00	89,85	92,41	71,67	98,00	68,75	99,99	72,40	78
Fev/10	81,79	12,29	99,17	98,64	99,60	72,44	97,40	60,00	99,98	88,00	80
Mar/10	82,00	14,91	99,48	98,87	99,87	73,04	98,60	62,75	99,98	56,00	74
Abr/10	85,00	15,72	99,48	98,87	99,85	59,15	98,40	62,75	99,99	77,00	76
Mai/10	87,79	17,97	99,48	98,84	99,75	70,84	98,00	44,00	99,99	77,00	75
Jun/10	85,43	6,038	99,13	98,94	99,75	70,75	98,20	35,25	99,99	77,00	73

Tabela 07 – Índices de qualidade da água nos diferentes meses para o reservatório S.

Paramêtros	Ce	RAS	Na	Mg	Ca	Ph	Dureza	Fe	SDT	SS	IQA
W ₅	0,20	--	--	0,19	--	0,19	--	0,21	--	0,21	
Jan/10	85,86	13,13	99,17	99,00	99,49	63,18	97,20	68,75	99,99	82,00	80
Fev/10	75,14	22,73	99,52	98,94	99,45	71,01	96,80	71,75	99,98	88,00	81
Mar/10	75,57	93,88	98,78	98,70	99,83	71,59	98,40	76,00	99,97	49,00	74
Abr/10	74,71	99,36	98,91	98,70	99,78	70,24	98,13	76,00	99,98	35,00	70
Mai/10	79,64	95,83	98,48	98,42	99,58	70,66	97,20	18,55	99,98	76,00	68
Jun/10	75,57	98,14	98,7	98,73	99,63	70,21	97,60	12,37	99,98	35,00	57

Pelos resultados apresentados, verifica-se que ocorreram variações temporais nos diversos parâmetros qualitativos da água, entre os reservatórios e nos IQAI calculados nos diferentes meses do ano, porém alguns destes não obtiveram variação significativa que viesse a comprometer a qualidade e seu enquadramento na classe.

De acordo com índices de qualidade da água de irrigação calculados, houve diferenças entre os reservatórios, principalmente nos meses de abril, maio e junho. Observou-se uma redução nos valores dos índices, porém sem alteração em sua classificação. No caso do reservatório V, o IQAI mais alto foi de 80 em fevereiro e o mais baixo 73 em junho, demonstrando uma leve redução na qualidade da água.

No caso do reservatório S, observou-se que a variação seguiu o mesmo padrão do reservatório V, porém nos últimos três meses ocorreu uma queda qualitativa relevante na qualidade da água. Nos meses de abril, maio e junho o IQAI obteve valores de 70, 68 e 57 respectivamente, havendo mudança na classificação da água. Isto remete a que, neste caso, houve mudança do IQAI, em determinadas modalidades de irrigação. Assim, esta água pode ter restrição de uso, principalmente em sistemas de microirrigação, onde a exigência em água de qualidade superior é maior. As qualidades individuais (Q_i) referentes aos níveis de ferro total na água foram muito baixas, indicando que os níveis presentes na água do reservatório suplantam os limites estabelecidos para as águas de irrigação, corroborando com a análise realizada em função dos valores absolutos para os parâmetros.

Portanto, o IQAI no momento da interpretação demonstra eficiência em função de que determinados parâmetros, para algumas modalidades de irrigação, possuem de fato uma relevância muito maior, desta forma pode-se identificar e determinar tratamentos específicos para cada qualidade de água, principalmente relativo a sistemas de microirrigação, onde a suscetibilidade a problemas, principalmente de obstrução de emissores, é maior.

O valor prático no caso do ferro total, quando se leva em consideração os custos do tratamento segundo Ayers&Westcot (1991) é de $2,0 \text{ mg.l}^{-1}$, porém o nível aceitável recomendado pelos referidos autores é de $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$ e segundo Nakayama&Bucks o nível é ainda menor, $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$. Zamberlan (2007) estudando as águas destes mesmos reservatórios, porém em período de La Niña, encontrou valores de até $2,34 \text{ mg.l}^{-1}$ de ferro total solubilizados na água do reservatório S.

As variações nos índices de qualidade da água podem possuir diferentes origens, como os encontrados por Lopes et al.(2007) estudando a bacia hidrográfica do Rio Acaraú, onde em diferentes estações de coleta houve redução na qualidade das águas, em uma estação, onde atribuiu-se o referido decréscimo qualitativo, ao deflúvio superficial e em outra ao menor volume do corpo hídrico. Toledo & Nicolela (2002) encontraram redução na qualidade da água no período chuvoso quando do estudo de uma microbacia em Guairá- SP. Este fato corrobora com Haase&Possoli (1993) onde na elaboração de um índice de qualidade de dois corpos hídricos diferentes, concluíram que valores de IQA e sua variabilidade diferem devido às ações antrópicas distintas.

O IQAI, de maneira geral, indica que as águas dos dois reservatórios são de boa e média qualidade na maior parte dos meses do ano estudados e podem ser utilizadas em irrigação bem como suas águas se aplicam a várias modalidades da mesma. Porém, nos meses de maio e junho, há a necessidade de tratamento da água, devido aos altos níveis de ferro total solubilizado mensurado nas análises laboratoriais, principalmente no reservatório S. Este, em comparação ao reservatório V, mostrou que sua água possui qualidade inferior, que pode ser atribuída aos usos do solo e maior urbanização de sua bacia de contribuição.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O agronegócio irrigado é importante e decisivo na verticalização produtiva visando suprir uma maior demanda mundial de alimentos. O uso da técnica de microirrigação além de suprir as necessidades hídricas das culturas para que as mesmas possam exprimir seu máximo potencial produtivo, vai ao encontro dos preceitos da sustentabilidade devido a maior eficiência de aplicação de água e economia de energia. Esta característica proporciona um uso mais racional dos recursos naturais desde que observados os aspectos técnicos principalmente no que tange a qualidade da água a fim de evitar danos ao meio ambiente e ao próprio sistema de irrigação. Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico qualitativo das águas superficiais de reservatórios utilizados na atividade irrigada. Concluiu-se que os principais componentes do índice de qualidade da água foram: magnésio, ferro total, condutividade elétrica, pH e sólidos suspensos. Os indicadores com maior peso na análise foram ferro total e sólidos suspensos. Os valores de índice de qualidade da água de irrigação foram menores no reservatório S, evidenciando sua pior qualidade de água, bem como observou-se variação temporal do estado qualitativo das águas dos reservatórios. Porém de modo geral as águas não possuem séria restrição a sua utilização na atividade microirrigada sem risco para o meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. M de. et al. Fatores determinantes da qualidade de águas superficiais na bacia do Alto Carauá, Ceará, Brasil. **Revista Ciência Rural**. v.37, n.6, 2007

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).

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.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n.357, de 17 de março de 2005**. Classificação da águas doces, salobras e salinas do território nacional. Brasília: Congresso Nacional, 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acessado em 20/10/2006.

BURIOL, G. A. et al. Homogeneidade e estatísticas descritivas dos totais mensais e anuais de chuva de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 89-97, 2006.

CAUDURO, F. A; DORFMAN, R. **Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem**. Porto Alegre: IPH-UFRGS, 1995.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de águas interiores do estado de São Paulo. Apêndice B. Índices de qualidade das águas, critérios de avaliação da qualidade dos sedimentos e indicador de controle de fontes. São Paulo: CETESB. 29p. 2008.

CORTEZ, A. B; MAGALHÃES, P.S.G. **Introdução à engenharia agrícola**. Campinas, Ed. da Unicamp, 1992. 393 p.

CHRISTOFIDIS, D. Recursos Hídricos e Irrigação no Brasil. Brasília: CDS – UnB, 1999.

CUNHA, G. R. da et al. El niño/La niña – oscilação sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo-RS, 2011. Disponível em: http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=1028 Acessado em 05/05/2011.

GASQUES, J.G., et al. Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2004. Texto para Discussão, 1009. 43p. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em: 09/07/2013.

HAASE, J; POSSOLI, S. Estudo da utilização da técnica de análise fatorial na elaboração de um índice de qualidade da água: comparação entre dois regimes hidrológicos diferentes, RS. **Acta Limnologica Brasiliensia**. v.6, n.1, p. 245-255.1993.

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).

LAMM, F .R; AYARS, J. E; NAKAYAMA, F. S. **Microirrigation for crop production**. 1st. Ed. Elsevier B.V Amsterdam: Elsevier, 2007. (Developments in Agricultural Engineering 13).

- LOPES, F. W. A. et al. Avaliação da influência de áreas de solo exposto sobre a qualidade das águas do Ribeirão de Carrancas-MG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2007. **Anais...** Florianópolis, INPE, 2007.
- MANTOVANI, E. C; BERNARDO, S. PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos.** Viçosa: Ed. UFV, 2006. 318 p.
- MEIRELES, A. C. M. **Dinâmica qualitativa das águas superficiais da bacia do Acaraú e uma proposta de classificação para fins de irrigação.** 2007. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, 2007.
- MEIRELES, A. C. M; et al. Uma nova proposta de classificação da água para fins de irrigação. **Revista Ciência Agronômica.** v.41, n.3, p.349-357, 2010.
- 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.
- NAKAYAMA, F. S; BUCKS, D. A. **Tickleirrigation for cropproduction.** St. Joseph: ASAE, 1986. 383 p.
- NEVES, M. F. et al. Agronegócios e desenvolvimento sustentável – Uma agenda para liderança mundial na produção de alimentos. Ed. Atlas, 2007. 172p.
- PADIAL, P. R. et al. Heterogeneidade espacial e temporal da qualidade da água no reservatório Rio das Pedras (Complexo Billings, São Paulo). **Revista Ambiente e Água.**v.4, n.3, 2009.
- 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.
- STRECK, E. V; et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Ed da EMATER/RS; UFRGS, 2002. 108p.
- TOLEDO, L. G.;NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano, **Scientia Agrícola,** v.59, n. 1, p. 181-186. 2002.
- 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.
- ZALIDIS et al. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. **Agriculture, Ecosystems and environment.**v.88, p. 137-146.2002.
- ZAMBERLAN, J. F. **Caracterização de águas de reservatórios superficiais para uso em microirrigação.** 2007. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, 2007.
- ZAMBERLAN, J. F. **Índice de qualidade e custos em função da variabilidade temporal da água de irrigação** 2011. 147f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

