

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

ISRAEL ISOPPO COELHO

**QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA MICROBACIA PRODUTORA DE ARROZ NO
MUNICÍPIO DE MASSARANDUBA, SC**

CRICIÚMA, 2011

ISRAEL ISOPPO COELHO

**QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA MICROBACIA PRODUTORA DE ARROZ NO
MUNICÍPIO DE MASSARANDUBA, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Ambiental como
requisito parcial à obtenção do grau de
Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Marcos Back

CRICIÚMA, 2011

ISRAEL ISOPPO COELHO

**QUALIDADE DA ÁGUA EM UMA MICROBACIA PRODUTORA DE ARROZ NO
MUNICÍPIO DE MASSARANDUBA, SC**

Criciúma, 29 de junho de 2011

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marcos Back (UNESC)

Prof. Alvaro José Back (UNESC)

Prof. Mario Ricardo Guadagnin (UNESC)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Albanir e Vanilda por terem me proporcionado o estudo e ajudarem a concluir mais esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho. Aos meus pais pela dedicação, a minha namorada Martha Wachholz pela paciência, ao meu orientador Marcos Back, a minha supervisora Iria Araujo, a empresa Epagri/CIRAM que me proporcionou a oportunidade de realizar este trabalho, ao setor de Ordenamento Ambiental e ao setor de Gestão e Saneamento Ambiental.

EPÍGRAFE

O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da microbacia do Ribeirão Frida, que tem sua água utilizada para a irrigação de arroz no município de Massaranduba em SC. Os parâmetros avaliados foram coliformes totais, coliformes fecais, oxigênio dissolvido, turbidez, pH, alcalinidade, nitrato, dureza, amônia, ortofosfato e DQO. As coletas foram feitas quinzenalmente entre julho de 2010 e março de 2011 em dois pontos localizados na nascente e foz do rio. Os resultados das análises foram relacionados com a precipitação acumulada em intervalos de 2 horas e com o período de manejo nas quadras de arroz. Observou-se que a chuva teve interferência nos parâmetros CT, CF e turbidez tanto na foz como na nascente. O manejo do arroz mostrou interferência quase imperceptível nos parâmetros oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade e dureza.

Palavras-chave: recursos hídricos, arroz irrigado, nutrientes, coliforme

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the physicochemical and microbiological quality of the microbasin Ribeirão Frida, which has its water used for irrigation of rice in Massaranduba, S. Catarina State, Brazil. The parameters evaluated were: total coliform (TC), fecal coliform (FC), dissolved oxygen, turbidity, pH, alkalinity, nitrate, water hardness, ammonia, orthophosphate and chemical oxygen demand (COD). The data collections were made fortnightly between July 2010 and March 2011 at the headwater and at the base level of the river. The analysis results were related to rainfall at intervals of 2 hours and the period of management in rice fields. It was observed that the rain had interference on the parameters TC, FC and turbidity at the headwater and at the base level of the river. The management of rice slightly interfered in the parameters of dissolved oxygen, pH, alkalinity and water hardness.

Keywords: water resources, irrigated rice, nutrients, coliform.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Rizicultura em Santa Catarina	15
2.2 Indicadores de Qualidade da Água	27
2.3 Hidrologia	32
2.4 Legislação	36
3 MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1 Localização da Área de Estudo	41
3.2 Características da Área	41
3.3 Coleta dos Dados	42
3.4 Análise dos Dados	44
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	49
4.1 Avaliação da Qualidade da Água na Microbacia	49
4.2 Efeito da Chuva na Qualidade da Água na Microbacia	72
4.3 Efeito do Manejo do Arroz na Qualidade da Água na Microbacia	77
4.4 Relação Entre o Uso e Ocupação do Solo na Microbacia e a Qualidade da Água	79
5 CONCLUSÃO	85
REFERENCIAS	87
APÊNDICE A – Correlação de Pearson	90
APÊNDICE B – Teste de normalidade	99

LISTA DE SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância.
CEPA	Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola.
CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina.
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CF	Coliforme Fecal.
CT	Coliforme Total.
DP	Desvio Padrão.
DQO	Demanda Química de Oxigênio.
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.
GPS	“Global Positioning System” Sistema Global de Posicionamento.
IPEAS	Instituto de Pesquisas e Estudos Avançados Sorocabano.
IRGA	Instituto Rio Grandense do Arroz.
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio.
OD	Oxigênio Dissolvido.
p	Probabilidade, ao Nível de Significância de 5%.
pH	Potencial Hidrogeniônico.
R	Coefficiente de Correlação.
SOSBAI	Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Consumo de água estimado durante uma safra de arroz irrigado.	22
TABELA 2 - Principais herbicidas utilizados para o controle de daninhas no estado de santa catarina.	24
TABELA 3 - Reagentes utilizados nas análises.	44
TABELA 4 - Chuva acumulada (mm) agrupada em diferentes períodos anteriores a coleta.	47
TABELA 5 - Relação entre o período estudado e as fases de manejo do arroz.	48
TABELA 6 - Médias, desvio padrão, valor mínimo e máximo das análises realizadas na nascente e foz do ribeirão frida entre julho de 2010 a março de 2011.	51
TABELA 7 - Correlação entre a chuva acumulada e os parâmetros analisados na nascente.	73
TABELA 8 - Correlação entre a chuva acumulada e os parâmetros analisados na foz.	74
TABELA 9 - Valores médios dos parâmetros na foz do ribeirão frida nas diferentes fases de manejo do arroz.	78

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização do município de Massaranduba.	41
FIGURA 2 - Delimitação da área da microbacia e pontos de coleta na nascente e foz.	43
FIGURA 3 - Foto da estação agrometeorológica localizada na Microbacia Ribeirão Gustavo, próximo as quadras de arroz.	45
FIGURA 4 - Foto do pluviômetro que faz as coletas dos dados de chuva na Microbacia Ribeirão Gustavo, próximo as quadras de arroz.	46
FIGURA 5 - Precipitação acumulada mensal do período de estudo.	49
FIGURA 6 - Médias mensais do parâmetro CT obtidas no período de estudo.	53
FIGURA 7 - Médias mensais do parâmetro CF obtidas no período de estudo.	55
FIGURA 8 - Médias mensais do parâmetro OD obtidas no período de estudo.	57
FIGURA 9 - Médias mensais do parâmetro turbidez obtidas no período de estudo.	58
FIGURA 10 - Médias mensais do parâmetro pH obtidas no período de estudo.	60
FIGURA 11 - Médias mensais do parâmetro alcalinidade obtidas no período de estudo.	62
FIGURA 12 - Médias mensais do parâmetro nitrato obtidas no período de estudo.	63
FIGURA 13 - Médias mensais do parâmetro dureza obtidas no período de estudo.	65
FIGURA 14 - Médias mensais do parâmetro amônia obtidas no período de estudo.	67
FIGURA 15 - Médias mensais do parâmetro ortofosfato obtidas no período de estudo.	69
FIGURA 16.- Médias mensais do parâmetro DQO obtidas no período de estudo.	71
FIGURA 17 - Mapa de uso e ocupação do solo da microbacia Ribeirão Frida.	79
FIGURA 18 - Mata ciliar do Ribeirão Frida composta de eucalipto.	80
FIGURA 19 - Casa próximo ao afluente do Ribeirão Frida.	81
FIGURA 20 - Casa as margens do Ribeirão Frida.	82
FIGURA 21 - Casa as margens do Ribeirão Frida.	82
FIGURA 22 - Ponto de coleta da nascente do Ribeirão Frida.	83
FIGURA 23 - Ponto de coleta na foz do Ribeirão Frida.	84

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de arroz. No ano de 2010 contribuiu para a produção mundial com cerca de 8,4 milhões de toneladas do grão. O estado de Santa Catarina é o segundo maior produtor nacional desse cereal com 8,2% da produção do país.

A cultura do arroz irrigado no estado envolve cerca de 9577 propriedades rurais com módulo de produção médio de 13,6 ha por produtor (Epagri, 1998). O sistema pré-germinado é utilizado na totalidade dessas propriedades, que ocupam cerca de 150.473 hectares, distribuídos principalmente na faixa litorânea ao longo do Vale do Itajaí (EPAGRI/CEPA, 2011).

Um diferencial encontrado no cultivo do arroz irrigado no norte do estado de Santa Catarina é a produção da soca (segunda safra), a qual possui vantagens de cultivo como o baixo requerimento de água e custo de produção relativamente menor, pois não necessita de re-plantio e sistematização das quadras (COSTA et al., 2000).

Segundo Noldin e Eberhardt (2005), o cultivo do arroz irrigado, geralmente é realizado em áreas vulneráveis, muitas alocadas em APP's próximo a mananciais, fato que proporciona maior risco de contaminação dos rios pelos agroquímicos.

Além das alterações da paisagem natural para facilitar a produção de arroz na área plana da microbacia estudada, a ocupação das encostas vem suprimindo a vegetação e a mata ciliar do ribeirão Frida. Estes fatores são determinantes na qualidade da água superficial.

Sendo assim se fez necessário a avaliação físico-química e microbiológica da água para se determinar as possíveis relações entre a qualidade da água do Ribeirão Frida e o uso do solo e a precipitação na microbacia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Relacionar o uso e ocupação do solo e o regime das chuvas com a qualidade da água, para subsidiar futuros trabalhos de recuperação dos recursos hídricos na microbacia hidrográfica de estudo no município de Massaranduba no estado de Santa Catarina.

1.2.2 Objetivos específicos

- 1- Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água na rede hídrica de uma microbacia produtora de arroz no município de Massaranduba, SC;
- 2- Correlacionar o uso e ocupação da microbacia e a qualidade da água;
- 3- Estudar o regime de chuva na microbacia e os possíveis efeitos na qualidade da água;
- 4- Identificar e analisar os conflitos ambientais que ocorrem nas unidades rurais da microbacia.

1.3 JUSTIFICATIVA

A água é um recurso indispensável para os sistemas biológicos em geral e também para o desenvolvimento das diversas atividades humanas. O crescimento populacional e a intensificação das atividades econômicas resultam no aumento da demanda de água.

A expansão das áreas urbanas, da industrialização e da agropecuária, impõe grandes desafios para as novas gerações que devem gerenciar a demanda pelo uso da água.

Por ser um recurso limitado, adequar planos de ocupação do espaço territorial e expansão das atividades econômicas, torna-se um grande desafio. Para superar isto, é necessário aprofundar o conhecimento sobre os recursos hídricos. Para se estabelecer diretrizes visando o desenvolvimento sustentável, permitindo avaliar projeções e planejar a utilização do ambiente local (HELSEL e HIRSCH, 1995).

Dentre os principais problemas ambientais, relacionados as atividades agrícolas, encontrados em Santa Catarina, podemos destacar o desmatamento, a diminuição das matas ciliares e de proteção de nascentes, a erosão, o assoreamento dos rios e a poluição dos corpos de água causada pelo uso indiscriminado de fertilizantes e de agrotóxicos, além da emissão de dejetos animais.

Essa situação acaba provocando a diminuição da quantidade e da qualidade da água, ganhando especial destaque, em função não somente do impacto socioeconômico e ambiental, mas também dos elevados custos de recuperação.

Além dos fatores antrópicos que interferem na qualidade da água a chuva muitas vezes exerce um potencial agravante. Por ser responsável pelo arraste de partículas e sólidos suspensos para dentro dos rios, que alteram a qualidade físico-química e microbiológica da água.

Áreas desprotegidas, com ausência de vegetação ou mata ciliar, proporcionam uma maior variação da qualidade da água superficial em períodos de maior precipitação, pois facilitam o escoamento de sólidos e matéria orgânica que são drenados para os rios.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Rizicultura em Santa Catarina

Com produção total superior a um milhão de toneladas de arroz em casca, sendo o segundo lugar no país, e tendo um consumo de apenas 25% deste total, o estado de Santa Catarina é um grande exportador deste produto para as demais regiões do país. A cultura do arroz irrigado no estado envolve mais de oito mil propriedades rurais, ocupando cerca de 145.000 hectares, distribuídos principalmente na faixa litorânea e ao longo do Vale do Itajaí onde se encontra a microbacia do Ribeirão Frida, (EPAGRI/CEPA, 2002).

A cultura do arroz irrigado traz impactos significativos ao meio ambiente, comprometendo especialmente os recursos hídricos resultante do consumo excessivo de água e do uso intensivo de insumos agrícolas como adubos, pesticidas e herbicidas. Faltam estudos consistentes que tenham avaliado o real impacto individual destas atividades sobre a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos das microbacias em Santa Catarina.

Se faz necessário o desenvolvimento de cultivares mais eficientes e o desenvolvimento de tecnologias mais limpas, as quais certamente permitirão melhorar a sustentabilidade da produção de arroz irrigado em Santa Catarina a fim de preservar os recurso hídrico (DESCHAMPS et al., 2003).

Embora o estado de Santa Catarina apresente boa disponibilidade de água superficial, o crescimento do consumo pelas atividades agrícolas, industriais e domiciliares, pode em prazo relativamente curto, comprometer tanto a quantidade como principalmente a qualidade dos recursos hídricos disponíveis. O manejo racional desse recurso natural, indispensável para os mais variados fins, constitui-se em fator limitante ao desenvolvimento do meio rural e urbano catarinense. À medida que a população cresce e a demanda por água se intensifica, as disputas e os conflitos de uso começam a ocorrer com maior freqüência. Deve-se considerar que as características ambientais da microbacia exercem forte influência sobre o tempo de residência da água nos diferentes estratos (vegetação, solo, subsolo), com reflexos na armazenagem e escoamento da água para a rede de drenagem (PARK et al., 1994).

Cultivo do Arroz Irrigado

Os solos próprios para o cultivo do arroz irrigado caracterizam-se pela topografia plana, geralmente hidromórficos, que possuem alta capacidade de retenção de água de irrigação e que facilitam a drenagem natural (IRGA, 2001). Os solos ótimos são os argilosos ou argilo-siltosos, com cerca de 40 a 60% de argila. Eles deverão apresentar o lençol freático próximo à superfície, a maior parte do tempo e ocupar regiões planas. Além disso, é importante que o subsolo seja bastante impermeável para maior retenção de nutrientes na cama arável (SANTOS et al., 2003). Os sistemas de cultivo diferenciam-se basicamente, quanto à forma de preparo do solo, aos métodos de semeadura e ao manejo inicial da água. Eles podem ser classificados como: Sistema convencional; Cultivo mínimo; Plantio direto; Pré-germinado e Transplante de mudas.

A época de semeadura do arroz vai variar amplamente em função da temperatura do solo, do ar e da água, disponibilidade de radiação solar, condições hídricas e nutricionais, região de cultivo e estação de crescimento (IRGA, 2001).

No estado de Santa Catarina, o sistema pré-germinado é utilizado na totalidade da área cultivada com arroz irrigado (NOLDIN e EBERHARDT, 2005). Este sistema é definido como o conjunto de técnicas de cultivo de arroz irrigado, onde basicamente as sementes previamente germinadas, são lançadas em quadros nivelados e totalmente inundados. Este sistema é adotado na Europa em 90% da área, nos Estados Unidos em 30% e no Brasil em 20% da área cultivada com arroz irrigado, sendo que em Santa Catarina responde por 100% da área cultivada (PETRINI et al., 2004).

Para implantar este sistema, é importante que as áreas estejam sistematizadas. A sistematização consiste no preparo do solo, sendo necessário a formação de lama, o nivelamento e o alisamento, que normalmente são realizados com o solo inundado (IRGA, 2001). No preparo do solo, a lâmina de água fica em torno de 3 cm, sendo que, para alguns produtores, este é o período de maior uso da água, visto que o solo encontra-se seco, e até torná-lo encharcado, desse modo seria necessário um grande volume de água.

O cultivo do arroz envolve um ciclo de desenvolvimento que pode ser dividido em três fases principais: estágio vegetativo caracterizado pela germinação da semente, plântula, perfilhamento e alongação do colmo; estágio reprodutivo

caracterizado pelo início da diferenciação do primórdio floral, crescimento da panícula e floração e maturação onde se tem grãos leitosos, grãos pastosos e maturação (ZHONGKAI et al., 2002). A duração do ciclo varia entre 100 e 140 dias, para a maioria dos cultivares utilizadas em Santa Catarina, sendo que a maior parte da variação entre cultivares ocorre na fase vegetativa (SOSBAI, 2003; SOSBAI, 2005).

No estágio vegetativo, deverá ser mantida a lâmina de água em uma altura de 3 a 5 cm. Muitos produtores, neste estágio de desenvolvimento, chegam a dar até cinco banhos de água, ou seja, é colocada e retirada à água dos quadros várias vezes, para auxiliar na fixação do sistema radicular ao solo. Cerca de 15 dias após o plantio, é feita a aplicação de herbicidas (quando necessário). Dependendo do herbicida recomenda-se ser aplicado a seco e, após 48 horas da aplicação, deverá se colocada a água novamente no quadro. Esta deverá permanecer durante 30 dias, antes que seja liberada novamente (NOLDIN et al., 2003).

Após o estabelecimento inicial a água fica retida na quadra sendo feita somente a manutenção da lâmina, em função dos processos de perdas que ocorrem, por evaporação, absorção vegetativa ou percolação. Neste período, a lâmina de água poderá ter de 5 a 10 cm, dependendo do produtor e do desenvolvimento da planta. Se for necessário também poderá ser feita a aplicação de inseticidas para controle de pragas ou plantas daninhas (SOSBAI, 2003).

O estágio reprodutivo pode ser considerado o momento crítico. Pois é neste estágio que fica determinado o número potencial máximo de grãos por panícula, sendo esse componente de alta importância na produção final. Por isso, é importante que, durante este estágio a planta não sofra estresses, principalmente os causados por baixa temperatura, inferior a 17°C ou temperaturas elevadas, deficiência de nitrogênio e/ou por falta ou excesso de água nos quadros (IRGA, 2001).

Por fim o estágio de maturação que oscila entre 30 a 40 dias. Neste estágio deverá ser retirada a água dos quadros, a fim de auxiliar nos processos de maturação e de perda da umidade. Normalmente, espera-se que a umidade caia para 22% para se iniciar a colheita mecanizada (SOSBAI, 2003).

Fertilização

A adubação está relacionada a diversas condições de cultivo, tais como: histórico da área, manejo da água de irrigação, controle de plantas daninhas, ocorrência de doenças, cultivar de arroz a ser utilizada entre outras.

A utilização de fertilizantes fosfatados na cultura do arroz irrigado tem como objetivo contribuir para a nutrição da planta. Em solos alcalinos a utilização de fosfato de cálcio (Ca-P) e em solos ácidos fosfato de ferro (Fe-P) e fosfato de alumínio (Al-P) determinam o equilíbrio do pH. Entre tanto o fósforo acumula-se nos solos após adubações contínuas através dos anos (EPAGRI, 2002).

Manejo da Água

O estado de Santa Catarina caracteriza-se por pequenas áreas de cultivo, onde predomina amplamente o sistema de cultivo em quadros, com área em torno de 1 a 2 ha. A eficácia deste sistema está na boa distribuição da água e um melhor planejamento no sistema de irrigação e drenagem.

O manejo da água na rizicultura pode apresentar métodos diferenciados de região para região, conforme aspectos geográficos, geológicos, culturais, tecnológicos e climáticos. O tipo de solo, a profundidade do lençol freático, as condições climáticas e o método de cultivo influenciam na quantidade de água que é utilizada pela cultura. A importância da água na produção orizícola está relacionada ao seu uso para o preparo do solo, ao suprimento da necessidade de água da planta de arroz, à facilidade de controle das plantas daninhas, doenças e de alguns insetos-pragas e à melhoria na disponibilidade de nutrientes (MENEZES et al., 2003).

Segundo Gomes et al. (2004) o manejo da água para a irrigação condiciona a forma de ordenamento da lavoura, dando a esta a sua configuração quanto ao sistema de manejo da água na rizicultura. Desse modo entre os principais sistemas de irrigação temos:

- Irrigação por inundação contínua ou permanente, que pode ser subdividido em estático quando caracterizado pela manutenção de uma lâmina de água na lavoura, normalmente utilizado em regiões

onde há escassez de água, ou corrente quando caracterizado pela manutenção, na lavoura de uma lâmina de água com fluxo contínuo. Este sistema de irrigação é adotado no Estado de Santa Catarina.

- Irrigação por inundação intermitente ou periódica quando os suprimentos de água à lavoura são realizados em intervalos irregulares. Essa técnica; é recomendada para solos com elevada percolação. Embora a Epagri/Itajaí não recomende está técnica de irrigação, ela vem sendo adotada nas áreas onde foi realizado o monitoramento.
- Por último irrigação rotativa que caracteriza-se pela aplicação de água em intervalos regulares de tempo. A irrigação rotativa é recomendada para grandes áreas. Esta técnica de irrigação não é utilizada em Santa Catarina.

Para cultivares de porte baixo ou médio a altura da lâmina superficial deve ser a menor possível, não devendo ultrapassar a 15 cm (PEDROSO, 1982). Lâminas mais profundas podem reduzir o grau de afilamento. Resultados experimentais demonstram que lâminas de 10 a 15 cm são suficientes para controlar a maioria das ervas daninhas (IPEAS, 1973).

Segundo Voltolini; Althoff e Back (2002), no sistema pré-germinado, o preparo do solo e formação da lama provoca a desestruturação do solo e formação de uma camada de impedimento que reduz sensivelmente as perdas por infiltração profunda.

Para as condições normais das lavouras do estado de Santa Catarina, que apresentam pequena diferença de nível entre as quadras adjacentes e considerando ainda que as taipas sejam permanentes na lavoura com baixa permeabilidade, pode-se em geral desprezar este componente no cálculo da demanda de água de irrigação (VOLTOLINI; ALTHOFF, BACK, 2002).

Em geral grande parte da água perdida por percolação lateral é reaproveitada na quadra seguinte ou através da coleta no sistema de drenagem superficial, portanto as perdas laterais assumem maior importância nas quadras que formam os limites à área irrigada.

Consumo da água

De acordo com a Epagri (2002), para se obter uma estimativa da necessidade de água pela lavoura de arroz irrigado, pode-se subdividi-la em três partes: água para saturação do solo e formação da lâmina; para suprir a evapotranspiração; e, para compensar as perdas na condução, infiltração profunda, infiltração lateral e escoamento superficial.

Na saturação do solo a água necessária para saturar o solo depende da porosidade deste, da umidade inicial e da profundidade da camada de solo. Para o aproveitamento máximo da potencialidade do sistema de plantio pré-germinado, recomenda-se fazer a inundação da área de 20 a 30 dias antes da semeadura. É recomendado também que os produtores aproveitem as chuvas para a saturação e preparo inicial do solo, (EPAGRI, 2002).

Quando somamos as perdas ocorridas através da transpiração das plantas mais a água evaporada diretamente do solo ou da lamina de água temos a evapotranspiração. Este fenômeno está diretamente relacionado a radiação solar, temperatura e ventos, e inversamente proporcional a umidade relativa do ar e a cobertura do solo pelo cultivo. A evapotranspiração é considerada uma peça chave na demanda hídrica do cultivo do arroz, por tanto seu entendimento é fundamental para se estabelecer valores reais de consumo de água (EPAGRI, 2002).

As perdas na condução são aquelas que ocorrem na trajetória entre a captação e a área que deve ser irrigada. Podem ser calculadas através de uma relação entre a eficiência na condução e volume de água capitado na fonte. Há também perdas por percolação, essas estão relacionadas principalmente ao tipo de solo, altura da lamina, preparo do solo e altura do lençol freático. Sendo que em solos argilosos com lençol freático pouco profundo as perdas por percolação são baixas (EPAGRI, 2002).

Por ultimo, as perdas por escoamento superficial são resultantes do manejo inadequado da água, como taipas fracas que podem acabar rompendo fazendo com que a água escoe superficialmente até os drenos, depois se perde. Enquanto as perdas por infiltração lateral são provocadas pela infiltração de água através de taipas e drenos nos limites da área irrigada (EPAGRI, 2002).

Em sua pesquisa Rosso (2007), concluiu que os maiores valores de vazão são necessários na fase de preparo do solo, com valores variando de 1,005 a

1,158 L.s⁻¹ha⁻¹. Para os solos sem perdas por percolação a vazão média é de 0,472 L.s⁻¹ha⁻¹ na fase vegetativa, 0,263 na fase reprodutiva e 0,177 na fase de maturação, com média durante o ciclo da cultura de 0,46 L.s⁻¹ha⁻¹.

Tendo esses números como base e sabendo que a área total, destinada ao cultivo do arroz irrigado, da microbacia de estudo é de 64,6 ha é possível se estimar o consumo aproximado de água por safra, Como mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Consumo de água estimado durante uma safra de arroz irrigado.

Fase	Consumo de Água							
	Duração (Dias)		Consumo por hectare		Consumo por Safra			
	Mínimo	Máximo	(l/ha)/s	(m ³ /ha)dia	(m ³ /ha)	Na Bacia (64,6 ha)		
				Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Preparo do solo (mínimo)			1,005	86,83				
Preparo do solo (máximo)			1,158	100,05				
Fase vegetativa			0,472	40,78				
Fase reprodutiva			0,263	22,72				
Fase de maturação	30	40	0,177	15,29	458,8	611,7	29637,45	39516,6
Média	100	140	0,46	39,74	3974,4	5564,2	256746,2	359444,7

Fonte: ROSSO, 2007, adaptado pelo autor.

Agroquímicos Utilizados na Cultura do Arroz Irrigado

Controlar as plantas daninhas significa favorecer o desenvolvimento das plantas de arroz e desfavorecer as invasoras. Isto ocorre por meio de várias técnicas de controle uma delas envolve a utilização de agroquímicos os quais podem comprometer o sistema hídrico da microbacia (EPAGRI, 2002).

Segundo Fernandes (2004), a época da aplicação de herbicidas na lavoura é variável e depende do tipo de herbicida e da modalidade de aplicação. A aplicação na modalidade benzedura deverá ser feita mais precocemente, variando entre 10 a 20 dias após a semeadura e, para a modalidade pulverização, entre 20 a 35 dias após a semeadura. Nesta modalidade deve-se fazer a retirada da lâmina de água, deixando o solo saturado. Este processo é necessário para que o produto aplicado pulverizado atinja as folhas daninhas e faça o controle destas.

A aplicação de herbicidas foi uma prática bastante utilizada no cultivo do arroz irrigado em Santa Catarina. No entanto a adoção desta prática implica na drenagem e troca de água nas quadras antes da semeadura do arroz, o que pode resultar em grande impacto ambiental para o corpo hídrico receptor. Com isto este método não é mais recomendado para o controle de daninhas no estado de Santa Catarina (EPAGRI 2002).

Os principais herbicidas registrados para uso no sistema de semeadura pré-germinado estão listados na tabela 2.

Tabela 2 - Principais herbicidas utilizados para o controle de daninhas no estado de Santa Catarina.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo	Formula e Concentração	Dose/ha	Aplicação	Classificação		Intervalo de Segurança
					Toxicologia	Ambiental	
Ally ¹	Metsulfuron	GD 600	3,3 g	Pós	III	III	30
Aura ¹	Clefoxydim	CE 200	0,85 l	Pós	I	II	75
Aurora	Carfentrazone	CE 400	100 a 125 ml	Pós	II	II	56
Basagran 600	Bentazon	AS 600	1,6 l	Pós	III	III	60
Clincher ¹	Cyhalo fop butil	CE 180	1 a 1,75 l	Pós	I	II	77
2,4-D ²	2,4-D	Várias	0,3 a 0,5 l	Pós	-	-	NE
Facet PM ¹	Quinclorac	PM 500	0,75 kg	Pós	III	IV	90
Gamit	Clomazone	CE 500	0,8 a 1,4 l	Pré/Pós	II	II	ND
Gladium ¹	Ethoxysulfuron	GD 600	100 a 133 g	Pós	III	III	50
Glifosato ²	Glifosato	Várias	2 a 5 l	Dessecação	-	-	NE
Goal BR	Oxifluorfen	CE 240	1,0 l	Pré	II	IV	70
Grascarb	Propanil + Thiobencarb	CE 470+200	5 a 6 l	Pós	IV	I	80
Guliver ¹	Azimsulfuron	GDA 500	10 a 12 g	Pós	III	III	15
Herbadox 500 CE	Pendimethalin	CE 500	2,5 a 3,5 l	Pré	II	IV	ND
Invest ¹	Cyodosulfamuron	GD 700	57 g	Pós	II	II	111
Nominee 400 SC ¹	Bispyribac-sodium	SC 400	125 ml	Pós	II	III	118
Only ^{1 e 6}	Imazethapyr + imazapic	SL 75+25	1,5 l	Pós	III	III	60

Propanil ²	Propanil	Várias	6 a 14 l	Pós	-	-	80
Ricer	Penoxsulam	SC 240	0,1 a 0,25 l	Pós	II	III	98
Ronstar 250 GR	Oxadiazon	CE 250	3,5 a 4 l	Pré/Pós	II	III	ND
Satanil CE	Propanil + Thiobencarb	CE 200+400	6 a 8 l	Pós	III	IV	80
Saturn CE 500	Thiobencarb	CE 500	8 a 10 l	Pré/Pós	II	I	ND
Sirius	Pyrazosulfuron	SC 250	60 a 80 ml	Pós	IV	III	30
Stampir BR	Propanil + triclopyr	CE 380+40	6 a 10 l	Pós	I	IV	80
Starice	Fenoxaprop-p-ethyl	CE 69	0,8 a 1	Pós	II	II	80
Whip S	Fenoxaprop-p-ethyl	EC 69	0,6 l	Pós	II	II	80

Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2011, adaptado pelo autor.

Influências da Rizicultura no Meio Ambiente

Para Deschamps et al. (2003), os diversos componentes físico-químicos da água representam riscos distintos quando alterados. O mesmo autor enfoca que, para garantir a sustentabilidade, devem-se minimizar os efeitos adversos ao ambiente provocados pela drenagem inicial, bem como se devem buscar estratégias de controle dos produtos químicos utilizados pela agricultura. A maior preocupação com a cultura do arroz é a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Observações feitas por Weber (2001), em regiões que apresentam solos com boa drenagem e utilizam sistemas de irrigação, para o cultivo do arroz, demonstraram que essas regiões são fortemente propensas a desenvolver grandes áreas com excesso de degradação das águas profundas. O nitrato é um dos maiores poluentes documentados nas águas profundas, em regiões próximas a lavouras de arroz.

Segundo Weber (2001), a carga excessiva de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, provenientes das lavouras, ocasiona a acelerada eutrofização das águas superficiais. A excessiva carga de nutrientes leva a uma alteração no desenvolvimento de algas, macrófitas aquáticas, deixando a água turva, com transparência limitada, isto provoca excessivo crescimento bacteriano nos sistemas de distribuição de água.

Trabalhos realizados por Camargo, Marchezan, e Zanella (2003) demonstraram que as perdas de fósforo (P) são muito maiores que a média estabelecida pela resolução nº 357 do CONAMA (2005) para as águas de classe 1, onde os teores de fósforo total não deveriam ser superiores a 0,025mg/L. São encontrados valores superiores a cerca de 1,0 mg/L de P total, nas áreas próximas às lavouras de arroz.

Segundo Noldin e Eberhardt (2005), o cultivo do arroz irrigado, no qual a água é o principal insumo, geralmente é realizado próximo a mananciais, fato que proporciona maior risco de contaminação da água pelos agroquímicos. A aplicação destes agroquímicos pode resultar na acumulação de seus resíduos ou de seus metabólitos no solo, águas de superfície e subterrâneas e nos grãos de arroz.

2.2 Indicadores de Qualidade da Água

Oxigênio Dissolvido (OD)

De acordo com Von Sperling (1996) oxigênio é essencial a todas as formas de vida aquática, principalmente para os organismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. O conteúdo de oxigênio dissolvido varia com a temperatura, salinidade, atividade fotossintética e pressão atmosférica. Descargas de efluentes ricos em matéria orgânica podem causar o decréscimo da concentração de OD, podendo inclusive levar a condições anaeróbicas.

A determinação da concentração de oxigênio dissolvido é, portanto, um parâmetro essencial para se avaliar a qualidade da água, uma vez que o oxigênio está envolvido ou influencia praticamente todos os processos químicos e biológicos que ocorrem em um corpo hídrico. A redução da concentração de OD pode causar a morte de diversos seres aquáticos inclusive os peixes. A determinação de OD pode ser utilizada ainda como indicadora do grau de poluição por matéria orgânica. (MACÊDO, 2004)

Turbidez

A turbidez da água é definida como o grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessar a água, devido à presença de sólidos em suspensão (NUNES, 2004).

Os materiais em suspensão correspondem a silte, argila, partículas finas de compostos orgânicos e inorgânicos, plâncton e outros organismos microscópicos. A turbidez é medida pelo espalhamento e absorção da luz incidente em uma amostra, e deve ser medida no campo, uma vez que alterações de pH e a luz podem levar a precipitação de materiais e alterações no resultados. A medição de turbidez pode ser afetada pela presença de fortes chuvas na bacia (MACÊDO, 2004).

Segundo Von Sperling (1996), a turbidez pode ter origem natural a qual não traz inconvenientes sanitários. Porém é esteticamente desagradável e os sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos. Podem também ter origem antropogênica quando associada a despejos domésticos, despejos industriais ou erosão do solo.

pH

O pH é uma medida de concentração do hidrogênio ativo na água. É usado universalmente para expressar uma condição ácida ou alcalina de uma solução, na qual se mede a concentração de íons hidrogênio ou sua atividade. Sua medida varia de 0 a 14 (VON SPERLING, 1996).

Nunes (2004), diz que o pH é uma variável importante na avaliação da qualidade da água, uma vez que influencia vários processos biológicos e químicos em corpos hídricos, assim como os processos associados ao abastecimento e tratamento da água. Para Sperling (1996) alterações no pH podem indicar a presença de efluentes, mais facilmente identificáveis se forem registrados de maneira contínua e conjunta com a condutividade elétrica.

O pH em águas naturais varia entre 6,0 e 8,5, podendo ocorrer valores mais elevados nos casos de águas subterrâneas ou lagos salgados. O pH deve ser medido no campo, uma vez que é afetado por vários fatores naturais. A temperatura da água deve ser também anotada, visto ser o pH dependente da temperatura (MACÊDO, 2004).

Alcalinidade

Alcalinidade da água é sua capacidade quantitativa para neutralizar um ácido forte num determinado pH. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (OH^-) (VON SPERLING, 1996).

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para Nunes (2004), a Demanda Química de Oxigênio (DQO) é amplamente utilizada como medida da susceptibilidade a oxidação de materiais orgânicos e inorgânicos presentes na água. Embora não represente o conteúdo total de carbono orgânico presente na água, é um bom indicador para despejos industriais. A concentração de DQO em águas superficiais varia entre 20 mg/l ou menos em águas limpas, até valores superiores a 200 mg/l em águas poluídas.

Macêdo (2004), afirma que a DQO caracteriza de modo indireto a quantidade de oxigênio consumido num processo de degradação química da matéria biodegradável e também daquela que é mais dificilmente atacada (consumida) pelos microorganismos. Portanto, é o oxigênio requerido para estabilização da matéria orgânica através da ação química (oxidação) a um determinado tempo e temperatura, não sendo o correspondente da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), pois nem todas as substâncias químicas podem ser biodegradadas. Portanto, para cada ação de DBO, ocorreu anteriormente certa ação de DQO.

Deste modo Sperling (1996, p. 69) defini que:

O teste de DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica. O valor obtido é portanto uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente.

A principal diferença com relação ao teste de DBO encontra-se claramente presente na nomenclatura de ambos os testes. A DBO relaciona-se a uma oxidação bioquímica da matéria orgânica, realizada inteiramente por organismos. Já a DQO corresponde a uma oxidação química da matéria orgânica, obtida através de um fator oxidante (dicromato de potássio) em meio ácido.

Coliformes Totais

De acordo com Nunes (2004), o risco mais comum à saúde humana associada à água decorre da presença de microorganismos causadores de doenças. Vários desses microorganismos são decorrentes da poluição das águas por efluentes domésticos (esgotos): onde se encontra grande variedade de patogênicos que podem causar doenças, variando entre simples distúrbios gástricos até disenteria e tifo.

O monitoramento para a presença de bactérias patogênicas, neste caso, são as bactérias do grupo coliforme como indicadores da contaminação da água. Os coliformes apresentam-se em grandes quantidades nas fezes humanas com isso a probabilidade de que sejam detectados após o lançamento do esgoto é muito maior a outros grupos patogênicos. Neste caso é um componente essencial de programas de avaliação de qualidade da água (VON SPERLING, 1996).

Coliformes Fecais

De acordo com Thomann e Mueller (1987 apud VON SPERLING, 1996) é o grupo de bactérias a qual pertence a *Escherichia coli*. Indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e de outros animais de sangue quente. O teste de coliformes fecais é realizado a uma elevada temperatura, na qual supre o crescimento de bactérias de origem não fecal.

Nitrogênio

O nitrogênio é um elemento de grande importância para os organismos. O acúmulo de nitrogênio, principalmente nas suas formas nitrato e amônia, decorre da poluição orgânica e da drenagem de solos adubados. Em águas naturais, o teor de nitrato é da ordem de 0,1 mg/l. Quando influenciado por ação humana, pode elevar as concentrações para cerca de 1 a 5 mg/l. Concentrações acima de 5 mg/l mostram a contaminação por poluição humana, uso de fertilizantes ou run-off. Em casos de poluição extrema, as concentrações podem atingir 200mg/l (MACÊDO, 2004).

Para Von Sperling (1996), o ciclo do nitrogênio na biosfera envolve várias formas de oxidação. Como resultado de distintos processos bioquímicos o nitrogênio pode ser encontrado de diversas formas no meio aquático:

- Nitrogênio molecular (N_2) (escapando para a atmosfera);
- Nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão);
- Amônia (livre- NH_3 e ionizada – NH_4^+);
- Nitrito (NO_2^-);
- Nitrato (NO_3^-).

O mesmo autor fala que o nitrogênio nos processos de conversão da amônia a nitrito e este a nitrato, implicam no consumo de oxigênio no corpo d'água receptor.

Fósforo

A importância do fósforo associa-se principalmente ao fato de que é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Considera-se que esgotos domésticos contem um teor de fósforo suficiente para promover a degradação da matéria orgânica, entre tanto despejos industriais podem apresentar um teor deficiente de fósforo para tal objetivo (MACÊDO, 2004).

De acordo com Von Sperling (1996), o fósforo na água se apresenta das seguintes formas:

- Fósforo Orgânico;
- Polifosfato;
- Ortofosfato.

O fósforo orgânico tem mais importância em águas residuárias industriais e lodo oriundo do tratamento de esgoto, do que propriamente o esgoto doméstico.

Os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo. Através do mecanismo de hidrólise são transformados lentamente em ortofosfatos.

As principais fontes de ortofosfatos na água são o solo, detergentes, fertilizantes, despejos industriais e esgotos domésticos. A forma que o ortofosfato se apresenta na água varia com o valor do pH, entre tanto a mais comum é o HPO_4^{-2} .

Dureza

É uma característica conferida a água pela presença de íons metálicos principalmente os de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}). Águas que são consideradas duras impedem a formação de espumas de sabão e produzem incrustação nos sistemas de água quente (MACÊDO, 2004).

Sperling (1996), diz que em concentrações elevadas atribui um sabor desagradável e efeitos laxativos a água, embora não hajam evidências de que a

dureza cause problemas sanitários. Entretanto estudos indicaram menor incidência de doenças cardíacas em áreas com maior dureza.

2.3 Hidrologia

Conceito

Segundo Pinto (1976), hidrologia é a ciência que trata do estudo da água na Natureza. É parte da geografia física e abrange propriedades, fenômenos e distribuição da água na atmosfera, na superfície da terra e no subsolo. Para Tucci (2009), a hidrologia é uma ciência interdisciplinar que tem tido evolução significativa devido ao crescimento nas últimas décadas de problemas relacionados a uso e ocupação desordenado do solo de bacias e consumo excessivo de água, trazendo impactos ambientais.

Garcez e Alvarez (1988), afirmam que como ciência a hidrologia pode ser considerada um capítulo da física da terra, e, por tanto, relacionada a outras disciplinas como meteorologia, climatologia, geografia, geologia e física entre outras. No estudo dos fenômenos hidrológicos em relação à comunidade biológica e as atividades antrópicas, a hidrologia se entrelaça com a agronomia, mecânica dos solos, hidráulica e ecologia.

Ciclo Hidrológico

De acordo com Tucci (2009), o ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionando fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação da terra.

Embora este conceito seja tido com um ciclo fechado é indispensável atribuir um ponto inicial a fim de se entender por completo a relação entre as fases do ciclo hidrológico. Deste modo Pinto (1976) diz que quando as gotículas de água formadas através da condensação atingem uma determinada dimensão, precipitam-se formando a chuva. Caso na hora da condensação a temperatura estiver abaixo de zero, a precipitação se caracterizara na forma de neve. Por outro lado se a chuva

em sua queda passar por temperaturas abaixo de zero tem-se a formação de granizo.

Parte da chuva que precipita não chega ao solo, evapora antes ou fica retida nas plantas. Para este último fenômeno dá-se o nome de interceptação. De todo o volume que chega a cair no solo parte infiltra, parte evapora e parte escoar pela superfície (PINTO, 1976).

Segundo Garcez e Alvarez (1988), uma parcela da precipitação se infiltra no solo por gravidade ou capilaridade, formando a parte subterrânea do ciclo hidrológico. O fenômeno da infiltração está diretamente relacionado as características geológicas do solo, relevo e aos obstáculos impostos ao longo do escoamento superficial, bem como o tipo e porte da vegetação da área em questão.

Tucci (2001), afirma que é pela evaporação que se mantém o equilíbrio do ciclo hidrológico. Em qualquer tempo ou local que circule a água na superfície terrestre, seja nos continentes seja nos oceanos há evaporação para a atmosfera, fenômeno que fecha o ciclo hidrológico. Por cobrir maior parte da superfície da terra naturalmente a maior contribuição para o ciclo hidrológico em sua fase de evaporação vem dos oceanos com uma contribuição de cerca de 70%. A evapotranspiração que é a soma da evaporação e da transpiração, depende da radiação solar das tensões de vapor do ar e dos ventos.

Precipitação

Precipitação é toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitação. O que diferencia essas formas de precipitação é o estado em que a água se encontra (TUCCI, 2009).

Segundo Pinto (1976), a formação da precipitação está ligada a ascensão das massas de ar, que pode ser devida aos seguintes fatores: convecção térmica, relevo ou ação frontal de massa.

Chuvas convectivas são aquelas provocadas pela ascensão devida as diferenças de temperatura na camada vizinha da atmosfera. São conhecidas como tempestades ou trovoadas, pois são caracterizadas por fenômenos elétricos, rajadas de vento e forte precipitação.

Chuvas orográficas são aquelas que ocorrem quando o ar é forçado a transpor barreiras de montanhas.

Chuvas frontais são aquelas que ocorrem ao longo da linha de descontinuidade, separando duas massas de ar de características diferentes.

De acordo com Tucci (2009), a disponibilidade de precipitação em uma bacia é o fator determinante para quantificar, entre outras, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico. A determinação da intensidade da precipitação é importante para o controle de inundações e a erosão do solo.

Para medir as precipitações são utilizados dois tipos de aparelhos. Um deles é o pluviômetro que é composto com simples receptores, que recolhem a água tombada e a armazenam convenientemente para posterior medição volumétrica. Outro é o pluviógrafo que registram continuamente a quantidade de chuva que recolhem (GARCEZ e ALVAREZ, 1988).

É importante ressaltar o cuidado que se deve ter ao trabalhar com os dados de precipitação já que, as informações podem ser válidas apenas para os pontos onde estão colocados os aparelhos (PINTO, 1976).

Geralmente os dados de chuva disponíveis não são muito numerosos, embora relativamente mais abundantes que as demais informações hidrométricas normalmente solicitadas para projetos hidráulicos, o que ocasiona erros nas avaliações feitas pelos métodos estatísticos visto, que tem que partir de amostras pequenas.

Mesmo que se disponha de muitas informações, há que se tomar sempre cuidado com o uso que se pretende fazer dos mesmos.

Quando as informações de um pluviômetro são utilizadas para estimar o deflúvio de uma pequena bacia, obtêm-se um valor errado por falta, pois eles dão quantidades obtidas em 24 horas, que é um tempo muito grande em face à pequena área em estudo. Um pluviógrafo serviria para mostrar melhor como se distribuem as intensidades de chuva nesse intervalo de 24 horas (PINTO, 1976, p. 33).

Segundo Garcez e Alvarez (1988), a quantidade ideal de postos pluviométricos a ser instalada em uma determinada área depende essencialmente da finalidade a que se destinam os dados colhidos e da homogeneidade da distribuição das precipitações.

Bacia Hidrográfica

Garcez e Alvarez (1988), definem bacia hidrográfica como conjunto de áreas com declividade no sentido de determinada seção transversal de curso de água, ou seja, uma área definida e fechada topograficamente num ponto do curso de água, de forma que toda a vazão afluyente possa ser medida ou descarregada através desse ponto.

A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada de água é o volume precipitado e a saída é o volume de água escoado ao longo da sua área de drenagem, considerando como perdas intermediárias os volumes evaporados, transpirados e também os infiltrados profundamente. Eventualmente pode-se desconsiderar estas perdas e analisar a transformação da precipitação em vazão (TUCCI, 2001).

Topografia de uma Bacia

Garcez e Alvarez (1988) destacam a importância de se calcular as curvas de níveis por plantas topográficas quando se estuda uma bacia. O referido autor afirma que a maioria dos fatores meteorológicos e hidrológicos como precipitações, temperaturas, descargas unitárias entre outros estão diretamente relacionados com a altitude.

Vazão

De acordo com Pinto (1976), a vazão de uma bacia é o volume de água escoado na unidade de tempo em uma determinada seção do curso de água. Podem-se distinguir as vazões normais das vazões de inundação. Para vazões normais consideram-se ordinariamente as que escoam no curso de água e para inundações as que ultrapassam um valor-limite e excedem a capacidade normal das seções de escoamento dos cursos de água. São expressas em metros cúbicos por segundo (m^3/s) ou em litros por segundo (l/s).

Dá-se o nome de vazão específica ou contribuição unitária a relação entre a vazão em uma seção do curso de água e a área da bacia hidrográfica relativa a essa seção.

2.4 Legislação

A Política Nacional de Recursos Hídricos Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 diz que a água é um recurso natural limitado de domínio público dotado de valor econômico. A gestão dos recursos hídricos deve proporcionar o uso múltiplo das águas.

Para tal finalidade deve-se enquadrar os corpos de água em classes segundo os usos preponderantes da água

Art. 9º O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, visa a:

- I - assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas;
- II - diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (PNRH Lei nº 9.433/97).

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, classe de qualidade é conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. Ou seja essas condições e padrões servem de referência para a classificação do corpo hídrico.

Segundo a Portaria número 24 de 1979, a qual enquadra os cursos d'água do Estado de Santa Catarina, todos os rios que não sejam mencionados nominalmente na mesma como Classe I ou III serão considerados de Classe II, entre eles enquadra-se o Ribeirão Frida.

Porém, o rio da microbacia estudada é utilizado para a irrigação do arroz, o qual, segunda a resolução CONAMA 357/2005, deve ser enquadrado como Classe III. Segundo a resolução são enquadrados nessa classe os rios com águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) a pesca amadora;
- d) a recreação de contato secundário; e
- e) a dessedentação de animais (CONAMA 357/2005).

De acordo com o art. 16 desta resolução. As águas doces de classe III devem estar de acordo com as seguintes condições e padrões de qualidade da água:

- a) não verificação de efeito tóxico agudo a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido;
- b) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
- f) resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) coliformes termo tolerantes: para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termo tolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termo tolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termo tolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termo tolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) cianobactérias para dessedentação de animais: os valores de densidade de cianobactérias não deverão exceder 50.000 cel/ml, ou 5mm³/L;
- i) DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O₂;
- j) OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂;
- l) turbidez até 100 UNT;
- m) cor verdadeira: até 75 mg Pt/L; e,
- n) pH: 6,0 a 9,0 (CONAMA 357/2005).

Os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA podem ser afetados por diversos fatores, que refletem na qualidade da água direta ou indiretamente. Um dos fatores mais importantes para se preservar a qualidade do corpo hídrico é a presença de cobertura vegetal ao longo da extensão de sua margem.

Sendo assim um ponto importante que deve ser destacado é a questão que diz respeito à mata ciliar. Definida como formação vegetal que ocorre nas margens dos rios, córregos, lagos, lagoas, olhos d'água, represas e nascentes, é considerada pelo Código Florestal Federal Lei 4.771 de 1965 como área de preservação permanente, e diz que essa faixa de mata deve ter no mínimo 30 metros. Pelo Código Estadual do Meio Ambiente Lei 14.675 de 13 de abril de 2009 de Santa Catarina, a proteção fica reduzida.

Art. 114. São consideradas áreas de preservação permanente, pelo simples efeito desta Lei, as florestas e demais formas de cobertura vegetal situadas:

I - ao longo dos rios ou de qualquer curso de água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

a) para propriedades com até 50 (cinquenta) ha: 1. 5 (cinco) metros para os cursos de água inferiores a 5 (cinco) metros de largura;

2. 10 (dez) metros para os cursos de água que tenham de 5 (cinco) até 10 (dez) metros de largura;

3. 10 (dez) metros acrescidos de 50% (cinquenta por cento) da medida excedente a 10 (dez) metros, para cursos de água que tenham largura superior a 10 (dez) metros;

b) para propriedades acima de 50 (cinquenta) ha; 1. 10 (dez) metros para os cursos de água que tenham até 10 (dez) metros de largura; e

2. 10 (dez) metros acrescidos de 50% (cinquenta por cento) da medida excedente a 10 (dez) metros, para cursos de água que tenham largura superior a 10 (dez) metros;

II - em banhados de altitude, respeitando-se uma bordadura mínima de 10 (dez) metros a partir da área úmida;

III - nas nascentes, qualquer que seja a sua situação topográfica, com largura mínima de 10 (dez) metros, podendo ser esta alterada de acordo com critérios técnicos definidos pela EPAGRI e respeitando-se as áreas consolidadas;

IV - no topo de morros e de montanha;

V - em vegetação de restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VI - nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo; e

VII - em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação.

§ 1º Os parâmetros fixados no inciso I deste artigo não autorizam a supressão de vegetação, submetendo-se as florestas e demais formas de vegetação já existentes nestes locais ao disposto nas demais normas jurídicas relativas ao meio ambiente.

§ 2º As medidas das faixas de proteção a que se refere o inciso I deste artigo poderão ser modificadas em situações específicas, desde que estudos técnicos

elaborados pela EPAGRI justifiquem a adoção de novos parâmetros (Lei estadual de Santa Catarina nº 14.675/09).

A redução da área de preservação permanente além de ir contra o Código Florestal Federal, fere também a Política Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina Lei nº 9.748, de 30 de novembro de 1994, que assegura o uso racional da água compatibilizada com a preservação do meio ambiente. Dos objetivos desta lei:

(I) assegurar as condições para o desenvolvimento econômico e social, com melhoria da qualidade de vida e em equilíbrio com o meio ambiente;

(II) compatibilizar a ação humana, em qualquer de suas manifestações, com a dinâmica do ciclo hidrológico no Estado de Santa Catarina;

(III) garantir que a água, elemento natural primordial a todas as formas de vida, possa ser controlada e utilizada, em padrões de qualidade e quantidade

satisfatórios, por seus usuários atuais e pelas gerações futuras, em todo o território do Estado de Santa Catarina.

Fica claro nos objetivos desta lei que o homem deve adequar suas necessidades de acordo com o meio, não o contrário, adequar o meio para suas necessidades.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido junto ao Setor de Gestão e Saneamento Ambiental da Epagri/CIRAM – Florianópolis. Os dados de análises dos parâmetros aqui utilizados foram coletados para o desenvolvimento do projeto “Estudo de alternativas para a recuperação dos recursos hídricos na Microbacia Hidrográfica Ribeirão Gustavo no município de Massaranduba – SC” desenvolvido e executado pelo CIRAM e financiado pelo CNPq.

Para atender os objetivos descritos anteriormente foi utilizada a legislação vigente, resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005. Que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

De acordo com a legislação citada acima rios utilizados para a irrigação de culturas cerealíferas são classificados como classe III, portanto o Ribeirão Frida foi enquadrado nesta classe para fins de comparação com os valores máximos permitidos de nutrientes e coliformes.

Esta resolução não estabelece limites para alguns dos parâmetros que foram analisadas. Neste caso foi utilizado como referência para fins de comparação a portaria N° 518, de 25 de março de 2004. Esta portaria estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Um mapa de uso e ocupação foi à base para (a comparação) entre as variáveis qualitativas (classe de uso do solo) e as variáveis quantitativas (parâmetros físico-químicos da água).

3.1 Localização da Área de Estudo

O município de Massaranduba está localizado no norte do estado de Santa Catarina, como demonstrado na Figura 01, possui uma população aproximada de 14668 habitantes distribuída ao longo de sua área territorial de 373 km² (IBGE, 2010).

Figura 1 - Localização do município de Massaranduba.



Fonte: Wikipédia, 2011.

3.2 Características da Área

Segundo o Atlas Escolar de Santa Catarina a área de estudo pertence à região da Floresta Ombrófila Densa, Formação Floresta Submontana, caracterizada pelo grande número de espécies que se desenvolvem em quatro estratos distintos.

Na geologia a microbacia Ribeirão Frida está inserida nas unidades "Complexo Luís Alves" e "Área de Sedimentos Quaternários/Depósitos Aluvionares".

Na geomorfologia, a unidade geomorfológica que abrange a microbacia é denominada Serra do Tabuleiro/Itajaí.

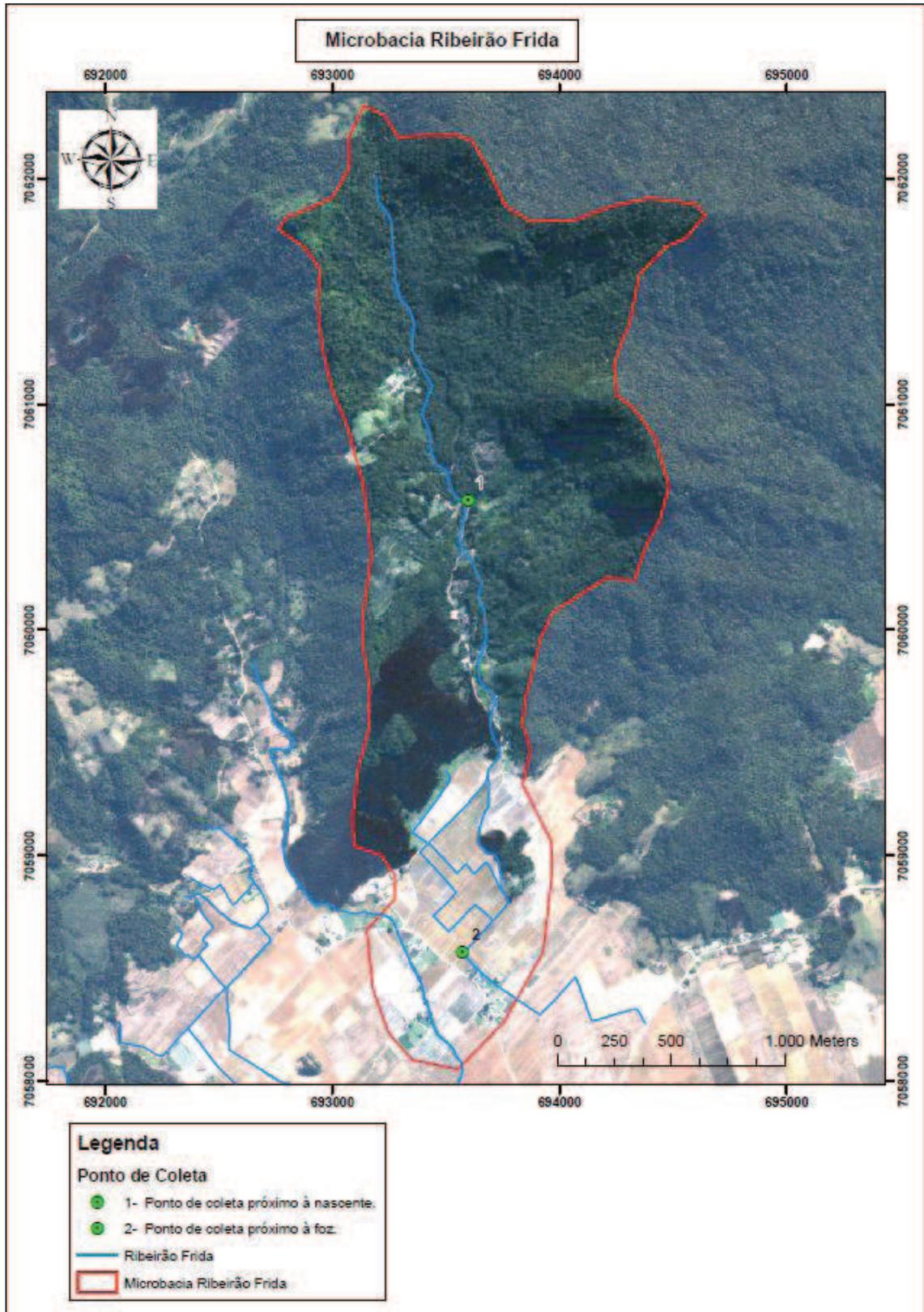
3.3 Coleta dos Dados

Inicialmente, através de mapas foram identificados o rio principal (Ribeirão Gustavo) e 3 rios contribuintes (Ribeirão Voelz, Ribeirão Irma e Ribeirão Frida).

Após o diagnóstico da área da microbacia, foram selecionados, para este estudo, dois pontos de coleta de água ao longo do Ribeirão Frida. O primeiro ponto (ponto 1) está localizado a montante de toda a contribuição antrópica (próximo a nascente), já o segundo ponto (ponto 2) está localizado a jusante de todos os domicílios que supostamente contribuem com descarga de esgoto doméstico na rede hídrica e das quadras de arroz que utilizam as águas do Ribeirão Frida para irrigação (próximo a foz).

A figura 2 delimita a área da microbacia e identifica os pontos de coletas localizados na nascente e na foz do rio. As amostras foram coletadas quinzenalmente entre julho de 2010 e março de 2011. Em janeiro de 2011 não foram realizadas as coletas no ponto localizado na nascente, pois o acesso ao mesmo estava prejudicado pela enchente ocorrida no mês de dezembro de 2010.

Figura 2 - Delimitação da área da microbacia e pontos de coleta na nascente e foz.



Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2011.

3.4 Análise dos Dados

Os parâmetros analisados nas amostras coletadas foram os seguintes: coliformes totais, coliformes fecais, oxigênio dissolvido, turbidez, pH, alcalinidade, nitrato, dureza, amônia, ortofosfato e DQO.

As análises foram realizadas no campo (pH e OD) e nos laboratórios de análise de água da Epagri, localizados na Estação Experimental de Itajaí. As análises físico-químicas realizadas nas amostras obedeceram aos procedimentos previstos no Standart Methods (APHA, 1998), utilizando os seguintes reagentes da marca HACH® e IDEXX®:

Tabela 3 - Reagentes utilizados nas análises.

Parâmetro	Reagente
DQO	Digestion COD Digestion Vials, Ultra Low Range (HACH) - Reactor Range: 0,7- 40 mg L ⁻¹
Ortofosfato	Oxidation Phosver 3 Phosphate Reagent (HACH) - Persulfate UV Range: 0,02 to 125,0 mg L ⁻¹ P-PO ₄
Nitrato	Nitraver 3 e Nitraver 6 (HACH) - Cadmium Reduction Range: 0.01 to 0.50 mg/L N-NO ₃
AMÔNIA	Nitrogen-Ammonia/Ammonium (HACH) -Salicylate Method Range: 0 to 0.80 mg/L N- NH ₃
Coliformes fecais (<i>Escherichia coli</i>)	Colilert-substrato definido p/análise coliformes e <i>E.coli</i> em água e cartela Quanti-tray 97 células (IDEXX)

(Fonte: Disponível em www.hach.com e www.idexx.com)

A análise de alcalinidade foi feita através de titulometria, utilizando a solução de titulação H₂SO₄ a 0,02 N e indicador Alaranjado de Metila. A análise de dureza também foi efetuada através de titulometria utilizando solução de EDTA 0,01 N e indicador eriocromo negro T.

Os resultados das análises foram trabalhados através do *Excel*, no qual se calculou as médias e desvio padrão dos dados analisado e do software *Statistica 7.0*, utilizado para comparação entre médias, matriz de correlação de Pearson e regressões.

Para se avaliar a qualidade da água na nascente e foz do Ribeirão Frida os parâmetros analisados foram relacionados com os dados de chuva utilizando a correlação de *Pearson*.

Os dados de chuva foram obtidos junto à base de dados da Epagri/CIRAM, onde foram coletados e transmitidos através de uma estação agrometeorológica instalada na Microbacia de estudo. Localizada na área plana, próximo as quadras de arroz, como mostram as figuras 3 e 4.

Figura 3 - Foto da estação agrometeorológica localizada na Microbacia Ribeirão Gustavo, próximo as quadras de arroz.



Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2010.

Figura 4 - Foto do pluviômetro que faz as coletas dos dados de chuva na Microbacia Ribeirão Gustavo, próximo as quadras de arroz.



Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2010.

Os dados horários de precipitação obtidos foram agrupados de duas em duas horas até completar a chuva acumulada (mm) de 24 horas. Posteriormente foram agrupados para a chuva acumulada (mm) de 48 horas, em seguida para chuva acumulada (mm) de 72 horas anterior a coleta dos dados, estimada entre 9 e 10 horas da manhã. A tabela 3 mostra os valores obtidos nos agrupamentos horários da precipitação.

As correlações foram feitas entre os parâmetros analisados na nascente e foz e as séries de agrupamento da precipitação. Logo a discussão dos resultados baseou-se sucessivamente entre as correlações para chuva acumulada (mm) em intervalos de duas até completar 24 horas, chuva acumulada (mm) de 48 horas e por último chuva acumulada (mm) de 72 horas.

Tabela 4 - Chuva acumulada (mm) agrupada em diferentes períodos anteriores a coleta.

Data	Chuva acumulada (mm)													
	2h	4h	6h	8h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h	24h	48h	72h
13/07/2010	0	0	0,4	4,4	6,4	8,8	12,6	13	14,8	30,4	30,4	30,4	31,2	40,2
02/08/2010	0	0,8	0,8	0,8	1	1	1	1	1	1,4	1,4	2,2	18	18
17/08/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2
01/09/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/09/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/10/2010	0	0	0,2	0,5	0,8	2	7,2	10	11	11,2	12	13,5	14,7	19,3
25/10/2010	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	1,2
08/11/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,8
22/11/2010	0,6	5,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	7,6	7,6
01/12/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8	1,8	16,6	27,8
13/12/2010	17,6	23,6	29	29	29,2	29,2	29,2	29,2	31,6	33	43	43	45,6	46,4
07/02/2011	0	0	0	0	0,8	0,8	2,2	24,8	24,8	26	34,2	35,6	45,2	45,2
21/02/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/03/2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,6	8,2
21/03/2011	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Fonte: COELHO, 2011.

Os parâmetros analisados na foz do Ribeirão Frida foram relacionados também com as fases de manejo das quadras de arroz. Para este estudo foram utilizados análise de variância (ANOVA) e comparação entre médias através do teste de *Tukey*.

Tabela 5 - Relação entre o período estudado e as fases de manejo do arroz.

Ano	Período	Fases de Manejo
2010	Julho	Preparo do Solo
	Agosto	
	Setembro	Semeadura
	Outubro	Adubação NPK
	Novembro	
	Dezembro	Fungicidas + Inseticidas
2011	Janeiro	Colheita Safra
	Fevereiro	Soca
	Março	

Fonte: COELHO, 2011.

Após processados os dados estes foram confrontados com observações e constatações realizadas na área da microbacia com o auxílio de máquina fotográfica, mapas e equipamento de localização por satélite (GPS).

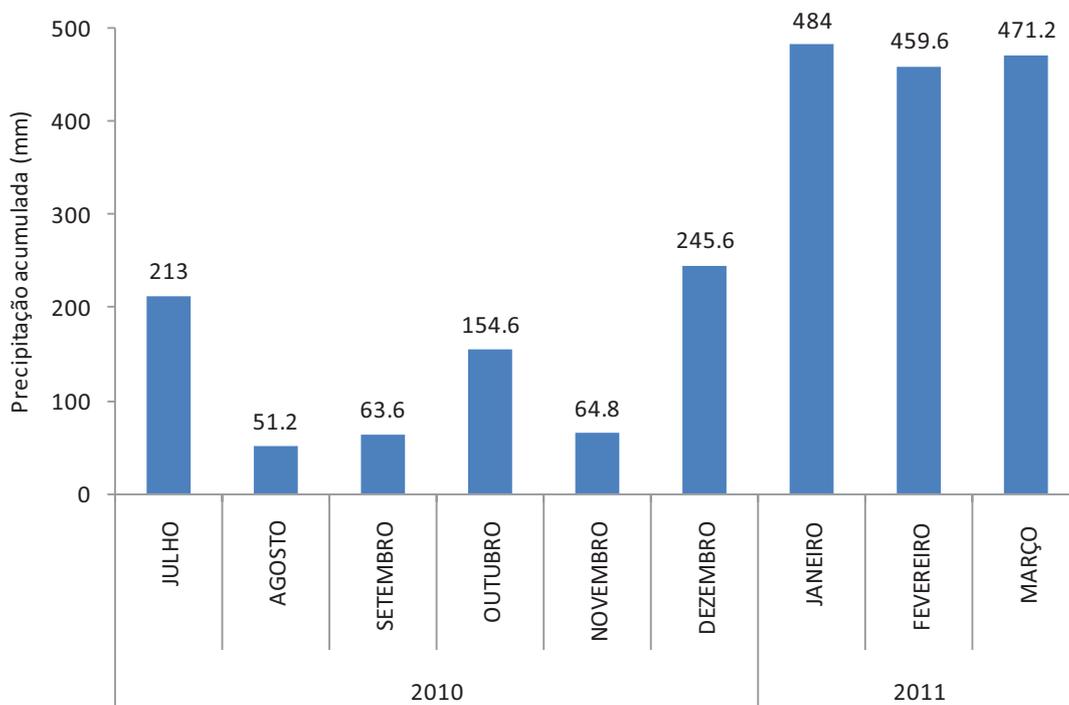
Desse modo pode-se constatar algumas características da área, tais como: ocupação desordenada, presença de mata ciliar e localização da rede de drenagem atual da microbacia, com maior detalhamento em sua área plana. Essa visualização da área de estudo serviu de base para discutir os dados de qualidade da água da Microbacia Ribeirão Frida.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Avaliação da Qualidade da Água na Microbacia

A figura 5 apresenta a chuva acumulada (mm) mensal obtida durante o período de estudo, que se desenvolveu entre julho de 2010 a março de 2011. É possível visualizar os períodos com maior volume de precipitação e os períodos que apresentaram precipitação abaixo da média no intervalo de 140 dias, período de duração de uma safra de arroz irrigado, iniciando com o preparo do solo estendendo-se até a colheita da segunda safra (soca).

Figura 5 - Precipitação acumulada mensal do período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

Os meses que apresentaram menor chuva acumulada foram agosto (51,2 mm) e setembro (63,6 mm), período em que se realiza o preparo do solo, semeadura e adubação.

Os períodos com maior volume de chuva, como é característico de regiões subtropicais, ocorreram nos meses do verão tendo o início em dezembro e

se entendendo até o mês de março. Este período coincide com a aplicação de fungicidas e inseticidas, colheita da safra e posteriormente produção da soca.

No período com precipitação abaixo da média (agosto a setembro 2010) não foi verificado nenhum evento de seca extrema. Porém, no período que apresentou a maior precipitação acumulada, houve um evento de cheia, no dia 13 de dezembro de 2010, o qual coincidiu com a data de uma das coletas realizadas.

Os valores médios, desvio padrão, mínimo e máximo dos parâmetros, para todo o período de monitoramento, são apresentados na Tabela 6, para a nascente e para a foz do Ribeirão Frida.

Os valores médios, para a maioria dos parâmetros, foram menores na nascente, se comparados com os dados da foz.

Devido à variabilidade dos resultados o desvio padrão foi elevado, tanto na nascente quanto na foz indicando a sazonalidade dos parâmetros que interferem na qualidade da água na microbacia Ribeirão Frida.

A seguir será discutido por parâmetro os resultados referentes à qualidade da água na microbacia Ribeirão Frida.

Tabela 6 - Médias, Desvio Padrão, valor mínimo e máximo das análises realizadas na nascente e foz do Ribeirão Frida entre julho de 2010 a março de 2011.

Parâmetros	Nascente				Foz			
	Média	DP	Mínimo	Máximo	Média	DP	Mínimo	Máximo
CT (NMP 100 mL ⁻¹)	6,3.10 ⁴	8,6.10 ⁴	6,1.10 ³	2,4.10 ⁵	8,7.10 ⁴	8,2.10 ⁴	2,3.10 ⁴	2,4.10 ⁵
CF- <i>E.coli</i> (NMP 100 mL ⁻¹)	6,4.10 ²	1,9.10 ³	0	7,5.10 ³	1,6.10 ⁴	4,9.10 ⁴	4,1.10 ²	1,9.10 ⁵
OD (mg L ⁻¹)	9,16	0,67	8,5	10,9	8,70	0,70	7,85	9,86
Turbidez (NTU)	10,9	26,9	0,6	106	22,13	33,21	2,94	140
pH	6,95	0,25	6,46	7,45	6,91	0,26	6,55	7,35
Alcalinidade (mg L ⁻¹)	21,1	5,0	12	26	26,63	5,10	20	34
Nitrato (mg L ⁻¹)	0,20	0,07	0,115	0,344	0,14	0,03	0,087	0,192
Dureza (mg L ⁻¹)	20,53	11,12	12	40	25,00	9,93	14	42
Amônia (mg L ⁻¹)	1,05	0,78	0,158	2,384	1,36	0,68	0,565	2,537
Orto-P (mg L ⁻¹)	0,02	0,01	0,003	0,032	0,01	0,03	0	0,107
DQO (mg L ⁻¹)	7,40	9,61	1,371	35,669	9,46	7,97	2,655	27,736

Fonte: COELHO, 2011.

Coliforme Total (CT)

Não há referência para o parâmetro coliforme total (CT) na resolução CONAMA 357/2005, entretanto pode-se relacionar a contagem de CT com o valor de coliformes fecais (CF) encontrados nas análises realizadas tanto na nascente como na foz do Ribeirão Frida.

A Tabela 6 mostra que a média de CT na nascente durante o período estudado ficou em $6,3 \cdot 10^4$ (NMP 100 mL⁻¹) aproximadamente 98 vezes maior que a média de CF para o mesmo período, sendo assim, pode-se afirmar que cerca de 1% dos CT são patogênicos ou termotolerantes.

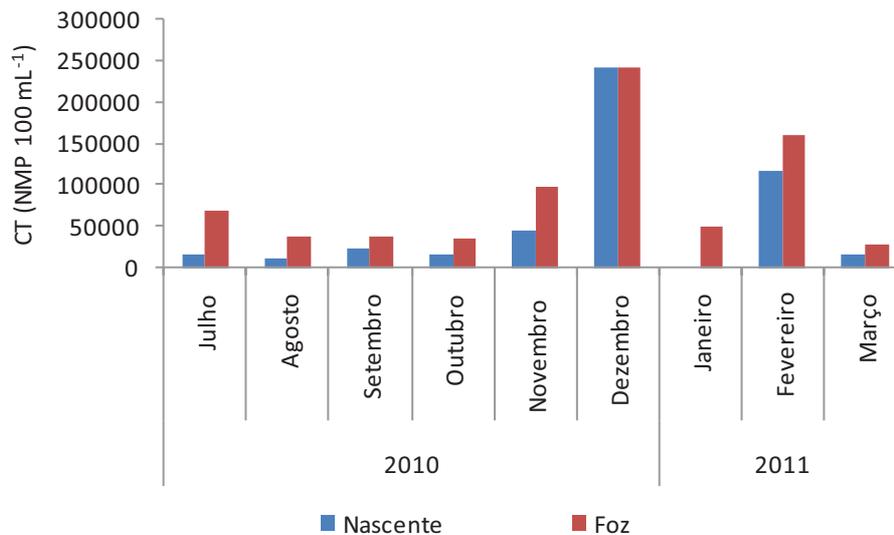
O Desvio Padrão $8,6 \cdot 10^4$ observado é superior a média, isso porque este parâmetro apresentou variações elevadas durante o estudo. O valor mínimo $6,1 \cdot 10^3$ (NMP 100 mL⁻¹) é referente a análise do dia 17/08/2010, nenhuma outra análise apresentou valor na potência 10^3 . O valor máximo $2,4 \cdot 10^5$ (NMP 100 mL⁻¹) ocorreu nas duas análises realizadas no mês de dezembro de 2010.

Na foz do Ribeirão Frida a média de CT foi de $8,7 \cdot 10^4$ (NMP 100 mL⁻¹), comparando com a média do parâmetro CF no mesmo ponto observou-se que a concentração média de CT na foz é aproximadamente 5,5 vezes maior que a concentração média de CF ou seja aproximadamente 18% dos CT nas análises coletadas na foz são patogênicos ou termotolerantes.

O Desvio Padrão, embora tenha sido elevado, ainda sim foi inferior a média, ao contrário do que ocorreu na nascente. O valor mínimo $2,3 \cdot 10^4$ (NMP 100 mL⁻¹) é referente a análise do dia 05/10/2010, em doze das dezesseis análises o parâmetro CT não excedeu a potência 10^4 .

O valor máximo $2,4 \cdot 10^5$ (NMP 100 mL⁻¹) foi observado em três análises referente as coletas realizadas nos dias 01 e 13 de dezembro de 2010 e no dia 01 de fevereiro de 2011.

Figura 6 - Médias mensais do parâmetro CT obtidas no período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

A distribuição das médias mensais durante o ciclo estudado do parâmetro CT (figura 6) apresentou variações consideráveis. As médias observadas na nascente ficaram abaixo das médias apresentadas na foz, o que era de se esperar. Porém no mês dezembro de 2010 os valores elevados de ambas as análises coincidiram gerando o pico que pode ser observado na figura 06.

Desconsiderando os picos ocorridos nos meses de dezembro de 2010 e fevereiro de 2011 as médias do parâmetro CT mostraram uma tendência de se manter abaixo da potência 10^4 .

A Figura 6 mostra que a menor média de CT foi encontrada na nascente ($1,048 \cdot 10^4$ NMP 100 mL⁻¹) em agosto de 2010, coincidindo com o menor valor de chuva acumulada mensal (51,2 mm).

Em janeiro de 2011 a média de CT foi de $4,884 \cdot 10^4$ NMP 100 mL⁻¹ mantendo-se abaixo da média encontrada no ciclo. Observando a precipitação ocorrida no mês de janeiro de 2011 (484 mm), a qual foi a maior encontrada, nota-se que não refletiu em uma concentração média elevada de CT na foz (neste mês não houve coletas na nascente).

Esse fato pode estar relacionado a distribuição das chuvas, uma vez que janeiro apresentou uma boa distribuição da precipitação ao longo do mês

Ao contrário do que ocorreu em janeiro de 2011, em dezembro de 2010 ocorreu uma precipitação elevada pouco antes da coleta, refletindo em uma elevada

concentração para este parâmetro. Ou seja, quando aumenta a chuva aumenta CT, pois o escoamento trás materiais contendo CT para o rio.

Os CT indicam a presença de poluição por dejetos de animais ou efluente doméstico. É possível que, com a elevada precipitação, ocorreu uma maior taxa de escoamento superficial desses contaminantes, causando a elevação deste parâmetro.

Coliforme Fecal (CF)

Na nascente o valor médio de coliformes fecais (CF) esteve de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 que limita a presença da *E. coli* em 1000 (NMP 100 mL⁻¹).

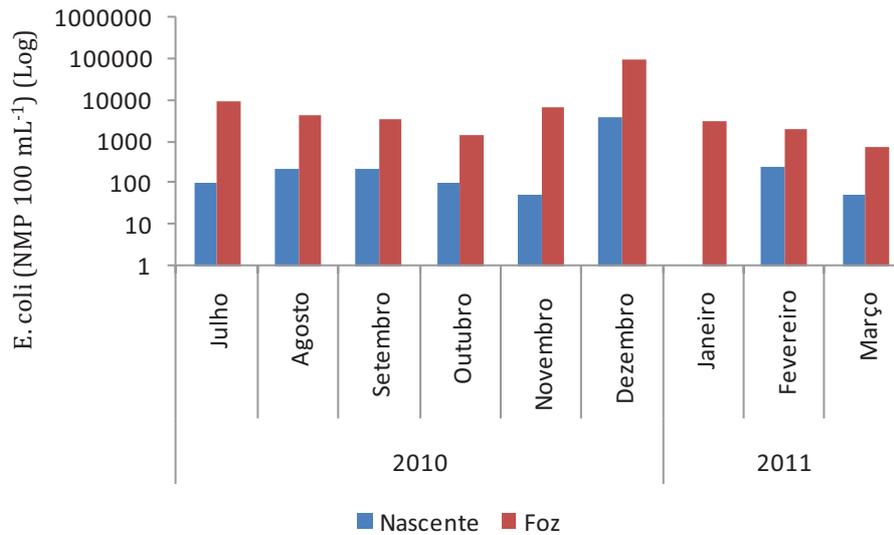
Uma das análises realizadas no mês de novembro (08/11/2010) mostraram ausência da bactéria *E. coli*. Entretanto, no mês seguinte (dezembro de 2010) as análises da nascente do Ribeirão Frida apresentou o resultado de $7,5 \cdot 10^3$ CF (NMP 100 mL⁻¹), este foi o valor máximo encontrado na nascente durante o período estudado.

A média para CF na foz do Ribeirão Frida ficou a cima do permitido pela mesma resolução. Em quase todo o período estudado os valores apresentaram-se abaixo da média (Tabela 6), porém acima do permitido pela resolução CONAMA 357/2005.

Apenas nos meses de novembro de 2010, fevereiro e março de 2011 os valores de CF nas análises coletadas na foz, estiveram dentro do permitido pela resolução. O valor máximo $1,9 \cdot 10^5$ CF (NMP 100 mL⁻¹) foi encontrado no mês de dezembro de 2010, esse valor é responsável por ter elevado a média deste parâmetro analisado na foz do Ribeirão Frida.

A Figura 7 apresenta a distribuição das médias mensais do parâmetro CF durante os meses estudados.

Figura 7 - Médias mensais do parâmetro CF obtidas no período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

As médias na nascente apresentaram pouca variação entre os meses julho a novembro. O mês seguinte, dezembro de 2010, apresentou o maior pico, com valor médio vinte vezes maior que apresentada nos meses anteriores. Nos meses seguintes as médias de CF na nascente tiveram decréscimo gradual até o mês de março de 2011 que fecha o ciclo.

As médias para a foz apresentaram decréscimo linear entre os meses de julho a outubro, o mês seguinte, novembro de 2010, apresentou crescimento gradual atingindo o pico em dezembro, deste mês até o mês de março de 2011 que encerra o ciclo, as médias mensais tiveram um decréscimo.

O mês de agosto de 2010 também apresentou valores pouco elevados de CF, tanto para a nascente quanto para a foz (colocar valores), embora não tenha sido a menor média encontrada. Observando a Figura 5 é possível visualizar a menor precipitação acumulada mensal (51,2 mm) no mesmo mês.

Em janeiro de 2011 a contagem média de CF na foz foi elevada embora não tenha sido a maior encontrada no ciclo (este mês não houve coletas na nascente). Entretanto a maior precipitação acumulada mensal (484 mm) ocorreu no mês de janeiro de 2011 (figura 5).

Apesar da precipitação acumulada mensal elevada é possível atribuir esta contagem não tão elevada de CF ao efeito de diluição, proporcionado por afluentes, supondo que a água nestes seja de melhor qualidade que a água do Ribeirão Frida.

No mês dezembro de 2010 em que ocorreu o pico de CF a precipitação acumulada mensal, como mostra a Figura 5, ficou em 245,6 mm. Entretanto pouco distribuída durante o mês.

Os CF são patogênicos e pertencem ao grupo dos CT, logo sua presença indica a contaminação por dejetos de animais de sangue quente, encontrados em criadouros ao longo do rio ou esgoto doméstico proveniente de domicílios próximos as margens do Ribeirão Frida que destinam seus dejetos para fossas sépticas ou sumidouros, muitos deles construídos de forma inadequada.

Em períodos de cheia a grande quantidade de chuva tende a transbordar essas fossas carregando os dejetos para dentro do rio causando o pico de CF que pode ser observado no mês de dezembro de 2010.

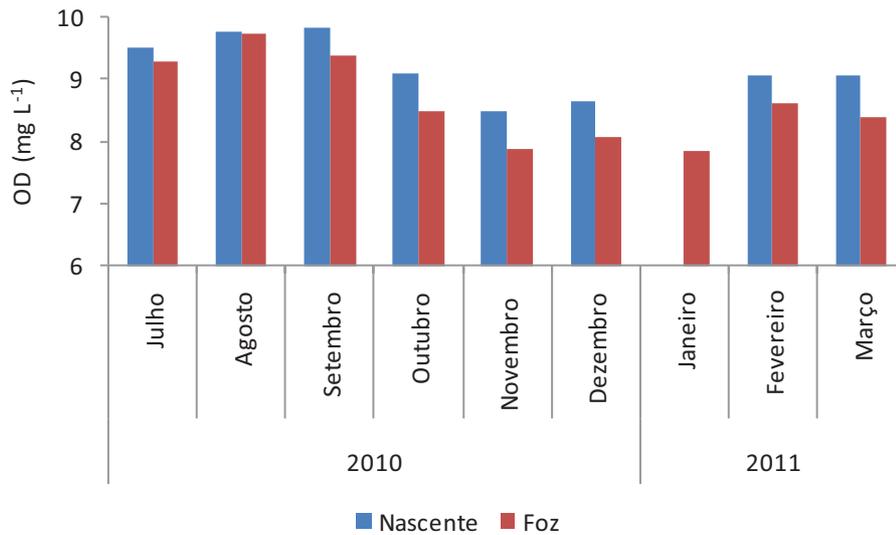
Oxigênio Dissolvido (OD)

Para o OD o valor médio encontrado na nascente ($9,16 \text{ mgL}^{-1}$), como mostra a tabela 6 está de acordo com a resolução CONAMA 357/2005 que atribui o valor mínimo de 4 mgL^{-1} de OD em qualquer amostra. O valor mínimo e máximo de OD das amostras de água coletadas na nascente do Ribeirão Frida também estão de acordo com a resolução.

A média dos valores de OD resultante das análises coletadas na foz do Frida esteve de acordo com a legislação vigente e apresentou pouca variação em relação à média obtida na nascente, o mesmo aconteceu para os valores mínimo e máximo (Tabela 6).

A distribuição das médias mensais durante o período estudado de julho de 2010 a março de 2011 tanto para nascente como para foz apresentaram uma distribuição aparentemente sazonal, sendo que os valores máximos encontrados ocorreram nos meses de agosto e setembro de 2010 como mostra a figura 8.

Figura 8 - Médias mensais do parâmetro OD obtidas no período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

Os meses que apresentaram a maior média de OD para nascente e foz, coincidiram com os meses que apresentaram os menores valores de precipitação acumulada mensal, ou seja, em agosto de 2010 (51,2 mm) e em setembro de 2010 (63,6 mm) como mostra a Figura 5.

No mês janeiro de 2011 foi observado a menor média de OD durante o período estudado e coincidiu com a maior precipitação acumulada (484 mm).

Comparando as duas figuras (Figura 5 e Figura 8) é possível visualizar um comportamento inverso do parâmetro OD em relação à precipitação acumulada mensal. Este fato pode estar ligado à degradação da matéria orgânica realizada pela atividade microbológica.

Em períodos com maior precipitação o escoamento superficial é intensificado e tende a carrear uma quantidade maior de matéria orgânica para a rede hídrica, exigindo maior consumo do oxigênio para a sua degradação.

Na figura 8 é possível observar que nos meses de julho e agosto de 2010 os valores médios de OD na foz estão bem próximos dos valores encontrados na nascente, ao contrário dos outros meses observados. Pode-se atribuir este fato ao manejo das quadras de arroz, nesses meses esta se iniciando o preparo do solo, não há consumo de O₂ no trajeto, então tem a mesma taxa que a nascente. Diferente dos outros meses onde há cultivo.

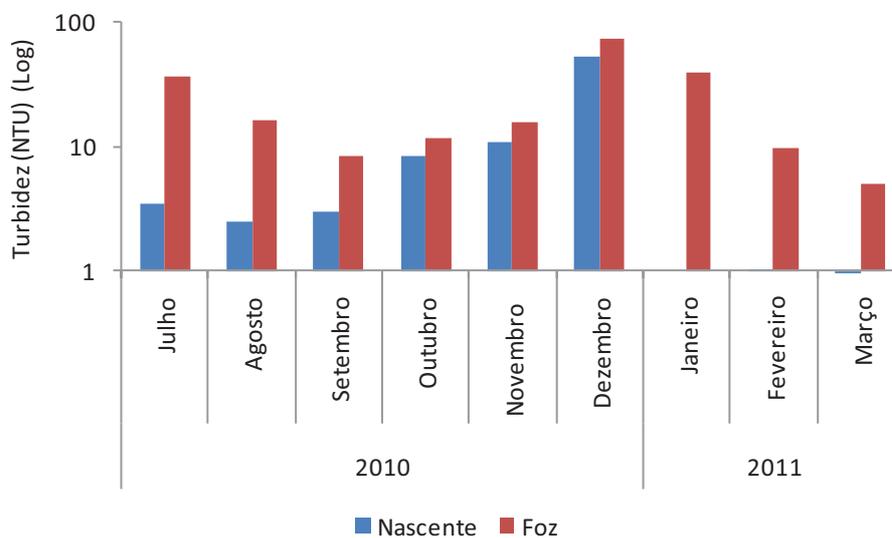
Turbidez

A média da turbidez na nascente durante o período de estudo foi de 10,9 NTU (Tabela 6) bem abaixo do limite 100 (NTU) estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 para rios de classe III.

Na nascente o valor mínimo foi encontrado no mês março de 2011 (0,6 NTU) e o valor máximo (106 NTU) no mês de dezembro de 2010 (Figura 5). Esse foi o único valor para turbidez encontrado nas análises de coletas de água feitas na nascente do Ribeirão Frida que esteve fora dos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

Para a foz o valor médio da turbidez foi de 22 NTU, embora este valor seja o dobro da média encontrada na nascente, é considerada baixa. Entretanto o valor máximo de 140 NTU foi encontrado em uma das análises realizada no mês dezembro de 2010, a qual esteve acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005.

Figura 9 - Médias mensais do parâmetro turbidez obtidas no período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

As médias mensais da turbidez na nascente entres os meses julho a novembro de 2010 apresentaram tendência de aumento gradual da turbidez com pouca variação referente à média do período estudado (Tabela5). Porém no mês de dezembro foi observado o pico com valor (53,9 NTU) nove vezes maior que a média

obtida durante todo o período estudado. Após dezembro de 2010 a turbidez na nascente apresentou um declínio acentuado encerrando o ciclo com valores mínimos de turbidez, (figura 9).

O decréscimo gradual da turbidez na nascente esta associado à distribuição da chuva. Apesar da precipitação nos meses de janeiro e fevereiro de 2011 terem sido maiores que a precipitação no mês dezembro de 2010 (figura 5). Nos primeiros meses de 2011 a precipitação acumulada foi bem distribuída ao longo dos trinta dias, ao contrário do que ocorreu em dezembro de 2010, quando houve um grande volume de chuva pouco antes das coletas do dia 13 (tabela 3).

Quando a chuva acumulada é alta em um pequeno período de tempo a taxa de escoamento superficial é bem maior, levando uma grande quantidade de sólidos para o rio. Quando chove muito, mas a chuva é bem distribuída, não ocorre esta perda.

Na foz foi observado um comportamento aparentemente sazonal das médias mensais com picos nos meses de julho e dezembro de 2010. Ao contrário do que ocorreu com a turbidez na nascente a foz não teve um decréscimo acentuado, mas sim gradual.

Relacionando as médias do parâmetro turbidez mostrado na figura 9, com a precipitação acumulada mensal (figura 5) é possível visualizar que os meses que apresentaram as menores médias de turbidez na nascente (agosto e setembro de 2010) apresentaram também a menor precipitação acumulada mensal.

Em relação aos períodos com os picos de turbidez na nascente. (dezembro de 2010 e janeiro de 2011) coincidiram com o período de maior precipitação.

A turbidez é alterada pela presença de matérias em suspensão e partículas finas de compostos orgânicos ou inorgânicos na água. Com o aumento das chuvas e conseqüentemente aumento do escoamento superficial esses materiais e partículas tendem a escoar para dentro do rio, carregados pela chuva. Ocasionalmente aumento deste parâmetro em períodos de precipitação mais elevadas ou intensas.

É possível verificar que nos meses de novembro de 2010, dezembro de 2010 e janeiro de 2011 onde temos as maiores médias de turbidez na nascente (novembro e dezembro) e na foz (dezembro e janeiro) coincidem com os meses que

apresentam as menores médias de OD. Como já foi citado a quantidade maior de carga orgânica que resulta na elevação da turbidez exige maior consumo de OD.

O valor elevado de turbidez na foz nos meses de julho e agosto de 2010 podem ser atribuídos ao manejo do arroz. Neste mesmo período é realizado o preparo do solo. O trabalho das máquinas nas quadras ocasiona a liberação de sólidos para a solução, gerando um aumento da turbidez neste período devido à drenagem da água das quadras na rede hídrica.

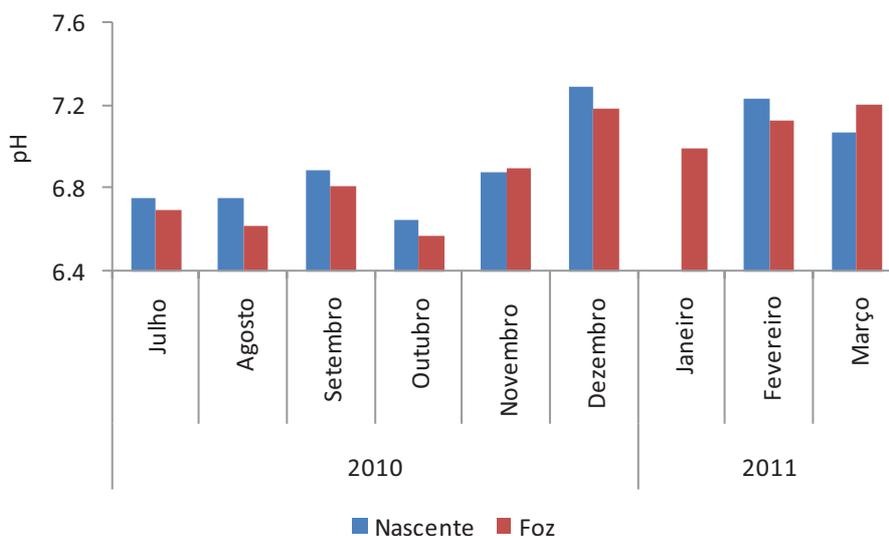
pH

A média do pH no período, em ambas as situações estudadas (nascente e foz) se apresentou dentro dos padrões exigidos pela resolução CONAMA 357/2005 para rios classe III que define pH de 6,0 a 9,0.

A Tabela 6 apresenta as médias do pH na nascente e foz do Ribeirão Frida durante ciclo estudado, este valor é considerado adequado para águas superficiais naturais. Os valores mínimo e máximo encontrados na nascente e foz não tiveram alterações significativas em relação às médias.

As médias mensais do pH na nascente e foz do Ribeirão Frida observadas durante o período estudado apresentaram o mesmo comportamento com leve tendência a elevação do pH a longo prazo (Figura 10).

Figura 10 - Médias mensais do parâmetro pH obtidas no período de estudo.



A figura acima mostra que os meses que apresentam as maiores médias de pH tanto na nascente como na foz são os mesmo que apresentam os maiores valores de precipitação acumulada: dezembro de 2010 (245 mm), janeiro de 2011 (484 mm), fevereiro de 2011 (459,6 mm) e março de 2011 (472,2 mm) figura 5.

É visível que as médias mensais mais baixas deste parâmetro observadas nos meses de julho de 2010 (nascente 6,75 e foz 6,69), agosto de 2010 (nascente 6,75 e foz 6,62), setembro de 2010 (nascente 6,89 e foz 6,8) e outubro de 2010 (nascente 6,64 e foz 6,57) coincidem com o período de baixa precipitação acumulada (julho 213 mm), (51,2 mm), (setembro 63,6 mm) e (outubro 154,6 mm) como mostra a figura 5.

Novembro de 2010 foi o único mês que a foz apresentou um valor médio (6,89) maior que a nascente (6,87). Embora essa diferença seja quase imperceptível este fato pode estar relacionado ao período de manejo nas quadras de arroz. No mês de novembro é feita a aplicação de fungicidas e inseticidas nas quadras.

Alcalinidade

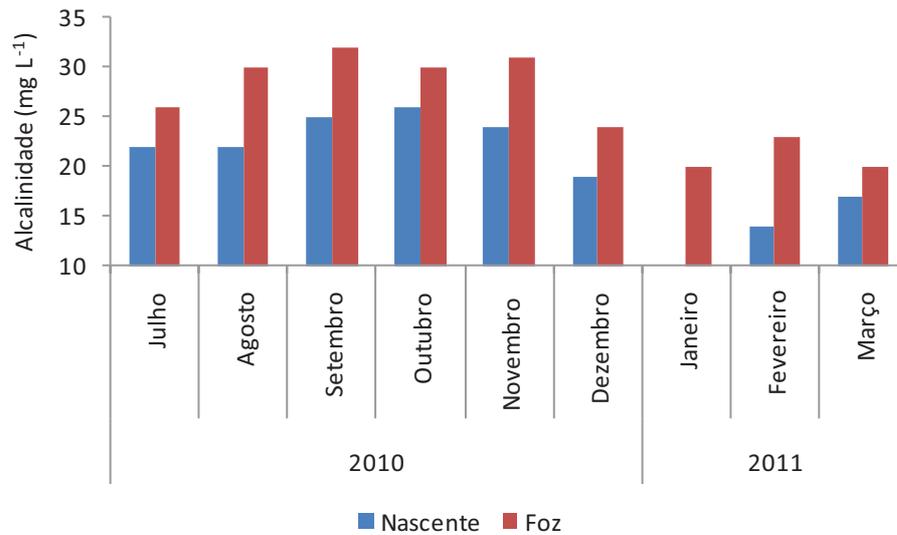
Para a alcalinidade observou-se que as variações entre as médias (nascente e foz).ficaram bem próximas, sendo que o DP na nascente foi de 5,0 e 5,10 na foz.

Na nascente o valor mínimo 12 mgL^{-1} foi encontrado na análise coletada no dia 13/12/2010, o valor máximo apresentou alcalinidade 26 mgL^{-1} em três análises coletadas nos dias 05 de outubro de 2010, 25 de outubro de 2010 e 01 de dezembro de 2010.

Na foz o valor mínimo 20 mgL^{-1} repetiu em quatro das dezesseis análises realizadas (13 de dezembro de 2010, 24 de janeiro de 2011, 01 de março de 2011 e 21 de março de 2011). O valor Máximo 34 mgL^{-1} foi observado no dia 17 de julho de 2010.

A distribuição das médias mensais como mostra a figura 11 apresentou similaridade entre a nascente e foz, sendo que durante todo o ciclo as médias obtidas na nascente ficaram abaixo das médias obtidas na foz. Através da figura abaixo podemos observar uma pequena tendência da alcalinidade de diminuir no decorrer do ciclo.

Figura 11 - Médias mensais do parâmetro alcalinidade obtidas no período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

Observando a distribuição das médias do parâmetro alcalinidade durante o ciclo estudado é evidente que as médias mais baixas observadas nos meses de dezembro de 2010 (nascente 19 mgL⁻¹ e foz 24 mgL⁻¹), janeiro de 2011 (foz 20 mgL⁻¹), fevereiro de 2011 (nascente 14 mgL⁻¹ e foz 23 mgL⁻¹) e março de 2011 (nascente 17 mgL⁻¹ e Foz 20 mgL⁻¹) coincidem com os meses que apresentaram maior média de precipitação como mostra a figura 5.

Os meses que apresentaram as maiores médias na nascente foram setembro de 2010 (25 mgL⁻¹) e outubro de 2010 (26 mgL⁻¹). Esses meses a precipitação acumulada mensal apresentou valores relativamente baixos 63,6 mm em setembro e 154,6 mm em outubro.

As médias de alcalinidade apresentadas na foz nos meses de agosto de 2010 (30 mgL⁻¹) e setembro de 2010 (32 mgL⁻¹) são dois dos valores mais elevados encontrados durante o estudo. Nestes meses foram observados os menores valores de precipitação acumulada, como mostra a figura 1.

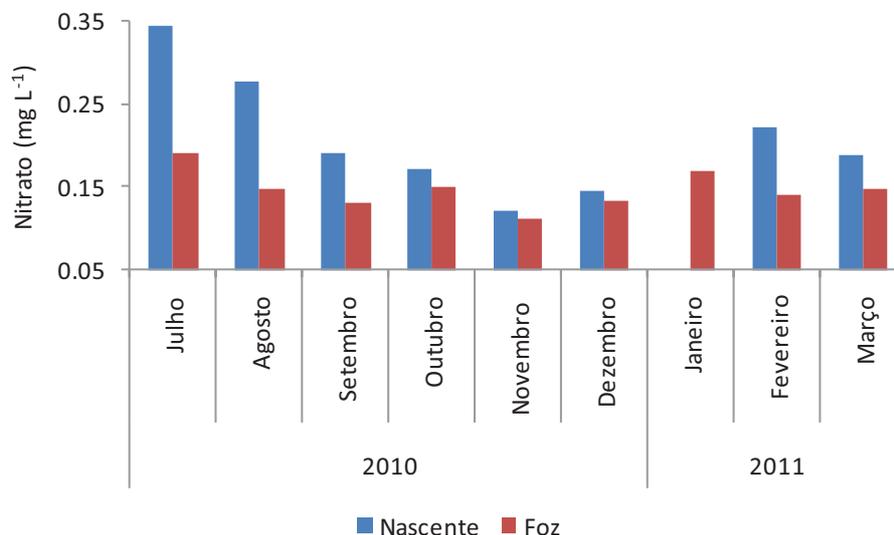
Nitrato

Na nascente a média do período estudado ficou em $0,20 \text{ mgL}^{-1}$ enquanto a foz apresentou um valor médio um pouco menor ($0,14 \text{ mgL}^{-1}$). Sendo que o DP da foz foi pequeno, portanto não houve variação relevante dos dados de nitrato ao longo do monitoramento como pode ser visualizado na tabela 6.

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005 rios classe III não devem apresentar concentrações de nitrato (N) acima de 10 mgL^{-1} . Na nascente o valor máximo $0,344 \text{ mgL}^{-1}$ foi observado na coleta realizada no dia 13 de julho de 2010. Fora esta coleta outras realizadas nos meses de agosto e outubro de 2010 e fevereiro e março de 2011 apresentaram os valores mais elevados de nitrato. Porém, muito inferiores ao permitido pela legislação. O valor mínimo encontrado foi $0,115 \text{ mgL}^{-1}$ na coleta do dia 01/12/2010.

Na foz o valor máximo $0,192 \text{ mgL}^{-1}$ é referente a coleta realizada no dia 13/07/2010 sendo que os valores ficaram muito próximos a média observada. O valor mínimo $0,087 \text{ mgL}^{-1}$ foi encontrado na análise realizada no dia 01/12/2010.

Figura 12 - Médias mensais do parâmetro nitrato obtidas no período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

A distribuição das médias mensais no decorrer do período estudado, como mostra a figura 12, apresentou uma certa variação entre a nascente e a foz. Na nascente os valores mais elevados de nitrato foram observados nos primeiros

meses de estudo, oscilando as médias mensais entre concentrações de 0,25 a 0,15 mgL⁻¹. No decorrer do período estudado.

Ao contrário do que ocorreu na nascente a distribuição das médias na foz do Ribeirão Frida apresentaram distribuição homogênea durante todo o período de observações, com variações muito próximas da média obtida durante o ciclo todo.

Em todos os meses os valores médios de nitrato na nascente foram superiores aos encontrados na foz, ou seja, a influência dos fatores intrínsecos, como a deterioração de folhas próximos á nascente, contribuiu para o aumento do nitrato na água.

É possível que afluentes a jusante da nascente possam estar contribuindo para a diluição do nitrato, supondo que esses afluentes tenham qualidade melhor que o Frida.

Na foz, foram encontrados valores mais elevados em julho e agosto de 2010, Período referente ao preparo do solo. Em outubro de 2010, mês no qual é feita a aplicação da uréia, fertilizante a base de nitrato. Em fevereiro e março de 2011, meses em que é realizada a colheita da safra. Períodos em que há maior movimentação nas quadras pode causar liberação do nitrato presente no solo.

Dureza

Em relação a dureza não há referência na resolução CONAMA 357/2005 com limites para este parâmetro. Para fins de comparação com a qualidade da água na microbacia Ribeirão Frida será usado como referência a portaria Nº 518 de 25 de março de 2004, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

Embora esta portaria seja utilizada para se avaliar a potabilidade da água, o que não é o objetivo deste trabalho, a resolução CONAMA 357/2005 define que corpos hídricos enquadrados na classe III podem ser destinados ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado. Desse modo utilizou-se a portaria Nº 518/2004 para se avaliar a qualidade da água em relação ao parâmetro dureza.

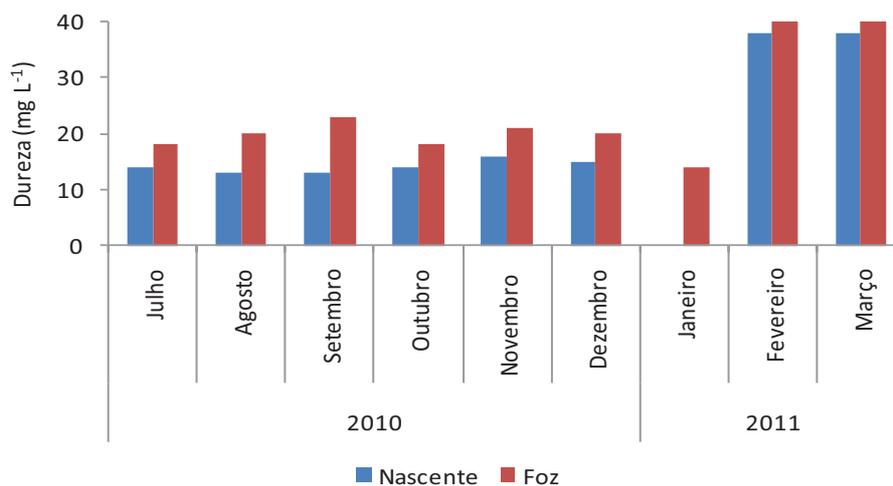
Esta portaria define que o padrão de aceitação para consumo humano é no máximo 500 mgL⁻¹. Após tratamento. A média deste parâmetro na nascente ficou

em $20,53 \text{ mgL}^{-1}$, logo pode-se dizer que a presença de íons metálicos responsáveis por elevar a dureza, principalmente os de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) são consideravelmente baixos. Os valores, mínimo e máximo, para este parâmetro analisado na nascente do Ribeirão Frida ficaram próximos da média obtida.

O valor mínimo 12 mgL^{-1} .observado na nascente repetiu-se em quatro das quinze análises feitas, (17/08/2010, 01/09/2010, 05/10/2010 e 08/11/2010). O valor máximo 40 mgL^{-1} , encontrado na nascente, ocorreu na análise coletada no dia 01/03/2011.

Na foz a média 25 mgL^{-1} .do ciclo foi próxima da obtida na nascente. O valor mínimo 14 mgL^{-1} .ocorreu no dia 24/01/2011, o valor máximo 42 mgL^{-1} .ocorreu em duas análises das coletas feitas no dia 21/02/2011 e 01/03/2011.

Figura 13 - Médias mensais do parâmetro dureza obtidas no período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

As médias mensais apresentaram distribuição distinta para nascente e foz entre os meses de julho a dezembro de 2010. Na nascente as médias apresentaram pouca variação no decorrer do ciclo estudado, entretanto nos meses de fevereiro e março de 2011 ocorreram os valores máximos, tanto para nascente como para a foz, apresentando um pico consideravelmente maior que as médias anteriores.

Em relação a precipitação neste mesmo período é possível observar na figura 1 um dos maiores volumes de chuva em fevereiro de 2011 (459,6 mm) e março de 2011 (471,2 mm).

Na foz as médias mensais apresentaram maior variação entre os meses de julho de 2010 a janeiro de 2011, oscilando acima das médias mensais obtidas na nascente. Durante todo o ciclo as médias na nascente ficaram abaixo das médias obtidas na foz.

Sendo assim pode-se dizer que a variação na foz é atribuída a processos naturais. Uma hipótese é o gás carbônico presente na água (chuva) que causa a dissolução de compostos que podem elevar a dureza da água, outra possibilidade é o carregamento de material de origem para o rio.

Pouco antes do período estudado uma área de encosta da microbacia apresentou deslizamentos. Em períodos de maior precipitação pode ocorrer o arraste de material de origem que apresenta em sua composição (Ca^{2+}) elevando os níveis de dureza, como pode ser observado nos meses de fevereiro e março de 2011.

Amônia

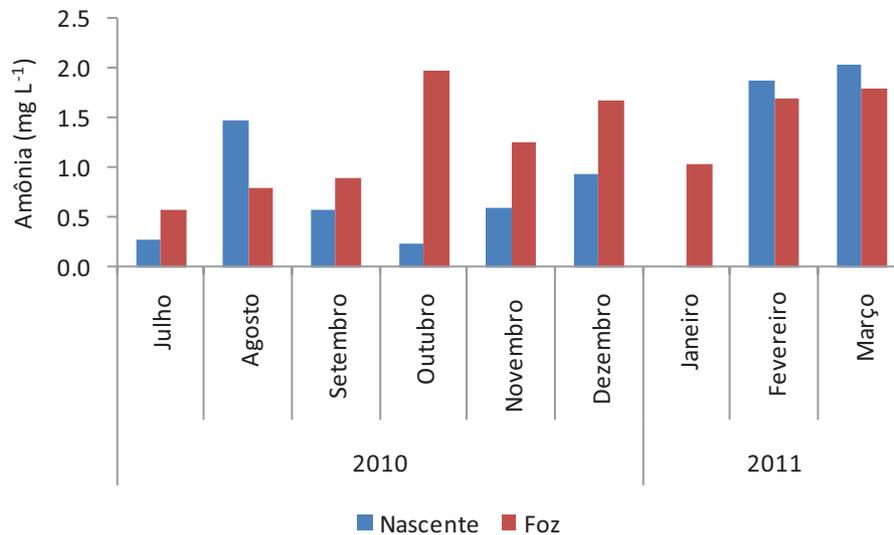
De acordo com a resolução CONAMA 357/2005 o valor máximo de nitrogênio amoniacal permitido para rios classe III varia de acordo com o pH. Para pH inferior ou igual a 7,5 a concentração de nitrogênio amoniacal deve ser menor que $13,3 \text{ mgL}^{-1}$. pH entre 7,5 e 8 a concentração de nitrogênio amoniacal não deve exceder $2,2 \text{ mgL}^{-1}$. Para pH acima de 8,5 a concentração deve ser no máximo $1,0 \text{ mgL}^{-1}$.

As análises de pH obtidas das coletas realizadas na nascente mostrou o valor máximo 7,45. Logo a concentração máxima de amônia permitida é de $13,3 \text{ mgL}^{-1}$. A média $1,05 \text{ mgL}^{-1}$ durante o período estudado ficou bem abaixo do limite previsto na legislação vigente. O valor mínimo $0,158 \text{ mgL}^{-1}$ observado na nascente ocorreu na análise realizada no dia 25/10/2010. O valor máximo $2,384 \text{ mgL}^{-1}$ é resultado da análise da coleta do dia 08/02/2010, coletas realizadas em fevereiro e março de 2011 mostraram valores próximos do máximo observado, (tabela 5).

A média $1,36 \text{ mgL}^{-1}$ do ciclo na foz do Ribeirão Frida para o parâmetro amônia manteve-se próxima da média obtida na nascente. Os valores mínimo e máximo também ficaram pouco acima do encontrado na nascente. O valor mínimo $0,565 \text{ mgL}^{-1}$ foi observado no dia 13/07/2010 já o máximo $2,63 \text{ mgL}^{-1}$ no dia

25/10/2010. Coletas realizadas no mês de dezembro de 2010 e fevereiro de 2011 apresentaram números próximos ao valor máximo.

Figura 14 - Médias mensais do parâmetro amônia obtidas no período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

A distribuição das médias mensais durante o período estudado (figura 14) apresentou diferenças entre a nascente e foz. Na nascente os picos ocorreram nos meses de agosto de 2010, fevereiro e março de 2011. Na foz o maior pico ocorreu no mês de outubro de 2010, enquanto no mesmo mês a nascente apresentou uma das menores médias.

Os meses de fevereiro e março de 2011 também apresentaram picos na foz, porém foram superados pelas médias encontradas na nascente para os mesmos meses.

Enquanto as médias na nascente entres os meses de outubro de 2010 a março de 2011 apresentam uma distribuição crescente, para o mesmo período as médias na foz apresentam um decréscimo gradativo com tendência em se manter próximo a média do ciclo.

Na foz pico de amônia em outubro de 2010 (1,97 mgL⁻¹) coincide com o período de adubação das quadras de arroz fertilizantes a base de NPK são amplamente utilizados no cultivo do arroz irrigado, aumentando a concentração do parâmetro amônia na água. Após o período de adubação as médias apresentam uma tendência em reduzir gradualmente.

Na nascente as concentrações de amônia aparentam aumentar a medida que a precipitação acumulada mensal aumenta. No período de maior precipitação o escoamento superficial tende a carregar material presente no solo rico em nutrientes, causando um aumento deste parâmetro.

Os picos nas médias de amônia tanto na nascente como na foz nos meses de fevereiro de 2011 (nascente $1,88 \text{ mgL}^{-1}$, foz $1,68 \text{ mgL}^{-1}$) e março de 2011 (nascente $2,02 \text{ mgL}^{-1}$, foz $1,79 \text{ mgL}^{-1}$). Coincidem com o período de maior precipitação acumulada (fevereiro de 2011 459,6 mm e março de 2011 471,2 mm).

Ortofosfato (orto-P)

O ortofosfato foi um dos parâmetros que apresentou uma média na nascente superior a observada na foz do Ribeira Frida. Porém mínima, o DP observado na nascente foi de 0,78 e na foz 0,68.

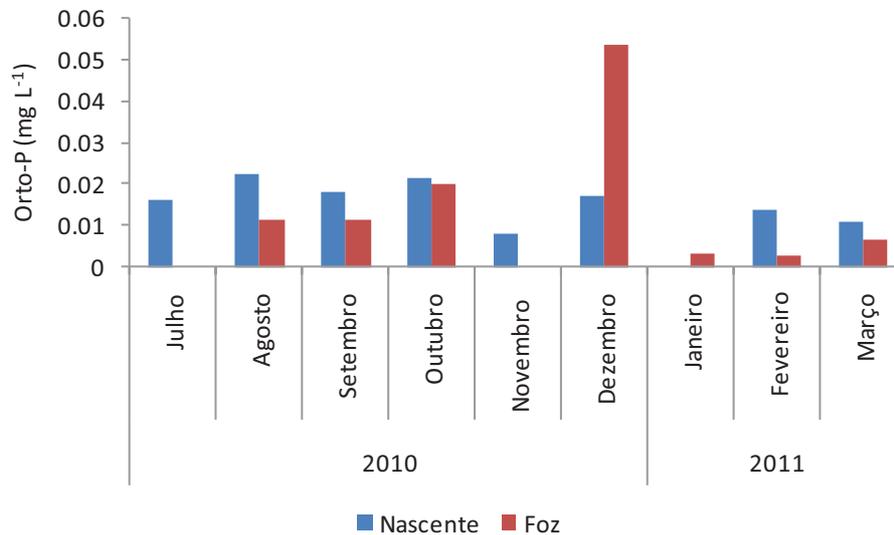
Foram consideradas duas situações para fins de comparação com a resolução CONAMA 357/2005. A primeira consistiu em considerar o ponto de coleta da nascente um ambiente lótico devido a topografia da microbacia. Porém no ponto de coleta foz a água não apresenta grande movimentação, já que esse ponto se localiza na parte plana da microbacia entre as quadras de arroz, o que dificulta a passagem da água. Este fato levou a segunda situação, caracterizar o ponto de coleta foz como ambiente lântico.

Segunda a legislação citada o limite de fósforo total em ambiente lótico é $0,15 \text{ mgL}^{-1}$. A média na nascente de ortofosfato durante o período estudado foi $0,02 \text{ mgL}^{-1}$, abaixo do valor exigido pela resolução CONAMA. O valor mínimo $0,003 \text{ mgL}^{-1}$ foi observado no dia 08/11/2010, sendo que nenhuma outra análise apresentou valor próximo do mínimo. O valor máximo $0,032 \text{ mgL}^{-1}$ ocorreu no dia 17/08/2010, também não foi observado valores próximos do máximo nas análises das coletas realizadas em outras datas.

Como a foz foi considerada ambiente lântico o limite de fósforo total estabelecido pela legislação vigente neste caso é $0,05 \text{ mgL}^{-1}$. A média de ortofosfato nos meses estudado ficou em $0,01 \text{ mgL}^{-1}$. Em sete das dezesseis análises realizadas foram detectadas ausência deste parâmetro, sendo as seguintes datas: 13/07/2010; 02/08/2010; 01/09/2010; 08/11/2010; 22/11/2010; 01/12/2010 e 07/02/2011. O valor máximo $0,107 \text{ mgL}^{-1}$ foi observado na análise da coleta

realizada no dia 13/12/2010 sendo que nenhuma outra análise apresentou valores semelhantes.

Figura 15 - Médias mensais do parâmetro ortofosfato obtidas no período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

A distribuição das médias entre os meses estudados apresentou distinção entre nascente e foz como mostra a figura 15. As médias mensais na nascente ficaram acima das médias observadas na foz (exceção para o mês dezembro de 2010) apresentando pouca variação durante o período estudado, entretanto a nascente apresentou uma leve tendência a diminuir a concentração de ortofosfato de outubro de 2010 a março de 2011.

Na foz as médias mensais apresentaram variações consideráveis, embora algumas análises tenham apresentado ausência de ortofosfato outras coletas realizadas nesses meses fizeram com que a média não permanecesse zero. Porém no mês julho de 2010 foi feita somente uma coleta na qual apresentou ausência de ortofosfato, em setembro de 2010 as duas coletas analisadas também apresentaram ausência para o mesmo parâmetro. A única média na foz que superou os valores observados na nascente ocorreu no mês dezembro de 2010.

As principais fontes de ortofosfatos na água são o solo, fertilizantes e outros. Em outubro ocorreu uma pequena elevação de ortofosfato na foz, possivelmente pelo efeito da fertilização realizada nas quadras de arroz neste período.

Outro pico observado no mês de dezembro na foz pode estar relacionado a enchente ocorrida na microbacia deste período, aumentando o escoamento superficial e carregando nutrientes presentes no solo para dentro do rio. Causando uma elevação deste parâmetro neste mês.

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Em relação a DQO não há limite estabelecido na resolução CONAMA 357/2005 ou portaria Nº 518/2004 para este parâmetro, entretanto alguns autores definem que águas superficiais não poluídas apresentam uma DQO inferior a 20 mgL⁻¹.

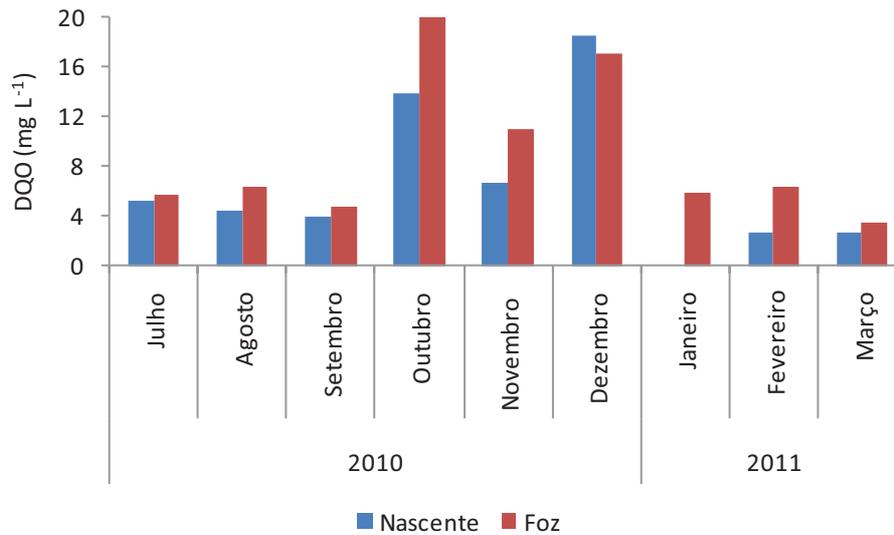
Tendo como base o valor citado acima para se avaliar a qualidade da água coletada na nascente e foz do Ribeirão Frida, pode-se fazer as seguintes constatações:

Na nascente a média de DQO verificada durante o período estudado ficou em 7,4 mgL⁻¹, dentro do valor que se considera aceitável para águas superficiais não poluídas, porém o DP ficou acima da média mostrando que no decorrer do ciclo estudado este parâmetro apresentou variações consideráveis.

O valor mínimo 1,371 mgL⁻¹ foi observado no dia 01/12/2010 fora esta data, não houve mais registros tão baixos para este parâmetro. Entretanto, observou-se o valor máximo 35,669 mgL⁻¹ resultado da análise coletada no dia 13/12/2010. Em outra ocasião como a análise coletada no dia 05/10/2005 também apresentou valor elevado (24,563 mgL⁻¹) acima do considerado adequado para nascente, segundo bibliografias consultadas (MACÊDO, 2004; NUNES, 2004; VON SPERLING, 1996).

Na foz, embora a média tenha sido maior, também pode ser considerada como boa, ao contrário da nascente apresentou um DP abaixo da média obtida. O valor mínimo 2,655 mgL⁻¹ referente a análise da coleta realizada no dia 21/03/2011 ficou pouca coisa acima do valor mínimo encontrado na nascente. O valor máximo 27,736 mgL⁻¹ foi resultado da análise do dia 05/10/2010 entretanto este valor está abaixo do valor máximo encontrado na nascente.

Figura 16 - Médias mensais do parâmetro DQO obtidas no período de estudo.



Fonte: COELHO, 2011.

A distribuição das médias durante o ciclo apresentaram uma distribuição com determinada coerência entre a nascente e foz como mostra a figura 16. As médias na nascente ficaram abaixo das médias da foz exceto no mês de dezembro de 2010 que ocorreu o maior valor de DQO ($18,52 \text{ mgL}^{-1}$) durante todo o ciclo estudado.

Para a foz o mês de maior pico ocorreu em outubro com uma média excedendo a observada na nascente em dezembro, isso ocorreu pois as duas análises feitas na foz no mês de outubro de 2010 apresentaram uma valor elevado para este parâmetro.

A DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido durante a oxidação química da matéria orgânica. O valor obtido é, portanto uma indicação indireta do teor de matéria orgânica presente na água.

O pico observado na foz em outubro pode estar ligado ao manejo das quadras de arroz, uma vez que neste mês é realizado a adubação.

Os picos observados em dezembro tanto na nascente como na foz podem ser atribuídos a cheia ocorrida na microbacia. Que resultou em uma elevação da carga orgânica no ribeirão Frida.

4.2 Efeito da Chuva na Qualidade da Água na Microbacia

Os valores de “R” (coeficiente de correlação) e de “p” (probabilidade, ao nível de significância de 5%) referentes às correlações entre os parâmetros analisados nas coletas de água na nascente e na foz do Ribeirão Frida e a chuva acumulada (mm) são apresentadas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Na nascente os parâmetros estudados que apresentaram correlação significativa ($p < 0,05$) foram coliformes totais, coliforme fecais, turbidez, alcalinidade e demanda bioquímica de oxigênio.

Para a foz os seguintes os parâmetros que apresentaram correlação significativa: coliformes totais, coliforme fecais, turbidez, nitrato, ortofosfato e demanda química de oxigênio.

Os demais parâmetros não apresentaram correlação significativa com a chuva acumulada, tanto para a nascente quanto para a foz do Ribeirão Frida.

As correlações que apresentaram maior significância foram aquelas com os menores períodos de chuva acumulada, ou seja, as correlações que foram feitas com os maiores períodos de precipitação acumulada não foram significativas. Entretanto essas correlações devem ser avaliadas com cuidado pelo leitor, pois o nível de significância obtido pode estar ligado ao fato de que foi utilizado para este trabalho uma amostragem de dados de chuva relativamente curta.

Tabela 7 - Correlação entre a chuva acumulada e os parâmetros analisados na nascente.

Parâmetros Nascente ⁽¹⁾	chuva Acumulada (mm)													
	2h	4h	6h	8h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h	24h	48h	72h
CT	R	0,5726	0,5608	0,5601	0,5374	0,5204	0,4961	0,4293	0,2799	0,2883	0,2015	0,2694	0,2576	0,3509
	p	0,0257	0,0297	0,0299	0,0388	0,0467	0,0600	0,1103	0,3123	0,2974	0,4714	0,3316	0,3539	0,2338
CF- <i>E.coli</i>	R	0,9976	0,9716	0,9734	0,9635	0,9533	0,9336	0,8759	0,6744	0,6922	0,5820	0,6460	0,6339	0,5735
	p	0,0000	0,0000	0,0058	0,0042	0,0228	0,0112	0,0254						
OD	R	-0,2903	-0,3663	-0,3624	-0,3430	0,3301	-0,3115	-0,2719	-0,2293	-0,2246	-0,1464	-0,1768	-0,1706	-0,1680
	p	0,2939	0,1793	0,1844	0,2107	0,2295	0,2584	0,3269	0,4111	0,4209	0,6027	0,5284	0,5433	0,5495
Turbidez	R	0,982	0,9892	0,9907	0,9824	0,9721	0,9572	0,9180	0,6966	0,7151	0,6004	0,6526	0,6423	0,4985
	p	0,0000	0,0039	0,0027	0,0180	0,0084	0,0098	0,0586						
pH	R	0,1963	0,1897	0,1844	0,1497	0,1355	0,0948	-0,0146	0,1038	0,0866	0,0106	0,0908	0,0802	0,1977
	p	0,4833	0,4983	0,5105	0,5945	0,6302	0,7367	0,9588	0,7127	0,7590	0,9701	0,7477	0,7764	0,4801
Alcalinidade	R	-0,4964	-0,4625	-0,4620	-0,4552	-0,4391	-0,3879	-0,5344	-0,5261	-0,4510	-0,5028	-0,5028	-0,4737	-0,3823
	p	0,0598	0,0826	0,0829	0,0882	0,0851	0,1015	0,1531	0,0402	0,0440	0,0916	0,0544	0,0561	0,1596
Nitrito	R	-0,1069	-0,1557	-0,1476	-0,0628	-0,0145	0,0365	0,1190	0,1718	0,1852	0,3639	0,2894	0,2955	0,3099
	p	0,7045	0,5795	0,5995	0,8240	0,9590	0,8972	0,6728	0,5405	0,5088	0,1824	0,2955	0,2850	0,2610
Dureza	R	-0,1633	-0,1698	-0,1728	-0,1951	-0,1970	-0,2166	-0,2464	0,0429	0,0179	-0,0312	0,0017	0,0045	-0,0083
	p	0,5610	0,5452	0,5380	0,4858	0,4817	0,4381	0,3760	0,8793	0,9496	0,9120	0,9952	0,9874	0,9767
Amônia	R	0,0913	0,0843	0,0769	0,0397	0,0280	-0,0049	-0,075	0,0488	0,0329	-0,0481	-0,0006	0,0045	0,1067
	p	0,7463	0,7652	0,7852	0,8883	0,9211	0,9861	0,7905	0,8628	0,9074	0,8647	0,9983	0,9874	0,7051
Orto-P	R	0,1768	0,1515	0,1529	0,1517	0,1485	0,1443	0,1280	0,0585	0,0646	0,0560	0,0639	0,0582	-0,0002
	p	0,5285	0,5899	0,5863	0,5893	0,5975	0,6079	0,6493	0,8359	0,8191	0,8429	0,8210	0,8368	0,9994
DQO	R	0,8127	0,7872	0,7929	0,7907	0,7852	0,7918	0,8339	0,6299	0,6543	0,5499	0,5784	0,5796	0,4789
	p	0,0002	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,0001	0,0118	0,0081	0,0337	0,0239	0,0235	0,0709

Os parâmetros que estão em negrito apresentaram correlações significativas.

Fonte: COELHO, 2011.

⁽¹⁾

Tabela 8 - Correlação entre a chuva acumulada e os parâmetros analisados na foz.

Parâmetros Foz ⁽¹⁾	chuva Acumulada (mm)														
	2h	4h	6h	8h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h	24h	48h	72h	
CT	R	0.5114	0.5364	0.5348	0.5240	0.5145	0.4954	0.4329	0.3155	0.2902	0.1941	0.2589	0.2486	0.3237	0.0423
	p	0.0429	0.0322	0.0328	0.0372	0.0415	0.0510	0.0940	0.2339	0.2755	0.4713	0.3329	0.3531	0.2213	0.8764
CF- E.col	R	0.9987	0.9785	0.9807	0.9765	0.9686	0.9520	0.8987	0.6914	0.6916	0.5531	0.6270	0.6163	0.5584	0.1612
	p	0.0000	0.0030	0.0030	0.0093	0.0110	0.0246	0.5509							
OD	R	-0.3350	-0.3756	-0.3731	-0.3418	-0.3201	-0.2942	-0.2391	-0.1588	-0.1477	-0.0433	-0.0895	-0.0791	-0.0103	0.0010
	p	0.2047	0.1516	0.1546	0.1951	0.2268	0.2687	0.3725	0.5568	0.5851	0.8736	0.7418	0.7710	0.9697	0.9971
Turbidez	R	0.9482	0.9400	0.9432	0.9587	0.9608	0.9556	0.9194	0.7137	0.7641	0.7054	0.7441	0.7326	0.6678	0.3761
	p	0.0000	0.0006	0.0023	0.0009	0.0012	0.0047	0.1511							
pH	R	0.2252	0.2232	0.2199	0.1865	0.1688	0.1333	0.0424	0.1044	0.1126	0.0487	0.1076	0.0955	0.1040	0.1356
	p	0.4018	0.4060	0.4133	0.4893	0.5320	0.6225	0.8761	0.7004	0.6781	0.8579	0.6917	0.7249	0.7014	0.6166
Alcalinidade	R	-0.3411	-0.3046	-0.3066	-0.3132	-0.3179	-0.3140	-0.3017	-0.3412	-0.4239	-0.4503	-0.4568	-0.4540	-0.4403	-0.4717
	p	0.1960	0.2513	0.2481	0.2375	0.2301	0.2362	0.2561	0.1959	0.1018	0.0801	0.0753	0.0773	0.0879	0.0651
Nitrato	R	0.3492	0.3032	0.3141	0.3833	0.4158	0.4619	0.5551	0.4574	0.5409	0.6539	0.5937	0.5947	0.4474	0.3775
	p	0.1850	0.2537	0.2361	0.1428	0.1092	0.0717	0.0256	0.0749	0.0305	0.0060	0.0153	0.0151	0.0822	0.1495
Dureza	R	-0.1372	-0.1522	-0.1553	-0.1800	-0.1825	-0.2010	-0.2250	0.0331	-0.0586	-0.1691	-0.1157	-0.1087	-0.0924	-0.2992
	p	0.6123	0.5735	0.5657	0.5048	0.4987	0.4554	0.4021	0.9030	0.8292	0.5313	0.6696	0.6885	0.7336	0.2603
Amônia	R	0.4555	0.4078	0.4073	0.3668	0.3543	0.3247	0.2929	0.4648	0.4218	0.2327	0.3233	0.3260	0.2676	-0.0128
	p	0.0762	0.1169	0.1174	0.1622	0.1782	0.2198	0.2709	0.0697	0.1037	0.3858	0.2219	0.2178	0.3163	0.9624
Orto-P	R	0.9273	0.8877	0.8898	0.8724	0.8563	0.8345	0.7778	0.5521	0.5449	0.3917	0.4678	0.4571	0.3662	0.0389
	p	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0266	0.0291	0.1335	0.0677	0.0750	0.1631	0.8862
DQO	R	0.5770	0.5389	0.5443	0.5327	0.5280	0.5365	0.7778	0.5156	0.5016	0.3499	0.3970	0.4073	0.3707	0.0663
	p	0.0193	0.0312	0.0293	0.0336	0.0355	0.0321	0.0004	0.0409	0.0477	0.1841	0.1278	0.1174	0.1576	0.8072

⁽¹⁾ Os parâmetros que estão em negrito apresentaram correlações significativas

Fonte: COELHO, 2011.

Coliforme Total

Para o parâmetro CT não foram todas as correlações que apresentaram significância. As Tabelas 4 e 5 mostram que a chuva acumulada de 10 horas foi a última que apresentou valores de “R” e “p” significativos nas correlações para este parâmetro, tanto na nascente como na foz. Sendo que a correlação para a chuva acumulada de 2 horas foi a que apresentou maior significância em seu resultado.

Observou-se que em apenas duas ocasiões houve precipitação nas 2 horas anteriores a coleta das amostras. Em uma delas foi observado o valor de 0,6 mm ocorrido no dia 22/11/10 e outra no dia 13/12/10, quando a estação agrometeorológica registrou uma precipitação de 17,6 mm 2 horas antes da coleta da água.

É possível observar que a precipitação acumulada de 2 horas apresentou valores mais significativos de “R” e “p” na correlação de CT com a nascente do que com a foz.

A Tabela 4 mostra que o parâmetro CT para a nascente o valor “R” apresentou tendência em diminuir a medida que o valor de chuva acumulada aumentou, enquanto o valor “p” apresentou tendência de elevar. A chuva acumulada de 10 horas foi a última que apresentou correlação significativa.

Na foz as correlações observadas para este parâmetro apresentaram as mesmas características de significância que as correlações obtidas na nascente.

A tendência em diminuir o “R” e elevar o “p” a medida que a chuva acumula significa que a precipitação que ocorreu na microbacia anterior a 10 horas da coleta da água não exerceu influência no parâmetro CT.

Coliforme Fecal

As correlações foram bem mais significativas na nascente e na foz para CF, embora tenha mostrado o mesmo padrão do CT. Sendo que para a chuva acumulada 2 horas anterior a coleta da água na nascente o coeficiente de correlação chegou próximo do valor 1(ideal) e a probabilidade ao nível de significância 5% muito próxima de zero (ideal).

Foi observado que as correlações feitas entre o parâmetro CF (nascente e foz) e precipitação acumulada, apresentou significância em quase todos os testes.

A chuva acumulada de 72 horas foi à única que não apresentou valores de “R” e “p” significativos tanto para a nascente como para a foz. Este fato pode ser atribuído a baixo tempo de concentração encontrado na microbacia.

As correlações na nascente e foz do parâmetro CF mostraram um comportamento regressivo a medida que se utilizava precipitação acumulada com intervalos horários maiores.

É possível verificar que entre as correlações com a chuva acumulada de 14 horas e 16 horas o valor de “R” tem um decréscimo acentuado ao mesmo tempo o valor “p” tem um aumento. Pode-se relacionar este fato com a coleta das análises feita no dia 07 de fevereiro de 2011. Nesta data a chuva acumulada teve uma elevação considerável de 2,2 mm (14 horas) para 24,8 mm (16 horas).

A precipitação acumulada de 48 horas foi a última que apresentou correlação significativa para o parâmetro CF tanto para a nascente como para a foz.

Turbidez

O parâmetro turbidez também apresentou significância em quase todas as correlações testadas tanto na nascente como na foz. É possível observar o mesmo caimento nas correlações entre as 14 horas e 16 horas.

A chuva de 48 horas foi a última que apresentou correlação significativa tanto para a nascente como para foz.

Alcalinidade

O parâmetro alcalinidade apresentou correlação significativa na nascente em apenas dois testes, realizados com a chuva acumulada de 16 horas e 18 horas.

Nitrato

Para os testes realizados com o parâmetro nitrato foi observado correlações significativas apenas na foz, entre as precipitações acumuladas de 14, 18, 20, 22 e 24 horas.

Ortofosfato

O ortofosfato apresentou correlações significativas apenas nos testes realizados com os parâmetros coletados na foz do Ribeirão Frida. Porém não foram todas as correlações que apresentaram valor de “R” e “p” significativos. Para este parâmetro na foz apresentaram significância as correlações com as precipitações agrupadas até 18 horas.

DQO

Para o parâmetro DQO não foram todas as correlações que apresentaram significância. A tabelas 4 mostra que a chuva de 24 horas foi a ultima que apresentou significância para este parâmetro. Enquanto a tabela 5 mostra que a chuva acumulada de 18 horas foi a ultima que apresentou valores de “R” e “p” significativos nas correlações com a DQO.

4.3 Efeito do Manejo do Arroz na Qualidade da Água na Microbacia

O teste de *Tukey* realizado mostrou que as fases de manejo: preparo do solo; semeadura e soca apresentaram diferença significativa para os parâmetros OD, pH e dureza.

Os demais parâmetros não apresentaram diferença significativa entre as médias nas diferentes fases de manejo, para o Ribeirão Frida.

Tabela 9 - Valores médios dos parâmetros na foz do Ribeirão Frida nas diferentes fases de manejo do arroz.

Fases de Manejo	OD (mg L ⁻¹)	pH	Alcalinidade (mg L ⁻¹)	Dureza (mg L ⁻¹)
Preparo do Solo	9,6 ab*	6,6 b	20,6 a	21,0 b
Semeadura	9,8 a	6,7 ab	33,0 a	19,0 b
Adubação NPK	8,5 bc	6,6 b	30,7 a	20,0 b
Fungicidas + Inseticidas	8,0 c	7,0 ab	27,5 a	20,5 b
Colheita	8,8 abc	7,0 ab	20,0 a	14,0 b
Soca	8,5 c	7,2 a	21,5 a	41,0 a
ANOVA - Valor p	0.000719	0.005303	0.012226	0.000004

Fonte: COELHO, 2011.

Pela análise dos dados, observou-se que a semeadura foi a etapa do manejo que apresentou maior valor médio de OD na foz do Ribeirão Frida (9,8 mgL⁻¹), o qual diferiu de todas as outras fases. Isso provavelmente ocorreu pela maior movimentação e fluxo de água nas quadras, oxigenando o rio por meio físico.

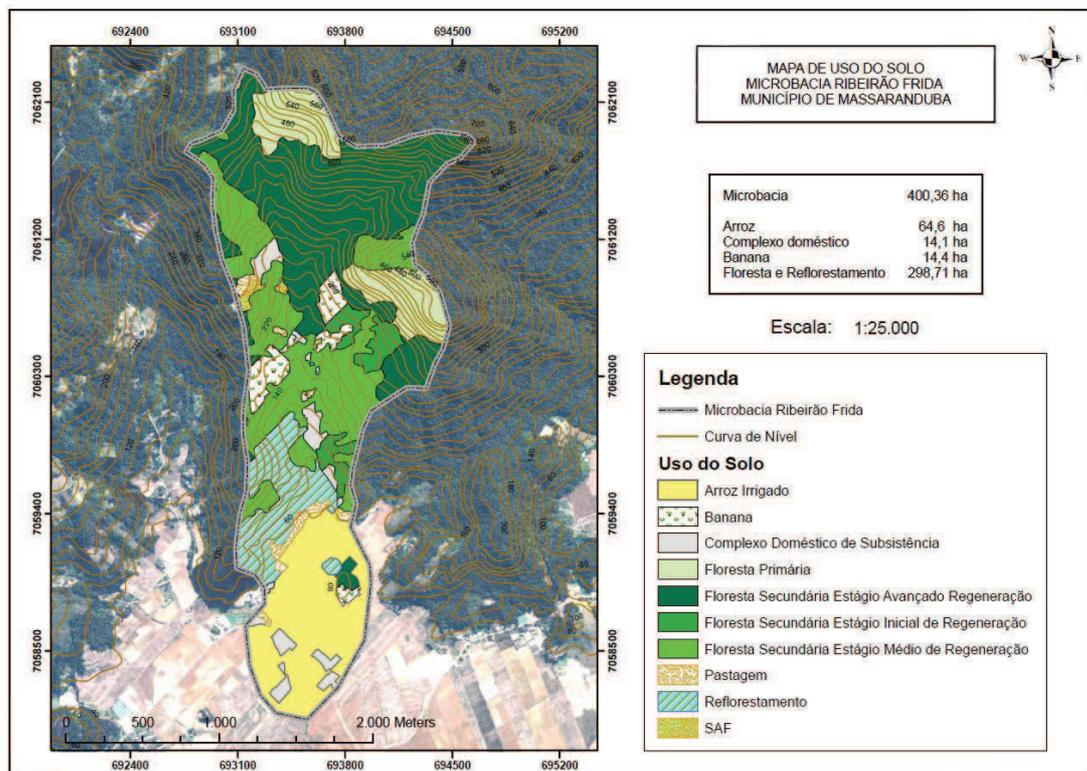
O pH apresentou diferença significativa entre a soca (7,2) e o preparo do solo (6,6), quando há movimentação do solo e na soca quando ocorre a utilização de fertilizantes como fosfato de cálcio, fosfato de ferro e fosfato de alumínio, que interferem no equilíbrio do pH.

Durante a soca, em que não ocorre movimentação do solo, houve acúmulo de sais e provável solubilização destes compostos, provocando elevação da dureza da água, a qual alcançou valor médio de 41 mgL⁻¹, diferindo das outras fases de manejo.

4.4 Relação Entre o Uso e Ocupação do Solo na Microbacia e a Qualidade da Água

A microbacia estudada apresenta uma área com extensão aproximada de 400,36 ha. Sendo que deste total 16,1 % (64,6 ha) são utilizados para o plantio de arroz irrigado, 3,5 % (14,1 ha) apresentam instalações domésticas, outros 3,5 % (14,4 ha) são utilizados para o plantio de banana. O restante 74,6 % (298,71 ha) são áreas de florestas e reflorestamento (EPAGRI/CIRAM, 2009). Todas as áreas estão representadas na figura abaixo.

Figura 17 - Mapa de uso e ocupação do solo da microbacia Ribeirão Frida.



(Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2011).

Toda a extensão plana da microbacia é ocupada pela rizicultura seguida por complexos domésticos onde pode se encontrar também cultivos com espécies temporárias apenas para subsistência. A banana é cultivada no extrato inferior aproveitando a sombra proporcionada pela mata nativa remanescente ou espécies exóticas que atingiram extratos mais altos da floresta.

Mais da metade da área da microbacia esta representada por florestas em estágio de regeneração. Entre os diferentes estágios de regeneração temos quatro classes distintas: floresta primária, floresta secundária em estágio inicial, floresta secundária em estágio médio e floresta secundária em estágio avançado de regeneração. Como mostra a figura 17.

Através da observação in loco da área de estudo realizada entre os dias 04 e 07 de abril de 2011 pode-se levantar as principais características da área relacionadas ao uso e ocupação do solo da microbacia, ocorrência de mata ciliar ao longo do Ribeirão Frida e alterações no curso natural do rio para promover a cultura do arroz irrigado na área.

A figura 18 mostra mata ciliar na margem oposta à estrada composta principalmente de reflorestamento de espécies não nativas, predominado o eucalipto.

Figura 18 - Mata ciliar do Ribeirão Frida composta de eucalipto.



(Fonte: COELHO, 2011).

Apesar da mata ciliar encontrada na microbacia ser composta de espécies exóticas em sua maior parte, ajuda a manter o controle da qualidade da água. A mata ciliar presente nas áreas mais elevadas impedem o carregamento de partículas e sólidos para dentro do rio bem como processos erosivos responsáveis pelo assoreamento do corpo hídrico.

Na figura 19 é possível observar um afluente do Ribeirão Frida com uma plantação de banana ocupando o lugar da mata ciliar.

Figura 19 - Casa próxima ao afluente do Ribeirão Frida.



(Fonte: COELHO, 2011).

Além das bananeiras e vegetação exótica fazendo papel de mata ciliar foi possível observar também algumas residências próximas as margens do rio como mostra as figuras 20 e 21.

Figura 20 - Casa as margens do Ribeirão Frida.



(Fonte: COELHO, 2011).

Figura 21 - Casa as margens do Ribeirão Frida.



(Fonte: COELHO, 2011).

Ao longo da estrada que leva em direção ao ponto de coleta da nascente pode-se encontrar algumas casas muito próximo ao leito do rio, como mostram as figuras 20, 21.

Este fato é determinante para se avaliar a qualidade da água na microbacia, essas residências tem influência direta na qualidade da água do rio em questão, por estarem localizadas em regiões não urbanizadas quase todas as residências rurais possuem fossa séptica com ou sem sumidouro. Porém a fossa com instalação inadequada (distância e profundidade insuficiente) pode gerar a contaminação da água do rios.

Outros fatores como a criação de animais do tipo aves e suínos para a subsistência e cultura de hortaliças que em sua grande parte são adubadas com compostos a base de fezes dos animais criados contribuem para a degradação do corpo hídrico.

Esse fator pode ser agravados devido a vazão do rio. Como o Frida se trata de um Ribeirão o qual não tem grande vazão compromete a diluição da carga orgânica despejada no corpo hídrico, em geral grandes vazões ajudam a diluir as concentrações de poluentes lançadas na água. Não é o caso do Frida que em sua maior parte apresenta distância de uma margem a outra inferior a 3 metros.

A figura 22 mostra o ponto de coleta mais alto do Ribeirão Frida. Neste estudo ele é identificado com “ponto de coleta da nascente Frida” Entretanto este ponto se encontra a alguns metros a baixo da nascente do Frida, porém a montante desde ponto não há ocorrência de residências e a influência antrópica é quase zero.

Figura 22 - Ponto de coleta da nascente do Ribeirão Frida.



(Fonte: COELHO, 2011).

Na área plana da microbacia foi possível verificar a rede de drenagem na microbacia e constatar através de mapas que o curso do rio antes mapeado pelo IBGE em 2006 já não era o mesmo, através do uso de um GPS foram marcados os pontos da rede de drenagem atual da microbacia e posteriormente marcados no mapa como já foi mostrado na figura 2.

Segundo informações de moradores da área, com o propósito de minimizar os custos da irrigação na produção de arroz dentro da microbacia os agricultores locais viram a necessidade de modificar o curso do Ribeirão Frida na área plana da microbacia, sendo assim em 2007 o rio que já não seguia seu curso natural foi novamente transposto para canais que seguem ziguezagueando entre as quadras de arroz até a sua foz.

É nesta área que está localizado o ponto de coleta mais próximo da foz (figura 23). Este ponto está a jusante das quadras de arroz que utilizam as águas do Ribeirão Frida para irrigar as lavouras. De modo que toda a água coletada neste ponto sofre influência de todo o manejo nas quadras de arroz que estão localizadas dentro da microbacia do Ribeirão Frida.

Figura 23 - Ponto de coleta na foz do Ribeirão Frida.



(Fonte: Coelho, 2011).

5 CONCLUSÃO

- 1 A avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água na rede hídrica da Microbacia Ribeirão Frida no município de Massaranduba, SC. Mostrou estar dentro dos padrões exigidos pela legislação vigente em quase todo o período de estudo. Os únicos parâmetros que apresentaram resultados fora do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 foram CF na foz e ocasionalmente CF e turbidez na nascente.

Na nascente em apenas uma ocasião, na análise referente ao dia 13 de dezembro de 2010, os parâmetros CF e turbidez não estiveram em acordo com a legislação.

Entretanto na foz o parâmetro CF apresentou-se fora dos padrões exigidos pela legislação vigente em doze das dezesseis amostras coletadas durante o período estudado.

A turbidez na foz não apresentou conformidade com a legislação em apenas uma análise, referente a coleta realizada no dia 13 de dezembro de 2010.
- 2 A ocupação de domicílios e o cultivo do arroz irrigado estão localizados em áreas vulneráveis, em parte alocadas em APP's próximo ao Ribeirão Frida, fato que proporcionou uma influência na qualidade da água da microbacia.

Residências próximas as margens do rio interferem na qualidade da água contribuindo com carga orgânica proveniente da criação de animais ou até mesmo fossas sépticas mal construídas.

A ausência da mata ciliar e cobertura vegetal resultaram em aumento do escoamento superficial em períodos de precipitações maiores acarretando em variações nos parâmetros que são influenciados pela presença de sólidos suspensos e matéria orgânica presentes na água.

- 3 A precipitação interferiu na qualidade da água da microbacia Ribeirão Frida aparentemente de modo sazonal. Na nascente e foz quando ocorreram maiores volumes de chuva houve elevação da concentração dos parâmetros CT, CF, turbidez e DQO.
Para alguns parâmetros houve diluição nos períodos de maior precipitação
- 4 O manejo do solo no cultivo do arroz interferiu na qualidade da água na foz do Ribeirão Frida. Houve uma alteração nos parâmetros: OD, pH e dureza.
Nos meses de julho e agosto quando é feito o preparo do solo gerou uma pequena modificação do OD na foz. Resultado da oxigenação por meio físico ocasionada pela movimentação das máquinas no manejo da quadra.
Os parâmetro pH e dureza tiveram elevação nos meses de setembro e outubro de 2010 quando ocorreu a adubação na quadras.
A influência que o manejo do solo da cultura do arroz exerceu na qualidade da água na microbacia ribeirão Frida não causou alterações significativas nos parâmetros observados, tanto que em nenhum momento os parâmetros influenciados pela rizicultura chegaram próximos do limite estabelecido pela legislação vigente.

REFERENCIAS

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº357, de 17 de março de 2005. **Dispõe Sobre a Classificação dos Corpos de Água e Diretrizes Ambientais Para Seu Enquadramento, Bem Como Estabelece as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em abril de 2011.

BRASIL. Lei Estadual de Santa Catarina nº 9.748, de 30 de novembro de 1994. **Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/sirhsc/conteudo_visualizar_dinamico.jsp?idEmpresa=29&idMenu=238&idMenuPai=235>. Acesso em abril de 2011.

BRASIL. Lei Estadual de Santa Catarina nº 14.675, de 13 de abril de 2009. **Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e Estabelece Outras Providências.** Disponível em: <http://www.sc.gov.br/downloads/Lei_14675.pdf>. Acesso em abril de 2011.

BRASIL. Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o Novo Código Florestal.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em abril de 2011.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em abril de 2011.

CAMARGO, E.R.; MARCHEZAN, E.; ZANELLA, E. Manejo dos Fertilizantes fosfatados e potássio no sistema pré-germinado de cultivo de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003. Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí: Epagri,. 2003. p. 187-189.

DESCHAMPS, F.C., STUKER, H., SILVA, M.C., NOLDIN, J.A., EBERHARDT, D.S., LEÃO, J.C. **Análise de componentes principais (ACP) na determinação de um índice de qualidade água (IQA).** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2.; 2003, Itajaí, SC. Resumos... Itajaí: UNIVALI, 2003. p.93.

DESCHAMPS, F.C., NOLDIN, J.A., EBERHARDT, D.S., HERMES, L.C., KNOBLAUCH, R. **A qualidade da água em áreas cultivadas com arroz irrigado.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3; REUNIÃO ANUAL DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25.; 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p.700-702.

EPAGRI. **Acultura do arroz irrigado pré-germinado.** Florianópolis, 2002. 273p.

- FERNANDES, Valdir Silva. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. **Manejo de água contínuo no cultivo do arroz irrigado no sistema pré-germinado**. Florianópolis, 2004. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas
- GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2 ed. rev. e atual. São Paulo: Edgard Blücher, [1988]. 291 p.
- GOMES, A.S.; PAULETTO, E.A.; FRANZ, A.F.H. Uso e manejo da água em arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JR, A.M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**. Embrapa. Brasília. 2004. p.457-546.
- HELSEL, D, R, & HIRSCH,R,M, **Statistical methods in water resources, Amsterdam, Elsevier**, 1995, Studies in Environmental Science, 49, 529p.
- IPEAS, Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul. **Arroz Irrigado RS-SC**. (circular 63). Pelotas, 1973. 112p.
- IRGA - ARROZ IRRIGADO: **Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Porto Alegre. RS.2001. p. 128
- MACÊDO, Jorge Antonio Barros de. **Águas & Águas**. 2. ed. atual e rev São Paulo: Varela, 2004. 977 p.
- MENEZES, V.G.; RAMIRES, H. **Rendimento de Grãos Irrigado em Função do Início da Irrigação e do Controle Precoce de Plantas Daninhas em Cahoeirinha**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003.Balneário Camburiú, SC. Anais... Itajaí: Epagri,. 2003. p. 190-192.
- NOLDIN, J.A.; EBERHARDT, D.S. A realidade ambiental e a lavoura orizícola brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 26. Santa Maria. 2005. **SOSBAI**, 2005.
- NOLDIN, J.A.; EBERHARDT, D.S.; DESCHAMPS,F.C. **Algumas recomendações para a produção de arroz irrigado com baixo impacto ambiental**. Florianópolis: Epagri, 2003. 22p. (Epagri. Boletim Didático, 52).
- NUNES, José Alves. **Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais**. 4ª. Ed. Aracaju: Ed. J. Andrade, 2004. 298p.
- PARK, S, W; MOSTAGHIMI,R,A, & McCLELLAN,P,W, BMP impacts on watershed runoff sediment and nutrient yields, Bethesda, Water Resources Bulletin, Vol 30, N° 6 , December 1994, p 1011-12. PEDROSO, B. A. **Arroz irrigado; obtenção e manejo de cultivares**. Porto Alegre: SAGRA, 1982. 175 p.
- PEDROSO, B. A. **Arroz irrigado; obtenção e manejo de cultivares**. Porto Alegre: SAGRA, 1982. 175 p.

PETRINI, J.A.; FRANCO, D.F.; SOUZA, P.R. et al. Sistema de cultivo de arroz pré-germinado e transplante de mudas. In: **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. GOMES A.S.; MAGALHÃES JR, A..M. Embrapa. Brasília. 2004. p.75-96.

PINTO, Nelson L. de Sousa. **Hidrologia básica**. São Paulo (SP): E. Blucher, c1976, 2010. 278p. ISBN 9788521201540

ROSSO, João Carlos. **Avaliação do consumo de água em lavouras de arroz irrigado no sistema pré-germinado nas condições climáticas do sul catarinense**. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2007

Santa Catarina. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173 p.

SANTOS, A. B.; SILVA, S.C.; ZIMMERMANN, F.J.P. Efeito do manejo da irrigação na temperatura da água e no comportamento do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3. e REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003. Balneário Camburiú, SC. **Anais...** Itajaí: Epagri,. 2003. p. 181-183.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Itajaí. SOSBAI, 2003, 126p.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Santa Maria. SOSBAI, 2005, 159p.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, ABRH, 2009. 943 p.

VOLTOLINI, J.; ALTHOFF, D. A.; BACK, A. J. Água de irrigação para a cultura do arroz irrigado no sistema pré-germinado. In: EPAGRI. **A cultura do arroz irrigado pré-germinado**. Florianópolis, 2002. p.101-112.

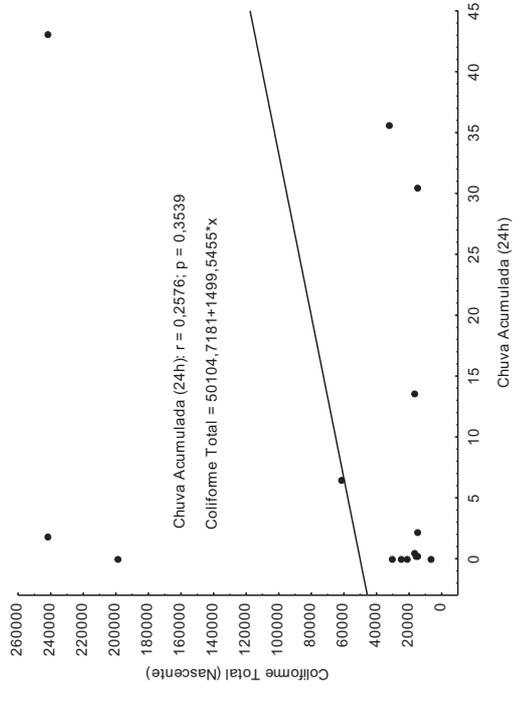
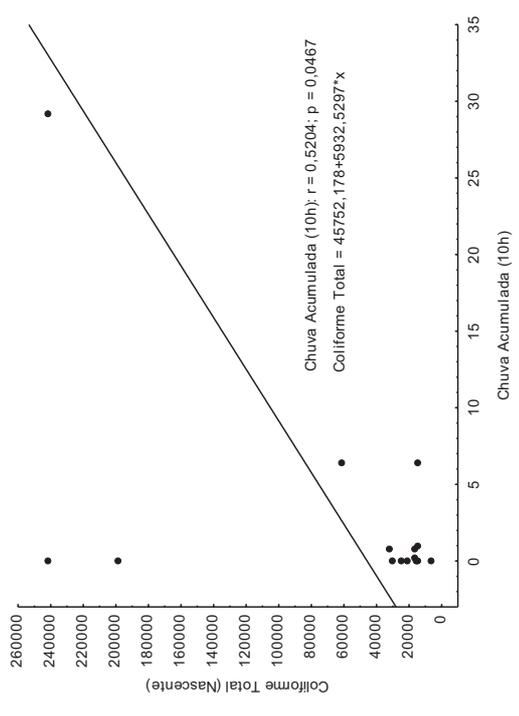
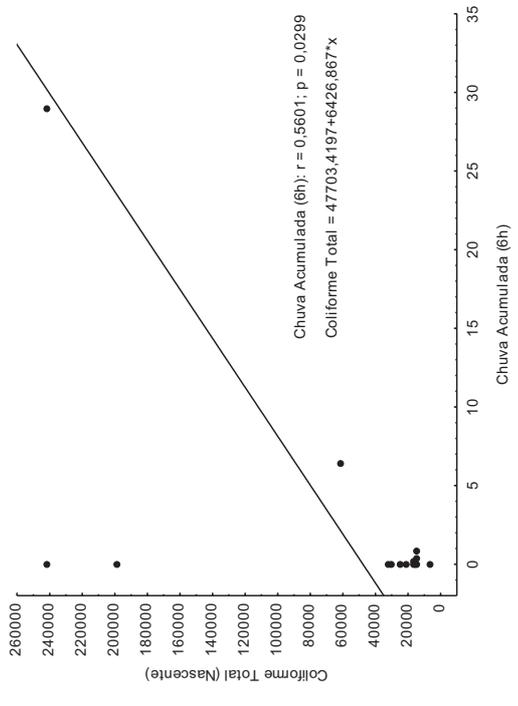
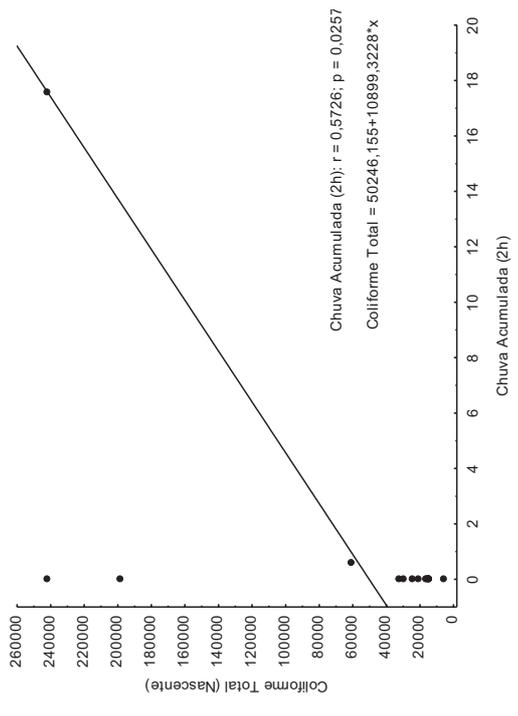
VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. rev. Belo Horizonte: UFMG, 1996. 243p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias ; 1)) ISBN 8585266058 : (broch.)

WEBER, L. **Consumo e qualidade da água e cultivares de arroz irrigado em diferentes sistemas de cultivo**. Santa Maria – RS, 2001. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 2001.

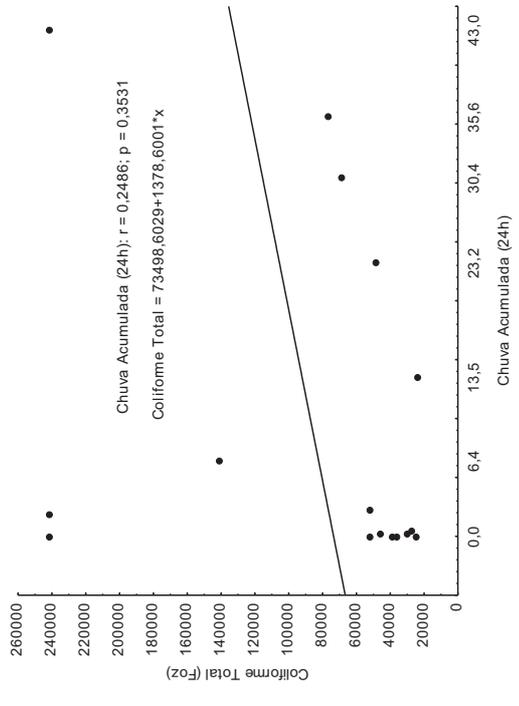
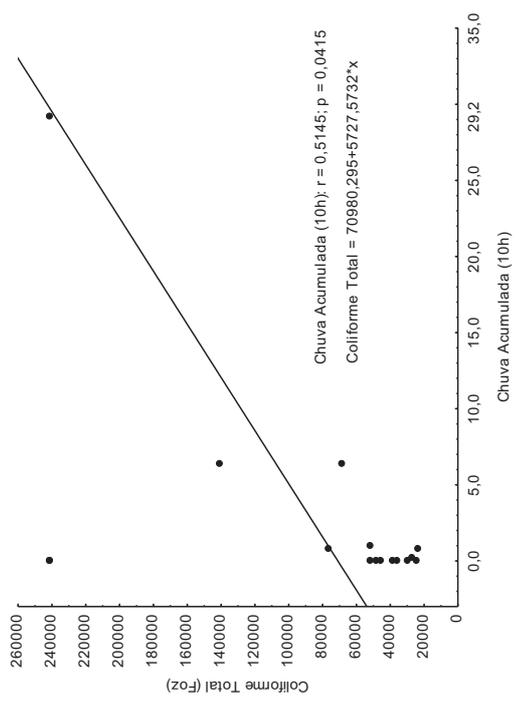
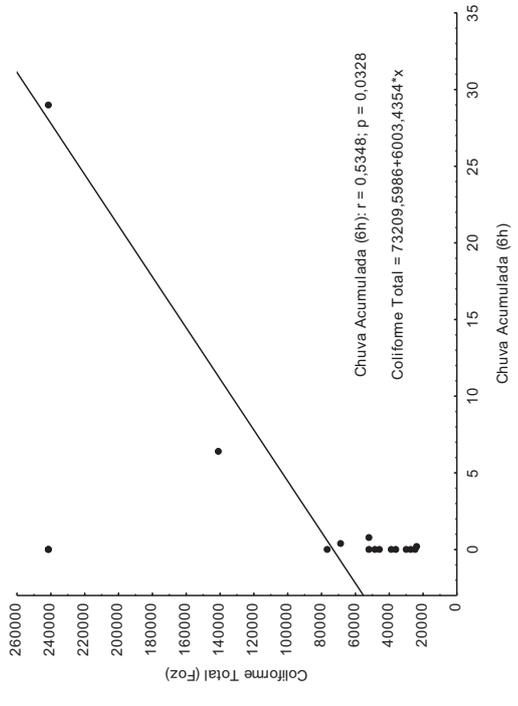
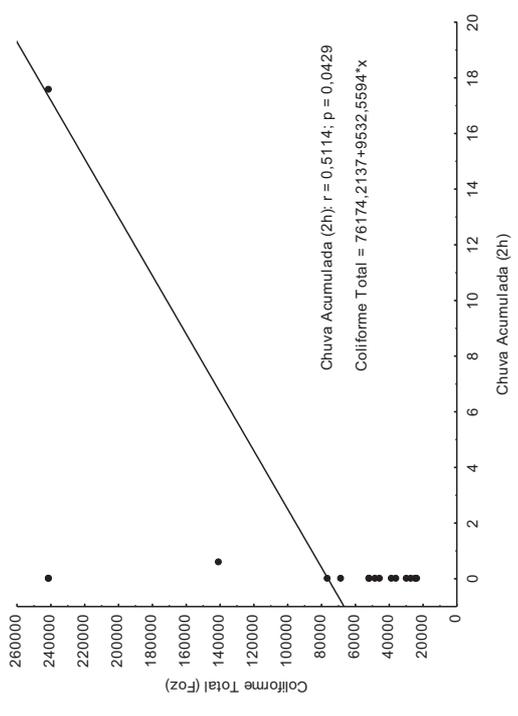
ZHONGKAI, Z.; ROBARDES, K.; HELLIWELL, S. et al. Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**. 2002. p. 849- 868.

APÊNDICE A – Correlação de Pearson

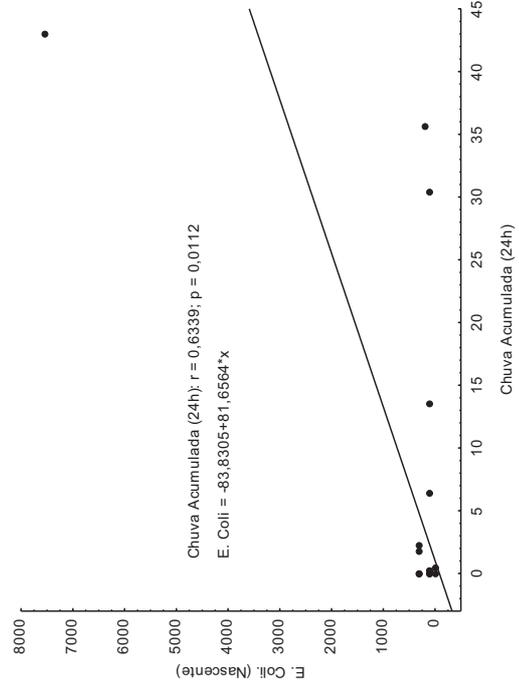
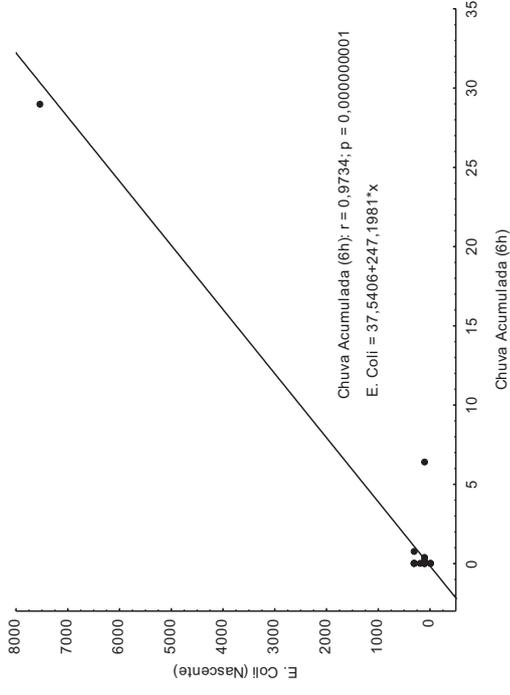
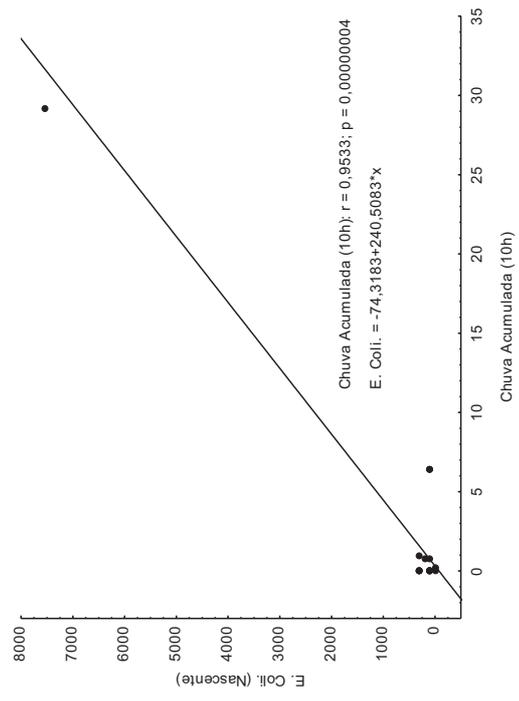
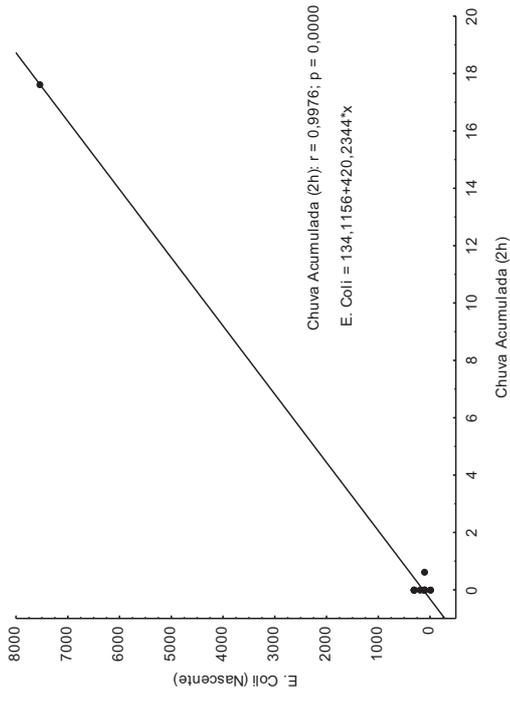
Coliforme Total (Nascente)



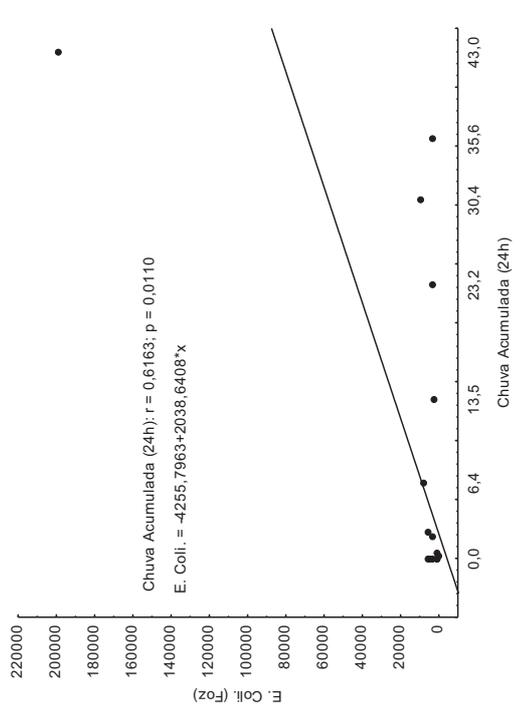
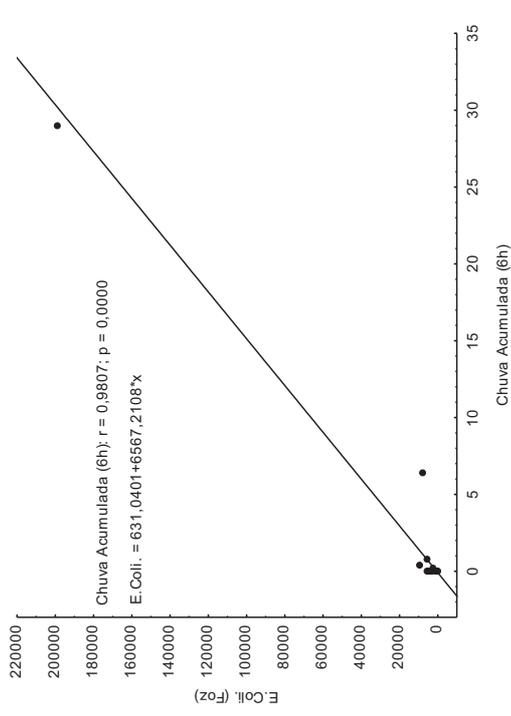
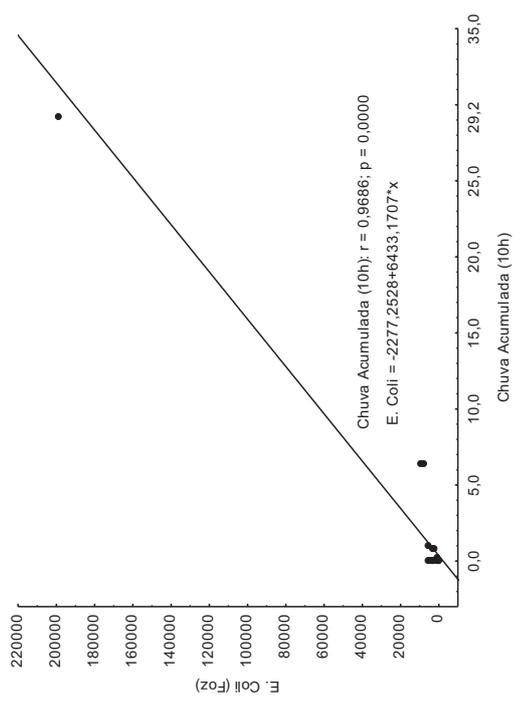
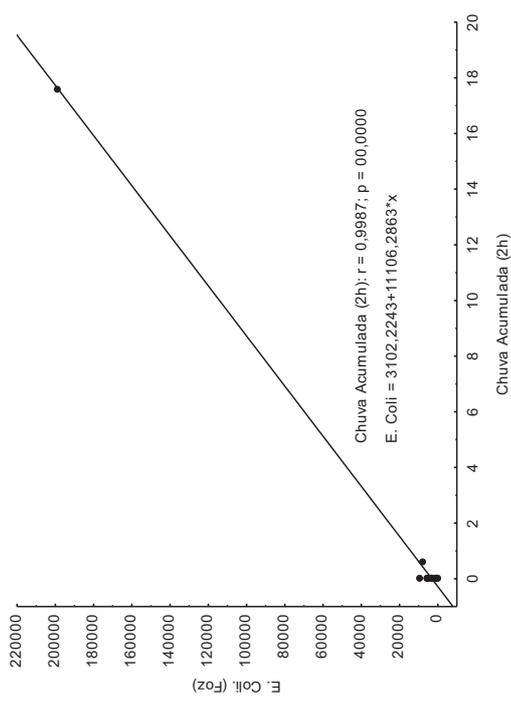
Coliforme Total (Foz)



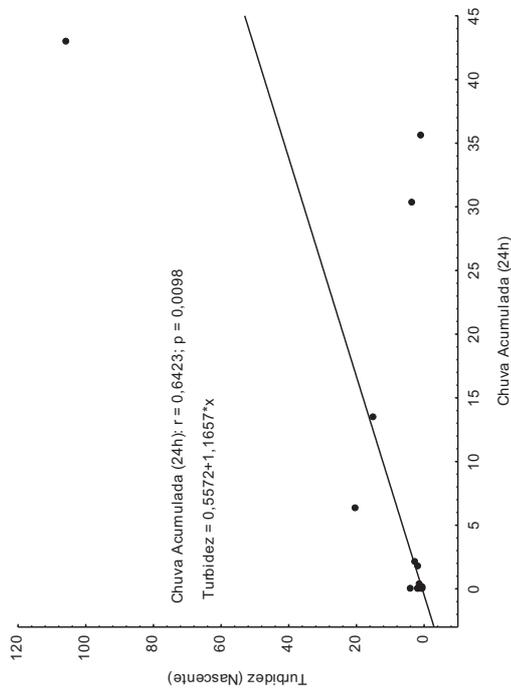
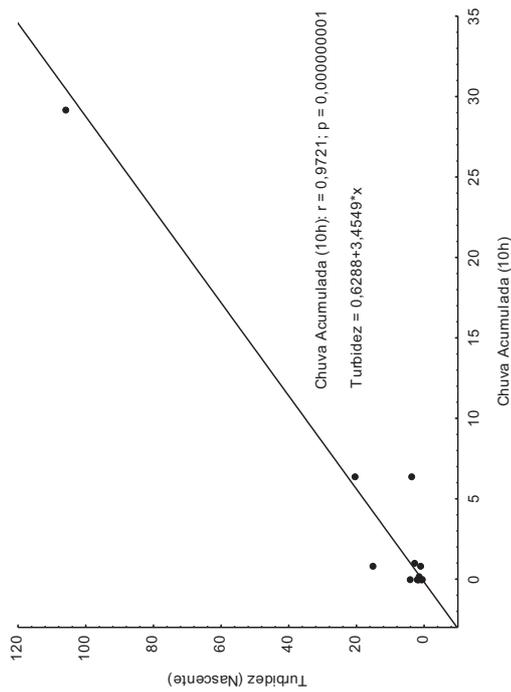
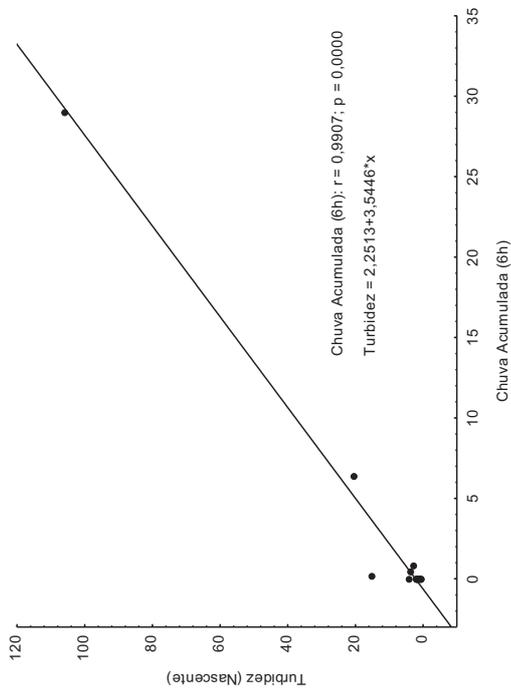
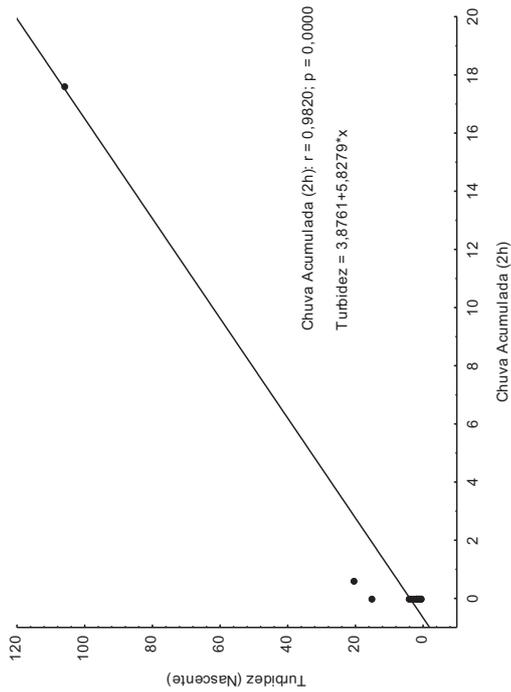
Coliforme Fecal. (Nascente)



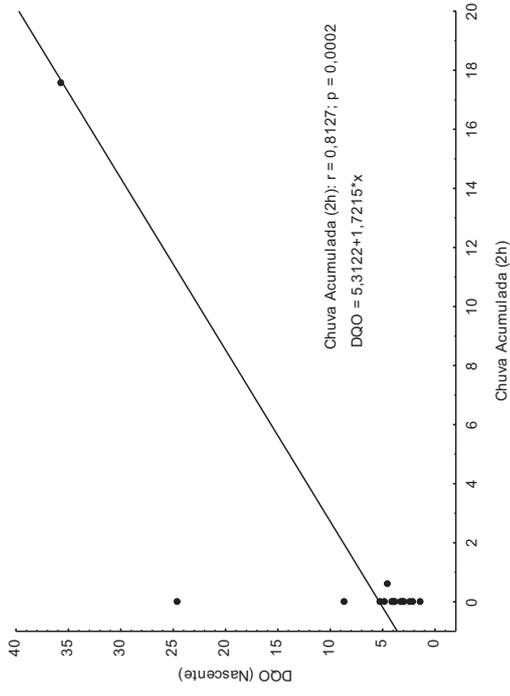
Coliforme Fecal. (Foz)



Turbidez (Nascente)



DQO (Nascente)



APÊNDICE B – Teste de normalidade

