



CENTRO UNIVERSITÁRIO VILA VELHA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS

RODRIGO PRATTE-SANTOS

**ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO JUCU, ES: CARACTERIZAÇÃO
LIMNOLÓGICA E ANÁLISE DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS**

VILA VELHA
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

RODRIGO PRATTE-SANTOS

**ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO JUCU, ES: CARACTERIZAÇÃO
LIMNOLÓGICA E ANÁLISE DA COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÔNICOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ecologia de Ecossistemas do Centro Universitário Vila Velha para obtenção do título de mestre em Ecologia de Ecossistemas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vilma Reis Terra

VILA VELHA
2010

RODRIGO PRATTE-SANTOS

ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO JUCU, ES:
CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E ANÁLISE DA COMUNIDADE DE
MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

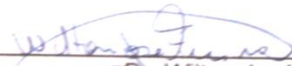
BANCA EXAMINADORA



Dr. Vilma Reis Terra
Orientadora



Dr. Roberto Santos Barbiéri
1ª membro da banca



Dr. Wilton José Ferreira
2ª membro da banca

Vila Velha, 01 de março de 2010

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

P917e

Pratte-Santos, Rodrigo.

Estudo da qualidade das águas do rio Jucu, ES :
caracterização limnológica e análise da comunidade de
macroinvertebrados bentônicos / Rodrigo Pratte-Santos. – 2010.
86 f. : il.

Orientadora: Vilma Reis Terra.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ecossistemas) -
Centro Universitário Vila Velha, 2010.
Inclui bibliografias.

1. Água - Poluição. 2. Ecologia dos Rios. 3. Toxicologia
Ambiental. Ecossistema. I. Terra, Vilma Reis. II. Centro
Universitário Vila Velha. III. Título.

CDD 628.168

“Dedico aos meus pais pelos genes que me fizeram herdar”.

Agradeço à professora e doutora, Vilma Reis Terra, por ter me aceito como seu orientado em mais uma ocasião, ela é dona de todos os méritos que esse trabalho possa ter. Não posso poupar agradecimentos para alguns nomes, são eles: Robert Baptista Aliprandi, estando disponível e enfrentando riscos em todos os momentos de coleta de água, sedimento e macrófitas, Romildo Rocha Azevedo Junior, formidável nas análises estatísticas, sendo extremamente atencioso, João Damasceno Lopes Martins, microbiologista cujo auxiliou nas análises de coliformes termotolerantes, Fabrício Saleme de Sá, disponibilizando a estrutura física de seu laboratório, e não menos importante, Wallace Pandolfo Kiffer, amigo de graduação e mestrado que me auxiliou nas análises de macroinvertebrados bentônicos. Outras pessoas também passaram momentaneamente no trabalho dispensando seu tempo e habilidades para me auxiliar, Flavio Mendes da Silva, Amauri Herbert Krahl, Romulo Felix Boldrini, Manuela Pickert Machado, Adilson Alexandre Santos de Oliveira, entre outros.

Enfim, um agradecimento também a todos que, de uma ou outra forma, contribuíram para que este trabalho chegasse ao seu termo.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	xi
LISTA DE SIGLAS	xiv
1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 A importância da água	20
2.2 Poluição aquática	20
2.3 Qualidade da água	21
2.4 A bacia hidrográfica do rio Jucu	22
3 OBJETIVOS	24
3.1 Objetivo geral	24
3.2 Objetivos específicos	24
4 METODOLOGIA	25
4.1 Caracterização da área de estudo	25
<i>4.1.1 Pontos de amostragem</i>	26
4.2 Amostragem e periodicidade das coletas	29
4.3 Análises das amostras de água e sedimento	30
<i>4.3.1 Precipitação pluviométrica</i>	32
<i>4.3.2 Macroinvertebrados bentônicos de macrófitas</i>	33
<i>4.3.3 Condutividade, oxigênio dissolvido (OD) e temperatura da água</i>	33
<i>4.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH)</i>	34
<i>4.3.5 Demanda química de oxigênio (DQO)</i>	34
<i>4.3.6 Sólidos totais</i>	34
<i>4.3.7 Nitrito (NO_2^-)</i>	34
<i>4.3.8 Nitrato (NO_3^-)</i>	35
<i>4.3.9 Fósforo total</i>	35
<i>4.3.10 Agrotóxicos</i>	35
<i>4.3.11 Coliformes termotolerantes</i>	35
4.4 Análises estatísticas	36

4.4.1 Índice de qualidade da água (IQA).....	36
4.4.2 Análise de agrupamento.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1 Variáveis físicas e químicas das águas do rio Jucu.....	38
5.1.1 Agrotóxicos.....	51
5.2 Variáveis microbiológicas das águas do rio Jucu.....	53
5.3 Enquadramento dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos na Legislação.....	57
5.4 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu	60
5.5 Índice de qualidade da água (IQA).....	68
6 CONCLUSÃO.....	72
7 REFERÊNCIAS.....	74
8 APÊNDICES.....	85
9 ANEXOS.....	86

RESUMO

O Rio Jucu é situado nos municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano, Cariacica e Vila Velha. Sua bacia hidrográfica possui uma superfície de 2.032 Km², apresentando dois braços, norte e sul, este com 43 km de extensão até desaguar no oceano atlântico. A bacia hidrográfica do rio Jucu recebe uma alta carga de nutrientes e agrotóxicos originados principalmente pelo escoamento superficial das áreas cultivadas de café e banana e hortigranjeira, além de uma carga de esgoto doméstico, industriais, sem o devido tratamento pocilgas, e extração de areia. Para a realização deste trabalho, foram demarcados cinco pontos de amostragem, selecionados de acordo com uso e ocupação do solo. Os parâmetros analisados foram; pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais, nitrato, nitrito, nitrogênio total, fósforo total, coliformes termotolerantes, sendo estes na coluna d'água, enquanto no sedimento agrotóxicos e nas macrófitas a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Este estudo buscou avaliar possíveis impactos ambientais na bacia hidrográfica do rio Jucu. Os resultados mostraram que o rio Jucu encontra-se altamente impactado quando recebe o esgoto proveniente do bairro Araçás. Em se tratando dos índices microbiológicos, todos os pontos estão completamente fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA. Com relação à comunidade de macroinvertebrados bentônicos, a riqueza foi relativamente baixa, comparada a outros estudos em ambientes lóticos brasileiros. O menor índice de diversidade foi encontrado no ponto 5 e a maior dominância de uma só família, com vários representantes. Além disso, as intervenções antrópicas e uso do solo, no rio ou adjacentes a ele, de fato modificaram suas características físico-químicas, e por consequência, a biota que nele sobrevive. Por fim, o rio Jucu está perdendo suas características de um ambiente lótico, principalmente no ponto 5, devido a grande presença de macrófitas, em virtude de influências antrópicas, tais como, o lançamento de esgoto e retirada da mata ciliar, apresentando baixa capacidade de autodepuração.

PALAVRAS-CHAVE

Poluição da água; macroinvertebrados bentônicos; qualidade da água; parâmetros físico-químicos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização dos pontos de coleta de água, sedimento e macroinvertebrados bentônicos do rio Jucu, Espírito Santo, Brasil..	29
Tabela 2. Data das coletas de água no rio Jucu e caracterização das estações do ano, e dados de pluviosidade.....	29
Tabela 3. Análises químicas e microbiológicas e seus respectivos métodos analíticos e de preservação.....	31
Tabela 4. Limite de quantificação (LQ) dos métodos analíticos utilizados para determinação dos parâmetros químicos nas amostras de água do rio Jucu, Espírito Santo, Brasil.....	32
Tabela 5. Estatística descritiva dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (n = 15)	40
Tabela 6. Resultados da análise de test-t dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das águas do rio Jucu em dois períodos distintos, seco e chuvoso (n = 15).....	41
Tabela 7. Resultado das análises físicas, químicas e microbiológicas das águas realizadas nos diferentes pontos de coleta do rio Jucu em dois períodos distintos, seco e chuvoso (Os dados estão expressos em média \pm erro padrão, n = 3).....	44
Tabela 8. Comparação média dos valores de coliformes termotolerantes (NMP) da água entre os períodos seco e chuvoso do rio Jucu (n=3)	54
Tabela 9. Comparação dos valores máximos permissíveis estabelecidos por diferentes instituições governamentais.....	59
Tabela 10. Distribuição taxonômica e abundância, diversidade Shannon-Weaver, equitabilidade Pielou, dominância de Simpson e riqueza dos grupos de macroinvertebrados amostrados em macrófitas das águas do rio Jucu, ES, Brasil.....	61
Tabela 11. Pesos relativos dos parâmetros utilizados para o cálculo de IQA...	69
Tabela 12. Níveis de qualidade de água de acordo com o valor de IQA.....	69
Tabela 13. Média do IQA do rio Jucu em dois períodos distintos, seco e chuvoso (Os dados estão expressos em média \pm desvio padrão, n = 15).....	70
Tabela 14. Estatística descritiva e resultados do test-t do IQA de cada ponto de coleta das águas do rio Jucu em dois períodos distintos, seco e chuvoso.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação dos pesticidas quanto à classe e grupo químico (TOMLIN, 2004).....	52
Quadro 2. Matriz do coeficiente de correlação de Pearson para os parâmetros físicos e químicos e microbiológicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil.....	55

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Bacias hidrográficas do estado do Espírito Santo, Brasil. Fonte: SEAMA (1994).....	25
Figura 2. Bacia hidrográfica do rio Jucu com os respectivos pontos de coleta de água, sedimento e macroinvertebrados bentônicos, Espírito Santo, Brasil.....	27
Figura 3. Locais de coleta de água, sedimento e macroinvertebrados bentônicos do rio Jucu, Espírito Santo, Brasil.....	28
Figura 4. Média da série histórica de precipitação (mm) da estação meteorológica localizada no município de Viana, ES, Fonte: INCAPER, (2010).....	30
Figura 5. Valores médios e respectivos desvios padrões do parâmetro pH nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância (n = 6).....	39
Figura 6. Valores médios do parâmetro turbidez (UNT) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 6).....	41
Figura 7. Valores médios do parâmetro temperatura (°C) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 6).....	42
Figura 8. Valores médios do parâmetro condutividade (μS) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 6).....	45
Figura 9. Valores médios do parâmetro oxigênio dissolvido (mgL^{-1}) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 6).....	46
Figura 10. Valores médios do parâmetro demanda química de oxigênio (mgL^{-1}) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 6).....	48
Figura 11. Valores médios do parâmetro sólidos totais (mgL^{-1}) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 6).....	49

Figura 12. Valores médios dos parâmetros nitrato e nitrito (mgL^{-1}) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).....	50
Figura 13. Valores médios do parâmetro fósforo total (mgkg^{-1}) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).....	51
Figura 14. Valores médios do parâmetro coliformes termotolerantes nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).....	53
Figura 15. Análise de agrupamento dos cinco (5) pontos de coleta de água do rio Jucu, ES, Brasil.....	57
Figura 16. Índice de Diversidade de Shannon-Weaver da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 3$).....	63
Figura 17. Índice de Equitabilidade Pielou da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 3$).....	64
Figura 18. Índice de Dominância de Simpson da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 3$).....	65
Figura 19. Abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 3$).....	66
Figura 20. Densidade média ($\text{indivíduos}100\text{g}^{-1}$ de macrófitas) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 3$).....	67
Figura 21. Riqueza Taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 3$).....	68
Figura 22. Valores médios e desvios padrões do IQA nos pontos de	70

amostragens do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam
diferença significativa pelo teste de tukey a 5% de significância,
n = 6).....

LISTA DE SIGLAS

Al	.....	Alumínio
CESAN	.....	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONAMA	.....	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cu	.....	Cobre
Cr	.....	Cromo
DA	.....	Densidade Animal
DBO	.....	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	.....	Demanda Química de Oxigênio
EPA	.....	Environmental Protection Agency
ETA	.....	Estação de Tratamento de Água
Fe	.....	Ferro
HCl	.....	Ácido Clorídrico
Hg	.....	Mercúrio
IEMA	.....	Instituto Estadual do Meio Ambiente
IQA	.....	Índice de Qualidade da Água
LD	.....	Limite de Determinação
LQ	.....	Limite de Quantificação
LQP	.....	Limite de Quantificação Praticável
Mn	.....	Manganês
NMP	.....	Número Mais Provável
OD	.....	Oxigênio Dissolvido
OMS	.....	Organização Mundial de Saúde
Pb	.....	Chumbo
Ph	.....	Potencial Hidrogeniônico
UNT	.....	Unidade Nefelométrica
UVV	.....	Centro Universitário Vila Velha
WHO	.....	World Health Organization
Zn	.....	Zinco

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade da água é recente por parte dos governos e da iniciativa privada. Entretanto, no Espírito Santo ainda estão em fase de formação os comitês das bacias hidrográficas, no qual cada bacia receberá gestão direta e individual de seu comitê organizador. Oriundo do crescimento populacional e do desenvolvimento industrial, bem como os graves problemas ambientais, o fator qualidade passou a ser referência para este recurso (MACHADO et al, 2009). Deste modo, é fundamental que os recursos hídricos apresentem condições físico-químicas e microbiológicas adequadas para a utilização dos seres vivos, devendo estar isentos de substâncias que possam produzir efeitos prejudiciais aos organismos (BRAGA et al., 2003).

Não somente no Brasil, mas em aspecto global, a poluição aquática tem se tornado um problema cada vez mais grave. Nas proximidades dos grandes centros urbanos, principalmente, os rios, reservatórios, praias e baías encontram-se poluídos em virtude do destino inadequado de esgotos domésticos, efluentes industriais, resíduos sólidos, entre outros (RUFINO, 2002; PRATTE-SANTOS, 2007).

Substâncias químicas tóxicas e nutrientes biologicamente disponíveis em abundância podem resultar em diversos problemas como floração de algas, diminuição de oxigênio dissolvido, morte de peixes, perda da biodiversidade, perdas de plantas aquáticas e recifes de carvão. Esses fatores comprometem seriamente a degradação os ecossistemas aquáticos e prejudica o uso da água para consumo humano, indústria, agricultura e recreação (OUYANG, et al., 2006).

São caracterizados parâmetros para determinar o grau de poluição das águas. Estas variáveis podem ser de origem física, química ou biológica, tais como: cor, turbidez, sabor, odor, temperatura, pH, dureza, metais, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes orgânicos e inorgânicos, como os metais pesados, entre outros (BERNA, 2007).

A inter-relação dos organismos e os parâmetros ambientais tem sido extensamente avaliada ao longo do tempo. As espécies são adaptadas a viver em gradientes ambientais

específicos, ocupando apenas um espaço físico determinado e com um papel funcional nas comunidades (ODUM, 1998; RICKLEFS, 1996). Desta forma, como o homem tem alterado drasticamente os ecossistemas aquáticos, liberando indiscriminadamente agentes poluidores, como agrotóxicos, efluentes industriais e municipais, podem provocar mudanças irreversíveis nestes ambientes (FREIRE; PEREIRA, 2005). Alterações na qualidade de água, provenientes do impacto humano, reduzem a biodiversidade aquática, em consequência da desestruturação do ambiente físico. É relatado na literatura que o uso de bioindicadores, seja em nível de espécies, populações ou até mesmo comunidades, permite uma avaliação detalhada dos efeitos ecológicos causados por múltiplas fontes de poluição (SOUZA, 2001; PIEDRAS et al., 2006)

Nos ecossistemas aquáticos, segundo Harbison (1986), os sedimentos possuem papel fundamental em um cenário ambiental impactado, particularmente devido à sua capacidade de concentrar tanto metais-traço como agrotóxicos, presentes na água. Assim como, uma vez contaminados, os sedimentos podem representar uma fonte potencial de poluição (WARNKEN et al., 2001). De maneira similar Esteves (1998) e Baird (2007) enfatizam que muitos poluentes lançados em rios e lagos podem ser acumulados nestes compartimentos e através de processos como adsorção, ressuspensão ou até mesmo ingestão de sedimentos por espécies que se comportam como epibênticas, estes podem ser ressuspensos para a coluna d'água.

Dos diversos tipos de poluição existentes, as químicas possuem maior efeito nas comunidades bentônicas modificando índices ecológicos destas espécies, tais como, crescimento, fecundidade, reprodução, entre outros (LERCARI; DEFEO, 1999). Hall e Frid (1998) relatam que a introdução de nutrientes como nitrogênio e fósforo, provenientes da descarga de efluentes domésticos, tem sido identificada como principal fator modificador da qualidade ambiental. A distribuição e diversidade de macroinvertebrados bentônicos são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, morfologia do ecossistema, resíduos orgânicos, bem como por modificações nas concentrações de nutrientes e alterações na produtividade primária (GALDEAN et al., 2000; GALERON et al., 2001).

Meziane e Tsuchiva (2002) e Neto e Sarcinelli (2009) demonstraram que os macroinvertebrados bentônicos são extremamente sensíveis ao fluxo e qualidade da matéria orgânica depositada nos corpos d'água. Denadai e Amaral (1999), assim como

Arruda e Amaral (2003) estudaram que estes organismos podem sofrer alterações em nível de metabolismo, composição e estrutura corporal. No estudo realizado por Fossi e colaboradores (1998), em relação à fauna como um todo, os invertebrados são importantes nos estudos de impacto ambiental por constituírem 95% das espécies animais. Para tanto, em termos gerais, são componentes majoritários de todos os ecossistemas, além de apresentarem abundância populacional.

Dentre os diversos organismos existentes nos ecossistemas aquáticos, os macroinvertebrados bentônicos são os organismos principais utilizados na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos. Este grupo tem sido frequentemente utilizado no monitoramento biológico por habitarem o fundo dos corpos hídricos durante pelo menos parte de seu ciclo de vida, estando associados aos mais diversos tipos de substratos, sejam eles inorgânicos, como o próprio sedimento, este podendo ser composto por cascalho, areia, rochas, entre outros, ou orgânicos, como folhas e macrófitas aquáticas (ROSENBERG; RESH, 1993).

Os macroinvertebrados bentônicos possuem características peculiares que os permitem ser utilizados como bioindicadores ambientais. Estes possuem hábitos sedentários, se tornando praticamente imóveis na coluna d'água, apresentam ciclos de vida relativamente curtos em relação aos outros organismos aquáticos, podendo refletir mais rapidamente as modificações do ambiente através de mudanças na estrutura das populações e comunidades; além de viverem e se alimentarem dentro, sobre, e próximo aos sedimentos, lugar no qual as toxinas tendem a acumular (REECE; RICHARDSON, 1999; CALLISTO et al., 2001).

Em se tratando do rio Jucu, de acordo com o IEMA (2009), este manancial recebe alta carga de nutrientes, tanto orgânicos como industriais, e agrotóxicos originados principalmente pelo escoamento superficial das áreas cultivadas de café e banana. Às margens do rio encontram-se instaladas diversas atividades impactantes sem planejamento adequado, como extração de areia para construção civil, emissão de resíduos sólidos domésticos, industriais e hospitalares; lançamentos de efluentes de pocilgas, currais e abatedouros de aves, sem o devido tratamento. Como relatado por Pratte-Santos (2007), o rio Jucu, em seu curso médio, recebe contribuição das águas do

rio Fundo, um de seus vários afluentes, que ao contrário de promover uma ação diluidora dos poluentes, acaba elevando o nível de poluição. A contribuição negativa do rio Fundo ao rio Jucu hoje está sendo base de propostas para projetos posteriores. Pratte-Santos (2007) também cita que a poluição orgânica nessa região do rio Fundo constitui um grave problema, principalmente, porque toda a água superficial oriunda deste espaço geográfico é drenada para o rio Jucu, diminuindo a qualidade da água. Outro fator agravante inclui a cidade de Marechal Floriano, que com a ausência de uma estação de tratamento de esgoto acaba despejando diretamente os resíduos domésticos nos corpos d'água.

Para fins de relevância, a bacia do rio Jucu, em conjunto com a do rio Santa Maria da Vitória são responsáveis pelo abastecimento hídrico da região da Grande Vitória, que abriga 50% da população do estado, incluindo o seu mais expressivo complexo industrial e comercial. Ao longo da bacia destes rios estão situadas diversas unidades de conservação e em suas desembocaduras estão localizados manguezais com uma área aproximada de 18 km², ou seja, 20% da área de todas as regiões de manguezal do estado, cabendo destacar que os mesmos são a única fonte de abastecimento de água da região da Grande Vitória num raio de 50 km² (GUZZO et al., 2010).

Saraiva e colaboradores (2009) abordam que nos últimos anos estão sendo realizadas diversas pesquisas que evidenciam a problemática ambiental no ambiente aquático, o que demonstra o duplo papel da água para os seres vivos: o de ser essencial para a vida, bem como veículo para a eliminação de poluentes.

Sabendo-se assim da importância da água para as sociedades humanas e da situação atual dos rios em âmbito geral, com uma diversidade de fatores contribuindo para a sua poluição, este trabalho terá como objetivo avaliar a influência dos parâmetros físico-químicos, metais pesados, e agrotóxicos, na estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos do rio Jucu.

Desta forma, verificou-se o grau de poluição em diferentes pontos, gerando subsídios para o resgate da qualidade de suas águas, bem como a busca de proposições para diminuição do impacto ambiental. Tais estudos permitiram avaliar a pressão ambiental que essas comunidades vêm sofrendo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância da água

A água é o principal elemento da vida no planeta Terra, sendo vital para a sobrevivência dos organismos. É o recurso natural essencial dentro dos objetivos gerais do chamado desenvolvimento sustentável, a água doce de boa qualidade é um bem a ser estendido ainda a bilhões de pessoas, tanto nas gerações atuais como para as futuras. Porém, pode proporcionar severos danos à vida em função de sua má qualidade, servindo de veículo para vários agentes biológicos e químicos. Sabendo disto, o homem deve estar sempre atento aos fatores que podem interferir negativamente na qualidade da água que consome e no seu destino final (GALDEAN et al., 2000). Este recurso é determinante para a qualidade de vida do ser humano. A multiplicidade de usos da água conduz a problemas, tanto em termos de quantidade, como de qualidade (PALACIO et al., 2009)

Embora o desenvolvimento das bacias hidrográficas seja benéfico para as populações humanas, tais avanços trouxeram consigo várias conseqüências desarmônicas. O meio ambiente tem sido agredido sob diversos aspectos, dentre eles, o despejo de esgotos domésticos e industriais sem qualquer tratamento prévio, agravando ainda mais o processo de degradação ambiental (STEWART, 2000).

2.2 Poluição aquática

A poluição pode ser definida como a introdução no meio ambiente de qualquer matéria ou energia que venha a alterar as propriedades físicas, químicas ou biológicas desse meio, podendo afetar a saúde das espécies animais e vegetais que dependem ou tenham contato com ele, ou que nele venham a provocar modificações físico-químicas nas espécies minerais presentes (COSTA et al., 2006).

Os problemas associados aos recursos hídricos têm como principal razão a ação devastadora do homem, que ao promover o desmatamento inconseqüente para produção agrícola sem planejamento, gera graves processos erosivos, o fim da fertilidade dos solos, o assoreamento dos rios. Além do crescimento da população mundial que gera as

altas taxas de consumo de água, ao modelo de desenvolvimento adotado e à contaminação dos corpos d'água pela ação antrópica, têm contribuído para diminuir a disponibilidade desses recursos (VEGA et al., 1998). Dentre estes fatores, a ação antrópica tem aumentado com intensidade as oscilações do ambiente aquático, permitindo a liberação indiscriminada, *in natura*, de agentes poluidores, como agrotóxicos, efluentes industriais e municipais e substâncias eutrofizantes, além do desmatamento, assoreamentos e das queimadas nas margens, que podem provocar mudanças nos cursos dos rios (FREIRE; PEREIRA, 2005).

O grau de poluição das águas é avaliado por meio de características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes, que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de qualidade das águas. Os principais parâmetros de qualidade para águas são: cor, turbidez, sabor, odor, temperatura, pH (acidez e alcalinidade), dureza, metais (ferro e manganês), cloretos, nitrogênio (nutriente), fósforo (nutriente), oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes orgânicos e micropoluentes inorgânicos, como os metais pesados, entre outros (BERNA, 2009).

Muitos animais aquáticos sinalizam o nível da degradação ambiental e têm sido recomendados para testes de poluentes. Dentre os diversos indicadores biológicos, os macroinvertebrados bentônicos, vêm sendo amplamente utilizados com a finalidade de avaliar a toxicidade de corpos d'água, fornecendo informações sobre as conseqüências da ação do homem (COLPO et al., 2009; CALLISTO et al., 2001).

2.3 Qualidade da água

A qualidade da água pode ser medida pelo chamado IQA (Índice de Qualidade da Água), método útil para transmitir informação a respeito do corpo da água, podendo dar uma idéia da qualidade dos recursos hídricos. O referido índice é estabelecido por nove parâmetros, sendo eles: pH, temperatura, OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio), fósforo total, nitrogênio total, coliformes fecais, turbidez e sólidos totais (CETESB, 2009).

Com a finalidade de estabelecer níveis de poluição, foram estabelecidos parâmetros e padrões. Os parâmetros para indicar o que está poluindo e os padrões para quantificar o máximo permitido em cada parâmetro (COSTA et al., 2001).

Desta forma, políticas têm sido adotadas, no sentido de preservar os mananciais existentes, racionalizar seu uso e recuperar aqueles já poluídos ou contaminados. No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos tem estabelecido os critérios e normas gerais para este novo modelo de gestão sustentável, sendo o norteador das ações, para que haja uma sistematização dos recursos em todas as esferas: federal, estadual e municipal. Assim, a bacia hidrográfica foi adotada como unidade de estudo e análise ambiental, sendo esta constituída ou não por sub-bacias (ZAVOUDAKIS; TULLI, 2004).

2.4 A bacia hidrográfica do rio Jucu

A bacia hidrográfica do rio Jucu tem seu curso desenvolvido numa extensão aproximada de 166 km até desaguar na praia da Barra do Jucu, no município de Vila Velha. De sua extensão total, 123 km correspondem ao trecho conhecido como Braço Norte. Os 43 km restantes correspondem ao trecho do rio Jucu desde a confluência dos Braços Norte e Sul até a foz (IEMA, 2009).

O rio Jucu tem suas partes médias e superiores situadas na região serrana. Ambas possuem o mesmo formato, desenvolvendo-se na direção W-E. Possui uma área de drenagem de aproximadamente 2.200 km² e é um dos mananciais de abastecimento da Grande Vitória, talvez o mais representativo. São seus formadores o rio Braço Norte, no município de Domingos Martins e, Braço Sul no município de Marechal Floriano. Deságua no Oceano Atlântico, na localidade da Barra do Jucu (SEAMA, 1994).

Durante seu trajeto o rio Jucu apresenta uma influência antrópica intensamente significativa, tendo em vista que com as obras realizadas pelo extinto Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) na década de 50, o rio Formate, que no passado se tornara um dos principais afluentes do rio Jucu, foi desviado, passando a constituir uma bacia independente. Por esta razão, o rio Jucu apresenta seu baixo curso modificado em relação ao que era originalmente (DNOS, 1964).

Na bacia do rio Jucu, as principais áreas urbanas são sede dos municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano, parte da cidade de Viana (sub-bacia do ribeirão Santo Agostinho). Além delas, pode-se acrescentar as localidades de: São Paulinho, Pedra Azul, Aracê, Barcelos, São Rafael, Goiabeiras, Ponto Alto, Perobas, Paraju, Melgaço, Biriricas, Isabel, Vítor Hugo, Araguaia, Bom Jesus do Morro Baixo, São Paulo de Cima, rio Calçado, Araçatiba e Barra do Jucu (SEAMA,1994).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar os possíveis impactos ambientais na bacia hidrográfica do rio Jucu em 5 pontos de amostragem, durante os períodos seco e chuvoso, por meio de monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, bem como, análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em macrófitas aquáticas.

3.2 Objetivos específicos

1. Avaliar as variáveis físico-químicas e microbiológicas das águas e dos sedimentos do rio Jucu, bem como correlacioná-las e enquadrá-las perante as legislações vigentes, além de determinar o Índice de Qualidade da Água (IQA).
2. Realizar um levantamento sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e sua distribuição ao longo do rio Jucu, uma vez que há carência de informações sobre esta comunidade no mesmo, para inferências sobre a qualidade da água.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Jucu (Figura 1) possui uma área de drenagem de aproximadamente 2.032 km², com cotas altimétricas variando entre 0 a 1.800 m e perímetro de 340 km. Por tradição, considera-se que o rio Jucu nasce da junção dos rios Jucu braço Sul e Jucu braço Norte. Seu curso se desenvolve numa extensão aproximada de 166 km até desaguar na praia da Barra do Jucu, próximo à localidade de mesmo nome, no município de Vila Velha. De sua extensão total, 123 km correspondem ao trecho conhecido como Braço Norte. Os 43 km restantes correspondem ao trecho do rio Jucu desde a confluência dos Braços Norte e Sul até a foz (IEMA, 2009).

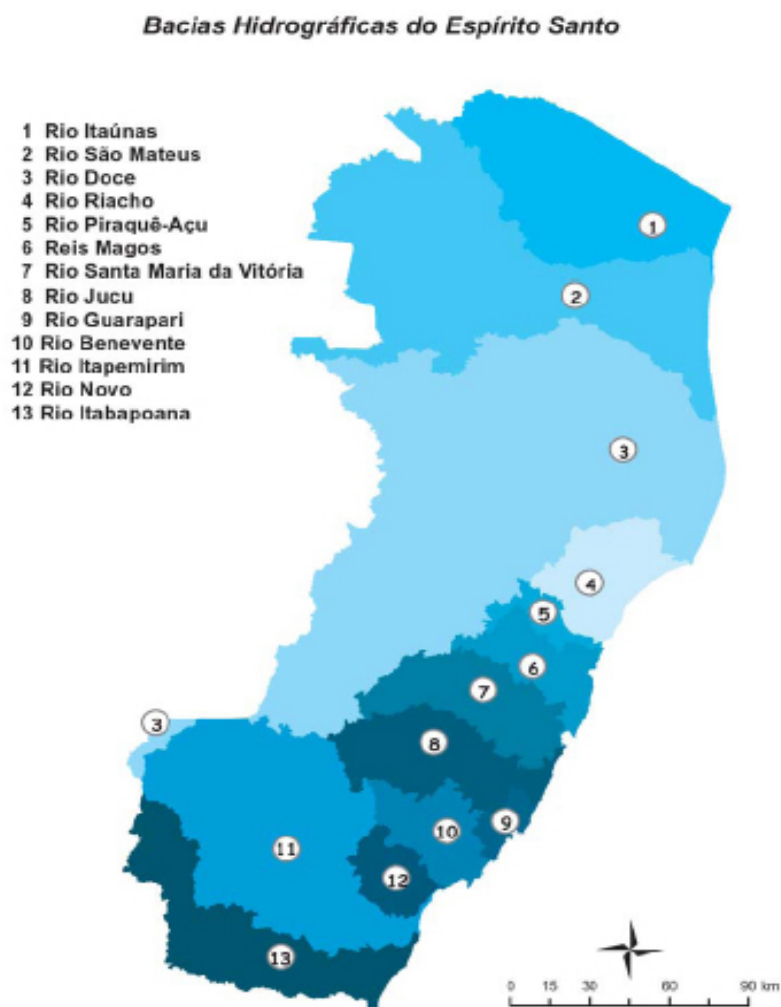


Figura 1. Bacias hidrográficas do estado do Espírito Santo, Brasil. Fonte: SEAMA (1994).

Na bacia do rio Jucu, as principais áreas urbanas são sede dos municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano, parte da cidade de Viana (sub-bacia do ribeirão Santo Agostinho). Além delas, pode-se acrescentar as localidades de: São Paulinho, Pedra Azul, Aracê, Barcelos, São Rafael, Goiabeiras, Ponto Alto, Perobas, Paraju, Melgaço, Biriricas, Isabel, Vítor Hugo, Araguaia, Bom Jesus do Morro Baixo, São Paulo de Cima, rio Calçado, Araçatiba e Barra do Jucu (SEAMA, 1994).

Esta bacia tem suas partes médias e superiores situadas na região serrana. Ambas possuem o mesmo formato, desenvolvendo-se na direção W-E. É um dos mananciais de abastecimento da Grande Vitória, talvez o mais representativo. São seus formadores o rio Braço Norte, no município de Domingos Martins e, Braço Sul no município de Marechal Floriano. Deságua no Oceano Atlântico, na localidade da Barra do Jucu (SEAMA, 1994).

4.1.1 Pontos de amostragem

A seleção dos pontos de coleta foi feita com base em observações em campo, onde foi possível definir locais suscetíveis a impactos antropogênicos de origem urbana e agrícola. Após as observações, foram definidos cinco pontos de coleta, distribuídos no rio Jucu (Figura 2 e 3).

PONTOS DE AMOSTRAGEM NA BACIA DO RIO JUCU, DOMINGOS MARTINS, ES

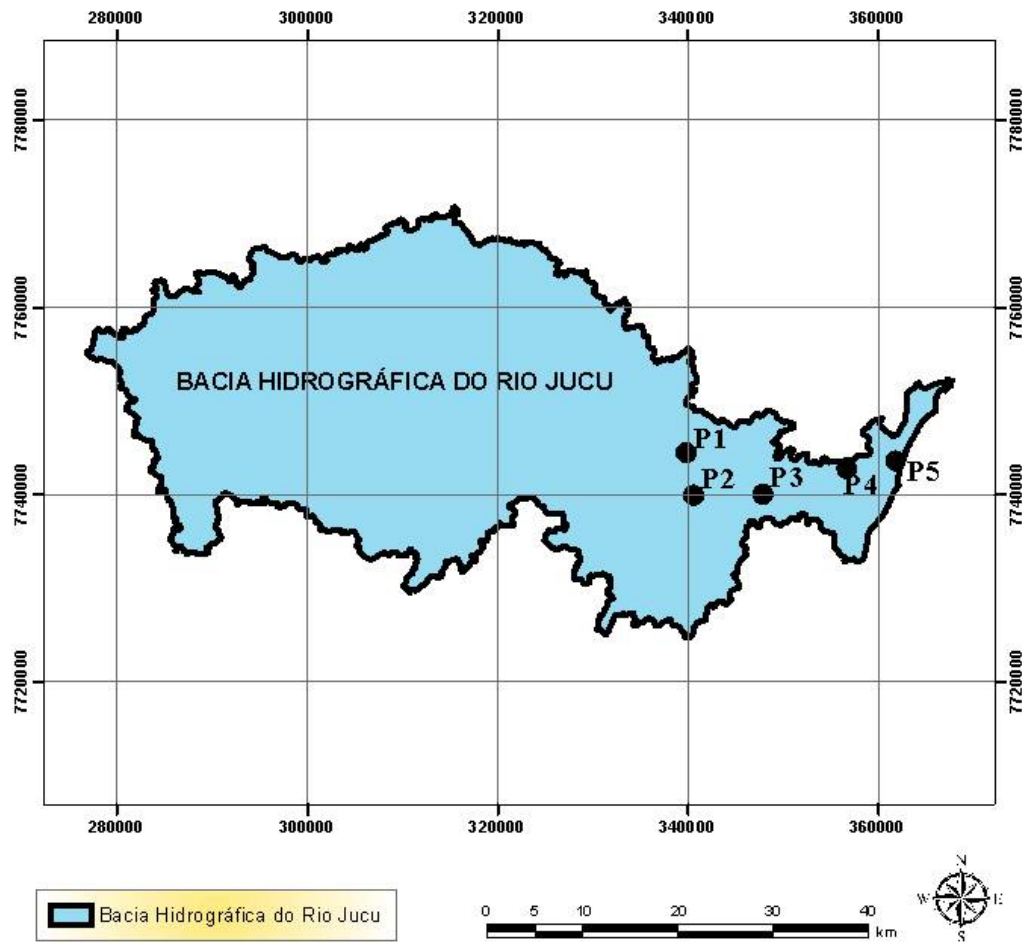


Figura 2. Bacia hidrográfica do rio Jucu com os respectivos pontos de coleta de água, sedimento e macroinvertebrados bentônicos, Espírito Santo, Brasil.



Figura 3. Locais de coleta de água, sedimento e macroinvertebrados bentônicos do rio Jucu, Espírito Santo, Brasil.

Os trechos do rio selecionados para a realização das coletas apresentam suas coordenadas geográficas, altitude, tipos de vegetação ribeirinha e erosão nas margens descritas na Tabela 1. As ações antrópicas das populações ribeirinhas foram também consideradas importantes no processo para avaliar a sensibilidade destas populações quanto à poluição dos recursos hídricos. Para tanto, realizou-se levantamentos sobre os perfis de uso do solo, atividades antrópicas consideradas mais relevantes para as análises no contexto da pesquisa.

Tabela 1. Caracterização dos pontos de coleta de água, sedimento e macroinvertebrados bentônicos do rio Jucu, Espírito Santo, Brasil.

Características	Ponto de coleta				
	1	2	3	4	5
Coordenadas geográficas (UTM)	20°23'28"	20°25'54"	20°25'5"	20°24'27"	20°24'03"
	40°32'06"	40°31'41"	40°27'30"	40°22'23"	40°19'27"
Altitude (m)	51	23	4	2	0
Vegetação ribeirinha	Arbustiva/ rasteira	Arbustiva/ rasteira	Arbórea/ arbustiva	Rasteira	Arbustiva/ arbórea
Uso do solo	Agricultura /pecuária	Agricultura /pecuária	Urbana	Pecuária	Ausente
Erosão nas margens	Acentuada	Acentuada	Moderada	Acentuada	Moderada

4.2 Amostragem e periodicidade das coletas

Foram realizadas seis (6) campanhas, distribuídas em cinco (5) pontos, representando os períodos seco e chuvoso. As coletas compreenderam o trecho principal do rio Jucu desde a confluência dos Braços Norte e Sul até sua foz situada no bairro Barra do Jucu. A Tabela 2 relata as datas em que cada coleta foi realizada, a estação do ano e a época (seca ou chuvosa). Os dados de precipitação estão relacionados na Figura 4.

Tabela 2. Data das coletas de água no rio Jucu, caracterização das estações do ano e seus respectivos períodos.

Coletas	Data das coletas	Estação	Período
1	28/julho/2008	Inverno	Seco
2	10/outubro/2008	Primavera	Chuvoso
3	11/fevereiro/2009	Verão	Seco
4	16/abril/2009	Outono	Chuvoso
5	04/julho/2009	Inverno	Seco
6	07/dezembro/2009	Verão	Chuvoso

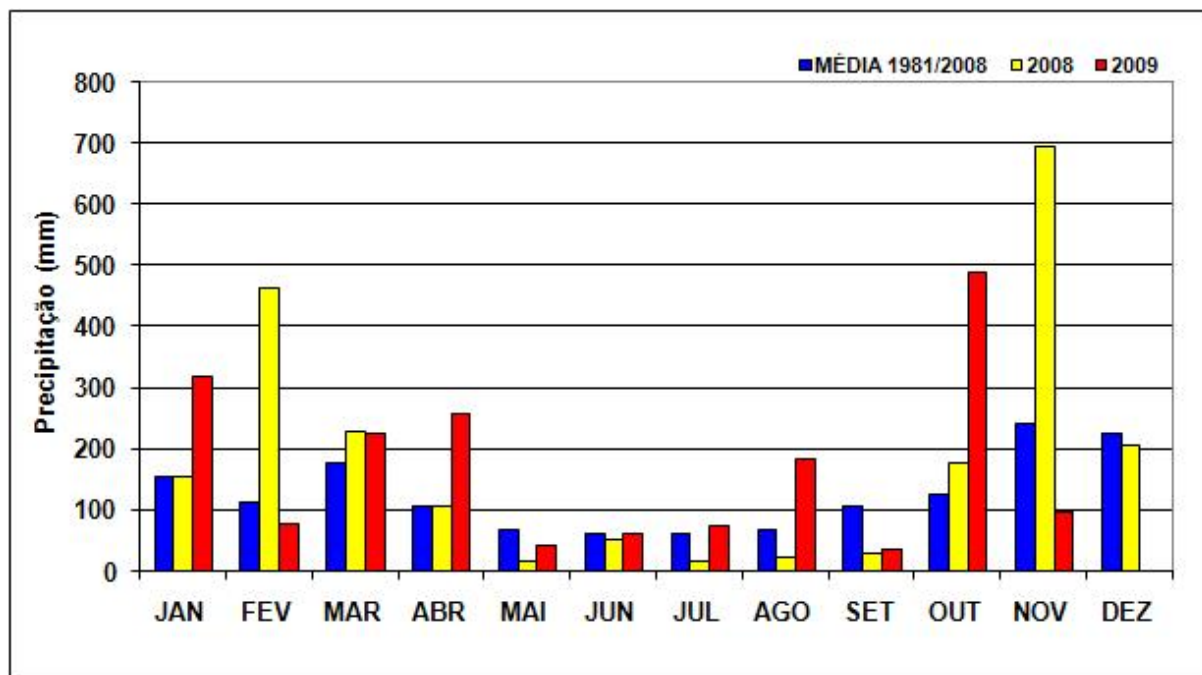


Figura 4. Média da série histórica de precipitação (mm) da estação meteorológica localizada no município de Viana, ES, Fonte: INCAPER (2010).

4.3 Análises das amostras de água e sedimento

Para as análises químicas de laboratório, em cada coleta as amostras foram coletadas em frascos de polietileno e armazenadas em caixas de isopor contendo gelo. Amostras de sedimentos foram coletadas para análises de metais e agrotóxicos, foram devidamente armazenadas em ambientes adequados para cada caso. Para alguns casos foi adicionado ácido sulfúrico ($\text{pH} < 2$).

Os parâmetros analisados foram: pH, turbidez, temperatura da água, condutividade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais, nitrato, nitrito, fosfato, metais e agrotóxicos (Tabela 3). Para análise de macroinvertebrados bentônicos foram coletadas macrófitas em sacolas e identificadas no Laboratório de Ecologia Aquática e Terrestre do complexo de Laboratórios Biopráticas do Centro Universitário de Vila Velha (UVV).

Tabela 3. Análises químicas e microbiológicas e seus respectivos métodos analíticos e de preservação.

Variável	Preservação	Método Analítico	Referência
DQO	Refrigeração a 4 °C H ₂ SO ₄ até pH < 2	Redução com dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal	APHA (2005)
Sólidos totais	Refrigeração a 4 °C	Gravimétrico	APHA (2005)
Nitrato	Refrigeração a 4 °C	Redução pela coluna de cádmio	APHA (2005)
Nitrito	Refrigeração a 4 °C	Absorciométrico com ácido fenilssulfônico	APHA (2005)
Fosfato	Refrigeração a 4 °C	Absorciometria com redução do ácido ascórbico	APHA (2005)
Agrotóxicos	Refrigeração a 4 °C	Cromatografia	APHA (2005)
Coliformes termotolerantes	Refrigeração a 4 °C	Tubos múltiplos	APHA (2005)

Por definição, Limite de Quantificação (LQ) do método analítico é a menor concentração do analito que pode ser determinada com precisão e exatidão, aceitáveis, sob determinadas condições experimentais (BARROS, 2002). Os LQ's dos métodos utilizados neste estudo encontram-se dispostos na Tabela 4.

Tabela 4. Limite de quantificação (LQ) dos métodos analíticos utilizados para determinação dos parâmetros químicos nas amostras de água do rio Jucu, Espírito Santo, Brasil.

Parâmetros	LQ (mg.L ⁻¹)
DBO	2,00
DQO	2,00
Fósforo total	0,05
Nitrato (NO ₃ ⁻)	0,02
Nitrito (NO ₂ ⁻)	0,02
Nitrogênio amoniacal (NH ₃)	0,02
Nitrogênio total	0,02
Sólidos totais	10,00

Vale ressaltar que para as análises de agrotóxicos (2,4-D, Carbofuram, Clorotalonil, Ciproconazole, Deltametrina, Dimetoato, Disulfoton, Dodecacloro octahidro, endosulfan, glifosato, matathion, paraquat dicloreto, parathion Metil, tiofanato Metílico, Tiamexotan e Triadimenol) realizadas nas amostras sedimentos coletadas, o limite de detecção (LD) foi de 0,01 mgkg⁻¹, com exceção do glifosato (N-fosfometilglicina), que foi de 0,05 mgkg⁻¹. Já os agrotóxicos (2,4 D Sal de Dimetilamina e 2,4 D Ácido) analisados nas amostras de água tiveram seus LD equivalentes à 0,001 mgL⁻¹, enquanto o Glifosato apresentou LD de 0,01 mgL⁻¹.

Das metodologias utilizadas para quantificar os metais (arsênio, cádmio, cobre, ferro, mercúrio e zinco) analisados no sedimento, o limite de quantificação praticável (LQP) foi de 0,05 mgkg⁻¹.

4.3.1 Precipitação pluviométrica

A precipitação pluviométrica interfere diretamente em diversos processos físicos e químicos, diluindo ou concentrando materiais, acarretando em mudanças significativas do ambiente aquático (VIANA, 2005). As medidas de precipitação pluviométrica e temperatura média do ar foram obtidas a partir de dados coletados do Centro Capixaba de Meteorologia e Recursos Hídricos do Incaper.

4.3.2 Macroinvertebrados bentônicos de macrófitas

As amostras de zoobentos foram obtidas em 5 estações amostrais. As coletas foram realizadas em macrófitas presentes na coluna d'água. As amostras de macrófitas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e colocadas em caixas apropriadas para transporte e triagem.

Anteriormente a triagem, as amostras obtidas de sedimento foram lavadas utilizando-se peneira com abertura de malha de 0,25 mm. Após a macrófita ser lavada, este passará por triagem macroscópica para separação dos zoobentos dos outros materiais orgânicos. A seguir, os organismos coletados foram fixados em álcool a 70%, rotulados com os dados de campo e acondicionados para transporte até o laboratório para realização de triagem apurada com auxílio de estereomicroscópio. Posteriormente, os espécimes foram identificados em nível de família sempre que possível, utilizando bibliografia especializada. Todo o material foi devidamente etiquetado e depositado no Laboratório de Ecologia da UVV.

A comunidade bentônica foi estudada quanto à abundância média (número de indivíduos), diversidade média (Shannon-Weaver), equitabilidade (J') e dominância média de Simpson, além da riqueza de espécies (S) em cada ponto de coleta.

4.3.3 Condutividade, oxigênio dissolvido (OD) e temperatura da água

Esses parâmetros foram quantificados utilizando-se um aparelho multiparâmetro YSI 85/100FT (APHA, 2005).

4.3.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado *in situ* por intermédio de um pHmetro portátil, Quimis modelo Q-400 HM (APHA, 2005).

4.3.5 Demanda química de oxigênio (DQO)

A DQO se baseia num processo de oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio (Método 5220 B). Após a filtração, as amostras de água foram digeridas em um termo-reator por 2 horas a 150 °C, utilizando-se uma mistura de dicromato de potássio em meio fortemente ácido, na presença de uma solução catalisadora (sulfato de prata - ácido sulfúrico concentrado). Depois de resfriar à temperatura ambiente, as amostras foram lidas no espectrofotômetro 540 nm. A concentração da demanda de O₂ da amostra, em mg.L⁻¹, foi obtida pela interpolação dos dados obtidos de uma curva de calibração que utilizou biftalato de potássio como padrão (APHA, 2005).

4.3.6 Sólidos totais

Os sólidos totais foram determinados pelo método de gravimétrico. (2540 SB), seca em estufa a temperatura de 105 °C até massa constante (APHA, 2005).

4.3.7 Nitrito (NO₂⁻)

O nitrito foi determinado por método espectrofotométrico, fundamentado na reação com sulfanilamina e n(1-naftil) etilenodiamina, (Método 4500-NO₂B), com quantificação em 420 nm (APHA, 2005).

4.3.8 Nitrato (NO_3^-)

O nitrato foi quantificado por método espectrofotométrico a 543 nm (Método 4500 NO_3 C), de acordo com o método da coluna de redução de cádmio. Esse método consiste na redução do nitrato a nitrito através de uma coluna de redução cheia de grãos de cádmio de tratados com sulfato de cobre. O nitrito formado é então, analisado pelo método da sulfanilamida diazotizada com de N-(1-naftil)-etilenodiamina para formar um composto púrpura avermelhado (APHA, 2005).

4.3.9 Fósforo total

O fósforo total foi quantificado pelo método espectrofotométrico, fundamentado na decomposição ácida da amostra e posterior tratamento com ácido ascórbico, com quantificação em 880 nm (Método 4500-P E) (APHA, 2005).

4.3.10 Agrotóxicos

O método utilizado para quantificação do analito foi um sistema de LC/MS/MS do tipo UPLC/TQD da *Waters Instruments*. Para os agrotóxicos analisados em água e sedimento foi utilizado o método de extração com solventes usando diclorometano, seguido de *clean up*, concentração, evaporação e redissolução dos ativos extraídos com acetonitrila para cromatografia em fase líquida com detecção por espectrometria de massa, e isooctano para cromatografia em fase gasosa com detecção por espectrometria de massa (ANASTASSIADES et al., 2003).

4.3.11 Coliformes termotolerantes

As análises microbiológicas de água foram analisadas pelo método dos tubos múltiplos de fermentação, com utilização do meio de cultura A1, que permite a obtenção de resultados em 24 horas. Vale ressaltar que a amostra foi preservada com solução 15% de EDTA (APHA, 2005).

4.4 Análises estatísticas

Para análise estatística dos dados, utilizou-se análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para a verificação de diferenças significativas, bem como cálculo de médias e respectivos desvios padrões para descrição dos resultados obtidos. Quando necessário, fez-se uso de transformação de dados para normalizá-los ou homogeneizar variâncias a fim de satisfazer os pressupostos da análise de variância, mas, para apresentação, os dados estão expressos em seu formato original. Adotaram-se como significativos p-valores menores ou iguais a 0,05.

Uma análise de clusters foi realizada a fim de se considerar simultaneamente todas as informações obtidas pelos vários parâmetros levantados. Segundo Hair (1995), a análise de clusters, também conhecida como análise de conglomerados, é um conjunto de técnicas estatísticas cujo objetivo é agrupar objetos segundo suas características, formando grupos ou conglomerados homogêneos. Os objetos em cada conglomerado tendem a ser semelhantes entre si, porém diferentes dos demais objetos dos outros conglomerados. Os conglomerados obtidos devem apresentar tanto uma homogeneidade interna (dentro de cada conglomerado), como uma grande heterogeneidade externa (entre conglomerados). Portanto, se a aglomeração for bem sucedida, quando representados em um gráfico, os objetos dentro dos conglomerados estarão muito próximos, e os conglomerados distintos estarão afastados. O *software* utilizado para as análises estatísticas foi o SPSS, versão 15.0.

4.4.1 Índice de qualidade de água (IQA)

Foi determinado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros, temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. (CETESB, 2009)

4.4.2 Análise de agrupamento

Assim como no estudo realizado por Pratte-Santos (2007), foi realizada uma análise da similaridade entre os pontos amostrados no rio Jucu. O método de agrupamento, também chamada de *cluster*, utilizou-se o programa MVSP[®] (*Multi-Variate Statistical Package*).

Bini (2004) salienta que a análise de agrupamento fornece um arranjo hierárquico das unidades amostrais na forma de gráfico, denominado dendograma, o qual representa as similaridades entre as unidades amostrais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo foram distribuídos em três categorias. Primeiramente os parâmetros físicos e químicos, em seguida as variáveis microbiológicas e por fim a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Foram realizadas análises de clusters e índice de qualidade da água, além do enquadramento dos dados limnológicos na legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

4.1 Variáveis físicas e químicas das águas do rio Jucu

A análise detalhada da paisagem hidrográfica do rio, como o uso e ocupação do solo, a presença e preservação de matas ciliares, bem como, as diversas atividades antrópicas presentes, é extremamente útil para posterior avaliação dos dados encontrados e identificação das principais fontes pontuais de impacto ao longo do objeto de estudo. Essas características permitem a escolha criteriosa dos pontos de amostragem e evidencia a qualidade dos ecossistemas aquáticos com o uso do solo (FERNANDES, 2007).

De acordo com os resultados pode-se dizer que a qualidade da água foi levemente alterada por ação das chuvas que representaram o período chuvoso, levando a interpretação de forma espacial, por conta dos pontos e temporal, entre os períodos de chuva e seca.

Com relação ao pH verificou-se valores variando em torno do neutro, que equivale ao valor 7,00, porém observaram-se diferenças estatísticas entre os pontos de coleta. Os pontos 1, 2 3 e 4 obtiveram valores próximos 7,00, enquanto o ponto 5, que foi o mais extremo, obteve um pH mais ácido (Figura 5). Vale ressaltar que todos os pontos estão de acordo com os valores estipulados pelo CONAMA, que fixa os valores entre 6 a 9.

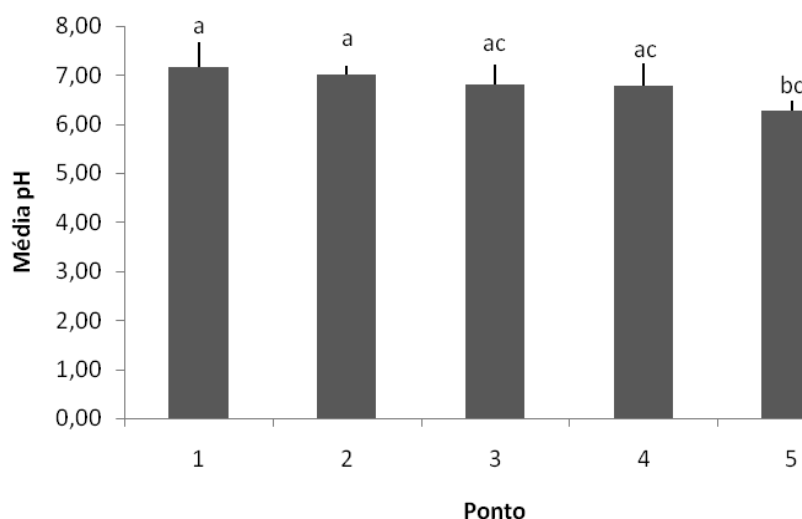


Figura 5. Valores médios e respectivos desvios padrões do parâmetro pH nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 6).

De acordo com a Tabela 5, a faixa de pH durante o período chuvoso variou de 6,39 a 7,41, com valor médio de 6,90 e no período de estiagem variou de 6,30 a 7,12, com valor médio de 6,71. Não foi observada diferença significativa entre os períodos para esta variável ($p=0,286$) (Tabela 6). Na maioria dos corpos d'água o pH pode ser influenciado pela alteração da temperatura, atividade biológica e lançamentos de efluentes (FRANCA et al., 2006).

Ao longo do rio Jucu, a qualidade da água também apresentou alteração devido à influência antrópica e ao tipo de uso do solo observado. Foram verificados sítios de coleta com qualidade de água intermediária à ruim, com ambientes portando águas extremamente poluídas recebendo diretamente descarte de esgoto não tratado. Buss *et al* (2002), em estudo realizado na bacia do rio Guapimirim (RJ) em pontos submetidos a diferentes impactos antrópicos, revelou ambientes com níveis diferentes de qualidade de água, da mesma maneira que Fernandes (2007) observou. Os resultados de Buss e colaboradores (2002) demonstraram ainda uma grande variação da qualidade da água com o uso diversificado do solo.

Tabela 5. Estatística descritiva dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (n = 15).

Parâmetros	Período	Média	DP
DQO	Seco	39,32	28,22
	Chuvoso	126,49	151,74
Sto	Seco	105,35	53,77
	Chuvoso	174,53	137,99
Tur	Seco	51,14	59,61
	Chuvoso	159,85	195,83
pH	Seco	6,71	0,41
	Chuvoso	6,90	0,51
Cond	Seco	53,43	23,73
	Chuvoso	51,70	24,60
OD	Seco	8,19	0,95
	Chuvoso	9,57	3,78
Temp	Seco	21,97	2,59
	Chuvoso	24,53	2,35

DP = desvio padrão; DQO = demanda química de oxigênio; Sto = sólidos totais; Tur = turbidez; pH = potencial hidrogeniônico; Cond = condutividade; Temp = temperatura; OD = oxigênio dissolvido.

Para a turbidez foram registrados valores médios, no período chuvoso, de 159 UNT, enquanto no período seco verificou-se menor valor médio de turbidez em relação ao período chuvoso, 51 UNT (Tabela 5). Como este parâmetro influencia diretamente a passagem de radiação luminosa na coluna d'água, a resolução do CONAMA possui como limite máximo 100 UNT. Observando a Tabela 6 nota-se que houve diferença significativa entre os valores nos dois períodos, seco e chuvoso ($p = 0,049$). O que pode ser explicado pelo aporte do volume de água carreando materiais alóctone ao corpo do rio para a coluna d'água.

Os valores médios de turbidez para cada ponto estão relacionados na Figura 6. Os maiores resultados foram encontrados no ponto 2.

Tabela 6. Resultados da análise de test-t dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das águas do rio Jucu em dois períodos distintos, seco e chuvoso (n=15).

Parâmetros	p-valor
DQO	0,037*
Sto	0,081
Tur	0,049*
pH	0,286
Cond	0,845
OD	0,182
Temp	0,008*

*Indica diferença significativa por um test-t ($p < 0,05$).

DP = desvio padrão; DQO = demanda química de oxigênio; Sto = sólidos totais; Tur = turbidez; pH = potencial hidrogeniônico; Cond = condutividade; Temp = temperatura; OD = oxigênio dissolvido.

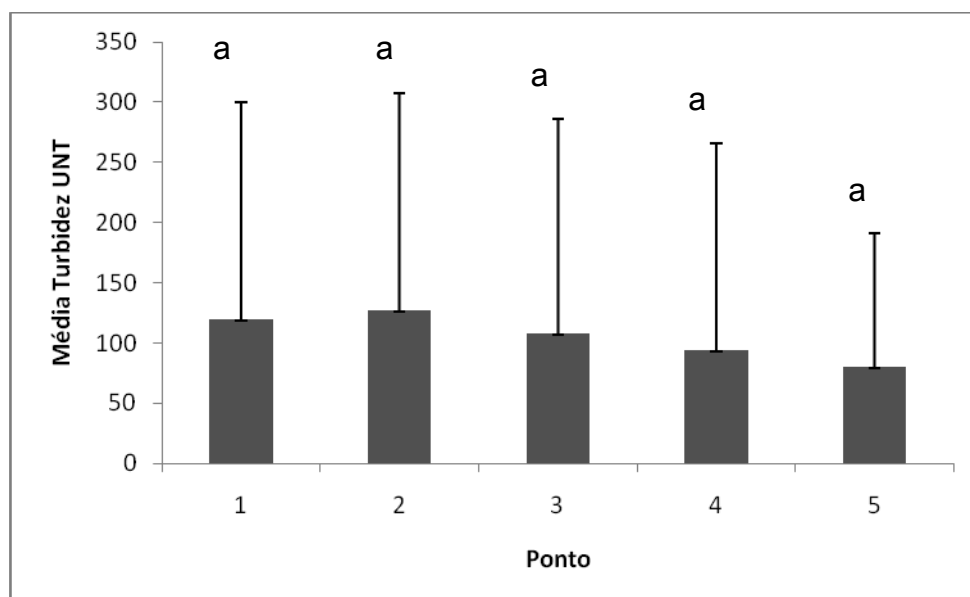


Figura 6. Valores médios do parâmetro turbidez (UNT) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).

O alto nível de turbidez em águas de mananciais impede a penetração dos raios solares e a consequente fotossíntese, podendo causar danos ecológicos ao meio aquático. As águas com elevada cor e turbidez apresentam uma produção diminuída de algas e outros vegetais submersos, prejudicando a oxigenação do meio, principalmente em águas paradas e rios com pouca turbulência (SCHMALTZ, 2004).

No presente estudo, os valores médios da variável física temperatura da água variaram de 20,9 à 25,7 °C, no ponto 1 e no ponto 5, respectivamente (Tabela 7). Os maiores valores foram observados no período chuvoso, existindo diferença significativa ($p = 0,008$) quando comparado os dois períodos (Tabela 6), sendo que o período seco apresentou média de 21,97 °C e o período chuvoso 24,53 °C (Tabela 5).

Em se tratando da comparação entre os pontos de coleta, os maiores valores foram relatados no ponto 5, fato este relacionado com o despejo *in natura* de esgoto doméstico do bairro Araçás (Figura 7).

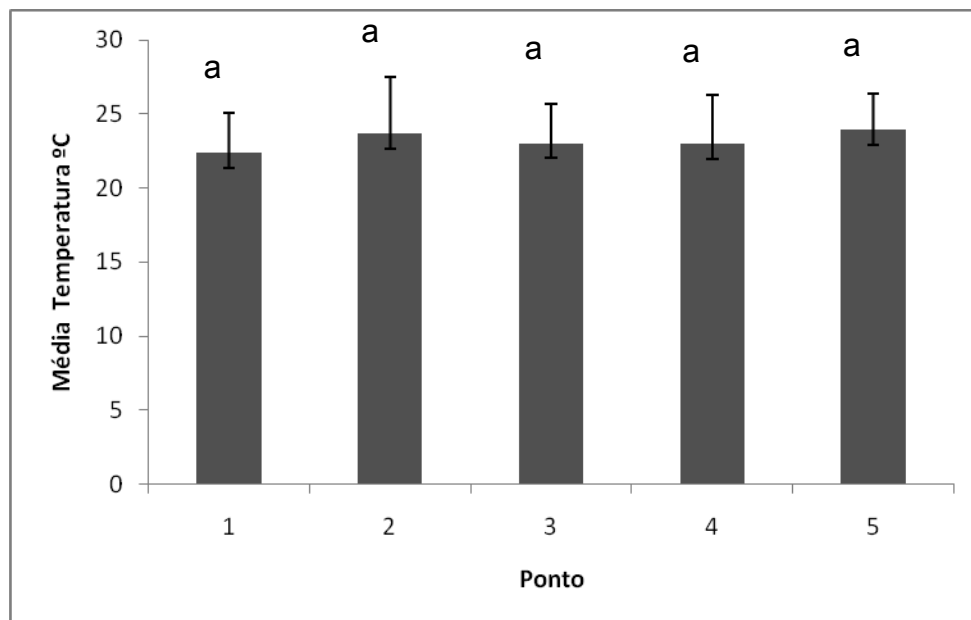


Figura 7. Valores médios do parâmetro temperatura (°C) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).

Nos corpos d'água a temperatura normalmente varia conforme sazonalidade, sendo ela relacionada a estações do ano, períodos de seca ou de chuva e até mesmo a variação diária de influência solar. Este parâmetro também pode ser influenciado diretamente pela latitude, circulação do ar, velocidade da corrente da água, entre outros fatores (VIANA, 2005).

Os valores obtidos neste estudo estiveram relacionados com os períodos de amostragem (seco e chuvoso), porém é notório que o horário da coleta pode sofrer influencia da intensidade solar, portanto os horários de coleta foram mantidos do início ao fim deste estudo (PRATTE-SANTOS, et al., 2007). Vale ressaltar que a variação dos valores de temperatura da água apresentaram aumento que provavelmente pode estar relacionado ao período da coleta, que se manteve no sentido crescente do ponto 1 ao 5.

Sabe-se que nas condições sem colonização de macrófitas aquáticas, fato que foi observado em campo, esta variável tende a ser superior à dos ambientes colonizados por estes vegetais. Tal aspecto é comprovado pela cobertura das plantas vivas que promove proteção substancial da coluna d'água contra os raios solares e o aumento da temperatura. Este processo, além da densa barreira física proporcionada, faz com que as plantas absorvam os raios solares e os transformem em energia química por meio do processo fotossintético, não permitindo a formação de radiação calorífica (MARTINS; PITELLI, 2005).

É importante destacar que a temperatura influencia nos processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água e em outros processos, como a solubilidade dos gases dissolvidos e sais minerais. Vários trabalhos têm mostrado a relação inversa entre oxigênio dissolvido e temperatura, no qual maiores índices de oxigênio saturado correlacionam com menores registros de temperatura (KRUPEK et al, 2008). A temperatura pode interferir no crescimento microbológico, de modo que cada microorganismo possui uma faixa ideal de temperatura (MACEDO, 2006).

Tabela 7. Resultado das análises físicas, químicas e microbiológicas das águas realizadas nos diferentes pontos de coleta do rio Jucu em dois períodos distintos, seco e chuvoso (Os dados estão expressos em média \pm erro padrão, n=3).

Ponto	Período	DQO	Sto	Tur	pH	Cond	OD	Temp	Colif	NO ₃
1	Seco	35,9 \pm 18,5	98,6 \pm 34,7	54,2 \pm 47,4	6,9 \pm 0,3	52,3 \pm 20,0	9,1 \pm 0,3	20,9 \pm 1,2	9233 \pm 6833	0,6 \pm 0,1
	Chuvoso	78,1 \pm 42,1	195,0 \pm 97,9	144,5 \pm 80,2	7,4 \pm 0,3	35,4 \pm 3,9	10,7 \pm 2,3	23,8 \pm 1,6	8802 \pm 7630	0,2 \pm 0,1
2	Seco	24,0 \pm 4,6	95,3 \pm 28,5	79,8 \pm 37,9	7,1 \pm 0,1	54,4 \pm 19,4	8,9 \pm 0,4	23,2 \pm 3,0	3203 \pm 2898	0,5 \pm 0,1
	Chuvoso	147,0 \pm 109,5	182,0 \pm 108,3	173,7 \pm 153,2	6,9 \pm 0,1	35,8 \pm 4,5	11,7 \pm 2,9	24,1 \pm 1,7	2234 \pm 1243	0,4 \pm 0,1
3	Seco	33,6 \pm 6,3	133,3 \pm 32	48,7 \pm 43,6	6,6 \pm 0,2	57,7 \pm 20,3	8,4 \pm 0,1	21,4 \pm 1,0	7486 \pm 4204	0,7 \pm 0,1
	Chuvoso	138,4 \pm 70,7	169,6 \pm 97,7	176,0 \pm 145,6	7,0 \pm 0,3	58,2 \pm 19,1	10,6 \pm 2,8	24,5 \pm 1,6	80370 \pm 79815	0,4 \pm 0,1
4	Seco	33,3 \pm 14,5	61,4 \pm 2,5	24,5 \pm 29,2	6,7 \pm 0,3	44,1 \pm 2,7	7,5 \pm 0,3	22,2 \pm 1,4	1320 \pm 570	0,5 \pm 0,0
	Chuvoso	53,7 \pm 25,2	160,0 \pm 152,5	152,5 \pm 124,4	6,8 \pm 0,3	52,3 \pm 2,8	6,9 \pm 0,3	24,4 \pm 1,7	80803 \pm 79601	0,2 \pm 0,1
5	Seco	69,6 \pm 25	138,0 \pm 41,6	38,4 \pm 34,8	6,2 \pm 0,0	58,4 \pm 7,3	7,0 \pm 0,4	22,1 \pm 0,8	374736 \pm 362696	0,7 \pm 0,1
	Chuvoso	215,1 \pm 162,2	166,0 \pm 69,2	121,8 \pm 85,4	6,3 \pm 0,2	76,5 \pm 20,4	7,6 \pm 1,6	25,7 \pm 1,0	80376 \pm 79812	0,3 \pm 0,1

DQO = demanda química de oxigênio; **Sto** = sólidos totais; **Tur** = turbidez; **pH** = potencial hidrogeniônico; **Cond** = condutividade; **Temp** = temperatura; **OD** = oxigênio dissolvido; **Colif** = coliformes termotolerantes; **NO₃** = nitrato.

Assim como para a variável temperatura, os maiores valores médios para a variável condutividade foram observados no ponto 5, enquanto os menores foram no ponto 1 (Figura 8). Quando comparada a média dos dois períodos, 53, 43 e 51,70 μScm^{-1} , seco e chuvoso respectivamente (Tabela 5), verifica-se que não houve diferença significativa entre os mesmos ($p = 0,845$) (Tabela 6).

Com relação à condutividade elétrica, em rios tropicais, os valores estão mais relacionados com as características geoquímicas e as condições climáticas da região onde se localiza o manancial do que com o estado trófico (DAVINO, 1984). Os valores de condutividade elétrica oscilaram, em média, entre 35,4 a 76,5 μScm^{-1} , sendo observadas diferenças relevantes, se comparados os períodos seco e chuvoso.

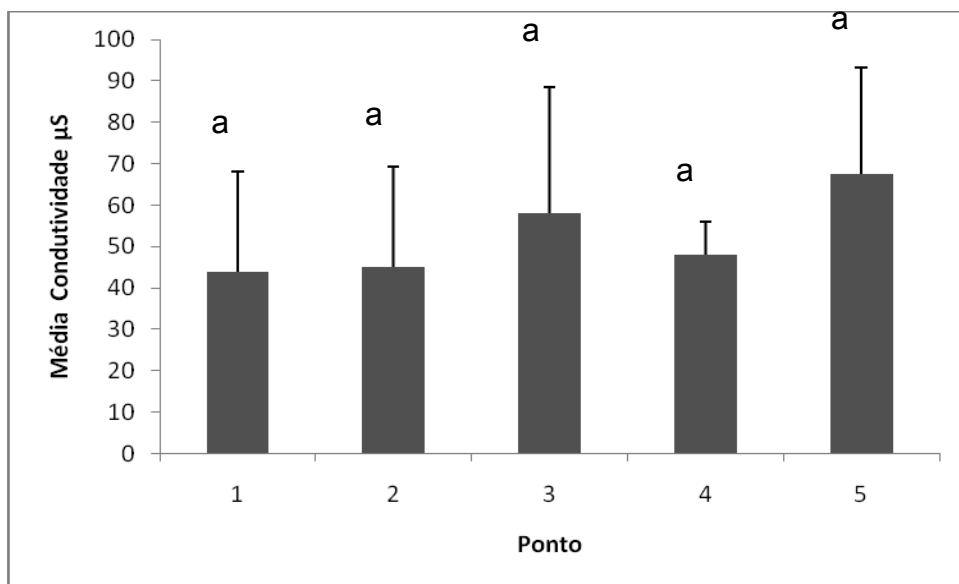


Figura 8. Valores médios do parâmetro condutividade (μS) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).

Apesar de existir diferença visível nos valores médios de condutividade nos pontos de coleta para os dois períodos, seco e chuvoso, com exceção do ponto 3, onde o valor médio foi maior no período chuvoso, todos os outros pontos de coleta apresentaram valor médio maior no período seco, o que é tendencioso. Isto pode ser explicado pela diluição das águas da chuva (Tabela 7).

Viana (2005) relata que baixos valores de condutividade podem ser explicados pela presença de mata ciliar nos corpos d'água, pela capacidade de absorção de íons que podem ser carregados para a coluna d'água. Segundo CETESB (2009), indicam ambiente ainda não completamente impactado, pois, segundo essa fonte, considera-se ambiente impactado quando o valor de condutividade é superior a $100 \mu\text{Scm}^{-1}$.

Em estudo realizado por Cabral (2007), foram observados altos índices de condutividade elétrica no período chuvoso, atingido nos meses de dezembro, fevereiro e março, atingindo a variação de 308 a $314 \mu\text{Scm}^{-1}$, enquanto no período de estiagem o valor referido foi de $290,5 \mu\text{Scm}^{-1}$, o que pode ser visualizado neste estudo, especificamente no ponto 5.

A Figura 9 mostra que os menores valores do parâmetro oxigênio dissolvido foram observados no ponto 5, o que já era esperado por conta da alta concentração de esgoto despejado no local, o que favorece a oxidação e o consumo do oxigênio. Quedas na concentração de oxigênio devem-se a entrada de efluentes, que possuem altas cargas de matéria orgânica e nutrientes, levando ao aumento da atividade microbiana e consequente consumo de oxigênio disponível.

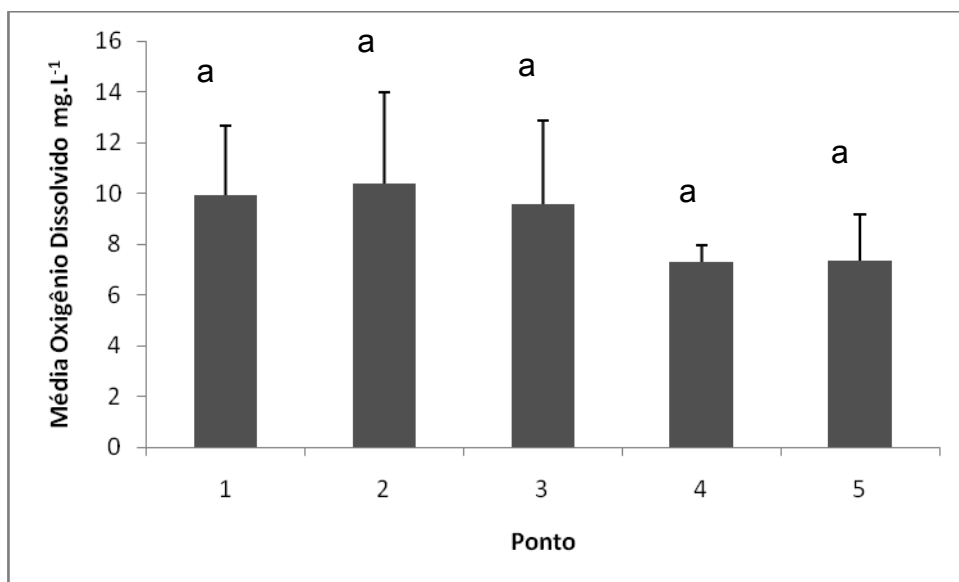


Figura 9. Valores médios do parâmetro oxigênio dissolvido (mgL^{-1}) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).

De acordo com a Tabela 7 verifica-se que, com exceção do ponto 4, os outros pontos mantiveram os valores de oxigênio dissolvido mais elevados no período chuvoso, influenciado pelo maior aporte de água e consequente elevada oxigenação (PINTO, et al., 2009). Sabe-se que a concentração de oxigênio na coluna d'água é dependente diretamente da temperatura e pressão, de modo que, quanto menor a temperatura, maior a solubilidade do oxigênio na água.

A pouca variação de oxigênio dissolvido (OD) pode estar relacionada ao horário das medições, início do período vespertino, período de elevada atividade fotossintética dos organismos presentes na água. Houve também ausência de banco de macrófitas denso, desta forma não consumindo o oxigênio dissolvido na coluna d'água. O OD é um importante parâmetro a ser monitorado, pois todos os organismos aquáticos aeróbicos são dependentes desse elemento. Uma redução nos seus valores indica poluição e aumento da matéria orgânica (SOUZA et al., 2008). Este parâmetro constitui-se uma das principais variáveis limnológicas, pois além de afetar diretamente toda a biota dos ambientes aquáticos, regula inúmeros processos químicos que ocorrem nesses ambientes. Mesmo não havendo diferença significativa entre os pontos (Apêndice 1), os menores valores de OD foram medidos no ponto 5, consequência direta de uma menor atividade fotossintética, além de estar associada com a decomposição da matéria orgânica por processo aeróbio, pois a água estava com aparência escura, decorrente do despejo de esgoto orgânico (COSTA et al., 2006).

Analisando-se os valores médios de demanda química de oxigênio (DQO) para os pontos de coleta, observa-se que o ponto 5 atingiu concentração mais elevada que os outros pontos (Figura 10). Quando comparado os períodos, seco e chuvoso, encontram-se os valores 39,32 e 126,49 mgL⁻¹ respectivamente (Tabela 5), o que demonstra diferença significativa para esta variável ($p = 0,037$) (Tabela 6).

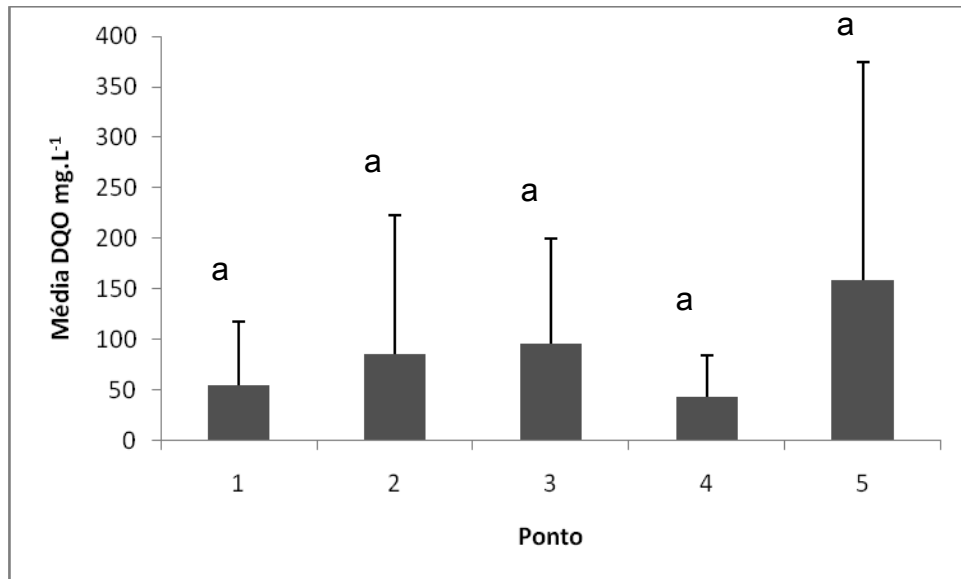


Figura 10. Valores médios do parâmetro demanda química de oxigênio (mgL^{-1}) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).

A DQO é importante pelo fato de revelar a quantidade de matéria orgânica na água. É a medição da quantidade de oxigênio por intermédio de um consumo de um oxidante forte, geralmente o dicromato de potássio. Se o nível for baixo demais, isso poderia colocar os organismos aquáticos em risco (SEED, 2003).

No período chuvoso, houve um valor médio superior na concentração de sólidos totais ($174,35 \text{ mgL}^{-1}$) quando comparado com o período seco ($105,35 \text{ mgL}^{-1}$), (Tabela 5) porém não foi observada diferença significativa entre os períodos ($p = 0,081$) (Tabela 6). O desmatamento e as chuvas fortes que ocorrem nos períodos chuvosos carregam material alóctone para dentro dos córregos, e podem ser responsáveis por este aumento. Portanto, o efeito transportador do deflúvio foi maior que o de diluição (PINTO, et al., 2009).

De acordo com a Figura 11, nota-se que os pontos 1 e 5 mantiveram-se com os maiores valores médios de sólidos totais. Da Tabela 7, observa-se que em todos os pontos coletados, os valores do período chuvoso foram superiores, tendo como maior valor $195,0 \text{ mgL}^{-1}$.

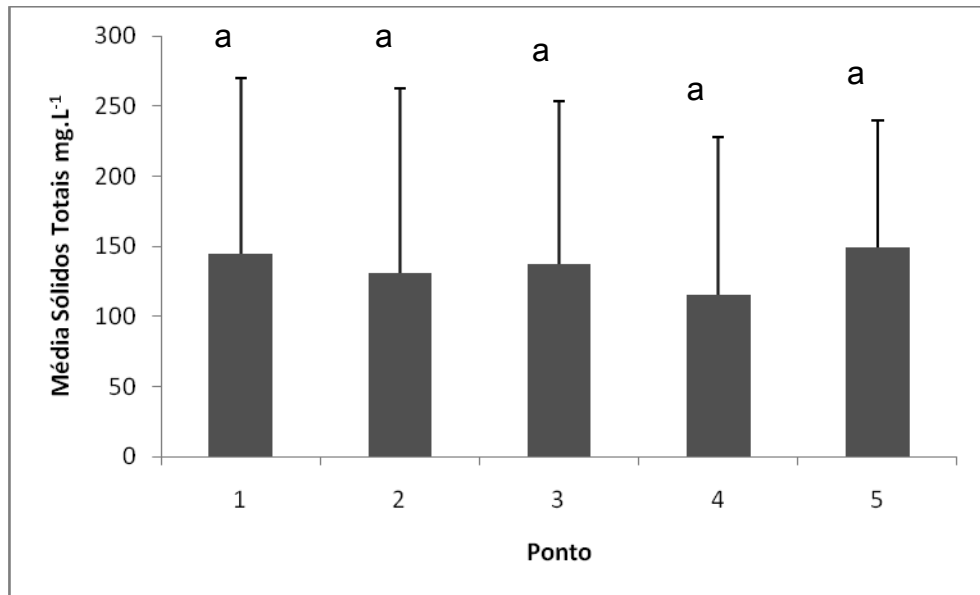


Figura 11. Valores médios do parâmetro sólidos totais (mgL^{-1}) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).

Os sólidos são constituídos por partículas de alimentos não consumidas, fezes ou sólidos inorgânicos, que são frações de solo que por processo erosivo podem acabar chegando aos corpos de água. Os sólidos presentes na água em alta quantidade podem impossibilitar ou reduzir a penetração de luz na água, e com isso abaixar a produtividade primária natural do ambiente. Altos índices de sólidos também se acumulam nas guelras dos peixes, afetando seu sistema respiratório normal (MACÊDO, 2004).

Os resultados das diferentes formas nitrogenadas analisadas nas amostras de água estão dispostos na Figura 12. Para nitrato observou-se que em todos os pontos de coleta os valores médios foram maiores no período seco, isto se deve a concentração dos compostos em menor volume de água (Tabela 7). O ponto que apresentou maior valor de nitrato foi o ponto 3, enquanto valores mais baixos foram visualizados no ponto 4. Para nitrato, nota-se uma ligeira variação, porém o ponto que possui maior valor médio é o ponto 5 ($0,1 \text{ mgL}^{-1}$).

Segundo Cabral (2007) concentrações acima de $0,2 \text{ mgL}^{-1}$ de nitrato podem favorecer a proliferação de plantas aquáticas, afetando o nível de oxigênio dissolvido, a temperatura e a passagem de luz, caso esta seja represada, interferindo negativamente na vida aquática.

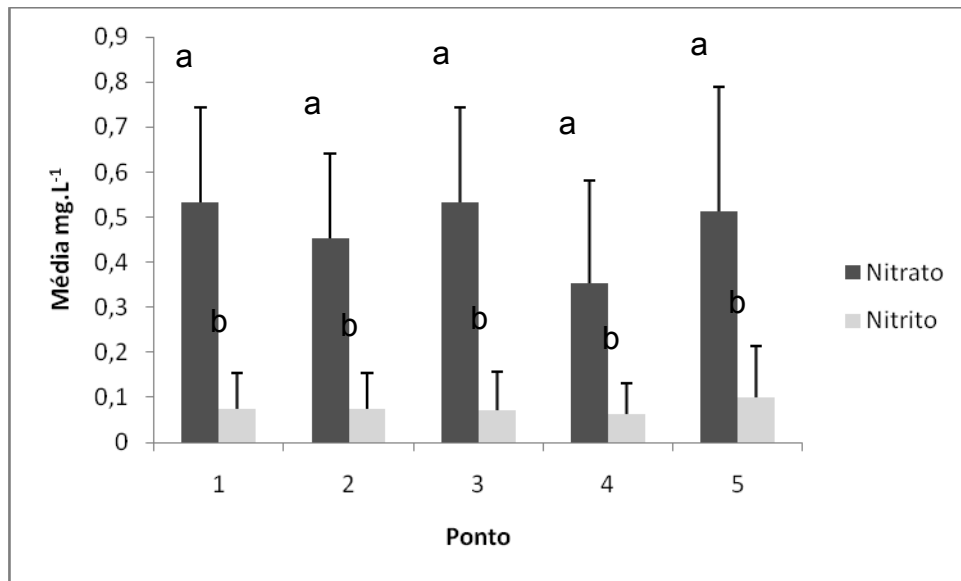


Figura 12. Valores médios dos parâmetros nitrato e nitrito (mgL^{-1}) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).

A concentração de fósforo total seguiu praticamente o mesmo padrão de nitrato, tendo os maiores valores médios representados pelos pontos 1, 3 e 5 (Figura 13). A concentração deste parâmetro foi pequena em ambos os períodos. Este padrão reflete o comportamento observado nos ambientes lóticos de modo geral, onde pouco fosfato pode ser encontrado disponível na biota aquática (FERNANDES, 2007). Entre os pontos não foram verificadas diferenças significativas.

Contudo, concentrações elevadas de fósforo podem contribuir da mesma forma que o nitrogênio para a proliferação de algas, e acelerar indesejavelmente, em determinadas condições, o processo de eutrofização. Por outro lado, o fósforo é um nutriente fundamental para o crescimento e multiplicação das bactérias responsáveis pelos mecanismos bioquímicos de estabilização da matéria orgânica. Fósforo na forma de fosfatos também se acumula em sedimentos de fundo em lodos biológicos e depósito de sedimentos bentônicos, podendo retornar lentamente às zonas de produtividade (SCHMALTZ, 2004).

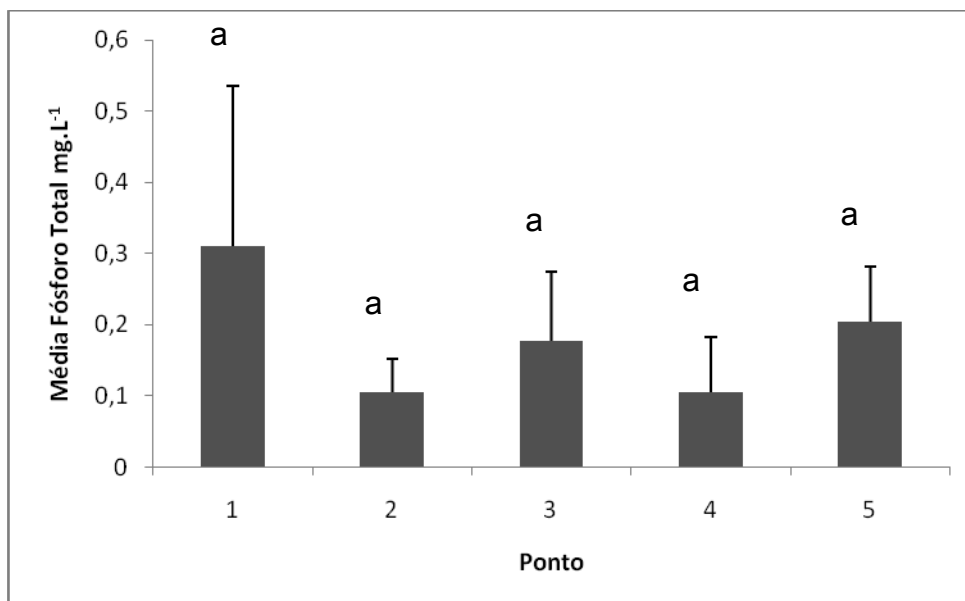


Figura 13. Valores médios do parâmetro fósforo total (mgkg^{-1}) nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 6$).

5.1.1 Agrotóxicos

Agrotóxicos são compostos orgânicos de origem antrópica intensamente empregados para eliminar quaisquer tipos de pragas. Compostos utilizados especificamente em atividades agrícolas recebem a nomenclatura de agrotóxicos. Estes possuem alta toxicidade e geralmente são apontados como causadores de muitos danos à saúde humana, à flora e à fauna (LARINI, 1999; KOMATSU, VAZ, 2004).

O Brasil é o quarto maior mercado de pesticidas no mundo e oitavo, quando se considera a utilização por área cultivada (CALDAS; SOUZA, 2000). Segundo a EPA (Environmental Protection Agency) (2009), um pesticida é qualquer substância ou mistura de substâncias com capacidade de prevenir, destruir, repelir ou atenuar qualquer praga. Os pesticidas podem ser classificados de acordo com o tipo de praga – algicidas, fungicidas, herbicidas, inseticidas, acaricidas, moluscidas, nematocidas, ovidas, entre outros. Além disso, podem ser incluídas substâncias desfolhantes, dessecantes ou reguladoras do crescimento de insetos e plantas.

De acordo com o Quadro 1 e Anexo 1, os pesticidas também podem ser classificados de acordo com sua estrutura química, solubilidade em água, persistência no ambiente, potencial para bioacumulação, entre outras características. Neste estudo, foi evidenciado no ponto 2, um pesticida do grupo químico piretróide denominado Cipermetrina, na concentração de 0,01 mgkg⁻¹.

Quadro 1. Classificação dos pesticidas quanto à classe e grupo químico (TOMLIN, 2004 editada).

Classe	---	Exemplos
Inseticida	organofosforados	paration metílico, clorpirifós, monocrotofós, metamidofós
	organoclorados	clorotalonil, DDT, dicofol
	Carbamatos	carbofuran, carbaril
	Piretróides	deltametrina, permetrina, cipermetrina
Fungicidas	Benzoiluréis	clorofuazuron, fluazuron
	Ditiocarbamatos	ziram, manebe, macozebe
Herbicidas	Benzimidazóis	carbedazim, benomil
	1,2,4-triazinona	metribuzin, met amitron
Agente biológico	Bactérias	<i>Streptomyces griseoviridis</i>
Regulador de crescimento	pirimidil carbinol	fenaridol, ácido giberélico
Rodenticida	indandione	pindone
Raticidas, ascaricidas e outros	anticoagulante	
	Amidina	amitraz
	Organotin	cihexatin

Mesmo encontrando nesse estudo valor relativo de piretróide na água, a OMS (Organização Mundial de Saúde) aponta que esta substância não é considerada para referência de valores-guia, pelo fato de sua baixa toxicidade. Algumas outras alterações também são relatadas, como para o pentaclorofenol, foi atribuído um valor-guia provisório em virtude de variações no metabolismo de animais, provados por experimentos, quando comparados aos seres humanos. Quanto ao propanil, a OMS enfatiza que é transformado rapidamente em metabólitos mais tóxicos e o

estabelecimento de um valor-guia para os seus compostos é inapropriado. Além disso, as informações existentes são inadequadas para permitir a definição de valores guias para os metabólitos (WHO, 2009).

5.2 Variáveis microbiológicas das águas do rio Jucu

A água pode apresentar diferentes tipos de microrganismos patogênicos. Dente eles os principais gêneros são: *Salomnella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Yersinia*, *Campylobacter*, *Escherichia* e *Klebsiella*. Juntamente com os dois últimos citados, o gênero *Enterobacter* constitui o grupo denominado coliformes fecais, um importante indicador de contaminação fecal na água (SILVA; JUNQUEIRA, 1995).

Os resultados médios das análises microbiológicas e suas respectivas análises estatísticas, para os cinco pontos de coleta, no decorrer das seis campanhas, estão dispostos na Figura 14.

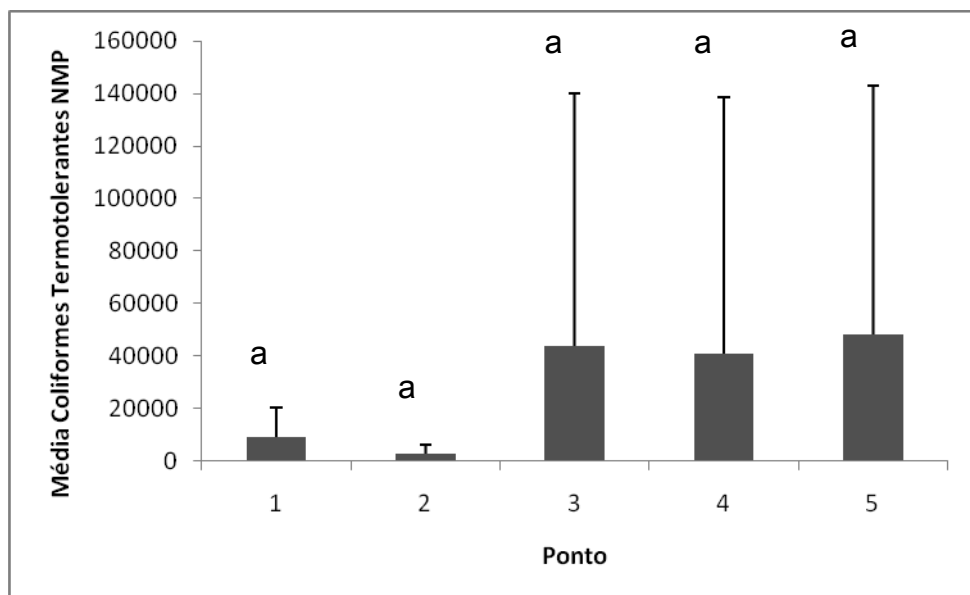


Figura 14. Valores médios do parâmetro coliformes termotolerantes nos cinco pontos de coleta nas águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 6).

Quanto ao grupo de coliformes termotolerantes, a qualidade microbiológica da água não apresentou diferença entre os pontos de amostragens do rio Jucu, e os valores mais baixos foram registrados nos pontos 1 e 2.

Comparando os pontos de amostragens em relação a concentração de coliformes termotolerantes observadas, destaca-se o ponto 5, o mais impactado, apresentou valor médio contaminação aproximadamente 5 vezes maior que o ponto 1, e 10 vezes maior que o ponto 2, este que manteve o menor registro. Vanzela et al (2010) atribuiu o aumento de coliformes termotolerantes correlacionados às moradias rurais, criação de suínos, bovinos e aves.

A média dos coliformes termotolerantes foi maior no período chuvoso e mostrou-se diferente estatisticamente ($p = 0,017$) quando comparado a média do período seco, o que era esperado, dada ao carreamento de material alóctone e nutrientes para o corpo d'água (Tabela 8). Ao longo do rio, no sentido em direção a foz, os valores dos coliformes termotolerantes aumentaram. De acordo com Corrêa et al (2006) relataram que os índices de coliformes no rio Tietê apresentaram-se constante entre as estações, em função do clima tropical do nosso país.

Tabela 8. Comparação média dos valores de coliformes termotolerantes (NMP) da água entre os períodos seco e chuvoso do rio Jucu ($n = 3$).

Períodos	Colif. term.
Seco	7288 a
Chuvoso	151552 b

*Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa por um test-t ($p < 0,05$).

A correlação das variáveis físicas, químicas e microbiológicas está evidenciada no Quadro 2. Nota-se que existe correlação positiva entre o parâmetro turbidez com sólidos totais, condutividade e oxigênio dissolvido. O parâmetro oxigênio dissolvido mantém correlação com sólidos totais e condutividade. A condutividade mantém correlação com DQO. Já o nitrato obteve forte correlação com a temperatura.

Quadro 2. Matriz do coeficiente de correlação de Pearson para os parâmetros físicos e químicos e microbiológicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil.

-	-	Sto	Tur	pH	Cond	OD	Temp	Colif	NO ₃
DQO	Pearson	0,339	-0,313	0,149	0,412	-0,246	0,165	0,159	-0,243
	p-valor	0,066	0,092	0,429	0,023*	0,189	0,598	0,422	0,194
Sto	Pearson	-	0,922	0,131	-0,326	0,672	0,142	0,211	0,055
	p-valor	-	0,001*	0,489	0,078	0,001*	0,452	0,263	0,778
Tur	Pearson	-	-	0,037	-0,439	0,761	0,118	0,226	0,005
	p-valor	-	-	0,843	0,015*	0,001*	0,532	0,228	0,976
pH	Pearson	-	-	-	-0,035	0,234	0,132	0,307	-0,246
	p-valor	-	-	-	0,853	0,212	0,496	0,098	0,189
Cond	Pearson	-	-	-	-	-0,408	0,176	0,094	-0,006
	p-valor	-	-	-	-	0,024*	0,349	0,635	0,972
OD	Pearson	-	-	-	-	-	0,175	0,018	0,056
	p-valor	-	-	-	-	-	0,368	0,922	0,765
Temp	Pearson	-	-	-	-	-	-	0,043	-0,541
	p-valor	-	-	-	-	-	-	0,821	0,001*
Colif	Pearson	-	-	-	-	-	-	-	0,176
	p-valor	-	-	-	-	-	-	-	0,352

*Valores significativos ($p < 0,05$).

DQO = demanda química de oxigênio; Sto = sólidos totais; Tur = turbidez; pH = potencial hidrogeniônico; Cond = condutividade; Temp = temperatura; OD = oxigênio dissolvido; Colif = coliformes termotolerantes; NO₃ = nitrato.

Piccolo e colaboradores (2004) relatam que independente da análise utilizada para verificar correlação, as melhores correlações foram obtidas para os dados referentes ao período chuvoso, tanto entre sólidos totais e cor aparente quanto entre sólidos totais e turbidez. Pelos resultados obtidos, verificou-se uma melhor correlação entre sólidos totais e turbidez do que entre sólidos totais e cor aparente, evidenciando que a turbidez é o parâmetro mais indicado para determinação indireta da quantidade de sólidos em suspensão da água captada no rio Jucu. A validação de relações do tipo sólidos totais e turbidez, em função de faixas de concentração de sólidos totais ou fazendo-se diferenciação entre dados referentes aos períodos chuvoso e seco, torna-se essencial, para que o monitoramento de sólidos totais em Estações de Tratamento de Água (ETA's) possa se tornar um procedimento rotineiro. Para isso, é de fundamental importância a obtenção de novos dados analíticos de sólidos, para diversas condições hidroclimatológicas.

De acordo com trabalho no rio Purus, Silva e colaboradores (2008) explicam que a precipitação parece favorecer a diminuição da turbidez, enquanto contribui para aumento condutividade, sólidos em suspensão e oxigênio dissolvido. Além disso, fatores como ocupação do solo e regime de precipitação influenciam na qualidade da água.

Segundo Davino (1984), em estudo realizado na microbacia do Ribeirão do Feijão (SP) houve correlação da variável temperatura da água com condutividade elétrica, fato este não observado neste estudo. Davino (1984) supõe que o aumento da temperatura da água e dos sólidos suspensos são situações que favorecem a condutividade elétrica no ambiente. Uma análise de nutrientes dissolvidos e em suspensão (provenientes do solo) auxiliaria na especificação de ânions e cátions que poderiam ser liberados em reações desencadeadas pelo aumento da temperatura, e na compreensão de processos biológicos e ecológicos da fauna aquática. A temperatura da água atua ainda diretamente na concentração de oxigênio dissolvido (KRUPEK et al., 2008). Na presente pesquisa, esta reciprocidade não foi observada, visto que a correlação entre temperatura e oxigênio foi $p = 0,368$.

Em estudo realizado por Bernardi e colaboradores (2009) o pH e a condutividade tiveram as maiores variabilidades entre os períodos de cheia e seca. Esta variabilidade está associada ao carreamento e lixiviação de matéria orgânica (ácidos húmicos/fúlvicos) e dos sólidos em suspensão, que são constituídos de argilominerais em sedimentos de várzea (MARTINELLI et al., 1993) e fluviais (GUYOT, et al., 2007). A dinâmica sazonal do pH e da condutividade foi inversamente proporcional.

Analisando o cluster (Figura 15), os pontos 1 e 2 formaram um grupo independente dos outros. Assim como mostrado em análises anteriores, provavelmente, o agrupamento foi designado pela semelhança nos parâmetros nitrato e pH, além da baixa concentração de coliformes termotolerantes nestes pontos.

Já o ponto 5, manteve-se isolados de todos. Isto pode ser facilmente explicado pelo fato deste ponto ter suas características ambientais totalmente modificadas pelo impacto ambiental, tais como aporte de macrófitas formando bolsa no rio, ausência

de mata ciliar e o mais danoso deles, o despejo *in natura* de esgoto doméstico proveniente do bairro Araçás.

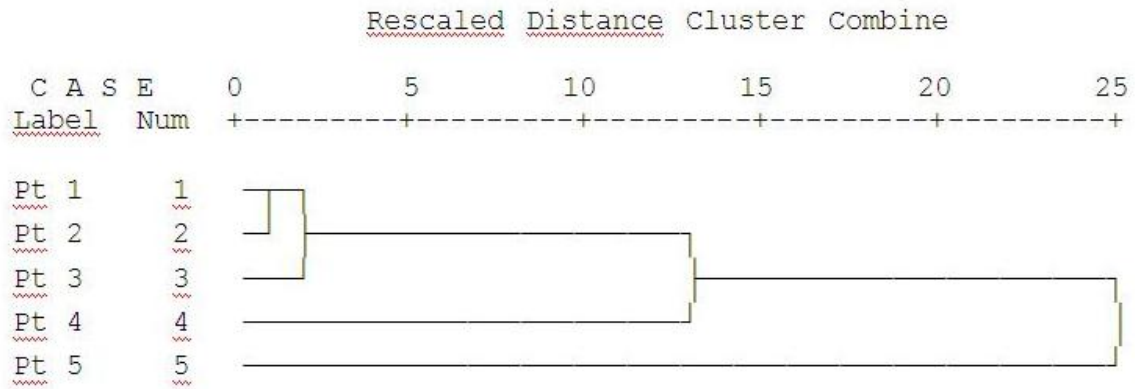


Figura 15. Análise de agrupamento dos cinco (5) pontos de coleta de água do rio Jucu, ES, Brasil.

Outra análise seria a do ponto 4, que se encontra isolado dos demais pontos. Mediante a metodologia de seleção dos pontos de coleta, sugere-se que o isolamento do ponto 3 se dá pela distância dos primeiros pontos (ponto 1 e 2) e antecedência aos pontos contaminados por esgotos domésticos (ponto 4 e 5). Dessa forma, o ponto 3 não estaria sendo influenciado por nenhum dos outros pontos.

5.3 Enquadramento dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos na Legislação

De acordo com a legislação estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), observa-se que o parâmetro oxigênio dissolvido está de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357, água doce, classe 2, que estipula valores mínimos de 5 mgL^{-1} . A legislação brasileira estabelece valores de pH entre 6,0 e 9,0 para todas as classes de água doce. Observando que os valores de pH mostraram-se na faixa aceitável (CONAMA, 1986).

Considerando os valores médios do parâmetro DBO obtidos para os cinco pontos de coleta, com exceção do ponto 5, os níveis estão de acordo com critérios estabelecidos pelo CONAMA, que estipula um valor máximo de 5 mgL^{-1} . Já para o parâmetro físico temperatura, de modo geral o rio Jucu está de acordo com os limites descritos por Cyrino e Kubitza (1995), cujo relatam que espécies tropicais apresentam melhor desenvolvimento em uma faixa de temperatura da água que vai de 25 a 30 °C. Ono e Kubitza (1997) demonstraram que em temperaturas abaixo de 18 °C certas espécies de peixes diminuem a quantidade de alimentos ingeridos e, por consequência, têm diminuída sua taxa de crescimento, reduzindo ou estabilizando a biomassa.

Observando os valores de fósforo total encontrados nas análises experimentais, verifica-se que o rio Jucu está dentro dos padrões estipulados pelo CONAMA, tendo em vista que o limite máximo estabelecido para águas de classe 2 é de $0,03 \text{ mgL}^{-1}$ em ambientes lênticos e $0,05 \text{ mgL}^{-1}$ em ambientes intermediários.

Do parâmetro sólidos totais, com relação ao abastecimento público de água, a resolução CONAMA nº 375, tem como valor máximo estipulado 2000 mgL^{-1} . Portanto, todos os pontos estão dentro dos padrões estabelecidos para consumo humano.

Nos dois períodos monitorados, os valores de nitrato não ultrapassaram os limites estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/05 (10 mgL^{-1}) (CONAMA, 1986).

Os valores de turbidez demonstrados no presente estudo relatam que o rio Jucu possui algumas inadequações perante este parâmetro, pois de acordo com a legislação CONAMA, o limite máximo para classes de água 2 é de 100 UNT. Portanto todos os pontos estão descaracterizados.

O parâmetro condutividade elétrica não possui valor padrão referenciado pelo CONAMA, mas de acordo com Macedo (2004), as águas naturais possuem condutividade entre 10 e $100 \mu\text{S cm}^{-1}$. Os valores encontrados demonstram que a condutividade está de acordo com os padrões necessários para uma boa qualidade.

Quando comparado os resultados de coliformes termotolerantes apresentados com o padrão estabelecido pela resolução do CONAMA nº 357, que delimita coliformes fecais em 1.000 UFC/100 mL⁻¹ em classes de água que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, percebe-se nenhum dos pontos do rio Jucu oferece condições apropriadas (CONAMA, 1986).

Os metais são considerados como um dos contaminantes mais comuns nas águas e sua origem podem ser naturais (ligada à composição do solo) ou antrópica (provenientes de lançamentos de efluentes industriais e domésticos ou lixiviação de produtos agrícolas e de resíduos sólidos) (RODRIGUEZ, 2001).

Ao observar os valores dos metais ferro e zinco encontrados nas análises experimentais, verifica-se que o rio Jucu está completamente fora dos padrões de potabilidade e ambiental (Tabela 9), tendo em vista que ultrapassou os limites máximos estabelecidos por varias instituições governamentais.

Tabela 9. Comparação dos valores máximos permissíveis estabelecidos por diferentes instituições governamentais.

ELEMENTOS INORGÂNICOS QUE AFETAM A SAÚDE						
Concentração Máxima Permissível (µg/mL⁻¹)						
Elemento	Padrão de Potabilidade				Padrão de Qualidade Ambiental	
	Portaria nº36/90 -MS	Portaria nº 1469/2000-MS	WHO	EPA	CONAMA nº 20/86 Classe I e II	CONAMA nº 20/86 Classe III
Fe	0,3	0,3	0,3	0,3	-	-
Zn	5,0	5,0	5,0	-	0,18	5,0
pH	6,5 - 8,5	6,0 - 9,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,0 - 9,0	6,0 - 9,0

EPA – Environmental Protection Agency (EUA) – Critério de qualidade de água; WHO – World Health Organization (ONU) – Guia para água potável; Portaria nº 36/90 (Diário Oficial da União/Ministério da Saúde); Portaria nº 1469/2000 (Diário Oficial da União/Ministério da Saúde em 29 de Dezembro de 2000) – nova portaria vigente; CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

5.4 Comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu

Existem diversos indicadores biológicos de ecossistemas aquáticos, sendo os mais comumente empregados os macroinvertebrados bentônicos. Sua sensibilidade não deve-se somente à poluição mas também as mudanças do habitat. Diversos fatores como: ciclo de vida longo, tamanho de corpo relativamente grande, de fácil amostragem, técnicas padronizadas, custo relativamente baixo, alta diversidade de espécies, classifica-os como excelente ferramenta indicadora da qualidade da água. (CALLISTO et al, 2001).

A estrutura da comunidade foi determinada por meio da composição taxonômica, do grau de dominância de cada táxon e de índices comunitários (Diversidade Shannon-Weaver, Equitabilidade Pielou, Dominância de Simpson e Riqueza Taxonômica).

Durante o período amostrado foram obtidos 2155 indivíduos, representados por 4 classes, 13 ordens e 33 famílias (Tabela 10). A comunidade bentônica foi mais abundante no ponto 5, porém obteve a menor riqueza. Já o ponto que obteve maior riqueza foi o ponto 3. A diversidade do rio Jucu nos pontos estudados estimada pelo índice de Shannon-Weaver foi de 1,75. Chironomidae foi o táxon numericamente predominante em todos os pontos. Segundo Vanzela et al. (2010), a família Chironomidae quase sempre apresenta-se como dominante, tanto em ambientes lóticos como lênticos, devido sua tolerância a situações extremas como hipóxia e grande capacidade competitiva.

Em todos os ambientes foram observados bancos de macrófitas, mesmo que adjacentes as margens dos rios, em menores ocasiões até flutuantes. O ponto 5, mais diretamente impactado pelas ações antrópicas mostrou-se inferior aos outros pontos em relação a sua riqueza, diversidade Shannon-Weaver e equitabilidade de Pielou. Neste ponto foram identificados apenas 15 táxons enquanto o ponto de maior riqueza obteve 28.

Tabela 10. Distribuição taxonômica e abundância, diversidade Shannon-Weaver, equitabilidade Pielou, dominância de Simpson e riqueza dos grupos de macroinvertebrados amostrados em macrófitas das águas do rio Jucu, ES, Brasil.

TÁXONS	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	TOTAL
Arachinoidea						
Acari	3	1	1	2		7
Gastropoda						
Archeogastropoda						
Neritidae	1	7	3	4	15	30
Bosomatophora						
Lymnaeidae	1		2	7	19	29
Mesogastropoda						
Hidrobiidae	3		2		11	16
Insecta						
Coleoptera						
Dytiscidae	2		4	3		9
Elmidae	14	11	6	2	2	35
Dryopidae	1	4		1		6
Haliplidae		4	3			7
Chrysomelidae	3		2	1		6
Noteridae				2		2
Carabidae	1	3	3			7
Psephenidae				3		3
Ephemeroptera						
Baetidae	2	1	4			7
Leptophlebiidae		5	3	2		10
Leptohyphidae			2			2
Diptera						
Ceratopogonidae	2	12	4	3	8	29
Chironomidae	83	17	124	68	1061	1353
Psychodidae	2	32		8	93	135
Tabanidae	1	14	2		1	18
Hemiptera						
Corixidae	2	1	10			13
Gerridae				1	5	6
Veliidae					16	16
Hymenoptera						
Formicidae	1	4	2	2		9
Lepidoptera						
Pyrilidae	3	2	2		17	24
Odonata						
Calopterygidae	2		6		3	11
Coenagrionidae	4	1	25	5	3	38
Libellulidae	5	3	2			10
Gomphidae		4	4	1		9

Perilestidae	2	2				4
Protoneuridae	1	2	7			10
Trichoptera						
Polycentropodidae	4	1	4	19	1	29
Leptoceridae		6	6			12
Hydropsychidae	3		4	13		20
Tricorythidae	1		3	2		6
Oligochaeta						
Haplotaenidae	12	19	12	11	173	227
Total (Abundância)	159	156	252	160	1428	2155
Diversidade Shannon-Weaver	2,01±0,73	2,23±0,10	1,93±0,60	1,74±0,59	0,87±0,35	1,75±0,24
Equitabilidade Pielou	0,58±0,28	0,58±0,06	0,46±0,19	0,51±0,28	0,14±0,05	0,45±0,11
Dominância de Simpson	0,41±0,28	0,41±0,06	0,54±0,19	0,48±0,28	0,85±0,05	0,54±0,11
Riqueza Taxonômica	26	23	28	21	15	35

Os valores de pH e OD, geralmente, estão associados à quantidade de resíduos lançados no riacho, os quais causam aumento da acidez da água e decréscimo da oxigenação (OMETTO et al., 2004). Salomoni et al. (2007) comentam que OD tem seus valores reduzidos nestas regiões pelo consumo de oxigênio por parte dos microrganismos.

Já em estudo realizado por Stewart e colaboradores (2010) e Vanzela e colaboradores (2010), a acidez da água observada, na bacia do rio Campo, pode ser atribuída às práticas agrícolas desenvolvidas na bacia de captação, as quais proporcionam o aporte de sedimento para o riacho.

O ponto 5 apresentou alta dominância da família Chironomidae, que representou 63% dos organismos encontrados. No ponto 3, o leito do riacho apresentava grande quantidade de areia, diferenciando-o das outras áreas amostradas que possuíam maior ou menor grau de rochas no leito, propiciando uma maior riqueza de habitats. Segundo Callisto e colaboradores (2001), ambientes com alta diversidade de habitats contêm maior riqueza taxonômica em relação àqueles com baixa diversidade de habitats. O ponto 2 mostrou-se mais preservado que o ponto 4. Este primeiro apresentou a maior diversidade de macroinvertebrados e a maior equitabilidade entre todos os pontos de coleta (Figura 16 e 17). No mesmo ponto, a ordem Diptera foi a mais abundante, seguida por Insecta. Já no ponto 4, houve predomínio das ordens Diptera e Trichoptera.

Colpo e colaboradores (2009) enfatizam, em estudo no rio Gravataí, que o estabelecimento de uma comunidade mais bem estruturada sugere que a qualidade ambiental nesse local seja superior as demais.

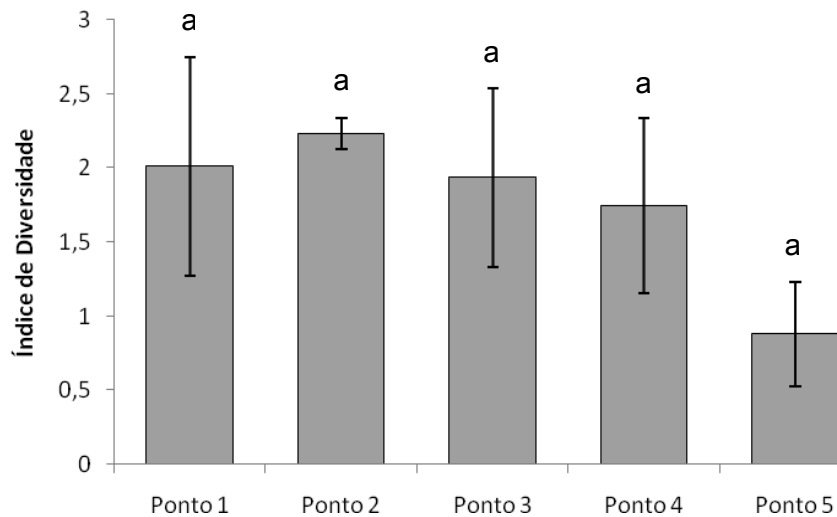


Figura 16. Índice de Diversidade de Shannon-Weaver da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 3).

O índice de equitabilidade de Pielou obteve ligeira semelhança com o índice de diversidade de Shannon-Weaver, mantendo o ponto 2 com maior índice e o ponto 5 com o menor. Talvez, a baixa diversidade atribuída ao ponto 5 esteja relacionada a poluição pontual por metais pesados que afeta os macroinvertebrados influenciando em sua densidade, além de causar o desaparecimento de alguns organismos mais sensíveis (DOI et al, 2007)

Dentre os íons metálicos, cobre e zinco destacam-se quando se trata de impactos ambientais, pois diversas são suas fontes, como fertilizantes e pesticidas, além de resíduos orgânicos provenientes dos perímetros urbanos. Besser et al. (2007), estudando peixes, plantas e invertebrados aquáticos, concluíram que a exposição destes organismos em locais com altas concentrações de zinco, ferro e cádmio afeta seu desenvolvimento demonstrando significativa redução da riqueza de taxa de invertebrados aquáticos e predomínio de grupos tolerantes.

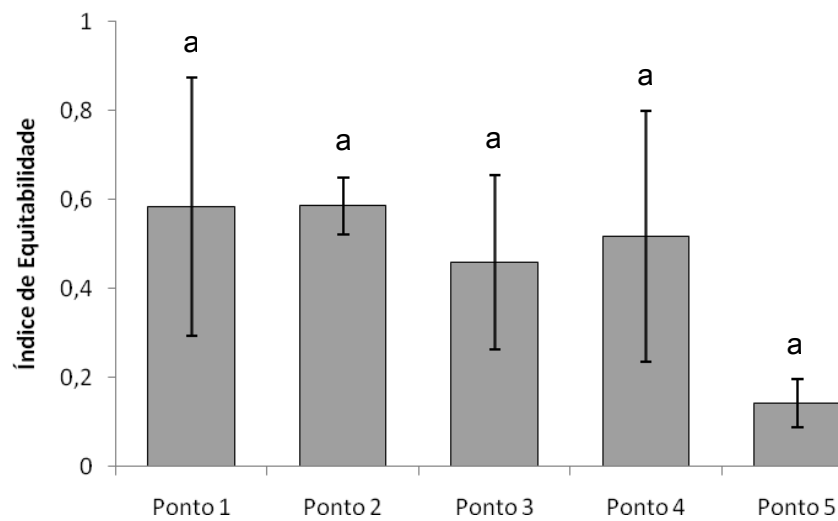


Figura 17. Índice de Equitabilidade Pielou da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 3).

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos dos pontos analisados apresentou uma estrutura na qual os representantes da família Chironomidae dominaram espacialmente e numericamente, estando presente em maior quantidade em praticamente todos os pontos, contribuindo com grande parcela na dominância visualizada no ponto 5 (Figura 18). A supremacia dos representantes desta família pode ser uma característica do rio Jucu, tendo em vista que esta situação manteve-se em todos os pontos.

Segundo Saether (1979) a família Chironomidae, como um todo, apresenta baixo valor indicativo devido à grande variedade de táxons que possui. Alguns gêneros, porém, são característicos de ambientes com baixa carga orgânica. Outros gêneros podem resistir e sobreviver em ambientes com altos índices de poluição orgânica, portanto a análise de qualidade com esta família deve ser realizada de maneira parcimoniosa para não gerar um falso resultado ambiental.

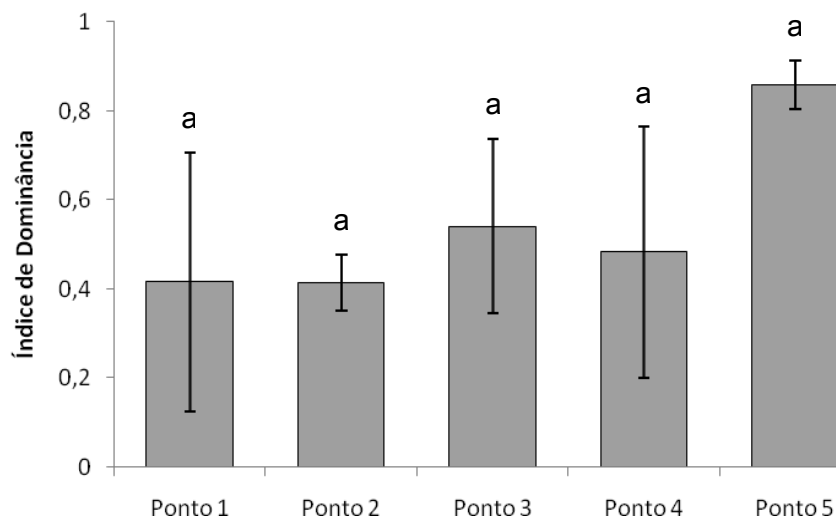


Figura 18. Índice de Dominância de Simpson da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 3$).

O ponto 5 foi o que apresentou maior abundância (Figura 19). Sendo que o ponto 4 apresentou maior abundância das ordens Trichoptera e o ponto 3 maior abundância de Ephemeroptera. As ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera têm sido freqüentemente utilizadas como indicadoras da qualidade das águas, uma vez que esses organismos são sensíveis à poluição (VANZELA et al., 2010). Cursos de água onde esses macroinvertebrados estão presentes em grande número normalmente podem ser considerados de boa qualidade.

A maior abundância verificada no ponto 5 pode ser devido à grande disponibilidade de alimento e má qualidade físico-química da água do rio Jucu neste ponto, isto pode representar a baixa riqueza encontrada no local.

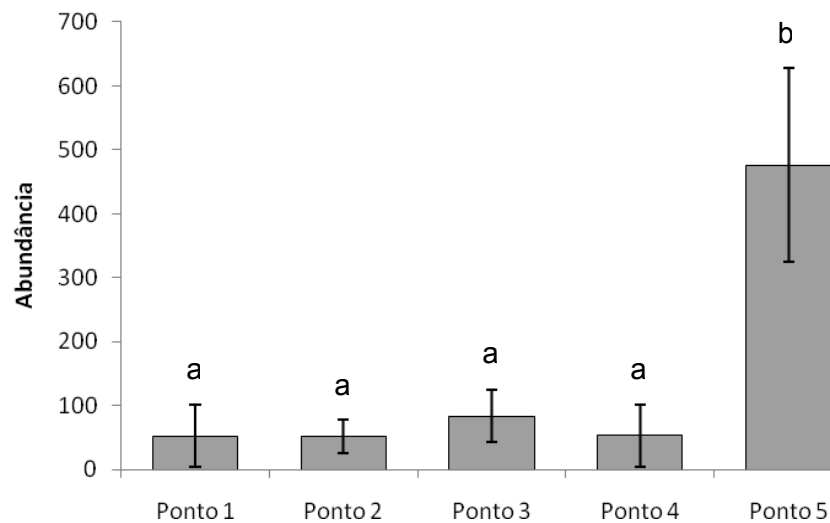


Figura 19. Abundância da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 3).

Enquanto todos os pontos foram semelhantes quando ao número de indivíduos (Figura 20), o ponto 5, localizado próximo a foz do rio Jucu, apresentou maior densidade média de macroinvertebrados bentônicos, com baixa riqueza (Figura 21) e menor diversidade que os outros pontos amostrados. Houve um predomínio de Chironomidae, Oligochaeta e Psychodidae que representaram 63%, 10% e 6% do total de indivíduos amostrados, respectivamente. Segundo Colpo e colaboradores (2009), bem como, Kazanci e Girgin (1998), exemplares da classe Oligochaeta vêm sendo utilizados como indicadores de condições ambientais degradadas, pois os mesmos são resistentes a poluentes, especialmente poluição orgânica. Moreno e Callisto (2004) encontraram, na bacia do Rio das Velhas (MG), áreas impactadas com baixos valores de riqueza e áreas preservadas com elevados valores de riqueza de oligoquetos.

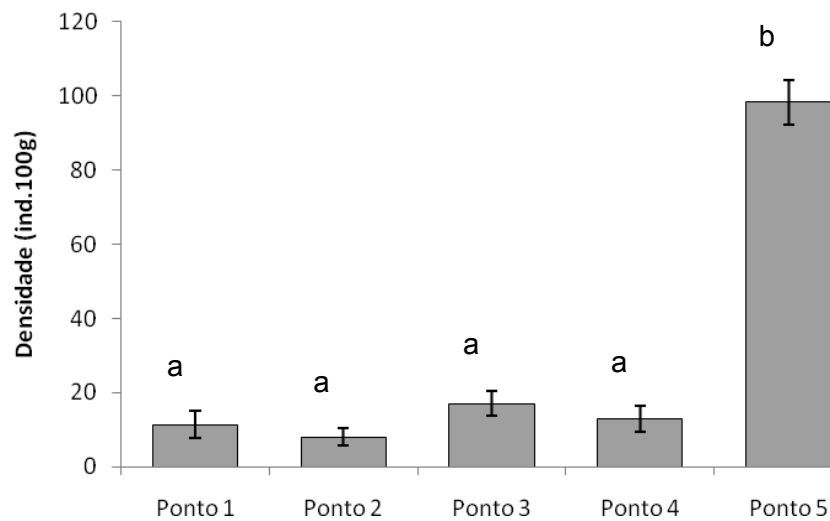


Figura 20. Densidade média (indivíduos $100g^{-1}$ de macrófitas) da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n = 3$).

A maior riqueza foi encontrada no ponto 1, seguida pelo ponto 2, enquanto o ponto 5 foi o que mostrou menor resultado (Figura 21). A maior riqueza observada nos pontos 1 e 3 podem ser refletidas no maior grau de preservação do local amostrado, apresentando grande quantidade de folhiço, o qual serve de alimento e abrigo para muitas larvas de insetos. As macrófitas e os folhiços, como ponto de apoio para os insetos durante os períodos de seca, associados ao número de organismos por grama de macrófita, demonstram a importância das variáveis abióticas como o volume de água do rio, o substrato fundo, a presença de mata ciliar e a velocidade da correnteza na distribuição dos invertebrados, carreando e dispersando as macrófitas.

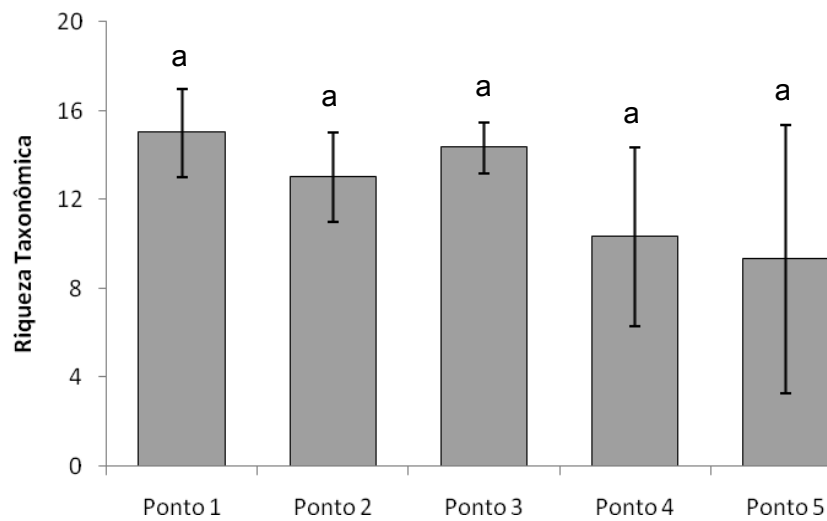


Figura 21. Riqueza Taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 3).

5.5 Índice de qualidade da água (IQA)

A partir de um estudo realizado nos Estados Unidos, em 1970, pela *National Sanitation Foundation*, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) adaptou e desenvolveu o Índice da Qualidade da Água (IQA), para avaliação da qualidade da água de mananciais (CETESB, 2009). De modo geral, o objetivo de um Índice de Qualidade da Água é comunicar a qualidade de um determinado corpo hídrico à população, comitês de bacia hidrográfica ou organizações não-governamentais, colaborando na construção de um sistema de suporte à tomada de decisão em uma bacia hidrográfica. Com base nisto, determinou-se o IQA em cada ponto de coleta das amostras, por meio da seleção de nove parâmetros pré-definidos, sendo atribuído um peso relativo para cada um deles (Tabela 11). Os parâmetros selecionados foram: DBO, OD, fósforo total, nitrogênio total, sólidos totais, turbidez, pH, temperatura e coliformes termotolerantes, sendo o IQA obtido pela seguinte equação:

$$IQA = \prod q_i^{w_i} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: q_i representa a qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade e w_i , o peso atribuído ao parâmetro (CETESB, 2009).

Tabela 11. Pesos relativos dos parâmetros utilizados para o cálculo de IQA.

Parâmetros	Pesos
OD	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
pH	0,12
DBO ₅	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fosfato total	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totais	0,08

Analisando os resultados apresentados na Figura 22, verifica-se que há para todos os pontos um nível de qualidade da água considerado padrão, estabelecido como médio, onde os valores de IQA variam entre 50 a 70 (Tabela 12), sendo que o menor valor foi de 54, no ponto 5 e o maior de 64, nos pontos 2 e 4. Não houve diferença estatística entre os pontos de coleta.

Tabela 12. Níveis de qualidade de água de acordo com o valor de IQA.

Nível de qualidade	Faixas de IQA
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Médio	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito ruim	$00 < IQA \leq 25$

Dentre os cinco pontos analisados, houve uma ligeira variação na sazonalidade. Em média, os pontos 3 e 5 tiveram um pequeno decréscimo nos valores de IQA, mas não foram suficientemente para reduzir o nível de qualidade dos mesmos. O ponto 5, como já descrito é influenciado diretamente por atividades antrópicas, e possui características próprias que conduzem a um decréscimo da qualidade da água.

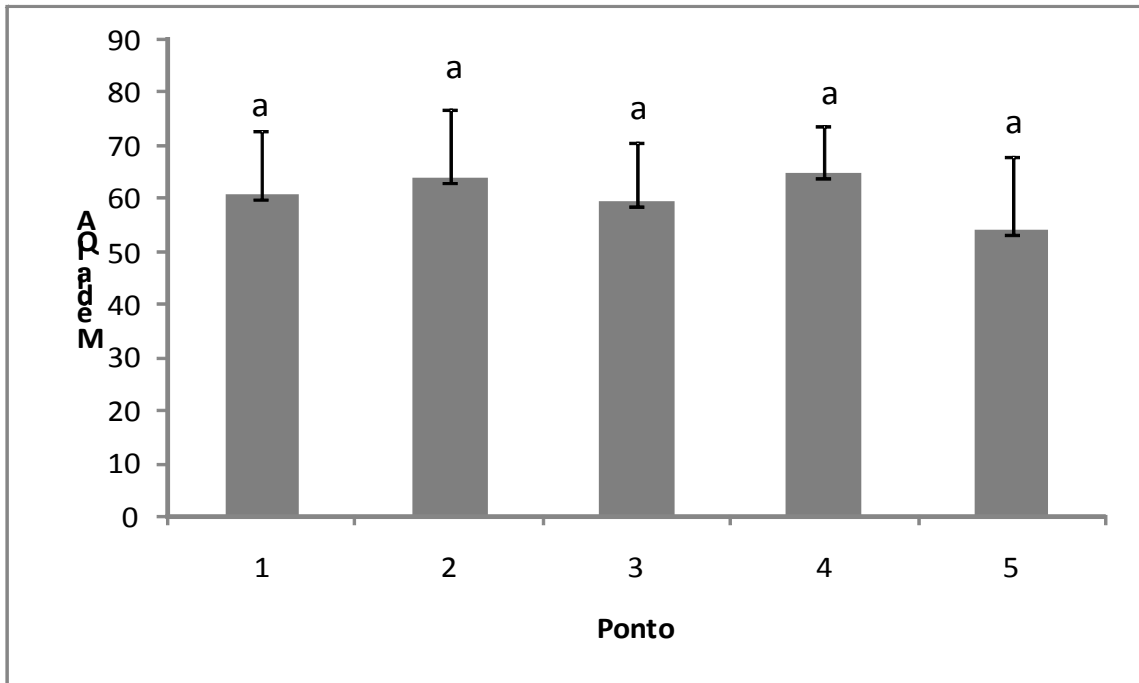


Figura 22. Valores médios e desvios padrões do IQA nos pontos de amostragens do rio Jucu, ES, Brasil (Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de significância, n = 6).

Quanto aos períodos, pode-se observar diferença significativa ($p = 0,019$) quando comparado o IQA dos mesmos (Tabela 13). Para o período de seca, a coleta 6 foi a mais discrepante, obtendo valor de IQA de apenas 40. É provável que o rio Jucu em épocas com predomínio de maiores índices pluviométricos sofra diluição de compostos como nitrato, sólidos, fósforo e coliformes, que são importantes no cálculo do IQA. É importante salientar que os pontos não obtiveram diferença significativa quando comparado o IQA nos dois períodos, seco e chuvoso (Tabela 14).

Tabela 13. Média do IQA das águas do rio Jucu em dois períodos distintos, seco e chuvoso (Os dados estão expressos em média \pm desvio padrão, n = 15).

Período	IQA
Seco	56,66 ^a \pm 4,70
Chuvoso	64,4 ^b \pm 3,55

É importante observar quais são os parâmetros levados em conta no cálculo do IQA. Chuvas constantes tendem a elevar o valor do oxigênio dissolvido, o que foi observado em quase todos os pontos, com exceção do ponto 4. No caso dos coliformes termotolerantes, não se observou o efeito de diluição pelas chuvas nos pontos 3, 4 e 5, a provável causa disso é que, próximo ao rio Jucu, há regiões de pastagem com vários criadouros de animais e as fortes chuvas podem ter carregado excrementos para a coluna d'água. Para nitrato e fosfato, observou-se redução dos valores em todos os pontos nos períodos de chuva, ocasionado pelo fator de diluição. Finalmente, o aumento da temperatura nas épocas chuvosas praticamente não afetou o valor de IQA. De maneira similar a Carvalho e colaboradores (2004), as variáveis turbidez e sólidos totais, obtiveram um aumento devido às correntes de águas pluviais que carregam materiais alóctones para o corpo d'água.

Tabela 14. Estatística descritiva e resultados do Test-t do IQA de cada ponto de coleta das águas do rio Jucu em dois períodos distintos, seco e chuvoso.

Ponto	Período	Média	DP*	p-valor
1	Seco	65,33	2,08	0,501
	Chuvoso	56,66	20,23	
2	Seco	68,00	4,35	0,593
	Chuvoso	60,00	23,51	
3	Seco	62,33	4,61	0,682
	Chuvoso	56,66	21,77	
4	Seco	67,00	4,58	0,675
	Chuvoso	61,00	22,51	
5	Seco	59,33	7,57	0,508
	Chuvoso	49,00	23,43	

*DP = Desvio padrão

6 CONCLUSÃO

De acordo com o presente estudo, conclui-se que o rio Jucu está impactado por diversas fontes, em menor ou maior intensidade, nos vários locais estudados.

Quanto à identificação dos diferentes impactos no uso do solo e da água do rio Jucu, pode-se citar, entre as atividades antrópicas que vem acelerando o processo de degradação ambiental, principalmente na qualidade da água, as seguintes atividades:

- falta de tratamento de esgoto doméstico;
- o desmatamento contínuo levando a substituição da vegetação natural por monoculturas e pastagens;
- uso irregular do solo causando erosão e assoreamento nos corpos d'água;
- falta de controle na comercialização e uso de agrotóxicos;

Para tanto, conforme os resultados obtidos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos avaliados nesta pesquisa, considera-se que o monitoramento da qualidade da água de abastecimento público deve ser realizado constantemente, perante o processo natural de sazonalidade ocorrido neste tipo de ambiente.

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi uma métrica adequada como ferramenta para avaliação da qualidade da água, contemplando os principais atributos da estrutura de sua comunidade, importante de ser observado em um diagnóstico ambiental e, portanto, adequadas para serem utilizadas em biomonitoramentos.

De forma geral, a qualidade das águas do rio Jucu está compreendida como média para o abastecimento para consumo humano de acordo com o IQA. Em especial, destaca-se que o ponto 5, localizado próximo a foz do rio, na Barra do Jucu, é possível detectar indícios de poluição orgânica. A qualidade das águas apresenta um nível mais elevado à medida que vai se distanciando desse ponto. Neste local, pode-se observar impacto ambiental ocasionado por um descarte indevido de esgoto sem tratamento prévio. Deste modo, pode-se afirmar, que a identificação dos principais agentes poluidores, pode ajudar na prevenção de possíveis impactos

futuros, bem como buscar soluções para a diminuição ou erradicação do agente poluidor, gerando um benefício para a saúde pública.

Aspecto relevante a considerar, é a possibilidade de uma proposta de sensibilização, conscientização e capacitação comunitária para a criação de vínculos sociais para tratar as questões ambientais, despertando, assim, o interesse da população para os principais problemas que os afetam. Desta maneira, a fim de se promover uma melhoria da qualidade da água do rio Jucu, deve-se fazer futuramente trabalhos de conscientização ambiental da população ribeirinha de todo o curso do rio, além de projetos para mitigação do impacto causado pelo descarte *in natura* do esgoto proveniente do bairro Araçás, cujo foi detectado como principal foco de poluição orgânica do rio.

7 REFERÊNCIAS

1. ANASTASSIADES, M.; LEHOTAY, S. J.; STAJNBAHER, D.; SCHENCK, F. J.; Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction / Partitioning and “Dispersive Solid-Phase Extraction” for the Determination of Pesticide Residues in Produce, **Journal AOAC International**, v.86, p.412-431, 2003.
2. APHA (American Public Health Association), **Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater**. 21 ed. New York: APHA. 2005.
3. ARRUDA, E. P.; AMARAL, A. C. Z. Spatial distribution of mollusks in the intertidal zone of sheltered beaches in southeastern of Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**. v.20, n.2, p.291-300, 2003
4. BARROS, C.B. **Validação de Métodos Analíticos**. Biológico, São Paulo, v.64, n.2, p.175-177, 2002
5. BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
6. BERNA, V. **Parâmetros de qualidade das águas**. 2009. Disponível em: <<http://www.jornaldomeioambiente.com.br>>. Acesso em 20/04/2009.
7. BERNARDI, J.V.E.; L.D. LACERDA; J.G. DÓREA; P.M.B. LANDIM; J.P.O. GOMES; R. ALMEIDA; A.G. MANZATTO; W.R. BASTOS. Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto rio madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, v.23, n.1, p.079-090, 2009.
8. BESSER, J.M. et al. Biomonitoring of lead, zinc, and cadmium in streams draining lead-mining and nonmining areas, southeast Missouri, USA. *Environ. Monit. Assess.*, **Dordrecht**, v.129, n.1-3, p.227-241, 2007.

9. BINI, L.M. **Análises multivariadas e limnologia**: Síntese e interferência de um mundo aquático complexo. São Carlos:Rima. 2004.
10. BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L.; VERAS JÚNIOR, M.S.; PORTO, M.F.A.; NUCCI, N.L.R.; JULIANO, N.M.A.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ed. São Paulo:Prentice Hall, 2003.
11. BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; SILVEIRA, M.P.; NESSIMIAN, J.L.; DORVILLE, L.F.M. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. **Hydrobiologia**, v.481, p.125-136, 2002.
12. CABRAL, N.M.T. Teores de nitrato e amônio nas águas do aquífero Barreiras nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal-Belém/PA. **Química Nova**. v.30, n.8, p.1804-1808, 2007.
13. CALDAS, E. D.; SOUZA, L. C. K. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, n. 5, p.529-37, 2000.
14. CALLISTO, M. MORETTI, M. & GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde dos riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Florianópolis, v.1, n.6, p.71-82, 2001.
15. CARVALHO, C. F.; FERREIRA, A. L.; STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do ribeirão Ubá- MG. **Escola Minas**, v.57, n.3, p.165-172, 2004.
16. **CETESB**. IQA – Índice de Qualidade da Água. Disponível em:< http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice_jap_iqa.asp>. Acesso em 22/04/2009.

17. CYRINO, J.E.P.; KUBITZA, F. **Curso de atualização em psicicultura**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995.
18. COLPO, K.D.; BRASIL M.T.; CAMARGO, B.V. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores do impacto ambiental promovido pelos efluentes de áreas orizícolas e pelos de origem urbana/industrial. **Ciência Rural**, v.39, n.7, 2009.
19. CONAMA, nº375, de 18 de Junho de 1986, Classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, p.11356-11361, 30 jul.1986, Seção 1.
20. CORRÊA, T.A.F.; RAHL, V.L.M.; LOPES, C.A.M. Microbiological evaluation of hydric resources provided by the tietê river, district of vitoriana, botucatu, sp, brazil **Arquivo do Instituto de Biologia**, v.73, n.3, p.283-286, 2006.
21. COSTA, W, MARQUES, M.B; DELEZUK, J.A.M; FOLKUENIG, E.S. Avaliação Preliminar da Qualidade da Água do Arroio Madureira e Afluentes. **Química Nova**, v.12, p.15-22, 2006.
22. DAVINO A. Considerações hidrogeológicas preliminares sobre a bacia hidrográfica do Ribeirão da Onça, São Carlos, SP. Ribeirão Preto, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. **Relatório FAPESP**, 1984.
23. DENADAI, M. R.; AMARAL, A. C. Z. A comparative study of intertidal molluscan communities in sandy beaches, São Sebastião Channel, São Paulo State, Brazil. **Bulletin of Marine Science**, v.65, n.1, p91-103, 1999.
24. DNOS. Bacias dos rios Itapemirim, Novo, Benevente, Jucu e São Mateus - Estudo Global dos Recursos Hidráulicos. **Engenharia Gallioli**, 1964;
25. DOI, H. et al. Stream macroinvertebrate community affected by point-source metal pollution. **Hydrobiologia**, v.92, n.3, p.258-266, 2007.

26. ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 1998.
27. EPA. Disponível em <http://www.epa.gov/pesticides/about/>, acessada em Dezembro, 2009.
28. FERNANDES, A.C.M. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores biológicos da qualidade da água**: Proposta para elaboração de um índice de integridade biológica. 2007. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
29. FRANCA, R.M; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M.R.P; MENDONÇA, L.A.R; BEZERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte Ceará. **Engenharia Sanitária. Ambiental**, v.11, p.92-102, 2006.
30. FREIRE, R.S.; PEREIRA, W.S. Ferro zero: uma nova abordagem para o tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes. **Química Nova**, v.28, n.1, p.130-136, 2005.
31. FOSSI, M.C.; SAVELLI, C.; CASINI, S. Mixed function oxidase induction in *Carcinus aestuarii*. Field and experimental studies for the evaluation of toxicological risk due to Mediterranean contaminants. **Comparative Biochemistry and Physiology**. v.121C, p.321-331, 1998.
32. GALDEAN N.; CALLISTO M.; BARBOSA F.A.R. Lotic Ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v.3, p.545-552. 2000.
33. GALERON, J. ; SIBUET, M.; VANREUSELI, A.; MACKENZI, K.; GOODAY, A.J.; DINET, A. WOLFFI, G.A. Temporal patterns among meiofauna and

- macrofauna taxa related to changes in sediment geochemistry at an abyssal NE Atlantic site. **Progress in Oceanography**, v.50, p.303-324, 2001.
34. GUYOT, J.L.; JOUANNEAU, J.M.; SOARES, L.; BOAVENTURA, G.R.; MAILLET, N.; LAGANE, C. Clay mineral composition of river sediments in the Amazon Basin. **Catena**, v.71, p.340- 356, 2007.
35. GUZZO, F.J.M. et al. **Ampliação do sistema de abastecimento de água da Grande Vitória-ES**. Disponível em: <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/estrategias/art02.html>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2010.
36. HALL, J. A.; FRID, C. L. J. Colonisation patterns of adult macrobenthos in a polluted north sea estuary. **Aquatic Ecology**. v.33, p.333-340, 1998.
37. HAIR, J.F.; ANDERSON,R.E.; TATHAM,R.L.; BLACK, W.C. **Multivariate data analysis with readings**. 4ed. Prentice Hall:New Jersey, 1995.
38. HARBISON, P.; **Marine Pollution Bulletin**, v.17, n.246, 1986.
39. **IEMA**. As bacias hidrográficas do Estado do Espírito Santo. 2003. Disponível em: <http://www.iema.es.gov.br>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2009.
40. KAZANCI, N.; GİRGIN, S. Distribution of Oligochaeta species as bioindicators of organic pollution in Ankara Stream and their use in biomonitoring. **Journal of Zoology**, v.22, p.83-88, 1998.
41. KOMATSU, E.; VAZ, J.M. Otimização dos parâmetros de extração para determinação multiresíduo de pesticidas em amostras de água empregando microextração em fase sólida. **Química Nova**, v.27, n.5, p.720-724, 2004

42. KRUPEK, R.A.; BRANCO, C.C.Z.; PERES, C.K. Variação sazonal de alguns parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a uma bacia de drenagem na região centro-sul do Estado do Paraná, Sul do Brasil. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v.30, n.4, p.431-438, 2008
43. LARINI, L.; **Toxicologia dos Praguicidas**, Manole: São Paulo, 1999.
44. LERCARI, D.; DEFEO, O. Effects of freshwater discharge in sandy beach populations: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v.49, p.457-468, 1999.
45. LENZI, et al. Destino do metal pesado chumbo de rejeitos urbanos de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum - Biological Sciences**, v.23, n.6, p.1325-1334, 2001.
46. MACÊDO, J.A.B. **Águas e águas**. 2. Belo Horizonte: CRQ, 2004.
47. MACEDO, J.A.B. **Introdução a Química Ambiental: Química e Meio Ambiente e Sociedade**. Ed. BH: CRQ-MG, 2006.
48. MACHADO, W.C.P.; BECEGATO, V.A.; BITTENCOURT, A.V.L. Anthropogenic Influence in the Water Quality of the River Basin that Supplies the Pato Branco Municipality-PR. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v.52 n.1, p. 221-232, 2009
49. MARTINELLI, L.A.; VICTORIA, R.L.; DEMATTE, J.L.I.; RICHEY, J.E.; DEVOL, A.H. Chemical and Mineralogical composition of Amazon River floodplain sediments. **Applied Geochemistry**, v.8, p. 391-402, 1993.
50. MARTINS, A.T.E; PITELLI, R.A. Efeitos do manejo de *Eichhornia crassipes* sobre a qualidade da água em condições de mesocosmos. **Plantas Daninhas**, v.23, p.233-242, 2005.

51. MEZIANE, T.; TSUCHIYA, M. Organic matter in a subtropical mangrove-estuary subjected to wastewater discharge: Origin and utilisation by two macrozoobenthic species. **Journal of Sea Research**, v.47, p.1-11, 2002.
52. MORENO, P. & CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas. In: Ferracini V.L.; Queiroz S.C.N. & Silveira M.P. (Eds). **Bioindicadores de Qualidade da Água**. p.95-116, 2004.
53. NETO, MLF; SARCINELLI, PN. Agrotóxicos em água para consumo humano: uma abordagem de avaliação de risco e contribuição ao processo de atualização da legislação brasileira. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.1, 2009.
54. ODUM, E.P. **Ecologia**. Guanabara Koogan:Rio de Janeiro, 1998.
55. OMETTO, J.P. et al. Macroinvertebrate community as indicator of land-use changes in tropical watersheds, southern Brazil. *Ecohydrol.* **Hydrobiology, Leicester**, v.4, n.1, p.37-49, 2004.
56. OUYANG, Y.; NKEDI-KIZZA, P.; WU, Q.T.; SHINDE, D.; HUANG, C.H. Assessment of seasonal variations in surface water quality. **Water Reserch**, v.40, p.1800-1810, 2006
57. ONO, E.A.; KUBITZA, F. **Técnicas de produção de peixes em tanques-rede**. Piracicaba: Promoção Brazilian Sport Fish. 1997.
58. PALACIO, H.A.Q.; ANDRADE, E.M.A.; LOPES, F.B.; BARROS, D.M.; ARRAES, F.D.D Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. **Ciência Rural**, v.39, n.9, p.2494-2500, 2009.

59. PICOLLO, M.A.M.; PINTO, C.A.; TEIXEIRA, A.C. **Correlação entre sólidos em suspensão, cor e turbidez para água captada no rio Jucu – ES.** 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2004.
60. PIENDRAS, R.S.N. et.al, Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara. **Ciência Rural**, v.36, n.2, 2006
61. PINTO, D.B.F.; SILVA, .A.M.; MELLO, C.R.; COELHO, G. Qualidade da água Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande – MG, Brasil. **Ciência Agrotécnica**, v.33, n.4, p.1145-1152, 2009.
62. PRATTE-SANTOS, R. **O Monitoramento do rio Jucu Braço Sul: Caracterização dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, ES.** 2007. Monografia (Bacharel em Ciências Biológicas). Universidade Vila Velha, Espírito Santo, 2007.
63. REECE, P.F.; RICHARDSON, J.S. Biomonitoring with the reference condition approach for the detection of aquatic ecosystems at risk. **Proc. Biology and Management of Species and Habitats at Risk**, v.2. p.15-19, 1999.
64. RICKLEFS, R.E. **The economy of nature.** 4 ed. Freeman and Company:New York, 1996.
65. RODRIGUEZ, M.P. **Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto do Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas.** Tese de Doutorado (Ciências da Engenharia Ambiental). 2001.
66. ROSENBERG, D. M.; RESH, V.H. **Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** In: Freshwater

- biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall:New York, 1993.
67. RUFINO, R. C.; **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2002.
68. SAETHER, O.A. Chironomid communities as water quality indicators. **Holarctic Ecology**. v.2, p. 65-74, 1979.
69. SARAIVA, V.K.; NASCIMENTO, M.R.L.; PALMIERI H.E.L.; JACOMINO,V.M.VF. Avaliação da Qualidade de sedimentos – Estudo de caso: Sub-Bacia do Ribeirão Espírito Santo, Afluente do Rio São Francisco. **Química Nova**, v.32, n.8, p.1995-2002, 2009.
70. SALOMONI, S.E. et al. Limnological characterization of Gravataí River, Rio Grande do Sul. **Acta Limnológica Brasileira**, v.19, n.1, p.1-14, 2007.
71. SCHMALTZ, M.A.C. **Qualidade e disponibilidade de água: efeitos, conseqüências da tecnologia e avaliação de padrões de qualidade**. 2004. Dissertação (Mestre em Biotecnologia), Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações, Minas Gerais, 2004.
72. **SEAMA**. Qualidade das Águas Interiores do Estado do Espírito Santo, Relatórios SEAMA, Espírito Santo, 1994.
73. **SEED**. 2003. Qualidade da água: Impacto ambiental dos resultados. Acessado em: 28 de Abril de 2007. Disponível em:<http://www.seed.slb.com/pt/things_to_do/projects/water/pdf/waterqualityenvi-mpact-is.pdf>.
74. SILVA, A.E.P.; ANGELIS, C.F.; MACHADO, L.A.T.; WAICHAMAN, A.V. Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus. **Acta Amazônica**, v.38, n.4, p. 733-742, 2008.

75. SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A. **Métodos de análises microbiológicas de alimentos - Manual técnico**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos. 1995.
76. SOUZA, P.A.P. **Importância do uso de bioindicadores de qualidade: o caso específico das águas**. Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil. São Carlos: Rima, 2001.
77. SOUZA RAS, ARAÚJO SR, JESUS VAM, MARQUES JJ, CURI N & GUERREIRO MC. Frações de Fosfato em reservatórios de água em Lavras - MG. **Ciência Agrícola**, v.31, p.357-365, 2008.
78. STEWART, P.M. et al. Land use, habitat and water quality effects on macroinvertebrate communities in three watersheds of a Lake Michigan associated marsh system. **Aquatic Ecosystems Health Managment**, v.3, n.1, p.179-189, 2000.
79. TOMLIN, C. D. S. **The Pesticide Manual**. Surrey, UK: Ed. The british crop protection council.11.ed., 1997. Adaptado por STERTZ, 2004.
80. VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, A.M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p.55-64, 2010.
81. VEGA, M. et al. Assessement of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**, v.32, n.12, p.3581-3592, 1999.
82. VIANA, S.M. **Riqueza e distribuição da macrófitas aquáticas no Rio Monjolinho e tributários e análise de sua relação com as variáveis**

- físicas e químicas**. 2005. Dissertação (Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
83. WARNKEN, K. W.; GILL, G. A.; GRIFFIN, L. L.; SANTSCHI, P. H.; **Marine Chemistry**, 2001, 73, 215.
84. WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). **Guidelines for drinking - water quality**. Third Edition. 1st Addendum to vol. 1. Geneva: WHO, 2006. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf. Acesso em: Dezembro. 2009.
85. ZADOVAUKIS, E.; TULLI, L. M. A. **Caracterização hidrológica e ambiental da sub-bacia do córrego Santa Isabel, braço Norte da bacia do rio Jucu, Domingos Martins, ES**. 2004. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2004.

8 APÊNDICES

Apêndice 1. Análise de Variância (ANOVA) dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos das águas do rio Jucu, ES, Brasil.

-	-	Soma dos quadrados	df	Quadrado médio	F	Sig.
DQO	Entre Grupos	34651,42	4,00	8662,85	0,609	0,660
	Dentro Grupos	355837,20	25,00	14233,48		
	Total	390488,62	29,00			
Sto	Entre Grupos	7093,31	4,00	1773,32	0,132	0,969
	Dentro Grupos	335862,27	25,00	13434,49		
	Total	342955,59	29,00			
Tur	Entre Grupos	8586,08	4,00	2146,52	0,080	0,987
	Dentro Grupos	666665,35	25,00	26666,61		
	Total	675251,43	29,00			
pH	Entre Grupos	2,77	4,00	0,69	4,838	0,004*
	Dentro Grupos	3,58	25,00	0,14		
	Total	6,35	29,00			
Cond	Entre Grupos	2404,90	4,00	601,22	1,076	0,389
	Dentro Grupos	13972,47	25,00	558,89		
	Total	16377,38	29,00			
OD%	Entre Grupos	2814,30	4,00	703,57	1,972	0,129
	Dentro Grupos	8921,01	25,00	356,84		
	Total	11735,31	29,00			
OD	Entre Grupos	53,42	4,00	13,35	1,922	0,137
	Dentro Grupos	173,72	25,00	6,94		
	Total	227,15	29,00			
Temp	Entre Grupos	8,97	4,00	2,24	0,266	0,897
	Dentro Grupos	211,06	25,00	8,44		
	Total	220,03	29,00			
Colif	Entre Grupos	206726696557,33	4,00	51681674139,33	1,228	0,324
	Dentro Grupos	1051974569593,33	25,00	42078982783,73		
	Total	1258701266150,67	29,00			
NO ₃	Entre Grupos	0,08	4,00	0,02	0,376	0,823
	Dentro Grupos	1,41	25,00	0,05		
	Total	1,50	29,00			

*Indica diferença significativa por um test-t ($p < 0,05$).

DQO=Demanda química de oxigênio; **Sto**=Sólidos totais; **Tur**=Turbidez; **pH**=Potencial hidrogeniônico; **Cond**=Condutividade; **OD**=Oxigênio dissolvido; **Temp**= Temperatura; **Colif**=Coliformes termotolerantes; **NO₃**=Nitrato

9 ANEXOS

Anexo 1. Caracterização dos agrotóxicos regulados pela Portaria MS nº 518/2004.

Agrotóxico	Classe ⁽¹⁾	Classificação toxicológica ⁽²⁾	Índice Anvisa ⁽³⁾	Solubilidade em água ⁽⁴⁾		Persistência no Ambiente ⁽⁵⁾		Potencial para bioacumulação ⁽⁶⁾		Potencial para adsorção no solo ⁽⁷⁾	
				Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
Alaclor	H	III	A06	X							
Aldrin e Dieldrin	I, A	I	-		X	X		X		X	
Atrazina	H	III	A14	X		X			X		
Bentazona	H	III	B03				X				X
Clordano (isômeros)	I	I	-		X	X		X		X	
2,4 D	H	I	D27	X		X			X		
DDT (isômeros)	I	I	-		X	X		X			
Endossulfan	A, I, Fo	I	E02		X			X		X	
Endrin	I	I	-		X	X					
Glifosato	H	IV	G01	X			X		X	X	
Heptacloro e heptacloro epóxido	I	I	-		X	X		X			
Hexaclorobenzeno	Fu	I	-		X	X		X			
Lindano (γ-BHC)	I	II	L01		X						
Metolacoloro	H	III	M16	X				X		X	
Metoxicloro	I	III	M18		X	X		X			
Molinato	H	II	M21				X				
Pendimetalina	H	III	P05			X				X	
Pentaclorofenol	Fu	I	P44	X		X					
Permetrina	I, Fo	III	P06	X							
Propanil	H	III	P16				X				
Simazina	H	III	S03			X				X	
Trifluralina	H	III	T24		X			X		X	

Fonte: NETO; SARCINELLI (2009).⁽¹⁾ classe: A: Acaricida; Fo: Formicida; Fu: Fungicida; H: Herbicida; I: Inseticida; ⁽²⁾ classificação toxicológica: Classe I: extremamente tóxico; Classe II: altamente tóxico; Classe III: medianamente tóxico; Classe IV: pouco tóxico; ⁽³⁾ código da monografia, segundo a Anvisa; ⁽⁴⁾ solubilidade em água: capacidade do agrotóxico em se dissolver em uma quantidade padrão de água; ⁽⁵⁾ persistência no ambiente: propriedade relacionada à degradação do agrotóxico no solo ou na água; ⁽⁶⁾ potencial para bioacumulação: capacidade do agrotóxico em se acumular nos organismos vivos (vegetais ou animais); ⁽⁷⁾ potencial para adsorção no solo: propriedade do agrotóxico em interagir com a superfície das partículas do solo.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)