

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFH
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

Gedalva Terezinha Ribeiro Filipini

**OS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO JACUTINGA,
MEIO-OESTE DE SC: o uso da terra e a qualidade das águas**

Orientador: Dr. Luiz Fernando Scheibe

**Área de Concentração:
Utilização e Conservação de Recursos Naturais
Linha de Pesquisa: Análise Ambiental**

Florianópolis - SC, 2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFH
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

**OS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO JACUTINGA,
MEIO-OESTE DE SC: o uso da terra e a qualidade das águas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Geografia, sob a orientação do Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe.

SETEMBRO/2013

GEDALVA TEREZINHA RIBEIRO FILIPINI

**OS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA DO RIO JACUTINGA,
MEIO-OESTE DE SC: o uso da terra e a qualidade das águas**

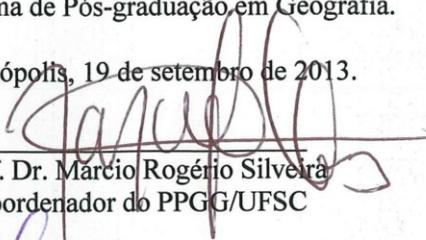
FLORIANÓPOLIS, SETEMBRO 2013.

Gedalva Terezinha Ribeiro Filipini

**Os recursos hídricos na bacia do rio Jacutinga,
meio-oeste de SC: usos da terra e qualidade das
águas**

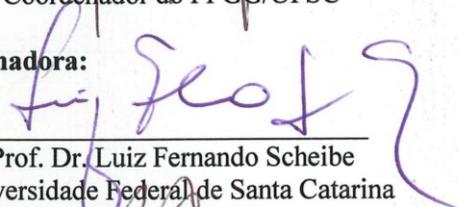
Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do
Título de “Doutor em Geografia”, e aprovada em sua forma
final pelo Programa de Pós-graduação em Geografia.

Florianópolis, 19 de setembro de 2013.

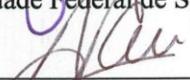


Prof. Dr. Márcio Rogério Silveira
Coordenador do PPGG/UFSC

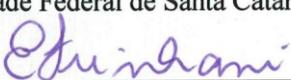
Banca Examinadora:



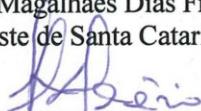
Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe
Universidade Federal de Santa Catarina



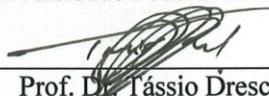
Prof. Dr. Arthur Schmidt Nanni
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dra. Eduarda de Magalhães Dias Frinhan
Universidade do Oeste de Santa Catarina



Prof. Dr. José Luiz Silvério da Silva
Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Mássio Dresch Rech
Universidade do Planalto Catarinense

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pelas oportunidades.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, pelas experiências que aguçaram a percepção e a curiosidade.

Aos professores pela convivência com a pesquisa e com os ideais de construção de espaços de cidadania.

À CAPES pela concessão de bolsa de pesquisa durante parte das minhas atividades no doutorado.

Aos colegas de estudo e pesquisa, pelo carinho, apoio e estímulo, especialmente à Andréa Lopes e à Marcilei Vignatti.

À FAPESC, aos pesquisadores do Projeto Rede Guarani Serra Geral (RGSG/SC) e Laboratório de Análise Ambiental (LAAM/GCN/UFSC), EPAGRI, Universidade do Contestado, Unoesc e Comitê do Rio Jacutinga, pelas inestimáveis contribuições nos estudos, nos trabalhos de campo, laboratório de imagens e dados.

Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe pela dedicação e paciência. Sobretudo pela extrema capacidade de ouvir e desafiar iluminando possibilidades.

Ao Prof. Dr. Tássio Dresch Rech, pelos esforços no sentido de viabilizar as coletas de água subterrânea e as análises físico-químicas das amostras coletadas, junto à equipe da EPAGRI Chapecó.

Às equipes técnicas que me acompanharam em campo, especialmente à Dra. Adriana Lídia Santana Klock, da Epagri Chapecó e ao MBA Luiz Paulo Klock Filho, que prestaram relevante colaboração durante todas as atividades de campo para a coleta de amostras de poços profundos, cuidando ainda das análises físico-químicas. E à Prof. Dra. Eduarda Magalhães Dias Frinhani e sua equipe pela colaboração nos trabalhos de campo para a coleta e análise das amostras de águas superficiais. Ao Dr. Vilmar Comassetto. Ao amigo Eder de Oliveira pelas contribuições na organização de cálculos e dados, e à querida amiga Lala pela ajuda imprescindível na formatação.

Ao meu esposo que se especializou em gastronomia, para que a tese fosse gestada com tranquilidade, e pelo apoio na produção de materiais de suporte técnico. Aos familiares e amigos que souberam respeitar minhas ausências. À minha mãe Maria e ao meu saudoso pai Antonio (*in memoriam*), por estimular nessa caminhada.

Ao Arquimedes, à Amanda e à Luiza Vitória, como inspiração para a curiosidade e a busca do conhecimento, em prol de um ambiente sustentável. É preciso fazer a diferença neste planeta.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01	Localização do Sistema Jacutinga. A) Regiões do Brasil. B) Região Sul do Brasil. C) Região Oeste Catarinense e Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe (RH3). D) Os municípios abrangidos pelo Sistema Jacutinga no Meio-Oeste de Santa Catarina. E) O Sistema Jacutinga e suas sub-bacias hidrográficas.....	30
Figura 02	Sistemas de drenagem do Estado de Santa Catarina.....	31
Figura 03	Divisão do Estado de Santa Catarina em 10 Regiões Hidrográficas.....	32
Figura 04	Qualidade das águas superficiais no Estado de Santa Catarina.....	34
Figura 05	Profundidade estimada do topo da Formação Botucatu, na RH3, área de abrangência do Projeto PROESC.....	35
Figura 06	Densidade de fraturas na RH3, área de abrangência do Projeto PROESC.....	36
Figura 07	Poços de captação de águas subterrâneas em Santa Catarina.....	37
Figura 08	Precipitação média anual em Santa Catarina.	38
Figura 08.1	Precipitação média anual na área de abrangência do Sistema Jacutinga.....	39
Figura 08.2	Pluviosidade anual em mm (eixo Y) no período de 1987 (1) a 2012 (26 anos) (eixo X) em Concórdia, com linha de tendência.....	41
Figura 09	Área de abrangência da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas.....	46
Figura 10	A bacia do rio Jacutinga e suas micro-bacias.....	47
Figura 11	Mapa de classificação dos solos na bacia do Rio Jacutinga, com a localização dos poços amostrados.....	49
Figura 12	Relevo e altimetria na bacia do rio Jacutinga.....	51
Figura 13	Declividade na bacia do rio Jacutinga.....	52
Figura 14	Uso da Terra na bacia do rio Jacutinga.....	54
Figura 14.1	Uso da terra na porção montante da bacia do rio Jacutinga.....	55
Figura 14.2	Uso da terra na porção médio curso da bacia do rio Jacutinga.....	56

Figura 14.3	Uso da terra na porção jusante da bacia do rio Jacutinga.....	57
Figura 15	Larguras ideais para as funções ambientais da vegetação ripária.....	60
Figura 16	Ecossistema ripário enquanto função de armazenamento de nutrientes e sedimentos.....	61
Figura 17	Percentual de área de APP <i>com mata ciliar e sem mata ciliar</i> na área de abrangência da bacia do rio Jacutinga.....	64
Figura 18	A vegetação e a interceptação das chuvas = infiltração e recarga dos lençóis freáticos.....	65
Figura 19	Frequência de Estiagens por município em Santa Catarina.....	66
Figura 20	Eventos adversos com decretação de “Situação de Emergência” (SE), no ano de 2008 em Santa Catarina.....	67
Figura 21	Ressecamento do solo devido a estiagem na região Oeste de Santa Catarina em maio de 2009, momento em que 108 municípios de Santa Catarina já haviam decretado Situação de Emergência (SE) segundo informações da Defesa Civil. Foto de Roberto Scola/ Diário Catarinense/ClickRBS.....	68
Figura 22	Dados históricos de Umidade com abrangência temporal de 26 anos.....	69
Figura 23	Densidade de bovinos, suínos e aves dos municípios da bacia do rio Jacutinga em 2011.....	76
Figura 24	Produção de suínos no município de Concórdia em 2004 e 2011.....	80
Figura 25	Perfil da Bacia Geológica do Paraná.....	94
Figura 26	Províncias e subprovíncias hidrogeológicas do Brasil.....	97
Figura 27	A localização da bacia do rio Jacutinga no Sistema Jacutinga.....	115
Figura 28	Poços profundos amostrados na bacia do rio Jacutinga: Os “pingos” indicam poços incluídos na amostragem de qualidade físico-química: na cor azul, amostras bicarbonatadas-cálcicas, e na cor vermelha, amostras bicarbonatadas-sódicas. “Pingos” verdes, nascente e foz do rio Jacutinga,	

	“Alfinetes” amarelos: granjas de suínos e de aves	117
Figura 29	Localização dos pontos de coleta de água superficial do rio Jacutinga, amostrados e com análises físico-químicas.....	118
Figura 30	Turbidez em poços profundos na bacia do rio Jacutinga.....	127
Figura 31	Poços de onde foram coletadas as Amostras de N ^o . 2, 10, 14 e 23, que apresentaram água com turbidez acima do limite da Portaria 2.914/11/MS.....	127
Figura 32	Condutividade Elétrica em poços profundos na bacia do rio Jacutinga.....	128
Figura 33	pH em poços profundos na bacia do rio Jacutinga.....	129
Figura 34	Dureza em poços profundos - bacia do Rio Jacutinga.....	130
Figura 35	Cloretos em poços profundos na bacia do Rio Jacutinga.....	131
Figura 36	Localização da amostra 9, em área urbana no centro de Concórdia, cidade com densidade demográfica de 86,07 hab/km ² . Concórdia está localizada fora da sub-bacia do rio Jacutinga, e foi incluída na amostragem por ser a maior área urbanizada do Sistema Jacutinga.....	132
Figura 37	Nitrato em poços profundos - bacia do rio Jacutinga.....	133
Figura 38	Poço N ^o . 8, em área rural, cercado por cultivo de milho e granjas de suínos. A manutenção inclui o secamento químico da vegetação do entorno.....	135
Figura 38.1	Poços N ^o . 14 e 17, localizados em área rural/granjas em Concórdia, e em área urbana do município de Catanduvas.....	135
Figura 39	Localização da Amostra N ^o . 8 com indicação de lavouras de milho e granjas de suínos e aviários no seu entorno.....	137
Figura 40	Localização da Amostra N ^o . 14 com indicação das granjas no seu entorno. Esse local é importante espaço de turismo rural em Concórdia/SC.....	138
Figura 41	Localização do ponto de coleta da Amostra 17,	

	na cidade de Catanduvas.....	139
Figura 42	Teores de Ferro em poços profundos na bacia do rio Jacutinga com linha demarcando o limite determinado pela Portaria 2.914/2011/MS e Resolução Conama 396/2008, para águas potáveis ou de abastecimento público.....	140
Figura 43	Faixa de variação dos teores de Manganês em poços profundos na bacia do rio Jacutinga com linha de limite - Portaria 2.914/2011/MS e Resolução Conama 396/2008.....	141
Figura 44	Pontos de coleta das amostras de N ^o 12, 14 e 21- poços profundos na bacia do rio Jacutinga com teores de manganês superiores ao limite segundo a Portaria 2.914/2011/MS e Resolução Conama 396/2008.....	142
Figura 45	Faixa de concentração de Sódio em poços profundos na bacia do rio Jacutinga.....	142
Figura 46	Faixa de variação de Fósforo Total em poços profundos na bacia do rio Jacutinga.....	143
Figura 47	Diagrama de Piper das águas subterrâneas da bacia do rio Jacutinga e de poços no entorno da bacia, na área de abrangência do Sistema Jacutinga.....	144
Figura 48	Pontos de Coleta das Amostras 08 e 22 – ausência de proteção.....	145
Figura 48.1	Ponto de Coleta da Amostra 13 – construção para “proteger”.....	145
Figura 49	Mecanismos de recarga do SASG e sua relação com o SAG e unidades permianas.....	147
Figura 50	Diagrama de Piper do SASG – Projeto PROESC – Predominam águas bicarbonatadas.....	149
Figura 51	Diagrama de Piper do SAG – Projeto PROESC - Predominam águas bicarbonatadas.....	149
Figura 52	Diagrama de Piper de conectividade - SAG e SASG.....	150
Figura 53	A bacia do rio Jacutinga, pontos de amostragem de águas superficiais (vermelho), granjas (amarelo) e nascente (verde).....	154
Figura 54	Perfil longitudinal (esquemático) do rio Jacutinga, com base na altitude dos pontos de	

	coleta das amostras de águas superficiais para este estudo ¹ . Eixo “x”, os pontos de coleta das amostras superficiais. Eixo “y”, a altitude.....	155
Figura 55	Variabilidade da Turbidez em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.....	157
Figura 56	Ponto N° 03 de coleta de amostra de água superficial - Arroio Patrimônio em Catanduvas/SC, 11/12/2012.....	158
Figura 57	Ponto N° 02 de coleta de amostra de água superficial, no rio Jacutinga, às margens da BR-282, em Catanduvas, /SC, em 11/12/2012. É visível a mancha que se incorpora às águas do rio Jacutinga, proveniente do Arroio Patrimônio.....	158
Figura 58	Condutividade Elétrica em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.....	159
Figura 59	pH em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.....	160
Figura 60	Dureza total em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.....	162
Figura 61	Cloreto Total em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.....	163
Figura 62	Sódio em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.....	163
Figura 63	Ferro Total em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.....	164
Figura 64	Manganês em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.....	164
Figura 65	Fósforo Total em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.....	168
Figura 66	Coliformes Totais e Termotolerantes em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga, com amostras coletadas em 11/12/2012.....	170
Figura 67	DBO em águas superficiais da bacia do rio	

¹ Os pontos de coleta das amostras são: 0 = Nascente Jacutinga – Água Doce; 1 = Próximo à Nascente em Água Doce; 2 = Ponte da BR-282 – Catanduvas; 3 = Foz do Arroio Patrimônio em Catanduvas; 4 = Foz do Rio Pingador – Vargem Bonita/Catanduvas; 5 = Foz do Rio Nove Passos – Jaborá; 6 = Divisa entre os municípios de Jaborá e Catanduvas; 7 = BR-153 – Divisa entre os municípios de Concórdia e Irani; 8 = Comunidade 3 de Outubro – Divisa Irani/Lindóia do Sul/Concórdia; 9 = Arabutã próximo a ponte da SC-465 sobre o rio Jacutinga; 10 = Ponte da SC-283; 11 = Foz do Lajeado dos Fragosos em Engenho Velho – Concórdia. Mais informações no Quadro 09.

	Jacutinga com linha de limite para corpos hídricos de classe 02 (5 mg/L) e limite para corpos hídricos de classe 03 (10 mg/L).....	172
Figura 68	DQO em águas superficiais da bacia do rio Jacutinga.....	173
Figura 69	Valores relativos (aferidos a 100%) dos parâmetros constituintes do IQA do rio Jacutinga e afluentes – por parâmetro – dez/2012.....	176
Figura 70	Valores relativos (aferidos a 100%) dos parâmetros constituintes do IQA do rio Jacutinga e afluentes - por amostra - conforme <i>National Sanitation Foundation</i> (NSF).....	177
Figura 71.1	IQA para o Ponto 1:51 = Qualidade Média (NSF)	178
Figura 71.2	IQA para o Ponto 2: 28 = Qualidade Ruim (NSF)	178
Figura 71.3	IQA para o Ponto 3: 26 = Qualidade Ruim (NSF)	178
Figura 71.4	IQA para o Ponto 4: 45 = Qualidade Ruim (NSF)	179
Figura 71.5	IQA para o Ponto 5: 47 = Qualidade Ruim (NSF)	179
Figura 71.6	IQA para o Ponto 6: 39 = Qualidade Ruim (NSF)	179
Figura 71.7	IQA para o Ponto 7:50 = Qualidade Médio (NSF)	180
Figura 71.8	IQA para o Ponto 8: 43 = Qualidade Ruim (NSF)	180
Figura 71.9	IQA para o Ponto 9: 43 = Qualidade Ruim (NSF)	180
Figura 71.10	IQA para o Ponto 10:44 = Qualidade Ruim (NSF)	181
Figura 71.11	IQA para o Ponto 11:49 = Qualidade Ruim (NSF)	181
Figura 72	O IQA para o conjunto de pontos amostrados separadamente, alcança uma média para IQA=42. Segundo a classificação NSF = Qualidade Ruim.....	182
Figura 73	Imagens da bacia do rio Jacutinga, 2011-2012.....	184

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 01	Municípios que localizam-se na bacia do rio Jacutinga.....	42
Quadro 02	Uso da Terra na bacia do rio Jacutinga.....	53
Quadro 03	Alterações da largura da APP no Código Florestal Brasileiro.....	58
Quadro 04	Estudos sobre largura e eficiência da vegetação ripária.....	62
Quadro 05	Produção de dejetos por Unidade de Produção de Suínos.....	70
Quadro 06	Média da produção de dejetos pecuários na bacia do rio Jacutinga.....	72
Quadro 07	Classificação dos corpos hídricos – Res. Conama N° 357/2005.....	89
Quadro 08	Classificação das águas subterrâneas – Res. Conama N° 396/2008.....	98
Quadro 09	Identificação dos pontos de amostragem de água superficial na bacia do rio Jacutinga.....	120
Quadro 10	Parâmetros e metodologias de análise das amostras de água.....	121
Quadro 11	Componentes químicos que afetam a saúde humana e seus efeitos.....	123
Quadro 12.1	Qualidade físico-química e microbiológica das amostras de água subterrânea da bacia do rio Jacutinga/SC – produzidos para esse estudo.....	125
Quadro 12.2	Qualidade físico-química e microbiológica das amostras de água subterrânea da bacia do rio Jacutinga/SC – produzidos para esse estudo.....	126
Quadro 13	Os teores de nitrato em água subterrânea na bacia do rio Jacutinga, em 23 poços tubulares profundos.....	134
Quadro 14	Qualidade das águas superficiais na bacia do Rio Jacutinga.....	153

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01	A área das Regiões Hidrográficas do Estado de Santa Catarina.....	32
Tabela 02	Precipitação Média na área do Sistema Jacutinga e entorno.....	40
Tabela 03	Comparativo da população suína em relação à população humana e à área total dos principais produtores mundiais de suínos.....	77
Tabela 04	Comparativo da densidade populacional nos municípios da bacia do rio Jacutinga em relação à densidade pecuária em 2011.....	78
Tabela 05	Percentual do Valor Bruto de Produção - VBP das 03 principais microrregiões geográficas, para os produtos da agropecuária de SC – 2001.....	80
Tabela 06	Parâmetros e pesos relativos do IQA (NSF).....	174
Tabela 07	Valores/Faixas de Qualidade para águas superficiais – IQA.....	175

ÍNDICE DE SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas Subterrâneas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACCS	Associação Catarinense de Criadores de Suínos
AMAUC	Associação dos Municípios do Alto Uruguai Catarinense
AMMOC	Associação dos Municípios do Meio Oeste Catarinense
ANA	Agência Nacional de Águas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APP	Área de Preservação Permanente
APP	Área de Perigo Permanente
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CBH	Comitê de Bacias Hidrográficas
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETESB	Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo
CIAS	Câmara Técnica de Águas Subterrâneas
CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONSEA	Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional
CPRM	Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais
CT-HIDRO	Fundo Setorial de Recursos Hídricos do Ministério da Ciência e Tecnologia
CTPNRH	Câmara Técnica do Plano Nacional de Recursos Hídricos
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EA	Educação Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S. A.
ETAs	Estações de Tratamento de Água
ETEs	Estações de Tratamento de Efluentes
FAPESC	Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina
FAPEU	Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária

FATMA	Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina
FIESC	Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
FLCSA	Floresta Nacional de Chapecó
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GIRH	Gestão Integrada de Recursos Hídricos
GPS	Global Position System
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICEPA	Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina
IGAM/MG	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IPA	Instituto de Pesquisas Ambientais
IQA	Índice de Qualidade das Águas
LAAM	Laboratório de Análise Ambiental
LAC	Levantamento Agropecuário Catarinense
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social
MEC	Ministério da Educação
MI	Ministério da Integração Nacional
Micidades	Ministério das Cidades
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério das Minas e Energia
MTUR	Ministério do Turismo
NBR	Norma Brasileira
NMP	Número Mais Provável
NRCS	Natural Resources Conservation Service
NSF	<i>National Sanitation Foundation</i>
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEA	População Economicamente Ativa
PIB	Produto Interno Bruto
PMC	Prefeitura Municipal de Concórdia
PNAS	Programa Nacional de Águas Subterrâneas
PNEA	Plano Nacional de Educação Ambiental
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
PSAG	Projeto para a Proteção e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani

QI	Coefficiente de Inteligência
RGSG	Rede Guarani/Serra Geral
RH	Região Hidrográfica
SAG	Sistema Aquífero Guarani
SAIG/SG	Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral
SASG	Sistema Aquífero Serra Geral
SAU	Superfície Agrícola Útil
SBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
SDM	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente
SDS	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável
SEPLAN	Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento
SIAGAS	Sistema de Informação de Águas Subterrâneas
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH	Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SRHU	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
THM	Trihalometanos
UnC	Universidade do Contestado
UNOESC	Universidade do Oeste de Santa Catarina
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
VMP	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE QUADROS.....	10
ÍNDICE DE TABELAS.....	11
ÍNDICE DE SIGLAS.....	12
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	21
1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	23
2 JUSTIFICATIVA.....	25
3 OBJETIVOS.....	29
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
4 A ÁREA DE ESTUDO E SUA LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA.....	30
4.1 O SISTEMA JACUTINGA NA HIDROGRAFIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA.....	30
4.1.1 As vertentes do Interior e do Atlântico.....	31
4.1.2 As regiões hidrográficas de Santa Catarina.....	31
4.1.3 A Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe-RH3..	33
4.1.3.1 As águas superficiais da RH3.....	33
4.1.3.2 As águas subterrâneas da RH3.....	35
4.1.3.3 A pluviosidade.....	37
4.2 O SISTEMA HIDROGRÁFICO JACUTINGA.....	41
4.2.1 As sub-bacias do Sistema Jacutinga.....	43
4.3 A BACIA DO RIO JACUTINGA.....	47
4.3.1 O solo.....	48
4.3.2 O Relevo.....	50
4.3.3 A vegetação.....	50
4.3.4 O uso da terra na bacia do rio Jacutinga.....	53
4.3.5 As Áreas de Preservação Permanente – APPs.....	58
4.3.6 Os benefícios da floresta.....	64
4.3.7 A estiagem.....	65
4.3.8 Os fatores de poluição na bacia do Rio Jacutinga.....	70
4.3.8.1 A pecuária intensiva.....	76
5 ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	83
5.1 A GESTÃO INTEGRADA DA ÁGUA.....	83
5.2 AS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	88
5.2.1 Classificação e enquadramento de águas superficiais..	88
5.2.2 A importância da proteção das nascentes.....	90

5.3. AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	91
5.3.1 Classificação e enquadramento de águas subterrâneas.....	97
5.3.2 A qualidade das águas subterrâneas.....	99
5.4 EDUCAÇÃO E AÇÃO SUSTENTÁVEL.....	100
5.4.1 A Capacitação em Recursos Hídricos.....	104
6 AS CATEGORIAS DE ANÁLISE.....	106
6.1 A COMPREENSÃO DO ESPAÇO.....	107
6.1.1 Espaço como sistema.....	108
6.1.2 Formação socioeconômica do espaço.....	109
6.1.3 Espaço e geossistema.....	110
6.1.4 Noções de região e de território.....	112
7 METODOLOGIA DE TRABALHO.....	114
7.1 ÁREA DE ESTUDO.....	114
7.2 MATERIAIS.....	116
7.3 ATIVIDADES DE CAMPO.....	116
7.3.1 Procedimentos Metodológicos.....	119
8 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	122
8.1 A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	122
8.2 OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO JACUTINGA.....	124
8.2.1 As características físicas das águas subterrâneas.....	127
8.2.2 As características químicas das águas subterrâneas....	129
8.2.3 As características biológicas das águas subterrâneas...	145
8.2.4 Discussão dos dados sobre qualidade das águas subterrâneas.....	146
8.2.5 Conclusão e recomendações.....	151
8.3 OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO JACUTINGA.....	152
8.3.1 As características físicas das águas superficiais.....	156
8.3.2 As características químicas das águas superficiais.....	160
8.3.3 As características biológicas das águas superficiais....	169
8.3.3.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	171
8.3.3.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	172
8.4 INDICADORES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO JACUTINGA.....	174
8.4.1 O IQA da bacia do rio Jacutinga.....	175
8.4.2 Discussão dos dados sobre as águas superficiais.....	181
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	187
GLOSSÁRIO.....	192

REFERÊNCIAS.....	194
APÊNDICES.....	214
A POÇOS PROFUNDOS AMOSTRADOS.....	215
B QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – 2ª AMOSTRA EM 7 POÇOS PROFUNDOS.....	239
C PLUVIOSIDADE EM CONCÓRDIA DE 1987 A 2012...	241
D CARACTERÍSTICAS DO SOLO NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	243
E NORMATIZAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS.....	246
F RECURSOS HUMANOS, EQUIPAMENTOS E MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA OS TRABALHOS DE CAMPO, NA COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA DE POÇOS PROFUNDOS.....	250

RESUMO

A bacia hidrográfica do Rio Jacutinga integra a Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe (RH3), na região Oeste de Santa Catarina. Está situada na província hidrogeológica do Paraná, sobre aquífero fissural da Formação Serra Geral (SASG), em área do bioma Mata Atlântica. A bacia é caracterizada pela criação intensiva de suínos e aves, base da indústria de alimentos, e dá sustentação a um parque agroindustrial altamente competitivo. A suinocultura catarinense é reconhecida pela sua produtividade, participando com aproximadamente 30% das exportações brasileiras do setor (IBGE, 2011). Atividade potencialmente poluidora, a suinocultura é considerada por diversos autores como a principal responsável pelo comprometimento da qualidade da água no Oeste de Santa Catarina (SC/SDM, 1997; LINDNER, 1999; GUIVANT e MIRANDA, 2004), em decorrência da densidade de animais (+ de 300 suínos/km²), do volume de efluente aí produzido, e da inexistência de área agricultável suficiente para a aplicação deste nutriente como fertilizante. Os indícios de degradação dos corpos hídricos superficiais e a ocorrência de estiagens, fez aumentar a perfuração de poços profundos, e os riscos de poluição dos mananciais subterrâneos. A caracterização físico-química e microbiológica de uma amostra de água oriunda de 23 poços profundos e 11 pontos superficiais foi o instrumento de análise dos usos da terra, com vistas a ampliar a percepção para a importância da gestão do território na manutenção da qualidade dos recursos hídricos, na sustentabilidade ambiental e na saúde da população. Nas análises de qualidade da água subterrânea, constatou-se amostras com os parâmetros coliformes totais e termotolerantes, turbidez, ferro, fósforo e manganês em desconformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2.914 (BRASIL/MS, 2011), indicando a necessidade de monitoramentos sistemáticos e novos estudos, em virtude dos riscos decorrentes dessa situação para a saúde pública. Nas amostras de águas superficiais, evidenciou-se a presença de turbidez, manganês, nitrogênio total, ferro total, sólidos suspensos e totais, DQO e fósforo em um número significativo de amostras, além de coliformes totais, coliformes termotolerantes e DBO em 100% das amostras analisadas. O Índice de Qualidade das Águas superficiais (IQA) calculado segundo a *National Sanitation Foundation* (NSF), resultou em valores entre 26 e 51, com classificação *ruim* para 10 amostras da água superficial analisada, e apenas uma amostra com classificação aceitável, evidenciando restrições ao uso desse manancial no abastecimento público (CONAMA 357/2005).

Palavras-chave: Qualidade de água, água subterrânea, bacia hidrográfica, suinocultura, uso da terra.

ABSTRACT

The watershed of the Jacutinga River integrates the Hydrographical Region from Vale do Rio do Peixe (HR3) into the western Santa Catarina. It is located in the hydrogeological province of Paraná, on the fractured aquifer of *Formação Serra Geral* (WSSG) in area of the Atlantica Forest biome. The basin is characterized by the intensive farming of pigs and poultry, the base of the food industry, and it sustains a highly competitive agroindustrial park. The catarinense pig farming is recognized for its productivity, accounting for approximately 30% of the Brazilian exports in the sector (IBGE, 2011). Potentially polluting activity, pig farming is considered by several authors as the main responsible for the jeopardy of the water quality in western Santa Catarina (SC/SDM, 1997; LINDNER, 1999; GUIVANT e MIRANDA, 2004), due to the animals' density (over 300 pigs/km²), the volume of effluent produced there, and also due to the lack of arable land sufficient for the application of this nutrient as fertilizer. The degradation evidence of the surface water bodies and the occurrence of droughts increased the drilling of deep wells, and the risks of pollution of the subterranean sources. The physicochemical and microbiological characterization of a sample of water coming from 23 deep wells and 11 surface points was the instrument of analysis of land uses, in order to broaden the perception of the importance of territory management in the maintenance of the quality of water resources, environmental sustainability and of the population's health. In the analyses of subterranean water quality, samples with the total and thermotolerant coliforms parameters, turbidity, iron, phosphorus and manganese in disagreement with the potability standards established by Ordinance 2.914 (BRASIL/MS, 2011) were found, indicating the need for systematic monitoring and new studies, because of the risks arising from this situation to the public health. In the surface water samples, the presence of turbidity, manganese, total nitrogen, total iron, total and suspended solids, OQD and phosphorus in a significant number of samples were found, in addition, total coliform, thermotolerant coliform and OBD in 100% of the samples analyzed. The Index of the surface Water Quality (IWQ) calculated according to the National Sanitation Foundation (NSF), resulted in values among 26 and 51, with bad rating for ten surface water samples analyzed, and only one sample with an acceptable rating, showing restrictions to the use of this source in the public supply (CONAMA 357/2005).

Keywords: water quality, subterranean water, watershed, pig farming, land use.

O espaço é a acumulação desigual de tempos...

Milton Santos

INTRODUÇÃO

O homem não pode participar ativamente na história, na sociedade, na transformação da realidade, se não é auxiliado a tomar consciência da realidade e de sua própria capacidade para transformá-la.

Paulo Freire

O desafio de pesquisar a qualidade da água pressupõe apreender os sentidos dos fazeres humanos na ocupação do espaço, e ampliar a ressignificação do conhecimento, de modo a despertar um olhar mais cuidadoso sobre a natureza, os usos que fazemos dela e as conseqüências desses usos, na construção de sociedades sustentáveis.

Segundo Milton Santos (2001), no documentário *Por uma outra Globalização*, a “Geografia é movimento”, em contradição às estruturas históricas que se colocam aos homens, com o propósito de subvertê-los a abandonar a utopia de construir um outro mundo possível. Essa construção, segundo o autor, só parece ser uma *utopia* enquanto não nos sentirmos capazes de assumir o desafio de construí-la.

A importância de repensar a organização do espaço e o uso da terra aponta para a necessidade de um reordenamento dos processos socioeconômicos. Neste sentido, a Organização das Nações Unidas, por meio da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, formulou princípios orientadores para as relações entre o Estado e a sociedade, adotando o princípio ético de que o desenvolvimento econômico privado não deve inviabilizar a sobrevivência humana.

Loureiro (2000), argumenta que é na radicalidade dos processos de transformações recíprocas e simultâneas dos indivíduos e da sociedade, que se constroem novas relações entre sociedade e natureza.

As relações sociais envolvem não só interações entre indivíduos, grupos ou classes sociais, mas compreendem as relações desses com a natureza. Logo, pensar a transformação da natureza implica refletir acerca da transformação do indivíduo, sendo esta mudança constituída em cada fase da existência social. O modo como nos inserimos em um ambiente é essencialmente um conjunto de relações sociais, portanto, uma alteração radical nestas relações depende de uma mudança

estrutural da sociedade em questão (LOUREIRO, 2000, p.16).

Transformações sociais significativas, contudo, precisam ser construídas com o envolvimento da sociedade. As intervenções humanas no ambiente devem assegurar condições de saúde e sustentabilidade, e a qualidade da água disponibilizada ao abastecimento público é fator determinante ao desenvolvimento social e econômico.

A degradação da qualidade da água resulta em custos sociais e econômicos, além de vulnerabilidades à saúde pública. Identificar as características físico-químicas e microbiológicas das águas utilizadas no abastecimento público é a forma mais adequada de assegurar as informações necessárias à formulação de políticas públicas, e de evitar o consumo de águas inapropriadas. Além disso, pode fornecer parâmetros para as intervenções humanas no espaço, tanto no sentido de minimizar os eventos de poluição e preveni-los, quanto no sentido de proporcionar condições para um melhor planejamento de uso do território.

1 PROBLEMA DE PESQUISA

A bacia hidrográfica do rio Jacutinga no Oeste do Estado de Santa Catarina constitui área onde predominam as atividades agropecuárias intensivas, as quais fornecem a matéria prima para as agroindústrias de alimentos, além de reflorestamentos com espécies exóticas, que abastecem a produção de madeira e a indústria de papel e celulose. Essa bacia está situada sobre aquífero fissural da Formação Serra Geral (SASG), ocorrendo eventos de escassez hídrica ao longo do ano hidrológico, erosão do solo com acúmulo de sedimentos em suspensão nos corpos hídricos superficiais, inundações pontuais e dúvidas sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

As dúvidas sobre a qualidade das águas de abastecimento público de origem superficial, e mesmo das condições de qualidade das águas subterrâneas nessa área, decorrem do uso dos efluentes da pecuária intensiva aí praticada, das formas de uso da terra, do uso de agrotóxicos e da destinação de resíduos industriais, domésticos e urbanos.

Sobre a qualidade das águas subterrâneas, há um quase consenso popular de que elas estejam fora do alcance da degradação superficial e, portanto, livres de contaminação pelos agentes acima relacionados, constituindo-se em fonte de água de boa qualidade.

A carência de estudos e de monitoramento da qualidade físico-química e microbiológica das águas da bacia do rio Jacutinga, porém, explica a ênfase de nossos estudos para identificação dos parâmetros mais relevantes a serem caracterizados em águas de consumo humano, com vistas a identificar fatores de risco à saúde pública.

Ao amostrar a qualidade da água na bacia hidrográfica em estudo, busca-se identificar as possíveis relações entre a qualidade das águas e os usos da terra, bem como os possíveis riscos de degradação desses mananciais, além de produzir dados relevantes para a gestão integrada dos recursos hídricos e ambientais nesse espaço.

Se os poluentes presentes na água de consumo humano forem identificados, será possível realizar intervenções no sentido de restringir usos inadequados, evitar riscos à saúde da população, amenizar ou evitar a incidência de doenças, indicar ações para a implementação de remediação desses problemas, além de atuar sobre as fontes causadoras de poluição e contaminação no sentido de corrigi-las.

Diante do exposto, algumas questões se apresentam:

- 1) Qual a importância do uso da terra na qualidade das águas?

2) Qual a influência da pecuária intensiva sobre a qualidade da água?

A carência de informações sobre a qualidade físico-química e microbiológica das águas de abastecimento público pode colocar a saúde da população em risco. E os fatores de risco precisam ser identificados, para que possam ser devidamente monitorados.

Conhecer as características da água pode indicar alternativas de cuidado no sentido de preservá-la e evitar sua degradação. Da mesma forma, permite ampliar a compreensão para as ações de prevenção possíveis de serem realizadas pelo poder público, com vistas a preservar condições de sustentabilidade e cidadania.

2 JUSTIFICATIVA

As grandes províncias hidrogeológicas brasileiras estão definidas, porém os aquíferos carecem ainda de caracterização em suas interrelações com as águas superficiais e com o uso da terra, de forma que o uso das águas e a sua conservação sejam coerentes com a qualidade e potabilidade requeridas para o abastecimento público, em conformidade com as Resoluções Conama 357/2005 e 396/2008, a Lei 9.433/1997 e a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

A identificação das condições de potabilidade das águas para consumo humano só será útil, porém, quando acompanhada de comunicação ao público, e de orientação para sua gestão eficaz.

Estudos assinalam a importância de se avaliar os recursos hídricos no contexto das bacias hidrográficas, com ênfase aos indicadores de consumo, de demanda, dos impactos provenientes dos processos produtivos e das formas de uso da terra.

Entre os fatores que merecem atenção na área de abrangência da bacia do rio Jacutinga cabe destacar: as emissões atmosféricas e a poluição hídrica geradas pelo uso intensivo dos resíduos da avicultura e dos dejetos suínos na fertilização agrícola, o uso intenso de agrotóxicos, a destinação de resíduos urbanos e industriais, as formas de uso da terra, a supressão de vegetação ripária/ciliar, e a substituição de florestas nativas pelo monocultivo de espécies exóticas, especialmente em áreas com restrição para essas práticas, como topos de morros e encostas com declividade acentuada.

A crescente demanda por recursos hídricos na área de abrangência do Sistema Jacutinga (Bacia do rio Jacutinga e Contíguas), está a indicar a necessidade de planejamento e gestão integrada dos recursos ambientais, o que implica por sua vez, na produção de informação para a tomada de decisão, tanto pelos gestores públicos como pela iniciativa privada.

Carlos Walter Porto Gonçalves em *Os (Des)Caminhos do Meio Ambiente* (1989) aponta para a urgência de um melhor desvelamento das causas da degradação das condições de vida das populações. Esse autor questiona a separação homem-natureza enquanto característica marcante do pensamento ocidental em detrimento de outras formas de pensamento e práticas sociais, embora os considere enquanto processo histórico passado e meio para melhor compreender o momento presente.

Toda a situação de degradação ambiental representa um arcabouço de escolhas e interesses que precisam ser repensados, por

constituírem o componente essencial no planejamento e gestão do território e dos recursos ambientais. Para o geógrafo Marcelo Lopes de Souza (2000, p.113), “numa sociedade desigual como a nossa, o comando dos processos de degradação ambiental, bem como os ganhos decorrentes desses processos, são concentrados por alguns indivíduos, enquanto seus impactos sociais negativos afetam outras parcelas da população”. Ainda segundo o autor, a degradação ambiental constitui:

O solapamento da qualidade de vida de uma coletividade na esteira dos impactos negativos exercidos sobre o ambiente - que tanto pode ser o ‘ambiente natural’ ou os recursos naturais quanto o ambiente construído, com seu patrimônio histórico-arquitetônico, seu valor simbólico-afetivo, etc – por fenômenos ligados à dinâmica e à ‘lógica’ do modelo civilizatório e do modo de produção capitalistas (SOUZA, 2000, p. 113).

Nesta perspectiva, o que caracteriza a degradação ambiental não será exclusivamente uma modificação mesmo que violenta do ambiente natural, mas suas consequências na qualidade de vida humana. Um bom ambiente propicia que as pessoas possam levar vidas longas, saudáveis e plenas (UICN², 1991, *apud* SCHEIBE, 2004).

Sabe-se que, originalmente, quase toda a área de abrangência da Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe (RH3) era coberta ao norte com Floresta Ombrófila Mista e campos, e ao sul, nas áreas mais próximas ao rio Uruguai, com Floresta Estacional Decidual (SC/SEPLAN, 1991). Na atualidade, porém, é área de criação intensiva de suínos e aves, com fortes indícios de sobrecarga desse sistema produtivo, resultando em degradação de corpos hídricos superficiais, secamento de poços profundos e dúvidas sobre a qualidade das águas subterrâneas (MIRANDA, 2005; MARCHESAN, 2007).

Considerando a situação atual dos recursos hídricos na área de abrangência da Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe (RH3) identificada em diversos autores (LINDNER, 1999; FREITAS *et al*, 2003; MIRANDA, 2005; SCHEIBE, 2006; MARCHESAN, 2007), nossa pesquisa desenvolveu estudos no sentido de analisar essas informações no contexto sócio-histórico de uso da terra, e produzir elementos para uma melhor compreensão das relações entre as formas

² União Internacional para a Conservação da Natureza. **Cuidando do Planeta Terra**: uma estratégia para o futuro da vida. Rio de Janeiro: UICN, 1991.

de uso da terra e as características de qualidade e potabilidade dos recursos hídricos.

Nessa área de abrangência da RH3, nossa pesquisa limitou-se ao estudo da bacia do Rio Jacutinga, uma das sub-bacias que compõem o Sistema Jacutinga.

Em decorrência da crescente demanda por águas subterrâneas, estas precisam ser alvo de pesquisas e caracterização físico-química e microbiológica, no sentido de assegurar a adoção de medidas de prevenção à contaminação. O aumento da demanda acaba por gerar riscos e vulnerabilidades que poderiam ser evitados com ações adequadas de planejamento, gestão e outorga de uso.

A superexploração de águas subterrâneas pode resultar em inúmeros impactos negativos que vão desde o rebaixamento do nível potenciométrico, a subsidência do terreno, a redução do volume de água que abastece rios, o secamento de nascentes, fontes, olhos d'água e poços, além do esgotamento de reservatórios estratégicos. O secamento de poços tem levado ao abandono e/ou tamponamento desses empreendimentos, e ao seu uso de forma inadequada, gerando vulnerabilidades aos reservatórios subterrâneos de água (REBOUÇAS, 1994; FOSTER & HIRATA, 1993; FOSTER *et al.*, 2006; HIRATA, 2008).

A contaminação das águas subterrâneas porém, pode ser resultado de diversas ações que vão desde a existência de redes de esgotos domésticos e industriais inadequadamente instaladas, lixões, uso intensivo de agrotóxicos, disposição de efluentes da pecuária, indústria e de aglomerados urbanos, etc. Da mesma forma, a construção de poços profundos em desconformidade com as normas técnicas, constitui fator de vulnerabilidade. E ainda, poços improdutivos abandonados sem a adequada vedação, ou utilizados como sumidouro de resíduos, representam risco para a qualidade da água (FOSTER & HIRATA, 1993; REBOUÇAS, 1994; FOSTER *et al.*, 2006; HIRATA, 2008), podendo comprometer os mananciais atingidos.

Embora o domínio das águas subterrâneas no Brasil seja de caráter estadual, a gestão integrada desse recurso mostra-se necessária pelo fato de os aquíferos muitas vezes extrapolarem os limites das bacias hidrográficas, dos estados e dos países, requerendo mecanismos de articulação entre os entes envolvidos, além da parceria com os municípios, pois estes são os responsáveis pela política de uso e ocupação do solo, que tem relação direta com a proteção das águas subterrâneas.

As águas subterrâneas integram o ciclo hidrológico, sendo de grande relevância na regularização dos corpos hídricos superficiais. Essas águas normalmente apresentam originalmente elevado padrão de qualidade físico-química e bacteriológica, constituindo importante reserva estratégica no atendimento das demandas hídricas.

Assim, a necessidade de ampliar o conhecimento sobre os fatores de risco e vulnerabilidade para os recursos hídricos, justifica a importância desse estudo sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas na bacia do Rio Jacutinga, pela sua interface com o uso da terra e com a caracterização sócio-econômica do território, e por trazer à reflexão as complexas relações homem-natureza, promovendo um olhar sistêmico sobre as ações e intervenções humanas no espaço que ocupa na natureza, na perspectiva de evidenciar as relações e implicações desses fazeres sobre a qualidade ambiental e a saúde humana.

3 OBJETIVOS

O objetivo principal da pesquisa é caracterizar aspectos ambientais e econômicos da área de abrangência da sub-bacia do rio Jacutinga, como subsídio para identificar as implicações do uso da terra na qualidade das águas superficiais e subterrâneas e, por consequência, nas condições de saúde e de vida das populações que aí vivem.

A hipótese de pesquisa está embasada na possibilidade de degradação dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos, em decorrência dos usos da terra, da pecuária, da criação intensiva de suínos e aves, e da destinação *in natura* de resíduos e efluentes industriais e urbanos, enquanto elementos ou fatores de risco e vulnerabilidade para a qualidade da água e a gestão dos recursos hídricos.

A pesquisa está inserida no projeto Rede Guarani/Serra Geral (RGSG), meta 1, componente 1, de avaliação de vulnerabilidade e levantamento de dados sobre uso da terra e a degradação nas bacias hidrográficas da área de abrangência do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.1.1 Caracterizar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos na sub-bacia do rio Jacutinga.
- 3.1.2 Identificar as características físico-químicas e microbiológicas de uma amostra representativa da água de poços profundos, da área de abrangência da sub-bacia do rio Jacutinga.
- 3.1.3 Identificar as características físico-químicas e microbiológicas das águas superficiais do rio Jacutinga, por meio de amostras coletadas ao longo do leito do rio principal e na foz de alguns de seus principais afluentes.

A ampliação do conhecimento tem a função social de instrumentalizar as populações para o manejo dos recursos ambientais e a conservação da sua qualidade, fornecendo subsídios para a gestão integrada dos recursos hídricos com a gestão ambiental, de forma a viabilizar um desenvolvimento econômico em parâmetros coerentes com a sustentabilidade.

4 A ÁREA DE ESTUDO E SUA LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A área de abrangência do Sistema³ Jacutinga é composta por um conjunto de bacias contribuintes do rio Uruguai. O rio principal desse conjunto é o rio Jacutinga, cuja bacia constitui a área de abrangência desse estudo.

4.1 O SISTEMA JACUTINGA NA HIDROGRAFIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA

Esse conjunto de bacias está localizado na Região Sul do Brasil, no Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina e, juntamente com a bacia do Rio do Peixe, compõe a Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe ou RH3 (Figura 01).

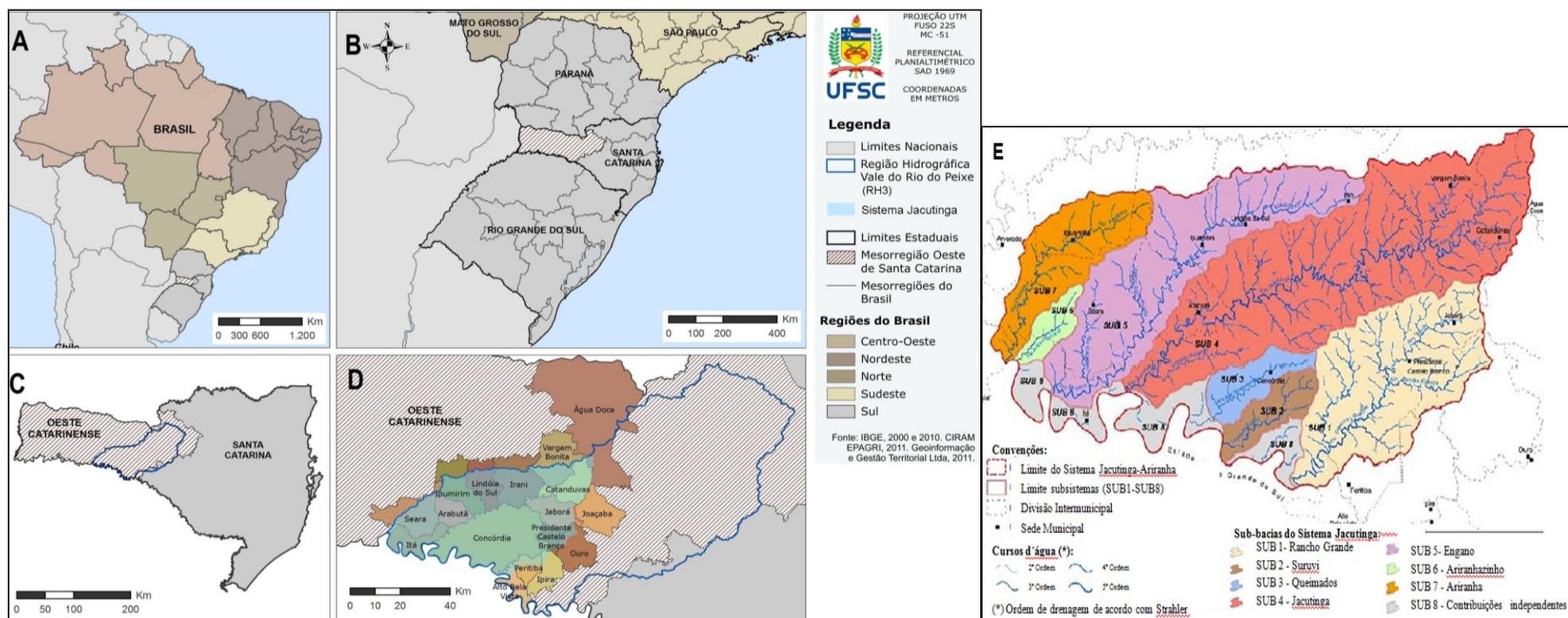


Figura 01: Localização do Sistema Jacutinga. A) Regiões do Brasil. B) Região Sul do Brasil. C) Região Oeste Catarinense e Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe (RH3). D) Os municípios abrangidos pelo Sistema Jacutinga no Meio-Oeste de Santa Catarina. E) O Sistema Jacutinga e suas sub-bacias hidrográficas.

Fonte: Instituto Heráclito, Geoinformação e Gestão Territorial Ltda, 2011, a pedido da Autora.

³ Sistema: Conjunto de elementos naturais, materiais, técnicos e humanos entre os quais se possa encontrar alguma relação, ou que funcione como estrutura. Conjunto de bacias hidrográficas com características similares, estruturada sob o gerenciamento de um único Comitê Gestor.

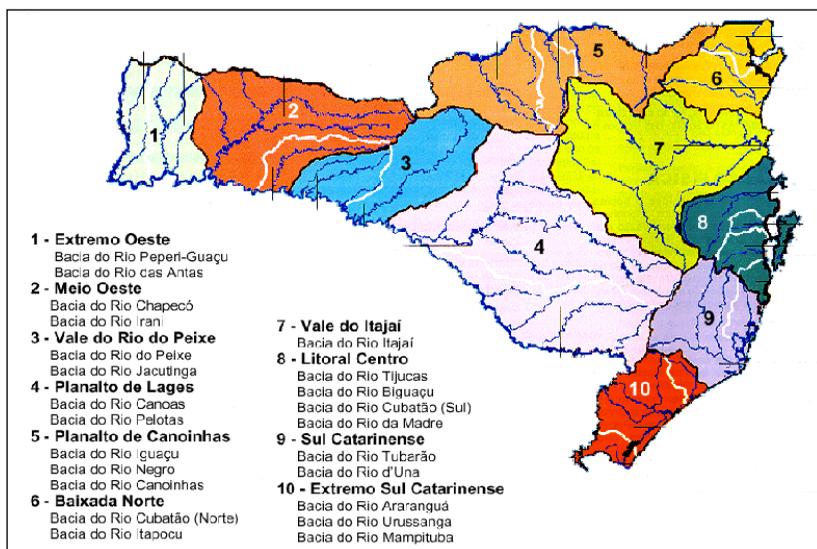


Figura 03: Divisão do Estado de Santa Catarina em 10 Regiões Hidrográficas.
Fonte: FREITAS *et al.*, 2003.

Esta divisão considerou a necessidade de racionalizar ações no gerenciamento dos recursos hídricos (Tabela 01).

RH	REGIÃO GEOGRÁFICA	BACIAS HIDROGRÁFICAS	ÁREA Km ²	%
RH1	Extremo Oeste	Peperi-Guaçu e das Antas	5.962	6
RH2	Meio Oeste	Chapecó e Irani	11.064	12
RH3	Vale do Rio do Peixe	Peixe e Jacutinga	8.198	9
RH4	Planalto de Lages	Canoas e Pelotas	22.808	24
RH5	Planalto de Canoinhas	Iguaçu, Negro e Canoinhas	11.058	12
RH6	Baixada Norte	Cubatão e Itapocu	5.138	5
RH7	Vale do Itajaí	Itajaí-Açu	15.111	15
RH8	Litoral Centro	Tijucas, Biguaçu, Cubatão do Sul e Madre	5.824	6
RH9	Sul Catarinense	Tubarão e D'uma	5.991	6
RH10	Extremo Sul Catarinense	Araranguá, Urussanga e Mampituba	4.840	5
ÁREA TOTAL			95.994	100

Tabela 01: A área das Regiões Hidrográficas do Estado de Santa Catarina.
Fonte: SC/SDS, 2006.

Considerou também as características físicas (geomorfologia, geologia, hidrologia, relevo, solo), geográficas (área, divisão municipal, divisão de bacias), sócio-econômicas (população, economia, estrutura fundiária), associativas e municipais, além do fato de as bacias hidrográficas apresentarem pequenas dimensões e relativa homogeneidade (SC/SDM, LEI N° 10.949/1998).

4.1.3 A Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe – RH3

A RH3 do Estado de Santa Catarina é composta pelas bacias do rio do Peixe e do Sistema Jacutinga. Abrange uma área de 8.198 km², equivalente a 9% da superfície do Estado. A área do Sistema Jacutinga é composta por um conjunto de sub-bacias contíguas, contribuintes do rio Uruguai. A principal sub-bacia deste conjunto é a do rio Jacutinga (sub-bacia 4), que dá nome à região hidrográfica de planejamento de recursos hídricos, e ao seu respectivo Comitê Gestor, o Comitê do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas.

Duas associações de municípios atuam na área de abrangência da RH3: a Associação dos Municípios do Meio-Oeste Catarinense (AMMOC), com sede em Joaçaba (mais ligada ao vale do rio do Peixe), e a Associação dos Municípios do Alto Uruguai Catarinense (AMAUC), com sede em Concórdia (que abrange principalmente a bacia do rio Jacutinga e contíguas). Ambas desempenham papel significativo como articuladoras no processo de gestão ambiental e dos recursos hídricos.

4.1.3.1 As águas superficiais da RH3

No Meio-Oeste de Santa Catarina, as bacias dos rios do Peixe e Jacutinga representam área crítica de degradação de águas superficiais, relacionadas à criação intensiva de suínos e aves, à agroindústria de alimentos, às indústrias de celulose e papel, frigoríficos, curtumes, pasta mecânica, óleo vegetal e vinho. Essa situação é agravada pelo lançamento de efluentes urbanos diretamente nos rios, e pelo uso de agrotóxicos (SC/SEPLAN, 1991; SC/SDS, 2006).

Como se observa na figura 04, a qualidade das águas superficiais encontra-se, por diversas razões, bastante comprometida.



Figura 04: Qualidade das águas superficiais no Estado de Santa Catarina.
Fonte: SC/SDM, 1997; FREITAS *et al.*, 2003.

Com a degradação dos corpos hídricos superficiais, crescem as demandas por água de boa qualidade e, por consequência, aumenta a perfuração de poços profundos e a exploração de águas subterrâneas.

4.1.3.2 As águas subterrâneas da RH3

A RH3 foi parcialmente abrangida (cerca de 60%) pelos estudos do PROJETO OESTE DE SANTA CATARINA - PROESC/CPRM (FREITAS *et al.*, 2003), que atuou numa área de 22.500 km², equivalente a 23,56% da superfície territorial do Estado de Santa Catarina, em função da crescente demanda hídrica e da carência de mananciais superficiais em condições de qualidade para o abastecimento público.

As principais atividades consumidoras e poluidoras de água na área de abrangência do PROESC são apontadas como sendo a produção intensiva de suínos e aves, a concentração agroindustrial, a produção de papel e celulose, os efluentes urbanos e industriais, os agrotóxicos e o assoreamento dos rios (SC/SDM, 1997).

Na Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe (RH3), o topo do Sistema Aquífero Guarani (SAG) Formação Botucatu encontra-se a profundidades estimadas entre 350 e 800 metros (FREITAS *et al.*, 2003), como pode ser observado na Figura 05.

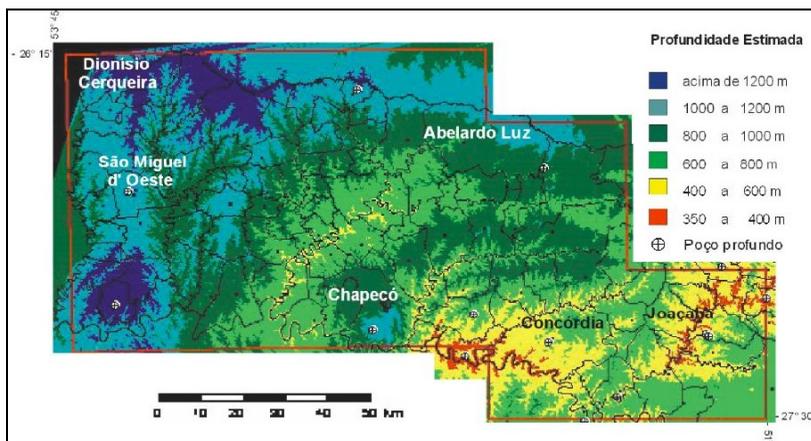


Figura 05: Profundidade estimada do topo da Formação Botucatu, na RH3, área de abrangência do Projeto PROESC.

Fonte: FREITAS *et al.*, 2003.

Mas o principal manancial de águas subterrâneas é o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) (Formação Serra Geral), utilizado no abastecimento público e na dessedentação de animais, base da agroindústria regional de alimentos (IBGE, 2002a).

As áreas mais densamente fraturadas da RH3 encontram-se na Bacia do Rio do Peixe, em Barra Fria/Campos Novos, Ibicaré, Linha Santa Helena/Joaçaba e Alto Bela Vista. Na bacia do Rio Jacutinga, as áreas mais fraturadas estão a norte da cidade de Concórdia (Figura 06).

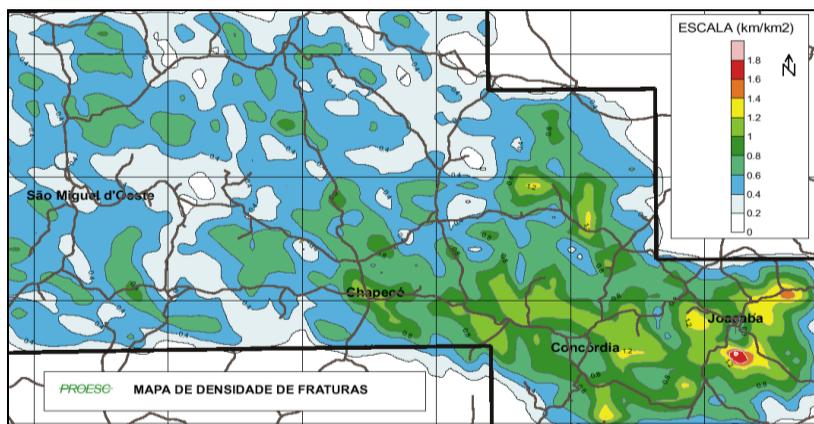


Figura 06: Densidade de fraturas na RH3, área de abrangência do Projeto PROESC.

Fonte: FREITAS *et al.*, 2003.

No Meio-Oeste do Estado de Santa Catarina, especialmente na área de abrangência da RH3, que é caracterizada pela suinocultura intensiva, a Formação Serra Geral apresenta a ocorrência de fraturas geológicas que podem conectá-la diretamente à Formação Botucatu. Até 2002 havia, em toda a área abrangida pelo PROESC, 2.714 poços cadastrados captando águas da Formação Serra Geral, com profundidades de até 750 metros, além de 17 poços que atingiam a Formação Botucatu (FREITAS *et al.*, 2003).

A Figura 07 dá uma ideia da distribuição de poços cadastrados pelo SIAGAS até 2006 em todo o estado, mostrando a grande concentração dos mesmos na região oeste – devido aos esforços de cadastramento do projeto Siagas, da CPRM.

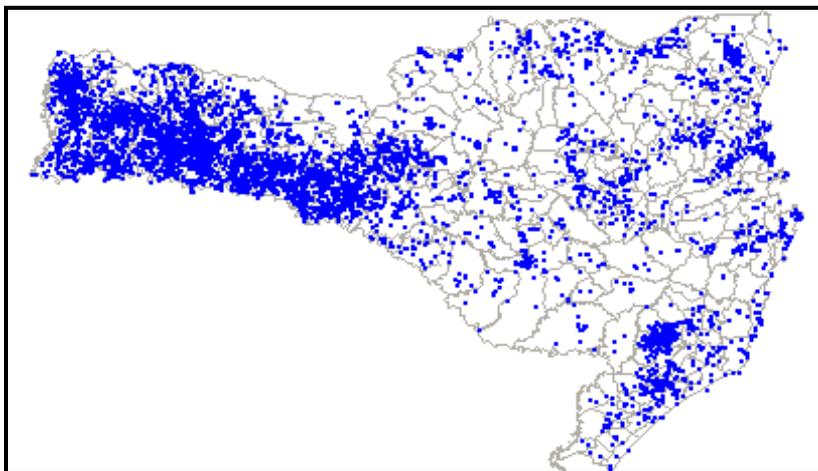


Figura 07: Poços de captação de águas subterrâneas em Santa Catarina.
Fonte: EPAGRI/CIRAM, 2013.

O Sistema Aquífero Serra Geral apresenta característica fissural, e se desenvolve ao longo de fraturas e discontinuidades, tendo sua recarga direta através das chuvas anuais, principalmente em áreas com manto de alteração pouco desenvolvido.

Compreende zonas vesiculares e amigdaloidais de topo de derrame e zonas de disjunção horizontal, feições essas que, quando interceptadas por zonas de fraturas, interconectam-se e podem armazenar grandes volumes de água (NANNI, 2008).

4.1.3.3 A pluviosidade

Dados da década de 1980 evidenciam índices de pluviosidade anuais entre 2.000 e >2.400 mm, com volumes mais significativos a jusante da área de abrangência do Sistema Jacutinga (Figura 08).

À época dos levantamentos realizados pelo Projeto PROESC (2003), as precipitações concentram-se a noroeste, evidenciando uma zona de transição climática do clima subtropical para tropical, e grande influência das massas de ar quentes oriundas da região central da América do Sul, que ao encontrarem massas de ar frias de origem polar sul proporciona a ocorrência de chuvas frontais em altitudes mais elevadas, com precipitações que variam de 1.300 a 2.200 mm anuais (Figura 08.1).

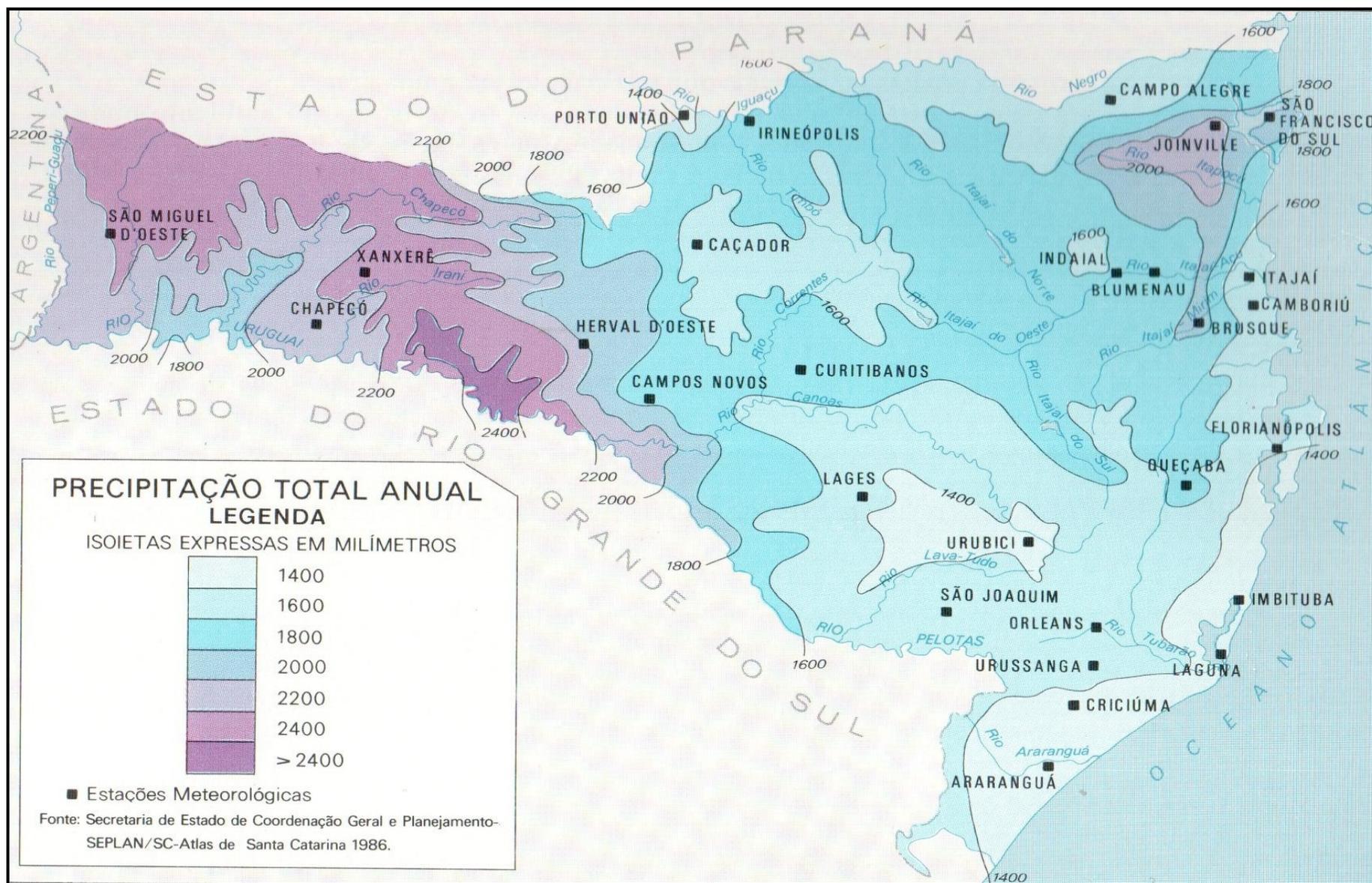


Figura 08: Precipitação média anual em Santa Catarina.
Fonte: SC/SEPLAN, 1991.

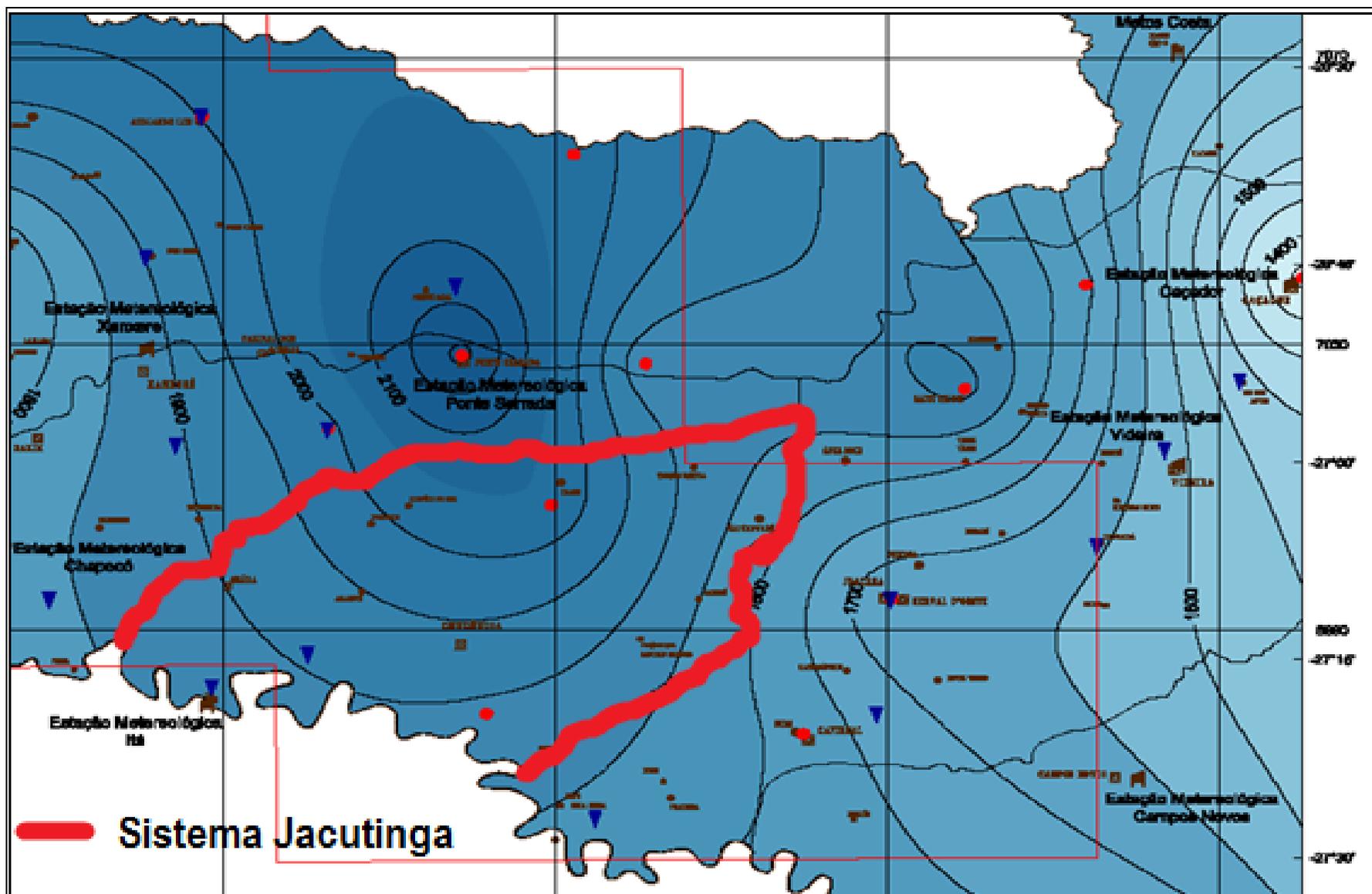


Figura 08.1: Precipitação média anual na área de abrangência do Sistema Jacutinga.
Fonte: FREITAS *et al.*, 2003 (adaptado pela autora).

À primeira vista, não há evidências de deficiência hídrica na área em estudo. Considerando-se os dados de estações pluviométricas do entorno da RH3 (Tabela 02), tem-se uma média pluviométrica de 1873,9 mm anuais.

Código	Nome da Estação	Latitude			Longitude			Altitude (m)	Pluviosidade Média Anual (mm)
		Grau	Min	Seg	Grau	Min	Seg		
	Pluviométrica								
	CAMPINA DA								
2651001	ALEGRIA	-26	52	24	-51	47	47	1.000	1.857,7
2651002	CAÇADOR	-26	46	0	-51	0	0	920	1.800,0
2651040	PONTE SERRADA	-26	51	42	-52	1	9	1.000	2.215,7
2751004	JOAÇABA	-27	10	18	-51	30	1	560	1.653,8
2751011	IRANI	-27	3	4	-51	54	44	1.040	2.039,7
2751012	CAPINZAL	-27	20	32	-51	36	30	498	1.783,8
	USINA CHAPECÓ								
2752003	(FLCSA)	-27	7	0	-52	40	0	500	1.789,8
	CHAPECÓ-								
2752004	AGROPECUARIA	-27	6	0	-52	39	0	400	1.834,0
2752005	CONCÓRDIA	-27	18	52	-51	59	36	600	1.890,5
Média de pluviosidade na área de estudo									1.873,9

Tabela 02: Precipitação Média na área do Sistema Jacutinga e entorno.

Fonte: FREITAS *et al.*, 2003 (adaptado pela autora).

Os dados de monitoramento das precipitações da EMBRAPA Suínos e Aves em Concórdia com abrangência temporal de 26 anos – de 1987 a 2012 - evidenciam uma pluviosidade média anual de 1.853 mm durante esse período, coerente com os dados citados por Freitas *et al.* (2003). A pluviosidade mínima anual aconteceu no ano de 1988, com 1.242 mm, e a máxima em 1998, com 2.454 mm (Figura 08.2).

Considerando-se o período monitorado pela EMBRAPA Suínos e Aves, observa-se que as médias das maiores precipitações mensais ocorrem respectivamente nos meses de outubro (221 mm), janeiro (190 mm) e setembro (182 mm), com precipitações menores nos meses de março (118 mm), agosto (119 mm) e novembro (141 mm), com a linha de tendência das médias anuais apontando para um sensível aumento do volume de precipitações (APÊNDICE C).

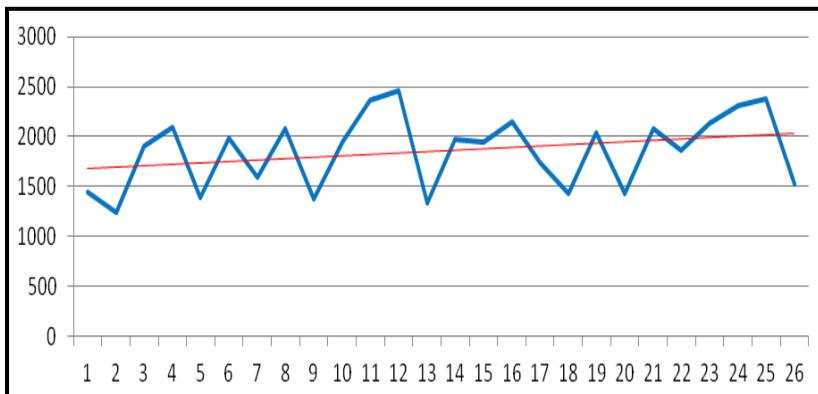


Figura 08.2: Pluviosidade anual em mm (eixo Y) no período de 1987 (1) a 2012 (26 anos) (eixo X) em Concórdia, com linha de tendência.

Fonte: EMBRAPA Suínos e Aves – Concórdia/SC.

Verifica-se também a eventual ausência de precipitações (agosto de 2012) e, neste mesmo mês, o registro de precipitações inferiores a 50 mm, em 07 (sete) dos 26 anos monitorados (APÊNDICE C), indicando escassez hídrica em 27% do período de abrangência desses dados.

Na definição das condições hidrogeológicas de uma região, é indispensável integrar dados de distribuição e intensidade das precipitações, formas de uso e ocupação do meio físico, características de porosidade e permeabilidade das rochas no contexto das bacias hidrográficas, enquanto unidades básicas de planejamento e de gerenciamento dos recursos hídricos (REBOUÇAS, 1994).

4.2 O SISTEMA HIDROGRÁFICO JACUTINGA

O *Sistema Jacutinga* limita-se ao norte e a oeste com a bacia do rio Irani (RH2), a leste com a bacia do rio do Peixe (RH3), e ao sul com a margem direita do rio Uruguai do qual é contribuinte. O rio Uruguai é, na altura do Sistema Jacutinga, o limite entre os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

A área de abrangência do *Sistema Jacutinga* não é coincidente com o território referente a apenas uma unidade de planejamento, gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, ou seja, encontra-se a referida área em desacordo com o conceito clássico de bacia hidrográfica e, mesmo com a definição expressa no Art. 4º da Lei Estadual 10.949/1998

de que “considerar-se-á bacia hidrográfica a área geográfica de contribuição de um determinado curso de água”; a denominação “Bacia do Rio Jacutinga” constitui um termo técnico para remeter à área de abrangência de gestão e planejamento do Comitê do Rio Jacutinga. Embora não haja um único exutório para a área de abrangência do Sistema Jacutinga, esse conjunto de bacias (SUB1 a SUB8) comunga interesses e similaridades.

A denominação *Sistema Jacutinga* compreende o somatório das áreas de drenagem e cursos fluviais da bacia hidrográfica do rio Jacutinga e bacias Contíguas, num total de oito sub-bacias: do Rio Rancho Grande, Rio Suruvi, Rio dos Queimados, Rio Engano, Rio Ariranhazinho, Rio Ariranhã e contribuições independentes formadas por diversas pequenas bacias que contribuem diretamente para o mesmo trecho do rio Uruguai, entre os municípios de Peritiba e Paial em SC (51° 57.579'O a 52° 33.138'O).

Dos 18 municípios da área de atuação do Comitê do Rio Jacutinga, apenas 10 compartilham a área desta bacia (SUB4). Destes, três pertencem à AMMOC e sete à AMAUC (Quadro 01).

Nº	Municípios	Associação dos Municípios	Área do Município (km ²)	Área na bacia do Jacutinga (km ²) (1)	População (hab) (IBGE, 2010) (2)	Dens. Dem. (hab/km ²) IBGE, 2010
01	Água Doce	AMMOC	1.313,020	13,13	6.961	5,30
02	Arabutã	AMAUC	132,232	53,49	4.193	31,71
03	Catanduvas	AMMOC	198,034	198,03	9.555	48,25
04	Concórdia	AMAUC	797,264	239,18	68.621	86,07
05	Ipumirim	AMAUC	247,067	56,83	7.220	29,22
06	Irani	AMAUC	327,049	163,52	9.531	29,14
07	Itá	AMAUC	165,463	28,13	6.426	38,84
08	Jaborá	AMAUC	191,119	80,27	4.041	21,14
09	Lindóia do Sul	AMAUC	188,636	71,68	4.642	24,49
10	Vargem Bonita	AMMOC	298,611	98,54	4.795	16,05
TOTAL			3.858,50	1.002,8	125.983	

Quadro 01 – Municípios que localizam-se na bacia do Rio Jacutinga.

Fonte: IBGE, 2010.

(1) Área dos municípios inserida na bacia do Rio Jacutinga obtida pelo cruzamento matricial (raster) dos Planos de Informações “divisão intermunicipal” (escala 1:250.000) com o “limite da bacia do rio Jacutinga” (sem escala).

(2) Contagem da população total do município (IBGE, 2010). Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em 21/01/2013.

O nome *Sistema Jacutinga* é coerente com a nomenclatura da divisão hidrográfica do Estado, e atende às orientações da Resolução CERH N° 001/2002, que considera o rio Jacutinga como um dos dezoito rios principais de Santa Catarina. Este fato fundamentou a criação, em 2003, de um Comitê de Gerenciamento de Recursos Hídricos nesta área, o Comitê do Rio Jacutinga e Bacias Contíguas, com atuação em 18 municípios (Água Doce, Alto Bela Vista, Arabutã, Arvoredo, Catanduvas, Concórdia, Ipira, Ipumirim, Irani, Itá, Jaborá, Lindóia do Sul, Paial, Peritiba, Presidente Castello Branco, Seara, Vargem Bonita e Xavantina), e composta por partes de duas Regiões Hidrográficas (RH2 e RH3).

É importante considerar que dos 125.983 habitantes desses municípios, a sensível maioria está localizada fora da área de abrangência da bacia do rio Jacutinga (SUB4). Apenas as áreas urbanas de Arabutã, Vargem Bonita e Catanduvas estão dentro dos limites dessa bacia. A cidade com o maior volume populacional é Concórdia, localizada na bacia do rio dos Queimados (SUB3).

4.2.1 As sub-bacias do Sistema Jacutinga

Conforme Decreto N°. 652 de 03 de setembro de 2003 (SC/SDS, 2003), a área do Sistema Jacutinga é composta por 8 sub-bacias assim identificadas segundo IBGE (1992):

SUB1 – RIO RANCHO GRANDE: Com área de drenagem de aproximadamente 503,8 km², constituída pela bacia do rio Rancho Grande, e seus afluentes oriundos dos municípios de Jaborá, Concórdia, Ouro, Presidente Castello Branco, Ipira, Peritiba e Alto Bela Vista. Os principais rios constituintes do SUB1 são: Rio Rancho Grande, Lajeado Águas Belas, Lajeado São Luís ou Elisário, Lajeado Dois Irmãos, Arroio Caetano, Lajeado Cento e Sete, Rio Bonito, Arroio Lajeano, Lajeado Taquaral, Arroio Periquito, Arroio do Tigre, Lajeado São Pedro, Arroio Gumercindo, Arroio do Medeiros, Arroio Luciano, Rio Pinhal, Arroio Canhada Funda, Arroio do Sertão, Arroio do Carneiro, Arroio Honorato (IBGE/FOLHA JOAÇABA, 1992).

SUB2 – RIO SURUVI: Com área de drenagem aproximada de 84,5 km², constituída pela bacia do rio Suruvi, está totalmente inserido no município de Concórdia. Seus afluentes principais são: Lajeado do Este,

Ribeirão do Gaspar, Arroio Tamanduá, Lajeado Dente de Ouro, Lajeado do Barbaquá, Lajeado Chico Velho, Lajeado dos Cedros, Lajeado Lageano, Lajeado Barra Bonita, Lajeado Dois Saltos (IBGE/FOLHA JOAÇABA E CONCÓRDIA, 1992).

SUB3 – RIO DOS QUEIMADOS: Constituído pela bacia do rio dos Queimados, com extensão de 32 km e área de drenagem aproximada de 90,2 km², totalmente inserido no município de Concórdia. Seus principais afluentes são: Lajeado Abraão, Lajeado do Claudino, Lajeado do Sabão, Lajeado do Curtume, Lajeado do Tigre Velho, Lajeado Salvador, Lajeado Quintino, Lajeado Guarani, Lajeado Olímpio, Lajeado do Diomedes, Lajeado Capoeira e Lajeado Cruzeiro. É a bacia que comporta a maior núcleo de adensamento populacional, representado pela cidade de Concórdia, e o corpo hídrico superficial mais comprometido pela degradação (IBGE/FOLHA CONCÓRDIA, 1992; PMC, 2009).

SUB4 – RIO JACUTINGA: com área de drenagem aproximada de 1002,8 km², é a maior bacia do Sistema Jacutinga. São contribuintes dessa bacia, rios dos municípios de Água Doce, Arabutã, Catanduvas, Concórdia, Ipumirim, Irani, Itá, Jaborá, Lindóia do Sul e Vargem Bonita. Os seus principais afluentes são: Ribeirão do Encontro, Ribeirão Três Galhos, Ribeirão Marmeleiro, Rio Saltinho, Arroio Patrimônio, Rio Tunal, Lajeado Catanduvas, Lajeado Silvana ou Vitória, Lajeado São João do Jacutinga, Rio Pingador, Lajeado Sganzerla, Rio Moinho Velho, Lajeado Nove Passos, Lajeadozinho, Arroio Nogueira, Arroio da Barra Seca, Lajeado Casa Grande, Lajeado do Oliveira, Lajeado Procópio, Lajeado do Cascalho, Lajeado Cascudo, Lajeado Lamedor, Lajeado Saracura, Lajeado dos Pintos, Arroio Vinte e Quatro de Fevereiro, Arroio Jundiá, Lajeado dos Fragosos (IBGE/FOLHA CONCÓRDIA; HERCILIÓPOLIS e JOAÇABA, 1992; PMC, 2009).

SUB5 – RIO ENGANO: com área de drenagem de 561,8 km² é constituído pela bacia do rio Engano, que recebe contribuições de rios situados nos municípios de Irani, Lindóia do Sul, Ipumirim, Arabutã, Seara e Itá, onde deságua no rio Uruguai. Seus principais cursos de água são o Lajeado do Cordeiro, Lajeado do Portão, Lajeado da Serra, Arroio Serra, Lajeado Acídio, Lajeado Joana, Lajeado Cotovelo, Lajeado do Surdo, Lajeado Polidoro, Lajeado Manso, Lajeado Passo Fundo,

Lajeado Rafael, Lajeado Fragosinho, Lajeado Iracema, Lajeado Baiano, Rio Caçador, Passo da Uvá, Lajeado Borboleta.

SUB6 – RIO ARIRANHAZINHO: possui área de drenagem de 51,4 km², constituída pela bacia do Arroio Ariranhazinho, cujas nascentes estão localizadas no município de Seara e quatro outros afluentes sem denominação (IBGE/FOLHA CONCÓRDIA, 1992).

SUB7 – RIO ARIRANHA: possui uma área de drenagem de 236,8 km². Recebe contribuições dos municípios de Ipumirim, Xavantina, Seara e Paial. Seus principais afluentes são: Lajeado Marconi, Arroio das Antas, Arroio Pião, Arroio Jacutinga, Arroio Pinheirinho, Arroio Pinhalzinho, Lajeado das Marrecas, Lajeado Pavão (IBGE/FOLHA CONCÓRDIA, 1992).

SUB8 – CONTRIBUIÇÕES INDEPENDENTES: área de 183,9 km² formada por diversas pequenas bacias contribuintes da margem direita do rio Uruguai, entre as quais, as do Lajeado Paulino, Lajeado Tamanduá, Lajeado dos Bugres, Lajeado Laudelino, Lajeado Lambedor, Lajeado dos Saltos e outras (IBGE/FOLHA CONCÓRDIA, 1992).

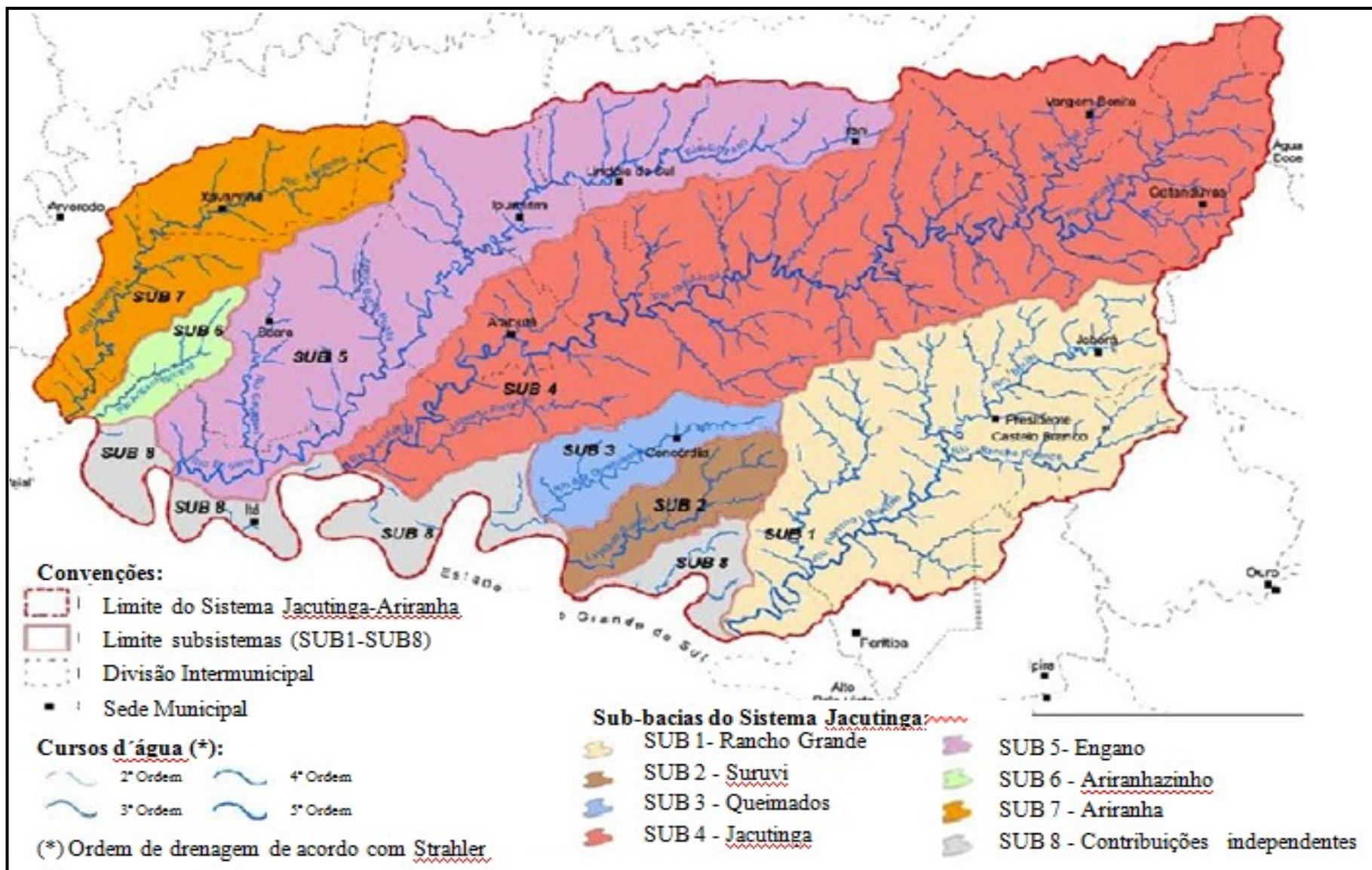


Figura 09: Área de abrangência da bacia do rio Jacutinga e bacias contíguas.
 Fonte: COMASSETTO, 2009.

4.3 A BACIA DO RIO JACUTINGA

A bacia do rio Jacutinga (SUB4) ocupa uma área de 1002,8 km², e abrange 10 municípios. Apenas o município de Catanduvas está totalmente dentro da área dessa bacia.

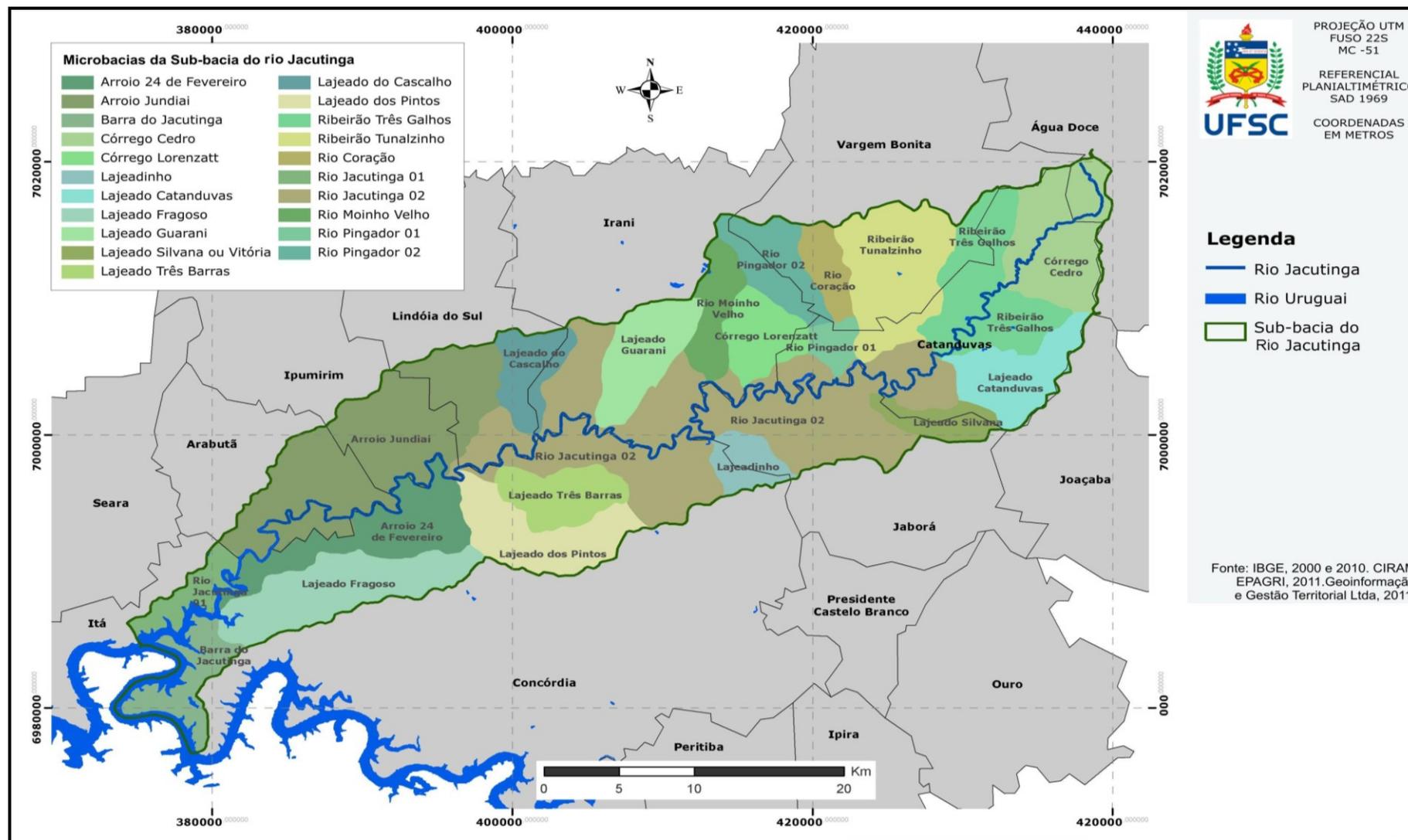


Figura 10: A bacia do rio Jacutinga e suas micro-bacias.

Fonte: Instituto Heráclito, Geoinformação e Gestão Territorial Ltda, 2011, a pedido da Autora.

A economia na área de abrangência da bacia do rio Jacutinga está embasada na agroindústria de alimentos, produção intensiva de aves e suínos, pecuária de leite e de corte, produção de hortifrutigranjeiros (maçã, cana-de-açúcar, erva-mate, laranja e uva), grãos (milho, soja, trigo e feijão), reflorestamento de exóticas, citricultura, piscicultura e pequenas indústrias familiares (IBGE CIDADES, 2011).

A micro-bacia mais intensamente ocupada é a do rio dos Fragosos, na área rural do município de Concórdia com produção intensiva de suínos e aves⁴.

4.3.1 O solo

O solo é um enorme reservatório de água. Os constituintes principais do solo são partículas resultantes da desintegração da rocha original. E o tamanho e constituição mineralógica das partículas assim como sua organização e espaçamento, vão definir sua porosidade, permeabilidade e fertilidade, bem como o grau de vulnerabilidade à poluição e contaminação das águas subterrâneas.

Os tipos de solos predominantes na área de abrangência da bacia do rio Jacutinga são os cambissolos, com horizonte A de espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos, e horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, suas características variam muito, comportando desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, cascalhentos, pouco desenvolvidos, de fertilidade natural muito variável (EMBRAPA, 2009), e alto risco de erosão, especialmente pela ação de enxurradas, mesmo quando com cobertura de pastagens (TEIXEIRA, 2008). Na bacia também encontramos nitossolos de textura argilosa ou muito argilosa, profundos, bem drenados, evoluídos e fortemente estruturados, e latossolos de textura muito argilosa, fase floresta subtropical perenifólia, em relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2009) (APÊNDICE D) (Figura 11).

⁴ O maior adensamento populacional da área do Sistema Jacutinga é a cidade de Concórdia, com população de 68.621 habitantes (IBGE, 2011), localizada na bacia do Rio dos Queimados (SUB3), limite sudeste na porção jusante da bacia do rio Jacutinga.

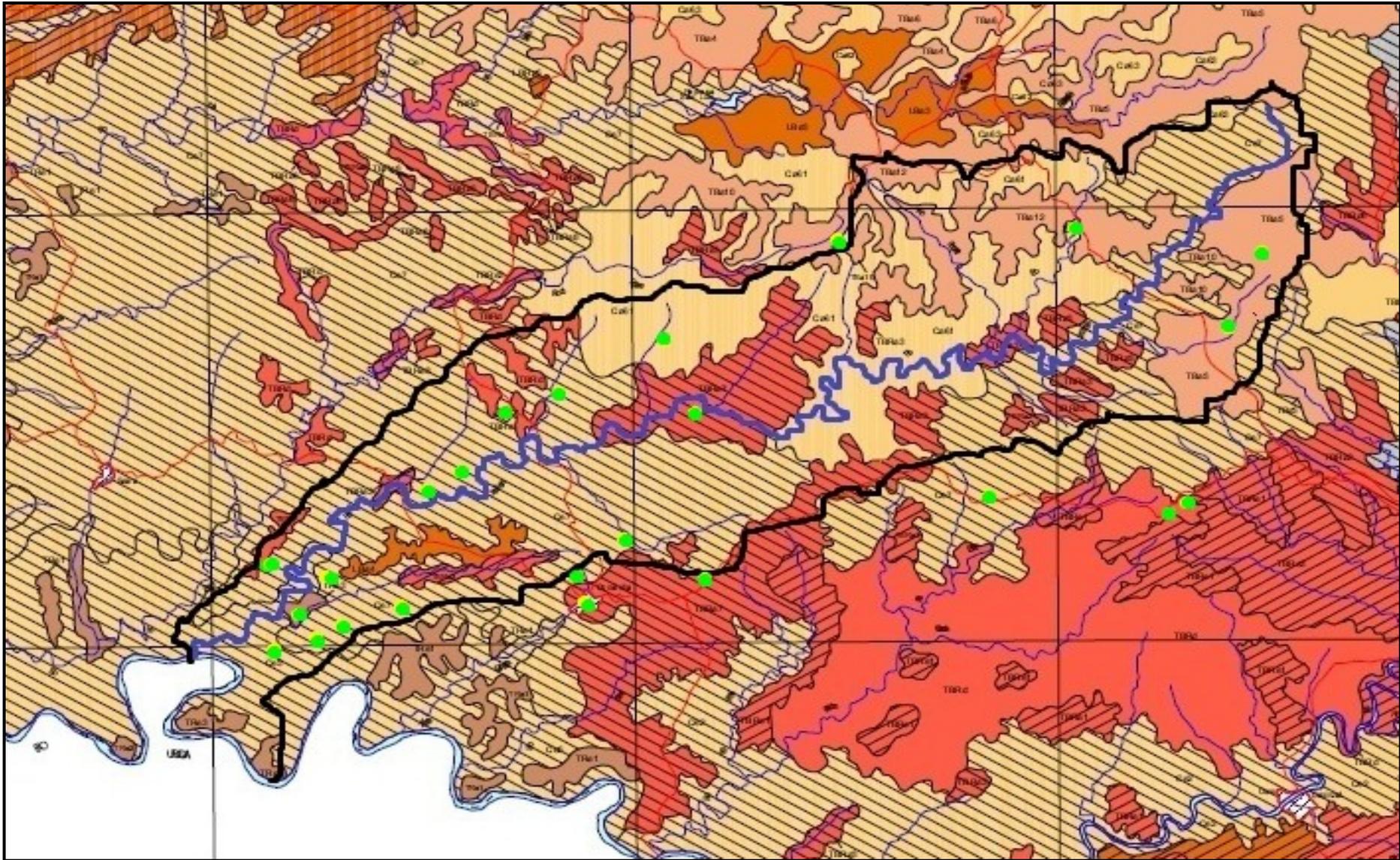


Figura 11: Mapa de classificação dos solos na bacia do Rio Jacutinga, com a localização dos poços amostrados.

Fonte: EMBRAPA/MAPA, 1998 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) - Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de Santa Catarina em escala 1:250.000 (adaptado pela autora).

4.3.2 O Relevo

O Planalto Dissecado Rio Iguaçu/Rio Uruguai predomina na área da bacia do rio Jacutinga (SC, 1997), e na parte sul, divisa com o Estado do Rio Grande do Sul, tem como limite físico o rio Uruguai.

A bacia do rio Jacutinga apresenta uma geomorfologia formada por forte dissecção, vales profundos, encostas com patamares, montanhas e drenagens encaixadas em fraturamentos geológicos marcados pela erosão diferencial de suas rochas. As maiores altitudes são registradas na borda noroeste, nos municípios de Água Doce, Vargem Bonita e Irani, atingindo cotas de 1.289 metros, e as menores, da ordem de 380 metros, no vale do rio Uruguai (Figura 12).

As declividades médias para a área da bacia ficam entre 30° e 60°, nas porções do médio curso e jusante (Figura 13). Na porção montante as declividades ficam abaixo de 30°, evidenciando um relevo de planalto. A maior parte da área da bacia do rio Jacutinga apresenta-se classificada como sendo de aptidão restrita para o cultivo e as planícies aluviais são classificadas como muito restritas para uso agrícola (SC, 1997).

4.3.3 A vegetação

Ao sul, na foz do rio Jacutinga (margem direita do rio Uruguai), registrava-se a ocorrência da Floresta Estacional Decidual (Mata Caducifólia), enquanto na quase totalidade da área da bacia predominava a Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucária). A araucária é característica marcante na fisionomia florística, cujo valor paisagístico foi ao longo de décadas sendo relegado em decorrência do valor econômico da madeira. Sua exploração levou à devastação dessa floresta, restando atualmente apenas pequenas manchas preservadas pelas restrições da legislação, em virtude de sua inclusão como “espécie em risco de extinção” (IBAMA, 1992). Áreas antes ocupadas pela Floresta de Araucárias, atualmente são ocupadas por reflorestamentos de exóticas utilizadas na indústria papelreira, e no cultivo de grãos (milho, soja, trigo, feijão). A Floresta Estacional Decidual também foi bastante alterada pela ação humana.

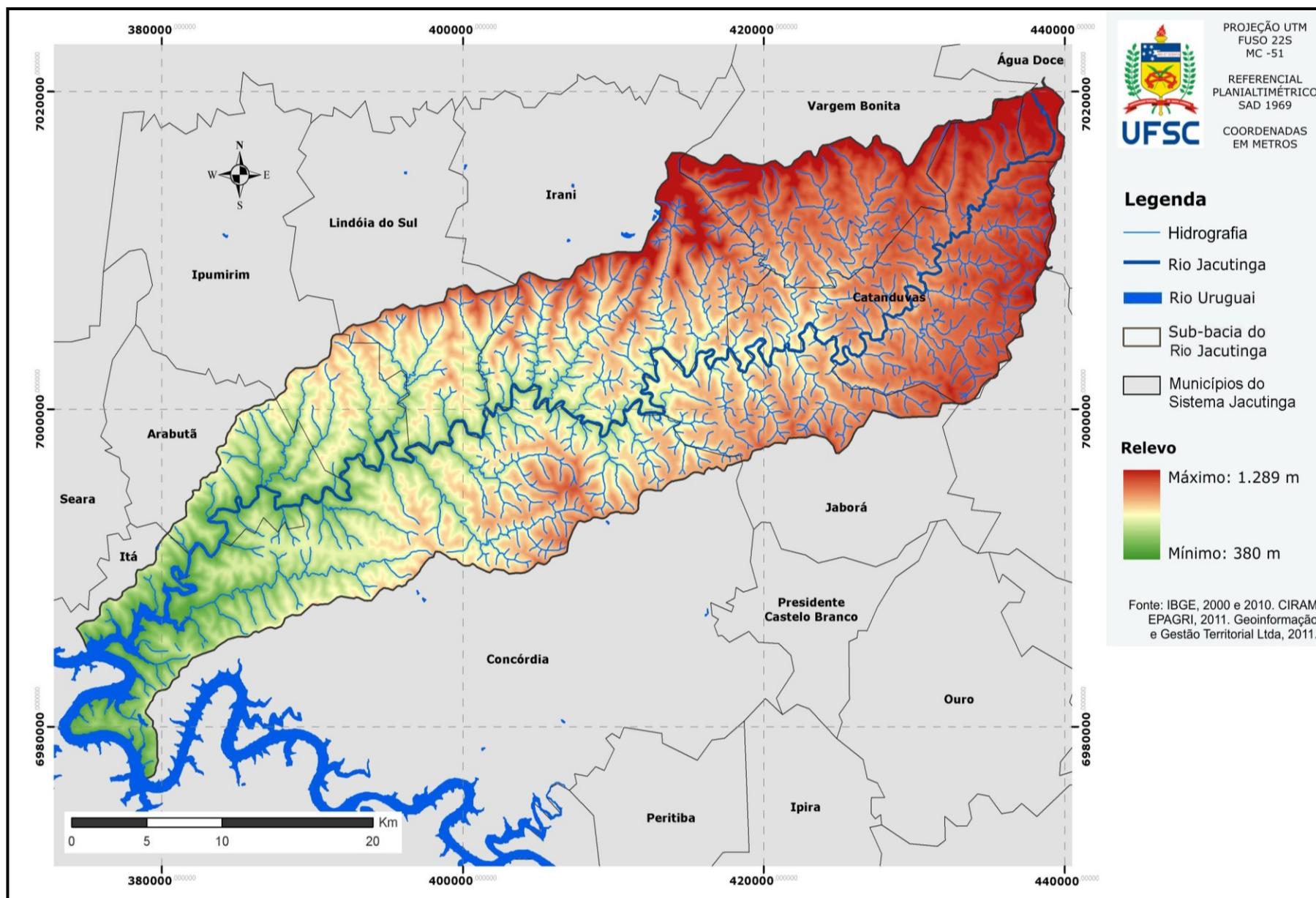


Figura 12: Relevo e altimetria na bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Instituto Heráclito, Geoinformação e Gestão Territorial Ltda, 2011 a pedido da Autora.

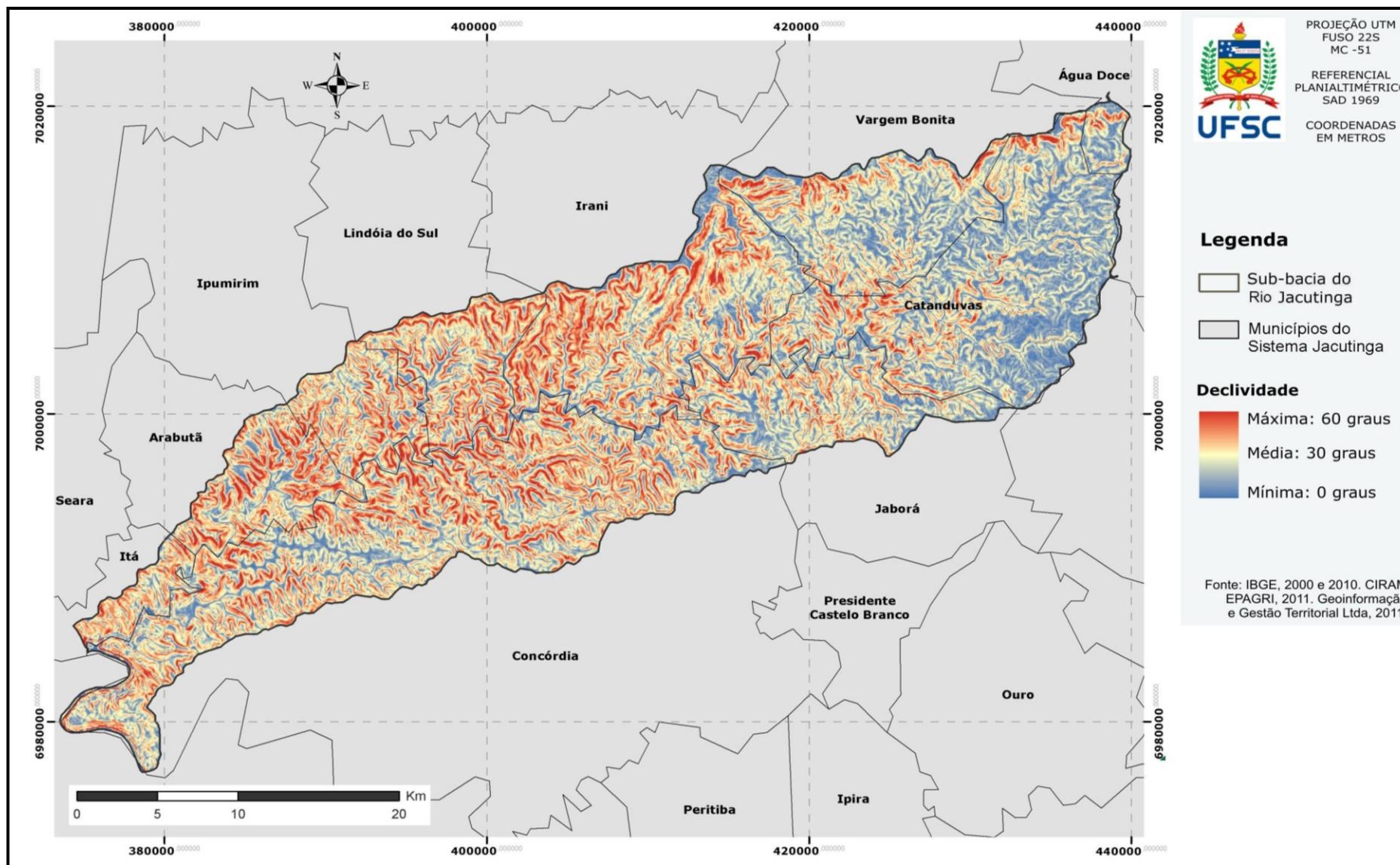


Figura 13: Declividade na bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Instituto Heráclito, Geoinformação e Gestão Territorial Ltda, 2011 a pedido da Autora.

4.3.4 O uso da terra na bacia do rio Jacutinga

Quanto ao uso da terra na bacia do rio Jacutinga, segundo dados do IBGE (2010) e EPAGRI/CIRAM (2011), verificou-se o predomínio das florestas nativas em diferentes estágios de regeneração em 42% da área (Quadro 2). Pastagens e campos naturais ocupam 36% da área, agricultura 12%, e reflorestamentos 7% (Figura 14).

USO DA TERRA	PERÍMETRO (km)	ÁREA (km ²)	%
Agricultura	1.878,58	125,02	12,18
Área urbanizada e/ou construída	100,55	7,62	0,74
Corpos d'água	118,45	16,42	1,60
Florestas em estágio inicial (pioneiro)	9,23	0,54	0,05
Florestas em estágio médio, avançado e primária	4.571,38	427,75	41,68
Pastagens e campos naturais	4.470,49	382,28	37,25
Reflorestamentos	621,55	66,73	6,50
TOTAL			100,00

Quadro 02: Uso da Terra na bacia do Rio Jacutinga.

Fonte: IBGE, 2010.

Dividindo-se a área da sub-bacia em três partes – montante, curso médio e jusante, pode-se verificar os usos predominantes em cada porção da bacia.

Na porção montante predominam as florestas em regeneração, pastagens e reflorestamentos, com 43%, 30% e 18% respectivamente, enquanto a agricultura ocupa 7%, e a urbanização apenas 2% da área (Figura 14.1).

Na porção “médio curso” predominam as florestas em regeneração em 43% da área, pastagens e campos naturais em 38% e agricultura em 16%. Nessa porção não há núcleos urbanos e os reflorestamentos ocupam apenas 3% da área (Figura 14.2).

A porção jusante é ocupada por pastagens e campos naturais em 43% da área, e por florestas em regeneração em 38%. Agricultura e reflorestamentos ocupam 11% e 2% respectivamente, e apenas 1% da área é urbanizada (Figura 14.3).

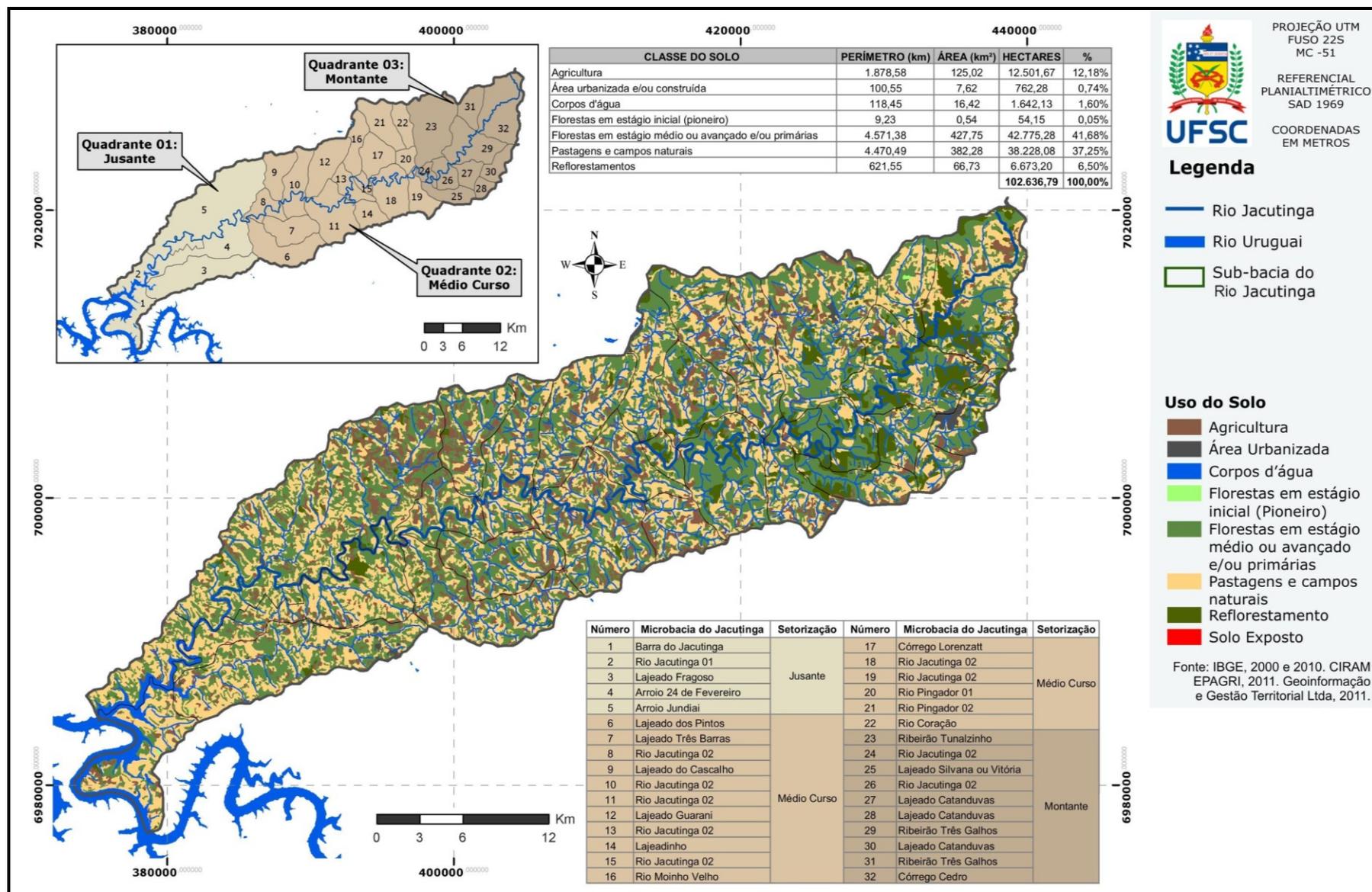


Figura 14: Uso da Terra na bacia do rio Jacutinga.
 Fonte: Instituto Heráclito, Geoinformação e Gestão Territorial Ltda, 2011 a pedido da Autora.

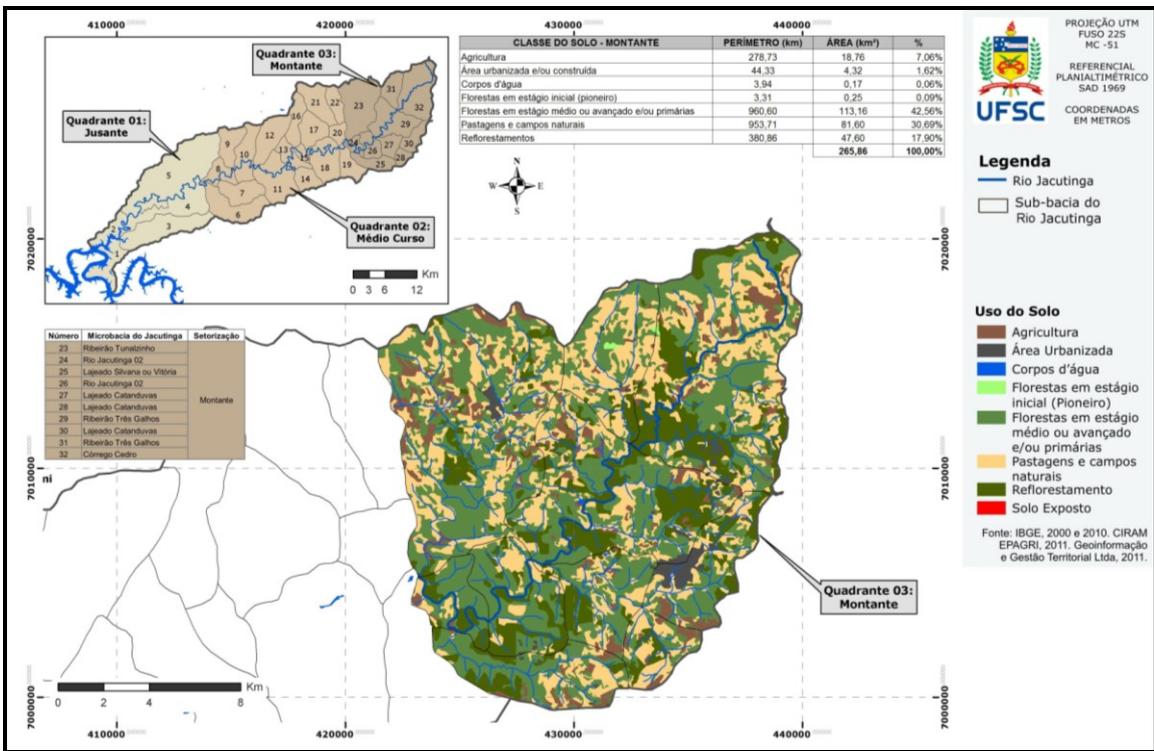


Figura 14.1: Uso da terra na porção montante da bacia do rio Jacutinga.
 Fonte: Instituto Heráclito, Geoinformação e Gestão Territorial Ltda, 2011 a pedido da Autora.

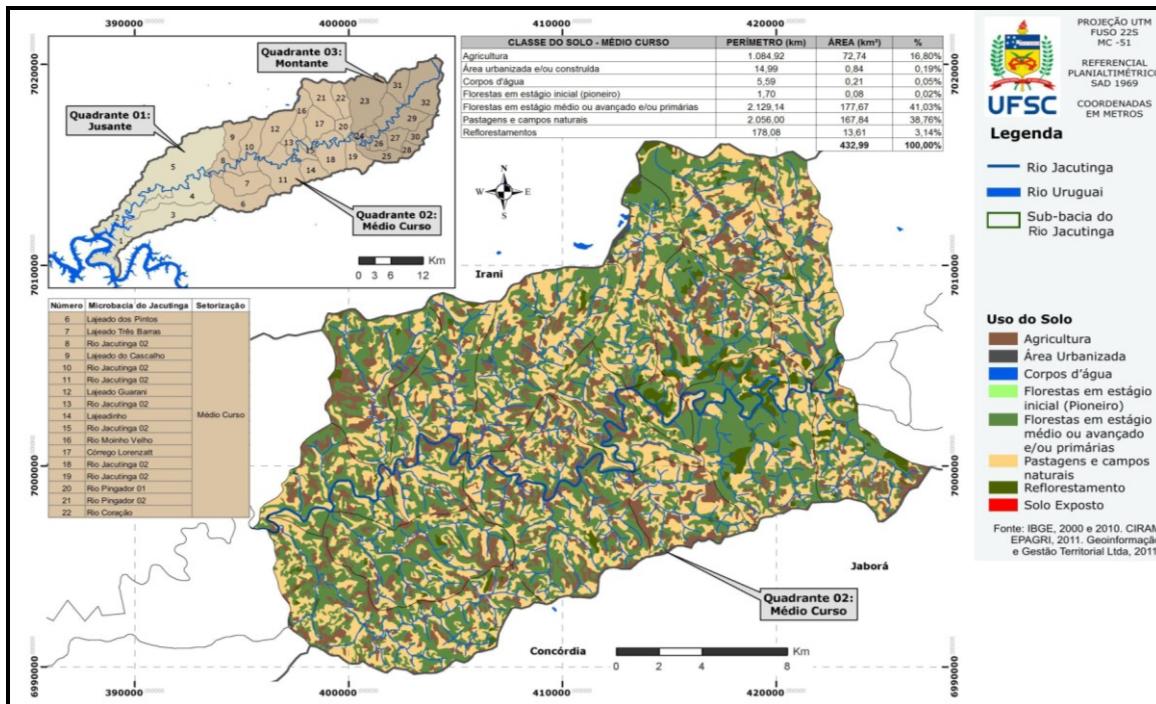


Figura 14.2: Uso da terra na porção médio curso da bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Instituto Heráclito, Geoinformação e Gestão Territorial Ltda, 2011 a pedido da Autora.

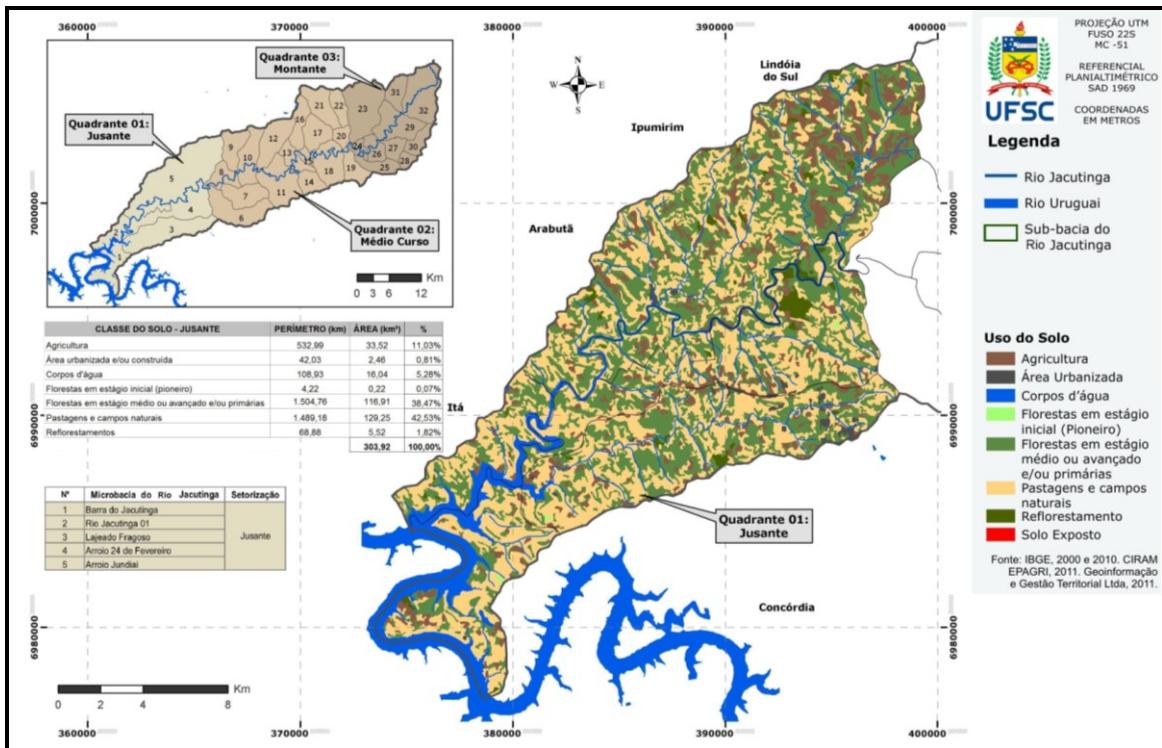


Figura 14.3: Uso da terra na porção jusante da bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Instituto Heráclito, Geoinformação e Gestão Territorial Ltda, 2011 a pedido da Autora.

4.3.5 As Áreas de Preservação Permanente - APPs

A degradação evidencia-se como produto da ação humana. A sucessão milenar de práticas ambientais danosas como o desflorestamento, a sedimentação dos rios e canais, a salinização dos solos devido a obras de irrigação e a concentração territorial da pecuária intensiva, resulta em implicações decisivas na erosão radical do relevo. Ao relacionar o crescimento dos desertos com a destruição da cobertura vegetal, chamamos a atenção para a possibilidade de sua replicação onde quer que se adotem padrões semelhantes de uso destrutivo dos solos e dos recursos naturais (DEAN, 1996; PÁDUA, 2004).

Quando o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, LEI 4.711/65) determinou o tamanho das “matas ciliares”, considerou as funções e serviços ambientais desses ecossistemas, valorizando um princípio do direito coletivo. A Constituição Brasileira (BRASIL, 1988, art. 225) também atribui relevância à preservação ambiental, ao estabelecer que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Ao longo do tempo o Código Florestal sofreu mudanças no sentido de aperfeiçoar o entendimento dos seus princípios, ou a atender as demandas do crescimento da produção econômica impostas pelo mercado globalizado. Apesar disso, mantiveram-se as exigências de preservação de faixas de mata ciliar para os rios, em reconhecimento a sua importância, como pode ser observado no Quadro 03.

Largura do rio	Lei N° 4.711/65	Lei N° 7.511/1986	Lei N° 7.803/1989	Lei N° 12.727/2012
< 10 m	05 m	30 m	30 m	30 m
10 a 50 m	= ½ largura do rio	50 m	50 m	50 m
50 a 100 m	= ½ largura do rio	100 m	100 m	100 m
100 a 200 m	= ½ largura do rio	150 m	150 m	100 m
> 200 m	100 m	= a largura do rio	= a largura do rio inclusive no perímetro urbano	-----
200 a 600 m	-----	-----	-----	200 m
> 600 m	-----	-----	-----	500 m

Quadro 03: Alterações da largura da APP no Código Florestal Brasileiro.

Fonte: <http://www.planalto.gov.br/ccivil> < Acesso em 07/12/2012.

A vegetação das áreas ripárias é considerada “de preservação permanente”, tanto pelas funções que desempenham na manutenção e equilíbrio desses ecossistemas, como pelos serviços ambientais na preservação dos recursos naturais e da qualidade dos recursos hídricos. Conforme Kobiyama (em aula, 2010), na disciplina de Hidrologia Florestal (do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na UFSC), as áreas ripárias precisam ser compreendidas e preservadas da presença humana e de suas ações, por representarem “áreas de perigo permanente”. A preservação dessas áreas visa, em última instância, evitar que as populações sejam colocadas em situação de vulnerabilidade e risco, expostas a prejuízos materiais e constrangimentos possíveis de serem evitados com planejamento e discernimento. Neste sentido, a observância da legislação embasa o “princípio da precaução”, com vistas a evitar custos sociais irreparáveis, resultantes de desastres ambientais que poderiam ser evitados.

Ao se desconsiderar os riscos da crescente supressão da vegetação, especialmente a ripária, contribui-se para inúmeras vulnerabilidades e impactos ambientais negativos, tais como:

- ✓ erosão e perda de solo pela ação da chuva e do vento;
- ✓ compactação do solo, redução da infiltração e da recarga de águas subterrâneas;
- ✓ assoreamento de corpos hídricos com agravamento dos eventos de inundação e alagamento;
- ✓ degradação das águas por aporte de agrotóxicos, resíduos sólidos, efluentes e sedimentos;
- ✓ aumento da turbidez das águas superficiais;
- ✓ desequilíbrio de ecossistemas complexos pela alteração térmica e das características das águas;
- ✓ alteração da biota;
- ✓ alteração de volume e vazão dos corpos hídricos;
- ✓ aumento da vulnerabilidade das populações às enxurradas e inundações;
- ✓ perda de área cultivável a médio e longo prazo por desbarrancamentos, etc.

A supressão da vegetação ripária resulta em preocupante desequilíbrio nos serviços ambientais, os quais dificilmente serão realizados a contento pela iniciativa humana, mesmo quando há alguma iniciativa efetiva nesse sentido.

A importância da vegetação ripária é representada por uma diversidade de benefícios à qualidade ambiental, os quais estão

diretamente relacionados ao tamanho da área de vegetação, tamanho esse que precisa ser condizente com as funções esperadas (Figura 15).

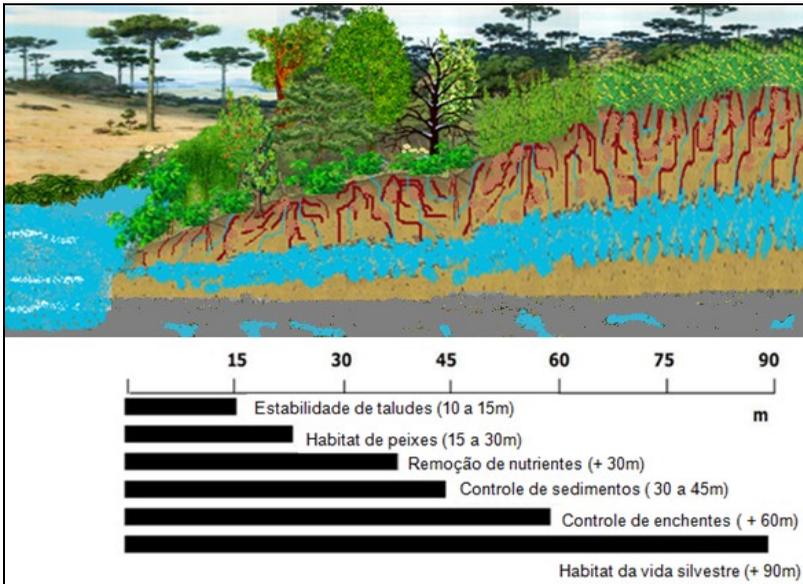


Figura 15: Larguras ideais para as funções ambientais da vegetação ripária.
 Fonte: KOBIYAMA *et al.*, 2003.

Segundo Kobiyama *et al.* (2003) o *ecossistema ripário*, pode ser estruturado em três sub-zonas (Figura 16):

- ✓ **Zona 1:** Mais próxima do rio, formada por árvores e arbustos que constituem um importante habitat para a vida silvestre, fornece alimento e sombra para organismos vivos aquáticos, além de auxiliar na estabilização de taludes.
- ✓ **Zona 2:** Formada por árvores e arbustos que interceptam sedimentos, nutrientes e outros poluentes em escoamentos superficiais e sub-superficiais.
- ✓ **Zona 3:** Formada geralmente por vegetação rasteira (herbácea e gramíneas), cuja função é auxiliar nas funções das zonas 1 e 2, providenciando uma primeira defesa, além de mostrar-se eficiente na absorção de nutrientes como Nitrogênio e Fósforo.

Estudos avaliaram a eficiência da vegetação ripária sob o aspecto da redução de nutrientes (Quadro 04).

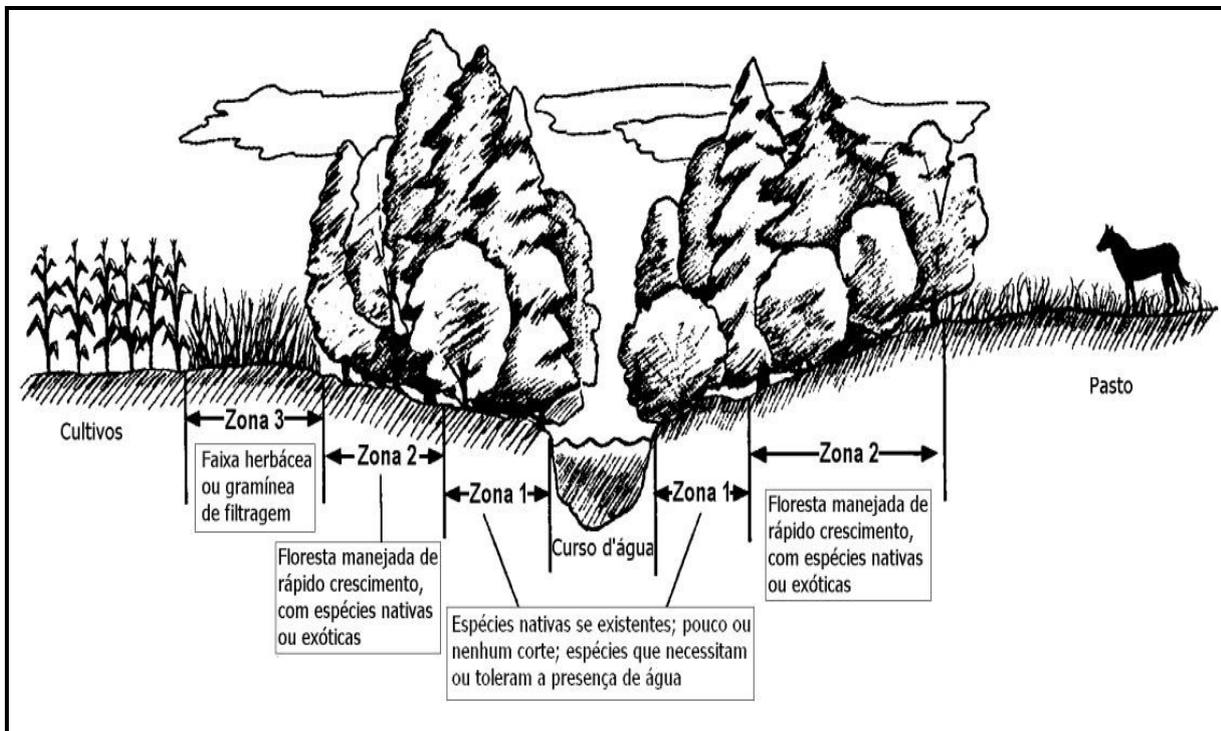


Figura 16: Ecossistema ripário enquanto função de armazenamento de nutrientes e sedimentos.

Fonte: KOBAYAMA *et al.*, 2003.

Autor / Ano	Fator analisado	Vegetação	Declividade (%)	Tipo de Solo	Largura (m)	Eficiência (%)
DOYLE, WOLF & BEZDICEK, 1974	Fósforo e Nitrogênio	Floresta	35 e 45%	-	?	83 a 91%
YOUNG, HUNTRODS & ANDERSON, 1980	Nitrogênio, fósforo, nitrato, coliforme, amônia e fosfato.	Milho, cevada e outros	4%	-	21,3 a 27,4m	69 a 93%
DILLAHA et al, 1988	Nitrogênio	-	5,11 a 16%	siltoso	4,6 e 9,1m	67 e 74%
MAGETTE et al, 1989	Sólidos totais, nitrogênio e fósforo	Gramma	3 a 5%	arenoso	4,6m 9,2m	66% p/ST; 0% p/ N; 27% p/ P; 100% p/ ST, N e P
SCHWER & CLAUSEN, 1989	Sólidos totais, fósforo e nitrogênio total	Gramma	2%	arenoso	10,6 e 26m	83 a 95%
NUÑES, LOPEZ & DIAZ-FIERROS, 1991	Nitrogênio, nitrato, amônia.	Gramma	15%		6m	100%
ORBORNE & KOVACIC, 1993	Fósforo e nitrato	Phalaris arundinacea , Populus deltoidese Acer saccharinum	?	Franco argiloso	16 a 39m	90%
KLÖPPEL, KÖRDEL & STEIN, 1997	Herbicidas	Triticalle	8%	siltoso	10m 20m	80%; 95%
OLIVEIRA & DANIEL, 1999	Amônia e fósforo		-	-	10/ 50m; 50 a 280m	90% p/ A; 90% p/ P

Quadro 04: Estudos sobre largura e eficiência da vegetação ripária.

Fonte: KOBİYAMA *et al.*, 2003 (adaptado pela autora).

Observa-se nesses estudos que a largura da vegetação ripária pode variar muito, em virtude dos serviços ambientais esperados, da topografia e do tipo de poluente.

A faixa ripária de “largura suficiente” é aquela que assegura ao rio o não recebimento de sinais biológicos ou físicos de áreas alteradas a montante, de forma que o sistema aquático seja capaz de providenciar o habitat e os recursos requeridos para a completa sustentação das espécies que dele dependem (REID & HILTON, 1998 *apud* KOBIYAMA *et al.*, 2003).

Segundo Kobiyama (2009) e Debanó & Schmidt (1989), a conservação das zonas ripárias compostas por árvores, arbustos e gramíneas representa um controle natural de inundações, promove a estabilização de taludes, e permite aos rios a manutenção dos meandros e da profundidade dos leitos. A manutenção de meandros é a forma mais efetiva de diminuir a velocidade das cheias, e garantir mais tempo para que as águas sejam absorvidas pela vegetação e pelo leito dos rios, facilitando a recarga das águas subterrâneas. E ainda exerce função ecológica vital na manutenção e melhoria da qualidade de água (BONGRAD & WYATT, 2010).

A bacia do rio Jacutinga, ainda conserva um remanescente florestal significativo, com florestas em 42% da área, e apenas 12% de área utilizada para atividades agrícolas. Ainda assim, os ecossistemas ripários mostram-se bastante alterados.

A situação das áreas de APP é preocupante, pois em 61,28% destas já não existe vegetação ripária, e as matas ciliares estão conservadas em apenas 38,72% da bacia. A medida que se encaminha para a foz, aumenta a supressão da vegetação ripária e, por consequência, a vulnerabilidade dos corpos hídricos superficiais à erosão e à poluição (Figura 17).

A conservação da vegetação ripária onde ela ainda existe, e a regeneração onde houve degradação, ainda é a melhor forma de melhorar e conservar a qualidade das águas, uma vez que, essa condição vai implicar em tratamentos mais simples para sua potabilização.

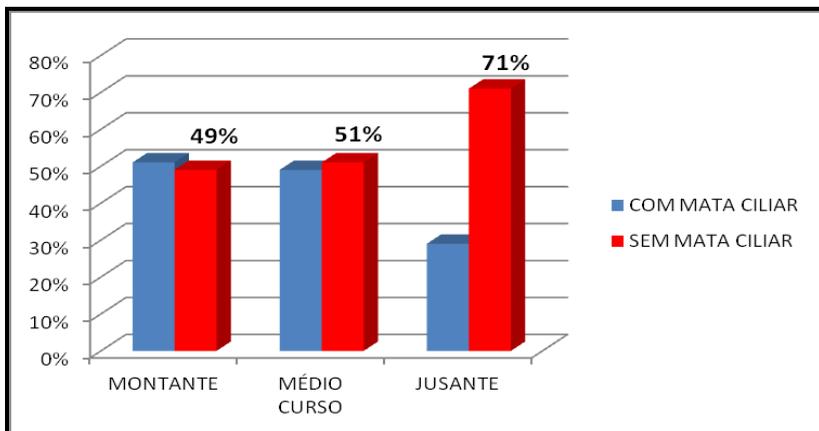


Figura 17: Percentual de área de APP *com mata ciliar* e *sem mata ciliar* na área de abrangência da bacia do rio Jacutinga.

Fonte: IBGE, 2011.

Observa-se que na porção jusante da bacia a ausência de vegetação ripária atinge 71%, índice preocupante, tanto pelo volume de sedimentos e solos que são carreados em virtude da topografia acidentada, como pelo assoreamento dos corpos hídricos. Como já foi visto, um sistema ripário preservado e saudável auxilia na filtragem de sedimentos, facilitando os processos de potabilização e evitando riscos consideráveis à saúde da população.

4.3.6 Os benefícios da floresta

As florestas cumprem importantes funções ambientais relacionadas com a qualidade do ar, dos solos e das águas: nas trocas gasosas como sumidouro de gases estufa, assimilando e convertendo o carbono em biomassa, na evapotranspiração e manutenção da umidade do ar, no equilíbrio climático, na amenização de ventos e ruídos, na infiltração das chuvas e na recarga de mananciais (Figura 18).

A interceptação da chuva pela vegetação apresenta benefícios que vão desde a amenização de enxurradas e inundações, até a redução da erosão, da turbidez das águas e da perda de solo.

O desmatamento aumenta o escoamento superficial e acelera o processo de perda de solo, resultando no assoreamento dos cursos d'água.



Figura 18: A vegetação e a interceptação das chuvas = infiltração e recarga dos lençóis freáticos.

Fonte: Acervo pessoal da autora

Estudos realizados pelo Instituto Agrônomo de Campinas/SP demonstram que o tempo necessário para que haja um desgaste de 15 centímetros de solo, com chuvas da ordem de 1.300 mm/ano, seria de 440 mil anos em uma mata nativa. Esse tempo se reduz a 4 mil anos se a mata for substituída por pastagens, e a apenas 70 anos se o solo for utilizado para culturas anuais (BRANCO, 1999).

4.3.7 A estiagem

Estiagem refere-se a um período prolongado de baixa pluviosidade ou sua ausência, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição (CASTRO, 2003). A forma crônica deste fenômeno é denominada “seca”, e considerada atualmente como um dos desastres naturais de maior ocorrência e impacto no mundo, que ocorre durante longos períodos de tempo afetando grandes extensões territoriais.

Na área de abrangência do Sistema Jacutinga, assim como em toda a região Oeste, os registros de estiagens têm sido frequentes nas últimas décadas do século XX e início do século XXI (Figuras 19).

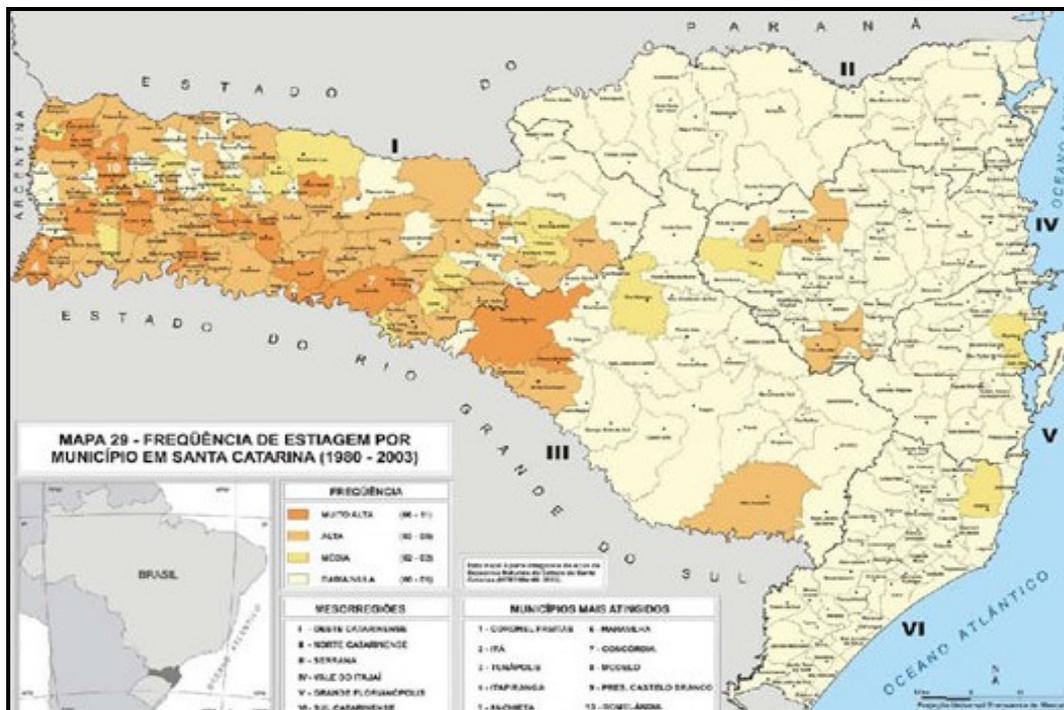


Figura 19: Freqüência de Estiagens por município em Santa Catarina.
 Fonte: HERRMANN, 2007.

Segundo Campos (1997), a estiagem é caracterizada como um breve período de seca, sendo classificada em três principais tipos:

- ✓ Estiagem climatológica: pluviosidade baixa;
- ✓ Estiagem hidrológica: deficiência nos estoques de água;
- ✓ Estiagem edáfica: déficit de umidade no solo.

Além de fatores climáticos de escala global como La Niña, também as características geoambientais podem ser condicionantes na frequência, duração e intensidade dos danos e prejuízos causados pela escassez hídrica. As formas de relevo e a altitude da área, por exemplo, podem condicionar o deslocamento de massas de ar, interferindo positiva ou negativamente na formação de nuvens e, conseqüentemente, nas precipitações.

A significativa ocorrência de estiagens no ano de 2008 (Figura 20) evidencia o tamanho do problema enfrentado pela ausência de chuvas.

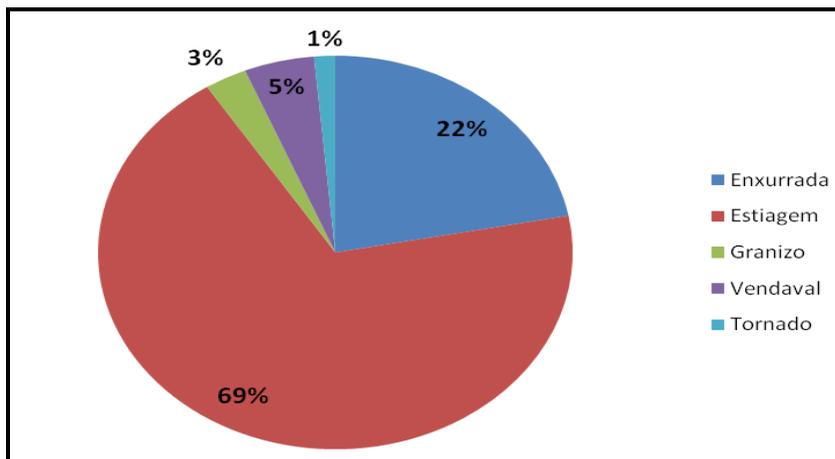


Figura 20: Eventos adversos com decretação de “Situação de Emergência” (SE), no ano de 2008 em Santa Catarina.

Fonte: CODEC – Decretos Municipais referentes ao ano de 2008.

E o volume de registros de Situação de Emergência por Estiagens no ano de 2008 (Figuras 20 e 21) acentua o drama dos setores econômicos regionais, especialmente aquele vivido pela agroindústria, pelos criadores de animais e pelos agricultores. Todos são diretamente

afetados em sua produção, e indiretamente pela impossibilidade de cumprir seus compromissos de demanda do mercado interno e externo.

Entre as consequências nefastas da escassez hídrica (estiagens) relacionam-se: a perda de safras agrícolas, problemas sanitários e de saúde pública, desequilíbrio na geração de energia, na produção industrial e na prestação de serviços, a mortalidade de rebanhos e da ictiofauna, a cessação de atividades de lazer e turismo, ocorrência de queimadas, erosão e compactação dos solos (PORTO-GONÇALVES, 2004). Além do desânimo do homem do campo que se vê impossibilitado de garantir sua sustentabilidade no meio rural (Figura 21)



Figura 21: Ressecamento do solo devido a estiagem na região Oeste de Santa Catarina em maio de 2009, momento em que 108 municípios de Santa Catarina já haviam decretado Situação de Emergência (SE) segundo informações da Defesa Civil. Foto de Roberto Scola/ Diário Catarinense/ClickRBS.

Fonte: g1.globo.com < acessado em 29/06/2013

Dos dados climatológicos analisados para este estudo, com base nas informações obtidas no site da EMBRAPA suínos e aves (CONCÓRDIA/SC), aqueles que demonstraram maior correlação com os eventos de Situação de Emergência (SE) por Estiagem, foram os índices de umidade e temperatura (Figura 22).

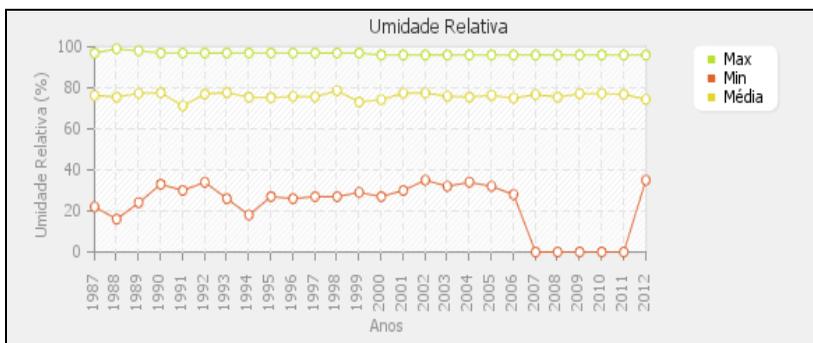


Figura 22: Dados históricos de Umidade com abrangência temporal de 26 anos.
 Fonte: EMBRAPA SUINS E AVES, CONCÓRDIA/SC <Acesso em 02/05/13

Os índices de umidade excessivamente baixas registradas nos anos de 2007 a 2011 são coerentes com os eventos de situação de emergência por estiagem, e se relacionam com ocorrência de altas temperaturas (37°C), sendo que no período histórico as temperaturas máximas registradas variaram de 34°C a 37,5°C.

Nesta perspectiva é importante considerar que a presença da cobertura vegetal adequadamente manejada pode reduzir a perda de umidade do solo, tanto pelo bloqueio da radiação solar como pelo sistema radicular que vai favorecer a infiltração e a recarga subterrânea, além de reduzir os processos erosivos (PORTO-GONÇALVES, 2004).

Ainda segundo Porto-Gonçalves (2004), as principais ações mitigadoras que devem ser tomadas frente à escassez hídrica são:

- ✓ diversificação dos cultivos e das atividades econômicas;
- ✓ priorização de culturas mais tolerantes ao déficit hídrico;
- ✓ realização de manejo do solo de acordo com a topografia do terreno;
- ✓ manutenção de cobertura vegetal entre os campos de cultivo;
- ✓ proteção de poços, córregos, açudes e nascentes;
- ✓ conservação dos ecossistemas ripários;
- ✓ construção de reservatórios de água com capacidade adequada às demandas;
- ✓ reutilização da água para fins de limpeza e irrigação;
- ✓ Estudos prévios do local e entorno para a construção de barramentos;

- ✓ identificação das áreas atingidas por impactos negativos para planejamento e controle futuro.

A percepção equivocada que se tem das adversidades não permite que as mesmas sejam evitadas, sem que se considere o contexto histórico que as produziu, e especialmente, as formas de uso e organização do espaço. Dito de outra forma, a qualidade e intensidade das intervenções humanas na transformação da natureza, resultam em conseqüências ou efeitos para a sociedade.

4.3.8 Os fatores de poluição na bacia do rio Jacutinga

A partir dos números da produção de animais, pode-se estimar a carga total de dejetos suínos produzidos numa bacia hidrográfica. Atribuimos relevância aos dejetos de suínos, por ser o fator de maior preocupação na gestão dos recursos hídricos e na qualidade ambiental da área, uma vez que sua armazenagem é difícil e exige grandes áreas para o seu uso na fertilização agrícola. Dados sobre a micro-bacia Lajeado dos Fragosos, que se localiza na faixa oeste da porção jusante da sub-bacia do rio Jacutinga, no município de Concórdia, fazendo divisa com a sub-bacia do rio dos Queimados (SUB3), permitiram estimar o total de dejetos produzidos nos diferentes sistemas de produção existentes (Unidades de Produção de Leitões - UPL, de Ciclo Completo - CC, e Terminadoras - T), considerando-se os seguintes valores de produção de dejetos como referência: Ciclo Completo - 100 l/dia/matriz; Unidade de Produção de Leitões - 60 l/dia/matriz e Terminação - 7,5 l/dia/animal (PERDOMO, 1998), 8,6 litros/dia/animal segundo Fernandes e Oliveira (1995 *apud* HADLICH, 2004) ou ainda, 5 a 6,5 litros/dia/animal segundo dados da FATMA (s/d *apud* HADLICH, 2004). Segundo esses valores, a produção média de dejetos na micro-bacia seria da ordem de 143.310 m³/ano (Quadro 05).

Categoria de Unidade de Produção	Nº Unidades Produtoras	Nº matrizes (animais)	Produção diária dejetos (m³)	Produção anual dejetos (m³)
Ciclo completo	32	967	96	34.812
UPL	34	3.101	186	66.980
Terminadora	53	15.377	115	41.518
Total	119		395	143.310

Quadro 05: Produção de dejetos por Unidade de Produção de Suínos.

Fonte: MIRANDA, *et al.*, (2000).

Segundo Miranda *et al.* (2000), para que se tenha a idéia real da carga orgânica gerada no âmbito da micro-bacia referida, é necessário considerar a produção dos dejetos de suínos acrescida dos dejetos gerados pela atividade avícola e pela bovinocultura. No caso da bovinocultura considerou-se uma produção diária de esterco por animal da ordem de 20 Kg (peso médio para 226 Kg/animal), multiplicado pelo rebanho total (4.467 cabeças), resultando num peso anual de 32.609,1 toneladas. Por sua vez a avicultura, com um plantel efetivo da ordem de 730.080 cabeças, e uma produção de dejetos equivalente a 2.12 Kg/cabeça (do nascimento ao abate) e a realização de 6 lotes anuais, chega-se a uma produção de dejetos da ordem de 9.286.617,6 toneladas/ano apenas da avicultura.

Considerando ainda a topografia e a capacidade de uso das terras indica-se que somente 1.820 ha, ou seja, apenas 29,5% da área da micro-bacia do Lajeado dos Fragosos, possui condições adequadas para o recebimento de dejetos como aporte de nutrientes ao solo. Essa micro-bacia localiza-se na faixa oeste da porção jusante da sub-bacia do rio Jacutinga (SUB4), fazendo divisa com a sub-bacia do rio dos Queimados (SUB3). Além disso, a maioria das esterqueiras existentes na micro-bacia possui sérios problemas de construção e dimensionamento, não atendendo ao que preconiza o Decreto Estadual Nº. 14.250/1981, ocasionando o despejo freqüente dos excessos na rede de drenagem natural. Além disso, a proximidade das esterqueiras com os cursos d'água potencializa os problemas de poluição, na medida em que, em caso de transbordamento, os dejetos alcançam a rede de drenagem muito rapidamente (MIRANDA *et al.*, 2000).

Considerando-se uma situação onde apenas 30% da área total das propriedades da sub-bacia são adequadas para o recebimento dos dejetos como fertilizante agrícola, a relação produção/aplicação equivaleria a taxas médias anuais de 172 m³/ha, enquanto que, por exemplo, para o cultivo de milho, a taxa média adequada de aplicação por hectare é da ordem de 60 m³/ha (ROLAS, 1996 *apud* MIRANDA *et al.*, 2000).

Considerando-se ainda que o volume total de efluentes suínos representa algo em torno de 143.000m³/ano apenas na micro-bacia do Lajeado dos Fragosos, se toda a área passível de recebimento de dejetos (1.820 ha) fosse utilizada para a cultura do milho (com uma aplicação média de 45 m³/ha/ano de dejetos), o volume excedente seria de 61.000 m³/ano, o equivalente a 42,6% do total de dejetos aí produzidos. Esse dado aponta para a necessidade de estratégias de gestão integrada dos

recursos hídricos, com vistas ao reordenamento da sua relação com a produção agropecuária intensiva.

Os agricultores entrevistados por Miranda *et al* (2000) treze anos atrás, já demonstravam preocupação com a poluição das águas resultante das atividades suínícolas, mas também alertavam para os problemas oriundos do uso indiscriminado de agrotóxicos, o aumento dos borrachudos e dos esgotos urbanos “destinados de maneira inadequada”. A questão dos agrotóxicos é, talvez, a mais preocupante, pela dificuldade de fiscalizar adequadamente e restringir a entrada de produtos cujo uso já é proibido, pelo uso intensivo e sem a adequada proteção durante a manipulação dos venenos, e pelos custos das análises físico-químicas para a identificação desses contaminantes nas águas destinadas ao consumo público.

Sem considerar os diferentes tipos de pecuária e qualquer classificação por faixa etária, estimou-se um volume médio de dejetos animais produzidos, apenas calculando a média de efluente/animal pela quantidade do plantel no ano de 2011 (Quadro 06).

Pecuária	Quantidade de animais (cabeças)	Dejeto produzido	Quantidade hectare
Suínos - (m ³)	1.211.164	68.633	5,49
Bovinos - (ton)	293.684	5.874	0,47
Aves - (ton)	20.095.462	42.602	3,41

Quadro 06: Média da produção de dejetos pecuários na bacia do rio Jacutinga. Fonte: IBGE CIDADES, 2011.

Como já foi explicitado, segundo Miranda *et al.* (2000), a estratégia recomendada para a utilização dos dejetos tem sido a do seu armazenamento em esterqueiras ou bioesterqueiras, para posterior utilização em áreas de lavoura como fertilizante. Para que tal prática ocorra com o mínimo comprometimento dos recursos naturais, principalmente do solo e da água, a mesma deve respeitar as condições da cultura agrícola e do tipo de solo onde será aplicada. E a implementação de projetos para produção de biogás são complexos, têm um custo significativo e precisam ser bem dimensionados.

A suinocultura é uma atividade de destacada importância econômica na Região Sul do Brasil, e juntamente com a avicultura deu sustentação ao desenvolvimento de um parque agroindustrial

competitivo no cenário nacional e internacional. Porém, potencialmente poluidora, a carga de dejetos de suínos transformou-se num fator de desequilíbrios ambientais, entre os quais a morte de peixes, a proliferação de borrachudos e moscas, e a contaminação de recursos hídricos por nitrogênio, fosfato e organismos patogênicos. Como solução para o problema, incentivou-se o seu uso como fertilizante do solo após seu armazenamento e fermentação em esterqueiras e/ou lagoas anaeróbias. Já não se pode negar a crescente percepção de que a poluição ambiental causada pela suinocultura deverá ser tratada dentro de uma visão abrangente e multidisciplinar, na qual o início da solução passa pelo entendimento do problema e a geração de conhecimentos que permitam alternativas exequíveis (SEGANFREDO, 2007).

A poluição suínica tem sido considerada a principal responsável pelo comprometimento da qualidade da água na região oeste de Santa Catarina (SC, 1997; LINDNER, 1999; GUIVANT e MIRANDA, 2004). Conforme Franciscon (1998) detectou-se a presença de coliformes fecais em 82% das amostras de água utilizadas em escolas, captadas em fontes sem proteção e próximas a rios, sendo que o maior índice de contaminação ocorreu na coleta que coincidiu com o período de maior precipitação. Estudos realizados por Zanella (2003), com análise da qualidade bacteriológica e química da água de poços tubulares profundos no município de Concórdia nos anos de 2002 e 2003, confirmam a presença de coliformes totais em 56% das amostras, e nitratos além do limite permitido pelo Ministério da Saúde em 40% das amostras. Dos 142 poços analisados por Zanella (2003) é possível observar que a totalidade deles apresentou algum contaminante.

Pesquisas realizadas entre 1990 e 1995 no Oeste de Santa Catarina pelo Instituto Biológico de São Paulo, constataram que “as pocilgas da região produziam 8,8 milhões de m³ de esterco por ano, podendo ser considerado o principal fator da degradação de muitos mananciais. O potencial poluidor desse volume produzido é equivalente ao de uma cidade de 30 milhões de pessoas. Em Concórdia, pesquisas mostraram que 36,8% das amostras de água tinham “concentrações de nitratos” superiores ao limite máximo permitido” (GAZETA MERCANTIL, A-8: 27-28/02 e 1º/03/99, *apud* MARCHESAN, 2007).

O poder poluente dos dejetos de suínos em volume é de 10 a 12 vezes superior ao do esgoto humano, sendo em alguns aspectos, até 100 vezes mais forte, como é o caso da demanda bioquímica de oxigênio – DBO (SC, 1994).

Guivant e Miranda (2004), ao discutirem a dimensão da problemática ambiental decorrente da suinocultura no Oeste Catarinense, reproduzem a informação contida na “Revista Expressão” de dezembro de 1993, com a seguinte comparação:

Estima-se que com uma população de 3 milhões de cabeças de suínos, 85% do rebanho do Estado e a maior concentração do mundo, produz 24 milhões de metros cúbicos de dejetos por ano. Isso corresponde a um valor imaginário de 24 metros de largura e 1m de altura, de São Miguel do Oeste até Florianópolis – 750km – cheio de dejetos. O potencial de poluição é equivalente ao das descargas sanitárias de 30 milhões de pessoas (REVISTA EXPRESSÃO 1993, p. 87-88 *apud* GUIVANT e MIRANDA, 2004).

Segundo Miranda (2005), os principais constituintes dos dejetos animais que impactam a água de superfície são a matéria orgânica, os nutrientes e as bactérias fecais, os quais podem aumentar a quantidade de material suspenso na água e afetar sua coloração diretamente pelos dejetos, ou indiretamente pela produção de algas. No caso das águas de superfície, resultam em eutrofização, e podem provocar a eliminação de oxigênio, morte de peixes e plantas, escurecimento das águas e cheiro desagradável (OLIVEIRA, 1993 *apud* MIRANDA, 2005).

Já segundo a Pesquisa Pecuária Municipal do ano de 2003, o Estado de Santa Catarina, com aproximadamente 5,4 milhões de cabeças, produzia diariamente um volume de cerca de 40/mil/m³ de dejetos que, em grande parte eram lançados no meio ambiente, sem nenhum tratamento prévio, provocando a poluição das águas, dos solos e do ar (LINDNER, 1999 *apud* MIRANDA, 2005).

Segundo Miranda (2005), a existência de elevadas concentrações de coliformes nos corpos hídricos em determinados momentos, indica que a água está sendo bastante exposta à poluição, principalmente nos dias de chuva, seja pela ação da chuva e o conseqüente escoamento superficial, ou pela inadequação dos sistemas de armazenamento e tratamento dos dejetos animais existentes (ICEPA, 1999 *apud* MIRANDA, 2005).

O risco ambiental do manejo inadequado dos dejetos é cumulativo. O ambiente possui uma capacidade natural para absorver

poluentes, porém, se esse nível for excedido, poderá resultar na deterioração da qualidade das águas, e em distúrbios químicos, físicos e biológicos ao solo e plantas (SEGANFREDO e GIOTTO, 2004). A poluição dos corpos hídricos, além do perigo que representa para a saúde da população, é apontada pela Organização Mundial da Saúde como uma ameaça ao desenvolvimento econômico.

A poluição por hidrocarbonetos, detergentes, pesticidas, nitratos, fosfatos, agrotóxicos e metais pesados como chumbo e mercúrio, apresenta prejuízos irreversíveis à saúde humana.

A qualidade das águas subterrâneas tem sido tema de discussões e estudos, uma vez que cresce a preocupação com sua vulnerabilidade às intervenções humanas. A crescente compactação dos solos, a supressão de matas ciliares, o uso intensivo de dejetos suínos aliado ao uso de agrotóxicos, nem sempre consideram a importância do manejo adequado desses produtos nos solos, e sua capacidade para receber todo esse nutriente. E o que dizer do transbordamento de pocilgas, dos lançamentos clandestinos de efluentes quando as chuvas se anunciam?

O monitoramento da água do Lajeado dos Fragosos, Concórdia - SC, realizado pela EMBRAPA Suínos e Aves no período de um ano (de 7/98 a 6/99), reflete a gravidade da situação. Mostrou-se que, mensalmente, eram transportadas pelas águas desse rio, em média, 14 toneladas de nitrogênio, 6 toneladas de fósforo e 562 toneladas de sólidos totais, equivalendo a 220 toneladas de sólidos voláteis e 342 toneladas de sólidos fixados (EPAGRI, 2000 *apud* MIRANDA, 2005).

Pesquisas realizadas por Marchesan (2007) na área de abrangência do Lajeado dos Fragosos demonstram a importância das águas subterrâneas na manutenção das atividades agropecuárias, e para o abastecimento da população local. O histórico de captação subterrânea registra 133 poços perfurados no período de 1930-2006, com 68 desativados por ausência de água. Destes, 39 não foram tamponados e não contam com nenhuma proteção (MARCHESAN, 2007).

A pressão de poluição de cada propriedade é caracterizada de acordo com o tipo da granja, a escala do empreendimento, a tecnologia empregada, o manejo utilizado para tratamento e disposição dos dejetos, e o número de granjas similares e de outras atividades num ecossistema (DE HAAN *et al.*, 2003a *apud* MIRANDA, 2007). Esses indicadores podem ser utilizados para avaliar a pressão ambiental da atividade suinícola, considerando que cada suíno alojado, em média, excrete 9 kg de N por ano. Se a cultura utilizada para reciclagem do N fosse o milho,

que em média exige $140 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, teríamos que a densidade média de animais não poderia ser superior a 15 animais/ha de terra agricultável (PERDOMO *et al.*, 2003; SEGANFREDO, 2003). Na área de abrangência da bacia do Rio Jacutinga tem-se uma densidade de suínos variando entre 37 e 901 animais/hectare (média de 97 animais/hectare), ou seja, um volume de animais seis vezes maior que o indicado.

4.3.8.1 A pecuária intensiva

Santa Catarina era no ano 2000, o maior produtor de suínos do Brasil, responsável por 24% da produção e 60% da exportação nacional, Segundo publicação da FIESC (*apud* ICEPA, 2002). Em 2011, nos 10 municípios que compõe a bacia do rio Jacutinga existiam 293.684 bovinos, 1.211.164 suínos e 20.095.462 aves (IBGE, 2011).

Considerando a área total dos 10 municípios que compõe a bacia do rio Jacutinga, que é de $3.858,50 \text{ km}^2$, a densidade pecuária média em 2011 era de 76 bovinos, 314 suínos e 5.208 aves/ km^2 (Figura 23).

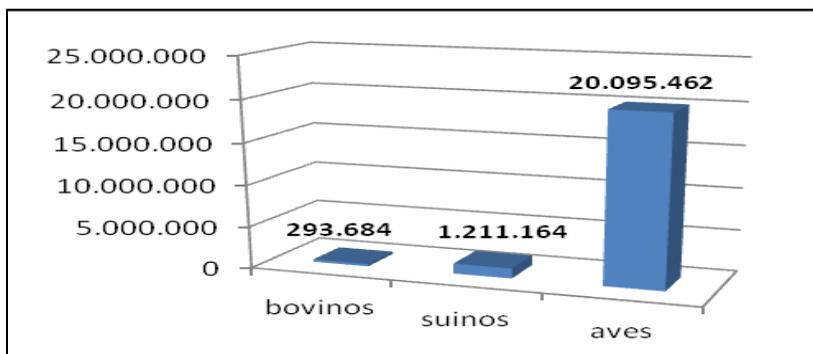


Figura 23: Densidade de bovinos, suínos e aves dos municípios da bacia do rio Jacutinga em 2011.

Fonte: IBGE CIDADES, 2011.

A atividade suinícola compreende um rebanho mundial de 787 milhões de cabeças e representa 40% do total da carne consumida, constituindo-se na principal fonte de proteína animal no planeta (MIRANDA, 2007).

Reflexo da adoção de um pacote tecnológico altamente internacionalizado, o número de grandes propriedades tem crescido

significativamente (mais de 2.000 cabeças nas granjas), numa dramática concentração da atividade. Nos Estados Unidos da América (EUA), de um total de 750 mil produtores em 1974 passou-se a 157 mil no final de 1996, e o número de animais permaneceu o mesmo. Apenas 3% dos produtores respondem por 51% do total de suínos produzidos. Como consequência da concentração da produção mediante o aumento do número de suínos por unidade de área, ocorreu um impacto ambiental altamente negativo em determinadas regiões (MIRANDA, 2007).

Em alguns estados americanos tem acontecido um maior rigor na aplicação da legislação, e o estabelecimento de um limite para cada propriedade, como forma de diminuir os impactos sociais e ambientais negativos da atividade (NRCS, 1997).

Considerando a União Europeia EUA e Brasil, a densidade de animais por unidade de área no Brasil é baixa (Tabela 03).

País	População	Suínos	Suínos per capita	Área (km ³)	Dens. suínos/km ²
Alemanha	83.251.851	26.251.000	0,32	357.021	73,53
Reino Unido	59.778.002	5.330.000	0,09	244.820	21,77
França	59.765.983	15.271.000	0,26	547.030	27,92
Itália	57.715.625	9.166.000	0,16	301.230	30,43
Espanha	40.077.100	23.518.000	0,59	504.782	46,59
Holanda	16.067.754	11.154.000	0,69	41.526	268,60
Grécia	10.645.343	903.000	0,08	131.940	6,84
Bélgica	10.274.595	6.600.000	0,64	30.510	216,32
Portugal	10.084.245	2.344.000	0,23	92.391	25,37
Suécia	8.876.744	1.989.000	0,22	449.964	4,42
Áustria	8.169.929	3.305.000	0,40	83.858	39,41
Dinamarca	5.368.854	12.879.000	2,40	43.094	298,86
Finlândia	5.183.545	1.423.000	0,27	337.030	4,22
Irlanda	3.883.159	1.782.000	0,46	70.280	25,36
Luxemburgo	448.569	76.000	0,17	2.586	29,39
UE-15	379.591.298	121.991.000	0,32	3.238.062	37,67
EUA	280.562.489	58.900.000	0,21	9.629.091	6,12
Brasil	176.029.560	35.500.000	0,20	8.511.965	4,17

Tabela 03: Comparativo da população suína em relação à população humana e à área total dos principais produtores mundiais de suínos.

Fonte: SEGANFREDO, 2007.

No entanto, as médias nacionais não constituem bons indicadores da real pressão da atividade sobre os recursos naturais, pela concentração da produção em determinadas regiões. O critério mais

adequado para se avaliar essa concentração é aquele que considera o rebanho total comparativamente à Superfície Agrícola Útil (SAU) para a destinação dos nutrientes gerados. A Superfície Agrícola Útil é a área de terra arável, ou seja, o conjunto de terras que se pode aproveitar para o cultivo agrícola (SEGANFREDO, 2007).

Índices elevados de concentração animal por unidade de área aumentam a vulnerabilidade ambiental. A densidade populacional da pecuária nos municípios da bacia do rio Jacutinga indica uma superpopulação de animais em alguns dos municípios e permite estimar o volume de efluentes produzidos. Dos tipos de pecuária praticados, a densidade suinícola é a mais preocupante, pelo volume de efluentes gerados. Comparando-se a densidade média de suínos no Brasil, que é considerada baixa (Tabela 03), nos municípios da bacia do rio Jacutinga, as maiores densidades estão nos municípios de Arabutã (901 suínos/km²), Itá (609 suínos/km²) e Lindóia do Sul (627 suínos/km²).

Para a pecuária bovina, as maiores densidades estão nos municípios de Arabutã (136 bovinos/km²), Itá (127 bovinos/km²), e Lindóia do Sul (122 bovinos/km²).

Para a avicultura, as maiores densidades estão nos municípios de Ipumirim (16.406 aves/km²), Arabutã (15.447 aves/km²), e Catanduvas (10.476 aves/km²) (Tabela 04).

MUNICÍPIO	Área (km²)	População total	Pop. hab./km²	Bovinos /km²	Suínos /km²	Aves /km²
Água Doce	1.313,02	6.961	5,3	50	50	677
Arabutã	132,23	4.193	31,71	136	901	15.447
Catanduvas	198,03	9.555	48,25	32	45	10.476
Concórdia	797,26	68.621	86,07	111	528	6.965
Ipumirim	247,07	7.220	29,22	96	425	16.406
Irani	327,05	9.531	29,14	65	424	1.917
Itá	165,46	6.426	38,84	127	690	8.693
Jaborá	191,12	4.041	21,14	85	577	9.100
Lindóia do Sul	188,64	4.642	24,49	122	627	5.527
Vargem Bonita	298,61	4.793	16,05	32	37	2.128

Tabela 04: Comparativo da densidade populacional nos municípios da bacia do rio Jacutinga em relação à densidade pecuária em 2011.

Fonte: IBGE CIDADES, 2011.

A suinocultura catarinense destaca-se pela competitividade internacional e pela produtividade. Ocupa cerca de 12 mil suinocultores em escala comercial e outros 12 mil com produção de subsistência, num rebanho permanente de 6,2 milhões de cabeças. É responsável por 25% da produção nacional, que é de 2,7 milhões de toneladas/ano, e participa com 28% das exportações brasileiras (IBGE, 2011).

O mercado nacional de suínos está concentrado em cinco grandes empresas, todas com matriz em Santa Catarina, e essas empresas detêm 60% dos abates e 70% dos negócios suínocolas do país, sendo que, dos abates totais, 82% originam-se nos sistemas integrados. Paralelamente a estes sistemas integrados, existem cerca de 120 pequenos e médios frigoríficos com inspeção federal, estadual e municipal, que abatem em média 100.000 animais/mês oriundos de pequenos e médios produtores, mas que têm grande importância econômica e social (ACCS, 2009).

Do rebanho catarinense, 79% encontra-se na região Oeste, participando com 21,43% do PIB Estadual (ICEPA, 2005). A atividade emprega diretamente em torno de 65 mil trabalhadores e, indiretamente, mais de 140 mil pessoas (ACCS, 2009).

Segundo o Levantamento Agropecuário Catarinense – LAC, que pesquisou 230.157 estabelecimentos agrícolas nos 293 municípios catarinenses por um ano, no período entre setembro de 2002 e agosto de 2003, o desenvolvimento regional está diretamente relacionado ao setor agropecuário, caracterizado pela predominância de pequenas unidades familiares de produção diversificada, caracterizando o Estado de Santa Catarina como um dos seis principais produtores de alimentos (ICEPA, 2005), resultado da especialização das regiões geográficas do Estado, fato esse que tem se mostrado benéfico ao progresso econômico pela melhoria dos índices de produtividade.

É possível evidenciar a importância da produção de suínos e aves no Estado de Santa Catarina e, neste contexto, a relevância da RH3 e da área de abrangência do Sistema Jacutinga, importante produtora de alimentos com suporte na pecuária intensiva de suínos e aves. A produção de suínos está concentrada nas microrregiões geográficas de Concórdia, Joaçaba (RH3), e Chapecó (RH2), as quais ocupam as três primeiras colocações e juntas produzem 55,6% da produção estadual de suínos. As mesmas microrregiões contribuem com 61,5% da produção estadual de aves. Segundo o ICEPA (2002), a especialização regional na produção dos principais produtos agropecuários catarinenses, evidencia

suas características hidrológicas favoráveis, fator determinante na instalação aí da agroindústria de alimentos.

A microrregião de Concórdia, composta pelos municípios da AMAUC, é a maior produtora de suínos e aves do Estado (Tabela 05).

Produtos	MICRORREGIÃO PRODUTORA (%)						Total %
	Primeira	Segunda		Terceira			
Frango	Concórdia	23,5	Joaçaba	21,5	Chapecó	16,5	61,5
Suínos	Concórdia	23,8	Joaçaba	17,7	Chapecó	14,1	55,6

Tabela 05: Percentual do Valor Bruto de Produção - VBP das 03 principais microrregiões geográficas, para os produtos da agropecuária de SC – 2001.

Fonte: ICEPA, 2005. (adaptado pela autora)

O município de Concórdia, pólo regional da área de abrangência do Sistema Jacutinga, apresenta significativa tendência de crescimento na produção de suínos (Figura 24) com uma densidade de 528 suínos/km².

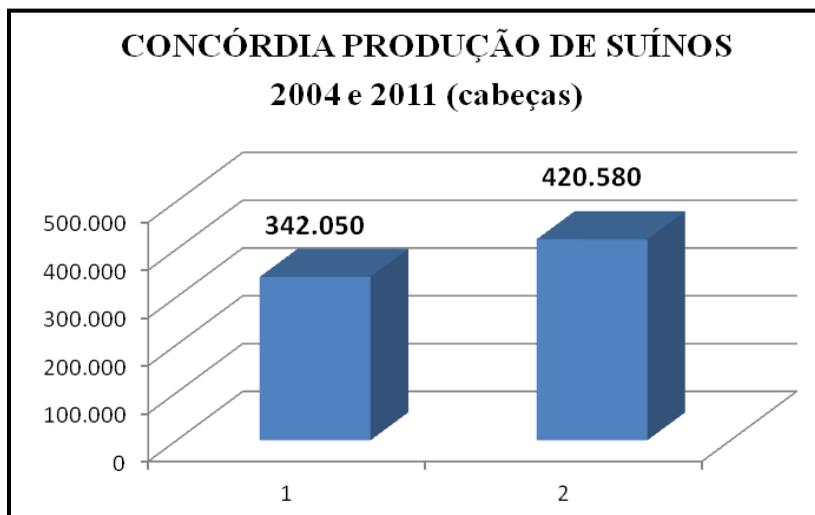


Figura 24: Produção de suínos no município de Concórdia em 2004 e 2011.

Fonte: IBGE CIDADES, 2011.

A preocupação com a concentração suinícola deve-se, especialmente pelo volume de efluentes e pela degradação ambiental, além da dependência de fontes permanentes de água de boa qualidade.

Embora a concentração pecuária em determinadas microrregiões facilite o desenvolvimento destas atividades pela especialização e produtividade, é relevante que sejam avaliados os impactos negativos dessa opção econômica, e as possíveis relações entre o crescimento da produção intensiva de suínos e aves e os episódios de escassez hídrica que têm se repetido nos últimos anos, além de suas conseqüências diretas para a qualidade ambiental.

Analisando-se os dados de densidade populacional na área dos 10 municípios que compõem a bacia do rio Jacutinga, tem-se uma população humana de 125.983 habitantes, equivalente a uma densidade média de 33 hab/km².⁵ A densidade populacional da pecuária nesses municípios, porém, aponta para a necessidade de planejamento integrado, considerando-se o volume de resíduos e efluentes gerados por cada um desses segmentos pecuários.

A poluição hídrica é uma dolorosa realidade em diferentes partes do planeta. Considerando-se o descaso habitual com a destinação de resíduos, pode-se dizer que a vulnerabilidade ambiental é merecedora de atenção. A contaminação do ar e dos solos fatalmente vai contribuir para a poluição hídrica, ao resultar em cargas poluentes que podem se infiltrar no ambiente subterrâneo, ampliando os riscos de poluição desses mananciais, da mesma forma que o uso do solo é determinante na redução dos riscos de poluição e vulnerabilidade dos recursos hídricos (SCHEIBE *et al.*, 2012).

Assim como a preservação de florestas nativas indica a ausência de carga poluente, a presença de adensamentos urbanos, industriais e de pecuária intensiva, de monoculturas de exóticas dependentes de fertilizantes químicos e agrotóxicos, constitui fator de risco e aponta para o aumento da degradação dos corpos hídricos.

Observou-se em campo que apenas uma pequena parcela da bacia em estudo é utilizada no cultivo, especialmente de grãos como milho, soja, trigo e feijão (culturas temporárias), e parte dessa área abriga cultivos permanentes com destaque para a produção de maçã, cana-de-açúcar, erva-mate, laranja e uva, cultivares esses que recebem volumes significativos de fertilizantes químicos. Ainda assim, a determinação dos usos da terra, pode permitir uma melhor percepção dos riscos de poluição aos recursos hídricos, bem como, amenizar os eventos de

⁵ Como apenas as sedes dos municípios de Catanduvas, Vargem Bonita e Arabutã localizam-se na área de abrangência da bacia do rio Jacutinga, a densidade populacional na mesma é menor que a média calculada para a área total dos municípios.

poluição se manejada com o uso de culturas que poderiam assimilar maiores concentrações de nutrientes.

A bacia do Rio Jacutinga, originalmente coberta por densa floresta de Araucárias na porção médio-montante e por floresta estacional decidual na porção médio-jusante, ainda preserva boa cobertura vegetal, com 42% de sua área marcada por florestas nativas e em diferentes estágios de regeneração. Sua topografia bastante ondulada, nas porções médio-jusante, não permite processos de mecanização agrícola, porém, na porção montante há ocorrência de áreas mais planas em altitudes próximas a 1000 metros, onde se observam cultivos mecanizados e produção de grãos.

O uso da terra na bacia do rio Jacutinga evidencia o predomínio de florestas em diferentes estágios, em 41,68% da área, pastagens e campos naturais em 37,25%, agricultura em 12,18%, reflorestamentos em 6,50%, e apenas 0,74% de áreas urbanizadas (Quadro 02).

Sobre a poluição hídrica na bacia do rio Jacutinga, a questão mais preocupante decorre da concentração suinícola aliada à topografia fortemente ondulada. Primeiro pela inexistência de área agrícola suficiente para a destinação do volume de dejetos aí produzidos, e pelo escoamento desses em momentos de grande pluviosidade, facilitado pela topografia. Segundo, pela acentuada perda de solos e sedimentos carreados pelas precipitações, mesmo quando apenas pequenas áreas encontram-se descobertas, ampliando a vulnerabilidade das águas e os custos de sua potabilização, além de concorrer para o acúmulo de sedimentos nos leitos dos corpos hídricos.

5 ÁGUA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO

A água, recurso essencial à manutenção da vida, é um bem comum, cujo acesso deve ser assegurado a todas as pessoas, em quantidade suficiente e qualidade adequada à saúde e ao bem-estar.

Enquanto recurso natural dotado de valor econômico (Lei 9433/97, art. 1º. § II), requer a responsabilidade pública para fazer valer a garantia de acesso e a qualidade necessária. Como recurso natural, a água entra nas agendas internacionais, em decorrência da preocupação com a degradação crescente dos corpos hídricos superficiais, e da intensidade também crescente da perfuração de poços profundos, em busca de águas de melhor qualidade.

5.1 A GESTÃO INTEGRADA DA ÁGUA

No Brasil, a preocupação com a proteção das águas já aparece no Código Penal de 1890, que estabelecia prisão de um a três anos para aquele que corrompesse a água potável, tornando-a nociva à saúde (BRASIL, 1890, art. 162). Em 1934 a temática ganha uma atualização com o Código de Águas e na década de 1980, o debate pela modernização do setor ampliou-se para a esfera política; em 1987, dez anos após a Conferência de Mar Del Plata que aconteceu em 1977, o Brasil começa a por em prática uma das recomendações do evento, que é o debate pela gestão participativa.

Convocada pela ONU, a I Conferência das Nações Unidas sobre a Água foi realizada em março de 1977 em Mar del Plata, na Argentina, inaugurando uma agenda especializada para tratar dos problemas da água, fazer frente ao crescente consumo, e à pressão exercida pelas instituições oficiais sobre os recursos hídricos em algumas áreas do planeta, indicando o surgimento de uma crise de água em médio prazo, que só poderia ser atenuada mediante a adoção de programas de gerenciamento integrado desses recursos. O Plano de Ação de Mar del Plata, foi considerado o mais completo documento referencial sobre recursos hídricos, até a elaboração do capítulo específico sobre a água na Agenda 21, resultante da Rio-92.

O número de participantes no evento de Mar del Plata foi bastante reduzido, composto basicamente por técnicos e alguns políticos, onde se aprovou uma recomendação apresentada pela Conferência da ONU sobre Assentamentos Humanos realizada um ano

antes (1976), em Vancouver no Canadá, na qual todos os países foram conclamados a realizar esforços no sentido de garantir água potável e serviços de saneamento adequados para todos os povos até 1990.

Com a promulgação da Constituição da República Federativa do Brasil em 05 de outubro de 1988, inauguraram-se princípios de grande relevância em relação ao meio ambiente.

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL/CF, 1988, Art. 225).

Para assegurar efetividade a esse direito constitucional, cabe ao poder público, a implementação de políticas no setor, promovendo iniciativas como a educação ambiental em todos os níveis de ensino, e a sensibilização pública para a manutenção do meio ambiente em condições adequadas à saúde e bem-estar humano, preservando as funções ecológicas da natureza (BRASIL/CF, 1988, Art. 225).

A Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL/PNMA, 1981), anterior à promulgação da Constituição Federal em vigor, já atribuía ênfase ao objetivo de compatibilizar o desenvolvimento econômico-social com a preservação do meio ambiente e o equilíbrio ecológico (Lei Nº. 6938/1981, Art. 4º, I e VI), adotando como instrumento para isso, dentre outros, o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental (PNMA, 1981, Art. 9º, I).

Em 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Nº 9.433/1997) reconhece a água como um bem público de valor econômico, cujo acesso precisa considerar a multiplicidade de usos. Para o planejamento e a gestão desses recursos, é proposta a forma descentralizada, adotando a bacia hidrográfica como unidade territorial de ação. Nesta perspectiva, precisa-se considerar que o território da bacia é comumente partilhado por mais de uma unidade administrativa (município/estado/país), e assim sendo, o diálogo se coloca como pré-requisito e desafio para a gestão integrada, no sentido de conciliar interesses distintos e muitas vezes contraditórios.

Esse desafio implica na produção do “plano de bacia hidrográfica” que por sua vez, requer do sistema de informação dados

sobre disponibilidade hídrica, qualidade, demandas, usuários, outorga, definição dos usos prioritários, e de critérios para a expansão das demandas. A outorga constitui um dos instrumentos que objetiva assegurar o controle dos usos da água no âmbito da bacia, e para isso, precisa realizar o diagnóstico das demandas presentes e possíveis, como requisito para planejar os investimentos necessários, a conservação dos parâmetros de qualidade e quantidade, e a recuperação desses requisitos quando necessário. A outorga apresenta-se como possibilidade de aporte financeiro ao programa de investimentos da bacia, com perspectiva de repercussão favorável ao uso racional, e estímulo para a não poluição (BRAGA *et al*, 2006. *in* REBOUÇAS *et al.*, 2006).

A Política Nacional de Recursos Hídricos trata a água como bem de domínio público dotado de valor econômico, e adota a bacia hidrográfica como a unidade territorial para o planejamento e a gestão. Entre as diretrizes para a gestão da água, a PNRH propõe a integração com a gestão ambiental, e a articulação com a gestão do uso do solo (BRASIL/PNRH, 2005).

Já em 1981 a Política Nacional do Meio Ambiente reconhecia a necessidade de preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar condições ao desenvolvimento sócio-econômico e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL/PNMA, 1981). A adoção de princípios coerentes com a manutenção do equilíbrio ecológico considerava o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente protegido, tendo em vista os interesses coletivos. E nesse intento, evidenciava a relevância da racionalização do uso dos recursos naturais, do planejamento, da fiscalização, e da educação ambiental em todos os níveis de ensino (BRASIL/PNMA, 1981), como instrumentos para viabilizar o efetivo envolvimento da comunidade na defesa e manutenção das condições de qualidade do meio ambiente, definido como sendo “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL/PNMA, 1981, Art. 3º, § I).

Assim, considera-se que a degradação da qualidade ambiental prejudica a saúde, a segurança e o bem-estar das populações, gerando riscos e vulnerabilidades incompatíveis com a qualidade de vida, além de afetar as condições estéticas e sanitárias do habitat humano.

A Agência Nacional de Águas (ANA), autarquia com autonomia administrativa e financeira vinculada ao Ministério do Meio Ambiente,

foi criada pela Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000, com a finalidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos. Integrada ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tem entre outras, as funções de: supervisionar, controlar, disciplinar e avaliar ações e atividades pertinentes aos recursos hídricos; outorgar por meio de autorização o direito de uso; fiscalizar; elaborar estudos técnicos; estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de Comitês de Bacias Hidrográficas; promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações; garantir o uso múltiplo; estimular a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão de recursos hídricos; fixar padrões de eficiência; e fazer a auditagem dos contratos de concessão, quando existentes.

Com competência para promover a articulação do planejamento de recursos hídricos, arbitrar conflitos e formular políticas para o setor, foi criado o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, órgão consultivo e deliberativo integrante do Ministério do Meio Ambiente, regulamentado pelo Decreto Nº 4.613 de 11 de março de 2003, sob a presidência do Ministro de Estado do Meio Ambiente.

Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH), por sua vez, integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e foram regulamentados pela Resolução Nº 05 de 10 de abril de 2000, do CNRH, em conformidade com a Lei Nº 9.433/97. Constituem órgãos colegiados com atribuições normativas, deliberativas e consultivas a serem exercidas na área de abrangência da bacia ou conjunto de bacias de sua jurisdição. Cabe-lhes a responsabilidade de adequar a gestão dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais em sua área de abrangência.

Os Planos de Recursos Hídricos constituem um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. São os planos diretores no gerenciamento de longo prazo dos recursos hídricos (BRASIL/CNRH, 2001), os quais devem conter diagnósticos, prognósticos, balanço entre disponibilidades e demandas, alternativas de compatibilização, metas de racionalização, estratégias, programas e projetos, contemplando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos em conformidade com o art. 7º da Lei 9.433/97.

Uma das prerrogativas para a construção dos Planos de Recursos Hídricos é o chamamento da sociedade para a participação, por meio de estratégias diversificadas, de forma a viabilizar uma ampla discussão das propostas e soluções, fortalecendo assim a interação entre a equipe

técnica e os usuários da água, órgãos do governo e da sociedade civil (BRASIL/CNRH, 2001). Os procedimentos sobre o controle de qualidade da água dos sistemas de abastecimento, e a divulgação da informação ao consumidor, são definidos pelo Decreto N° 5.440 de 04 de maio de 2005, e a fiscalização nessa instância da gestão é responsabilidade dos Ministérios da Saúde, da Justiça, das Cidades, do Meio Ambiente, de autoridades Estaduais, do Distrito Federal, dos Territórios e Municípios, no âmbito de suas respectivas competências.

Cabe aos responsáveis pelos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água, disponibilizar as informações sobre a qualidade e características físicas, químicas e microbiológicas da água ao consumidor, atendendo aos aspectos de veracidade, comprobabilidade, clareza e compreensão em relação às situações que impliquem em perda da potabilidade e risco à saúde. As informações devem primar pelo caráter educativo, promoção do consumo sustentável da água, e proporcionar o entendimento da relação entre a sua qualidade e a saúde da população (BRASIL/CASA CIVIL, 2005).

Um relatório anual deverá contemplar todos os parâmetros analisados com frequência trimestral e semestral, que estejam em desacordo com os padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, seguido da expressão: "FORA DOS PADRÕES DE POTABILIDADE", ficando assegurado ao consumidor o acesso aos resultados dos demais parâmetros de qualidade de água para consumo humano, estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Esta questão é de grande relevância para a garantia do fornecimento de água de boa qualidade, porém, o atendimento desse quesito ainda não é efetivamente assegurado. Dito de outra forma, o acesso aos dados de qualidade de água ainda está muito precarizado, inclusive para pesquisadores. E ao que parece, as causas são a carência de recursos humanos capacitados para a produção e disponibilização dessas informações e, pelo não atendimento na íntegra das avaliações estabelecidas pela legislação (BRASIL/MS, 2011).

Aos responsáveis pelas soluções alternativas coletivas de abastecimento de água potável, é atribuído o dever de manter registros atualizados sobre as características da água distribuída, sistematizados de forma compreensível aos consumidores e disponibilizados para pronto acesso e consulta pública.

Da mesma forma, atribui-se aos órgãos de saúde responsáveis pela vigilância da qualidade da água para consumo humano, dentre outras ações, a competência para manter registros atualizados e

sistematizados para pronta consulta pública, dispor de mecanismos para receber reclamações e adotar providências, bem como orientar a população sobre os procedimentos em caso de situações de risco.

Em situações de risco à saúde, os órgãos de saúde devem ainda manter entendimentos com os responsáveis pelos sistemas de abastecimento formal ou alternativos quanto às orientações que devem ser prestadas à população. Ou seja, as informações precisam ser disponibilizadas à população, de forma compreensível.

5.2 AS ÁGUAS SUPERFICIAIS

As águas superficiais são as águas dos rios, córregos, riachos, lagos, lagoas e pântanos, que escoam ou acumulam na superfície do solo. São águas que não penetram no subsolo, correndo ao longo da superfície do terreno, e armazenadas em corpos hídricos, em paredes rochosas, represas ou barragens.

São águas que têm uma composição muito variável, com características do local e da época do ano, apresentando geralmente elevada turvação no outono/inverno, e algas na primavera/verão. Podem conter partículas em suspensão, substâncias químicas e microorganismos que as tornam impróprias ao consumo humano, necessitando de tratamento para adequação de suas características.

5.2.1 Classificação e enquadramento de águas superficiais

O enquadramento dos corpos d'água visa assegurar a qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas essas águas, além de diminuir os custos de combate à poluição mediante ações preventivas e permanentes (BRASIL/MMA, 1997).

As metas de qualidade da água indicadas pelo enquadramento constituem a expressão dos objetivos públicos e referência para os demais instrumentos de gestão de recursos hídricos (outorga, cobrança, planos de bacia) e para a gestão ambiental.

O enquadramento é o estabelecimento da classe de qualidade a ser mantida em um segmento de corpo d'água. Como instrumento de planejamento, deve atender as necessidades requeridas aos usos preponderantes, tratadas pela Resolução Conama N° 357/2005, que revogou a Resolução N° 20/1986, foi alterada pela Resolução N° 370/2006 e complementada pela 430/2011 (Quadro 07).

Tipo Água	Salinidade	Classe Qualidade	Destinadas à
D O C E S	Igual ou Inferior a 0,5 ‰	Classe Especial	*Abastecimento humano com desinfecção; *Preservação das comunidades aquáticas; e *Preservação em UCs de proteção integral.
		Classe 1	*Abastecimento humano após trat. simplificado; *Proteção das comunidades aquáticas; *Recreação de contato primário (RC, 274/2000); *Irrigação de hortaliças e frutas consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo, ingeridas cruas sem a remoção de película; e *Proteção de comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
		Classe 2	*Abastecimento humano após tratamento convencional; *Proteção das comunidades aquáticas; *Recreação de contato primário (RC, 274/2000); *Irrigação de hortaliças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte/lazer com os quais o público tenha contato direto; *Aqüicultura e atividade de pesca.
		Classe 3	*Abastecimento humano com tratamento avançado; *Irrigação de arbóreas, cerealíferas e forrageiras; *Pesca amadora e dessedentação de animais. *Recreação de contato secundário.
		Classe 4	*Navegação; *Harmonia paisagística.
S A L O B R A S	Superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰	Classe Especial	*Preservação dos ambientes aquáticos em Unidades de Conservação de proteção integral; e *Preservação das comunidades aquáticas.
		Classe 1	*Recreação de contato primário (RC, 274/2000); *Proteção das comunidades aquáticas; *Aqüicultura e à atividade de pesca; *Abastecimento humano após tratamento avançado; e *Irrigação de hortaliças e frutas consumidas cruas sem remoção de película, que se desenvolvam rente ao solo, de parques, jardins, campos de esporte/lazer, em contato direto.
		Classe 2	*Pesca amadora; e *Recreação de contato secundário.
		Classe 3	*Navegação; e *Harmonia paisagística.
S A L I N A S	Superior a 30 ‰	Classe Especial	*Preservação dos ambientes aquáticos em Unidades de Conservação de proteção integral; e *Preservação das comunidades aquáticas.
		Classe 1	*Recreação de contato primário (RC 274/2000); *Proteção das comunidades aquáticas; e *Aqüicultura e atividades de pesca.
		Classe 2	*Pesca amadora; *Recreação de contato secundário.
		Classe 3	*Navegação; e *Harmonia paisagística.

Quadro 07: Classificação dos corpos hídricos – Res. Conama N° 357/2005.

À Agência Nacional de Águas (ANA) compete disciplinar em caráter normativo a operacionalização, o controle, o enquadramento e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.

A Resolução Conama N° 357/2005 que trata da classificação e enquadramento dos corpos hídricos superficiais, foi alterada (no inciso II do § 4º e na Tabela X do § 5º do art. 34) pela Resolução N° 397/2008, estabelecendo as condições e padrões para o lançamento de efluentes nos corpos hídricos. Os prazos para o atendimento dessas condições porém, foram novamente alterados pela Resolução 410/2009.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos também estabeleceu pela Resolução N° 91 de 05 de novembro de 2008 (que revogou a de N° 12/2000), procedimentos gerais para o enquadramento de corpos d'água superficiais e subterrâneos, considerando como referências básicas os usos preponderantes mais restritivos e a bacia hidrográfica como unidade de gestão. Indicou ainda que o enquadramento deverá realizar-se com ampla participação da comunidade da bacia hidrográfica, por meio da realização de consultas públicas, encontros técnicos, oficinas de trabalho e outros mecanismos que lhe sejam apropriados.

5.2.2 A importância da proteção das nascentes

A água superficial tem uma origem e necessita ter suas condições de existência asseguradas. A proteção das nascentes de água é na atualidade assegurada em lei, o que infelizmente não garante sua efetividade na prática.

Em abril de 1989 entrou em vigor a Lei N° 7.754, estabelecendo medidas para a proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios, em conformidade com a Lei n° 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal). Propunha a constituição de *Paralelogramas de Cobertura Florestal*, nos quais era vedada qualquer forma de desmatamento e, em caso de desrespeito a essa determinação antes da vigência dessa lei, o reflorestamento com espécies vegetais nativas da região deveria ser imediatamente efetuado, levando-se em consideração as dimensões fixadas em regulamento, e o comprimento e largura dos rios cujas nascentes precisavam ser protegidas (BRASIL/CASA CIVIL, 1989).

Em 25 de maio de 2012, após longo período de discussões e polêmicas, foi aprovada a Lei N° 12.651 (Novo Código Florestal). Esta lei traz mudanças significativas ao Código Florestal de 1965, altera as

Leis Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, a de Nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, a Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, além de revogar as Leis Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965; 7.754, de 14 de abril de 1989 e a Med. Provisória Nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001.

Considera-se que o estabelecimento de formas de preservação e uso sustentável dos recursos ambientais implica na adoção de princípios norteadores como:

- ✓ **formação humana:** política de formação de educadores que atue no sentido de ampliar a compreensão e o compromisso destes, com uma educação mediadora e promotora de atitudes cidadãs, sob uma percepção sistêmica dos sistemas vivos e da saúde ambiental (da natureza e humana);
- ✓ **responsabilidade comum:** a ação governamental é importante na promoção de políticas e programas ambientalmente adequadas, mas a participação da sociedade civil é fundamental na rigorosidade das ações, e no restabelecimento das melhores condições ecológicas, ambientais e sociais;
- ✓ **fomento à pesquisa científica e tecnológica:** promoção da inovação para o uso sustentável do solo, do ar, da fauna, da flora nativa, e da água. E de alternativas para a redução da geração de resíduos, e de tratamento eficiente dos resíduos gerados pelos processos econômicos e pela sociedade.

Compreende-se que a disponibilidade de água necessita de cuidados e de precaução, uma vez que as ações antrópicas sobre o meio ambiente e as alterações delas advindas, podem alterar profundamente as adequadas condições para a manutenção dos mananciais hídricos. Proteger as fontes é então, condição necessária à manutenção das águas superficiais, da mesma forma que a cobertura vegetal que compõe os ecossistemas ripários representa um serviço ambiental essencial na manutenção dos corpos hídricos e do ciclo hidrológico.

5.3 AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas subterrâneas são aquelas que se infiltraram e penetraram por gravidade em camadas profundas do subsolo, atingindo o nível da zona de saturação, constituindo reservatórios estratégicos de águas (aquíferos), suscetíveis de extração e utilização. A zona saturada pode ser considerada um reservatório ou sistema de reservatórios

naturais, cuja capacidade e volume total dos poros ou interstícios estão repletos de água. Segundo a Resolução Conama N° 396/2008, águas subterrâneas são aquelas que ocorrem natural ou artificialmente no subsolo, e cujas condições de ocorrência resultam muito variadas, à medida que dependem da interação de fatores climáticos e geológicos.

Esses fatores condicionam as formas de recarga, armazenamento, circulação e descarga, influenciando a qualidade das águas subterrâneas, ou restrições à potabilidade. As águas subterrâneas representam a parcela da “hidrosfera” que ocorre na subsuperfície da Terra, e podem ter três origens principais: meteórica, conata e juvenil:

- *Águas meteóricas*: constituem cerca de 97% dos estoques de água doce subterrânea. São naturalmente recarregadas pela infiltração de uma fração das precipitações, e ocorrem até profundidades médias da ordem de 750m.
- *Águas conatas* ou de formação: aquelas retidas nos sedimentos desde as épocas de formação dos depósitos. Têm altos teores salinos herdados dos paleoambientes marinhos de formação dos depósitos, ou resultantes dos longos períodos de interação água/matriz rochosa. Refletem a ausência de recargas recentes que poderiam ter produzido diluição dos seus constituintes.
- *Águas juvenis*: são geradas pelos processos magmáticos da Terra, e estimadas em cerca de 300 m³/ano. Integram-se à circulação por meio dos mecanismos geológicos relacionados à Tectônica de Placas (REBOUÇAS, 2006).

Conforme o mesmo autor, os fluxos subterrâneos nos aquíferos livres ou confinados percorrem trajetórias mais ou menos longas, dirigindo-se dos setores de potenciais hidráulicos mais elevados para aqueles comparativamente mais baixos. Nas condições específicas de aquífero livre, isso significa que os fluxos se realizam dos setores de colinas para os vales. Dessa forma configuram-se os fluxos subterrâneos locais, os quais percorrem pequenos trajetos no subsolo, descarregando nas imediações das áreas onde ocorreram as infiltrações ou recargas. Essas águas regra geral, apresentam características hidrocarbonatadas, tendo em vista ainda conservarem a influência marcante da sua origem atmosférica ou meteórica (rica em CO e CO₂). Entretanto, os compostos carbonatados são os primeiros a desaparecer da composição química da água, pelo seu nível relativamente mais baixo de solubilidade.

Outros fluxos percorrem caminhos mais longos, constituindo um sistema de dimensão intermediária ou regional. Sua composição reflete

interações químicas água/rocha, resultando em águas da classe sulfatada no sistema de fluxos intermediários. A composição dominante tende a ser do tipo cloretada, por terem esses constituintes, os maiores índices de solubilidade química (REBOUÇAS, 2006).

Ainda segundo Rebouças (2006) dois fatores são determinantes na ocorrência de águas subterrâneas: geologia e precipitações. Considerando vários autores que tratam dessa temática e as observações em campo, sugerimos outros fatores também de grande relevância, a ser considerados, juntamente com aqueles apontados:

1) Geologia: as características hidrodinâmicas das rochas, sua extensão, porosidade, permeabilidade, espessura e profundidade, atuam como reguladores das condições de ocorrência e qualidade das águas.

2) Precipitações: a quantidade e o regime de ocorrência das precipitações determinam as taxas e os processos de recarga anual.

3) Topografia: é determinante no volume da infiltração e recarga de reservatórios subterrâneos e/ou na ausência ou baixa infiltração em topografia acidentada, por facilitar o escoamento superficial.

4) Vegetação: contribui com a recarga pela interceptação de parcela das precipitações e posterior infiltração facilitada pela lenta liberação e pelo sistema radicular. Também reduz o impacto das precipitações no solo, amenizando os processos de erosão e compactação.

De forma geral, as taxas de recarga são maiores nas regiões planas bem arborizadas e nos aquíferos livres, enquanto são mais lentas e limitadas nos aquíferos confinados, e nas regiões de relevo acidentado, sem cobertura vegetal e sujeitas a práticas de uso e ocupação do solo que favoreçam a formação de enxurradas.

Nos ambientes densamente florestados, cerca de 1/3 da precipitação interceptada sofre evaporação antes de atingir o solo (KARMANN, 2008). Quando a intensidade de precipitação é superior à permeabilidade do terreno, a recarga será fraca, predominando o escoamento superficial, as enxurradas, enchentes e inundações, induzindo intensivos processos de erosão do solo (REBOUÇAS, 2006). Ao contrário, quando a intensidade das chuvas é inferior à permeabilidade do solo, poderá ocorrer abundante infiltração.

De modo geral, tanto declives acentuados quanto chuvas torrenciais favorecem o escoamento superficial direto. Da mesma forma o crescimento dos adensamentos populacionais, a supressão da vegetação e a compactação dos solos causada pelo pisoteio de animais,

influenciam negativamente na quantidade de água infiltrada. Portanto, na definição das condições hidrogeológicas de uma região, torna-se indispensável integrar dados de distribuição e intensidade das precipitações, formas de uso e ocupação da terra, características de porosidade e permeabilidade do solo, e das formações aquíferas (REBOUÇAS, 2006), relacionando-as às características do relevo.

A porosidade constitui uma propriedade física definida pela relação entre volume de poros e o volume total do material que o compõe, enquanto a permeabilidade é a propriedade dos materiais definida pela capacidade em permitir o fluxo da água através dos poros. Um sedimento argiloso, por exemplo, apesar de possuir alta porosidade, é praticamente impermeável, pois os poros são muito pequenos e a água fica presa por adsorção. Nos derrames basálticos, onde a rocha não tem porosidade intrínseca, pode haver alta permeabilidade em decorrência da abundância de fraturas abertas e interconectadas, disjunções colunares ou juntas de resfriamento (KARMANN, 2008; NANNI, 2008).

Na Bacia Geológica do Paraná, as principais reservas de água dos sistemas aquíferos Guarani e das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral teriam sido formadas em ambiente continental dominante, em condições climáticas relativamente úmidas, com abundantes recargas e tempo de renovação de apenas 300 anos, o que possibilita a obtenção de água doce até profundidades da ordem de dois mil metros (REBOUÇAS, 2006) (Figura 25).

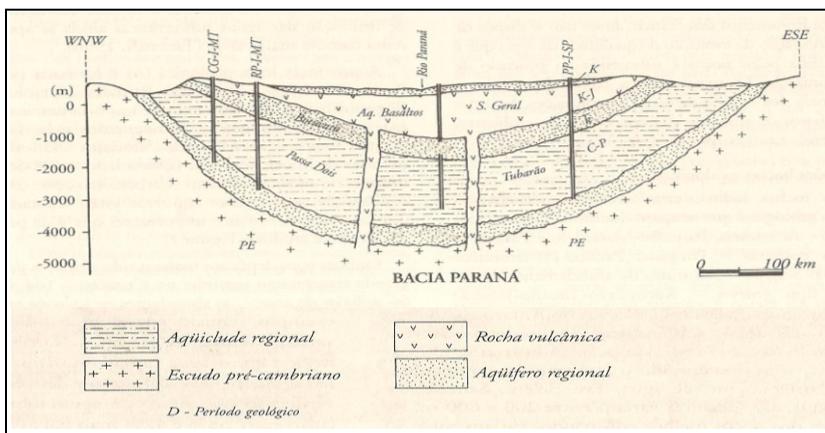


Figura 25: Perfil da Bacia Geológica do Paraná.

Fonte: REBOUÇAS, 2006, p. 128.

A Bacia Geológica do Paraná forma a província hidrológica mais importante do Brasil pelas suas dimensões, e por compreender as regiões mais desenvolvidas e populosas da América do Sul. É formada por três sistemas aquíferos: Botucatu-Pirambóia ou Guarani, Basaltos da Formação Serra Geral e Sedimentos do Grupo Bauru.

Rebouças (2006) indica que alguns milhares de poços já perfurados nessa bacia geológica alcançam profundidades entre 300 e 1.000 metros, extraíndo água do sistema Aquífero Guarani, cujas reservas de águas em território brasileiro estariam estimadas em 48 mil km³, e as áreas de recarga natural equivalentes a 118 mil km² de afloramentos, da ordem de 26 km³/ano, enquanto as recargas indiretas seriam da ordem de 140 km³/ano, chegando a 166 km³/ano de recarga total. Esse sistema aquífero é confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral e por sedimentos de baixa permeabilidade (REBOUÇAS 1994 *apud* REBOUÇAS, 2006). Segundo Rebouças (2006), suas águas são quase sempre de excelente qualidade e, em função das temperaturas superiores a 30°C no domínio confinado, são bastante utilizadas para empreendimentos turísticos. “Local e ocasionalmente, pode-se ter a produção de água mais rica em constituintes inorgânicos, tais como carbonatos, sulfatos, fluoretos e cloretos” (REBOUÇAS, 2006, p. 130).

Segundo Scheibe e Hirata (2011), o Sistema Aquífero Guarani engloba uma área total de 1.087.879,15 km². No estado de Santa Catarina é “constituído especialmente pelos arenitos desérticos da Formação Botucatu, situadas acima das rochas sedimentares permianas e abaixo de uma cobertura, de espessura variável, das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral” (SCHEIBE e HIRATA, 2011, p. 60), caracterizando-se como reservatório estratégico e de excelente porosidade.

Quanto à hidroquímica, os estudos do Projeto para a Proteção e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani (PSAG), executado no período de 2003 a 2009, reconhecem quatro zonas principais no Sistema Aquífero Guarani, três delas com representação no estado de Santa Catarina. A área de abrangência deste estudo encontra-se localizada na zona II (tipo B), caracterizada como faixa intermediária, com confinamento, maior grau de mineralização, condutividade elétrica média e águas bicarbonatadas sódicas (SCHEIBE e HIRATA, 2011).

Os mesmos autores compilaram evidências da conectividade hidráulica entre o Sistema Aquífero Guarani e o Sistema Aquífero Serra

Geral já citadas por Zanatta e Coitinho (2002). Estes por sua vez, indicaram que ocorre um aumento da condutividade elétrica em direção ao oeste, onde o grau de confinamento aumenta, e acentuam que as águas tendem a se manter dentro do padrão de potabilidade. Indicam que as surgências de águas termais em cotas inferiores a 400 metros na calha do rio Uruguai evidenciam áreas de descarga do Sistema Aquífero Guarani, através de fraturas nas rochas da Formação Serra Geral (SCHEIBE e HIRATA, 2011).

Freitas *et al.* (2003) também indicam que a ocorrência de termalismo das águas captadas de poços tubulares e fontes no aquífero basáltico é uma das principais evidências da interligação com aquíferos subjacentes, identificadas pelos valores de qualidade de água obtidos pelas medidas de pH, condutividade elétrica e temperatura, confirmadas em laboratório, as quais demonstraram grande diversidade química, não compatíveis com áreas basálticas.

De acordo com Nanni (2008), “a similaridade entre composições de águas encontradas no SASG e SAG, é possível através da comunicação hidráulica” (p. 24). Esse autor indica a ocorrência de comunicação hidráulica através de fraturas com extensão vertical da ordem de 400-500m existentes no basalto, as quais permitem a ascensão de águas de aquíferos sotopostos ao SASG, resultando em águas mineralizadas em decorrência de mistura (NANNI, 2008).

Segundo Scheibe e Hirata (2011), porém, as águas do Sistema Aquífero Serra Geral têm mais ligação com as águas da superfície, o que as torna mais acessíveis e também mais vulneráveis aos processos de contaminação, tanto pelas fraturas das rochas como pelos defeitos construtivos dos poços, e ausência de perímetro de proteção e tamponamento em poços desativados.

As águas subterrâneas são utilizadas de forma intensiva, abastecendo mais da metade da população mundial (UNESCO, 1992). Segundo Hirata (2008 *in* TEIXEIRA *et al.*, 2008), o território brasileiro pode armazenar um volume superior a 112.000 km³ de água subterrânea, quantidade que poderia abastecer a população do planeta durante 250 anos. A combinação de fatores geológicos, geomorfológicos e climáticos no Brasil, resulta na configuração de 10 províncias hidrogeológicas (Figura 26).

As melhores possibilidades de captação de água subterrânea ficam restritas às zonas fraturadas nas quais se desenvolvem os leitos de riachos. Sua utilização apresenta-se como alternativa para o

abastecimento público, por ser sua exploração relativamente menos onerosa em relação às águas superficiais, as quais exigem processos de tratamento cada vez mais sofisticados e caros em decorrência da crescente degradação, e da desconfiança da população em relação ao atendimento dos quesitos de qualidade. E não sem razão, uma vez que o monitoramento da qualidade mostra-se precário, e os tratamentos convencionais não asseguram a supressão de todas as substâncias nocivas à saúde, que chegam aos mananciais de abastecimento público.

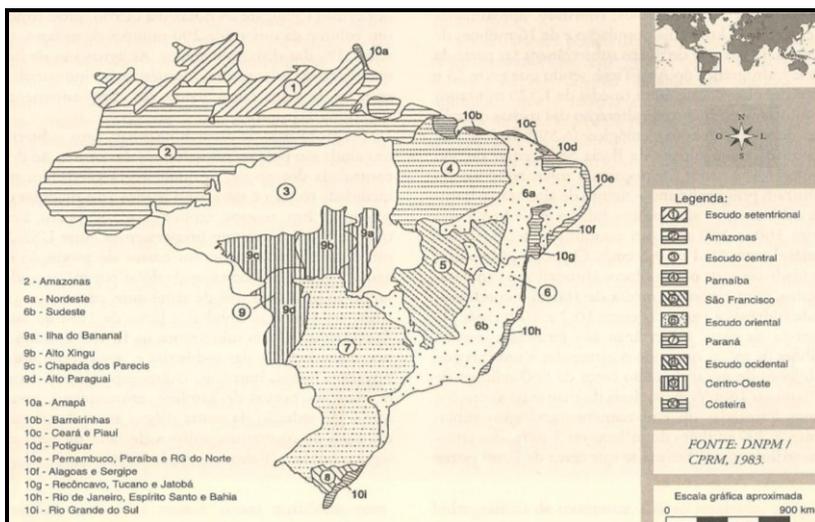


Figura 26: Províncias e subprovíncias hidrogeológicas do Brasil.
 Fonte: REBOUÇAS, 2006.

Porém, ao se extrair água de uma camada aquífera, são geradas perturbações hidráulicas que podem determinar o desenvolvimento de intercâmbios das águas de camadas aquíferas vizinhas, gerando janelas de contaminação que muitas vezes passam despercebidas, além de resultar em alterações nas características de qualidade e potabilidade.

5.3.1 Classificação e enquadramento de águas subterrâneas

As águas subterrâneas apresentam características físicas, químicas e biológicas intrínsecas ao contexto hidrogeológico, com variações geoquímicas, sendo necessário que as suas classes de

qualidade possam ser pautadas nessas especificidades. Sua caracterização é essencial para o estabelecimento da referência de qualidade, e viabilizar o enquadramento em classes e referências para os usos preponderantes. Esse enquadramento expressa metas de qualidade a serem mantidas, e condições ao controle de poluição.

A Resolução Conama N° 396, de 3 de abril de 2008, define as diretrizes para a classificação e o enquadramento das águas subterrâneas, atribuindo relevância à necessidade de integração das Políticas Nacionais de Gestão Ambiental, de Recursos Hídricos, de Resíduos Sólidos e de uso e ocupação do solo, na perspectiva de garantir as funções social, econômica e ambiental das águas subterrâneas.

As águas subterrâneas são classificadas em 06 classes de qualidade (CONAMA N° 396/2008, art. 3º), as quais referenciam a determinação de seus respectivos usos preponderantes (Quadro 08).

Classes de Qualidade	Destinadas à
Classe Especial	Águas dos aquíferos, destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral, e as que contribuam diretamente para trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial.
Classe 1	Águas dos aquíferos, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.
Classe 2	Águas dos aquíferos, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.
Classe 3	Águas dos aquíferos, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais.
Classe 4	Águas dos aquíferos, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo.
Classe 5	Águas dos aquíferos, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não tenham requisitos de qualidade para uso.

Quadro 08: Classificação das águas subterrâneas – Res. Conama N° 396/2008.

As águas da classe especial devem ter suas condições naturais mantidas, enquanto os padrões de qualidade das águas das classes 1 a 4 devem ser estabelecidos com base nos Valores de Referência de Qualidade (VRQ) e nos Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada uso preponderante, observando-se os Limites de Quantificação Praticáveis (LQPs) que constam do Anexo I (CONAMA 396/2008), enquanto as águas de classe 5 não terão condições e padrões de qualidade definidas (CONAMA, 2008).

Os parâmetros para subsidiar o enquadramento das águas subterrâneas em classes devem ser escolhidos em função dos usos preponderantes, considerando no mínimo os seguintes parâmetros: sólidos totais dissolvidos, nitratos, coliformes termotolerantes, pH, turbidez e condutividade elétrica, e mais aqueles de importância justificada (CONAMA, 2008).

A caracterização da qualidade das águas subterrâneas é condição para a gestão integrada dos recursos hídricos.

5.3.2 A qualidade das águas subterrâneas

O monitoramento da qualidade das águas subterrâneas implica em programas efetivos de acompanhamento e medição dos parâmetros de qualidade, e deve ser realizado com frequência semestral. A caracterização completa deve considerar a listagem do Anexo I, a cada cinco anos, sob a responsabilidade conjunta dos órgãos gestores dos recursos hídricos e da saúde pública (CONAMA, 2008).

Considera-se como órgãos gestores de recursos hídricos, aqueles que integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em conformidade com o art. 33 da Lei 9.433/97, a saber: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, os Comitês de Bacias Hidrográficas, os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais e as Agências de Água.

A Resolução de N^o 107 de 13 de abril de 2010 do CNRH, estabelece as diretrizes e critérios a serem adotados para o planejamento, a implantação e a operação de Rede Nacional de Monitoramento Integrado Qualitativo e Quantitativo de Águas Subterrâneas, a ser planejada e coordenada pela Agência Nacional de Águas, implantada, operada e mantida pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, e incorporadas ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH (BRASIL/CNRH, 2010).

A escolha dos pontos de monitoramento deve considerar dentre outros, aspectos como: uso e ocupação do solo, demandas, áreas de conflitos, caracterização geológica, geoquímica, vulnerabilidade natural, possíveis riscos de poluição, áreas contaminadas, tipos climáticos, áreas sujeitas a eventos hidrometeorológicos críticos e localização estratégica. É relevante também determinar a quantidade e a distribuição espacial dos poços profundos existentes (BRASIL/CNRH, 2010).

5.4 EDUCAÇÃO E AÇÃO SUSTENTÁVEL

Agir de forma sustentável é um grande desafio, talvez o mais difícil aos humanos, pois implica em ampliar a percepção e fazer escolhas. O conhecimento construído pela humanidade precisa propiciar uma constante reflexão acerca dos fazeres humanos, e melhorar a compreensão a respeito de saúde e qualidade de vida. Afinal, sustentabilidade não é um destino, mas uma forma de caminhar.

Enquanto mediadora da evolução humana, a educação deve ser ideológica, holística e interdisciplinar, no sentido de viabilizar a promoção das necessárias transformações societárias.

O rigor dos processos educativos na formação humana pode assegurar as condições para o diálogo entre os indivíduos, em prol da sustentabilidade ambiental e humana. Como processo dinâmico e contínuo de aprendizagens que são construídas formal e informalmente, a educação pressupõe uma evolução que é resultante das interações entre indivíduos e natureza, permeada pela dimensão ambiental, de forma a agregar sentidos aos saberes apreendidos (FILIPINI *et al.*, 2011).

A educação ambiental, compreendida como uma dimensão intrínseca ao conjunto de saberes acessados pela sociedade, poderá fortalecer seu capital social, instrumentalizando-a para escolhas coerentes com o bem-estar e a saúde. Concordamos com Trevisol (2009), quando afirma que o envolvimento é a base da cidadania. O envolvimento também é o alicerce necessário à aprendizagem e à ampliação das relações de pertencimento.

A dimensão ambiental na formação humana vai atribuir sabor aos saberes (ANASTASIOU & ALVES, 2005), viabilizando ao cidadão, a condição necessária para escolher a água cuja qualidade lhe assegure condições de saúde. Neste sentido, as Políticas de Educação Ambiental e os tratados internacionais e nacionais (Declaração de Estocolmo, Agenda 21, Tratado de Educação Ambiental para Sociedades

Sustentáveis, Política Nacional de Educação Ambiental, etc.), indicam para a importância da dimensão ambiental na formação humana e nos processos educativos.

A Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano, elaborada durante a Conferência das Nações Unidas reunida de 5 a 16 de junho de 1972, atribuiu ao homem, ao mesmo tempo, as responsabilidades de construtor e obra do meio ambiente que o cerca, meio ambiente esse, que lhe dá sustento material e oportunidade para desenvolver-se intelectual, moral, social e espiritualmente. Assim, enquanto construtor o homem adquiriu o poder de transformar tudo que o cerca, de inúmeras maneiras e em escalas sem precedentes. Tal poder, no entanto, requer que o homem faça constante avaliação de suas experiências, e possa utilizar-se dessas experiências com discernimento e sensibilidade.

O Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis, construído após a Conferência do Rio de Janeiro em 1992, atribuiu relevância à educação, afirmando que se *a sociedade são as pessoas*, o meio ambiente por consequência, será aquilo que essas pessoas forem efetivamente capazes de fazer. Nas palavras de Porto-Gonçalves, “estamos, então, vivendo hoje um processo de crise desse modelo de sociedade e de conhecimento, da disciplinaridade do conhecimento e mais uma vez da problemática ambiental” (PORTO-GONÇALVES, 2011, p. 33). Então, discutir sustentabilidade, problemática ambiental, qualidade da água ou da vida, implica em repensar a sociedade na expressão de idéias fragmentadas numa disciplinaridade divorciada das ações. Já não é possível separar a sociedade e seus modos de vida no ambiente que habita, altera, melhora ou degrada, da mesma forma que não é possível se obter água em condições de qualidade, se essa água é captada em mananciais nos quais se descarta resíduos e poluentes.

O poder humano de intervenção na natureza, se aplicado errônea e imprudentemente, pode causar danos incalculáveis ao seu ambiente e, por consequência, ao próprio ser humano e sua saúde. E é nesta perspectiva que a educação pode ser determinante.

Tanto a erosão de valores quanto a participação precária dos indivíduos nas transformações do ambiente, evidenciam-se em inexpressivo exercício de cidadania, gerando vulnerabilidades às condições de vida no planeta.

Já na Conferência de Belgrado, em 1975, atribuiu-se importância estratégica à Educação Ambiental, como mecanismo para fazer frente à

crescente deterioração do meio físico. Ao indicar para a necessidade de um novo conceito de desenvolvimento que desse suporte ao equilíbrio do meio ambiente e condições de melhoria da qualidade de vida, sugeria-se a necessidade de mudanças direcionadas para uma distribuição equitativa dos recursos da Terra, considerando para isso, a importância em definir prioridades e, entre elas, a necessidade de um novo tipo de compreensão para o cuidado com a vida, na perspectiva de se construir alternativas efetivas de sustentabilidade.

Na Primeira Conferência Intergovernamental sobre EA realizada em Tbilisi (1977), indicou-se a utilização dos avanços da ciência e da tecnologia, com vistas a desempenhar a função capital de criar consciência crítica. E condicionava uma melhor compreensão dos problemas que afetam o meio ambiente como estratégia para a renovação do processo educativo, mediante a intensificação de atividades nos processos de ensino-aprendizagem, que promovam a reflexão e a pesquisa numa abordagem sistêmica. Essa abordagem, porém, implica na capacitação da sociedade (pessoas) para um agir cuidadoso. O papel da EA é muito mais, estimular e promover a reflexão sobre, para que as pessoas despertem um olhar mais atencioso, de maneira a perceber e agir de forma a melhorar a qualidade de vida e, em consequência, a qualidade de sua experiência humana (DIAS, 2003). Assim, a capacidade humana de transformar o ambiente, se utilizada com discernimento, pode oferecer-lhe a oportunidade de enobrecer a existência. Porém, aplicada errônea e imprudentemente, pode causar danos incalculáveis ao ser humano e a seu meio ambiente de vida, causando degradação, transtornos ao equilíbrio ecológico, e problemas para a saúde física, mental e social do próprio homem.

Porém, embora se considere a educação uma condição essencial à sustentabilidade ambiental (ser humano aí incluso), é preciso evidenciar que por si só, ela não garante o alcance desse objetivo, até pela complexidade de fatores que envolvem a compreensão desse conceito. Mas ao promover a sensibilização, a EA também promove a participação, ampliando a abrangência de experiências educativas nas comunidades. Despertada a consciência, ganham-se aliados para a melhoria das condições de vida dos grupos humanos, que vão atuar diretamente na realidade dessas comunidades, valorizando a cooperação local no sentido de prevenir e amenizar os ditos *problemas ambientais*, que na verdade, são muito mais *problemas humanos* que da natureza,

pois são as pessoas que necessitam dos recursos naturais para suprir suas necessidades de sobrevivência.

Em 1992, o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global (BRASIL/MEC, 2006), atribuiu à educação a função de promover o envolvimento das comunidades num processo que propicie a reflexão e a formação de valores e princípios coerentes com o meio ambiente de vida que se deseja. A dimensão ambiental da educação precisa nortear para escolhas sustentáveis.

Ainda em 1992 teve início o processo de construção da Carta da Terra, importante código de ética planetária. Equivalente à Declaração Universal dos Direitos Humanos, a Carta da Terra também atribuiu relevância à educação, para a construção de sociedades sustentáveis, embasando-a na importância da *precaução* dos danos ao ambiente, como o melhor método quando o conhecimento for limitado.

A Agenda 21, por sua vez, constituiu-se num plano de ação para viabilizar a implementação de um novo modelo de desenvolvimento, que se quer sustentável quanto ao manejo dos recursos naturais e a preservação da biodiversidade, equânime e justo nas relações econômicas e na distribuição da riqueza, economicamente eficiente e politicamente participativo.

O capítulo 18 da Agenda 21 trata especificamente da proteção da qualidade dos recursos hídricos, propondo a aplicação de critérios de integração que devem ser assegurados por uma efetiva capacitação humana. O capítulo 36 também atribuiu ênfase à promoção do ensino e da conscientização, como condição para a eficácia da gestão dos recursos naturais.

O modelo de civilização dominante é então considerado causa de inúmeros problemas como o aumento da pobreza, a degradação humana e ambiental, a violência, as crises, as doenças, a erosão dos valores, a alienação e a não-participação da quase totalidade dos indivíduos na construção de seu futuro. Considerou-se que a educação ambiental deve gerar mudanças na qualidade de vida e maior consciência de conduta pessoal, harmonia entre os seres humanos e destes com outras formas de vida nos territórios que habitam.

A educação ambiental é uma dimensão que precisa envolver o conjunto dos conhecimentos desenvolvidos no processo ensino-aprendizagem. Esse processo educacional a ser desenvolvido através da escolarização formal, tem que emergir de dentro da própria escola. De nada adiantam as determinações das leis ou normas específicas, se o

professor não estiver preparado para o papel de educador que primordialmente lhe caberá desempenhar (DIAS, 2003). É consensual que se ensina muito mais pelo exemplo que pelas palavras.

Neste sentido, atribuiu-se relevância para a necessidade de tratar a grave questão do “analfabetismo ambiental” classificado como “o mais cruel, pernicioso e letal para a perda contínua e progressiva da qualidade de vida no planeta” (DIAS, 2003, p. 172), além de considerá-lo gerador de percepções equivocadas sobre saúde ambiental e humana.

A Lei das Águas (BRASIL/MMA, 1997) por sua vez, destaca a importância do manejo integrado dos recursos naturais na conservação de fontes e mananciais estratégicos, e indica a necessidade do planejamento do uso da terra, e do disciplinamento da ocupação de áreas de captação e recarga de aquíferos.

Importante contribuição neste sentido veio com a Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL/PNSB, 2007), que definiu princípios para aspectos de interesse na gestão dos recursos hídricos. Assim sendo, determina que a realização dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, precisam ser adequados à saúde pública e à proteção do meio ambiente (Lei N° 11.445/2007, Art. 2º, § III).

A Política Nacional de Saneamento Básico atribui relevância ao conjunto de mecanismos que garantem à sociedade as informações necessárias à participação na formulação de políticas, planejamento e avaliação desses serviços (BRASIL/PNSB, 2007, Art. 3º), tratando a educação ambiental como condição para a adequada gestão dos recursos ambientais, indicando que *a adequada gestão da água está condicionada à nossa capacidade de gestão do meio ambiente como um todo* (grifo nosso).

5.4.1 A Capacitação em Recursos Hídricos

Capacitar a população em recursos hídricos é condição primordial na gestão da água. O CNRH tratou disso na Resolução N° 39 de 26 de março de 2004, ao instituir a câmara técnica de educação, capacitação e mobilização social em recursos hídricos, com competências para propor diretrizes, planos e programas em cooperação, e em conformidade com a Lei das Águas.

A capacitação em recursos hídricos constitui agenda importante na sensibilização da sociedade, tanto para o uso racional como para a

gestão integrada de todos os recursos ambientais. Além disso, é coerente com a Política Nacional de Educação Ambiental, a Agenda 21, o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis, e tantas outras leis, conferências e tratados que marcaram o final do século XX e o início de século XXI, na busca por compatibilizar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade ambiental.

Porém, a gestão participativa da água e do meio ambiente é particularmente complexa e vulnerável a interesses diversos e localizados. Complexa no que diz respeito aos atores que vão compor as instâncias de poder e decisão, pelos interesses que representam, pela formação e pela disponibilidade em acompanhar os processos daí decorrentes. A participação desses agentes esbarra tanto na carência de recursos humanos e financeiros nas instâncias dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), como na sua carência de representatividade, especialmente nas instâncias da sociedade civil, e nas dificuldades de compreensão das leis e normas que podem assegurar uma participação criteriosa como a temática requer.

6 AS CATEGORIAS DE ANÁLISE

Nós humanos somos parte do meio ambiente. Integramos e alteramos nosso habitat, na perspectiva de assegurar conforto e qualidade de vida. Nesse intento, muitas vezes agimos de forma confusa e equivocada, gerando prejuízos à natureza e à nossa sobrevivência.

A explicação para muitos eventos danosos ao meio ambiente (natureza e população) precisa ser relacionada com as intervenções humanas no espaço. Nesta perspectiva, a Geografia pode fornecer as ferramentas teórico metodológicas para o entendimento das dinâmicas que envolvem a evolução social, econômica, cultural e ideológica da sociedade (SANTOS, 2008a)⁶. Significa dizer que como instância geográfica, o espaço contém e é contido pelas demais instâncias, assim como cada uma delas contém e é por ele contida.

Escolher um caminho de método significa encontrar as variáveis explicativas do espaço geográfico, que se define como união indissolúvel de sistemas de objetos, ações e técnicas (SANTOS, 2008a), que indicam como o território é usado, pela necessidade de delimitar períodos e contextos, que permitam enxergar a evolução das variáveis escolhidas dentro de uma situação, suas heranças, intencionalidades e sentidos, percebidos ou não pela sociedade.

⁶ “Espaço e Método”, que é publicado originalmente em 1985, é precedido pela publicação de “Pensando o Espaço do Homem, de 1979, onde Milton Santos destaca a importância de que o estudo do espaço considere sua forma, estrutura, função e processo, atribuindo força à totalidade como componente do método. Em Espaço e Método (1985), o meio técnico-científico-informacional explicaria o impacto do processo de globalização, revelando a nova composição do espaço, pois é nele que se instalam as atividades hegemônicas, fazendo com que determinados lugares se tornem mundiais, complementando as idéias apresentadas em 1979. Em Metamorfoses do Espaço Habitado (1988), Milton Santos indica a necessidade de renovação do objeto geográfico, distinguindo as categorias fundamentais para o estudo do fenômeno espacial, e apresenta um esquema de ideias propositivas ligando a teoria à prática, atento à aplicabilidade do conhecimento geográfico às coisas do fazer científico e do homem comum. Em Técnica, Espaço e Tempo (1994), os processos de urbanização, de regionalização, e o debate ambiental são analisados sob a dimensão da globalização, manifestando sua crítica ao papel do intelectual e das humanidades diante da racionalidade instrumental. E na obra síntese “A Natureza do Espaço” (1996), Milton Santos assume que o espaço é um conjunto indissociável de sistemas de objetos e de sistemas de ações, revelando um conjunto coerente de conceitos, que constitui importante referência epistemológica da Geografia e da teoria social, na perspectiva de contribuir com a compreensão do mundo.

6.1 A COMPREENSÃO DO ESPAÇO

O espaço constitui uma realidade objetiva, um produto social em permanente processo de transformação.

Milton Santos, 2008a.

Numa época de fronteiras questionáveis e territórios globalizados, os conceitos tendem a parecer cada vez mais confusos e equivocados. Os significados já não são consensuais, e carecem de referências de análise que permitam uma melhor compreensão, capaz de atribuir sentidos às nossas escolhas e representações.

Para Milton Santos em sua obra “Espaço e Método” (2008a), publicada originalmente em 1985, as variáveis de relevância na compreensão do espaço seriam seus constituintes: forma, função, estrutura e processo, cujo conjunto compõe sua totalidade.

Ainda para Milton Santos, mas já em sua obra “A Natureza do Espaço” (2008b) publicada em 1996, paisagem e espaço não são sinônimos. A paisagem “é o conjunto de formas, que num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza”, ou ainda, “a porção da configuração territorial que é possível abarcar com a visão” (p.103).

Espaço é sempre uma construção horizontal, uma situação única que resulta da intrusão da sociedade, nessas formas-objeto. O espaço são essas formas mais a vida que as anima. Por isso esses objetos mudam de função e de significação (SANTOS, 2008b).

O espaço é, então, um sistema geograficamente localizado de valores que se transformam de forma dinâmica, e mais as contribuições histórico-temporais. Se a essência do espaço é social, implica em abarcar uma instância econômica, cultural e ideológica, que contém e é contida pela sociedade. Neste caso, o espaço não pode ser apenas formado pelos objetos geográficos naturais e artificiais cujo conjunto nos dá a *natureza*. O espaço é tudo isso, mais a sociedade que dá vida aos objetos, por meio de seus processos sociais representativos em um dado momento (SANTOS, 2008a; SANTOS, 2008b).

Assim, as formas geográficas contêm frações do social, mudando de significação na medida em que o movimento social lhes atribui frações diferentes do social. Esses conteúdos diferentes adquirem novos sentidos ao encaixar-se nas formas, e a ação que é inerente à função, é

condizente também com a forma que a contém, atribuindo significação aos processos quando corporificados (SANTOS, 2008a).

O espaço então contém o movimento e por conta disso, constitui com a paisagem um par dialético. Complementam-se e se opõem num esforço analítico, que impõe que os separemos como categorias diferentes, para viabilizar o reconhecimento do movimento da sociedade (SANTOS, 2008c). Nessa perspectiva, sempre para Milton Santos, a paisagem precede a história que será escrita sobre ela, enquanto o espaço é estrutural, e resultado da soma e da síntese dos elementos e processos inseridos sobre aquela (SANTOS, 2008c).

Segundo Milton Santos (2008a), o movimento do espaço é ao mesmo tempo efeito e condição da sociedade, e constitui um produto social distinto em permanente adaptação, evidenciando as marcas da sociedade sobre a natureza. E o espaço responde às alterações na sociedade por meio de sua própria alteração.

6.1.1 Espaço como sistema

Sendo a essência do espaço o conjunto dos elementos que o integram, tanto o valor como a função desses elementos estão submetidos a variações quantitativas e qualitativas segundo o movimento histórico. Dessa forma, cada lugar atribui a cada elemento constituinte do espaço, um valor particular, em função do seu papel no interior do conjunto. É pelo movimento do conjunto que se pode valorizar cada parte e analisá-la, para em seguida, reconhecer concretamente esse todo num esforço de classificação (GARCIA, 2000).

Ainda segundo Garcia (2000):

Conocer significa establecer relaciones en una materia prima que sin duda provee la experiencia, pero, cuya organización depende del sujeto cognoscente. Esto excluye que el conocimiento de la realidad se genere por observaciones y por generalizaciones inductivas a partir de aquellas (GARCIA, 2000, p. 385).

Assim, ao delimitar geograficamente um espaço, busca-se uma primeira aproximação no sentido de evidenciar as chamadas relações

espaciais, cujos fatos possam ser observáveis e enriquecidos pelo levantamento de dados.

Para Platão, conhecer é estabelecer uma relação de identidade com o objeto (ABBAGNANO, 2000), porém, nenhum estudo consegue abarcar a totalidade de relações de um sistema complexo, necessitando para isso, que se selecionem critérios que possibilitem a análise dos processos envolvidos, e não apenas das estruturas que o compõem.

Nas palavras de Bertrand Russel citado por Santos (2008a), os elementos do espaço constituem a base de toda dedução. O espaço deve ser considerado como uma totalidade, a exemplo da própria sociedade que lhe dá vida. Todavia, considerá-lo uma totalidade exige que se encontre, através da análise, a possibilidade de dividi-lo em partes, para depois reconstituí-lo. Essa fragmentação implica na definição dos elementos significativos desse espaço, os quais constituem o sentido para a compreensão das coisas num dado momento histórico. Os elementos do espaço equivalem a uma categoria de análise e, segundo esse autor, esses elementos seriam as pessoas, as empresas, as instituições, o meio ecológico e as obras de infra-estrutura.

A estrutura espacial, enquanto objeto de estudo, pressupõe a compreensão do comportamento das variáveis significativas do espaço que se está estudando, sob a influência do respectivo contexto histórico. Assim, a relação da sociedade com a paisagem pode ser compreendida, sob a luz dos efeitos dos processos temporais de mudança, e o resultado cumulativo desses tempos.

Essas categorias expressam sentidos importantes para a compreensão do espaço. A *forma* refere-se ao arranjo de objetos com o objetivo de atender a uma função determinada, e pode ser alterada pela dinâmica da sociedade, sendo chamada a cumprir novas funções.

A *função* sugere a atividade esperada de uma forma, enquanto a *estrutura* abarca as inter-relações das partes e seu modo de organização.

A visão do conjunto impõe a necessidade de considerar essas categorias de análise, como mediadoras no entendimento dos fatores relevantes na organização do espaço, e da utilização da categoria de formação sócio-espacial, pelo conjunto de relações e sua complexidade.

6.1.2 Formação socioeconômica do espaço

Segundo Milton Santos (2008a), a formação socioeconômica é uma categoria que pode expressar a totalidade espacial em seu

movimento. Segundo Sereni (1974 *apud* SANTOS, 2008a), é preciso pôr em relação os dados estruturais com uma produção determinada. É essa relação que expressa a unidade e a totalidade das esferas econômica, social, política e cultural da vida de uma sociedade.

As formações econômicas e sociais precisam ser compreendidas num movimento totalizador, onde todos os elementos são variáveis que interagem e evoluem juntas (LABRIOLA, 1902 *apud* SANTOS, 1982b). Constituem a possibilidade realizada, sempre ligada a uma realidade concreta e suscetível de localização histórico-temporal. A formação social compreenderia então, uma estrutura produtiva e uma estrutura técnica, expressas geograficamente.

Assim, as diferenças entre os lugares são o resultado do arranjo espacial dos modos de produção e reproduzem a ordem internacional (SANTOS, 1974). O modo de produção então é a unidade, enquanto a formação socioeconômica é a especificidade (SANTOS, 2008a). Cada combinação de formas espaciais e de técnicas constitui o atributo produtivo de um espaço e suas limitações. E dependem da redistribuição a cada momento histórico sobre o espaço total, da totalidade das funções que uma formação social é chamada a realizar.

6.1.3 Espaço e geossistema

O geossistema é uma grandeza espaço-temporal ou unidade dimensional, que corresponde à combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, os quais constituem seu “potencial ecológico” (BERTRAND, 2004). Para esse autor, o geossistema parece constituir uma boa base para os estudos de organização do espaço, por ser compatível com a escala humana, e por integrar os atributos de uma configuração espacial.

Para Monteiro (1996), o geossistema é uma proposta de abordagem integradora, que visa “aproximar as diferentes esferas do “natural” mas, em o fazendo, facilitar o entrosamento com os fatos “sociais” ou “humanos” (p. 77). Para esse autor, a ideia dos geossistemas continua em progressão e merece ser perseguida, pois “o aprimoramento dessa “integração” holística” (p.78) é um pré-requisito muito necessário à compreensão da qualidade ambiental, a qual é refletida nos resultados da estruturação espacial. A estruturação do geossistema “visa, preventivamente, esclarecer as aptidões à “exploração antrópica” e sugerir as precauções para evitar o

esgotamento dos recursos a manter a qualidade ambiental” (p.78). A complexidade de tal abordagem no entanto, evidencia a necessidade de prática interdisciplinar, cujo verdadeiro sentido é a promoção do diálogo convergente entre as diferentes áreas do conhecimento, para um propósito superior mas comum ao interesse de todas elas (p. 90).

Segundo Brunet (1962 *apud* SANTOS, 2008b), “o geógrafo se esforça por realizar o velho sonho do filósofo de apreender a realidade em sua totalidade. Porém, ao geógrafo cabe fazê-lo a partir de sua própria província do saber. A noção de totalidade é uma das mais fecundas que a filosofia clássica nos legou, constituindo um elemento fundamental para o conhecimento e análise da realidade, uma vez que, as partes que formam a totalidade não bastam para explicá-la, ao contrário, é a *totalidade* que explica as partes (SANTOS, 2008b).

Se o conhecimento pressupõe análise, a análise por sua vez, pressupõe divisão, movimento e distinção entre realidade e possibilidade. A possibilidade representa uma tendência real oculta nos objetos e fenômenos, que caracteriza as diversas direções no desenvolvimento de um sistema (MELIJJIN, 1963 *apud* SANTOS, 2008b). Já a transformação da possibilidade em realidade, implica na ação de leis objetivas, e na criação de condições favoráveis. A totalidade como latência é dada pelas suas possibilidades reais, mas histórica e geograficamente só é realizada pela ação.

A sociedade moderna tenta realizar e teima em ignorar: que a cultura não exclui a natureza, mas se desenvolve no interior dela, realizando novas sínteses de matéria e energia socialmente instituídas e, portanto, passíveis de novos caminhos, novas agriculturas, novas formas de mediação entre o homem e o seu outro orgânico-inorgânico (PORTO-GONÇALVES, 1989, p.92).

Milton Santos (2008b), chama a atenção para o fato de que devemos considerar as modernizações como o único modo de levar em conta as implicações temporais da organização do espaço. Considera então, que cada período é caracterizado pela existência de um conjunto coerente de elementos de ordem econômica, social, política e moral, que constituem um verdadeiro sistema, e sugere que devemos realizar uma divisão do tempo em períodos para buscar a compreensão da totalidade.

6.1.4 Noções de região e de território

As regiões constituem espaços de conveniência. Segundo Santos (2008a), a região se define como resultado das possibilidades ligadas a certa presença, nela, de capitais fixos exercendo determinadas funções técnicas e econômicas, dadas pelas relações dialéticas entre os fatores concretos aí existentes. É, na verdade, o lócus de determinadas funções da sociedade em um dado momento.

Nas regiões onde os sistemas de objetos e os sistemas de ações são mais densos, aí está o centro de poder. Nas outras onde estes sistemas são menos complexos, aí estão os centros do fazer. A região é dotada de um conteúdo funcional, onde os elementos que a compõem se relacionam em função de uma organização (SANTOS, 2008d). Região então significa reger, mas hoje há cada vez mais regiões que são apenas regiões do fazer, e regiões do fazer para os outros, num permanente movimento de organizar-se e desorganizar-se.

Na primeira publicação de *Espaço e Método* em 1985, Milton Santos já discutia a “noção de região”, considerada como “a categoria *par excellence* do estudo espacial” (SANTOS, 2008a, p. 87), atribuindo às metrópoles regionais uma função de comando que compreende um grande número de papéis, desde o fornecimento de bens e serviços necessários à produção e ao consumo, até a coleta da produção aí gerada. Com sua mobilidade restrita, a região funciona segundo uma lógica própria, cuja fluidez espacial é dependente da existência ou não de relações de integração.

Ainda para Milton Santos já em 1985, a internacionalização do capital produtivo veio pôr à mostra a debilidade do conceito de região, pelo menos em sua versão clássica (SANTOS, 2008a), à medida que a localização das atividades mais rentáveis torna-se seletiva, com a questão regional adquirindo novo significado.

Nos países subdesenvolvidos, segundo Santos (2008a), a noção de região fica seriamente afetada pela internalização da divisão internacional do trabalho, que vai acelerar a criação de valores de troca e a especialização mercantil dos subespaços, ao mesmo tempo em que o processo de centralização fica restrito à áreas limitadas, e o resto do país submetido a manter relações obrigatórias e assimétricas com o “centro”. Assim, a cada momento histórico, o que se convencionou chamar de região, é apenas um *subespaço* do espaço nacional total, aparecendo como o melhor lugar para a realização de certas atividades.

A região define-se então, como o resultado das possibilidades dadas por uma rede de relações, ligadas à lógica de organização das empresas e dos processos produtivos, sem que necessariamente deixe de haver entre elas conflitos, inclusive pelo uso do espaço, exceto se a associação ultrapassar a esfera econômica, consolidando-se também nas esferas técnica e jurídica. Assim, a região é funcional e, por conta disso, as possibilidades de ação humana sobre o espaço carecem de conhecimento e de poder de intervenção.

Já o território, que para Milton Santos é um conjunto sistêmico de pontos que constituem um campo de forças interdependentes, e que “como um todo se torna um dado dessa harmonia forçada entre lugares e agentes nele instalados em função de uma inteligência maior, situada nos centros motores da informação” (2008b), seria para Souza (1995) essencialmente um espaço delimitado por relações de poder e, a partir delas, visto como um campo de forças.

O ‘poder’ corresponde à habilidade humana de não apenas agir, mas de agir em uníssono, em comum acordo. O poder jamais é propriedade de um indivíduo; pertence ele a um grupo e existe apenas enquanto o grupo se mantiver unido (ARENDETT, 1985, p.24).

Mas o espaço é anterior ao território (RAFFESTIN, 1993 *apud* SOUZA, 1995). E assim como o poder é onipresente nas relações sociais, o território está presente em toda a espacialidade, enquanto o homem também estiver.

Porto-Gonçalves (2012), no texto “*A ecologia política na América Latina: reapropriação social da Natureza e reinvenção dos territórios*” assume a opção teórica de considerar o espaço como “a acumulação desigual de tempos”, abandonando a perspectiva linear característica do eurocentrismo. Considera o território como sendo o processo de apropriação e controle do espaço geográfico, com seus recursos e suas gentes. Revela as tensas relações de poder que lhe são constitutivas, e relaciona o entendimento da questão ambiental à compreensão do conceito de território, atribuindo ênfase à necessária reapropriação social da natureza. E chama a atenção para a defesa da diversidade cultural, bandeira de luta dos movimentos sociais em defesa dos valores e sentidos da existência humana, ensejando um debate que vai além da discussão sobre desenvolvimento e subdesenvolvimento.

7 METODOLOGIA DE TRABALHO

A obtenção de dados existentes utilizou a pesquisa em arquivos de órgãos, instituições e empresas públicas e privadas, arquivos on-line, bibliografia referenciada e publicações em eventos. A produção de mapas utilizou como fonte o IBGE, CIRAM/EPAGRI E EMBRAPA, além de imagens Landsat e Google Earth.

A produção de dados primários é resultado de amostras de água superficial e subterrânea, coletadas em saídas a campo em 05 momentos distribuídos durante o ano de 2012 e analisadas pelos laboratórios de águas e saneamento da EPAGRI/Chapecó e da UNOESC/Joaçaba.

As imagens fotográficas foram coletadas durante trabalhos em campo, principalmente entre 2010 e 2012, com auxílio de máquina digital FUJIFILM modelo FINEPIX S, 14 mega pixels.

O estudo utilizou como recorte geográfico a sub-bacia do Rio Jacutinga – SUB4, que compõe o Sistema Jacutinga. A caracterização da bacia do Rio Jacutinga foi desenvolvida com base em imagens cartográficas digitalizadas do IBGE, da EPAGRI/CIRAM, e do Projeto Rede Guarani/Serra Geral - RGSG (UFSC/FAPEU/FAPESC).

Os mapas foram trabalhados com o auxílio de software AutoCAD para os parâmetros morfométricos, pelo Instituto Heráclito e pela empresa Geoinformação e Gestão Territorial Ltda, com a supervisão da autora. Mapas de localização de empreendimentos pecuários (suínos e aves) identificados em base do Google Earth.

Os tipos geoquímicos das águas subterrâneas da bacia do rio Jacutinga foram determinados através do Diagrama de Piper, plotando-se os percentuais de miliequivalentes dos principais cátions e ânions (GW-CHART⁷). E o IQA como indicador da contaminação orgânica, foi identificado com o uso do Excel, e orientações CETESB⁸.

7.1 ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Jacutinga está situada na Região Hidrográfica do Vale do Rio do Peixe (RH3) (Figura 27).

⁷ Diagrama de Piper produzido com base em programa disponível em <http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/GW_Chart.html> acessado 10/06/2013.

⁸ Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/01.pdf>> Acesso em 06/03/2012

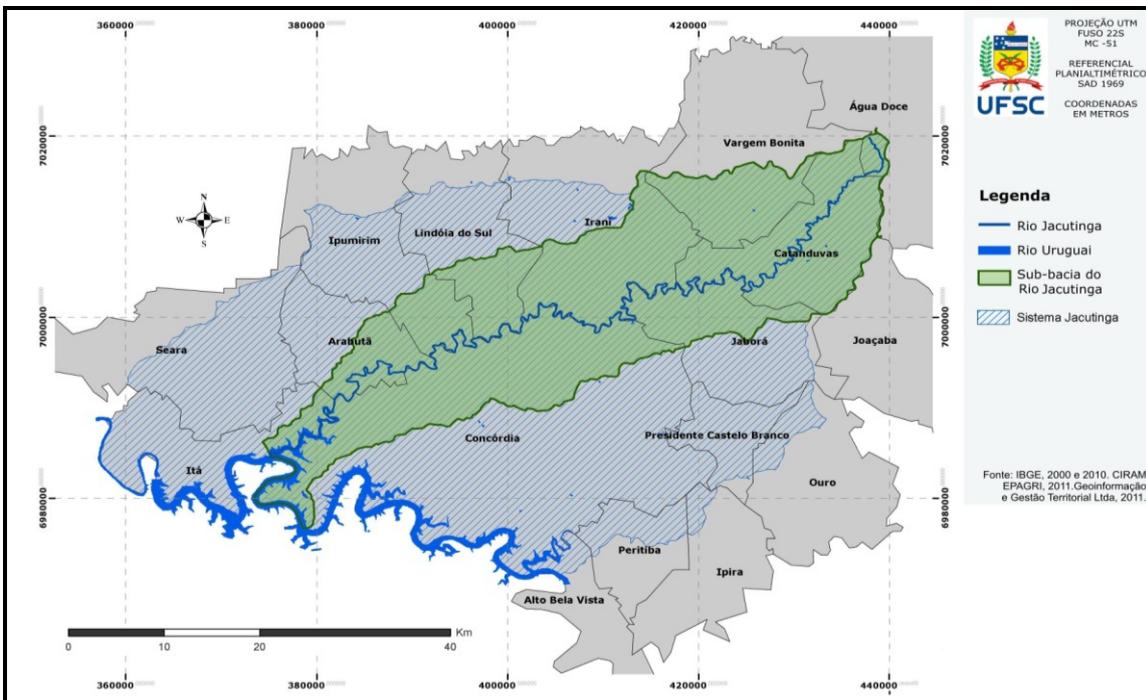


Figura 27: A localização da bacia do rio Jacutinga no Sistema Jacutinga.

Fonte: Instituto Heráclito, Geoinformação e Gestão Territorial Ltda, 2011 a pedido da Autora.

O rio Jacutinga possui uma extensão de 160 km, com a nascente localizada no município de Água Doce, a 27° 00'01,32" de Latitude Sul, e 51° 35'05,89", de Longitude Oeste. É contribuinte da margem direita do rio Uruguai, na altura de 27° 15'13,71" de Latitude Sul e 52° 15'20,16" de Longitude Oeste. E foz no município de Concórdia.

7.2 MATERIAIS

- a) Cartas do IBGE, todas em escala 1:100.000:
Folha SG.22-V-D-II Joaçaba;
Folha SG.22-Y-D-I Concórdia e;
Folha SG.22-Y-B-V Herciliópolis.
- b) Imagens do Google Earth adaptadas pela autora.
- c) Análises físico-químicas e microbiológicas de águas realizadas nos Laboratórios de Águas e Saneamento da EPAGRI/Chapecó e UNOESC/Joaçaba.
- d) Softwares de edição de imagens – auto CAD e Paint.
- e) Fonte de dados físicos: IBGE; IBGE CIDADES; EPAGRI/CIRAM; EMBRAPA.
- f) Trabalhos de campo com GPS, termômetro, sonda multiparâmetros calibrada e peagâmetro para análise de parâmetros *in loco*, chaves de grifo para viabilizar a abertura dos poços, frascos esterilizados para coleta de amostras de água, profissional qualificado na abertura e manutenção de poços profundos, planilhas para identificação de dados, máquina fotográfica para validação de imagens e revisão de informações.

7.3 ATIVIDADES DE CAMPO

Foram realizados 07 trabalhos de campo, para reconhecer a área de estudo, realizar observações do uso do solo, identificar e georeferenciar os poços tubulares profundos para a amostragem da qualidade da água subterrânea, e os locais para a coleta de amostras de águas superficiais.

Os pontos de coleta de águas subterrâneas estão identificados na Figura 28 e Apêndice A, e os pontos de coleta de águas superficiais na Figura 29 e Quadro 09.

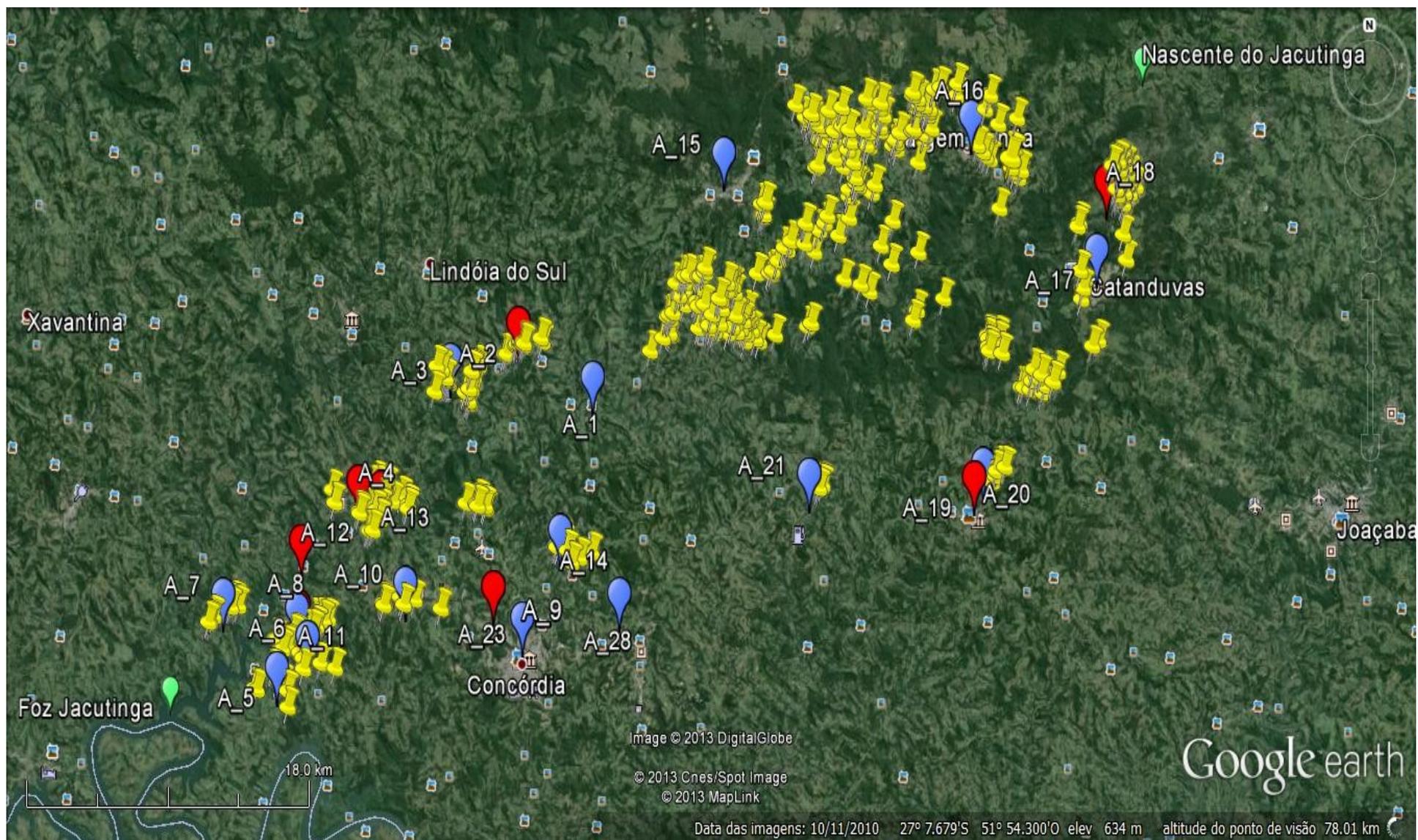


Figura 28: Localização dos poços profundos amostrados na bacia do rio Jacutinga: Os “pingos” indicam poços incluídos na amostragem de qualidade físico-química: na cor azul, amostras bicarbonatadas-cálcicas, e na cor vermelha, amostras bicarbonatadas-sódicas. “Pingos” verdes, nascente e foz do rio Jacutinga, “Alfinetes” amarelos: granjas de suínos e de aves.
 Fonte: Google Earth, trabalhos de campo com GPS e análises físico-químicas realizadas para este estudo, orientadas pela autora.

7.3.1 Procedimentos Metodológicos

Os trabalhos de campo foram assim realizados:

1. Reconhecimento e georreferenciamento da bacia do rio Jacutinga e locais de amostragem: 15 a 17/03/2011.
2. Campo de contato com proprietários dos poços para amostragem de qualidade de água – 14 e 15/09/2011.
3. Coleta de amostras de águas subterrâneas –31/03/2012.
4. Coleta de amostras de águas subterrâneas –14/04/2012.
5. Coleta de amostras de águas subterrâneas –28/04/2012.
6. Coleta de amostras de águas subterrâneas –23/06/2012.
7. Coleta de amostras de águas superficiais –11/12/2012.

As coletas de dados e imagens em campo foram efetuadas pela autora, em parceria com equipes técnicas da EPAGRI/Chapecó, do Laboratório de Saneamento e Águas da UNOESC/Joaçaba, do Instituto Heráclito, do LAAM/UFSC/RGSG, e UnC/Concórdia.

Em decorrência de estudos anteriores indicando a presença de poluentes em rios e poços na área de abrangência do Sistema Jacutinga (MIRANDA, 2005; MIRANDA & PERDOMO, 2000; MARCHESAN, 2007; ZANELLA, 2003), considerou-se relevante realizar análise de qualidade num conjunto de amostras de água superficial e subterrânea.

Para a caracterização das águas subterrâneas foram selecionados 23 poços profundos utilizados no abastecimento público. Em 07 poços foram coletadas amostras duplas para validar os resultados, sendo descartadas na análise, pela similaridade dos mesmos. As amostras foram numeradas de forma aleatória e enviadas para o laboratório da Epagri Chapecó. Para a caracterização das águas superficiais foram selecionados 11 pontos de interesse ao longo do curso principal do rio Jacutinga e foz de afluentes, de forma a caracterizar as contribuições dos municípios que compõe a bacia. Os resultados da qualidade das amostras constituiram um conjunto de dados primários para a comparação com as características do entorno dos poços e os índices de qualidade dessas águas.

Para as águas subterrâneas foram adotados indicadores considerados representativos para a qualidade (CONAMA, 396/2008), e a Portaria 2.914 (BRASIL/MS, 2011) para a potabilidade, considerando seu uso para o abastecimento público, uma vez que, nem sempre essas águas são submetidas a tratamento prévio. A caracterização dessas águas foi realizada com o uso do Diagrama de Piper (GW-CHART).

Para as águas superficiais foram efetuadas análises físico-químicas e microbiológicas em 11 amostras de água do rio Jacutinga e da foz de alguns de seus principais afluentes identificados no Quadro 09, coletadas em 11/12/2012 pela autora com apoio técnico da equipe do Laboratório de Saneamento e Águas da Unoesc/Joaçaba. A análise desses dados foi realizada com base no Índice de Qualidade de Água (IQA/*National Sanitation Foundation*).

Ponto	Local da coleta de águas superficiais - 11/12/2012	Coordenadas Geográficas		Altitude
00	Nascente Jacutinga – Água Doce	S26 58.466	W51 37.380	1.289 m
01	Próximo à Nascente – à margem da estrada em Água Doce	S26 58.777	W51 37.634	955 m
02	Rio Jacutinga - antes da ponte da BR-282 – Catanduvás	S27 05.198	W51 47.298	674 m
03	Foz do Arroio Patrimônio - Catanduvás	S27 05.198	W51 47.298	674 m
04	Foz do Rio Pingador – Vargem Bonita/Catanduvás	S27 04.558	W51 47.295	667 m
05	Foz do Rio Nove Passos - Jaborá	S27 06.019	W51 49.341	641 m
06	Rio Jacutinga - divisa entre os municípios de Jaborá e Catanduvás	S27 00.299	W51 39.522	603 m
07	Ponte Jacutinga BR-153 – divisa dos municípios de Concórdia e Irani	S27 08.132	W51 55.002	562 m
08	Rio Jacutinga – 3 de Outubro – divisa Irani/Lindóia do Sul/Concórdia	S27 07.202	W51 59.312	531 m
09	Rio Jacutinga – Arabutã próximo à ponte	S27 09.692	W52 08.540	406 m
10	Rio Jacutinga – SC-283 – div. Arabutã/Concórdia – estrada para Seara	S27 11.585	W52 10.182	381 m
11	Foz do Lajeado dos Fragosos em Engenho Velho – Concórdia	S27 14.131	W52 11.613	374 m
TOTAL DE AMOSTRAS = 11				

Quadro 09: Identificação dos pontos de amostragem de água superficial na bacia do rio Jacutinga.

- a) Fonte: A Autora, com base em Cartas do IBGE em escala 1:100.000 -Folha SG.22-V-D-II Joaçaba; Folha SG.22-Y-D-I Concórdia e Folha SG.22-Y-B-V Hercilópolis e GPS em campo.

Os parâmetros contemplados nas análises, identificados no Quadro 10, foram os mesmos para águas subterrâneas e superficiais.

PARÂMETROS	Unidade	VMP (1)	VMP (2)	METODOLOGIA
Alcalinidade CO ₃ ⁻²	mg/L CaCO ₃	-----	-----	Titulação
Alcalinidade HCO ₃ ⁻	mg/L CaCO ₃	-----	-----	Titulação
Alcalinidade OH ⁻	mg/L CaCO ₃	-----	-----	Titulação
Alcalinidade Total	mg/L CaCO ₃	-----	-----	Titulação
Alumínio	mg/L Al	0,1	0,2	Espectrofotômetro
Amônia NH ₃	mg/L NH ₃	*	1,5	Colorimétrico
Cálcio	mgCa.L ⁻¹	-----	-----	Complexométrico
Cloreto Total	Cl ⁻ mg L ⁻¹	250	-----	Titulação
Cloretos	Cl ⁻ mg L ⁻¹	250	250	argentométrico
Coliformes Totais e Termotolerantes	NMP/100 mL	1000		NMP ou Ausência
Condutividade a 25C°	µS. Cm ⁻¹	-----	-----	Condutivimétrico
DBO	mgO ₂ .L ⁻¹	< 5,0	-----	Respirométrico
DQO	mgO ₂ .L ⁻¹	-----	-----	Digestão ácida com dicromato
Dureza a Cálcio	mgCaCO ₃ .L ⁻¹	-----	500	Complexométrico
Dureza a Magnésio	mgCaCO ₃ .L ⁻¹	-----	-----	Complexométrico
Dureza Total	mgCaCO ₃ mg L ⁻¹	-----	-----	Complexométrico
Ferro Total dissolvido	mgFe.L ⁻¹	0,3	0,30	Absorção atômica/chama
Fluoreto	mgF.L ⁻¹	1,4	1,5	Colorimétrico
Fósforo	mgPO ₄ -P.L ⁻¹	0,1	-----	Colorimétrico
Magnésio	mgMg.L ⁻¹	-----	-----	Complexométrico
Manganês Total	mgMn.L ⁻¹	0,1	0,10	Absorção atômica/chama
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mgNO ₃ N.L ⁻¹	10	10,0	Colorimétrico
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mgNO ₂ N.L ⁻¹	1,0	1,0	Colorimétrico
Nitrogênio Total	mgN.L ⁻¹	-----	-----	Colorimétrico
Oxigênio Dissolvido	mgO ₂ .L ⁻¹	> 5,0	-----	Oximétrico
pH	-----	6,0-9,0	6 a 9,5	Potenciométrico
Potássio	mgK.L ⁻¹	-----	-----	Fotômetro de chama
Sódio	mgNa.L ⁻¹	-----	200	Fotômetro de chama
Sólidos Fixos	mg/L	-----	-----	Gravimétrico
Sólidos Dissolvidos Totais	mg L	1000	1000	Gravimétrico
Sólidos Totais	mg/L	-----	-----	Gravimétrico
Sólidos Voláteis	mg/L	-----	-----	Gravimétrico
Sulfato	mg/L	250	250	Colorimétrico
Turbidez	NTU	100	5	Nefelométrico

Quadro 10: Parâmetros e metodologias de análise das amostras de água.

(1) Resolução CONAMA 357/2005: Padrão de qualidade para rios Classe II.

(2) Portaria 2914/2011: Padrão de Potabilidade.

*Depende do pH

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.1 A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água talvez seja um dos aspectos mais carentes de informação na área estudada, embora seja necessário que a água apresente um determinado padrão de qualidade, e seja monitorada com a frequência devida. O monitoramento da qualidade constitui a forma mais importante de instrumentalizar a gestão dos recursos hídricos e a saúde pública. A possibilidade de exposição das pessoas a fatores de risco potentes para produzir doenças, requer um olhar sistêmico sobre os processos que envolvem os recursos ambientais, de modo a permitir que se amplie a compreensão sobre a saúde ambiental, e sobre as ações necessárias à sua manutenção.

A ninguém é lícito conspurcar ou contaminar as águas que não consome, com prejuízo de terceiros. [...] que os trabalhos para a salubridade das águas sejam realizados à custa dos infratores que, além da responsabilidade criminal, se houver, também respondam pelas conseqüentes perdas e danos, e por multas (BRASIL/CASA CIVIL, 1934, art. 109 e 110).

A qualidade da água está diretamente relacionada com a forma como cuidamos do solo, do ar e das florestas, que são mantenedores de serviços essenciais à vida no planeta. Desconsiderá-los, pode colocar em condição de vulnerabilidade a própria sobrevivência humana.

As principais doenças de origem hídrica, relacionadas com as condições da água e a ausência de saneamento, vão desde as diarreias e infecções de pele, até hepatites infecciosas, esquistossomose, malária, dengue, verminoses, escabioses, problemas neurológicos e gastrintestinais, podendo ser letais à vida humana (Quadro 11). Ainda assim, agrotóxicos e metais pesados não são monitorados com a frequência⁹ devida nos sistemas de abastecimento público.

Segundo Clarke e King (2005), os produtos químicos utilizados na fertilização agrícola escoam para rios e lagos pela lixiviação do solo, provocando a contaminação da água que abastece a população. Fosfatos e nitratos espalhados pelos solos para promover o crescimento das

⁹ A cada 6 meses segundo a Portaria 2.914/11 (art.40).

plantações podem apresentar efeitos desastrosos, promovendo a proliferação de algas e colocando em risco a sobrevivência da ictiofauna. “Os nitratos dos suprimentos de água estão se tornando uma ameaça para os seres humanos e os animais” (Clarke e King, 2005, p.36). Ainda segundo esses autores, o emprego de água rica em nitrato para irrigar as plantações que também são fertilizadas, pode reduzir a produtividade e tornar a lavoura vulnerável a pragas e doenças, podendo induzir ao aumento do uso de pesticidas.

Substância	Efeitos nocivos à saúde humana
Arsênio	Em doses baixas causa debilidade muscular, perda de apetite e náuseas. Em doses altas compromete o sistema nervoso.
Cádmio	Provoca desordem gastrointestinal grave, bronquite, enfisema, anemia e cálculo renal.
Chumbo	Provoca cansaço, ligeiros transtornos abdominais, anemia e irritabilidade.
Cianetos	Pode ser fatal em doses altas.
Cromo	Em doses baixas causa irritação nas mucosas gastrintestinais, úlcera e inflamação da pele. Em doses altas causa doenças no fígado e rins, podendo levar à óbito.
Fluoretos	Em doses baixas melhoram a fertilidade, o crescimento e a proteção contra cáries em crianças e adolescentes. Em doses altas provocam inflamação no estômago e intestinos com hemorragias, e fluorose com danos aos ossos e dentes.
Mercúrio	Causa transtornos neurológicos e renais, efeitos tóxicos nas glândulas sexuais, altera o metabolismo do colesterol e provoca mutações.
Nitratos	Causam deficiência de hemoglobina no sangue de crianças, podendo levar à morte por cianose.
Prata	É fatal para as pessoas em doses altas. Provoca a descoloração da pele, dos cabelos e das unhas.
Aldrin e Dieldrin	Afetam o sistema nervoso central. Em doses altas são fatais para os humanos.
Benzeno	Exposição aguda ocasiona depressão. Estudos sugerem relação entre exposição a benzeno e leucemia.
Clordano	Provoca vômitos e convulsões. Pode causar mutações.
DDT	Causa problemas principalmente no sistema nervoso central.
Lindano	Irritação do sistema nervoso central, náuseas, vômitos, dores musculares e respiração debilitada.

Quadro 11: Componentes químicos que afetam a saúde humana e seus efeitos. Fonte: BARBOSA, 2008; CLARKE e KING, 2005; MENDES e OLIVEIRA, 2004.

Por sua vez, a indústria utiliza cerca de 20% da água doce consumida no planeta (CLARKE e KING, 2005), e 70% do efluente industrial nos países em desenvolvimento é despejado nos corpos hídricos sem tratamento, poluindo mananciais superficiais e subterrâneos. Entre as substâncias presentes nos efluentes industriais estão os poluentes orgânicos que esgotam o oxigênio da água, metais pesados como o chumbo e o mercúrio, e produtos químicos persistentes que permanecem no ambiente por muito tempo, concentrando-se na cadeia alimentar. E estão relacionados a graves danos à saúde.

A qualidade da água - assim como a saúde humana - resulta da qualidade das ações humanas no ambiente. Nesse sentido, os desafios na construção da sustentabilidade, estão interligados à promoção do saneamento, da saúde e da educação.

A saúde, definida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como *o estado de completo bem-estar físico, mental e social*, indica para a importância do saneamento no controle dos fatores do meio físico, que possam exercer efeito deletério sobre a saúde (BARBOSA, 2008). Uma percepção mais esclarecida dos riscos decorrentes da precariedade do saneamento ambiental poderia evitar inúmeros problemas à saúde pública, e desonerar a sociedade dos gastos com doenças.

Considera-se, nesta perspectiva, que os recursos destinados à manutenção da saúde pública por meio de tratamentos, internações e medicamentos, são “gastos” realizados na tentativa de recuperar a saúde ou amenizar a doença e, portanto, não deveriam ser considerados “investimentos em saúde pública”.

Assim sendo, os recursos públicos destinados à saúde, deveriam primar pelo princípio constitucional da dignidade da pessoa humana (BRASIL/CF, art. 1º, III), ter rigorosa aplicação em políticas de prevenção (BRASIL/CF, art. 198, II), e no sentido de coibir a degradação ambiental, de forma a contribuir efetivamente para a manutenção de condições ambientais favoráveis à saúde da população.

8.2 OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO JACUTINGA

As características físicas, químicas, biológicas e radiológicas das águas subterrâneas traduzem uma série de processos, consequência da capacidade de dissolução de ampla gama de substâncias. Os Quadros 12.1 e 12.2 ilustram os resultados de qualidade dos 23 poços avaliados.

Parâmetros de Qualidade da Água	Portaria MS 2.914/11	AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Alcalinidade CO ₃ (mg/L CaCO ₃)		Ausente	44,0	Ausente	16,0	Ausente							
Alcalinidade HCO ₃ (mg/L CaCO ₃)		66,0	90,0	74,0	82,0	98,0	82,0	102,0	66,0	122,0	64,0	82,0	82,0
Alcalinidade OH (mg/L CaCO ₃)		Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)		66,0	134,0	74,0	98,0	98,0	82,0	102,0	66,0	122,0	64,0	82,0	82,0
Alumínio (mg/L)	0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Amônia NH ₃ (mg/L)	1,5	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,14	<0,10	<0,10	<0,10
Cálcio (mg/L)		26,94	2,05	15,23	11,12	19,03	20,53	23,94	21,40	31,99	12,59	16,06	11,73
Cloretos (mg/L)	250	11,3	15,6	12,1	9,9	11,3	12,1	9,2	11,3	22,0	8,9	14,9	11,3
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	Ausência	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	5,2	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Ausência	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	344,8	Ausente	Ausente	Ausente
Condutividade Elétrica		153,0	289,3	158,0	203,1	212,1	203,7	240,0	204,0	316,0	143,9	222,0	217,5
Dureza CaCO ₃ (mg/L)	500	88,5	6,0	52,3	32,6	67,7	80,9	98,9	77,7	136,5	50,7	53,1	43,7
Ferro (mg/L)	0,30	0,84	0,15	0,30	0,37	0,43	0,92	0,11	0,88	0,17	0,75	0,35	0,43
Fluoretos (mg/L)		<0,20	<0,20	<0,20	0,62	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,38	<0,20	<0,20	0,72
Fósforo Total (mg/L)		0,11	0,02	0,04	0,04	0,03	0,07	0,08	0,10	0,05	0,14	0,06	0,06
Magnésio Mg (mg/L)		5,14	0,22	3,45	1,17	4,89	7,18	9,50	5,89	13,75	4,67	3,13	3,48
Manganês Mn (mg/L)	0,10	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,11
Nitrato (mg/L)	10,0	1,3	<0,50	2,4	0,8	3,6	4,4	2,6	7,1	2,3	1,6	1,6	1,3
Nitrito (mg/L)	1,0	<0,01	0,084	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,039	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pH	6,0 a 9,5	7,12	9,16	8,50	8,56	8,12	7,53	7,63	7,24	7,15	6,47	7,11	7,44
Potássio K (mg/L)	-----	1,3	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,1	1,5	1,2	1,8	1,6	1,1	1,0
Sódio Na (mg/L)	200	6,5	99,6	14,5	40,6	20,8	8,2	6,5	7,5	5,7	5,0	22,8	30,5
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	1000	61	136	87	111	120	119	130	135	195	88	138	145
Sólidos Suspensos (mg/L)	1000	40	59	23	33	31	37	27	26	9	22	12	20
Sólidos Totais (mg/L)	1000	101	195	110	144	151	156	157	161	204	110	150	165
Sulfato (mg/L)	250	<2,0	3,4	<2,0	4,2	<2,0	4,54	3,1	3,1	3,4	<2,0	10,1	8,3
Turbidez	5,0	0,42	10,10	1,75	0,35	0,89	3,42	0,61	4,73	0,43	5,49	1,45	3,93

Quadro 12.1: Qualidade físico-química e microbiológica das amostras de água subterrânea da Bacia do Rio Jacutinga/SC (em vermelho, teores em desconformidade para potabilidade).

*Qualidade da água das amostras duplicadas podem ser observadas no APÊNDICE B.

Parâmetros de Qualidade da Água	Portaria MS 2.914/11	AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA										
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Alcalinidade CO ₃ (mg/L CaCO ₃)		Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	98,0	Ausente	Ausente	Ausente	56,0
Alcalinidade HCO ₃ (mg/L CaCO ₃)		90,0	76,0	56,0	70,0	48,0	58,0	27,0	84,0	84,0	84,0	88,0
Alcalinidade OH (mg/L CaCO ₃)		Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)		90,0	76,0	56,0	70,0	48,0	58,0	125,0	84,0	84,0	84,0	144,0
Alumínio (mg/L)	0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Amônia NH ₃ (mg/L)	1,5	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Cálcio (mg/L)		11,19	17,90	11,13	12,46	12,84	7,96	1,57	13,22	14,86	18,05	1,38
Cloretos (mg/L)	250	7,8	13,5	5,0	7,8	12,8	5,7	10,6	7,1	10,6	7,8	7,1
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	Ausência	3,0	Ausente	20,3	Ausente							
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Ausência	>2419,2	Ausente	727	Ausente							
Condutividade Elétrica		211,0	214,2	122,9	150,8	160,8	117,2	293,7	183,8	180,7	188,4	296,6
Dureza CaCO ₃ (mg/L)	500	31,0	72,8	40,3	49,4	52,1	30,7	5,8	54,2	58,6	60,6	3,8
Ferro (mg/L)	0,30	0,36	1,09	0,25	0,17	<0,1	<0,1	0,15	<0,1	0,17	0,19	0,57
Fluoretos (mg/L)		0,96	0,37	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,88	<0,20	<0,20	<0,20	0,31
Fósforo Total (mg/L)		0,03	0,06	0,05	0,05	0,03	0,03	0,01	0,08	0,08	0,04	0,03
Magnésio Mg (mg/L)		0,74	6,80	3,03	4,43	4,85	2,62	0,45	5,15	5,22	3,78	0,10
Manganês Mn (mg/L)	0,10	0,06	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,16	<0,05	<0,05
Nitrato (mg/L)	10,0	<0,50	5,8	1,4	1,5	5,0	1,0	1,3	2,0	0,9	2,3	1,1
Nitrito (mg/L)	1,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pH	6,0 a 9,5	7,71	7,09	6,64	7,20	6,43	6,85	9,71	7,05	7,18	7,28	9,08
Potássio K (mg/L)		0,8	1,1	3,5	2,4	1,5	1,1	1,0	1,3	1,2	1,0	2,1
Sódio Na (mg/L)	200	39,2	7,7	4,5	5,0	4,0	105,8	86,7	8,6	7,6	7,8	105,4
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	1000	101	139	68	89	114	200	166	116	143	131	199
Sólidos Suspensos (mg/L)		11	25	7	8	11	6	6	9	7	7	8
Sólidos Totais (mg/L)	1000	112	164	75	97	125	206	172	125	150	138	207
Sulfato (mg/L)	250	6,1	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Turbidez	5,0	0,51	7,63	0,74	1,38	0,87	0,97	1,10	2,09	1,34	0,81	13,90

Quadro 12.2: Qualidade físico-química e microbiológica das amostras de água subterrânea da Bacia do Rio Jacutinga/SC (em vermelho, teores em desconformidade para potabilidade).

* Qualidade da água das amostras duplicadas podem ser observadas no APÊNDICE B.

A quantidade e os teores de substâncias dissolvidas presentes nas águas subterrâneas, podem indicar a necessidade e o tipo de tratamentos para a potabilização, ou mesmo determinar restrições ao uso público.

8.2.1 As características físicas das águas subterrâneas

A *cor* se manifesta em águas subterrâneas como resultado da presença de compostos de ferro e manganês, enquanto a *turbidez* comumente corresponde à presença de fragmentos de argila, silte, plâncton, microrganismos, matéria orgânica e inorgânica particulada (LIBÂNIO, 2010), concorrendo para a rejeição da água.

Observou-se a ocorrência de índices de turbidez acima de 5,0 (UNT) em 17% dos poços analisados, portanto acima do padrão de potabilidade da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (Figura 30).

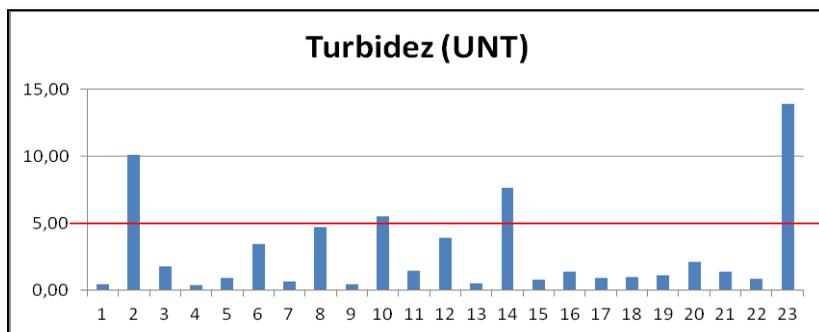


Figura 30: Turbidez em poços profundos na bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Análise físico-química realizadas para esse estudo.

Possivelmente, por estar associada à presença de matéria orgânica, a desconformidade no parâmetro *turbidez* pode representar também a presença de microrganismos nocivos à saúde.



Figura 31: Poços de onde foram coletadas as amostras de N.º. 2, 10, 14 e 23, que apresentaram água com turbidez acima do limite da Portaria 2.914/11/MS. Fonte: Acervo da autora.

Das amostras que apresentaram índices elevados de turbidez, 03 estão em ambiente rural com granjas no entorno (N^o. 2, 10 e 14) e 01 amostra foi coletada em área urbana (N^o 23), em poços com profundidade entre 50 e 130 metros.

A turbidez pode estar relacionada a problemas construtivos – e não conformidade com a norma técnica NBR-12244/2006 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT), que trata da proteção desses empreendimentos (APÊNDICE E).

A **condutividade elétrica** vincula-se ao teor de salinidade, e constitui uma característica relevante para o monitoramento de muitos mananciais subterrâneos próximos ao litoral, passíveis de intrusão de água salgada. Este parâmetro também mostra-se relevante em regiões susceptíveis a elevadas taxas de evaporação e baixa intensidade pluviométrica.

Na bacia do rio Jacutinga as águas subterrâneas apresentam baixo teor de sais dissolvidos com valores de condutividade elétrica entre 117 e 317 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (Figura 32). Apenas 04 amostras apresentaram valores maiores que 250 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$.

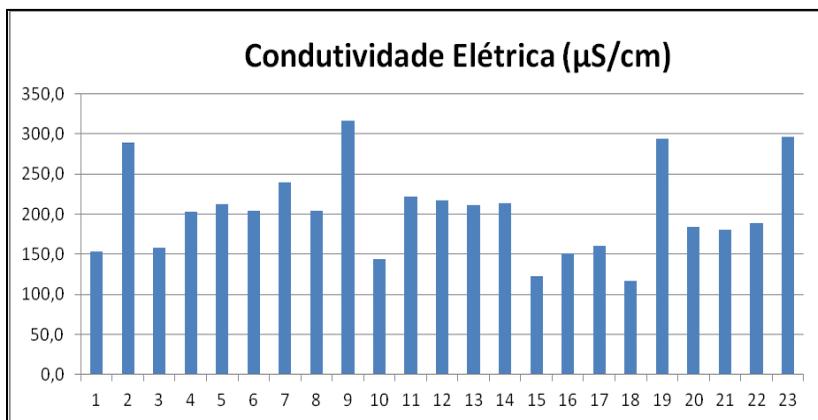


Figura 32: Condutividade Elétrica em poços profundos na bacia do rio Jacutinga
Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

Os resultados das medidas de campo para a condutividade elétrica indicaram valores médios de 199,3 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ (baixa quantidade de cátions e ânions na água), e valores inferiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ não foram registrados.

8.2.2 As características químicas das águas subterrâneas

As características químicas da água identificam a relação com o meio onde ela está alojada ou em circulação, atribuindo-lhe singularidades distintas.

O **potencial hidrogeniônico (pH)** representa o equilíbrio entre íons H^+ e íons OH^- , e varia de 0 a 14. À temperatura de $25^{\circ}C$, valores de pH inferiores a 7 indicam águas naturais de condições ácidas, valor igual a 7 pH neutro, e valores superiores a 7 condições alcalinas.

Na área da bacia do rio Jacutinga observou-se que os valores de pH estão dentro dos padrões da legislação (CONAMA 396/2008 e PORTARIA 2.914/2011) em 96% das amostras (Figura 33).

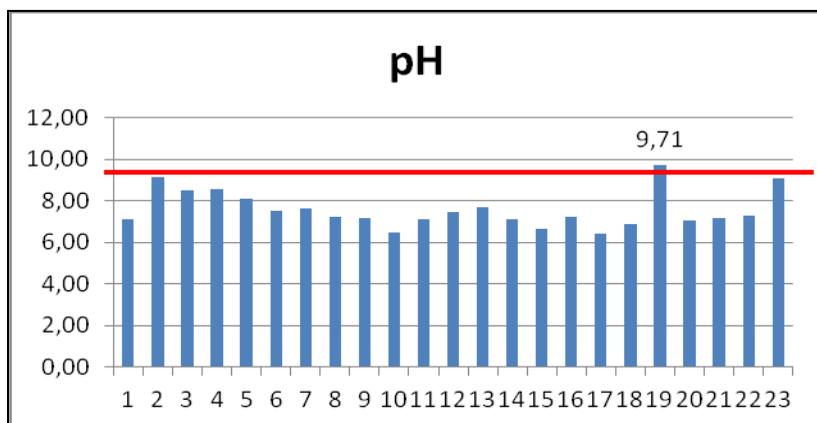


Figura 33: pH em poços profundos na bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

As amostras de águas procedentes dos poços tubulares contemplados neste estudo variaram de neutras a alcalinas (6,43 a 9,71). Os resultados obtidos são coerentes com os do Projeto PROESC, onde foram encontrados valores de pH variando de 7,36 a 9,45, com valores médios de 8,42, característicos de águas alcalinas (FREITAS, 2003 *et al*, p.73). 43% das amostras analisadas, apresentou pH superior a 7,36, e pode sugerir misturas das águas do SAG com as do Serra Geral, em virtude da significativa presença de fraturas nessa região, porém os dados levantados são insuficientes para afirmar esse comportamento. Mas os poços 2, 3, 4, 5, 19 e 23 merecem novos estudos.

A **dureza** indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água, sobretudo de cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), e em menor magnitude alumínio (Al^{+3}), ferro (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}), e estrôncio (Sr^{+2}), manifestando-se pela resistência à reação de saponificação. Esta característica química acaba por refletir a natureza geológica da bacia hidrográfica, sendo mais evidente nas regiões de formação calcária e menos significativa em zonas de terrenos arenosos ou argilosos (LIBÂNIO, 2010).

A classificação das águas em termos de dureza (em CaCO_3) é assim determinada:

- ✓ Menor que 50 mg/l CaCO_3 = água mole ou branda.
- ✓ Entre 50 e 150 mg/l CaCO_3 = água com dureza moderada.
- ✓ Entre 150 e 300 mg/l CaCO_3 = água dura.
- ✓ Maior que 300 mg/l CaCO_3 = água muito dura (LIBÂNIO, 2010).

A dureza nas amostras deste estudo mostra um valor médio de 54,26 mg/l de CaCO_3 . A Figura 34 ilustra os resultados e indica que as amostras avaliadas são moles ou brandas, ou com dureza moderada.

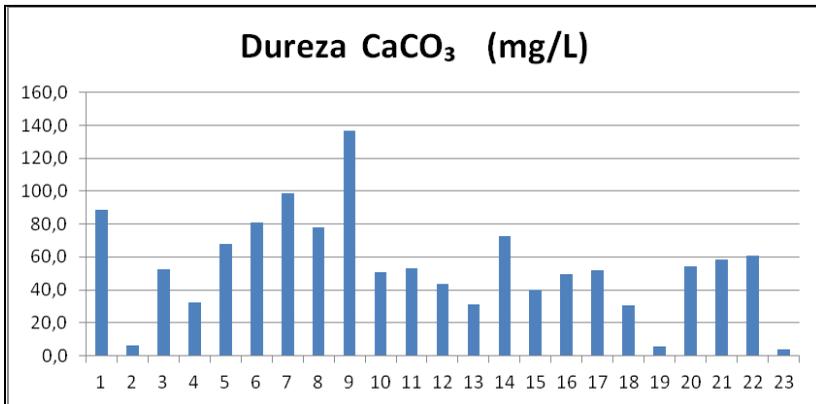


Figura 34: Dureza em poços profundos - bacia do Rio Jacutinga.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

Os padrões de potabilidade brasileiros, americano e a OMS estabelecem o limite de 500 mg/L de CaCO_3 , contudo, a aceitabilidade e a perceptibilidade do consumidor para com águas duras apresentam significativo grau de subjetividade. Estudo realizado com o corpo de funcionários de uma companhia estadual de saneamento avaliou a aceitabilidade da água de distintos valores de dureza. A população foi

orientada a escolher a água que melhor lhe apetecesse (VON SPERLING, 2004 *apud* LIBÂNIO, 2010). Evidenciou-se que mais de 40% dos integrantes do universo amostral preferiram a água com menor dureza, mas ocorreu distribuição relativamente uniforme para o restante no que tange à aceitabilidade.

Na bacia do rio Jacutinga a dureza das águas subterrâneas está em conformidade com a Res. Conama 396/08, variando entre o tipo *mole ou branda* e de *dureza moderada*, com valores de 3,8 a 136,5 mg/L, onde 39% dos poços analisados apresentam valores inferiores a 50 mg/l de CaCO_3 , caracterizando-se como águas moles ou brandas e 61% apresentam valores de dureza entre 50,7 e 136,5, caracterizando-se como águas de dureza moderada.

Os **cloretos** geralmente provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar. Também podem originar-se como aerossóis marinhos NaCl e $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (MELLO & MOTTA, 1987). Em altas concentrações, conferem sabor salgado ou propriedades laxativas à água.

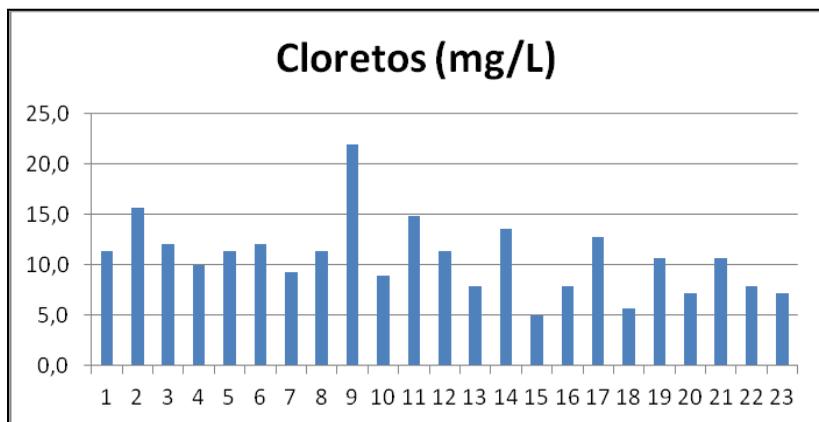


Figura 35: Cloretos em poços profundos na bacia do Rio Jacutinga.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

A amostra 9 apresentou valores para Cloreto bem superiores em relação à média encontrada nas amostras. O poço está localizado em área urbana (Figura 36), com densidade demográfica de 86,07 hab/ Km^2 (IBGE, 2013), indicando a necessidade de monitoramento e atenção para possíveis vazamentos no entorno.

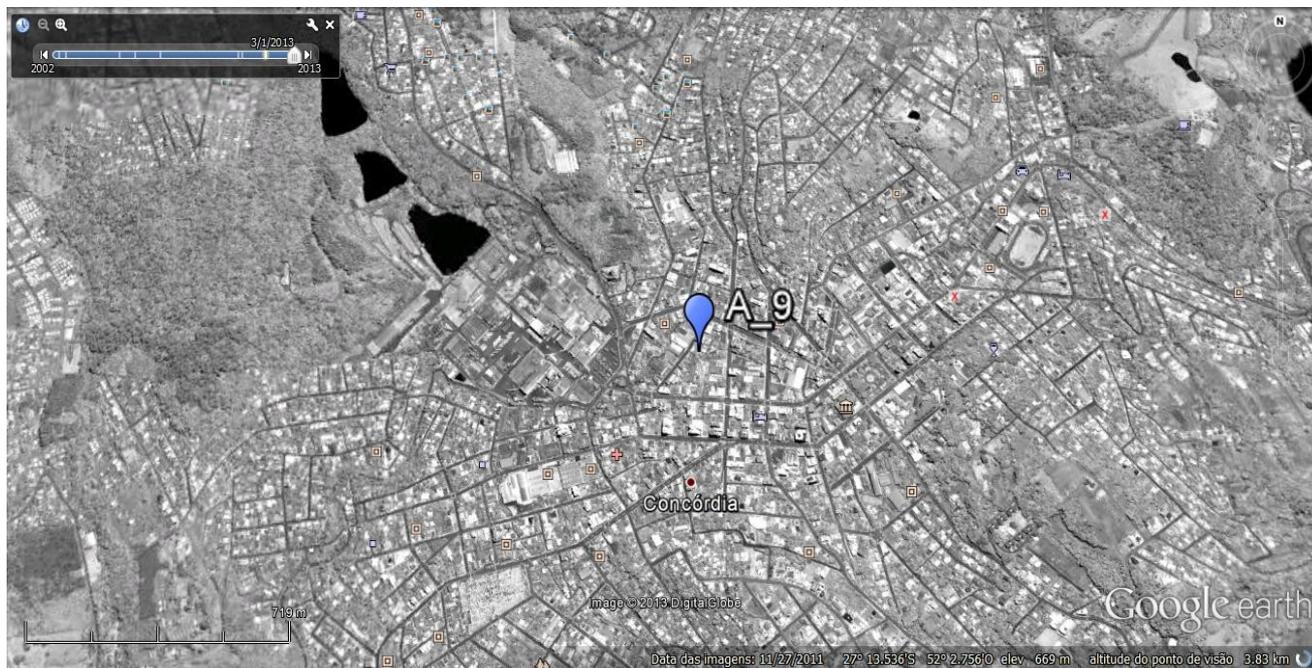


Figura 36: Localização da amostra 9, em área urbana no centro de Concórdia, cidade com densidade demográfica de 86,07 hab/km². Concórdia está localizada fora da sub-bacia do rio Jacutinga, e foi incluída na amostragem por ser a maior área urbanizada do Sistema Jacutinga.

Fonte: “Google Earth”, elaborado pela autora.

A concentração de cloretos como indicador de salinidade relaciona-se também, guardadas as especificidades de cada corpo d'água, à condutividade elétrica ou à concentração de sólidos totais dissolvidos. Como consequência, a determinação da condutividade elétrica constitui indicador confiável da salinidade do corpo d'água (LIBÂNIO, 2010; SEWELL, 1978).

Premissas estabelecidas pelos padrões de potabilidade nacional e da OMS convergem para os valores máximos recomendáveis para cloretos e sólidos totais dissolvidos de 250 mg/L e 1000 mg/L, respectivamente, nas águas de abastecimento público (LIBÂNIO, 2010).

O **nitrogênio**, encontrado em águas subterrâneas na forma de **nitrato**, indica a necessidade de monitoramento e medidas de prevenção relacionadas à saúde pública. Muitos estudos corroboram a relação direta entre a concentração de nitrato nas águas subterrâneas e a ocupação urbana (GARDNER & VOGEL, 2005; VARNIER *et al.*, 2010; LOWE *et al.*, 2000; CAGNON & HIRATA 2004; GODOY *et al.*, 2004; DRAKE & BAUDER 2005; SANAIOTTI 2005; REYNOLDS-VARGAS *et al.*, 2006; XU *et al.*, 2007; GUERRA, 2011 *apud* LIBÂNIO, 2010), evidenciando a sua relação com o uso e ocupação do solo.

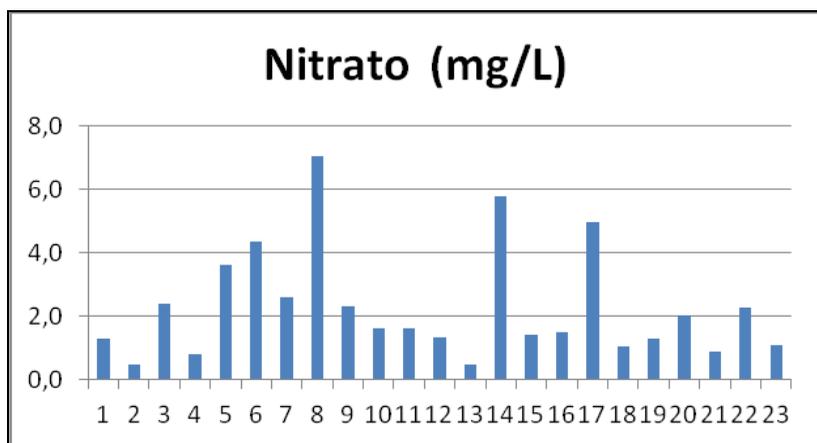


Figura 37: Nitrato em poços profundos - bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

O monitoramento das águas subterrâneas no Estado de São Paulo tem detectado concentrações anômalas de nitrato em amostras de água do Sistema Aquífero Bauru (poroso granular) em poços tubulares

situados nas áreas urbanas. Os resultados obtidos indicaram que as maiores concentrações de nitrato (até 16,9 mg/L N-NO₃⁻) ocorrem nas áreas com ocupação urbana mais antiga e em poços com profundidades até 150 metros, sugerindo que a contaminação está relacionada aos sistemas de esgotamento sanitário tanto em fossas antigas como em vazamentos na rede coletora de esgotos. Poços mais profundos apresentaram baixas concentrações de nitrato, em geral, inferiores a 3,0 mg/L N-NO₃⁻ (VARNIER *et al*, 2010).

Gardner & Vogel (2005, *apud* VARNIER *et al*, 2010) determinaram tendências espaciais e temporais de qualidade da água subterrânea em Nantucket/Massachusetts (EUA), para as concentrações de nitrato, e os resultados indicaram que a presença desse contaminante esteve diretamente relacionada ao uso e ocupação do solo, presença de fossas sépticas, densidade de loteamentos residenciais e baixas percentagens de florestas, num raio aproximado de 300m dos poços.

Guerra (2011) avaliou as tendências de distribuição das concentrações de nitrato nas águas subterrâneas no município de Presidente Prudente/SP, demonstrando também a relação entre contaminação, densidade populacional, idade da urbanização, e os sistemas de saneamento *in situ*. Para essa avaliação, dividiu-se a área urbana do município em três zonas para determinar o grau de sensibilidade à contaminação por nitrato: i) **áreas antigas** - com alta densidade populacional (120 hab/ha) e rede de esgoto instalada a partir da década de 1980 – apresentou presença de nitratos superiores a 10 mg/L N-NO₃⁻; ii) **bairros novos** - com densidade urbana média de 84 hab/ha, e com instalação de rede de esgoto a partir do ano 2000, apresentou concentrações de nitrato da ordem de 5 e 10 mg/L N-NO₃⁻; iii) **bairros recentes** implantados a partir de 2000 já com a rede coletora de esgoto, com densidade de ocupação na faixa de 20 hab/ha, as concentrações de nitrato são inferiores a 5 mg/L N-NO₃⁻ (Quadro 13).

Nitrato (mg/L)	< 0,50	09%
	0,50 a 4,9	78%
	5,0 a 10,0	13%
	> 10,0	0%

Quadro 13: Os teores de nitrato em águas subterrâneas na bacia do Rio Jacutinga, em 23 poços tubulares profundos.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo com referência na Portaria 2914/2011 e Resolução Conana 396/2008.

Embora todas as amostras analisadas tenham apresentado valores de nitrato de acordo com o permitido para águas de consumo humano (Portaria 2.914/11), três amostras apresentaram nitrato em concentrações superiores a 5,00 mg/L (poços 8,14 e 17), o que requer atenção e estudos de monitoramento.



Figura 38: Poço N^o. 8, em área rural, cercado por cultivo de milho e granjas de suínos. A manutenção inclui o secamento químico da vegetação do entorno.

Fonte: Acervo pessoal da autora



Figura 38.1: Poços N^o. 14 e 17, localizados em área rural/granjas em Concórdia, e em área urbana do município de Catanduvas.

Fonte: Acervo pessoal da autora

As três amostras que apresentaram nitratos em concentrações superiores a 5,00 mg/L, também apresentaram concentrações de cloretos entre 11,3 e 13,5mg/L. Um deles apresentou ainda contaminação por Coliformes Totais equivalente a 344,8 (NMP/100 mL) e Coliformes Termotolerantes equivalente a 5,2 (NMP/100 mL). Indicam, portanto, um conjunto de fatores que podem estar associados à presença de poluentes que representam riscos ao uso dessas águas pela população.

A localização e o uso do solo no entorno desses poços, evidencia a presença de cultivos temporários, especialmente milho, além de pecuária intensiva. E no entorno do poço 8 é visível o dessecamento químico da vegetação (Figura 38). O poço 17 está instalado em área urbana com densidade demográfica de 48,25 hab/km² (Figura 38.1).

Das substâncias encontradas nas águas e que representam perigo à saúde humana, o flúor merece atenção, pela rapidez com que ataca o esmalte dentário e a formação óssea dos seres humanos (FREITAS *et al.*, 2003). Originadas da decomposição de solos e rochas, o fluoreto em concentrações superiores a 2,0 mg/L, pode favorecer o desenvolvimento da fluorose. Ingestão durante período prolongado de água com concentrações superiores a 4,0 mg/L pode favorecer o desenvolvimento de osteoesclerose¹⁰ assintomática, porém, acima de 4,0 ppm, já pode provocar defeitos orgânicos permanentes em fetos. É relevante considerar que os sistemas públicos adotam a fluoretação das águas de abastecimento.

O padrão de potabilidade brasileiro e da OMS estabelece limite de 1,5 mg/L, ligeiramente superior ao estabelecido pela Resolução 357/2005 do Conama, para águas de classe 2 e 3¹¹.

Os teores de **fluoreto** nas águas subterrâneas da bacia do Jacutinga ficaram em conformidade com a Resolução Conama 396/2008 e a Portaria 2.914/2011. Vale chamar a atenção para a presença de índices de fluoretos superiores a 0,50 mg/L em 04 amostras analisadas, (17%), com valores entre 0,62 e 0,97, o que sugere o uso moderado dessas águas, e o monitoramento da sua qualidade. Tal cuidado considera a necessidade de monitorar o limite da ingestão diária de outras fontes dessa substância e da fluoretação dos sistemas de abastecimento, além de dentríficos que também contém flúor em sua formulação.

¹⁰ Doença que leva ao aumento da densidade dos ossos, dificultando os movimentos (ANDREAZZINI, *et al.*, 2005).

¹¹ Águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado.

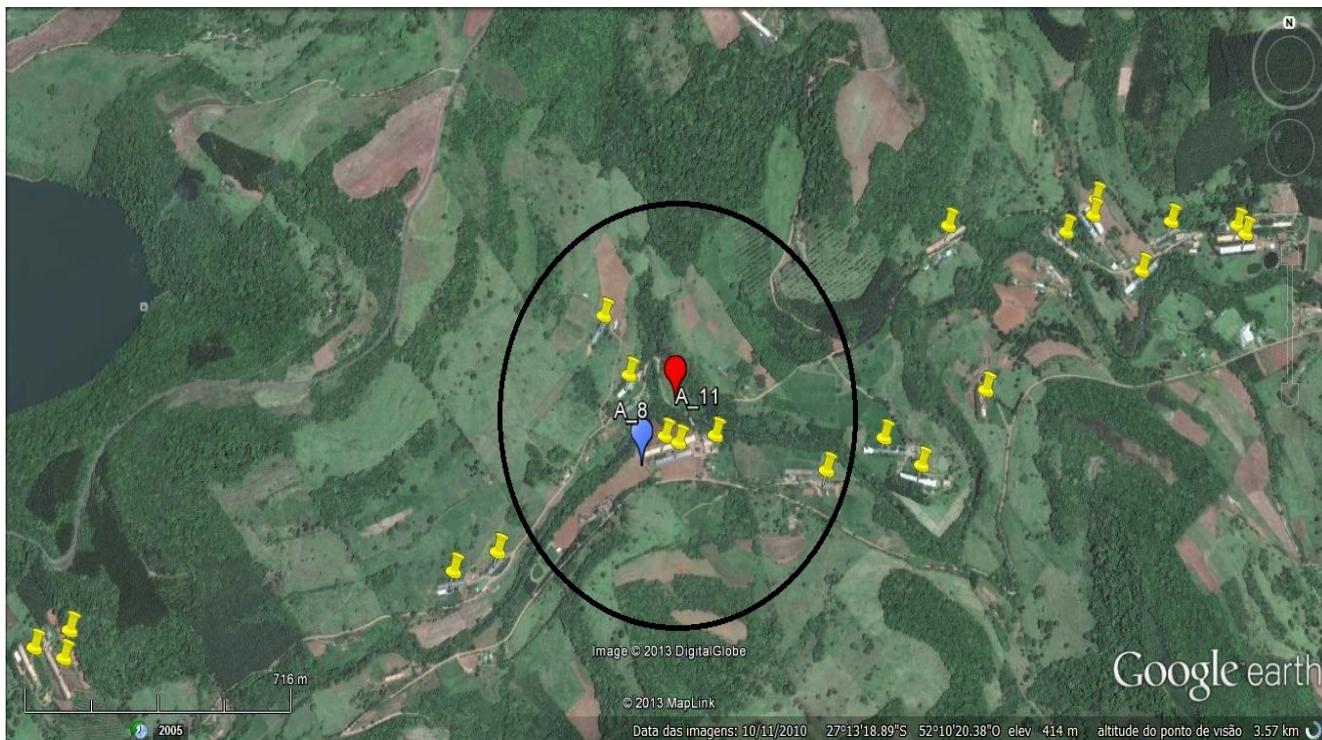


Figura 39: Localização da Amostra N^o. 8 com indicação de lavouras de milho e granjas de suínos e aviários no seu entorno.
Fonte: “Google Earth” modificado pela autora.

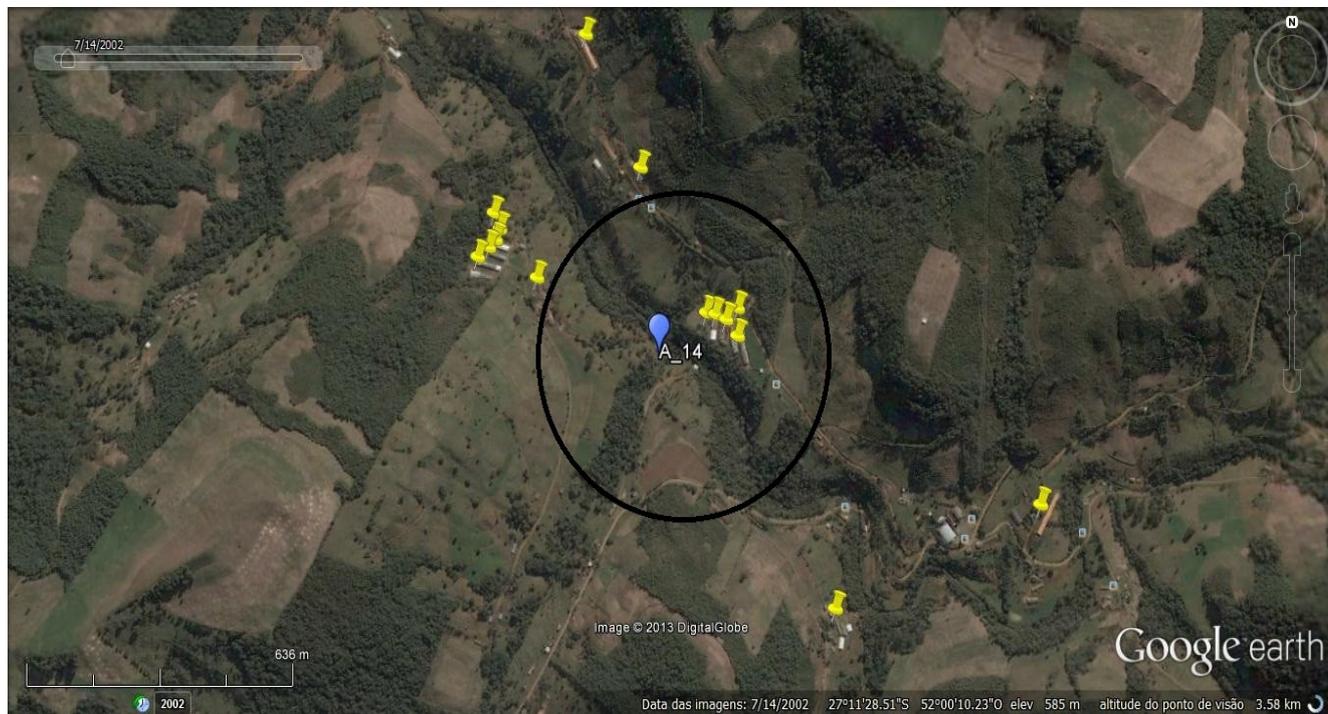


Figura 40: Localização da Amostra N^o. 14 com indicação das granjas no seu entorno. Esse local é importante espaço de turismo rural em Concórdia/SC.

Fonte: “Google Earth” modificado pela autora



Figura 41: Localização do ponto de coleta da Amostra 17, na cidade de Catanduvas.

Fonte: “Google Earth”, modificado pela autora.

A ingestão diária de água com fluoreto em concentração $>0,9$ mg/L representa risco à dentição em menores de oito anos de idade e os consumidores devem ser informados (FRAZÃO, *et al.*, 2011).

As amostras com concentrações mais elevadas de fluoreto, acima de $0,50$ mg/L, são as de nº 4, 12, 13, e 19, cujos poços merecem maiores cuidados de monitoramento.

Tanto o **ferro** como o **manganês** podem originar-se da dissolução de compostos do solo, de rocha vulcânica da Formação Serra Geral, ou de despejos industriais, causando coloração avermelhada à água no caso do ferro, e marrom no caso do manganês. Resultam em manchas em roupas e outros produtos industrializados, além de conferir sabor metálico à água. As águas ferruginosas favorecem o desenvolvimento das ferrobactérias, odores e coloração à água, além de obstruir canalizações.

Considerando que a Resolução Conama 396/08 e a Portaria 2.914/11 restringem o limite dos teores de ferro a concentrações de $0,30$ mg/L em águas para abastecimento público, e $0,10$ mg/L para o manganês, alerta-se para os teores excedentes dessas substâncias em um número significativo das amostras analisadas. Na bacia do rio Jacutinga foram encontradas 12 amostras de águas subterrâneas com teores de ferro $>0,30$ mg/L, equivalendo a 52% das amostras em desconformidade com os padrões de potabilidade. Relevante indicativo para urgente monitoramento de qualidade (Figura 42, Quadro 12.1 e 12.2).

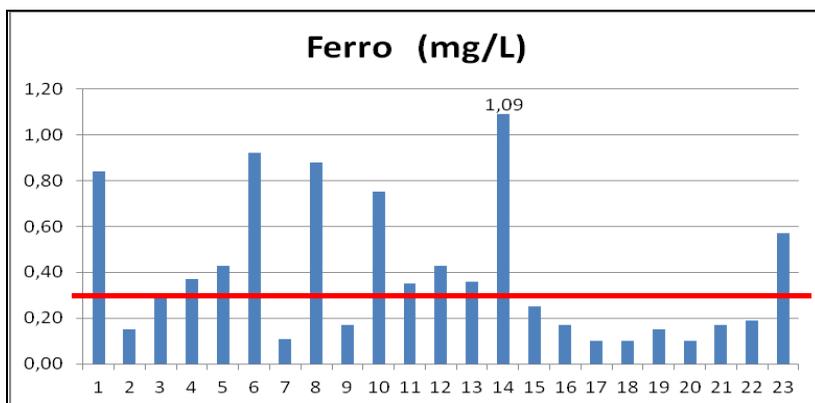


Figura 42: Teores de Ferro em poços profundos na bacia do rio Jacutinga com linha demarcando o limite determinado pela Portaria 2.914/2011/MS e Resolução Conama 396/2008, para águas potáveis ou de abastecimento público. Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

Quanto ao *manganês*, pesquisa divulgada por um grupo de cientistas canadenses revelou que o consumo de água com concentrações excessivas de manganês pode ter efeitos negativos sobre as habilidades intelectuais de crianças. Os resultados do trabalho, publicados na revista científica *Environmental Health Perspectives*, mostraram que crianças que beberam água com doses elevadas de manganês se saíram pior em testes de coeficiente de inteligência do que crianças expostas à água livre do metal ou com concentrações menores. O estudo foi conduzido por pesquisadores das Universidades de Quebec, de Montreal e Escola Politécnica de Montreal, no Canadá (LIBÂNIO, 2010).

Os pesquisadores examinaram 362 crianças com idades entre 6 e 13 anos, que moravam em casas abastecidas por poços profundos. O QI médio das crianças cuja água potável tinha concentração elevada de manganês foi 6 pontos inferior ao daquelas crianças que bebiam água com traços mínimos ou nenhum teor de manganês. Os autores não encontraram nenhuma relação entre a quantidade de manganês presente em alimentos e o coeficiente de inteligência das crianças.

A Figura 43 ilustra a faixa de variação nas concentrações de manganês em 23 amostras de águas subterrâneas.

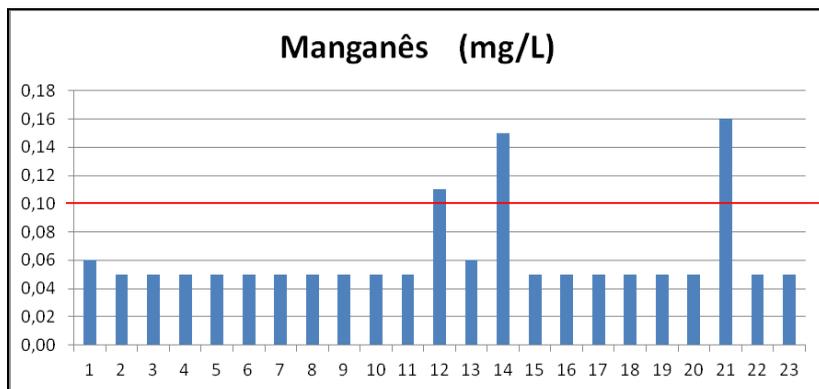


Figura 43: Faixa de variação dos teores de Manganês em poços profundos na bacia do rio Jacutinga com linha de limite - Portaria 2.914/2011/MS e Resolução Conama 396/2008.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

No conjunto de amostras da bacia do rio Jacutinga foram encontradas três amostras (Nº. 12, 14 e 21 – Figura 44) com teores de manganês superiores ao permitido pela legislação (PORTARIA

2.914/2011/MS), variando de 0,11 a 0,16 mg/L, todos localizados no meio rural, com cultivos agrícolas e granjas no entorno.



Figura 44: Pontos de coleta das amostras de N° 12, 14 e 21- poços profundos na bacia do rio Jacutinga com teores de manganês superiores ao limite segundo a Portaria 2.914/2011/MS e Resolução Conama 396/2008.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

A **salinidade** das águas naturais vincula-se à presença de sais minerais dissolvidos, formados por ânions como cloreto, sulfato, bicarbonato e carbonatos, e por cátions como cálcio, magnésio, potássio e sódio. A dificuldade para a determinação da concentração de cada sal culminou com o usual emprego da concentração de cloretos para estimar esta característica química (Figura 45).

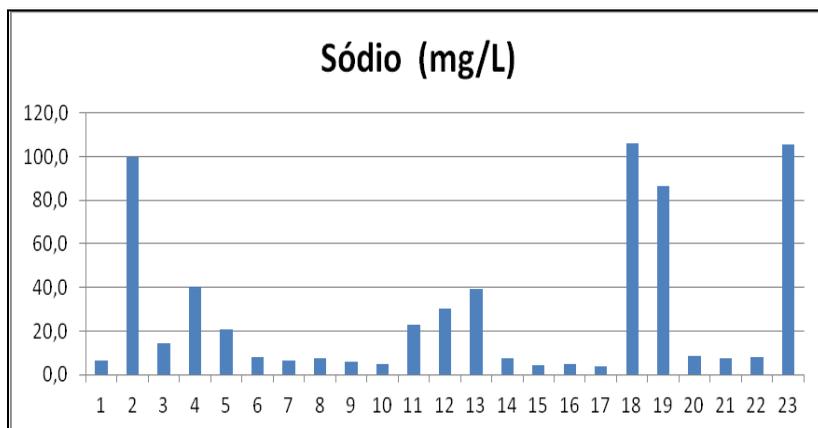


Figura 45: Faixa de concentração de Sódio em poços profundos na bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Análises físico-químicas realizada para esse estudo.

Segundo Esteves (1988), a salinidade dos corpos d'água resulta de fatores como: i) intrusão de água do mar no aquífero freático; ii) grau de intemperismo e composição das rochas e solos da bacia de drenagem; iii) balanço hídrico referente à precipitação e à evaporação; iv) influência das águas subterrâneas; v) lançamento de águas residuárias domésticas e industriais¹².

A Resolução Conama 396/2008 e a Portaria 2.914/2011/MS limita a 200 mg/L os teores de sódio para águas potáveis. As amostras da bacia do rio Jacutinga encontram-se todas em conformidade.

O *fósforo* do solo provém de apatita, como mineral acessório na maioria das rochas magmáticas como granitos e basaltos, mas podem ter origem nos fosfatados, fertilizantes ou resíduos orgânicos humanos e/ou animais. Em áreas menos afetadas pela ação antrópica, as águas subterrâneas apresentam concentrações mais significativas de fosfato comparadas às águas superficiais, devido à percolação e armazenamento nos interstícios do solo (LIBÂNIO, 2010).

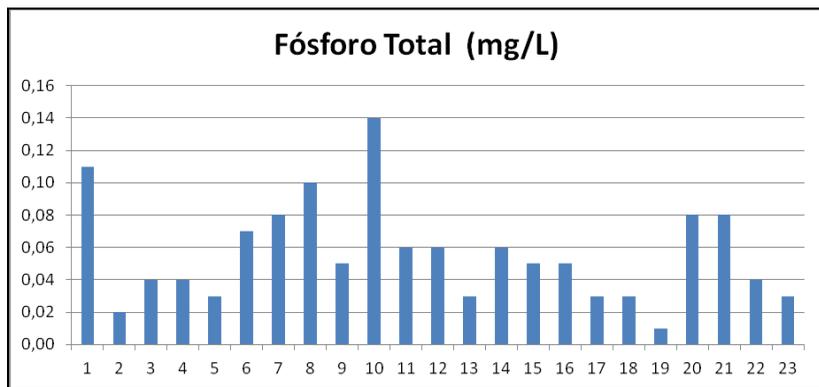


Figura 46: Faixa de variação de Fósforo Total em poços profundos na bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

Os poços 01, 08 e 10 apresentaram as maiores concentrações de fósforo, com valores entre 0,10 e 0,14 mg/L. Em comum entre eles observou-se a presença de cultivos agrícolas com uso de fertilizantes químicos e presença de pecuária no entorno. O pH desses poços varia

¹² Estima-se que uma pessoa elimine 6 g de cloretos/dia, resultando em concentrações superiores a 15 mg/L nos esgotos domésticos. Em contexto similar, efluentes de refinarias, indústrias farmacêuticas, curtumes e frigoríficos, apresentam significativas concentrações de cloretos (LIBÂNIO, 2010, p. 49; PACHECO, 2006, p.50).

entre 6,47 e 7,24, e as concentrações de potássio na ordem de 1,2 e 1,6 mg/L, com elevadas concentrações de ferro (entre 0,75 e 0,88 mg/L). Um desses poços apresentou também contaminação por coliformes totais e termotolerantes.

Conforme Teixeira (2008), as rochas da Formação Serra Geral, são constituídas por um pacote de derrames empilhados durante o Cretáceo (133 e 129 m. a.), apresentando uma espessura média de 766 metros, com grande variabilidade de valores, sendo a menor espessura encontrada no município de Itá (360 m) e a máxima no município de São João D'Oeste (1.267 m). A distribuição espacial das estruturas intra e interderrames bem como os estágios múltiplos de sua formação, imprimem a esse sistema aquífero uma peculiar heterogeneidade física (FREITAS *et al*, 2003). A Figura 47 ilustra os tipos geoquímicos das águas subterrâneas amostradas na bacia do rio Jacutinga.

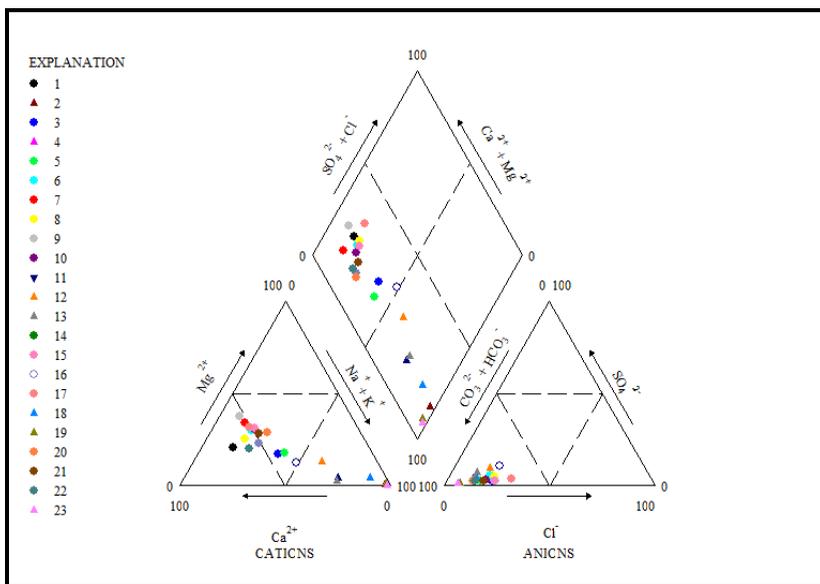


Figura 47: Diagrama de Piper das águas subterrâneas da bacia do rio Jacutinga e de poços no entorno da bacia, na área de abrangência do Sistema Jacutinga. Fonte: Análise físico-química de água realizada para este estudo, com coleta realizada no período de março a junho de 2012.

Evidenciou-se dois tipos geoquímicos: bicarbonatadas sódicas e bicarbonatadas-cálcicas, coerente com os resultados do Projeto PROESC (FREITAS *et al*, 2003).

Assim sendo, alguns dados considerados estranhos ou anômalos (aqueles com pH >8,0 por exemplo), podem estar relacionados a misturas de fluidos com aquíferos sotopostos. A presença de alguns poluentes (coliformes, nitratos e fósforo), têm relação com o uso da terra e a topografia. Ou seja, resultam da infiltração de fluidos pelo escoamento superficial favorecido pela declividade do relevo.

8.2.3 As características biológicas das águas subterrâneas

Em três dos 23 poços analisados detectou-se a presença de Coliformes Totais e Termotolerantes, indicando para a necessidade de verificação dos aspectos construtivos e de manutenção, como pode ser observado nas Figuras 48 e 48.1.



Figura 48: Pontos de Coleta das Amostras 08 e 22 – ausência de proteção.
Fonte: Acervo pessoal da autora

O ponto de coleta da Amostra 13 teve a coleta dificultada em virtude da pequena dimensão da construção que a cerca (Figura 48.1).



Figura 48.1: Ponto de Coleta da Amostra 13 – construção para “proteger”.
Fonte: Acervo pessoal da autora

Este poço está instalado a aproximadamente 50 metros do leito do rio Jacutinga (margem esquerda, em Arabutã) (APÊNDICE A).

Ainda assim a amostra da água coletada apresentou teores de Coliformes Totais e Termotolerantes, além de teores relativamente altos de fluoreto (0,96 mg/L), e ferro (0,36 mg/L). Este, acima do permitido pela Portaria 2.914/ 2011 do Ministério da Saúde.

8.2.4 Discussão dos dados sobre qualidade das águas subterrâneas

Do ponto de vista da composição físico-química, as águas dos poços no aquífero fraturado Serra Geral apresentam boa qualidade (FREITAS *et al.*, 2003; NANNI 2008, FOSTER *et al.*, 1993; SCHEIBE e HIRATA, 2011), resultando na ideia quase consensual de que esses suprimentos estão imunes aos processos de degradação ambiental em superfície. Assim, a ocorrência de condições litológicas como lineamentos, fraturas e falhas nesse sistema aquífero são ainda desconhecidas ou de frágil compreensão por grande parte da população, reforçando a percepção de que a degradação ambiental em superfície não altera a qualidade das águas subterrâneas, pela distância até o teto do aquífero (FOSTER *et al.*, 2006).

Porém, essa condição litológica indica a possibilidade de mistura de águas desse sistema aquífero com águas oriundas de aquíferos sotopostos, podendo resultar por meio dessas misturas, em águas com características impróprias ao consumo humano. Da mesma forma que a densidade de fraturas nas rochas da Formação Serra Geral pode facilitar a conexão de cargas poluidoras superficiais com as reservas estratégicas subterrâneas e, dependendo do volume e da extensão dessas fraturas e falhas presentes na área de abrangência desse estudo (ver figuras 05 e 06), colocar em risco de contaminação inúmeros empreendimentos de captação de água subterrânea.

Nanni em sua tese (2008) constata similaridades entre águas do SAG e do SASG, apontando para possível comunicação hidráulica através de grandes fraturas no basalto, resultando em águas mineralizadas oriundas dessas misturas (Figura 49). Autores como Freitas *et al.* (2003) também concordam com este mecanismo de misturas para explicar a hidroquímica das águas no SASG, em alguns locais, citando como exemplo a ocorrência de termalismo no Alto Rio Uruguai (FREITAS *et al.*, 2011).

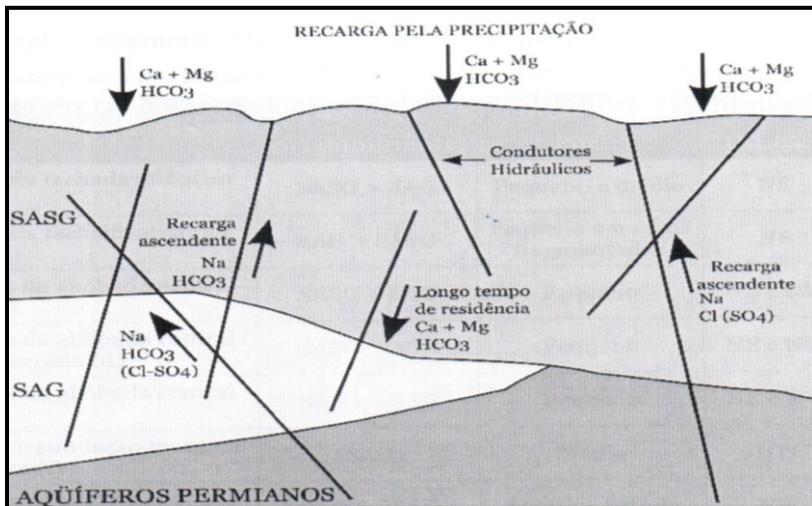


Figura 49: Mecanismos de recarga do SASG e sua relação com o SAG e unidades permianas.

Fonte: MACHADO *et al.*, 2002 *apud* NANNI, 2008.

Frinhani (2011) relaciona autores que também relataram possíveis misturas de águas desses dois sistemas aquíferos em decorrência da avaliação hidroquímica que nem sempre reflete as características dessas rochas (BITENCOURT, 1978; FRAGA, 1986/1992; ROSA FILHO *et al.*, 1987; BITENCOURT *et al.*, 2003) (TREVISOL & SCHEIBE, 2011).

Rosa Filho (2006a) indica a influência do SAG sobre o SASG no estado do Paraná, mesmo com perfurações seccionando apenas 180 m de basaltos, pela presença de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) com concentrações entre 1.000 e 2.000 mg.L^{-1} , teores de sulfato e cloratos acima de bicarbonatos, e pela predominância de sódio sobre o cálcio. Indica o autor que as águas do SASG são predominantemente bicarbonatadas-cálcicas, com teores de STD entre 161 e 176 mg.L^{-1} , teores de fluoreto inferior a 0,1 mg.L^{-1} e pH máximo de 7,89. O mesmo autor chama a atenção para a necessidade de diluição das águas influenciadas pelo SAG que apresentam concentrações impróprias ao consumo humano, utilizando-se águas superficiais com baixos teores de materiais dissolvidos, como forma de torná-las apropriadas ao consumo humano.

Segundo Frinhani *et al.* (2011), em estudos desenvolvidos como parte do projeto Rede Guarani/Serra Geral no qual foram analisadas

amostras de água de 35 poços tubulares com profundidades entre 48 e 498m (profundidade média de 156m), localizados no município de Lacerdópolis/SC durante o período de maio a setembro de 2008, localizados em área de lavouras ou pastagens, e proximidade de granjas de suínos e aves, observou-se que os parâmetros pH e flúor apresentavam desconformidade para potabilidade segundo a Portaria 2.914 (BRASIL/MS, 2011) em quatro poços, enquanto cinco poços excederam o limite no parâmetro ferro¹³. Segundo Nanni (2006 *apud* FRINHANI, 2011), a ocorrência de flúor em teores impróprios ao consumo humano aponta para a necessidade de atenção ao monitoramento e aos controles sanitários e de saúde pública, pelas Vigilâncias Sanitárias Municipais.

Freitas *et al.* (2003) indicam a necessidade de cuidados construtivos, observando-se com rigor a delimitação da área do entorno dos poços, num raio de 10 metros definido como *perímetro de proteção do poço e da qualidade de suas águas*, reforçando a necessidade de se proibir nesta área qualquer atividade, armazenagem e/ou manipulação e aplicação de substâncias perigosas, como prerrogativa para se evitar a contaminação das águas subterrâneas, bem como, a saúde da população usuária dessas águas.

Apesar das condições ambientais adversas a que os aquíferos fraturados estão sujeitos na região oeste de Santa Catarina, os problemas relacionados com contaminação deste recurso hídrico são incipientes, e geralmente relacionados a poços mal construídos ou abandonados (FREITAS *et al.*, 2003). Os poços abandonados, é preciso que se diga, devem ser adequadamente lacrados, para impedir que sejam utilizados como sumidouro de rejeitos e efluentes, passando a ser fontes difusoras de contaminação dos recursos subterrâneos.

O Diagrama de Piper das águas da bacia do rio Jacutinga avaliadas nesse estudo (Figura 47) evidencia a similaridade com os dados já identificados por Freitas *et al.*(2003) para águas do SASG (Figuras 50), SAG (Figura 51), e podem ser comparadas com as informações de Rosa Filho (2006a) (Figura 52).

¹³ No presente estudo identificamos 14 poços com teores de ferro acima dos limites estabelecidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

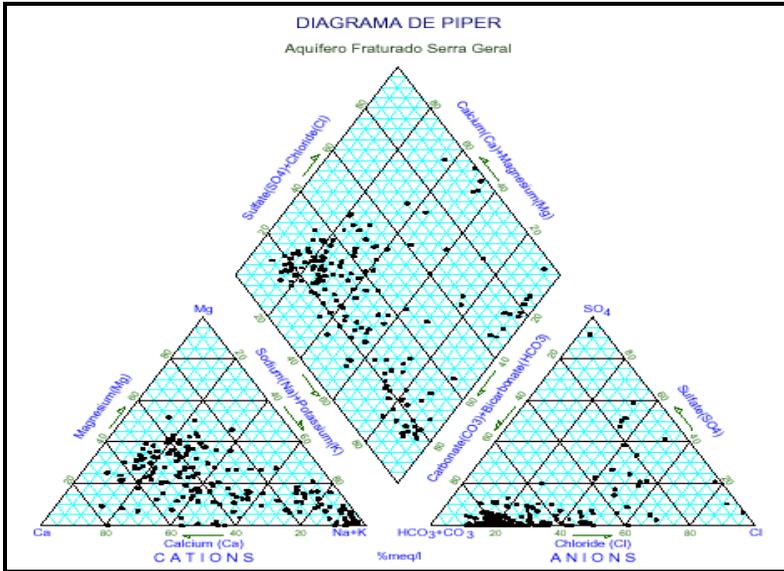


Figura 50: Diagrama de Piper do SASG – Projeto PROESC – Predominam águas bicarbonatadas cálcicas.
Fonte: FREITAS *et al.*, 2003.

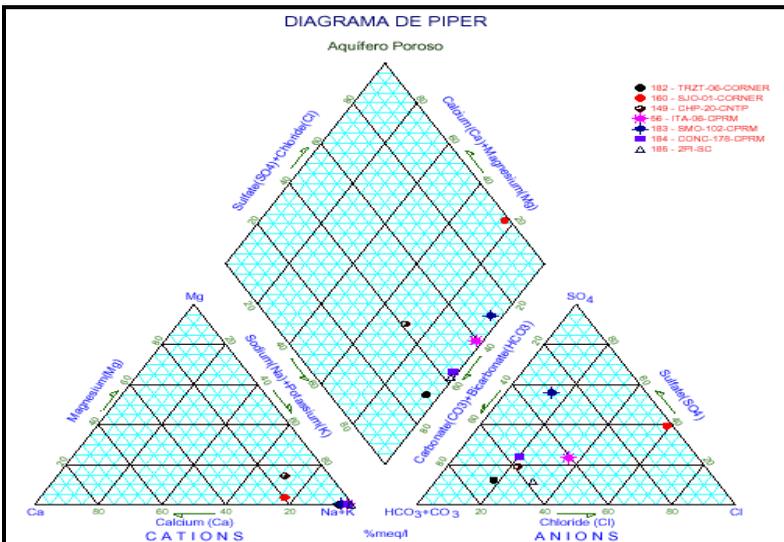


Figura 51: Diagrama de Piper do SAG – Projeto PROESC - Predominam águas bicarbonatadas-sódicas..
Fonte: FREITAS *et al.*, 2003.

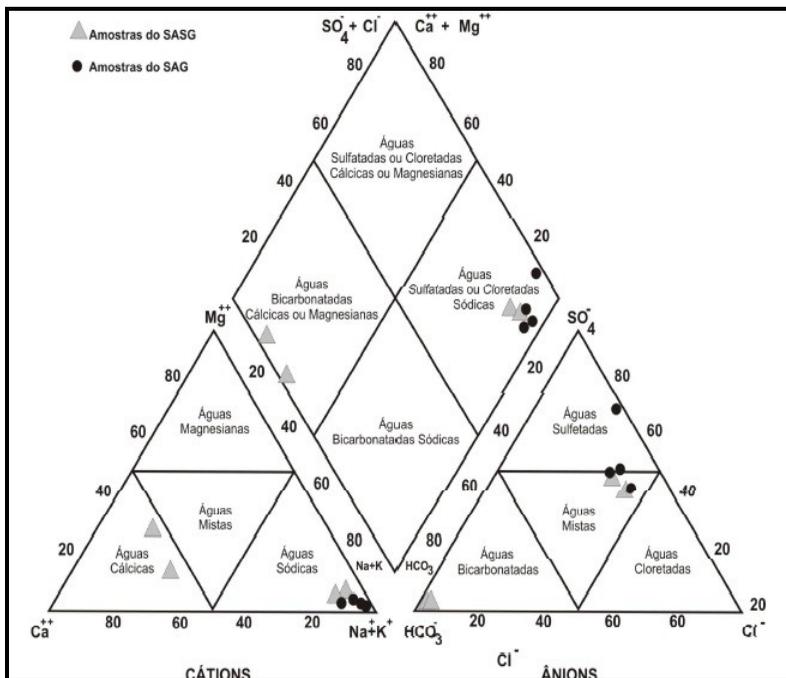


Figura 52: Diagrama de Piper de conectividade - SAG e SASG.

Fonte: ROSA FILHO, et al., 2006a.

Comparando-se os dados obtidos no Diagrama de Piper para as amostras de águas subterrâneas avaliadas neste estudo com as características dos poços com captação da Formação Serra Geral e do Sistema Aquífero Guarani avaliados no Projeto PROESC, observa-se que há dados com alguma similaridade, indicando a possibilidade de mistura de águas, porém, os dados são insuficientes para comprovar essa possibilidade. Diversos autores citados por Nanni (2008) reconhecem como sendo do SASG as águas bicarbonatadas-cálcicas, e consideram as águas de composição bicarbonatada-sódica como oriundas de aquíferos subjacentes, entre eles o SAG.

Algumas amostras com características bicarbonatadas-cálcicas indicam poços localizados em cotas altimétricas mais elevadas, proximidade de divisores de águas e, portanto, águas mais novas e/ou menos profundas, mas essa condição não se confirma para o conjunto de amostras.

8.2.5 Conclusão e recomendações

É importante salientar que, sob todas as condições observadas nos trabalhos em campo e nas análises físico-químicas, fica evidente que há carência de dados importantes para uma avaliação mais primorosa, e muitos dados são de difícil acesso para confirmação. E essas informações precisam ser confirmadas e disponibilizadas, para facilitar estudos mais detalhados, e procedimentos necessários quando houver identificação de desconformidade, de forma que possam contribuir para a manutenção da saúde pública.

Também é importante que na construção dos poços seja incluída uma forma de coleta de amostras para o monitoramento da qualidade. Pode ser uma simples torneira, ou outro dispositivo que permita a coleta de água, sem o uso de ferramentas mais sofisticadas e de difícil manuseio. Da forma como encontramos os poços durante os trabalhos de campo, é inviável o monitoramento, por requerer a presença de profissionais e ferramentas difíceis de serem obtidas de forma rotineira. Nas condições atuais, abrir o poço para efetivar a coleta representou em alguns casos, uma aventura perigosa e o risco de deixar os usuários sem água. Houve situações em que foi necessário acionar a manutenção e a substituição de peças.

A implementação da outorga bem como a atualização cadastral dos poços existentes (em funcionamento ou abandonados) é de grande relevância, uma vez que a população e muitos proprietários de poços desconhecem questões essenciais à manutenção desses empreendimentos.

A capacitação dos proprietários e da sociedade também mostra-se importante, como instrumento na melhoria da gestão de recursos hídricos e na manutenção da qualidade destes, como também, na remediação dos problemas identificados.

8.3 OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO JACUTINGA

O rio Jacutinga é um importante manancial de captação de água para abastecimento público da região, especialmente para a cidade de Concórdia, principal adensamento populacional do Sistema Jacutinga.

Localizado na região hidrográfica Vale do Rio do Peixe, no Oeste do Estado de Santa Catarina, integra a bacia do rio Uruguai. Com uma área de drenagem de 1002,8 km², é a maior bacia do Sistema Jacutinga. Apresenta uma pluviosidade média anual de 1.853 mm considerando-se os dados da EMBRAPA suínos e aves de Concórdia, com abrangência de 26 anos entre 1987 e 2012.

A qualidade das águas superficiais pode influenciar a qualidade das águas subterrâneas, em virtude da densidade de fraturas existentes, dos usos da terra, e das possíveis recargas subterrâneas.

Na área de abrangência da RH3, os lançamentos de esgotos domésticos, urbanos e industriais assim como os efluentes da suinocultura e avicultura estão entre os principais responsáveis pelos impactos de natureza química e biológica nos corpos hídricos superficiais, resultando em poluição visual, eutrofização, prejuízos à saúde pública e à sociedade (LINDNER, 1999; MARCHESAN, 2007; MIRANDA, 2007; HADLICH, 2004; MENDES e OLIVEIRA, 2004; CONEJO, 2007; FILIPINI, 2009; FRINHANI, 2011; LOPES, 2012).

Esse estudo fez o reconhecimento do rio Jacutinga e georreferenciou pontos para coleta de amostras de água, de forma a observar e identificar suas características físico-químicas e microbiológicas. Algumas coletas foram realizadas próximas à foz de afluentes (03, 04, 05 e 11), de forma a identificar o tipo de contribuição oriunda dos municípios que compõe a bacia. O Quadro 14 apresenta os resultados de qualidade das águas superficiais, adotando como referência a Resolução 357/2005, e a Figura 53 ilustra aspectos dos pontos avaliados e do espaço onde se inserem.

Parâmetros de Qualidade da Água	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cálcio Ca (mg/L)	10,4	5,6	8,8	4,8	6,4	9,6	6,4	6,4	7,2	11,2	11,2
Cloretos (mg/L)	13,4	55,3	67	16,1	17,4	16,1	16,4	16,8	17,4	20,1	20,8
Col. Termotolerantes (NMP/100 mL)	3,3x10 ⁴	2,4x10 ⁶	2,4x10 ⁶	2,4x10 ⁵	2,4x10 ⁵	1,3x10 ⁵	3,3x10 ⁴	9,2x10 ⁵	8,2x10 ⁴	2,4x10 ⁵	9,4x10 ⁴
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	4,9x10 ⁴	2,4x10 ⁶	2,4x10 ⁶	2,4x10 ⁵	3,5x10 ⁵	1,7x10 ⁶	7,9x10 ⁴	1,6x10 ⁶	1,2x10 ⁵	2,4x10 ⁵	9,4x10 ⁴
Condutividade Elétrica	51	58	67,7	65,7	58,1	74,3	72,6	68,1	67,6	75,2	83,4
DBO (mg/L)	6,5	8	11,5	8,5	7,5	7	6	6	14	7,5	7
DQO (mg/L)	24,3	35,3	49,6	47,2	31,5	15,3	14,3	17,7	49,5	26,5	20,9
Dureza CaCO ₃ (mg/L)	26	14	10	12	16	24	16	16	18	28	28
Dureza Magnésio (mg/L CaCO ₃)	6	226	100	26	16	14	24	18	18	12	6
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	32	240	110	38	32	38	40	34	36	40	34
Ferro Total Fe (mg/L)	0,52	6,085	9,972	0,276	0,198	1,031	0,073	1,377	0,01	0,01	0,01
Fluoreto Total (mg/L)	< 0,10	0,14	0,26	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Fósforo Total (mg/L)	0,16	2,05	3,8	0,5	0,19	0,37	0,1	0,19	0,17	0,14	0,11
Magnésio Mg (mg/L)	1,46	55	24,3	6,32	3,89	3,4	5,83	4,37	4,37	2,92	1,46
Manganês Mn (mg/L)	0,005	0,034	0,152	0,014	0	0,01	0	0,007	0,023	0,04	0,03
Nitrato (NO ₃) (mg/L)	2,97	2,1	3,09	1,69	2,7	1,55	1,8	2,3	0,8	1,1	1,49
Nitrito (NO ₂) (mg/L)	0,03	0,12	0,18	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,02	0,03	0,04
Nitrogênio Total (mg/L)	1,1	1,5	4,4	< 0,5	1,3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,9	< 0,5	< 0,5
Oxigênio Dissolvido (O ₂) (mg)	4,7	4,7	4,8	4,9	5,1	4,3	4,2	4,1	3,4	4,1	4,5
pH	7,5	7,5	7,2	7,6	7,5	7,3	7,6	7,6	8,2	7,7	8,1
Potássio K (mg/L)	1,9	2,7	5,5	3,4	2,6	3,6	2,7	3,2	2,7	2,8	3,1
Sódio Na (mg/L)	2	3,3	4,4	3	2	3,5	3,4	3	3,3	3,3	7
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	14	456	823	121	10	49	6	18	17	12	9
Sólidos Totais (mg/L)	72	510	940	158	65	185	66	92	79	55	68
Turbidez (UnT)	14	600	495	55	17	74	9	40	25	22	10

Quadro 14: Qualidade das águas superficiais na bacia do Rio Jacutinga. Em vermelho os parâmetros em desconformidade.

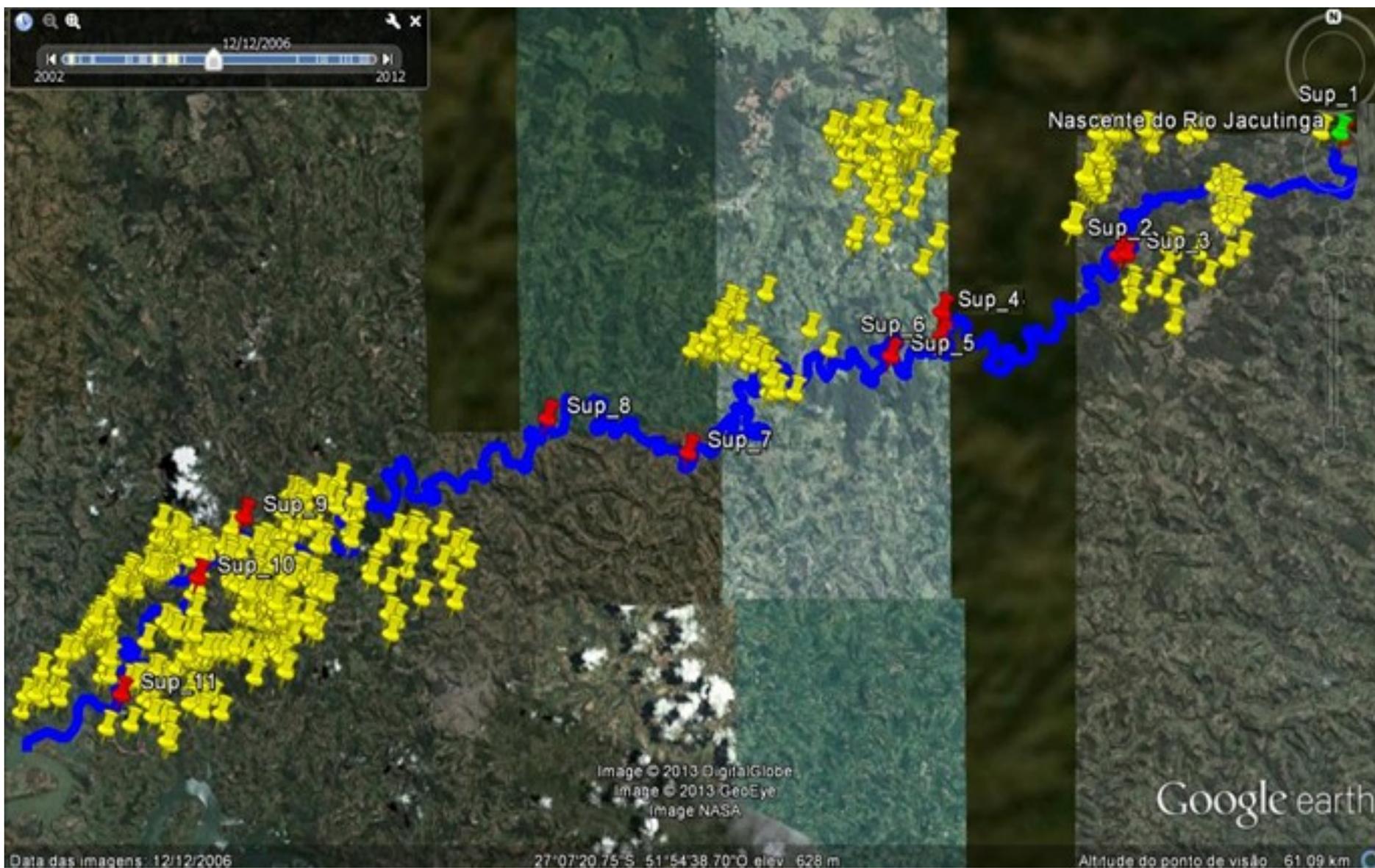


Figura 53: A bacia do rio Jacutinga, pontos de amostragem de águas superficiais (vermelho), granjas (amarelo) e nascente (verde).
Fonte: "Google earth" - Elaboração da autora.

Mesmo sendo um importante manancial de abastecimento público (o maior centro urbano do Alto Uruguai catarinense é abastecido em parte por captações do rio Jacutinga - CASAN), ainda há carência de informações sobre a qualidade das águas desse corpo hídrico.

Traçou-se então o perfil longitudinal esquemático do rio Jacutinga para buscar maior visualização sobre a velocidade das águas, e a possibilidade de renovação do aporte de oxigênio atmosférico durante o percurso das águas, além de identificar as cotas altimétricas ao longo do seu leito. Sua nascente está localizada no município de Água Doce em altitude de 1289m, e sua foz a 160 km no rio Uruguai, em área submersa pelo lago de Itá, com altitude aproximada de 360m (Figura 54).

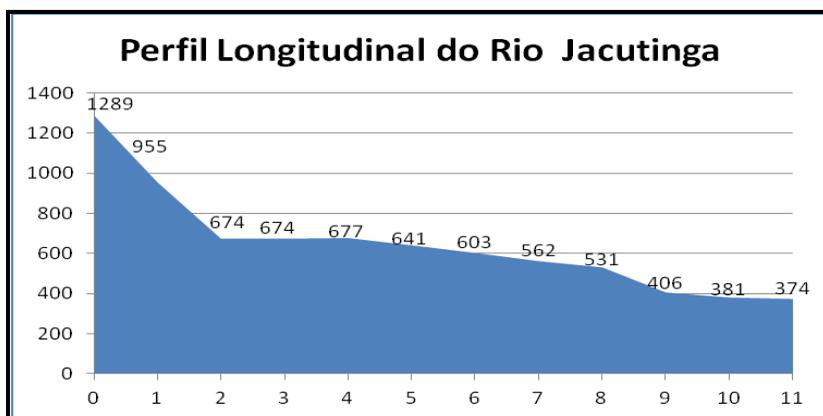


Figura 54: Perfil longitudinal (esquemático) do rio Jacutinga, com base na altitude dos pontos de coleta das amostras de águas superficiais para este estudo¹⁴. Eixo “x”, os pontos de coleta das amostras superficiais. Eixo “y”, a altitude.

A declividade do terreno é mais acentuada na porção próxima à nascente, entre os pontos 0 e 2, e entre os pontos 08 e 09, locais onde a

¹⁴ Os pontos de coleta das amostras são: 0 = Nascente Jacutinga – Água Doce; 1 = Próximo à Nascente em Água Doce; 2 = Ponte da BR-282 – Catanduvas; 3 = Foz do Arroio Patrimônio em Catanduvas; 4 = Foz do Rio Pingador – Vargem Bonita/Catanduvas; 5 = Foz do Rio Nove Passos – Jaborá; 6 = Divisa entre os municípios de Jaborá e Catanduvas; 7 = BR-153 – Divisa entre os municípios de Concórdia e Irani; 8 = Comunidade 3 de Outubro – Divisa Irani/Lindóia do Sul/Concórdia; 9 = Arabutã próximo a ponte da SC-465 sobre o rio Jacutinga; 10 = Ponte da SC-283; 11 = Foz do Lajeado dos Fragosos em Engenho Velho – Concórdia. Mais informações no Quadro 09.

velocidade facilita o aporte de oxigênio atmosférico. No entanto o ponto 09, após a cidade de Arabutã, é o local com o menor índice de Oxigênio Dissolvido. No percurso da nascente no município de Água Doce até a foz na represa de Itá, a topografia é marcada por uma diferença de altitude de 915 metros, com vales em “V” fechados e encaixados.

8.3.1 As características físicas das águas superficiais

Os baixos teores de ***Oxigênio Dissolvido*** (OD) identificados em laboratório apontam para elevada poluição orgânica, avaliada pelo decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido ou pela matéria orgânica em termos de concentração de oxigênio necessário para oxidá-la. Desta forma, os despejos urbanos (esgotos *in natura*), os efluentes agroindustriais e o aporte de dejetos oriundos da pecuária intensiva – suínos e aves, mostram-se como relevantes indicadores de poluição orgânica no rio Jacutinga e seus contribuintes (Quadro 14).

A presença de compostos orgânicos resultantes do metabolismo de microrganismos como algas, cianobactérias, actinomicetos, decomposição de folhas e plantas aquáticas, lançamento de efluentes industriais, lixiviação de solos agricultáveis, efluentes industriais e concentrações significativas de cloro residual estão associadas à cor e odor dos corpos hídricos, e a efeitos deletérios à saúde pela formação de produtos potencialmente cancerígenos – os trihalometanos (THM), como consequência da cloração de águas com resíduos de matéria orgânica (LIBÂNIO, 2010). A matéria orgânica presente nas águas naturais, também pode interferir na remoção de ferro e manganês, e propiciar condições para o recrudescimento de microrganismos na rede de distribuição.

Considerando a alta carga orgânica que o rio Jacutinga recebe, a depuração é relativamente lenta devido à baixa turbulência das águas, de tal forma que apenas um ponto apresentou OD superior a 5,0 mg/L O₂, cuja amostra pertence a um afluente localizado em área rural, distante de empreendimentos suinícolas. Trata-se do ponto 5, caracterizado por topografia suave, águas calmas e velocidade de fluxo da água baixa. Essa amostra pertence ao rio Nove Passos, afluente do Rio Jacutinga pela margem esquerda, oriundo da área rural do município de Jaborá. Mesmo em condições desfavoráveis para o aporte de oxigênio atmosférico, esse ponto encontra-se dentro do padrão exigido pela Resolução Conama 357/2005 (Quadro 7) para mananciais de abastecimento de classe 2. Das onze amostras analisadas, 09 (82%)

estão adequadas para rios de classe 3, indicados para abastecimento humano apenas após tratamento avançado; e 01 amostra alcança apenas classificação para rio de classe 4, ou seja, adequado a usos menos restritivos como navegação e paisagismo (Quadros 07 e 14).

A **turbidez** comumente corresponde à presença de partículas de argila, silte, plâncton, microrganismos, matéria orgânica e inorgânica. Ainda que com menor frequência, a turbidez pode também ser causada pela precipitação de carbonato de cálcio para águas duras, de óxido de ferro e de compostos de alumínio em águas tratadas, sendo expressas por meio de unidades de turbidez (uT) ou unidades nefelométricas de turbidez (UNT). A turbidez natural das águas superficiais está geralmente compreendida na faixa de 3 a 500 UNT (LIBÂNIO, 2010).

Embora a OMS não estabeleça valor limite para turbidez em termos de risco à saúde, o valor de 5,0 UNT é mencionado em termos de aceitabilidade para água potável, e há recomendação de se produzir água tratada com turbidez inferior a 0,1 UNT, como fator de “*performance*” do tratamento e a otimização da desinfecção (LIBÂNIO, 2010).

As figuras 55, 56 e 57 ilustram valores e características da presença de matéria orgânica e sedimentos no corpo hídrico.

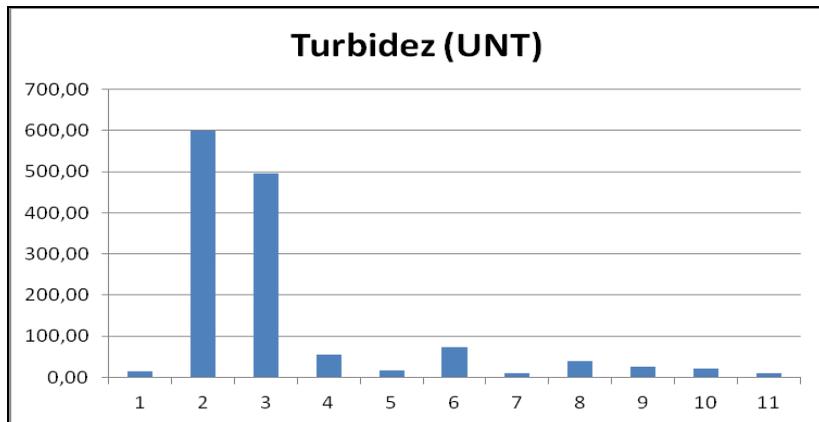


Figura 55: Variabilidade da Turbidez em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.

Para fins de potabilidade, a desinfecção é mais eficaz quando a turbidez é baixa, pois as partículas suspensas podem ser capazes de adsorver substâncias tóxicas, tais como agrotóxicos organoclorados e outros compostos orgânicos (LIBÂNIO, 2010).



Figura 56: Ponto N° 03 de coleta de amostra de água superficial - Arroio Patrimônio em Catanduvas/SC, 11/12/2012.



Figura 57: Ponto N° 02 de coleta de amostra de água superficial, no rio Jacutinga, às margens da BR-282, em Catanduvas, /SC, em 11/12/2012. É visível a mancha que se incorpora às águas do rio Jacutinga, proveniente do Arroio Patrimônio.

O emprego da turbidez como parâmetro indicador da eficiência do tratamento associa a remoção desta característica física à remoção de *cistos* e *oocistos de protozoários*. Embora os resultados apontassem baixa correlação entre a remoção de turbidez e a presença de protozoários, a elevação de 0,1 a 0,3 uT da turbidez da água filtrada,

esteve associada à redução de $1,0 \log^8$ na remoção destes microrganismos (LIBÂNIO, 2010).

O aspecto das águas do rio nos pontos 2 e 3 (Figuras 56 e 57), bem como os valores muito superiores de turbidez, com índices de 600,00 e 495,00 (UNT) respectivamente, são características indicativas do lançamento de material proveniente de esterqueiras, prática comum na região quando da ocorrência de chuvas, ou ainda, movimentação de solo carreado pela chuva, embora no momento da coleta ainda não estivesse ocorrendo pluviosidade efetiva.

A **condutividade elétrica** é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica, em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions – usualmente ions de ferro e manganês, além de K^+ , Cl^- , Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} – sendo, por consequência, diretamente proporcional à concentração iônica. Soluções nas quais se faz presente a maioria dos compostos inorgânicos apresentam condutividade elevada, que é expressa comumente em $\mu S/cm$ (microSiemens) (LIBÂNIO, 2010, p.41). Águas naturais apresentam usualmente condutividade elétrica inferior a $100 \mu S/cm$, podendo atingir $1.000 \mu S/cm$ em corpos d'água receptores de elevadas cargas de efluentes domésticos e industriais (LIBÂNIO, 2010).

Na bacia do Rio Jacutinga observou-se uma condutividade elétrica para águas superficiais com valores entre 51 e $83 \mu S/cm$ (Figura 58), com tendência de crescimento dos valores desse parâmetro à medida que se aproxima da foz, porém, dentro dos padrões para águas superficiais com baixas cargas de efluentes segundo Libânio (2010).

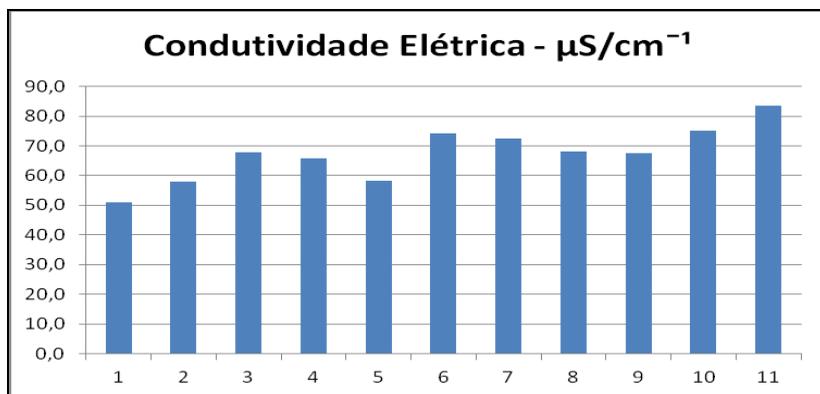


Figura 58: Condutividade Elétrica em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.

A condutividade elétrica constitui importante indicador de eventual lançamento de efluentes, por relacionar-se à concentração de sólidos totais dissolvidos (STD). Em certos contextos como lagos e represas, o monitoramento da concentração de sólidos dissolvidos efetua-se por meio da determinação da condutividade elétrica.

8.3.2 As características químicas das águas superficiais

O *potencial hidrogeniônico (pH)* talvez se constitua no parâmetro de maior freqüência de monitoramento na rotina operacional das estações de tratamento de água, pela sua interferência em diversos processos e operações unitárias inerentes à potabilização, inclusive na aplicação de coagulantes ao processo de desinfecção química. O pH influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, e como consequência, na intensidade da cor, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo também o potencial de toxicidade de vários elementos (LIBÂNIO, 2010).

Na área da bacia do rio Jacutinga observou-se valores de pH dentro dos padrões da Resolução Conama 357/2005, como pode ser visto na Figura 59.

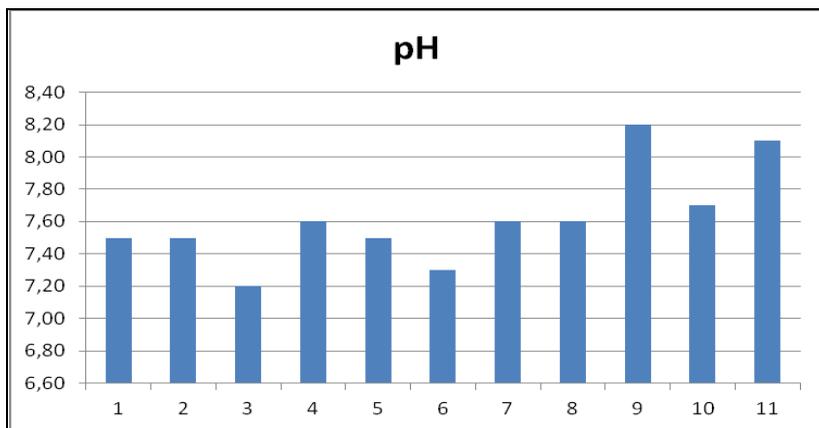


Figura 59: pH em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.

As águas naturais de superfície apresentam pH variando de 6,0 a 8,5, intervalo adequado à manutenção da vida aquática, embora a prevalência de concentração significativa de matéria orgânica, concorra para valores abaixo de cinco. Alterações no pH podem ser decorrentes

da atividade algal – fotossíntese e respiração, da dissolução de rochas e minerais, e do lançamento de despejos domésticos, pecuários e industriais. Em regiões industrializadas pode ocorrer abaixamento do pH motivado por chuva ácida devido à complexação de poluentes gasosos ao vapor d'água presentes na atmosfera (LIBÂNIO, 2010).

A relevância do pH manifesta-se nos processos de potabilização das águas de consumo humano: na desinfecção com compostos de cloro com a formação do ácido hipocloroso (HOCl), significativamente mais eficiente na inativação dos microrganismos; na coagulação com sais de ferro e alumínio; no controle da corrosão nas adutoras e redes de distribuição; na formação de subprodutos como trihalometanos, e no abrandamento de águas duras (LIBÂNIO, 2010).

A **alcalinidade** das águas naturais traduz a capacidade de neutralizar ácidos (íons H^+) ou a capacidade de minimizar variações significativas de pH (tamponamento). Em teores elevados pode proporcionar sabor desagradável à água, e ter influência nos processos de potabilização, no êxito do processo de coagulação, minimizando a redução do pH após a dispersão do coagulante (LIBÂNIO, 2010).

Para a maioria das águas naturais de superfície, a alcalinidade decorre apenas de bicarbonatos, em especial, de cálcio e magnésio, pela reação do gás carbônico resultante da incorporação da atmosfera e/ou oxidação da matéria orgânica – com os minerais do solo/formações superficiais.

Águas naturais de origem superficial no Brasil apresentam alcalinidade comumente inferior a 100 mg/L de $CaCO_3$. Valores mais elevados de alcalinidade nos corpos d'água estão associados a processos de decomposição da matéria orgânica, à atividade respiratória de microrganismos com liberação e dissolução do gás carbônico (CO_2) na água, e ao lançamento de efluentes industriais (LIBÂNIO, 2010).

Freqüentemente a **dureza** tem origem natural pela dissolução de rochas calcárias, áreas ricas em cálcio e magnésio e, em menor monta, pelo lançamento de efluentes industriais. A Figura 60 ilustra a variabilidade na dureza das águas em 11 pontos da bacia.

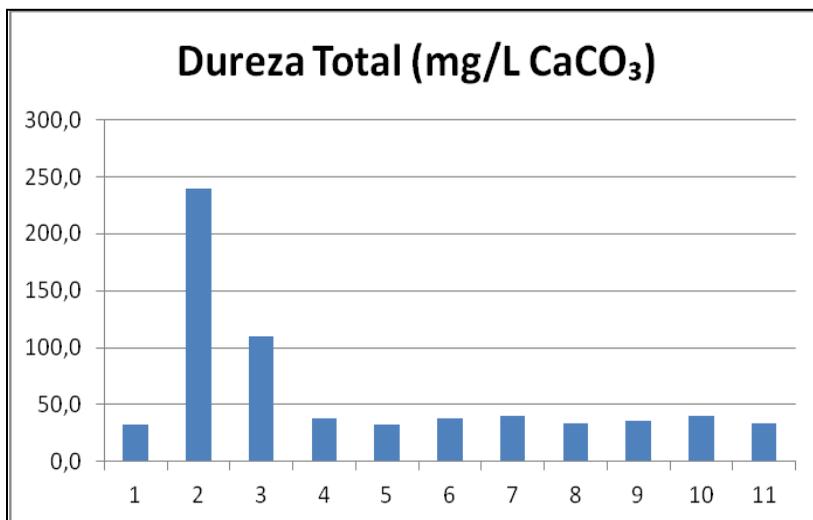


Figura 60: Dureza total em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

No Brasil, salvo algumas exceções, as águas superficiais são brandas ou moderadamente duras (valores comumente inferiores a 150 mg/L de CaCO₃). A água da chuva em contato com o solo tem sua concentração de gás carbônico elevada.

Na bacia do rio Jacutinga as águas superficiais são do tipo *mole* ou *branda*, com exceção de 02 pontos de coleta (amostra 2 e 3), onde valores altos de dureza (240 e 110 mg/l) podem estar relacionados ao lançamento de dejetos pecuários, caracterizando-as como águas duras e de dureza moderada (Figura 60).

A concentração de *cloretos* como indicador de salinidade relaciona-se, guardadas as especificidades de cada corpo d'água, à condutividade elétrica ou à concentração de sólidos totais dissolvidos, podendo advir dos esgotos domésticos, pecuários ou industriais (LIBÂNIO, 2010; SEWELL, 1978).

A Figura 61 apresenta a faixa de variabilidade de cloretos em 11 pontos da bacia.

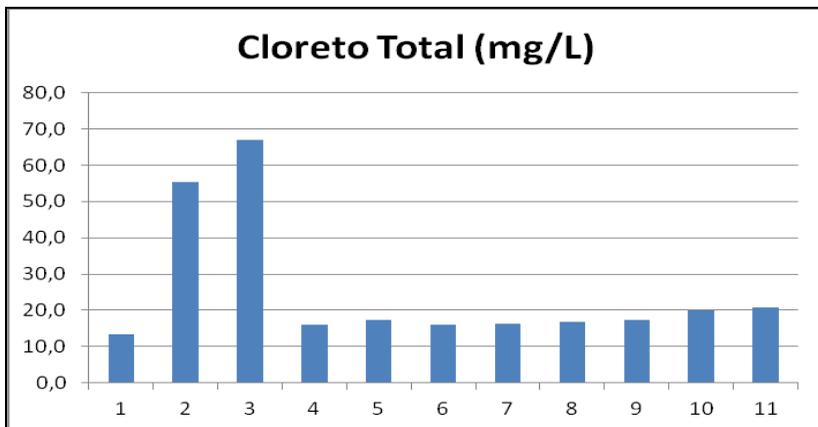


Figura 61: Cloreto Total em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.
 Fonte: Análises físico-químicas realizadas para este estudo.

E a Figura 62 ilustra a faixa de variabilidade de concentrações de Sódio nos 11 pontos de coleta na bacia do rio Jacutinga.

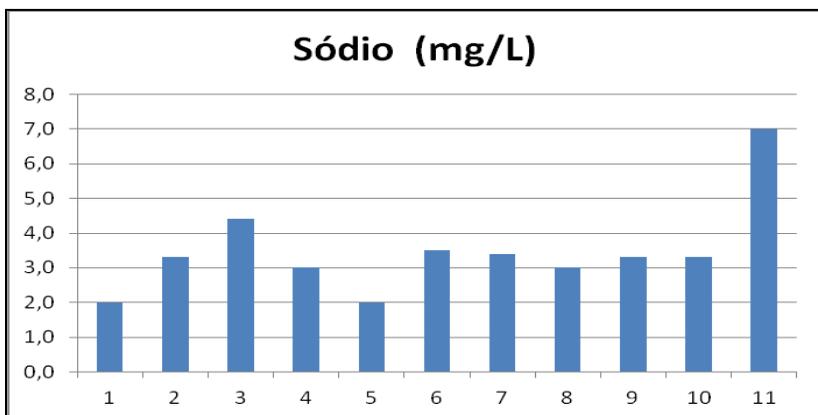


Figura 62: Sódio em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.
 Fonte: Análises físico-químicas realizada para esse estudo.

A amostra 03 apresentou uma concentração de cloretos mais elevada, mas não registrou equivalência para os teores de sódio. Apresentou também teores mais elevados de dureza, ferro, sólidos totais, e sólidos suspensos totais. O sódio em mananciais de águas utilizáveis para abastecimento público provoca elevação da alcalinidade (LIBÂNIO, 2010).

Tanto o *ferro* como o *manganês* apresentaram teores elevados nas águas superficiais da bacia do rio Jacutinga, apenas nos pontos onde também foram registrados altos índices turbidez e dureza.

A Figura 63 apresenta a variabilidade nas concentrações de Ferro Total nos 11 pontos analisados.

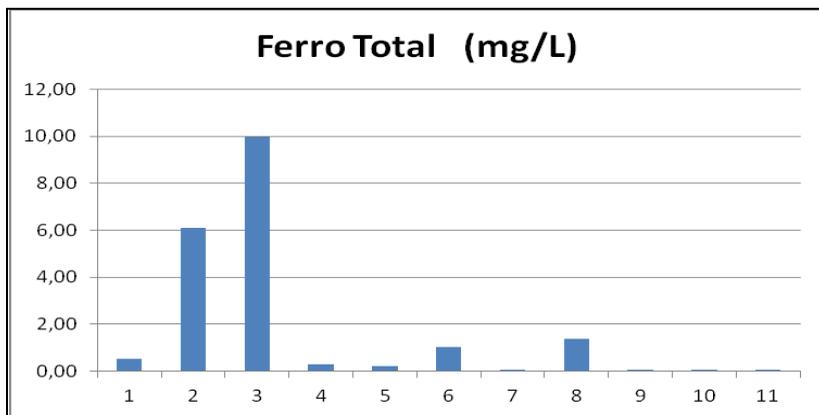


Figura 63: Ferro Total em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para este estudo.

E a Figura 64 ilustra a variabilidade nas concentrações de Manganês.

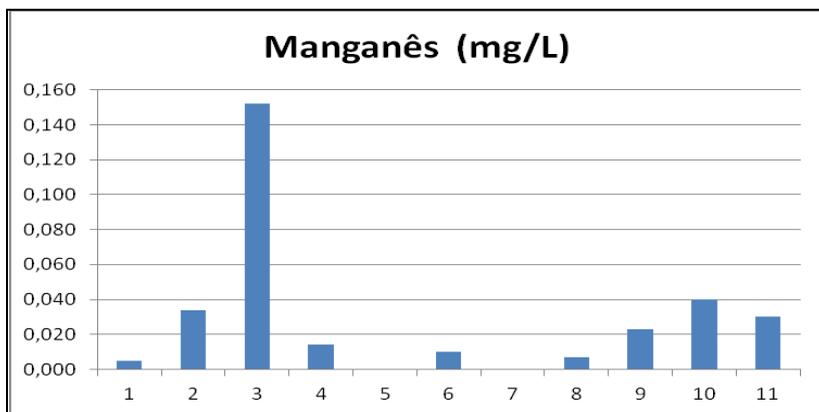


Figura 64: Manganês em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para este estudo.

Por ser um dos elementos mais abundantes na natureza, o ferro é habitualmente encontrado em águas naturais, apresentando-se na forma insolúvel (Fe^{+3}) e dissolvida (Fe^{+2}), como óxidos, silicatos, carbonatos, cloretos, sulfatos e sulfitos (LIBÂNIO, 2012).

Já o manganês se apresenta na forma dissolvida (Mn^{+2}) e insolúvel (Mn^{+3} e Mn^{+4}) em menores concentrações quando comparado ao ferro. Por se apresentar mais estável na forma reduzida do que o ferro, a oxidação do manganês torna-se mais difícil, e a simples aeração geralmente não é suficiente para sua remoção. Como usualmente apresenta-se nas formas de óxidos, carbonatos ou hidróxidos pouco solúveis, as concentrações de manganês em águas superficiais raramente excedem 1,0 mg/L (LIBÂNIO, 2012).

Para águas superficiais, a condição de anaerobiose nas camadas mais profundas dos reservatórios de acumulação, resulta da decomposição de matéria orgânica, favorecendo a solubilização de compostos de ferro e manganês e a formação de subprodutos pela desinfecção com compostos de cloro.

A mais rápida forma de oxidação dos compostos de ferro e manganês ocorre por meio de grupo específico de bactérias aptas a converter o ferro solúvel (Fe^{+2}) em insolúvel (Fe^{+3}) – as ferrobactérias. O desenvolvimento destas bactérias é influenciado por fatores como temperatura, insolação, pH, matéria orgânica e potencial redox. O desenvolvimento destes microrganismos como consequência da desinfecção inadequada e remoção parcial do ferro e do manganês, conduz a severas incrustações nas paredes das tubulações, causadas pela própria biomassa e pelas formas insolúveis destes metais, formando um biofilme. Esse biofilme formado por ferrobactérias pode tornar-se imune ao cloro residual, mascarar a presença de patógenos e induzir a elevação das dosagens de desinfetantes (LIBÂNIO, 2012).

O **nitrogênio** é o gás mais abundante na atmosfera terrestre (78%), pode ser encontrado nos corpos d'água em função do seu estado de oxidação (que varia de -3 a +5) sob as formas de:

- ✓ Nitrogênio orgânico integrando a biomassa do meio aquático.
- ✓ Nitrogênio molecular (N_2): sujeito a constantes perdas na atmosfera.
- ✓ Nitrogênio amoniacal, gás amônia (NH_3) e íon amônio (NH_4^+): formas reduzidas em condições anaeróbias.

- ✓ Nitrito (NO_2^-): forma intermediária encontrada em concentrações insignificantes sob condições aeróbias, em virtude da quase instantânea oxidação a nitrato.
- ✓ Nitrato (NO_3^-): forma oxidada e nutriente essencial para a maioria dos organismos do corpo hídrico.

O nitrogênio constitui, junto com o fósforo, nutriente essencial ao crescimento de algas, cianobactérias e plantas aquáticas. As principais fontes naturais da parcela dissolvida de nitrogênio são a decomposição e excreção do fitoplâncton (sobretudo cianobactérias) e macrófitas, a lise decorrente da senescência ou herbivoria, proteínas, clorofila e outros compostos orgânicos. Estima-se que 10% do nitrogênio assimilado pelo fitoplâncton retorne ao meio aquático como nitrogênio orgânico dissolvido. De modo geral, o aporte externo de matéria orgânica e inorgânica, as precipitações e a mencionada capacidade de fixação do nitrogênio atmosférico por algumas algas, bactérias e cianobactérias, retratam outras fontes naturais de nitrogênio para os corpos d'água (ESTEVES, 1988).

Além da origem natural, a presença de nitrogênio nas águas pode indicar significativa origem antrópica, oriunda do lançamento de despejos domésticos, sendo 40% na forma de nitrogênio orgânico, e 60% na forma de amônia, oriundos de indústrias e criatórios de animais, assim como dos fertilizantes utilizados em solos agricultáveis, lixiviados pela ação das chuvas (LIBÂNIO, 2012).

O ciclo do nitrogênio, de forma simplificada, realiza-se por meio de bactérias nos processos denominados *nitrificação* e *desnitrificação*. O primeiro consiste da sucessiva oxidação do gás amônia (NH_3) a nitrito e posteriormente a nitrato, realizado sob condições aeróbias pelas bactérias nitrificantes do gênero *Nitrosomonas*. O segundo, refere-se à redução de nitrato de nitrogênio gasoso realizado pelas bactérias do gênero *Nitrobacter* sob condições anóxicas (LIBÂNIO, 2012).

As formas de nitrogênio traduzem o estágio da poluição do corpo hídrico. Concentrações de nitrato e nitrito e as formas oxidadas indicam poluição remota, ao passo que nitrogênio orgânico ou amoniacal indica poluição recente. Concentrações significativas do íon amônio resultam em redução do oxigênio dissolvido despendido na nitrificação e, em águas de pH elevado, ocorre a conversão no gás amônia¹⁵, nocivo a

¹⁵ Esta conversão dá-se por meio da equação $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+$. Assim, para valores de pH inferiores a 8, praticamente toda a amônia presente encontra-se na forma ionizada (NH_4^+), de

algumas espécies de peixes mesmo em concentrações da ordem de 0,5 mg/L. O efeito nocivo da amônia e sua relação com o pH das águas explica os distintos limites estabelecidos pela Resolução 357/2005 do Conama¹⁶ para águas de classe 3, na qual se estabelecem concentrações máximas de nitrogênio amoniacal total de 1,0 mg/L (para pH > 8,5) a 13,3 mg/L (para pH <7,5). O ponto 03 apresentou 4,4 mg/L de Nitrogênio Total, acima do previsto na Res. Conana 357/2005 (3,7 coerente com pH deste local), apresentando também valores altos para manganês, sólidos suspensos e sólidos totais.

O nitrogênio é um elemento indispensável ao crescimento de algas, mas em excesso pode ocasionar o fenômeno da eutrofização. No organismo humano o nitrato pode causar a metahemoglobinemia, ao induzir a oxidação do ferro na hemoglobina, tornando-a incapaz de transportar oxigênio. Assimilado pelas plantas, porém, o nitrato é convertido a nitrogênio orgânico como integrante celular, e concorre para que as concentrações sejam baixas nas águas superficiais, usualmente inferiores a 2 mg/L. Em contrapartida, aquíferos freáticos (livres ou gravitacionais) em regiões de vegetação mais escassa são passíveis de contaminação por esgotos e fertilizantes, podendo apresentar concentrações superiores a 20 mg/L (DEZUANE, 1997 *apud* LIBÂNIO, 2010).

O aumento do nitrogênio na água pode ser causado por esgotos domésticos e industriais, fertilizantes e dejetos de animais. O excesso de amônia, porém, provoca mortandade de peixes. O processo de oxidação desse composto em nitrito e em nitrato consome oxigênio livre, afetando a vida aquática do manancial. A presença de nitrato na água em concentrações elevadas, desaconselha sua ingestão contínua, pois pode provocar cianose ou metahemoglobinemia, principalmente em crianças (LIBÂNIO, 2010).

O **fósforo** encontra-se na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Suas principais fontes são a dissolução de compostos do solo, a decomposição da matéria orgânica, os esgotos domésticos e industriais, os fertilizantes agrícolas, detergentes e

pH igual a 9,5 as formas ionizada e não ionizada equivalem-se e de pH superior a 11, toda a amônia apresenta-se como NH₃.

¹⁶ Tanto a Resolução 357 como a Portaria 2914 reportam-se à concentração de nitrogênio em termos de amônia, nitrito ou nitrato (ou N-NH₃, N-NOH₂⁻, e N-NO₃⁻). Desta forma, 1,0 mg/L de nitrito (como N) equivale a 1,0 mg/L de nitrato (como N), pois ambas as formas apresentam apenas um átomo de nitrogênio. Similarmente, 4,43 mg/L de nitrato é igual a 1,0 mg/L de nitrato (como N), já que o peso molecular do nitrato e do nitrogênio é 62, e o do nitrogênio é 14 (LIBÂNIO, 2010).

excrementos pecuários. É essencial ao crescimento dos microrganismos responsáveis pela biodegradabilidade da matéria orgânica.

Segundo Libânio (2010), o fósforo presente nos esgotos domésticos (5 a 20mg/L) tem procedência, principalmente, da urina dos contribuintes e do emprego de detergentes usualmente utilizados nas tarefas de limpeza. Sua predominância tende a ser acentuada à medida que o esgoto envelhece, uma vez que os polifosfatos e os fósforos orgânicos transformam-se, embora lentamente, em ortofosfato, o que deve acontecer completamente até o final da biodegradação, visto que é nesta forma que ele pode ser assimilado diretamente pelos microrganismos. O fósforo se constitui no principal limitante ao desenvolvimento de algas e plantas no meio aquático (LIBÂNIO, 2010).

A Figura 65 apresenta a faixa de teores de fósforo total em 11 amostras de águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.

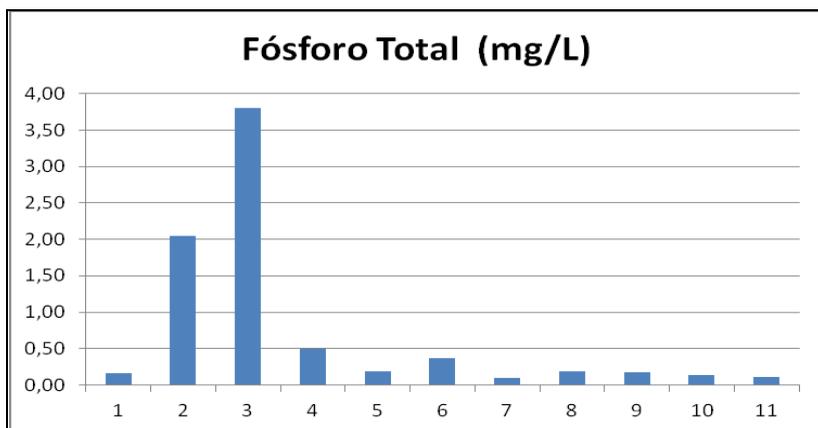


Figura 65: Fósforo Total em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

Observou-se na bacia do rio Jacutinga a presença de fósforo total em maiores concentrações nas águas superficiais, nas amostras 02 e 03, diretamente relacionadas à presença de turbidez, ferro, manganês e dureza. E neste local, há entrada de lançamentos pecuários (dejetos oriundos de pocilgas), em decorrência de previsão de chuvas, evidenciando o descarte inadequado de efluentes, diretamente sem tratamentos no corpo hídrico, como pode ser visto nas Figuras 56 e 57.

Observou-se o fósforo acima do limite previsto pela Resolução Conama 357/2005 para rios de classe 1, em 91 % das amostras. Se considerar-se o limite para rios de classe 2 e 3, apenas 02 amostras

estariam em conformidade e 73% acima do limite previsto. E os limites estão acima dessa Resolução em alguns pontos, também para outros importantes parâmetros como: manganês, ferro, turbidez, STD, DBO e Coliformes.

8.3.3 As características biológicas das águas superficiais

As *características biológicas* das águas naturais referem-se aos diversos microrganismos que habitam o ambiente aquático. Sua relevância manifesta-se na possibilidade de transmitir doenças por ingestão ou contato com água contaminada, e na transformação da matéria orgânica dentro dos ciclos biogeoquímicos de diversos elementos (DANIEL *et al.*, 2001 *apud* LIBÂNIO, 2010).

É da degradação da matéria orgânica realizada por bactérias, que se obtêm os compostos minerais inorgânicos na forma de nutrientes passíveis de serem assimilados por outros microrganismos (LIBÂNIO, 2010).

As *bactérias coliformes* habitam normalmente o trato intestinal dos animais de sangue quente, além de existirem naturalmente no solo e na vegetação. A presença de Coliformes Totais inclui amplo rol de bactérias ambientais e de origem fecal, que são capazes de sobreviver no meio aquático, fermentar a lactose, e produzir ácido ou aldeído em 24 horas à temperatura de 35 a 37 °C, constituindo bons indicadores da presença de microrganismos patogênicos na água (LIBÂNIO, 2010).

As *bactérias termotolerantes*, são capazes de fermentar a lactose em temperatura elevada por um prazo de 24 horas. Engloba predominantemente o gênero *Escherichia* (90 %), e em menor monta, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, sendo os dois últimos gêneros passíveis de serem isolados em ambientes não poluídos como água, solo e plantas.

O gênero *E. coli* diferencia-se dos demais coliformes termotolerantes pela capacidade de produzir a enzima B-glucorinidase, apresentar elevadas concentrações em fezes humanas e animais, constituindo importante indicador de poluição fecal (LIBÂNIO, 2010). Adicionalmente, *E. coli* (O157:H7), exibe baixa ocorrência no solo e na vegetação, e comumente não se multiplica no ambiente aquático. Como consequência, consolida-se progressivamente no meio técnico a tendência do emprego do exame de *E. coli* no monitoramento da água bruta, objetivando tanto avaliar a presença de protozoários e outros patógenos, como detectar a presença de coliformes totais para os

efluentes das estações de tratamento. Como balizador da qualidade da água tratada e da eficiência da potabilização, também permite avaliar a integridade do sistema de distribuição. Nesta perspectiva, adota-se como padrão de potabilidade nacional, que o efluente da estação de tratamento e toda a água de consumo público, deva ser isenta de coliformes totais (LIBÂNIO, 2010).

A Figura 66 ilustra a faixa de concentrações de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes em 11 amostras da bacia do rio Jacutinga.

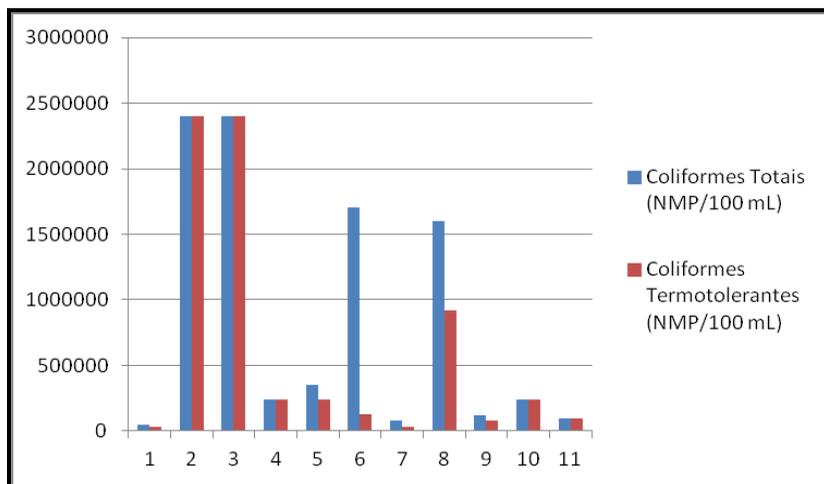


Figura 66: Coliformes Totais e Termotolerantes em águas superficiais na bacia do rio Jacutinga, com amostras coletadas em 11/12/2012.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para este estudo.

Nos parâmetros *Coliformes Totais* e *Coliformes Termotolerantes*, os valores encontrados extrapolam em muito os limites da Resolução Conama, que são de 2.500 NMP/100 mL para mananciais de classe 3. Os teores extremamente elevados das amostras 2 e 3 confirmam o lançamento recente de efluentes no curso do rio.

A concentração de *oxigênio dissolvido* (OD) é reconhecidamente o parâmetro mais importante para expressar a qualidade de um ambiente aquático. Na rotina operacional das Estações de Tratamento de Água (ETAs), o OD não constitui parâmetro usual de controle, pois a escolha do manancial para abastecimento comumente recai em ambientes menos impactados.

O oxigênio dissolvido tem papel fundamental na manutenção da diversidade dos ecossistemas aquáticos, e suas concentrações podem

variar naturalmente, especialmente pela respiração dos organismos aí presentes, pela degradação da matéria orgânica, pelas perdas para a atmosfera e pela oxidação de íons (LIBÂNIO, 2010). Cursos d'água de velocidade elevada favorecem o aporte de oxigênio da atmosfera, ao passo que em lagos, reservatórios e áreas alagadas (banhados), a redução do oxigênio pode resultar em eventos críticos para a biota.

Em condições de anaerobiose os compostos químicos são encontrados na sua forma reduzida, geralmente solúvel no meio líquido, disponibilizando as substâncias para assimilação pelos organismos que sobrevivem nestas condições no ambiente aquático. À medida que se eleva a concentração de oxigênio dissolvido, esses compostos vão precipitando, ficando armazenados no fundo dos corpos d'água.

A **matéria orgânica** da água é necessária aos seres heterótrofos, na sua nutrição, e aos autótrofos, como fonte de sais nutrientes e gás carbônico. Em grandes quantidades, no entanto, pode causar alguns problemas como cor, odor, turbidez, e consumo do oxigênio dissolvido pelos organismos decompositores.

Dois indicadores são utilizados para determinar o teor de matéria orgânica na água: a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO). Expressam a presença de matéria orgânica, e constituem importante indicador da precariedade das condições de qualidade de águas naturais.

8.3.3.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A **Demanda Bioquímica de Oxigênio** (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, por ação de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para que estas consigam consumir a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20°C (LIBÂNIO, 2010).

As águas superficiais da bacia do rio Jacutinga apresentaram DBO acima dos limites previstos para mananciais de classe 2 (Res. Conama 357/2005) que é de 5,0 mg/L, para todos os pontos analisados. E em 02 pontos (18% da amostra) os índices de DBO estão em desconformidade também para mananciais de classe 3 (Figura 67).

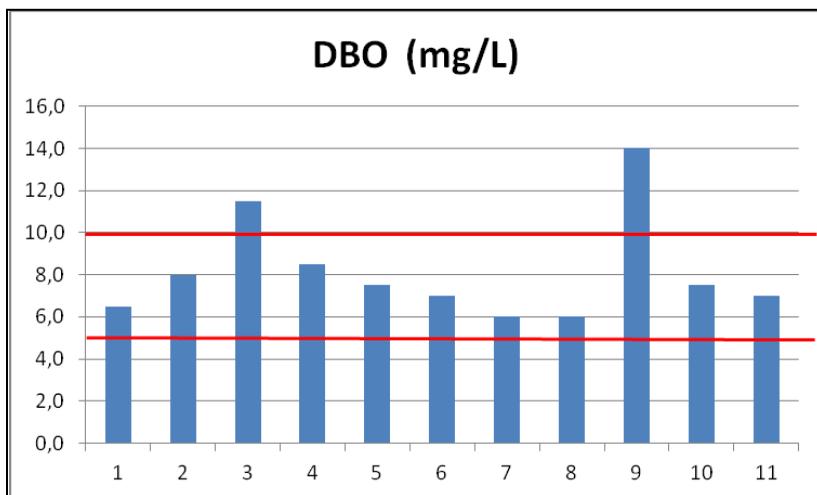


Figura 67: DBO em águas superficiais da bacia do rio Jacutinga com linha de limite para corpos hídricos de classe 02 (5 mg/L) e limite para corpos hídricos de classe 03 (10 mg/L)..

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para este estudo.

Nenhum dos pontos analisados é aceitável quanto aos índices de DBO para mananciais de abastecimento público. Os pontos 03 e 09 apresentaram valores de DBO superiores a 10 mg/L, limite máximo estabelecido para corpos hídricos de classe 3 e, em consequência disso, ultrapassam o limite de conformidade para utilização de suas águas no abastecimento público (Quadro 07 e Figura 67) (CONAMA 357/2005).

8.3.3.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A ***Demanda Química de Oxigênio*** (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica, através de titulação química com dicromato de potássio, determinada em laboratório, com resultados obtidos em 3 horas. A DQO é sempre maior que a DBO (LIBÂNIO, 2010), e indica a intensidade de oxigênio necessário as bactérias, na estabilização da matéria orgânica carbonácea, e a concentração do carbono biodegradável.

O aumento da *Demanda Química de Oxigênio* (DQO) num corpo d'água se deve, principalmente a despejos industriais, isto é, a todas aquelas substâncias potencialmente consumidoras de oxigênio. É a situação identificada nos pontos de nº 2, 3, 4, 5 e 9, localizadas em áreas

próximas a centros urbanos e/ou de aporte de efluentes oriundos de granjas de suínos e aves.

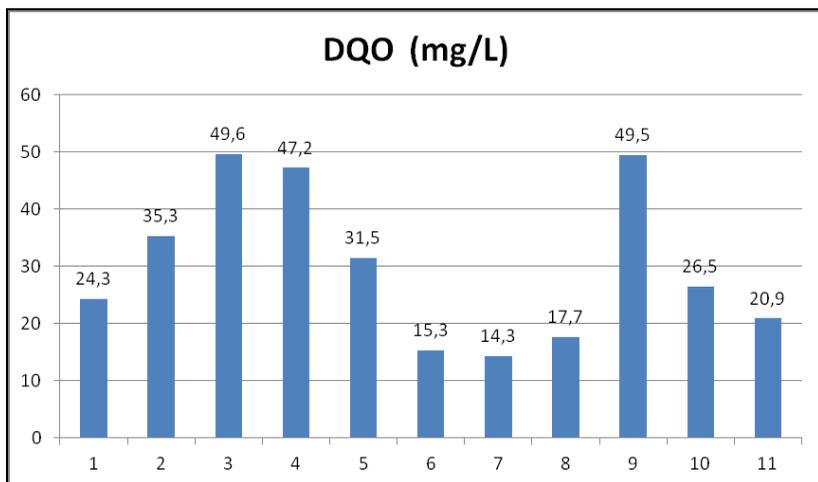


Figura 68: DQO em águas superficiais da bacia do rio Jacutinga.

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para esse estudo.

As amostras 06, 07 e 08 evidenciam um aporte menor de substâncias oxidáveis, e constituem pontos de coleta localizados no meio rural, em área onde não se observou a presença de pecuária intensiva (Figura 53).

As águas superficiais da bacia do rio Jacutinga merecem atenção quanto à presença de Coliformes Totais e Termotolerantes, pois a presença significativa desses organismos evidencia a necessidade de tratamentos mais complexos, como condição para a utilização desse manancial no abastecimento público. Todas as amostras apresentaram graus preocupantes de Coliformes Totais e Termotolerantes.

Esses resultados indicam a necessidade de uma melhor avaliação das condições sanitárias da bacia hidrográfica, e a identificação de possíveis fontes de poluição, bem como seu controle e monitoramento.

8.4 INDICADORES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA BACIA DO RIO JACUTINGA

O Índice de Qualidade de Água foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos, em 1970, com o objetivo de desenvolver um indicador que pudesse fornecer informações objetivas da qualidade da água de um corpo hídrico ao público em geral.

Noves parâmetros foram definidos para compor esse indicador, e a cada parâmetro foi atribuído um peso de acordo com sua importância relativa no cálculo da qualidade da água (IQA), conforme Tabela 06.

Parâmetros de Qualidade da água	Identificador	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido	OD	0,17
Coliformes Termotolerantes	ColiTerm	0,15
Potencial Hidrogeniônico	pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	DBO _{5,20}	0,10
Fosfato Total	FT	0,10
Temperatura da água	DifT	0,10
Nitrogênio Total	NT	0,10
Turbidez	Turb	0,08
Sólidos Totais	ST	0,08

Tabela 06: Parâmetros e pesos relativos do IQA (NSF).

Fonte: http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx#_ftn3 < acesso em 15/06/2013

O cálculo do IQA é feito por meio do produto ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

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

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número variando entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

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

sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

Os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre 0 e 100 (Tabela 07).

NSF (IGAM-MG)		CETESB	
Excelente	90 < IQA ≤ 100	Ótima	80 ≤ IQA ≤ 100
Bom	70 < IQA ≤ 90	Boa	52 ≤ IQA < 80
Médio	50 < IQA ≤ 70	Aceitável	37 ≤ IQA < 52
Ruim	25 < IQA ≤ 50	Ruim	20 ≤ IQA < 37
Muito Ruim	0 < IQA ≤ 25	Péssima	0 ≤ IQA < 20

Tabela 07: Valores/Faixas de Qualidade para águas superficiais – IQA.

Fonte: ANA, 2004 < Disponível em <http://pnqa.ana.gov.br/> < acesso em 15/06/2013

8.4.1. O IQA da bacia do rio Jacutinga

As características físicas, químicas e biológicas da água definem um valor médio de IQA = 42 para o rio Jacutinga. Na classificação da CETESB, esse corpo hídrico receberia classificação *aceitável* como manancial de abastecimento público, porém, na classificação da *National Sanitation Foundation* (NSF) adotada neste estudo, recebe classificação *ruim* (Figuras 69 e 70).

Organizados por parâmetro, observa-se que os índices mais preocupantes dizem respeito à presença de Coliformes, cujos valores de IQA ficam próximos de zero, com classificação *muito ruim* (NSF).

Os parâmetros de Fósforo Total, DBO e Oxigênio Dissolvido também apresentaram-se críticos, conforme pode ser visto nas figuras 65 e 67, ultrapassando os limites da Resolução 357/2005 para mananciais de abastecimento público.

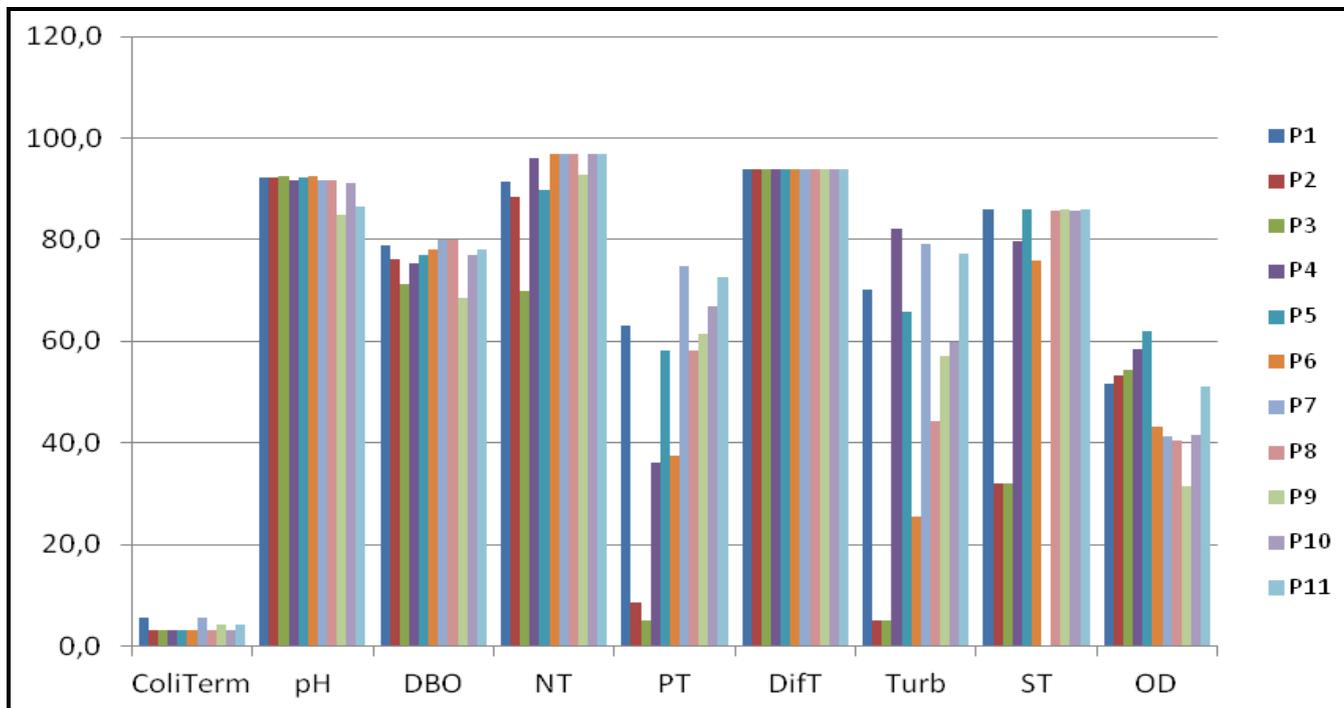


Figura 69: Valores relativos (aferidos a 100%) dos parâmetros constituintes do IQA do rio Jacutinga e afluentes – por parâmetro – dez/2012.

Fonte: Resultados de análises físico-químicas e microbiológicas-dez/2012 Elaboração da autora.

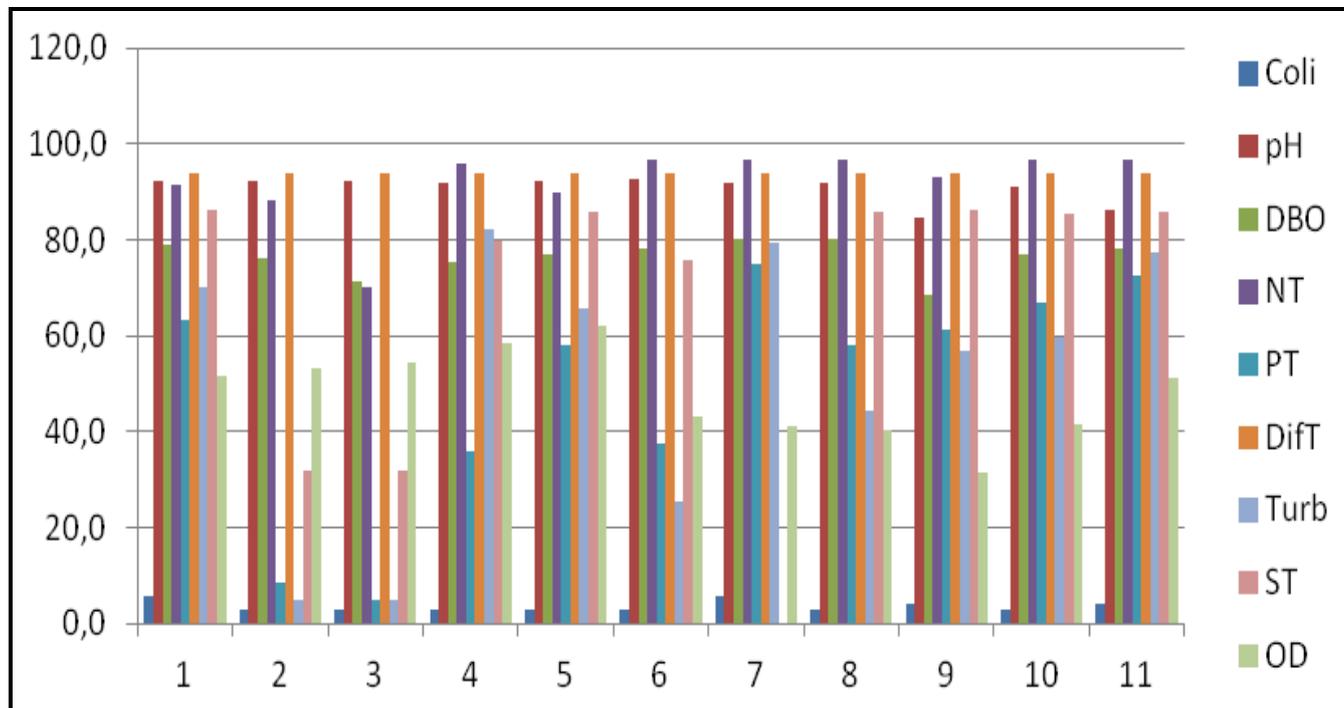


Figura 70: Valores relativos (aferidos a 100%) dos parâmetros constituintes do IQA do rio Jacutinga e afluentes - por amostra - conforme *National Sanitation Foundation* (NSF). (dez/2012).

Fonte: Análises físico-químicas realizadas para este estudo

Avaliados separadamente, cada ponto de coleta de amostra de água superficial apresentou a situação ilustrada nas Figuras 71.1 a 71.11):

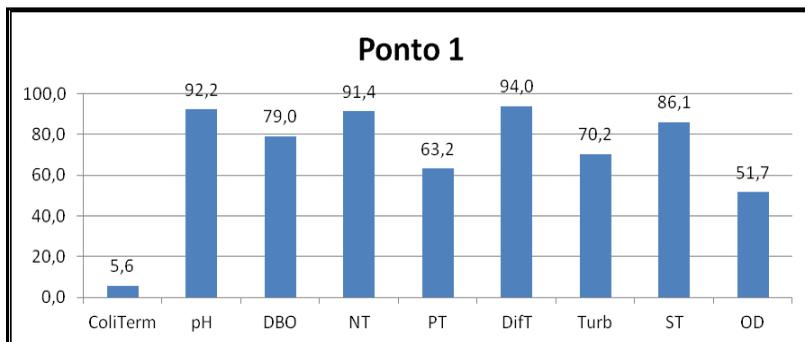


Figura 71.1: IQA para o Ponto 1= 51 = Qualidade Média (NSF)

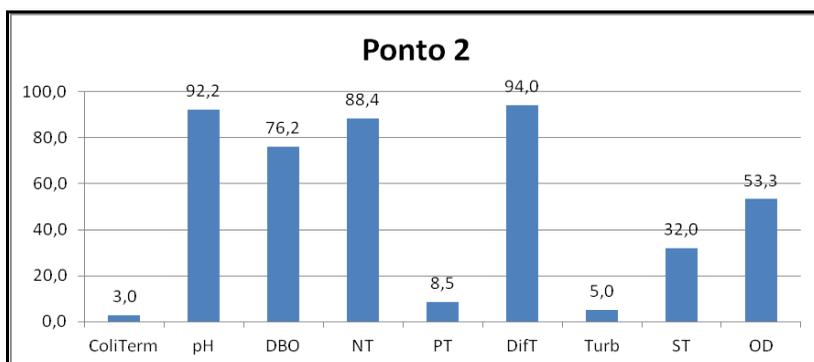


Figura 71.2: IQA para o Ponto 2= 28 = Qualidade Ruim (NSF)

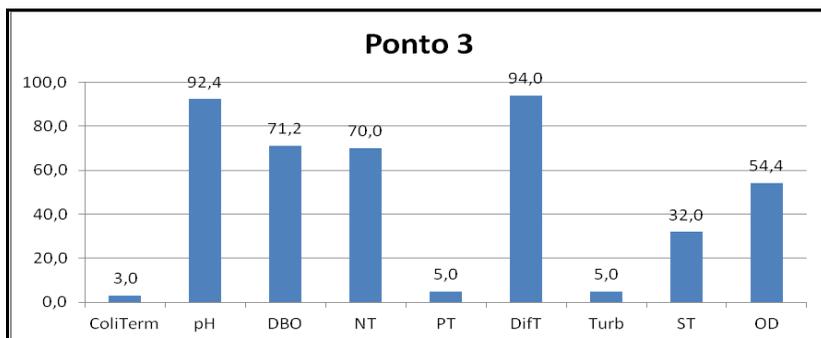


Figura 71.3: IQA para o Ponto 3= 26 = Qualidade Ruim (NSF)

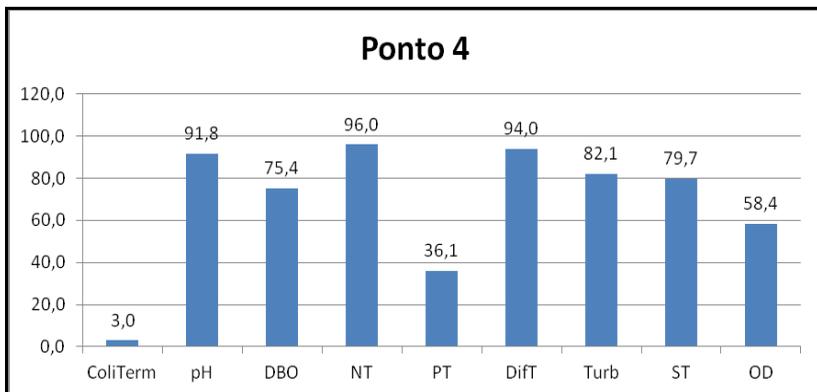


Figura 71.4: IQA para o Ponto 4= 45 = Qualidade Ruim (NSF)

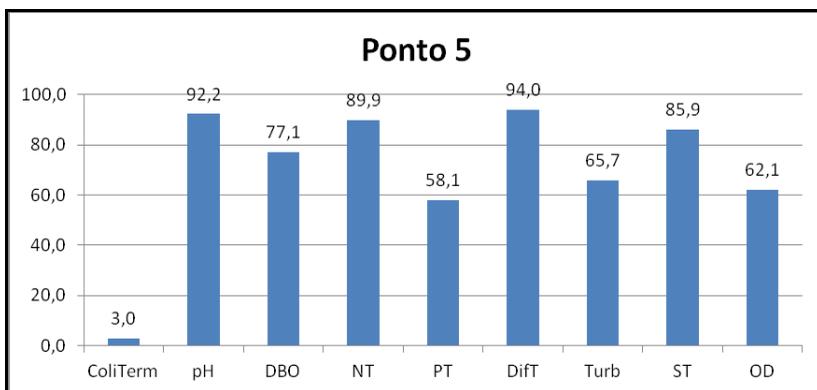


Figura 71.5: IQA para o Ponto 5= 47 = Qualidade Ruim (NSF)

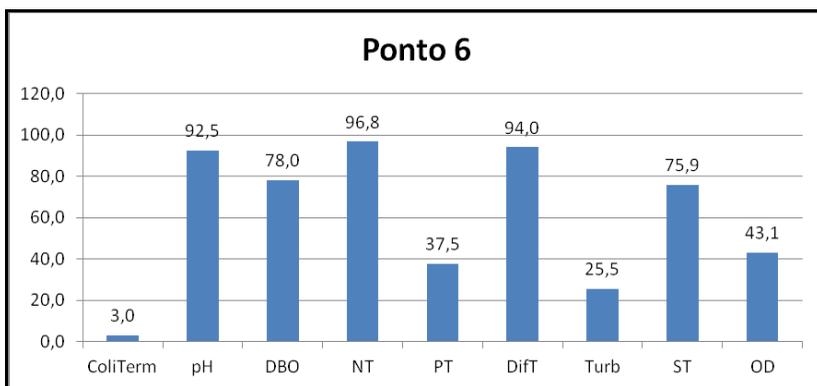


Figura 71.6: IQA para o Ponto 6= 39 = Qualidade Ruim (NSF)

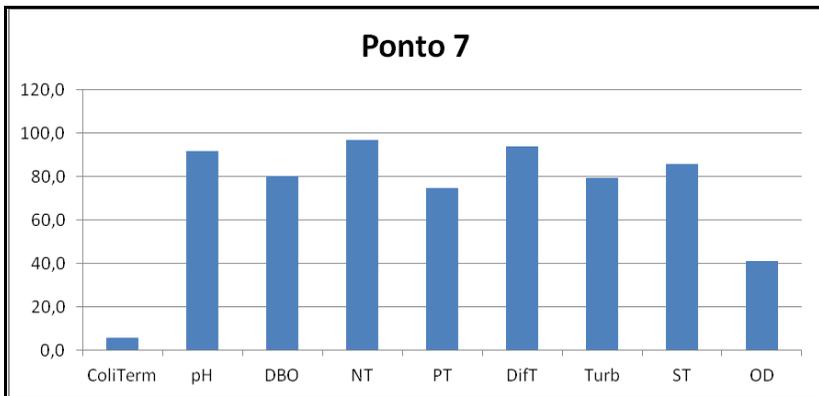


Figura 71.7: IQA para o Ponto 7= 50 = Qualidade Médio (NSF)

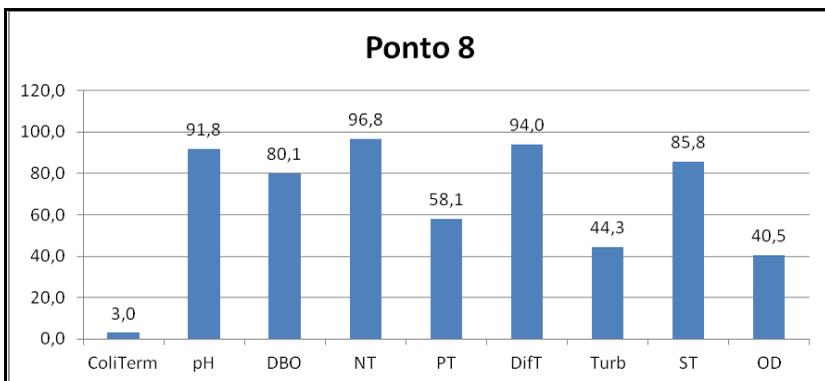


Figura 71.8: IQA para o Ponto 8= 43 = Qualidade Ruim (NSF)

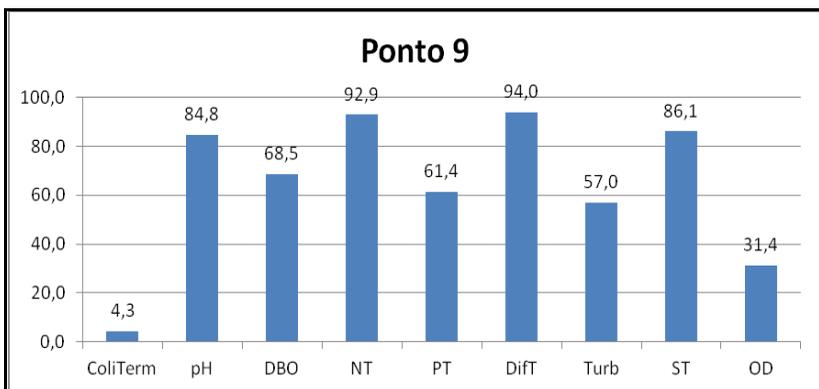


Figura 71.9: IQA para o Ponto 9= 43 = Qualidade Ruim (NSF)

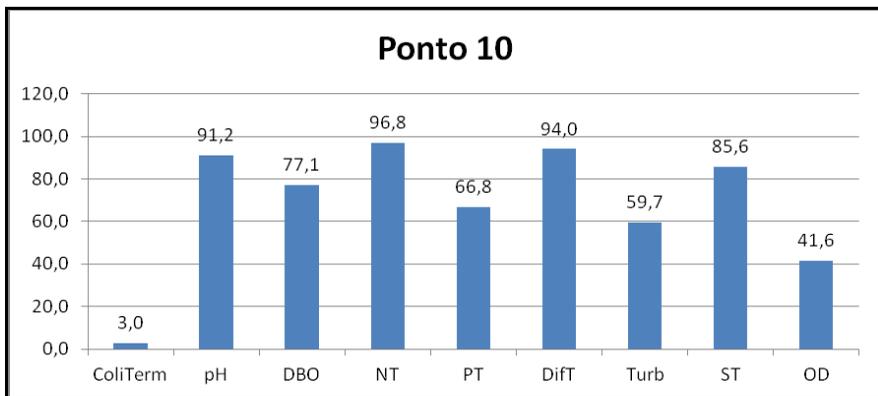


Figura 71.10: IQA para o Ponto 10= 44 = Qualidade Ruim (NSF)

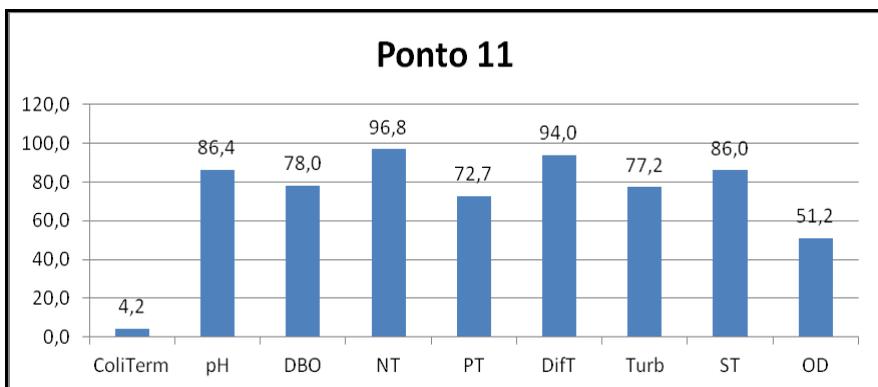


Figura 71.11: IQA para o Ponto 11= 49 = Qualidade Ruim (NSF)

8.4.2 Discussão dos dados sobre as águas superficiais

Os valores de IQA determinados neste estudo para as amostras coletadas no rio Jacutinga e afluentes situam-se entre 26 e 51, com amplo predomínio de indicação de *qualidade ruim* (valores abaixo de 50), exceto nos pontos 1 e 7, respectivamente, próximo à nascente e em área rural distante de fontes de poluição, com IQA 51 e 50 e que podem ser classificados como de *qualidade média*, embora no limiar inferior dessa faixa de qualidade (Figura 72).

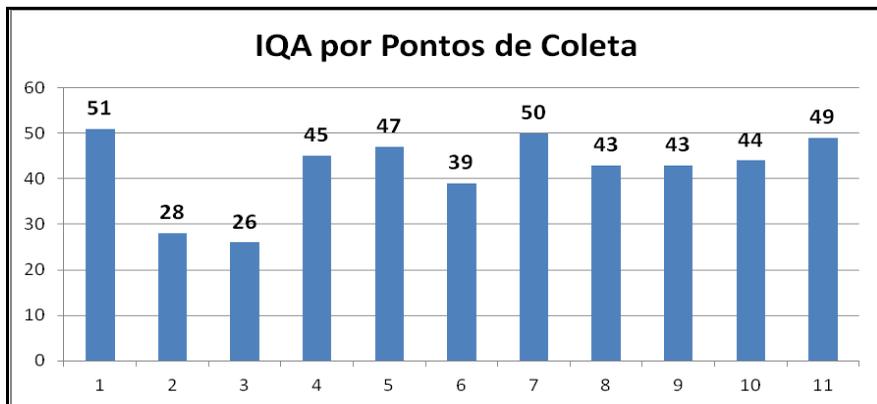


Figura 72: O IQA para o conjunto de pontos amostrados separadamente, alcança uma média para IQA – 42. Segundo a classificação NSF = Qualidade Ruim.

Tais características identificam o rio Jacutinga como rio de classe 4 (CONAMA, 357/2005), com águas destinadas a usos menos exigentes (Quadro 07). Representa a combinação de um conjunto de fatores como: a precariedade no planejamento do uso do solo; ausência de planejamento integrado; o tipo de cobertura vegetal e a ausência desta em áreas onde ela precisa ser preservada; as formas de uso da terra não adequadas às suas características topográficas e de relevo; a criação intensiva de suínos e aves; a inexistência de área útil agricultável para as demandas de dejetos gerados na bacia; a existência de solos descobertos aliada à forte declividade; o despejo de efluentes sem tratamento diretamente nos solos e em corpos d'água; a aplicação de dejetos como fertilizante acima da capacidade do solo e dos cultivares; a presença de plantas industriais (rações, ervateiras, frigoríficos/abatedouros) e de três adensamentos populacionais (Arabutã, Vargem Bonita e Catanduvas).

Segundo Hadlich (2004), o grande problema da criação intensiva de suínos está na carga poluidora gerada, a qual se relaciona diretamente ao aumento da DBO, situação essa evidenciada em seus estudos nos rios de Braço do Norte/SC na década de 1990. Lopes (2012) também atribui às atividades pecuárias e agrícolas um significativo potencial de poluição, pela grande quantidade de dejetos que geram, e pelo emprego de agrotóxicos e fertilizantes na cadeia produtiva.

Um corpo hídrico utilizado como manancial de abastecimento público requer medidas de preservação da qualidade de suas águas. Muitos dos parâmetros analisados para as águas superficiais do rio Jacutinga são preocupantes. O Oxigênio Dissolvido, especialmente, é

crítico ao longo de toda a extensão do rio, além de Fósforo Total também acima do limite para manancial de abastecimento público (CONAMA 357/2005) em 91% das amostras. E os índices de DBO em sua totalidade excedem os limites para rios de classe 2 e duas amostras excedem também os limites para classe 3.

Em todas as amostras de águas superficiais foi detectada a presença de *Coliformes Totais* e *Termotolerantes* (Figura 66).

Mesmo considerando a declividade acentuada entre os pontos 00 e 02 (615 metros), que pode ser determinante no aporte de sedimentos ao corpo hídrico, também poderia contribuir para o aporte de oxigênio e isso não se verificou nas análises em laboratório. As observações a campo indicaram a presença de efluentes pecuários recentes nos pontos 02 e 03, situação que aparece como agravante para os teores de turbidez, fósforo e nitrogênio nestas amostras, além de significativo no consumo de oxigênio (DBO e DQO).

A pluviosidade no final do dia da coleta de amostras chegou a 21 mm, com nenhuma pluviosidade nos dois dias que a antecederam. Durante a coleta presenciou-se apenas chuviscos, oferecendo plenas condições para a coleta. Chuva efetivamente aconteceu apenas no final do dia, praticamente após o término dos trabalhos em campo. No entanto, ao que pode ser observado nos pontos 02 e 03, é possível que tenha havido chuvas nas proximidades da nascente antes da coleta dessas amostras (Figuras 56 e 57).

Considerando-se apenas o ano de 2012, teria-se um total de 25 dias com pluviosidade superior a 20 mm, condição do final do dia da coleta de amostras no manancial em estudo, o qual em decorrência disso, apresentou características impróprias para uso no abastecimento público. Equivale a dizer que ao menos durante 01 mês por ano as águas superficiais do rio Jacutinga apresentam restrições severas para o abastecimento, se submetidas apenas ao tratamento convencional. Eventualmente tal situação pode ocorrer em eventos de pluviosidade inferiores a 20 mm, visto que a coleta aconteceu antes da ocorrência das chuvas deste dia.

Na bacia do rio Jacutinga, embora se observe a presença significativa de vegetação (Figura 73), é importante considerar a topografia como facilitadora na lixiviação de efluentes e sedimentos para os corpos hídricos.

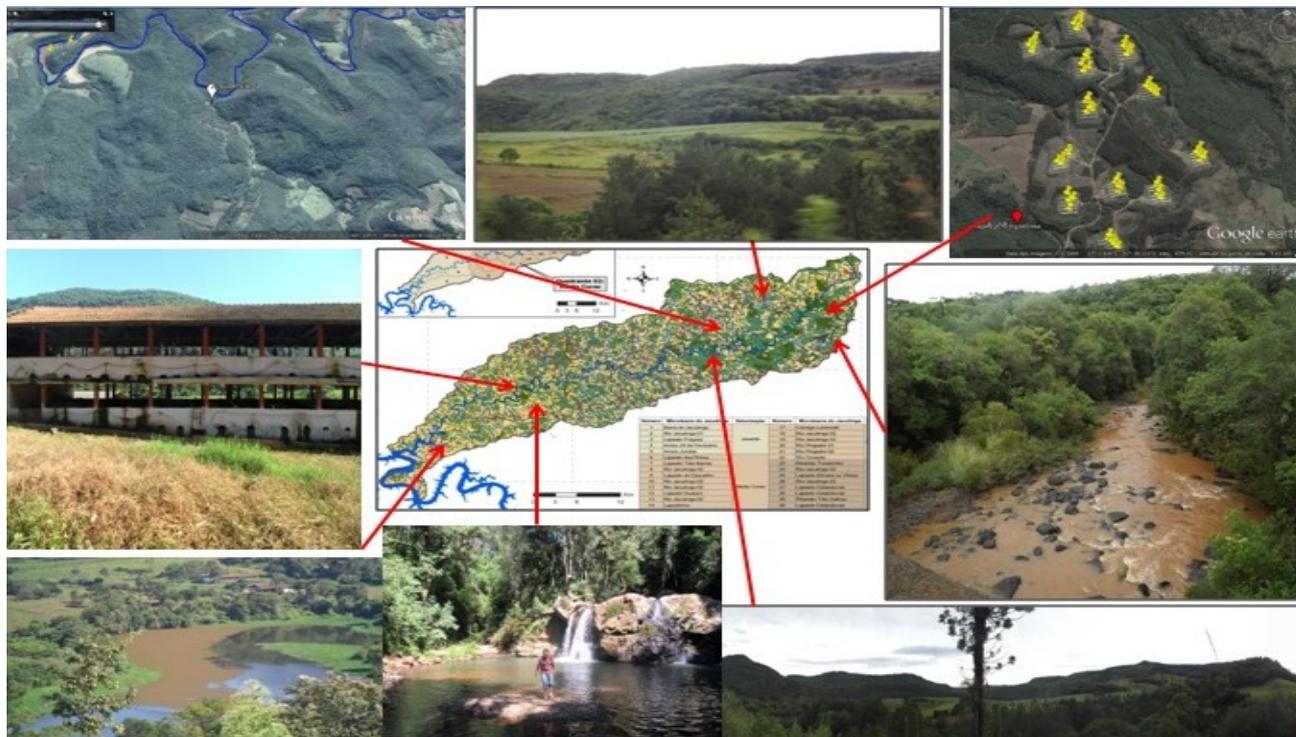


Figura 73: Imagens da bacia do rio Jacutinga, 2011-2012.
 Fonte: Acervo pessoal da autora.

A condição de baixa qualidade das águas superficiais contribuiu para que os usuários da água recorressem cada vez mais à extração de águas subterrâneas para suprir as suas necessidades de abastecimento.

A construção de poços profundos, porém, nem sempre considera as exigências da legislação quanto aos aspectos construtivos, e a necessidade de outorga, resultando em riscos crescentes de contaminação das reservas hídricas subterrâneas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão responsável pela normatização técnica no país, aprovou e publicou Normas Brasileiras que contemplam os padrões para a construção de poços tubulares profundos, mas o que se observa na prática é, via de regra, a não conformidade das construções em relação às NBRs do setor.

As extrações desmedidas dos corpos de água e a contaminação são os dois grandes problemas que têm ocupado as atenções dos governos nas últimas décadas (HIRATA, 2008). Os aspectos construtivos parecem ser o desafio que nos acompanhará por muito tempo ainda, pois implica em corrigir construções que colocam em risco a qualidade das águas, além de evitar que novas construções repitam os mesmos equívocos em relação aos aspectos construtivos desses empreendimentos, de modo a evitar e/ou minimizar vulnerabilidades.

Segundo Scheibe *et al.* (2012), a vulnerabilidade à contaminação é distinta de risco de poluição. Este último depende não só da vulnerabilidade, mas também da existência de cargas poluentes significativas que possam se infiltrar no ambiente subterrâneo. Assim, é possível existir um aquífero com um alto índice de vulnerabilidade, mas sem risco de poluição, caso não haja carga poluente (como no caso das áreas de florestas nativas), ou de haver um elevado risco de poluição apesar do índice de vulnerabilidade ser baixo (em presença de esgotos urbanos, monoculturas convencionais, efluentes industriais e dejetos suínos não tratados).

Por esta razão, é necessária a determinação das diferentes coberturas e usos da terra, no intuito de melhor entender os possíveis riscos de poluição dos recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos. Como se pode observar neste estudo, a bacia do rio Jacutinga, embora localizada em formação basáltica aparentemente pouco vulnerável à contaminação, é densamente ocupada por empreendimentos altamente poluidores de solos, ar e água, e a vulnerabilidade ganha relevância em decorrência dos usos da terra (pecuária intensiva, despejos urbanos e industriais, solos desprotegidos), situação que ganha relevância pela declividade do relevo que facilita o

escoamento superficial, e pela densidade de lineamentos, fraturas e falhas em sua litologia (FREITAS *et al.*, 2003; NANNI, 2008; LOPES, 2002). No caso dos poços profundos, a ausência da área de isolamento e proteção coerente com o padrão NBR (APÊNDICE E), constitui um agravante para o risco de contaminação.

Nestas circunstâncias, vale lembrar o “*princípio da precaução*” presente na legislação brasileira, uma vez que alguns poluentes resultam bastante nocivos à saúde da população.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sujeito pode ser o que age ou o que se submete

Carlos Walter Porto Gonçalves

A qualidade da água é conseqüência direta da compreensão humana a respeito da complexidade ambiental. Ou seja, é resultado da qualidade das intervenções humanas no espaço que habita.

Alguns estudos hidrológicos têm proposto o gerenciamento dos aquíferos e a criação de redes de monitoramento para caracterizar a qualidade natural dessas águas, de forma a diagnosticar os efeitos antrópicos, e garantir sua efetiva proteção. Tais estudos, além de proporcionar o conhecimento da situação, permitem subsidiar uma visão sistêmica na gestão do território, com vistas à adoção de ações compatíveis com a sustentabilidade.

Segundo a Resolução N^o 15/2001 do CNRH, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos deve orientar os municípios na proteção das áreas de recarga dos aquíferos. A Resolução do CNRH N^o 22/2002, no entanto, indica para a necessidade de se estimar as fontes pontuais e difusas de poluição, avaliar os usos do solo, identificar a vulnerabilidade e os riscos de degradação junto ao zoneamento territorial, propondo inclusive, a criação de áreas de uso restritivo com vistas à preservação de mananciais. Mas é a produção e divulgação de informações, e a ação da sociedade civil organizada por meio dos Comitês de Bacias Hidrográficas, que poderá possibilitar uma tomada de decisão eficaz e estratégica na gestão dos recursos hídricos.

Nessa perspectiva, a água de qualidade, enquanto direito garantido pela legislação (CF, 1988; LEI N^o. 9433/1997), implica na necessidade de uma gestão integrada dos recursos hídricos e ambientais, uma vez que a saúde da população é resultado direto dessa opção. Assim, qualidade e sustentabilidade ambiental constituem resultados de uma gestão integrada e eficaz do território, no âmbito das bacias hidrográficas, como uma primeira aproximação para a consideração da complexidade dos sistemas vivos aí existentes.

Segundo Ribeiro (2008), tanto as doenças quanto a produção de alimentos têm relação direta com a qualidade dos recursos hídricos e ambientais. Condições sanitárias inadequadas ou o uso de água contaminada podem interferir na produção e na qualidade dos alimentos, e por conseqüência, na saúde da população.

Assim, a escassez de água potável constitui um grave problema de saúde pública, acarretando o adoecimento da população e a crescente degradação da qualidade de vida.

A presença de tantos poluentes na natureza representa na verdade, uma exposição deliberada das populações a inúmeros riscos, alguns deles com efeitos sinérgicos e imprevisíveis. Mas a percepção, de quão danosos são os sistemas intensivos de produção de animais em confinamento ainda é incipiente, e assim, desconsideram-se os prejuízos resultantes dessas formas de uso do território.

Nesta perspectiva ainda, há que se ampliar o conhecimento e a compreensão dos danos causados pelo uso inadequado dos recursos ambientais, e pelas importantes funções destes na manutenção dos sistemas vivos, da biodiversidade e da sustentabilidade ambiental.

O bom uso da terra constitui, portanto, condição primeira para a manutenção da vida. O plantio de culturas incompatíveis com a disponibilidade hídrica e a topografia da região é fator agravante da degradação da água (RIBEIRO, 2008). Da mesma forma que a criação intensiva de animais resulta numa carga de poluentes que extrapolam a capacidade ambiental de assimilação ou de remediação.

Em 13% das amostras de água subterrânea da bacia do rio Jacutinga avaliadas, foi detectada a presença de coliformes totais e termotolerantes. Este é um indicativo bastante importante de infiltração de fluidos da superfície, indicando para a importância da proteção sanitária e do cumprimento das normas de construção e manutenção dos poços tubulares. Merece atenção também na construção, a adoção de mecanismos (torneira), que viabilizem as coletas periódicas para monitoramento da qualidade da água. Observou-se que alguns poços com mais de 10 anos de construção, encontram-se enferrujados e o acesso à amostra de água foi bastante difícil. Outros, após a coleta foi necessário fazer a substituição de peças de manutenção. Encontrou-se poços com elevada turbidez, indicando para uma vedação inadequada e possível infiltração de superfície, ou ainda, conectividade por meio de fraturas com fontes de poluição. Essas situações precisam ser monitoradas e solucionadas com urgência.

Identificou-se teores elevados de ferro e manganês, os quais indicam para a necessidade de monitoramento da qualidade, com vistas a minimizar os riscos à saúde humana, e/ou restringir o uso dessas alternativas no abastecimento público.

Considera-se que o relevo forte ondulado da região facilita o escoamento superficial, e que o tipo de cobertura do solo é determinante

para mudar essa condição, pois é importante que se considere a necessidade de viabilizar a infiltração, com vistas a promover a recarga direta e a sustentabilidade dos recursos hídricos subterrâneos. Ou seja, a bacia hidrográfica deve ser vista como *bacia de captação de água* e não como bacia de drenagem apenas, pois é a eficiência da captação que vai promover a recarga dos reservatórios subterrâneos. Nesta perspectiva, o manejo adequado do uso do solo e dos recursos florestais é de grande relevância, com vistas a não comprometer a qualidade da água de infiltração.

Em virtude da crescente demanda por água subterrânea, o monitoramento quali-quantitativo destas é pré-requisito para a gestão ambiental, bem como ao adequado planejamento do uso dos solos, além de subsidiar as políticas de planejamento e de saúde pública.

Em conformidade com o que propõe o Plano Nacional de Águas Subterrâneas (BRASIL/MMA, 2009), a capacitação, a comunicação e a mobilização social constituem aspectos estratégicos no desenvolvimento do Programa Nacional de Recursos Hídricos, e condição para a gestão integrada das águas.

A qualidade das águas para o abastecimento público precisa ser adequadamente monitorada, pois dela depende a qualidade de vida e saúde da população. Qualquer mudança nas relações humanas para com a natureza precisa considerar a gestão integrada do território e dos recursos naturais, como possibilidade para a melhoria da qualidade dos recursos hídricos.

Dos problemas evidenciados na área de abrangência da bacia do rio Jacutinga e suas bacias contíguas, merecem atenção a exploração de águas subterrâneas, e a contaminação dos corpos hídricos superficiais. O volume de exploração pode iniciar um processo de rebaixamento do nível potenciométrico, redução do volume de água que abastece os rios, a falta de água em nascentes e poços profundos, e o esgotamento de reservatórios. O risco de contaminação desses empreendimentos relaciona-se especialmente a problemas construtivos, poços abandonados sem a adequada vedação, utilização de poços improdutivos como sumidouro de resíduos, e a destinação inadequada de resíduos e efluentes de diversas naturezas.

Diante disso, precisa-se atribuir relevância à necessidade de se ampliar a produção de conhecimentos e sua socialização, como condição para o envolvimento responsável da sociedade nas políticas de governança da água.

Para Goldsmith *et al.*(1972 *apud* BELLEN, 2006), uma sociedade pode ser considerada sustentável quando todos os seus propósitos e intenções podem ser atendidos indefinidamente, fornecendo satisfação ótima para seus membros. Pronk e ul Haq (1992, *apud* BELLEN, 2006) por sua vez destacam o papel do crescimento econômico na sustentabilidade, o qual precisa trazer justiça e oportunidades para todos os seres humanos do planeta, sem destruir os recursos naturais finitos, e sem ultrapassar a capacidade de carga dos sistemas.

Os custos sociais, em termos de despesas suplementares relacionadas com a saúde e, além disso, em termos de trabalho perdido, por acamamento dos doentes e por redução de sua capacidade produtiva, são extremamente elevados. A fome, a miséria e a doença são três vertentes da degradação humana, nas zonas menos desenvolvidas do globo. E a água desempenha aí, como em tudo o mais, o seu papel de elemento simultaneamente indispensável à vida, mas também de vetor de malefícios, que só uma solidariedade global poderá começar a resolver (MENDES e OLIVEIRA, 2004).

As ameaças sobre a sustentabilidade de um sistema passam a requerer atenção mais urgente à medida que o sistema ambiental não é mais capaz de responder adequadamente à carga que recebe. Daí a necessidade de se desenvolver indicadores que forneçam informações e permitam alternativas de solução. Porém, a capacidade para perceber soluções óbvias, inovar e interagir de forma propositiva diante das mudanças, pode fazer a diferença na sustentabilidade dos sistemas.

Os indicadores que considerou-se relevante na análise das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Jacutinga foram, em nosso entender, relacionados aos aspectos construtivos e de manutenção dos poços. Especialmente relevante também é o abandono de poços sem a adequada vedação, à precariedade e à falta de regularidade no monitoramento da qualidade físico-química e microbiológica do conjunto de empreendimentos aí existentes, a ausência de manejo estratégico do uso da terra e à pecuária intensiva. E para as águas superficiais, mostra-se extremamente relevante a conservação dos ecossistemas ripários. A ausência desses ecossistemas, ao qual somam-se a declividade acentuada do relevo, a pecuária intensiva e as formas de uso da terra, constituem agravantes no aporte de poluentes e sedimentos aos corpos hídricos. Esse aporte significativo de sedimentos e poluentes implicam na adoção de tratamentos mais sofisticados para a potabilização, monitoramento criterioso e, conseqüentemente, maior aporte de recursos para o fornecimento público de água de qualidade.

Entre os desafios da gestão integrada da água enquanto recurso ambiental, está a melhoria da sua qualidade. E a melhoria da qualidade da água está relacionada à capacidade de se perceber que existem fatores ambientais determinantes para que essa condição seja operacionalizada. É preciso olhar além da água. É necessário gerir de forma integrada o uso da terra e da vegetação, além de planejar estrategicamente as intervenções humanas no território, bem como a instalação dos empreendimentos econômicos, de forma que não interfiram negativamente nas dinâmicas da natureza.

É preocupante a situação de não conhecer suficientemente qual é a qualidade de água mais favorável ao bem-estar humano. Também o é, identificar poços com água em desconformidade com os padrões de potabilidade, e saber que a população utiliza as águas subterrâneas com a convicção que elas são sempre de boa qualidade. Fica então a dúvida sobre os efeitos disso na saúde, e seus custos sociais.

Da mesma forma, as características qualitativas das águas superficiais sugerem uma boa reflexão, pelo volume de parâmetros em condições de não-conformidade para mananciais adequados ao abastecimento público.

Embora as amostras analisadas talvez não representem adequadamente a quantidade de poços existentes na bacia e a sua rede hidrográfica, indicam a importância em aperfeiçoar o monitoramento e a necessidade de novas pesquisas.

E concluí-se atribuindo aos processos educativos um grande potencial de ação na promoção de novos comportamentos, tanto no sentido de agregar relevância aos processos de planejamento e gestão ambiental, como na perspectiva de garantir plenas condições de qualidade de vida, sustentabilidade e cidadania.

GLOSSÁRIO

Água potável: Aquela cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade, e não ofereça riscos à saúde (DEC. 5.440/2005; PORTARIA N° 2.914/2011).

Águas subterrâneas: Águas que ocorrem natural ou artificialmente no subsolo (CONAMA N° 396/2008).

Águas superficiais: Aquelas que escoam ou acumulam na superfície do solo, armazenada em corpos hídricos, paredes rochosas, represas ou barragens, e cuja composição assume as características do local onde se alojam.

Aquífero: Corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços. Reservatório de águas subterrâneas, unidades rochosas ou de sedimentos, porosas e permeáveis, que armazenam e transmitem volumes significativos de água subterrânea passível de ser explorada pela sociedade (CONAMA N° 396/2008; TEIXEIRA *et al.*, 2008).

Área de Perigo Permanente: Área de margem de rios e córregos (ripária), que necessita ter a cobertura vegetal preservada em virtude das suas funções ambientais, e dos riscos que representa quando tem sua vegetação suprimida, ou é ocupada de forma inadequada.

Bacia hidrográfica: área geográfica de contribuição de um determinado curso d'água (LEI 10.949/1998).

Conservação: uso sensato e apropriado dos recursos naturais, feito especialmente em benefício da humanidade, contra o uso excessivo, intensivo, perdulário e destrutivo.

Desenvolvimento: Processo ligado ao progresso e a evolução. Implica em ser alicerçado no envolvimento coletivo para a construção de sociedades cidadãs. Precisa compreender as dimensões ambientais, econômicas e sociais, com vistas a assegurar condições promotoras do bem-estar coletivo. O desenvolvimento é essencialmente resultado.

Dialética: Procedimento racional alicerçado no diálogo e no respeito à diversidade de idéias, mediatizado pela arte da discussão que anseia o entendimento.

Qualidade: Propriedade, atributo ou condição capaz de distinguir, determinar, avaliar, aprovar, aceitar ou recusar qualquer coisa, com base numa escala de valores relacionados à percepção sensorial de bem-estar.

Região hidrográfica: um conjunto de bacias hidrográficas que apresentem características físicas e hidrológicas semelhantes (LEI 10.949/1998).

Risco de poluição dos aquíferos: depende da vulnerabilidade natural do aquífero, pela presença de fraturas e lineamentos, e da existência de cargas poluentes significativas que possam infiltrar no ambiente subterrâneo.

Território: Sentido antropológico, cultural, político, jurídico ou biológico, que configura a forma, a estrutura, a organização, o funcionamento e as relações de um grupo social com o espaço que habita. Campo de forças interdependentes (SANTOS, 2008b).

Vulnerabilidade: Severidade das consequências de uma carga poluente. A dimensão das consequências é avaliada em função da deterioração da qualidade da água, independentemente do aquífero ser usado, ou não ser usado para abastecimento público ou para qualquer outro fim. É o grau de suscetibilidade a uma fonte de poluição tópica ou difusa (RIBEIRO, 2004).

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de Filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12244**: Construção de poço tubular profundo para captação de água subterrânea. Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.pocos.php>> Acesso em 07/04/2011.

ACCS. Associação Catarinense de Criadores de Suínos. **Relatório Anual 2009**. Disponível em <<http://www.accs.org.br>> Acesso em 07/09/2011.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Caderno de Recursos Hídricos 5: Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil e Panorama da qualidade das águas subterrâneas**. Brasília: ANA, 2007.

ANA. Agência Nacional de Águas. **IQA**. 2004. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/>> Acesso em 15/06/2013.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**. Brasília/DF, 2005. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/>> Acesso em 12/01/ 2009.

ANA. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: ANA/SPRH, 2005.

ANASTASIOU, Léa. G. C.; ALVES, L. P. **Processos de ensinagem na universidade**: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. 5^a ed. Joinville: Univille, 2005.

ANDREAZZINI, Maria Jimena; FIGUEIREDO, Bernardino R; LICHT, Otávio A. B. **Geoquímica do Flúor em Águas e Sedimentos Fluviais da Região de Cerro Azul, Estado do Paraná**: Definição de Áreas de Risco para Consumo Humano. Unicamp/Mineropar, 2005. Disponível em: <www.bibliotecadigital.unicamp.br> Acesso em 14/04/2012.

ARENDT, Hannah. **A condição humana**. São Paulo: Forense Univ., 1981.

BARBOSA, Francisco (org.). **Ângulos da água**: desafios da integração. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

BELLEN, Hans Michael van. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2^a ed., Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e Geografia Física Global**: esboço metodológico. RA'E GA, n. 8, p. 141-152, Curitiba: Editora UFPR, 2004.

BONGRAD, Phyllis & WYATT, Gary. **Benefits of riparian forest buffers**. Estados Unidos, University of Minnesota – Extension, 2010. Disponível em: <<http://www.extension.umn.edu/distribution/naturalresources/M1283.html>> Acesso em 18/12/2012.

BONGRAD, Phyllis & WYATT, Gary. **Establishing and Managing Riparian Forest Buffers**. Estados Unidos, University Minnesota Extension, 2005. <<http://extension.missouri.edu/p/AF1009>> Acesso em 18/12/2012.

BRANCO, Samuel Murgel. **Ecossistêmica**: uma abordagem integrada dos problemas do meio ambiente. São Paulo: Blucher, 1999.

BRASIL/CASA CIVIL. **Código de Águas de 1934**. Decreto Nº 24.643, de 10 de Julho de 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/> Acesso em 08/10/2011.

BRASIL/CASA CIVIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: texto constitucional promulgado em 05/10/1988. Brasília: Casa Civil, 2008.

BRASIL/CASA CIVIL. **Decreto Nº 4.613, de 11 de março de 2003**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/> Acesso em 10/09/2011.

BRASIL/CASA CIVIL. **Decreto Nº 5.440, de 4 de maio de 2005**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5440.htm> Acesso em 18/09/2010.

BRASIL/CASA CIVIL. **Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 - Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/>> Acesso em 07/12/2012.

BRASIL/CASA CIVIL. **Lei Nº 4.771 de 15 de setembro de 1965**. Brasília, 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm> Acesso em 03/01/2009.

BRASIL/CASA CIVIL. **Lei Nº 7.754, de 14 de abril de 1989**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/> Acesso em 23/10/2010.

BRASIL/CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 17 de 29 de maio de 2001**. Disponível em: <http://www.cbh.gov.br/legislacao/20010529_CNRHRes017.pdf> Acessado em 17/9/2011.

BRASIL/CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 39 de 26 de março de 2004**. Disponível em: <<http://www.cnrh.gov.br/>> Acesso em 11/09/2011

BRASIL/CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 05 de 10 de abril de 2000**. Estabelece as diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacia Hidrográfica. Disponível em: <<http://www.cnrh.srh.gov.br/>> Acesso em 26/01/2009.

BRASIL/CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 107 de 13 de abril de 2010**. Disponível em: <<http://www.abas.org/arquivos/>> Acesso em 04/07/2010.

BRASIL/CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 15, de 11 de janeiro de 2001**. Estabelecendo diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas. Disponível em: <<http://www.cnrh-srh.gov.br/>> Acesso em 27/01/2009.

BRASIL/CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 16, de 08 de maio de 2001**. Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos. Disponível em: <<http://www.cnrh.srh.gov.br/>> Acesso em 26/01/2009.

BRASIL/CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 22, de 24 de maio de 2002**. Estabelece diretrizes para a inserção das águas subterrâneas no Plano de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.cnrhsrh.gov.br/>> Acesso em 27/01/2009.

BRASIL/CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº 91, de 05 de novembro de 2008**. Enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos. Disponível em: <<http://www.cnrh-srh.gov.br/>> Acesso em 26/01/2009.

BRASIL/MEC. Ministério da Educação. **Política nacional de educação ambiental**. Lei Nº. 9.795/99. Brasília, 2006.

BRASIL/MEC. Ministério da Educação. **Tratado de educação ambiental para sociedades sustentáveis e responsabilidade global**. Paraná: L3 Comunicação, 2006. (Documentos Planetários).

BRASIL/MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Águas subterrâneas**: Programa de Águas Subterrâneas. Brasília: MMA, 2001.

BRASIL/MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: Programa Nacional de Águas Subterrâneas. Brasília: MMA, 2009.

BRASIL/MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Recursos Hídricos**: Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>> Acesso em 30/10/2010.

BRASIL/MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Nº 91 de 05 de novembro de 2008**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/>> Acesso em 31/10/2010.

BRASIL/MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Nº 98 de 26 de março de 2009**. Disponível em: <<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>> Acesso em 15/06/2009.

BRASIL/MMA. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Diretrizes: Volume 3. Brasília: MMA, 2006b.

BRASIL/MMA. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Conjunto de normas legais**: recursos hídricos. 6ª ed., Brasília: MMA, 2008.

BRASIL/MMA. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**: Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Volume I. Brasília: MMA, 2006. Disponível em: <<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>> Acesso em 15/06/2009.

BRASIL/MME. Ministério das Minas e Energia. **Código de Águas**. vol. I, Brasília: MME, 1980.

BRASIL/MS. Ministério da Saúde. **Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: <<http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/>> Acesso em 14/02/2012.

BRASIL/PNMA. Política Nacional do Meio Ambiente. **Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>> Acesso em 09/10/2010.

BRASIL/PNRH. Política Nacional De Recursos Hídricos. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Brasília, 1997. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>> Acesso em 02/01/2009.

BRASIL/PNSB. Política Nacional de Saneamento Básico. **Lei Nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/> Acesso em 10/10/2012

BRASIL/SF. Senado Federal. **Código Penal de 1890**. Decreto N° 847 de 11 de outubro de 1890. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/>> Acesso em 11/11/2012.

BRUNET, Roger. **Le croquis de La géographie régionale et économique**. Paris: SEDES, 1962.

BUSS, M. D.; FURTADO, S. M. de A. **Entrevista com o professor Georges Bertrand**. Geosul. Florianópolis: 13 (26): 144-160; julho-dezembro; 1998.

CALLONI, Humberto. **Os sentidos da interdisciplinaridade**. Pelotas: Seiva, 2006.

CAMÕES, Maria Filomena. **A água do mar tem tudo**. Folhas de Química 56, Jun., Lisboa: CECUL, 2006. Disponível em: <<http://www.spq.pt/boletim/docs/>> Acesso em 21/02/2013.

CAMPOS, J. N.; NETO, J. F. V.; MARTINS, E. S. Vulnerabilidade de sistemas hídricos: um estudo de caso. *In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH*, v. 2, n° 1, 1997.

CASTRO, J. **Geografia da fome**. Rio de Janeiro: Civ. Brasileira, 2003.

CETESB. **Índices de Qualidade das Águas**. s/d. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>> Acesso em 06/03/2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CLARKE, Robin & KING, Jannet [tradução Anna Maria Quirino]. **O atlas da água**. São Paulo: Publifolha, 2005.

COMASSETTO, Vilmar. Gestão das águas e participação da comunidade. *In: Curso de Extensão* “Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe: Meio ambiente e sociedade. Joaçaba: Unoesc, 2011.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>> Acessado em 12/7/2010.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 396, de 03 de abril de 2008**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>> Acesso em 12/7/2010.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 397 de 03 de**

abril de 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>> Acessado em 12/7/2010.

CONEJO, João Gilberto Lotufo (Coord.). **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil e Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Brasília: ANA, 2007.

CPRM. **Geologia Médica.** Disponível em: < <http://www.cprm.gov.br> > Acesso em 25/01/2010.

CPRM/SIAGAS. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. **Cadastro de poços tubulares profundos.** Disponível em <http://siagas.cprm.gov.br/layout/> Acesso em 07/09/2013.

CRJC - Connecticut River Joint Commissions. **River Banks and Buffers:** Introduction to riparian buffers. Disponível em: <<http://www.crjc.org/riparianbuffers>> Acesso em 20/08/2003.

DEAN, Warren. **A ferro e fogo:** a história e a devastação da mata atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DEBANO, L. F.; SCHMIDT, L. J. Improving southwestern riparian areas through watershed management. Gen. Tech. Rep. RM-182. **US Forest Service.** Fort Collins. CO. 1989.

DEZUANE, J. Chemical Parameters – Inorganics. *In: **Drinking Water Quality***, Second ed, New York: John Wiley & Sons, 1997.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação ambiental:** princípios e práticas. São Paulo: Global, 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, N^o. 46:** solos do Estado de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soluções para a gestão e a difusão de informações.** Brasília, 1972. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/>> Acesso em 14/01/ 2009.

EMBRAPA/CNPS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Mapa de Solos do Estado de Santa Catarina.** 2005. Disponível em: <<http://mapserver.cnps.embrapa.br/>> Acesso em 31/05/2005.

EMBRAPA/CNPS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro

Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009.

EMBRAPA/MAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária /Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de Santa Catarina**. Embrapa Solos/IBGE, 1998.

EPAGRI/CIRAM. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. **Mapa de Solos de Santa Catarina**. Florianópolis: SDS, 2002.

EPAPRI/CIRAM. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. **Mapas digitais de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>> Acesso em 05/02/2013.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência Ltda, 1988.

FILIPINI, Gedalva Terezinha Ribeiro. **A qualidade das águas subterrâneas em Concórdia/SC**. (Relatório de Estágio Curricular Supervisionado Obrigatório – Curso de Engenharia Ambiental). Concórdia: UnC, 2009.

FOSTER, Stephen; HIRATA, Ricardo. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas**: um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 1993.

FOSTER, Stephen; HIRATA, Ricardo; GOMES, Daniel; D'ELIA, Monica; PARIS, Marta. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea**: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Washington, D.C.: Banco Mundial, 2006.

FRANCISCON, Neusa Dalla Líbera. **Avaliação da qualidade microbiológica da água consumida em escolas multisseriadas municipais, no município de Concórdia**. Concórdia: UnC, 1998.

FRAZÃO, Paulo; PERES, Marco A.; CURY, Jaime A. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. **Revista de Saúde Pública**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2011. <Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/>> Acesso em 28/12/2012.

FREITAS, Marcos Alexandre *et al* (Org.). **Diagnóstico dos recursos hídricos**

subterrâneos do Oeste do Estado de Santa Catarina. PROESC. Porto Alegre: CPRM/SDM-SC/SDA-SC/EPAGRI, 2003.

FREITAS, Marcos Alexandre de; ROISENBERG, Ari; CUNHA, Gustavo Garcia da. Caracterização hidrogeoquímica preliminar das fontes termais da região do Alto Rio Uruguai-RS e SC. *In XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica. 9-14 de outubro.* Gramado/RS, 2011.

FRINHANI, Eduarda de Magalhães Dias; AZZOLINI, José Carlos; NIENOV, Fabiano. Qualidade das águas superficiais e subterrâneas na bacia hidrográfica do Rio do Peixe. *In TREVISOL, J. V. e SCHEIBE, L. F. (org). Bacia hidrográfica do Rio do Peixe: natureza e sociedade.* Joaçaba: Unoesc, 2011.

FRY, J. F.; STEINER, F. R.; GREEN, D. M. Riparian evaluation and site assessment in Arizona. **Landscape and Urban Planning.** Amsterdam. v. 28. p. 179 – 199. 1994.

GARCIA, Rolando B. Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos. In: LEFF, Enrique (coord.). **Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo.** México: Siglo Veintiuno Ed., 2000.

GARCIA, T. V.; BEIRITH, B. **Quantificação da contaminação dos rios pela biomassa da suinocultura em Santa Catarina (Região Oeste), estudo da comprovação da poluição dos mananciais de abastecimento público.** 1996. 49f. (Monografia – Esp. em Saúde Pública) – Chapecó: UNOESC, 1996.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de Águas:** disciplina jurídica de águas doces. São Paulo: Atlas, 2001.

GUERRA, Sandra Procel. **Contaminação por nitrato e sua relação com o crescimento urbano no Sistema Aquífero Bauru em Presidente Prudente/SP.** Instituto de Geociências. Univ. de São Paulo, São Paulo, 2011. (Dissertação de Mestrado)

GUIVANT, Júlia; MIRANDA, Cláudio Rocha de (orgs). **Desafios para o desenvolvimento sustentável da suinocultura:** uma abordagem multidisciplinar. Chapecó: Argos, 2004.

HADLICH, Gisele Mara. **Poluição hídrica na bacia do rio Coruja – Braço do Norte/SC e suinocultura: uma perspectiva sistêmica.** Florianópolis: UFSC, 2004, (Tese de Doutorado em Geografia)

HERRMANN, M. L. P. (Org). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina.** Florianópolis: SEA/DGED, 2007.

HIRATA, Ricardo. Recursos Hídricos. *In* TEIXEIRA, W. *et al.* (orgs). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Portaria N° 37-N**. 1992. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/flora/extincao.htm>> Acesso em 25/11/2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Perfil dos municípios brasileiros**: meio ambiente. Brasília: IBGE, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Dados**. 2011. <<http://www.ibge.gov.br/home/cidadesat>> Acesso em 14/01/2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas Topográficas**: Folha Joaçaba – SG.22-V-D-II , Folha Concórdia - SG.22-Y-D-I ; Folha Herciliópolis - SG.22-Y-B-V. 2ª. Ed., 1992. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/>> Acesso em 20/01/2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002a. (CD-ROM).

ICEPA. Instituto Cepa. **Avaliação do valor bruto da produção agropecuária nas microrregiões geográficas de Santa Catarina**. Florianópolis, 2002/2005. Disponível em <http://www.cepa.epagri.sc.gov.br/Dados_do_LAC/> Acesso em 30/09/2010.

IUCN. União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais. **Estratégia Mundial para a Conservação**. São Paulo: CESP, 1984.

KANT, Immanuel [tradução Clélia Aparecida Martins]. **Antropologia de um ponto de vista pragmático**. São Paulo: Iluminuras, 2006.

KARMANN, Ivo. Ciclo da Água: água subterrânea e sua ação geológica. *In* TEIXEIRA, W. *et al.* (orgs). **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

KOBIYAMA, M. **Conceitos de zona ripária e seus aspectos geobiohidrológicos**. Florianópolis: UFSC, 2003.

KOBIYAMA, M. *et al.* **Curso de capacitação em hidrologia e hidrometria para conservação de mananciais**. 2ª ed. Florianópolis: UFSC, 2009.

KOBIYAMA, M. *et al.* Papel da engenharia ambiental para prevenção de desastres naturais: monitoramento e modelagem. *In*: **Encontro Nacional de**

Estudante de Engenharia Ambiental. Anais, p. 2-24, Goiânia: UCG, 2003.

KOBIYAMA, Masato *et al.* (org.). **Aproveitamento da água da chuva.** Curitiba: Organic Trading Editora, 2002.

KUNZ, Airton *et al.* Estação de tratamento de dejetos de suínos (ETDS) como alternativa na redução do impacto ambiental da suinocultura. **Comunicado Técnico 452.** Versão eletrônica. ISSN 0100-8862, dez.2006. Concórdia/SC, 2006. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/> Acesso em 21/11/2012.

LEAL, Elisabth Juchem Machado. Um desafio para o pesquisador: a formulação do problema de pesquisa. **Contrapontos** – Revista de Educação da Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, ano 2, n.5, p.227-235, maio/ago. 2002.

LEFF, Enrique [tradução Sandra Valenzuela]. **Epistemologia ambiental.** 2ª. ed., São Paulo: Cortez, 2002.

LEITE, Marcela Adriana de Souza; LEÃO, Rafael. **Diagnóstico e caracterização da sub-bacia do Rio dos Queimados.** Concórdia: Consórcio Lambari/Comitê do Rio Jacutinga e Contíguos, 2009.

LEITE, Marcela Adriana de Souza; LEÃO, Rafael. Plano Estratégico de Gestão Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga. **Diagnóstico e Prognóstico dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica.** RELATÓRIO FINAL - Comitê do Rio Jacutinga e Contíguos. Concórdia: MPB Engenharia, 2009. Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br>> Acesso em 05/10/2010.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

LIMA, Walter de Paula. **O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais.** São Paulo: Artpress, 1987.

LIMA, Walter de Paula. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas.** São Paulo, Piracicaba: USP, 1982.

LINDNER, Elfride A. **Diagnóstico da suinocultura e avicultura em Santa Catarina.** Florianópolis: FIESC/IEL, 1999. (CD-ROM).

LOPES, Andréa Regina de Brito Costa. **Recursos hídricos e uso da terra na bacia do Rio do Peixe/SC, mapeamento das áreas de vulnerabilidade e risco de contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral.** Florianópolis: UFSC, 2012. (Tese de Doutorado em Geografia).

LOUREIRO, C. F. B. **Sociedade e meio ambiente**: a educação ambiental em debate. São Paulo: Cortez, 2000.

MAGALHÃES JUNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores ambientais e recursos hídricos**: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MANZANO, Marisol. **Documento técnico operacional para coleta, armazenamento e transporte de amostras de águas subterrâneas destinadas à análise química e isotópica “Sistema Aquífero Guarani”**. PSAG, 2009.

MARCHESAN, Jairo. **A água no contexto da suinocultura na sub-bacia do Lajeado dos Fragosos – Concórdia (SC)**. Florianópolis: UFSC, 2007 (Tese de Doutorado em Geografia).

MELIUIJIN, Serafin T. **Dialéctica del desarrollo en la naturaleza inorgánica**. México: Juan Grijalbo, 1963.

MELLO, William Zamboni de; MOTTA, Jandira Souza Thompson. Acidez na chuva. **Revista Ciência Hoje**. 6 (34):40-3, ago.1987.

MENDES, B.; OLIVEIRA, J. E. S. **Qualidade da Água para consumo humano**. Lisboa: Lidel Edições Técnicas Ltda, 2004.

MIRANDA, Cláudio Rocha de. Aspectos ambientais da suinocultura brasileira. *In*: SEGANFREDO, M. A. **Gestão Ambiental na Suinocultura**. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

MIRANDA, Cláudio Rocha de. **Avaliação de estratégias para a sustentabilidade da suinocultura em Santa Catarina**. Florianópolis: UFSC, 2005. (Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental e Sanitária).

MIRANDA, Cláudio Rocha de; PERDOMO, Carlos Cláudio; SEIFFERT, Nelson Frederico; PAIVA, Doralice P. de. Diagnóstico sócio-econômico e ambiental da sub-bacia hidrográfica do Lajeado Fragosos - Concórdia – SC. *In*: **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Os geossistemas como elemento de integração na síntese geográfica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do ambiente *In*: **Revista de Ciências**

Humanas. v. 14, n. 19, p.67-101, Florianópolis:UFSC, 1996.

MORUZZI, R. B. **Tratamento de água de abastecimento contendo ácido húmico complexada com ferro e manganês, utilizando a flotação por ar dissolvido conjugada à oxidação química**. Escola de Engenharia de São Carlos/Univ. de São Paulo (Dissertação de Mestrado). São Carlos: USP, 2000.

NANNI, Arthur Schmidt. **O Flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul**: origem e condicionamento geológico. Porto Alegre: IGE /UFRGS, 2008. (Tese de Doutorado em Geociências).

NANNI, Arthur Schmidt; TEDESCO, Marcos Antonio; FREITAS, Marcos Alexandre; BINOTTO, Raquel Barros. Vulnerabilidade Natural e risco de contaminação do Aquífero Serra Geral pela suinocultura na região das Missões – RS. *In XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. João Pessoa, nov./2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/>> Acesso em 07/03/2011.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. **Água**: o mundo tem sede. Edição Especial, abril, 2010.

NRCS. Natural Resources Defense Council. **Riparian Forest Buffer**. USDA: Watershed Science Institute. Seattle, 1997. Disponível em: <<http://www.wce.ecs.usda.gov/watershed/>> Acesso em 22/08/2003.

OEA. Organização dos Estados Americanos. **Aquífero Guarani**: programa estratégico de ação. Edição bilingüe. Brasil/Argentina/Paraguai/Uruguai: SAG, 2009.

OLIVEIRA, L. M.; DANIEL, L. A. Metodologia para cálculo de largura de faixa de mata ciliar para controle de poluição dispersa: Estudo de casos com amônia e fósforo. *In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. **Anais**, 1999.

OTERO, Laura Maria Gonzáles. **La utilización del enfoque geosistémico em la investigación geográfica del médio ambiente cubano**. La Habana: Editorial Academia, 1991.

PACHECO, José Wagner. **Guia técnico ambiental de frigoríficos**: industrialização de carnes (bovina e suína). São Paulo: CETESB, 2006. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>> Acesso em 20/06/2023.

PÁDUA, José Augusto. **Um sopro de destruição**: pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravista, 1786-1888. 2ª ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.

PARKER, Susan M. Environmental Impact. *In: The Encyclopaedic Dictionary of Physical Geography* (GOUDIE, A. et al., org.), p. 157-160. Oxford, Blackwell, 1985.

PEIXOTO, Eduardo Motta Alves. **Química nova na Escola**. nº 12, novembro, 2000. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/>> Acesso em 20/02/2012.

PERDOMO, C. C. **Instrução técnica para suinocultor N° 12**: Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos suínos. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2000. Disponível em: <<http://www.suino.com.br/embrapa/012.htm>> Acesso 10/09/2009.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. de. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. *In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S. da; SESTI, L. A. C. (ed.). Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho*. Concórdia: EMBRAPA/ CNPSA, 1998.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. de; KUNZ, A. **Comunicado Técnico N° 332**. Metodologia sugerida para estimar o volume e a carga de poluentes gerados em uma granja de suínos. Concórdia: EMBRAPA/CNPSA, 2003.

PIVELI, R. P. & KATO, M. Características físicas das águas: cor, turbidez, sólidos, temperatura, sabor e odor. *In: Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos*. Rio de Janeiro: Ed. ABES, 2006.

PMC. PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA. **Mapa do Município de Concórdia** – defesa civil. Concórdia: PMC, 2009. (CD-ROM).

PORTO, Marcelo Firpo de Souza. **Uma ecologia política dos riscos**: princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2007.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. **Os (des)caminos do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 1989.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. **A Ecologia Política na América Latina: reapropriação social da Natureza e reinvenção dos territórios**. R. Inter. Interdisc. INTERthesis. Florianópolis, v.9, n.1, p.16-50, Jan./Jul. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5007/1807-1384.2012v9n1p16>> Acesso em 12/01/2013.

PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. **O desafio ambiental: os porquês da desordem mundial**. Rio de Janeiro: Record, 2004.

RAMTEKE, P. W. et al. Evaluation of coliforms as indicators of water quality

in Índia. **Journal of Applied Bacteriology**, v.72, p.352-356. 1992.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água subterrânea: fonte mal-explorada no conhecimento e na sua utilização. *In A Água em Revista*. v. 5, n. 8, p. 84-87, Belo Horizonte: CPRM, 1997.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Gestão Sustentável dos Grandes Aquíferos. *In*: 8º. Cong. Bras. Águas Subterrâneas – ABAS. **Anais**. Recife, 1994. p. 131-140.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha. **Los recursos hídricos subterráneos de la Cuenca del Paraná**: Análisis de la Previabilidad. Tesis libre de Docencia. La Universidad de São Paulo, 1976.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia (Orgs.). **Águas doces do Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3ª. ed. revisada e ampliada. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

RIBEIRO, Luís Filipe Tavares. **Vulnerabilidade de Aquíferos**: conceitos, métodos e práticas. Lisboa: UTL, 2004. Disponível em:
<<http://bibliotecas.utl.pt/cgi-bin/>> Acesso em 20/02/2013

RIBEIRO, Wagner Costa. **Geografia política da água**. São Paulo: Annablume, 2008.

ROSA FILHO, Ernani Francisco da; BITTENCOURT, André Virmond Lima; HINDI, Eduardo Chemas; BITTENCOURT, Alexander. Estudo sobre os tipos das águas e as condicionantes estruturais do Sistema Aquífero Guarani no extremo oeste do estado do Paraná. *In*: **Revista Águas Subterrâneas**. ISSN 2179-9784. vol. 20, nº 2, p. 39-48, São Paulo:ABAS, 2006a.

SANTANA, Derli Prudente. **Documentos 30**: Manejo Integrado de Bacias. Sete Lagoas, MG, Embrapa Milho e Sorgo: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2003.

SANTANA, Derli Prudente; BAHIA FILHO, Antonio Fernandino de Castro; COUTO, Lairson & BRITO, Ricardo Augusto Lopes. **Água**: recurso natural finito e insumo estratégico. EMBRAPA Milho e Sorgo: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002.

SANTOS, Milton. 1992: a redescoberta da natureza. (Aula inaugural da Fac. Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP) *In*: **Estudos Avançados 6**. (14): 95-106, São Paulo: USP, 1992.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4ª ed., 4ª reimp. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008b.

SANTOS, Milton. **Espaço e método**. 5ª Ed., São Paulo: Edusp, 2008a.

SANTOS, Milton. **Espaço e sociedade**: Ensaios. 2ª ed. Petrópolis:Vozes,1982a.

SANTOS, Milton. **Metamorfoses do espaço habitado**: Fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia. 6ª ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008c.

SANTOS, Milton. **Pensando o espaço do homem**. 4ª ed., São Paulo: Hucitec, 1997.

SANTOS, Milton. **Por uma outra globalização**: do pensamento único à consciência universal. 5ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2001.

SANTOS, Milton. Sociedade e Espaço: Formação espacial como teoria e como método. *In*: SANTOS, Milton. **Espaço e sociedade**: Ensaios. 2ª ed. Petrópolis: Vozes, 1982b.

SANTOS, Milton. **Técnica, Espaço, Tempo**. 5ª ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008d.

SANTOS, Milton. **Time-Space Relations in the Underdeveloped World. Department of Geography**. University of Dar-es-Salaam, 1974. (mimeog.).

SBCS. SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. **A Nova Versão do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. Comitê Executivo da Revisão do Sistema: EMBRAPA SOLOS/IAC-UNICAMP /UFRRJ/UFRPE/IBGE, 2002.

SC. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. **Manual de uso, manejo e conservação da água**: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2ª ed. rev. atual. e ampl. Florianópolis: EPAGRI, 1994.

SC/CERH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Política de Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 1991. Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br/sirhsc/>> Acesso em 18/02/2009.

SC/CERH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução N° 001, de 25 de julho de 2002**. Classificação dos corpos de água/Criação dos Comitês de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas para os dezoito rios principais de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br/>> Acesso em 18/01/09.

SC/CERH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução N° 003, de 23**

de junho de 1997. Normas Gerais para os Comitês de Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br/sirhsc/>> Acesso em 19/01/2009.

SC/FATMA. **Instrução Normativa N° 11, de 21 de fevereiro de 2009:** Suinocultura. Disponível em: <<http://www.fatma.sc.gov.br/>> Acesso em 22/09/2010.

SC/FATMA. **Instrução Normativa N° 41, de 22 de fevereiro de 2008:** Suinocultura Termo de Ajustamento de Conduta - TAC. Disponível em: <<http://www.fatma.sc.gov.br/>> Acesso em 22/09/2010.

SC/SDM. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Lei N° 10.949/1998.** Dispõe sobre a caracterização do Estado em 10 (dez) Regiões Hidrográficas. Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br/sirhsc/>> Acesso em 23/07/2011.

SC/SDM. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias Hidrográficas de Santa Catarina:** diagnóstico geral. Florianópolis: SDM, 1997.

SC/SDM/SDS. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina:** diagnóstico geral. Florianópolis, 1997. Disponível em: <http://www.sirhesc.sds.sc.gov.br/sirhsc/> Acesso em 15/06/2009.

SC/SDS. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Água:** recurso para a manutenção da vida. Florianópolis: SDS, 2006.

SC/SDS. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Legislação de Recursos hídricos.** 2ª. ed., Florianópolis, 2008.

SC/SDS. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Lei Complementar Estadual N° 9.022, de 06 de maio de 1993.** Dispõe sobre a instituição, estruturação e organização do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.sirhesc.sds.sc.gov.br/sirhsc/>> Acesso em 16/01/2009.

SC/SDS. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Coletânea de Legislação de Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina.** 2ª ed., Florianópolis, 2008.

SC/SDS. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável. **Decreto N° 4.778, de 11 de outubro de 2006.** Regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos, de domínio do Estado, de que trata a Lei Estadual n° 9.748, de

30 de novembro de 1994. Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br/sirhsc/>> Acesso em 16/01/2009.

SC/SDS. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável. **Decreto N° 4.871, de 17 de novembro de 2006.** Aprova a Tabela de Emolumentos para Análise e Expedição da Outorga de Direito de Uso da Água. Disponível em <<http://www.aguas.sc.gov.br/sirhsc/>> Acesso em 16/01/2009.

SC/SDS. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável. **Decreto N° 14.250, de 03 de setembro de 2003.** Lei de criação do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e suas bacias hidrográficas contíguas e aprovação do seu Regimento Interno. Florianópolis, 2003. Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br/>> Acesso em 25/01 2012.

SC/SDS. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável. **Decreto N° 652, de 03 de setembro de 2003.** Lei de criação do Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga e suas bacias hidrográficas contíguas e aprovação do seu Regimento Interno. Florianópolis, 2003. Disponível em <<http://www.aguas.sc.gov.br/>> Acesso em 25/01 2012.

SC/SEPLAN. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. **Atlas Escolar de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991.

SCHEIBE, Luiz Fernando. O município como geossistema: uma visão integradora. In: SCHEIBE, L.F.; PELLERIN, J. (orgs). **Qualidade ambiental de municípios de SC: o município de Sombrio.** Florianópolis: FEPEMA, 1997.

SCHEIBE, Luiz Fernando. Desenvolvimento sustentável, desenvolvimento durável. In: ZAKRZEWSKI, S. B.; BARCELOS, V. (orgs.). **Educação Ambiental e compromisso social: pensamentos e ações.** Erechim/RS: EdIFAPES, 2004.

SCHEIBE, Luiz Fernando. O sistema aquífero integrado Guarani-Serra Geral em Santa Catarina: uma contribuição para a educação ambiental. In: Colóquio de Educação: A formação do educador no Século XXI - Educação Ambiental e Humanização, 2006, São Miguel d'Oeste. **Anais.** São Miguel do Oeste: Editora UNOESC, 2006. v. 1. p. 54-55. Disponível em: <<http://www.amauc.org.br/>> Acesso em 25/05/2009.

SCHEIBE, Luiz Fernando e HIRATA, Ricardo. O Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina e os recursos hídricos da Bacia do Rio do Peixe In TREVISOL, J. V. e SCHEIBE, L. F. (org). **Bacia hidrográfica do Rio do Peixe: natureza e sociedade.** Joaçaba: Unoesc, 2011.

SCHEIBE, Luiz Fernando *et al.* **Relatório Executivo RGSG/SC 2012**. Disponível em: <<http://rgsgsc.files.wordpress.com/2012/>> Acesso em 21/11/12.

SEGANFREDO, Milton Antonio. **Comunicado Técnico N° 343**. Modelo simplificado de avaliação de risco ambiental na reciclagem dos dejetos de suínos como fertilizante do solo. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003.

SEGANFREDO, M. A.; GIROTTO, A. F. **Comunicado Técnico N° 374**. Custo de armazenagem e transporte de dejetos suínos usados como fertilizante do solo. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2004.

SEGANFREDO, Milton Antonio. **Gestão Ambiental na Suinocultura**. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

SEGANFREDO, Milton Antonio. **O impacto ambiental na utilização da cama de aves como fertilizante do solo**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2009. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br>> Acesso em 21/08/2012.

SEWELL, Granwille Hardwick. **Administração e controle da qualidade ambiental**. (Tradução e adaptação Eng. Gildo Magalhães dos Santos Filho). São Paulo: EPU/CETESB, 1978.

SILVA, Benedicto. **Dicionário de Ciências Sociais**. Rio de Janeiro: FGV, 1986.

SINGER, P. C.; CHANG, S.D. **Correlation between trihalomethanes and total organic halides formed during water treatment**. JAWWA, v. 8, August, 1989.

SOCHAVA, Viktor Borisovich. **Modern Geography and its tasks in Siberia and the Far East**. 9 (2):80-85, Soviet: Geogr., 1972.

SOUZA, Marcelo José Lopes de. **O desafio metropolitano**: um estudo sobre a problemática sócio-espacial nas metrópoles brasileiras. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

SOUZA, Marcelo José Lopes de. O território: sobre espaço e poder, autonomia e desenvolvimento. *In*: CASTRO, Iná Elias de, et al. **Geografia**: conceitos e temas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

STRECK, Danilo R. **Rousseau & a educação**. Belo Horizonte: Autêntica, 2004. TEIXEIRA, Wilson; MOTTA, Cristina; FAIRCHILD, Thomas; TAIOLI, Fabio. **Decifrando a Terra**. São Paulo: USP, 2008.

TREVISOL, J. V.; FILIPINI, G. T. R.; BARATIERI, R. de C. S. Relato de uma experiência de educação ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe. II COLÓQUIO INTERNACIONAL EM EDUCAÇÃO E II SEMINÁRIO REGIONAL EM EDUCAÇÃO. **Anais**. Joaçaba: Editora Unoesc, 2009.

TREVISOL, Joviles Vítório e SCHEIBE, Luiz Fernando (org). **Bacia hidrográfica do Rio do Peixe: natureza e sociedade**. Joaçaba:Unoesc, 2011.
TROLL, Carl. Landscape Ecology (geoecology) and biogeoeconology – a terminological study. **Geoforum**, 8 (1): 43-46, 1971.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Carlos, RiMa, IIE, 2009.

UNESCO. United Nations Educacional and Scientific Organizations. **Ground Water**. Paris, 1992.

VARNIER, Claudia; IRITANI, Mara Akie; VIOTTI, Maurício; ODA, Geraldo Hideo; FERREIRA, Luciana Martin Rodrigues. Nitrato nas águas subterrâneas do sistema Aquífero Bauru, área urbana do Município de Marília/SP. **Revista do Instituto Geológico de São Paulo**. vol. 31 n°1-2, São Paulo, 2010.

VIVAN, Marcelo *et al.* Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 14, n.3, p.320-325, Campina Grande, Pernambuco:UAEA/UFCG, 2010.Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf>> Acesso em 21/11/2012.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. DESA-UFGM, 1995.

WCED. World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WINSTON, Richard B. **Graphical User Interface for MODFLOW, Version 4**: U.S. Geological Survey Open-File Report 00-315, 2000, 27 p. Disponível em: <<http://water.usgs.gov/nrp/gwsoftware/>> Acesso em 25/06/2013.

ZANATA, Lauro César; COITINHO, João Batista Lins. A utilização de poços profundos no Aquífero Guarani para abastecimento público em Santa Catarina. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Florianópolis, dez/2002. **Anais**. Florianópolis: ABAS. Disponível em: <<http://www.aquiferoguarani.ufsc.br/artigos/zanatta.pdf>> acesso em 12/11/12.

ZANELLA, Rodinei. **Qualidade bacteriológica e química da água dos poços tubulares profundos no município de Concórdia (SC)**. Concórdia:

Universidade do Contestado, 2003. (Monografia).

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos. In: **Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Florianópolis: ABAS, 2002. (CD-ROM).

APÊNDICES

APÊNDICE – A

POÇOS PROFUNDOS AMOSTRADOS

Fonte: Siagas/Prefeituras Municipais/Secretarias Municipais de
Agricultura e Meio Ambiente

Poço: 01	
Localidade: Linha 3 de Outubro – Concórdia/SC	
Nome: DC-LTO-01-CO – Poço 4300003321 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 01/01/1992 - Data da Instalação: 01/01/1994	
Altitude local: 698 m	
Profundidade do poço: 96 m	Litologia: Basalto
Vazão: 1.7 m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento doméstico/animal	
Tipo de solo: Terra Bruna/Roxa Estruturada - TBRa7	
UTM (Norte/Sul): 6997667 - UTM (Leste/Oeste): 402628	
Latitude Sul 270824 - Longitude Oeste 515857	



Foto 01: Localização poço profundo N°. 01 – Concórdia/SC.

Poço: 02	
Localidade: Comunidade 15 de Novembro	
Nome: IU557 – Poço 4300004086 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 01/01/1997- Data da Instalação: 17/02/1997	
Altitude local: 627m	
Profundidade do poço: 86 m	Litologia: Basalto cinza
Vazão: 13 m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento doméstico/animal	
Tipo de solo: Cambissolo - Ca61	
UTM (Norte/Sul): 7002472 - UTM (Leste/Oeste): 398192	
Latitude Sul 270547 - Longitude Oeste 520137	



Foto 02: Localização poço profundo N^o. 02 – Lindóia do Sul/SC.

Poço: 03	
Localidade: Linha Lambedor - Ipumirim	
Nome: IU540 – Poço 4300004054 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 15/01/1998 - Data da Instalação: 17/02/1997	
Altitude local: 630m	
Profundidade do poço: 93 m	Litologia: Basalto cinza
Vazão: 11 m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento doméstico/animal	
Tipo de solo: Cambissolo Eutrófico - Ce7	
UTM (Norte/Sul): 7002726 - UTM (Leste/Oeste): 392762	
Latitude Sul 270537- Longitude Oeste 520454	



Foto 03: Localização poço profundo N°. 03 – Ipumirim/SC.

Poço: 04	
Localidade: Arabutã - GEE – Grêmio Esportivo Escriturário	
Nome: IN392 – Poço 4300003729 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 19/10/1992 Data da Instalação: 19/10/1992	
Altitude local: 412m	
Profundidade do poço: 86 m	Litologia: Basalto cinza
Vazão: 28 m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento doméstico	
Tipo de solo: Cambissolo Eutrófico - Ce7	
UTM (Norte/Sul): 6994629 - UTM (Leste/Oeste): 387850	
Latitude Sul 270959 - Longitude Oeste 520755	



Foto 04: Localização poço profundo N°. 04 – Arabutã/SC.

Poço: 05	
Localidade: Engenho Velho – Concórdia/SC	
Nome: IV205 – Poço 4300003345 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 01/12/1997- Data da Instalação: 01/12/1997	
Altitude local: 396 m	
Profundidade do poço: 132 m	Litologia: Basalto preto
Vazão: 16 m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento doméstico/animal	
Tipo de solo: Cambissolo Eutrófico - Ce5	
UTM (Norte/Sul): 6986786 - UTM (Leste/Oeste): 380691	
Latitude Sul 271411 - Longitude Oeste 521218	



Foto 05:Localização poço profundo N°. 05 – Concórdia/SC.

Poço: 06	
Localidade: Linha Marchesan – Concórdia/SC	
Nome: HM-1-CON – Poço 4300003340 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 01/01/1992 - Data da Instalação: 20/04/1983	
Altitude local: 480 m	
Profundidade do poço: 70 m	Litologia: Solo argiloso Basalto
Vazão: 12.5 m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento múltiplo	
Tipo de solo: Cambissolo Eutrófico - Ce5	
UTM (Norte/Sul): 6986791 - UTM (Leste/Oeste): 384639	
Latitude Sul 271412 - Longitude Oeste 520954	



Foto 06: Localização poço profundo N°. 06 – Concórdia/SC.

Poço: 07	
Localidade: Comunidade Adolfo Konder – Itá SC	
Nome: IV182 – Poço 4300003346 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 22/08/1988 - Data da Instalação: 22/08/1988	
Altitude local: 443 m	
Profundidade do poço: 50 m	Litologia: Basalto cinza
Vazão: 13 m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento múltiplo	
Tipo de solo: Terra Bruna/Roxa Estruturada - TBRd	
UTM (Norte/Sul): 6989060 - UTM (Leste/Oeste): 379180	
Latitude Sul 271257 - Longitude Oeste 521312	



Foto 07: Localização poço profundo N^o. 07 – Itá/SC.

Poço: 08
Localidade: Linha 8 de Maio – Concórdia/SC
Nome: CONC.129 CIDA – Poço 4300004482 (SIAGAS)
Data da Perfuração: 01/12/1997- Data da Instalação: 01/12/1997
Altitude local: 380 m
Profundidade do poço: 51 m Litologia: Solo e Basalto
Vazão: s/d
Uso da água: Abastecimento doméstico
Tipo de solo: Terra Bruna/Roxa Estruturada - TBRe3
UTM (Norte/Sul): 6988264 - UTM (Leste/Oeste): 384027
Latitude Sul 271324 - Longitude Oeste 521016



Foto 08: Localização poço profundo N°. 08 – Concórdia/SC.

Poço: 09
Localidade: Concórdia/SC - Centro
Nome: 2778CONC-130-CIDA – Poço 4300006075 (SIAGAS)
Data da Perfuração: 01/07/1988- Data da Instalação: 01/07/1988
Altitude local: 550 m
Profundidade do poço: 100 m Litologia: Basalto
Vazão: 8 m ³ /h
Uso da água: Abastecimento múltiplo
Tipo de solo: Terra Bruna/Roxa Estruturada - TBRa7
UTM (Norte/Sul): 6985970 - UTM (Leste/Oeste): 389778
Latitude Sul 271441 - Longitude Oeste 520648



Foto 09: Localização poço profundo N^o. 09 – Concórdia/SC.

Poço: 10
Localidade: Comunidade Barra Fria – Concórdia/SC
Nome: IV228– Poço 4300004446 (SIAGAS)
Data da Perfuração: 16/08/1988- Data da Instalação: 16/08/1988
Altitude local: 519 m
Profundidade do poço: 50 m Litologia: Basalto
Vazão: 15 m ³ /h
Uso da água: Abastecimento doméstico/animal
Tipo de solo: Latossolo Bruno - LBa4
UTM (Norte/Sul): 6989553 - UTM (Leste/Oeste): 390495
Latitude Sul 271244 - Longitude Oeste 520621



Foto 10: Localização poço profundo N^o. 10 – Concórdia/SC.

Poço: 11
Localidade: Comunidade Presidente Juscelino – Concórdia/SC
Nome: IV206– Poço 4300013243 (SIAGAS)
Data da Perfuração: 17/07/2002- Data da Instalação: 17/07/2002
Altitude local: 489 m
Profundidade do poço: 104 m Litologia: Basalto
Vazão: 15 m ³ /h
Uso da água: Abastecimento doméstico
Tipo de solo: Cambissolo Eutrófico - Ce7
UTM (Norte/Sul): 6989531 - UTM (Leste/Oeste): 383922
Latitude Sul 271243 - Longitude Oeste 521020



Foto 11: Localização poço profundo N^o. 11 – Concórdia/SC.

Poço: 12
Localidade: Lajeado Crescêncio – Concórdia/SC
Nome: CONC.131 – Poço 4300004484 (SIAGAS)
Data da Perfuração: s/d - Data da Instalação: s/d
Altitude local: 370 m
Profundidade do poço: 100 m Litologia: Solo e Basalto
Vazão: 7 m ³ /h
Uso da água: Abastecimento doméstico
Tipo de solo: Cambissolo Eutrófico - Ce7
UTM (Norte/Sul): 6991664 - UTM (Leste/Oeste): 384175
Latitude Sul 271133 - Longitude Oeste 521009



Foto 12: Localização poço profundo N^o. 12 – Concórdia/SC.

Poço: 13
Localidade: Arabutã - Sociedade Amigos do Fragosos
Nome: IN392 – Poço 4300003729 (SIAGAS)
Data da Perfuração: 19/10/1992- Data da Instalação: 19/10/1992
Altitude local: 412 m
Profundidade do poço: 86 m Litologia: Basalto cinza
Vazão: 28 m ³ /h
Uso da água: Abastecimento doméstico
Tipo de solo: Cambissolo Eutrófico - Ce7
UTM (Norte/Sul): 6994629 - UTM (Leste/Oeste): 387850
Latitude Sul 270959- Longitude Oeste 520755



Foto 13: Localização poço profundo N^o. 13 – Arabutã/SC.

Poço: 14
Localidade: Linha Lajeado dos Pintos –Cascata Perondi
Nome: IV237– Poço 4300013194 (SIAGAS)
Data da Perfuração: 23/07/2002- Data da Instalação: 23/07/2002
Altitude local: 599 m
Profundidade do poço: 140 m Litologia: Basalto
Vazão: s/d
Uso da água: Abastecimento público
Tipo de solo: Cambissolo Eutrófico - Ce7
UTM (Norte/Sul): 6991482 - UTM (Leste/Oeste): 401531 Latitude Sul 271145 - Longitude Oeste 515939



Foto 14: Localização poço profundo N^o. 14 – Concórdia/SC.

Poço: 15	
Localidade: Irani/SC – CASAN – Ginásio de Esportes	
Nome: IU589 – Poço 4300003723 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 16/11/1976 - Data da Instalação: 16/11/1976	
Altitude local: 1.061 m	
Profundidade do poço: 80 m	Litologia: Basalto
Vazão: 13.63 km ³ /h	
Uso da água: Abastecimento público	
Tipo de solo: Terra Bruna Estruturada - TBa12	
UTM (Norte/Sul): 7010814 - UTM (Leste/Oeste): 411304	Latitude Sul 270119 - Longitude Oeste 515339



Foto 15: Localização poço profundo N^o. 15 – Irani/SC.

Poço: 16	
Localidade: Vargem Bonita – CASAN – BR- 282	
Nome: Sem informação no Siagas e na Prefeitura	
Data da Perfuração:	Data da Instalação:
Altitude local: 850 m	
Profundidade do poço: s/d	Litologia:
Vazão: s/d	
Uso da água: Abastecimento Público	
Tipo de solo: Terra Bruna Estruturada - TBa12	
UTM (Norte/Sul): 7012429S - UTM (Leste/Oeste): 426877	
Latitude Sul 270499 - Longitude Oeste 5144223	



Foto 16: Localização poço profundo N°. 16 – Vargem Bonita/SC.

Poço: 17	
Localidade: Catanduvas/SC – Delegacia/Centro - CASAN	
Nome: IV444 – Poço 4300014803 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 15/06/1984 - Data da Instalação: 01/07/1984	
Altitude local: 962 m (SIAGAS)	
Profundidade do poço: 63 m	Litologia: Basalto
Vazão: s/d	
Uso da água: Abastecimento público	
Tipo de solo: Terra Bruna Estruturada - TBa10	
UTM (Norte/Sul): 7005682 - UTM (Norte/Sul): 434803	
Latitude Sul 270410 - Longitude Oeste 513927	



Foto 17: Localização poço profundo N^o. 17 – Catanduvas/SC.

Poço: 18	
Localidade: Catanduvas/SC - Granja	
Nome: CTV.1-CIDA – Poço 4300003200 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 25/07/1995 - Data da Instalação: 25/07/1995	
Altitude local: 914 m (SIAGAS)	
Profundidade do poço: 144 m	Litologia: Basalto
Vazão: 15m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento múltiplo	
Tipo de solo: Terra Bruna Estruturada - TBa5	
UTM (Norte/Sul): 7011524 - UTM (Leste/Oeste): 435425	
Latitude Sul 270100 - Longitude Oeste 513903	



Foto 18: Localização poço profundo N^o. 18 – Catanduvas/SC.

Poço: 19	
Localidade: Jaborá/SC – Sede Trevo - CASAN	
Nome: JAB-22-TJ– Poço 4300003484 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 20/11/1973 - Data da Instalação: 20/11/1973	
Altitude local: 690 m (SIAGAS)	
Profundidade do poço: 100 m	Litologia: Basalto
Vazão: 9m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento Urbano	
Tipo de solo: Terra Bruna Estruturada - TBa10	
UTM (Norte/Sul): 6994477 - UTM (Leste/Oeste): 427208	
Latitude Sul 271013 - Longitude Oeste 514405	



Foto 19: Localização poço profundo N^o. 19 – Jaborá/SC.

Poço: 20	
Localidade: Jaborá/SC – Jaborazinho	
Nome: JAB-15-CIDA – Poço 4300003477 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 13/03/1995- Data da Instalação: 13/03/1995	
Altitude local: 698 m (SIAGAS)	
Profundidade do poço: 90 m	Litologia: Basalto
Vazão: 14.14 m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento doméstico/animal	
Tipo de solo: Terra Bruna/Roxa Estruturada - TBRa7	
UTM (Norte/Sul): 6996658 - UTM (Leste/Oeste): 427796	
Latitude Sul 270902 - Longitude Oeste 514343	



Foto 20: Localização poço profundo N^o. 20– Jaborá/SC.

Poço: 21	
Localidade: Concórdia/SC – Planalto - Linha Roncaglio	
Nome: IV251 – Poço 4300013206 (SIAGAS)	
Data da Perfuração: 29/04/2004 - Data da Instalação: 15/10/2005	
Altitude local: 690 m (SIAGAS)	
Profundidade do poço: 110 m	Litologia: Basalto
Vazão: 20 m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento doméstico/animal	
Tipo de solo: Cambissolo Eutrófico - Ce7	
UTM (Norte/Sul): 6992833 - UTM (Leste/Oeste): 412947	
Latitude Sul 271104 - Longitude Oeste 515244	



Foto 21: Localização poço profundo N° 21 – Concórdia/SC

Poço: 22	
Localidade: Concórdia/SC - Linha São José	
Nome:	Poço: sem dados no siagas
Data da Perfuração:	Data da Instalação:
Altitude local: 709 m	
Profundidade do poço: 72 metros	Litologia:
Vazão: 15.8 m ³ /h	
Uso da água: Abastecimento múltiplo	
Tipo de solo: Terra Bruna/Roxa Estruturada - TBRa7	
UTM (Norte/Sul): 698876 - UTM (Leste/Oeste): 404359	
Latitude Sul 271314 - Longitude Oeste 515757	



Foto 22: Localização poço profundo N^o. 22 – Concórdia/SC

Poço: 23
Localidade: Concórdia/SC – Bairro Santa Cruz -Trevo
Altitude local: 702 m
Profundidade do poço: s/d
Vazão: s/d
Tipo de solo: Terra Bruna/Roxa Estruturada - TBRa7
UTM (Norte/Sul): 6989196 - UTM (Leste/Oeste): 396396
Latitude Sul 271296 - Longitude Oeste 520277
Obs.: Sem dados no Siagas
Fonte dados: Hidroani / EPAGRI/ Pesquisa em campo



Foto 23: Localização poço profundo N°. 23 – Concórdia/SC
 Todas as fotos são acervo pessoal da autora

APÊNDICE B

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – 2ª AMOSTRA EM 7
POÇOS PROFUNDOS

Fonte: Análises físico-químicas e microbiológicas realizadas para este
estudo

APÊNDICE B – QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – 2ª AMOSTRA EM 7 POÇOS PROFUNDOS

Parâmetros de Qualidade da Água	9.1	13.1	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1
Alcalinidade CO ₃ (mg/L CaCO ₃)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Alcalinidade HCO ₃ (mg/L CaCO ₃)	119,0	92,0	76,0	56,0	68,0	50,0	58,0
Alcalinidade OH (mg/L CaCO ₃)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Alcalinidade Total (mg/L CaCO ₃)	119,0	92,0	76,0	56,0	68,0	50,0	58,0
Alumínio (mg/L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Amônia NH ₃ (mg/L)	0,13	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Ca (mg/L)	27,28	11,22	17,97	11,09	12,33	12,81	7,96
Cloretos (mg/L)	22,7	7,1	13,5	5,0	7,8	12,1	5,7
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	Ausente	5,2	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Ausente	>2419,2	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Condutividade Elétrica	317,0	213,0	215,1	123,3	149,9	160,7	117,2
Dureza CaCO ₃ (mg/L)	117,8	31,1	73,0	40,0	49,1	52,3	30,7
Fe (mg/L)	0,19	0,31	1,14	<0,1	0,12	<0,1	<0,1
Fluoretos (mg/L)	0,34	0,97	0,4	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Fósforo Total (mg/L)	0,04	0,03	0,06	0,05	0,05	0,02	0,03
Magnésio Mg (mg/L)	12,04	0,73	6,81	3,00	4,45	4,93	2,62
Manganês Mn (mg/L)	<0,05	0,06	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrato (mg/L)	1,9	<0,50	5,8	1,5	1,5	5,0	1,0
Nitrito (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
pH	7,24	7,86	7,15	6,65	7,23	6,45	6,85
Potássio K (mg/L)	1,8	0,8	1,0	3,5	2,4	1,5	1,1
Sódio Na (mg/L)	5,8	38,3	7,9	4,5	5,0	4,1	105,8
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	197	103	140	67	87	112	200
Sólidos Fixos (mg/L)	187	98	147	69	89	89	163
Sólidos Totais (mg/L)	208	115	168	76	95	124	206
Sulfato (mg/L)	2,8	5,8	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Turbidez	0,48	0,49	7,46	0,75	1,40	0,89	0,97

APÊNDICE C

PLUVIOSIDADE EM CONCÓRDIA DE 1987 A 2012
Fonte: EMBRAPA SUINOS E AVES/CONCÓRDIA/SC

APÊNDICE C – PLUVIOSIDADE EM CONCÓRDIA DE 1987 A 2012

Mês	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
JAN	208	183	226	182	186	148	173	79	132	284	155	326	195	143	186	247	183	124	193	103	196	130	150	402	208	192
FEV	132	120	137	126	33	175	124	281	130	218	267	477	98	210	132	70	221	82	29	40	204	177	147	198	254	150
MAR	34	30	139	99	29	129	89	122	86	173	93	227	36	125	126	147	96	61	145	216	167	81	58	203	281	74
ABR	19	174	89	243	137	76	50	204	110	58	53	251	249	82	220	109	114	139	246	46	234	235	57	284	127	138
MAI	210	204	132	281	29	409	177	138	22	33	107	121	83	113	316	186	70	114	193	31	286	71	161	215	87	46
JUN	77	86	45	250	218	217	103	164	195	153	184	75	77	133	164	150	102	45	278	124	62	265	73	92	209	153
JUL	114	86	92	96	80	175	129	246	89	95	162	155	217	145	167	92	74	199	122	60	219	38	149	172	350	212
AGO	81	6	312	112	77	140	42	29	93	224	230	216	32	155	47	153	47	56	220	149	56	110	241	60	208	0
SET	68	84	356	189	35	133	280	118	182	166	138	292	102	399	192	219	61	164	199	132	123	194	469	117	202	111
OUT	257	137	181	270	184	101	164	343	192	202	533	191	102	199	202	277	235	246	262	83	205	374	174	139	258	246
NOV	53	67	145	156	96	219	153	238	46	192	293	24	44	130	142	198	120	131	60	271	205	127	301	80	123	39
DEZ	193	65	46	89	291	57	110	113	95	144	156	99	104	138	50	305	416	66	94	170	121	56	155	351	65	159
TOT	14	12	19	20	13	19	15	20	13	19	23	24	13	19	19	21	17	14	20	14	20	18	21	23	23	15
AL	46	42	00	93	95	79	94	75	72	42	71	54	39	72	44	53	39	27	41	25	78	58	35	13	72	20

Fonte: EMBRAPA, CONCÓRDIA/SC.

Menores índices pluviométricos anuais (abaixo de 1400 mm) = 1991, 1995 e 1999.

Maiores índices pluviométricos anuais (acima de 2300 mm) = 1997, 1998, 2011.

APÊNDICE D

CARACTERÍSTICAS DO SOLO NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Fonte: EMBRAPA, 1998; EPAGRI/CIRAM, 2002.

APÊNDICE D
CARACTERÍSTICAS DO SOLO NOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Caracterização do solo nos pontos de amostragem da qualidade da água subterrânea na bacia do rio Jacutinga com base na folha do IBGE, levantamento de reconhecimento da EMBRAPA solos (1998), e compilação feita pela EPAGRI (2002), segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SBCS (1999).

Classificação do solo	Tipo de solo	Poço	Caracterização do solo
Cambissolos	Ca61	2	Associação Cambissolo Álico Tb A húmico, textura muito argilosa relevo ondulado + Solos Litólicos Álicos A húmico, textura argilosa - relevo forte ondulado e ondulado (substrato efusivas da Formação Serra Geral), ambos fase pedregosa floresta subtropical perenifólia.
	Ce5	5, 6	Associação Cambissolo Eutrófico Ta chernozêmico, textura argilosa, relevo forte ondulado + Solos Litólicos Eutróficos A chernozêmico, textura argilosa, relevo montanhoso (substrato efusivas da Formação Serra Geral), ambos fase pedregosa floresta tropical/subtropical perenifólia.
	Ce7	3, 4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 27	Associação Cambissolo Eutrófico Ta A chernozêmico, textura argilosa, relevo forte ondulado + Solos Litólicos Eutróficos A chernozêmico, textura argilosa, relevo montanhoso (substrato efusivas da Formação Serra Geral) + Terra Bruna/Roxa Estruturada Eutrófica A moderado, textura muito argilosa, relevo ondulado , todos fase pedregosa floresta subtropical perenifólia.
Latossolos	LBa4	10	Latossolo Bruno Álico A húmico, textura muito argilosa , fase floresta subtropical perenifólia, relevo suave ondulado .

Classificação do solo	Tipo de solo	Poço	Caracterização do solo
Nitossolos	TBa5	24, 30	Associação Terra Bruna Estruturada Álica A proeminente, textura muito argilosa, relevo suave ondulado + Cambissolo Álico Tb proeminente, textura muito argilosa, relevo ondulado , ambos fase floresta subtropical perenifólia.
	TBa10	22, 23	Terra Bruna Estruturada Álica A húmico, textura muito argilosa e argilosa fase floresta subtropical perenifólia, relevo ondulado .
	TBa12	18, 19, 20, 21	Associação Terra Bruna Estruturada Álica A húmico, textura muito argilosa, relevo suave ondulado e ondulado + Cambissolo Álico Tb A húmico, textura muito argilosa, relevo ondulado e forte ondulado , ambos fase floresta subtropical perenifólia.
	TBRa7	1, 9, 17, 25, 26, 28, 29,	Terra Bruna/Roxa Estruturada Álica A proeminente e moderado, textura muito argilosa, relevo ondulado + Cambissolo Álico Tb A proeminente e moderado, textura argilosa, relevo forte ondulado , ambos fase floresta subtropical perenifólia.
	TBRd	7	Associação Terra Bruna/Roxa Estruturada Distrófica e Eutrófica A moderado e chernozêmico, textura muito argilosa, relevo suave ondulado + Solos Litólicos Eutróficos A moderado e chernozêmico, textura média e argilosa, relevo forte ondulado , fase pedregosa (substrato efusivas da Formação Serra Geral), ambos fase floresta subtropical perenifólia.
	TBRe3	8	Associação Terra Bruna/Roxa Estruturada Eutrófica A chernozêmico, textura argilosa/muito argilosa, relevo suave ondulado + Solos Litólicos Eutróficos A chernozêmico, textura média e argilosa, relevo forte ondulado (substrato efusivas da Formação Serra Geral) + Cambissolo Eutrófico Tb A chernozêmico, textura argilosa, relevo ondulado e forte ondulado , todos fase pedregosa floresta subtropical perenifólia.

Fonte: EMBRAPA, 1998; EPAGRI/CIRAM, 2002.

APÊNDICE E

**A NORMATIZAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE POÇOS
TUBULARES PROFUNDOS**

Fonte: ABNT/ABAS/IPT.

APÊNDICE E

A NORMATIZAÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS

A construção deve ser executada dentro das normas da ABNT, por empresa registrada no CREA, que possua um responsável técnico graduado em Geologia ou Engenharia de Minas, e tenha o selo da ABAS – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Estas precauções visam assegurar a realização de um serviço dentro das normas, que será fiscalizado pelas entidades competentes e gozará de todas as garantias construtivas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT

Órgão responsável pela normatização técnica no país, que aprovou e publicou dentro do Comitê Brasileiro de Construção Civil (CB-02), as Normas Brasileiras (NBRs) que contemplam a exploração de águas subterrâneas e a construção dos poços tubulares profundos:

- NBR 12212 - Projeto de poço tubular profundo para captação de água subterrânea;
- NBR 12244 - Construção de poço tubular profundo para captação de água subterrânea;
- NBR 13604/13605/13606/130607/13608- Dispõe sobre tubos de PVC para poços tubulares profundos;
- NBR – 13895/1997 – Poços de Monitoramento.

TIPOS DE POÇOS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

As cacimbas ou poços rasos não requer licença ou autorização para serem construídos, os demais exigem licenciamento.

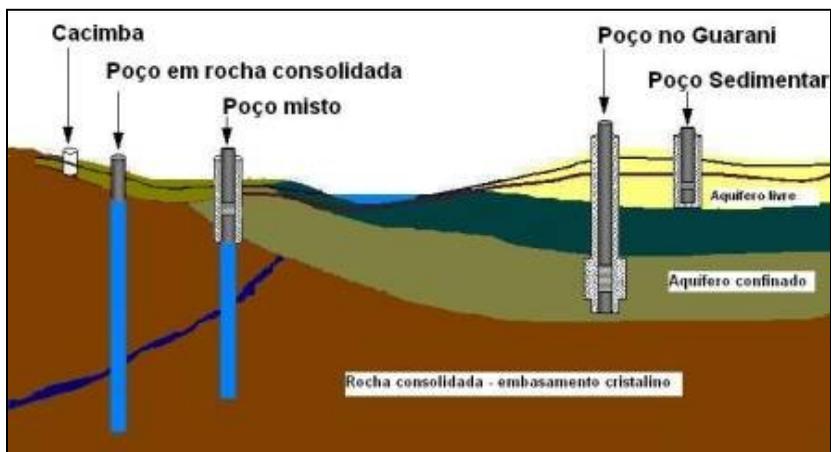


Figura 1: Perfil esquemático das perfurações para captação de água subterrânea.
 Fonte: http://www.abas.org/educacao_pocos.php <acesso em 20/01/2011

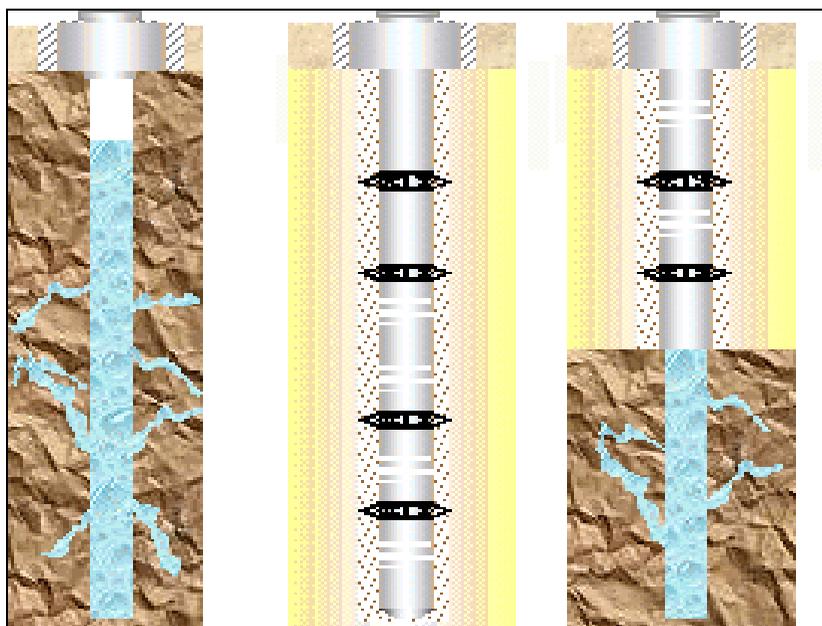


Figura 1.1: Tipos de poços tubulares. 1.1: Poço em rocha cristalina; 1.2: Poço em sedimento com filtros; 1.3: Poço misto.

Fonte: http://www.abas.org/educacao_pocos.php <acesso em 20/01/2011

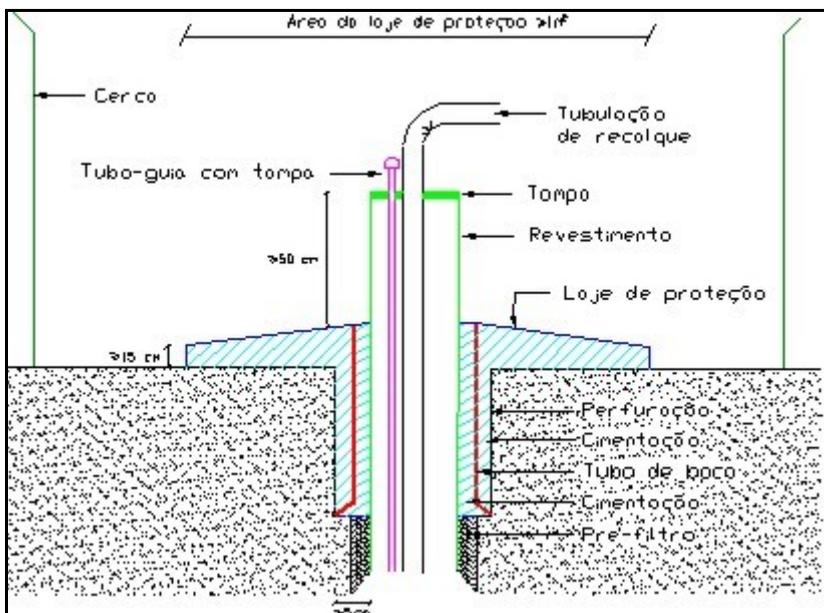


Figura 1.2: Perfil esquemático de proteção sanitária de poços profundos para captação de água subterrânea, de acordo com a norma ABNT-NBR-12.244/92 (IPT, 1997a). Disponível em http://www.comitepp.sp.gov.br/imagens/img_plano3.jpg < Acesso em 27/07/2012.

APÊNDICE F

**RECURSOS HUMANOS, EQUIPAMENTOS E MATERIAIS
NECESSÁRIOS PARA OS TRABALHOS DE CAMPO, NA COLETA
DE AMOSTRAS DE ÁGUA DE POÇOS PROFUNDOS**

APÊNDICE F

RECURSOS HUMANOS, EQUIPAMENTOS E MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA OS TRABALHOS DE CAMPO, NA COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA DE POÇOS PROFUNDOS



Figura 2: Chaves para abertura e fechamento dos poços

Fonte: Acervo pessoal da autora.



Figura 2.1: O “Sorriso”, é o profissional-operador que viabilizou as coletas de amostras dos poços profundos. Sem ele não teríamos conseguido realizar os trabalhos de campo com sucesso. Imprescendível pela competência e alto astral.
Fonte: Acervo pessoal da autora



Figura 2.2: Equipamentos de trabalho em campo - Sonda Multiparâmetros, termômetro, peagâmetro, luvas, caixas de isopor, gelo, planilhas, etc. E os colaboradores nas coletas de amostras de águas dos poços profundos. Responsáveis pelas coletas e medições “*in loco*”, trabalho que só foi possível porque eles sacrificaram o seu descanso dos sábados para colaborar no levantamento de dados desse estudo. Ela realizou todo o árduo trabalho de laboratório também em horários de descanso, aos quais não tenho palavras para agradecer, pela dedicação, companheirismo e disponibilidade.



Figura 2.3: Conjunto de frascos utilizado para cada amostra de água subterrânea.

Fonte: Acervo pessoal da autora.