

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO  
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

BRUNNA STEFANNY SANGEL DE OLIVEIRA

**QUALIDADE DA ÁGUA ASSOCIADA À VULNERABILIDADE  
CLIMÁTICA E RISCOS SANITÁRIOS NO BAIXO RIO JARÍ – AP**

MACAPÁ - AP

2013

BRUNNA STEFANNY SANGEL DE OLIVEIRA

**QUALIDADE DA ÁGUA ASSOCIADA À VULNERABILIDADE  
CLIMÁTICA E RISCOS SANITÁRIOS NO BAIXO RIO JARÍ - AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Ciências Ambientais da  
Universidade Federal do Amapá para obtenção do  
título em Bacharel em Ciências Ambientais.

**Área de concentração:**  
Saneamento Ambiental

**Orientador:**  
Dr. Alan Cavalcanti da Cunha

MACAPÁ - AP

2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá**

Oliveira, Brunna Stefanny Sangel de.

Qualidade da água associada à vulnerabilidade climática e riscos sanitários no baixo Rio Jarí – AP / Brunna Stefanny Sangel de Oliveira; orientador Alan Cavalcanti da Cunha. Macapá, 2013.

60 f.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Pró-Reitoria de Ensino de Graduação, Curso de Ciências Ambientais.

1. Qualidade da água – Baixo Rio Jarí – Amapá. 2. Qualidade da água –

## FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome do Autor: OLIVEIRA, Brunna Stefanny Sangel de

**Título: Qualidade da água associada à vulnerabilidade climática e riscos sanitários no baixo Rio Jarí- AP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá para obtenção do título em Bacharel em Ciências Ambientais.

Aprovada em:        /        /

Banca Examinadora

---

Orientador: Prof. Dr. Alan Cavalcanti da Cunha

---

Dra. Helenilza Ferreira A. Cunha

---

Msc. Daímio Chaves Brito

*À minha mãe, minha avó, meus irmãos, meu namorado e meus poucos e grandes amigos pela compreensão, apoio e atenção durante o longo período de minha formação.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me proporcionado a oportunidade de cursar e concluir esta graduação e por me dar saúde e proteção nas minhas coletas mensais a Laranjal do Jarí.

Em segundo lugar agradeço ao meu Orientador e Professor Dr. Alan Cunha por confiar e designar tanta responsabilidade a mim, sempre me apoiando, orientando e ensinando a desenvolver a pesquisa de maneira mais sábia e justa possível.

Agradeço a minha mãe Márcia, que sempre foi o meu espelho, me educou sozinha com muito esforço e me ensinou que o estudo é a coisa mais importante da vida. Aos meus irmãos Matheus e Marjorie que são a razão dos meus esforços e crescimento profissional. A minha avó Sangel, que é a minha segunda mãe e aos demais familiares pela torcida e apoio ao longo da graduação e da vida.

Aos meus amigos que são poucos, porém são de grande importância na minha vida, pois estão sempre presentes nas minhas vitórias e derrotas. Ao Cristian, que a Universidade me deu o privilégio de conhecer, e que a partir daí sempre esteve ao meu lado.

Agradeço a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), pela participação no projeto por ela financiada, titulado “Rede de Gestão Integrada de Monitoramento da Dinâmica Hidroclimática e Ambiental do Estado do Amapá”, juntamente com o Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis do Amapá (NHMET/IEPA), na qual desenvolveu o projeto.

Agradeço também ao Laboratório de Modelagem e Química Ambiental do Curso de Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), pelo espaço físico e disponibilidade dos reagentes para as análises laboratoriais. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica durante dois anos, que auxiliou no desenvolvimento da presente pesquisa.

Agradeço também a UNIFAP pela infraestrutura, pela disponibilização dos mestres e doutores renomados que foram meus professores e pela oportunidade de conhecer a pesquisa através da bolsa de iniciação científica na qual fui contemplada. Aos meus professores que tanto me ensinaram, não só à minha futura profissão, mas também a lidar com a vida. Também aos meus colegas de classe, que juntos conseguimos vencer a graduação.

## RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Jarí está inserida em uma área geográfica cuja atuação dinâmica atmosférica e climática é muito forte. A região Amazônica é afetada por diversos elementos climáticos que interferem diretamente na circulação geral da atmosfera local, conferindo peculiaridades climáticas à região, como ocorrem em Laranjal do Jarí, no Amapá. O município tem um histórico devastador de eventos extremos caracterizados por enchentes que, acrescido da falta de infraestrutura da cidade, deixa a população em situação de extrema vulnerabilidade todos os anos em que ocorrem tais eventos. O objetivo da pesquisa foi monitorar a qualidade físico-química e microbiológica da água do baixo curso do Rio Jarí e associá-la a vulnerabilidade climática da região, em um trecho de aproximadamente 36 km de extensão, perpassando pela cidade de Laranjal do Jarí. A metodologia compreendeu 12 campanhas mensais de campo (de novembro de 2009 a novembro de 2010) nas quais foram coletadas amostras de água superficiais para análise de 16 parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água. As concentrações dos respectivos parâmetros foram comparadas com padrões utilizados pela Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, segundo a classificação de corpos naturais de água. Foram analisados também as potenciais influências do período sazonal no comportamento espaço-sazonal dos parâmetros da qualidade da água. Os resultados indicaram que os parâmetros DBO, coliformes totais, Ferro e Cor apresentaram-se acima do valor máximo permitido significativamente e que estes variaram de acordo com o período sazonal da região. Concluiu-se que a variação sazonal da precipitação é um fator que combinado com os antropogênicos de uso e ocupação do solo, influencia significativamente na alteração dos parâmetros da água, e em anos de eventos extremos esses valores tendem a ser ainda maiores. Esta combinação tende a elevar a vulnerabilidade hidrossanitária das populações ribeirinhas que fazem uso da água do rio, e conseqüentemente, aumentam os riscos potenciais à Saúde Pública, especialmente em locais próximo da cidade de Laranjal do Jarí, onde os níveis de contaminação microbiológica superam os níveis mínimos estipulados pela resolução vigente.

**Palavras-chave:** qualidade da água; eventos extremos; riscos sanitários; baixo rio Jarí.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	A cidade de Laranjal do Jarí (AP) em dias normais (a) e com o advento da enchente de 2000 (b).	32
Fotografia 1 -	Régua, em maio de 2010, na frente da cidade utilizada pelos bombeiros para controle de enchentes (a) e situação de residência no mesmo período climático.	52
Gráfico 1 -	Identificação dos picos de chuva acima do normal, em destaque o ano do evento extremo de 2000.	33
Gráfico 2 -	Comparação das médias mensais de precipitação de Laranjal do Jarí com o ano de 2000.	33
Gráfico 3 -	Variação da precipitação de novembro de 2009 a novembro de 2010. Em destaque o período chuvoso.	44
Gráfico 4 -	Variação do parâmetro Cor por mês e ponto de coleta.	45
Gráfico 5 -	Variação do parâmetro Ferro por mês e ponto de coleta.	47
Gráfico 6 -	Relação entre Coliformes Totais e a estação climática (Software Estatística).	49
Gráfico 7 -	Relação entre <i>E.coli</i> e a estação climática (Software Estatística).	49
Gráfico 8 -	Teste <i>t-student</i> com a série histórica de precipitação, comparação entre as médias históricas e de 2009-2010, com o valor da média (mean) e o erro padrão (SE).	51
Quadro 1 -	Climatologia das chuvas no Estado do Amapá.	31
Quadro 2 -	Data e estações climáticas das coletas amostrais.	36
Quadro 3 -	Parâmetros, unidades de medida, metodologias de análise e seus valores máximos e mínimos (VMP) estipulado pelo CONAMA, 357/2005.	37
Mapa 1 -	Bacia do Rio Jarí e baixo rio Jarí em destaque	34
Mapa 2 -	Pontos de coleta e suas coordenadas na Bacia do Rio Jarí	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Taxa de crescimento geométrico da população urbana residente no Brasil por Região.	18
Tabela 2 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>novembro/2009</b> do Baixo Rio Jarí.	38
Tabela 3 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>dezembro/2009</b> do Baixo Rio Jarí.	38
Tabela 4 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>janeiro/2010</b> do Baixo Rio Jarí.	39
Tabela 5 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>fevereiro/2010</b> do Baixo Rio Jarí.	39
Tabela 6 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>março/2010</b> do Baixo Rio Jarí.	40
Tabela 7 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>abril/2010</b> do Baixo Rio Jarí.	40
Tabela 8 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>maio/2010</b> do Baixo Rio Jarí.	41
Tabela 9 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>julho/2010</b> do Baixo Rio Jarí.	41
Tabela 10 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>agosto/2010</b> do Baixo Rio Jarí.	42
Tabela 11 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>setembro/2010</b> do Baixo Rio Jarí.	42
Tabela 12 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>outubro/2010</b> do Baixo Rio Jarí.	43
Tabela 13 -	Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de <b>novembro/2010</b> do Baixo Rio Jarí.	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1 ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA.....	14
2.2 ALTERAÇÕES NAS CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS D'ÁGUA.....	15
2.3 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA E SEUS PARÂMETROS.....	19
<b>2.3.1 Parâmetros Físicos .....</b>	<b>20</b>
2.3.1.1 Condutividade Elétrica .....	21
2.3.1.2 Cor .....	21
2.3.1.3 Sólidos Suspensos Totais (TSS).....	21
2.3.1.4 Sólidos Totais Dissolvidos (TDS).....	21
2.3.1.5 Temperatura (T).....	22
2.3.1.6 Turbidez (Tur) .....	22
<b>2.3.2 Parâmetros químicos.....</b>	<b>22</b>
2.3.2.1 Alumínio dissolvido (Al).....	23
2.3.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> /20).....	23
2.3.2.3 Ferro dissolvido (Fe) .....	24
2.3.2.4 Nitrato (NO <sub>3</sub> -N).....	24
2.3.2.5 Oxigênio Dissolvido (OD) .....	25
2.3.2.6 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	25
<b>2.3.3 Parâmetros biológicos .....</b>	<b>26</b>
2.3.3.1 Coliformes totais .....	26
2.3.3.2 <i>Escherichia-coli (E.Coli)</i> .....	27
2.4 CLIMATOLOGIA E EVENTOS EXTREMOS.....	28
<b>2.4.1 Vulnerabilidade Climática no Sul do Estado do Amapá.....</b>	<b>31</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	34
3.2 PONTOS DE COLETA.....	35
3.3 FREQUÊNCIA AMOSTRAL .....	36
3.4 ANÁLISE LABORATORIAL .....	36
3.5 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	37
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
4.1 RESULTADO DAS AMOSTRAS E CONFORMIDADE COM A LEGISLAÇÃO .....	38
<b>4.1.1 Parâmetros físicos .....</b>	<b>44</b>
<b>4.1.2 Parâmetros químicos.....</b>	<b>46</b>
<b>4.1.3 Parâmetros microbiológicos.....</b>	<b>48</b>
4.2 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO DO CICLO SAZONAL (2009- 2010) .....	50
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Muitas regiões do mundo apresentam quantidades suficientes de água para abastecer a sua população e as atividades econômicas que delas necessitam. De acordo com Chagas *et al.* (2012) a terra possui  $\frac{3}{4}$  de sua superfície coberta por água, com apenas 2,5% desse total correspondente a água própria para o consumo humano, e destes 80% estão situados nas geleiras nos Polos do Planeta.

O Brasil é detentor de 8% da água doce disponível no mundo, e seu maior reservatório é região Amazônica, com cerca de 80%, onde apenas 5% da população brasileira vive (CHAGAS *et al.*, 2012). Além desta desigualdade da distribuição de água em relação à ocupação populacional no país, existem também problemas de desperdício, na qual a média mundial de perdas nas redes de distribuição é aproximadamente de 10%, e no Brasil esse número chega a 30% nas regiões Sul e Sudeste, e 60% no nordeste, a região mais afetada com a escassez da água (MILARÉ, 2003).

Além dos problemas com disponibilidade e desperdício, a qualidade das águas de muitos corpos hídricos também está afetada, seja por despejos de esgoto e lixo, processos erosivos naturais ou causados pelo homem, ou dentre outras causas que dificultam a utilização desta água (BÁRBARA *et al.*, 2010). Este talvez seja o problema mais grave, pois a contaminação por meio de esgoto doméstico e descargas industriais vêm afetando de maneira irreversível a água subterrânea e superficial e também o solo (CHAGAS *et al.*, 2012).

A globalização e o desenvolvimento econômico dos países trouxeram consigo diversos problemas ambientais que serão sentidos por várias gerações. A falta de planejamento e medidas preventivas que evitem alterações bruscas nas características ambientais refletem na qualidade dos recursos naturais, sua disponibilidade e acesso pelo ser humano. A degradação da qualidade da água é um exemplo do quanto à atividade antrópica pode ser danosa e ter o poder de influenciar nessas características (MMA, 2007).

Muitas vezes desordenado, o aumento populacional causa grandes danos ambientais. Esse crescimento ocorre em quantidades de espaço e tempo curtos nos quais locais que não podiam ser ocupados tornam-se imensos aglomerados sem infraestrutura e o mínimo de planejamento para a construção de uma cidade (OLIVEIRA e CUNHA, 2010a). Um exemplo são as favelas, geralmente edificadas em encostas de morros (áreas de preservação permanente) onde a retirada

da camada vegetal propicia o aparecimento de processos erosivos colocando em riscos estes locais. Os resultados são os deslizamentos de terra, especialmente durante o período das chuvas, causando mortes e deixando o ambiente extremamente degradado (MMA, 2007). Nessas ocupações desordenadas os resíduos gerados são quase sempre descartados no ambiente sem nenhum tipo de tratamento, alterando a qualidade das águas dos lençóis freáticos e de outros corpos d'água ao redor da aglomeração.

O monitoramento da qualidade da água surge como um instrumento para se avaliar as características de um corpo d'água afim de identificar, se houver, alterações nas mesmas. Essas alterações podem causar consequências para a fauna e flora do local e também danos à saúde humana (BRAGA *et al.*, 2005). As características físicas, químicas e biológicas da água são indicadores fundamentais que identificam tais alterações em torno do corpo d'água, sendo informações úteis que quantificam a influência do desequilíbrio dos ecossistemas (ADAM, 1988; BRITO, 2008)

O poder público tem papel primordial em aplicar normas quanto à utilização da água, visto que esta é um bem comum dotado de valor econômico. No Brasil, o órgão deliberador e normativo do Meio Ambiente, o Conselho Nacional de Meio Ambiente, normatizou a padronização dos parâmetros da qualidade das águas do país a partir da resolução n. 357 de 2005. Esta resolução traz os valores máximos e mínimos permitidos para cada parâmetro da qualidade da água, de acordo com a classificação do corpo d'água.

Com esses instrumentos legais e científicos, o monitoramento da qualidade da água, dispõe-se de importantes instrumentos para o acompanhamento da qualidade ambiental e sanitária da água nas bacias hidrográficas. Através do monitoramento da qualidade da água, é possível avaliar sua adequação para o consumo ou contato humano ou se há algum tipo de contaminante induzindo desequilíbrio ecológico (BRITO, 2008).

Além das atividades antrópicas, muitas características naturais podem influenciar na alteração da qualidade da água do local. De acordo com Luz Netto *et al.* (2011), a qualidade da água de um corpo d'água é o resultado de todos os fenômenos naturais e antrópicos presentes em uma bacia hidrográfica, ou seja, sua qualidade depende das condições naturais e do uso e ocupação da terra.

O clima é um dos fatores naturais mais importantes no estudo de um corpo hídrico. Os volumes de chuva, a umidade, a intensidade solar e outros aspectos, podem alterar características

da água de acordo com a estação do ano. Por isso, cada corpo d'água tem suas próprias características, em função da sua localização geográfica, do clima da região e do tipo de solo que se encontra no local (CALDEIRA *et al.*, 2011, CUNHA E CUNHA, 2010).

Os recursos hídricos da região Amazônica são fortemente influenciados pelos regimes chuvosos anuais (LUCAS *et al.*, 2010). Por causas de eventos como El Niño os volumes precipitados de chuva são intensos e, em locais alterados pelo homem, podem causar consequências indesejáveis como as enchentes (IBID). Esses fenômenos naturais por si só não são um problema, mas passam a ser quando atingem parcelas significativas da sociedade, tornando-se um desastre natural (PARIZE *et al.*, 2011). Os maiores problemas e danos encontrados no país atualmente relacionados com desastres naturais acontecem em função aos eventos climáticos destacados como riscos hidrometeorológicos.

Segundo Parize *et al.* (2011), riscos hidrometeorológicos são eventos naturais, ocorridos em caso de chuva de grande proporção que afeta uma parcela da sociedade, como por exemplo riscos as enchentes e inundações (OLIVEIRA e CUNHA, 2010a). Inundações ocorrem quando há precipitações intensas com duração suficiente para ultrapassar a capacidade do volume de água do rio, alagando terras próximas (FINGER *et al.*, 2011).

De acordo com Girão (2012), os estudos desses eventos meteorológicos de cunho catastrófico e suas repercussões sobre a sociedade afetada auxiliam na avaliação dos riscos potenciais a que estão sujeitas as populações que ocupam áreas susceptíveis a tais eventos.

O sul do Estado do Amapá é alvo constante desses eventos extremos. Por estar situado em uma região que sofre influência direta com grandes eventos convectivos no oceano (LUCAS *et al.*, 2010), tem sofrido diversas enchentes que põem em risco as populações locais, especialmente as de Laranjal do Jarí. Com efeito, o rio que faz limite entre os estados do Amapá e Pará, o rio Jarí, sofre elevações bruscas em seu nível durante o período chuvoso por conta das variações sazonais de precipitação na sua cabeceira, normalmente conectadas com os fenômenos de La Niña, registrados como anos de maior incidência de chuva (OLIVEIRA *et al.*, 2010b). No trecho do baixo Rio Jarí encontra-se a cidade de Laranjal do Jarí, a qual tem sofrido com uma série de eventos climáticos severos, considerado neste caso como de alta gravidade (OLIVEIRA E CUNHA, 2010a).

Como resultado, devido às precárias condições de moradia e infraestrutura da cidade Laranjal do Jarí, anualmente continua sofrendo durante os períodos chuvosos, e a situação de

calamidade social, econômica e hidrossanitária tende a se agravar quando os eventos hidroclimáticos também são mais intensos, normalmente com recorrência a cada 5 a 6 anos (LUCAS *et al.*, 2010).

Para melhor compreender como a variação sazonal influencia a qualidade da água de um trecho do Baixo Rio Jarí, com destaque ao trecho em frente da cidade de Laranjal do Jarí, foi realizado o presente estudo de monitoramento mensal de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água deste rio. O objetivo foi monitorar e analisar 16 parâmetros da qualidade da água em um trecho representativo (36 km) próximo da área urbana de Laranjal do Jarí – AP e associá-los à vulnerabilidade hidroclimática e aos riscos sanitários do local.

O presente trabalho também objetivou monitorar e analisar se os parâmetros da qualidade da água estão de acordo com os limites máximos e mínimos (VMP) permitidos pela Resolução n 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, para águas de classe 2, visto que o rio Jarí não apresenta classificação e é inserido nesta classe de acordo como descrito na resolução para corpos d'águas ainda não classificadas. Além disso, também busca associar as variações de concentrações de variáveis físico-químicas e microbiológicas com as variações de precipitação sazonais na bacia do Rio Jarí, identificando a tipicidade da precipitação durante os eventos de monitoramento.

A hipótese da pesquisa é que existem alterações na qualidade da água do rio Jarí e esses valores tendem a aumentar com o advento de eventos extremos, expondo a população de Laranjal do Jarí a riscos sanitários.

A pesquisa foi desenvolvida durante o período de um ano, a partir de monitoramento mensal da qualidade da água (novembro de 2009 a novembro de 2010) em quatro pontos amostrais de coleta no trecho do baixo rio Jarí, perpassando pela cidade de Laranjal do Jarí, no Amapá, principal local afetado com as enchentes que ocorrem na região.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA

A água é um dos elementos mais importante do planeta e essencial para a manutenção da vida terrestre. Segundo Sperling (1996) a água é encontrada em 70% da superfície do planeta, onde aproximadamente 97% estão concentradas nos oceanos. Em relação a essa maior parte contida nos oceanos, atualmente não existem maneiras economicamente viáveis para aproveitá-las (CHAGAS *et al.*, 2012), e dos 2,5% de água doce, 80% se encontram nas geleiras nos polos do Planeta, restando somente 0,3% apropriada ao consumo humano.

A água representa 70% do peso do corpo humano e participa de diversas funções fisiológicas do nosso organismo, como o transporte de minerais e outras substâncias para dentro e fora das células (BRAGA *et al.*, 2005). Além das outras funções biológicas no organismo humano, a água é considerada um solvente universal, pois nela é possível dissolver uma grande quantidade de substâncias (soluto).

Além da importância da água para os seres vivos, esse elemento também é muito importante para economia, como recurso principal nos setores primário (agricultura e energética-mineração, por exemplo) e secundário (urbano-industrial). Essas atividades econômicas geram impactos ao meio ambiente, pois na maioria das vezes alteram as características naturais do meio e deixam consequências, se não forem mitigados os impactos, em todos os aspectos ambientais.

Segundo Chagas *et al.* (2012), a preocupação mundial em relação à proteção aos recursos hídricos iniciou-se nos meados do século XX, quando na França, em 1959, surgiu o Código Rural. Mais tarde, a Lei 1964 instituía a preservação dos recursos hídricos, através de novas modalidades de punição. Ainda na Europa, no ano de 1969, Suécia e Holanda criaram normas penais de proteção à poluição aos corpos de água. No Japão, surgiu em 1972, normas punitivas para os crimes relativos à poluição ambiental. Os EUA criaram no mesmo ano, legislação específica ao assunto, com punições que podem variar de altas penas pecuniárias até a prisão do infrator.

No Brasil, a proteção às águas iniciou-se verdadeiramente com a promulgação da Lei nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Um dos grandes avanços do Direito

Ambiental brasileiro foi à criação da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n° 357 (2005) que estipula os valores máximos e mínimos de componentes químicos, físicos e biológicos permitidos para as águas do território brasileiro. O CONAMA como órgão regulador do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), expôs também nessa resolução algumas características e determinações sobre as águas do Brasil, como a classificação das águas em classes, na qual cada classe tem um valor diferente de acordo com as suas características, e os corpos d'água que não receberam classificação se enquadram como classe II (para águas doces).

As águas doces de classe 2 são destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, e à aquicultura e atividades de pesca (CONAMA, 2005)

Outro grande avanço sobre a qualidade da água no Brasil, são as portarias n° 518 (2004) e a n° 2.914 (2011) do Ministério da Saúde. Ambas as portarias estabelecem os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O Brasil, como representante das maiores e mais volumosas bacias de água doce do mundo, vem se preocupando com estudos envolvendo a qualidade da água. O país é detentor de 8% da água doce do mundo e a distribuição de água por região é muito desigual (CHAGAS *et al.*, 2012). A região Amazônica é a que detém a maior parcela desta água (cerca de 80%), porém é a região menos populosa do Brasil (5% da população apenas). Além da má distribuição da água em relação à densidade demográfica, ocorre o fato de haver grande desperdício deste recurso.

## 2.2 ALTERAÇÕES NAS CARACTERÍSTICAS DOS CORPOS D'ÁGUA

Desde a revolução industrial, com o auge das indústrias e a expansão do capitalismo, uma das questões mais debatidas do mundo é o meio ambiente e quais seriam as consequências do “mercado enlouquecido” para o planeta. Em meados de 1800 já havia uma preocupação com os impactos ambientais e as suas causas, principalmente em relação à contaminação por esgoto que ocorria em grandes cidades industrializadas. (BRAGA *et al.*, 2005)

A criação de áreas protegidas, o mercado de carbono, os movimentos e novas pautas das reuniões internacionais mostram o quanto os países tem se preocupado também com os recursos limitados da natureza, principalmente quando há conflito de interesse entre a conservação e o desenvolvimento econômico diante do grande impacto causado por projetos.

Se não houvesse nenhuma influencia antrópica, a qualidade da água seria determinada pelas condições climáticas sobre os leitos minerais, pelos processos de evapotranspiração e deposição de poeira e sais pelo vento, pela lixiviação natural de matéria orgânica e nutriente sólido, e por fatores hidrológicos que ocasionam o escoamento superficial (CUNHA, 2000).

A água de um rio é um recurso natural que reflete as alterações do meio, sejam elas de origem natural ou antrópicas. A grande diferença entre essas duas causas, porém, está não somente nas suas origens, mas também na possibilidade do rio se recuperar. Segundo Luz Netto *et al.* (2011), uma bacia hidrográfica é um grande complexo em que todas as atividades implementadas interferem direta ou indiretamente em seus cursos d'água, porém, as interferências antrópicas sempre são de maior dificuldade de recuperação e de maior proporção.

Exemplo dessas interferências são atividades econômicas, seja agricultura, indústria ou pecuária, que promovem a retirada da vegetação natural, expondo o solo a processos erosivos intensificados pela ação do escoamento superficial, carreando para os cursos de drenagem sedimentos, detritos orgânicos e inorgânicos que interferem na qualidade da água e ainda podem assorear os cursos d'água (CUNHA, 2000).

Segundo BÁRBARA (2006) as interferências advindas das atividades antrópicas são detentoras de um caráter singular e delicado, uma vez que introduzem no meio hídrico, na maioria das vezes de forma contínua, algumas substâncias que nunca estiveram ali presentes ou que existiam em baixas concentrações. Além disso, esses elementos, uma vez introduzidos no ambiente, necessitam da interferência humana para serem removidos.

Para entender como ocorrem tais variações e o grau de perturbação dos impactos ambientais há necessidade primordial de monitoramentos das características ambientais. A necessidade de monitoramento parte da concepção de que todas as atividades impactam os cursos d'água e, conseqüentemente, a qualidade da água e a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica (LUZ NETTO *et al.*, 2011). O monitoramento da qualidade da água surge para gerar informações úteis nas decisões gerenciais tomadas em relação ao seu uso adequado.

Segundo CUNHA (2000), dentre essas informações, as mais úteis são aquelas relacionadas aos planos de investimentos para controle de poluição, organização urbana e rural, instalação de indústrias e avaliação da efetividade de decisões anteriormente executadas.

A implantação de sistemas de monitoramento não é trivial e necessita de etapas que devem ser cumpridas regularmente. São elas: a) a coleta de amostras, que nela está contida a definição dos pontos de coleta, a frequência de amostragem e a seleção de variáveis; b) a fase laboratorial, de análise das amostras coletadas em campo; c) o armazenamento dos dados, procedimento de verificação da consistência dos dados, utilização de banco de dados em computadores e escolha de procedimentos fáceis e acessíveis de recuperação de dados; d) e a produção de informação, que é feita através da análise numérica dos dados. (ECOLOGY BRASIL, 2009)

São poucos os profissionais capacitados para tal atividade, tanto em função da falta de incentivo, quanto o custo dos reagentes e equipamentos de trabalho. A análise da qualidade da água também tem como objetivo de entender o grau de comprometimento das águas para prevenir e mitigar impactos de eventos extremos, como as enchentes (associadas às doenças de veiculação hídrica) e as secas (processos de desertificação), eventos esses bastantes frequentes no território brasileiro (ADAM, 1988).

Entende-se por poluição da água a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem. Essas alterações podem produzir impactos estéticos, fisiológicos ou ecológicos. Já a contaminação refere-se à transmissão de substâncias ou microorganismos nocivos a saúde pela água. A ocorrência da contaminação não implica necessariamente em desequilíbrio ecológico (BRAGA *et al.*, 2005).

Ainda segundo BRAGA *et al.* (2005), os poluentes podem ser introduzidos na água de forma pontual ou difusa. As cargas pontuais mais facilmente identificadas e de mais fácil controle. Já as cargas difusas, que ganham o nome por serem lançadas em vários pontos não específicos, são mais difíceis de serem controladas e identificadas, como as substâncias provenientes de campos agrícolas.

Castro *et al.* (2009b) asseveram que, em relação às alterações da qualidade da água, as principais fontes de poluição em meio urbano são, além do esgotamento sanitário, a circulação de veículos, dejetos de animais, os resíduos sólidos, os canteiros de obras, a erosão dos solos, retirada da vegetação e a poluição industrial (atmosférica, residual e efluentes).

Estudos relacionados aos diversos efeitos da urbanização sobre os corpos d'água são frequentes (CASTRO *et al.*, 2009a, b). Mesmo na região norte do país, como no Estado do Amapá, onde os níveis de urbanização ainda são relativamente menores quando comparados com os da região sul e sudeste (BASTOS; 2010; NERI, 2004; CUNHA *et al.*, 2004; TAKIYAMA *et al.*, 2003), os impactos têm sido devastadores do ponto de vista da saúde pública e dos ecossistemas aquáticos em geral.

É importante a vinculação de conhecimentos entre a hidrologia de uma bacia e seus reflexos sobre aspectos sociais e econômicos (OLIVEIRA *et al.*, 2010b), principalmente devido a problemas hidrológicos extremos. A mudança global do clima vem se manifestando de diversas formas, destacando-se o aquecimento do planeta, maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, alterações nos regimes de chuvas, perturbações nas correntes marinhas, retração de geleiras e elevação do nível dos oceanos (NAE, 2005).

Segundo a Agencia Nacional de Águas, até 2020 o crescimento populacional na bacia amazônica está estimada em 9,5 milhões de habitantes, com uma densidade demográfica de 2,5 hab./km<sup>2</sup>, distribuída desigualmente e com maior concentração nas principais cidades como Manaus, Santarém, Porto Velho, Belém, Boa Vista, Rio Branco e Macapá (ANA, 2005). De acordo com estas informações, um dos aspectos mais relevantes das águas é a melhoria das condições de saneamento das capitais e dos principais núcleos urbanos, mediante a ampliação ou a implementação de sistemas de tratamento de esgotos domésticos, além de sistemas de tratamento de efluentes industriais e de disposição final de resíduos.

Esse aspecto do crescimento geométrico populacional por região pode ser observado na Tabela 1. Esse estudo mostra que a Região norte foi a que mais cresceu ao longo dos anos, até em relação ao crescimento geométrico brasileiro.

Tabela 1 - Taxa de crescimento geométrico da população urbana residente no Brasil, por Região.

<b>Unidade Espacial</b>	<b>1980/1970</b>	<b>1991/1980</b>	<b>2000/1991</b>	<b>2010/2000</b>
<b>Regiões</b>				
Nordeste	4,10	3,55	2,77	1,65
Norte	6,44	6,26	4,78	2,61
Sudeste	3,99	2,34	1,92	1,31
Sul	4,98	2,98	2,41	1,36
Centro Oeste	7,69	3,74	3,11	2,15
<b>Brasil</b>	4,44	2,97	2,45	1,55

Fonte: MIRANDA, 2012.

O modelo de urbanização observado nas grandes cidades mundiais permite a ocupação das planícies de inundações dos corpos d'água urbanos e expõe a população ao risco de impactos. Segundo BRITO (2008), neste quesito, o ecossistema amazônico é extremamente frágil e dependente de vários ciclos que, harmoniosamente, mantém vivos os ecossistemas, considerando que o solo amazônico é reconhecidamente pobre em nutrientes.

A ANA (2005) também observa que as informações relativas à qualidade da água na região amazônica são esparsas, e os estados que a compõem estão em diferentes níveis em relação ao monitoramento e ao controle da qualidade. Além disso, sobre o panorama das regiões hidrográficas amazônicas, apesar de apresentar uma ocupação rarefeita do território, combinada com a condição hídrica privilegiada, faz com que esta "não apresente" problemas de disponibilidade, mas o que não significa não ter problemas com sua qualidade (BASTOS, 2010; NERI, 2004; TAKIYAMA *et al.*, 2003; CUNHA *et al.*, 2004; CUNHA E CUNHA, 2005).

Desta forma, a abundância do bioma amazônico e sua interação com os corpos d'água fazem com que quaisquer ações desencadeadas no espaço geográfico das bacias produzam efeitos imediatos e de longo prazo sobre os recursos hídricos. A falta de infraestrutura também é um grande problema. Na região amazônica existem poucas estações de tratamento de esgotos, dos quais somente 10,4% são coletados e 2,3% são tratados. Ou seja, os despejos de efluentes domésticos, industriais e da mineração são jogados diretamente nos rios sem nenhum tipo de tratamento (BRITO, 2008).

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA E SEUS PARÂMETROS

Os ecossistemas aquáticos podem ser divididos em dois grupos: os de água doce e os de água salgada. A diferenciação dos tipos é quanto à concentração de sais dissolvidos. Na água doce não ultrapassa 0,5 g/l, enquanto nas águas marinhas fica em torno de 35 g/l. A salinidade da água é um fator de grande importância para a sobrevivência dos seres aquáticos, pois as espécies tem que se adaptar e fixar o seu equilíbrio osmótico com o meio (BRAGA *et al.*, 2005).

Os ecossistemas de água doce podem ser divididos em dois grupos, os lânticos, como os lagos e os pântanos, e os lóticos, como os rios, nascentes e as corredeiras (IBID).

De acordo com BRAGA *et al.* (2005), os rios estão intimamente relacionados com o ambiente ao seu redor, dependendo dele para satisfazer a maior parte das necessidades de

suprimento de energia de seus indivíduos visto que os produtores encontrados nos cursos de água não são suficientes, tornando assim os cursos de água ecossistemas abertos.

As águas de um rio são caracterizadas pelos parâmetros físicos, químicos e biológicos. Estes parâmetros servem como indicadores do estado do corpo hídrico e podem ser relacionados às suas características naturais ou as fontes de poluição. A água de um rio, ao longo do seu ciclo hidrológico, entra em contato e incorpora em sua composição elementos existentes na atmosfera, rochas, solos e vegetação (LARANTIS, 2004). Esses elementos presentes na água caracterizam-na qualitativamente. Nas águas naturais, esses elementos são incorporados durante um período de tempo suficiente para equilibrar seus ecossistemas. Porém, a interferência antrópicas causa modificações aceleradas, principalmente pelo carreamento de cargas poluidoras das suas diversas atividades para dentro dos rios.

Somente com monitoramento em campo e posterior avaliação de um grupo de parâmetros ou a combinação de parâmetros é que se permitirá tirar algumas conclusões relacionadas à qualidade da água e ao estado do corpo hídrico.

A água é uma substância diferenciada por apresentar-se na fase líquida nas condições normais de temperatura e pressão atmosférica e é uma das poucas substâncias inorgânicas a possuir tal característica. De acordo com BRITO (2008), em função do alto calor específico da água, as variações naturais da temperatura nos meios aquáticos costumam ser brandas, conseqüentemente, toda a biota aquática não está adaptada para sobreviver a grandes variações de temperatura. Por isso o despejo de efluentes aquecidos nos meios aquáticos tem potencial de produzir grandes danos ambientais.

### **2.3.1 Parâmetros Físicos**

Quanto às características físicas da água, essas se relacionam aos aspectos estéticos. Os principais parâmetros físicos da água são: condutividade elétrica, a cor, os sólidos suspensos, os sólidos totais dissolvidos, a temperatura da água e a turbidez. Esses parâmetros são bons indicadores das características das águas superficiais, muito usados em estudos de monitoramento. O significado físico de cada um dos parâmetros é descritos a seguir:

### 2.3.1.1 Condutividade Elétrica

A condutividade é a capacidade do líquido em conduzir corrente elétrica, e tem relação com outros parâmetros analíticos, como a salinidade e os sólidos totais dissolvidos. A medida de condutividade pode indicar indiretamente a presença de poluição ou desequilíbrio no corpo hídrico, pois na composição dos efluentes podemos encontrar íons em solução (BRITO, 2008).

### 2.3.1.2 Cor

Estão presentes na água algumas substâncias dissolvidas que produzem cor. Essas substâncias podem ser de origem orgânica, como plâncton, algas, húmus, ligninas, ou inorgânicos, como por exemplo, íons metálicos de ferro e manganês. Essa cor ainda se torna mais intensa com a combinação de ferro com a matéria orgânica dissolvida na água (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991). A cor elevada não representa riscos à saúde, porém pode indicar alterações nas características estéticas e interferir no abastecimento público.

### 2.3.1.3 Sólidos Suspensos Totais (TSS)

Esse parâmetro tem relação direta com a turbidez e a transparência da água, ou seja, quanto maior sua quantidade na água maior a turbidez e menor a transparência (MACEDO, 2003). O aumento da turbidez pode inferir na redução da taxa de fotossíntese e prejudicar a procura de alimentos para algumas espécies, levando a um desequilíbrio na cadeia alimentar. Esses sedimentos suspensos podem carregar pesticidas, metais pesados e outros componentes tóxicos e sua deposição no fundo de rios e lagos prejudica as espécies bentônicas e a reprodução de peixes, além de causar assoreamento (SILVA, 2006). Esse parâmetro também é indicador de presença de poluição em corpos d'água, pois as quantidades de materiais coloidais não dissolvidos e de material em suspensão aumentam com o grau de poluição.

### 2.3.1.4 Sólidos Totais Dissolvidos (TDS)

Esse parâmetro tem relação direta com os parâmetros de salinidade e condutividade, e ocorre principalmente de sais inorgânicos, além de pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos.

#### 2.3.1.5 Temperatura (T)

A medida do estado térmico da amostra é um parâmetro muito importante, pois seus efeitos interferem nas reações químicas que ocorrem na água, nas taxas de reação e na vida aquática. O aumento da temperatura acelera as reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, aumenta a solubilidade dos sais, acentuam o odor, dentro outras (BRAGA *et al.*, 2005). O principal efeito é diminuir a solubilidade do oxigênio dissolvido na água afetando as reações bioquímicas que se desenvolvem em função desse parâmetro causando altos índices de mortalidade de espécies superiores, como os peixes. Já a redução da temperatura na água proporciona potencial crescimento de plantas e fungos, causando problemas como eutrofização e nitrificação do meio aquático.

#### 2.3.1.6 Turbidez (Tur)

A turbidez é causada pela presença de materiais em suspensão, tais como argila, sílica, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida e organismos microscópicos. Como é a capacidade de ultrapassagem de luz na água, a turbidez em águas superficiais aumenta devido aos efeitos da erosão, das cheias, enxurradas e da poluição, relacionada aos despejos domésticos e industriais, os quais agregam à água materiais que servem de alimento para bactérias e outros organismos vivos que também vão contribuir com o aumento desse parâmetro (BRITO, 2008).

### 2.3.2 Parâmetros químicos

Uma das características químicas da água mais importante é o fato de ela ser um ótimo solvente, isso significa que a água é capaz de dissolver um grande número de substâncias orgânicas ou inorgânicas nas fases sólidas, líquidas e gasosas. Por isso, um dos usos da água dos rios é o de diluir os efluentes gerados pelo homem (BRANCO, 2003). Esse processo de diluição

natural da água é chamado de autodepuração, na qual os microorganismos consomem o material lançado e logo após ocorre à reintrodução de oxigênio no meio que foi diminuído com a respiração dos organismos.

Algumas dessas substâncias dissolvidas na água são essenciais para a sobrevivência de alguns organismos aquáticos e para a manutenção de ecossistemas, porém, esse equilíbrio muitas vezes é perturbado pelo despejo de altas cargas de substâncias no rio, alterando sua qualidade.

Os parâmetros químicos são os índices mais importantes para caracterizar a qualidade da água (BRANCO, 2003). É possível caracterizar a água por seu conteúdo mineral, por meio dos íons presentes, além de determinar o grau de contaminação permitindo a determinação da origem dos principais poluentes. Esses parâmetros possibilitam caracterizar picos de concentração de poluentes tóxicos e avaliar o equilíbrio bioquímico que é necessário para a manutenção da vida aquática, permitindo verificar as necessidades de nutrientes, um dos fatores importantes para a fauna aquática. Os principais parâmetros químicos são o pH, que serve como indicador de poluição de qualquer espécie; a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o Oxigênio Dissolvido (OD), a amônia e o nitrato como indicadores de poluição orgânica; e os metais alumínio e ferro, descritos a seguir.

#### 2.3.2.1 Alumínio dissolvido (Al)

Na água o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, pela temperatura e pela presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Esse parâmetro também se dissolve no solo para neutralizar a entrada de ácidos, como as chuvas ácidas, extremamente tóxicas à vegetação e podendo ser escoado para os corpos d'água. A principal via de exposição humana não ocupacional é pela ingestão de alimentos e água com grandes quantidades de alumínio. O acúmulo de alumínio no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer (CAMILLERI *et al.*, 2003).

#### 2.3.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>/20)

Esse é o parâmetro mais comumente utilizado na determinação do oxigênio dissolvido consumido pelos microrganismos aeróbicos e facultativos no processo de oxidação da matéria orgânica biodegradável. Quando esses microrganismos se nutrem de matéria orgânica, promovendo a oxidação da matéria orgânica, convertendo-a em gás carbônico e água, eles gastam energia neste metabolismo bioquímico e roubam do meio certa quantidade de oxigênio pela respiração, criando uma demanda de oxigênio. Assim, a DBO mede indiretamente a quantidade de matéria orgânica existente na água. Este parâmetro está intimamente relacionado com a presença de esgoto sanitário ou fontes de poluentes orgânicos difusos e pontuais nos corpos d'água.

#### 2.3.2.3 Ferro dissolvido (Fe)

As águas que contem altas quantidades de ferro caracterizam-se por apresentar cor elevada e baixa turbidez. Apesar de não ser tóxico, o ferro trás diversos problemas para o abastecimento público da água, pois as águas ferruginosas mancham as roupas e os aparelhos sanitários e podem ficar depositados nas tubulações (COSTA e SOUSA, 2007).

Os sais férricos e ferrosos como os cloretos são bastante solúveis na água. Os sais ferrosos são facilmente oxidados nas águas naturais de superfície, formando hidróxidos férricos insolúveis, que tendem a flocular e decantar ou serem adsorvidos superficialmente, razão pela qual a ocorrência de sais de ferro em águas superficiais bem aeradas dificilmente se dá em concentrações de elevado teor. Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento dos solos e a ocorrência de processos de erosão das margens (MACEDO, 2003).

#### 2.3.2.4 Nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )

De acordo com Luz Netto *et al.* (2011), o nitrogênio é encontrado em diversos estados nos corpos d'água, sendo eles, o nitrogênio orgânico, o nitrogênio molecular, amoniacal, nitrito e nitrato gerados por ações naturais ou de compostos biológicos ou por ação antrópica pelo uso de fertilizantes, excrementos de animais e despejos domésticos e industriais. O nitrato está presente nas águas de superfície e residuais.

O íon nitrato representa o produto final da mineralização da matéria orgânica nitrogenada, por via aeróbia. Toda água apresenta traços de nitrato, que pode ser acrescida devido à poluição de matéria orgânica, ou devido à aplicação excessiva de fertilizantes. Os nitratos presentes na água em quantidade maiores provocam em crianças o estado mórbido denominado cianose ou metaemoglobinemia. Nas águas superficiais, raramente a concentração de nitratos está acima de  $5\text{mg/L}^{-1}$  (IBID).

#### 2.3.2.5 Oxigênio Dissolvido (OD)

É um dos principais indicadores da qualidade da água, pois é fundamental para o organismo aeróbico que vive nos rios, principalmente os de vida superior como os peixes. Sua concentração na água nos dá a idéia da capacidade que um corpo hídrico tem de promover a autodepuração da matéria orgânica descartada em seu curso.

Os fatores que influenciam a concentração desse gás no meio hídrico são a temperatura da água, a pressão atmosférica, a respiração e a fotossíntese das plantas aquáticas, além das demandas por oxigênio na água (BRAGA *et al.*, 2005). Esse parâmetro é inversamente proporcional à temperatura, ou seja, quanto maior a temperatura, menor será a concentração de saturação do oxigênio presente na água. Como as taxas de reações bioquímicas que utilizam oxigênio aumentam com a elevação da temperatura, os níveis de oxigênio dissolvido tendem a ser menores nos meses de verão.

#### 2.3.2.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é formado pela presença dos sólidos e gases dissolvidos no meio hídrico oriundos da dissolução de rochas, absorção e emissão de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese e, em especial, dos efluentes de origem antrópica. O pH é a medida da concentração de hidrogênios livres nas águas dos rios, podendo variar seu valor de zero a quatorze, indicando uma água ácida quando a baixo de sete e alcalina acima de sete. Na faixa de sete é considerada neutra (LIMA, 2001). Em termos sanitários, somente em águas extremamente ácidas ou básicas poderiam causar algum tipo de irritação na pele e nos olhos (LUZ NETTO *et al.*, 2011).

### 2.3.3 Parâmetros biológicos

As águas contêm uma série de microorganismos. Alguns são naturais do ecossistema aquático e outros, transitórios, provenientes do solo e de despejos industriais e domésticos. Quando um rio recebe esgoto, passa a ter outros tipos de bactérias que não são naturais da água e podem causar doenças as pessoas e animais que entram em contato com essa água.

Por causa da grande variedade de microorganismos patogênicos que podem estar contidos na água, é difícil sua detecção individualizada. É mais fácil inferir sua existência a partir de indicadores da presença de matéria fecal no meio líquido. As bactérias mencionadas que são utilizadas como indicadores de poluição da água são os coliformes termotolerantes. Essas bactérias são gram-negativas, em forma de bacilos, oxidas e negativas, caracterizadas pela atividade da enzima *galactosidase*. Podem crescer em meio contendo agentes tenso-ativos e fermentar a lactose nas temperaturas de 44-45°C, com produção de ácido, gás e aldeído. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais homeotérmicos, ocorrem em solos, plantas ou outras matrizes ambientais que não tenham sido contaminados por material fecal (CONAMA, 2005).

#### 2.3.3.1 Coliformes totais

Os coliformes totais, bactérias utilizadas como indicadores em estudos da qualidade da água, são os coliformes termotolerantes que incluem espécies de origem não exclusivamente fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, na água e nas plantas. Apesar da denominação, o grupo coliformes fecais também incluem bactérias de origem não exclusiva fecal, e principalmente, em países de clima tropical, mesmo que originalmente introduzidas na água por poluição fecal, essas bactérias podem adaptar-se ao meio aquático.

Os coliformes totais são utilizados para indicar quantidades de matéria orgânica, visto que estes só estão presentes se existirem alimentos. Uma grande quantidade de matéria orgânica na água pode indicar à proliferação de bactérias nocivas à saúde humana, assim como vírus e protozoários de veiculação hídrica.

### 2.3.3.2 *Escherichia-coli (E.Coli)*

Para a resolução do CONAMA 357 de 2005, a *Escherichia Coli (E.Coli)* é uma bactéria pertencente a família *Enterobacteriaceae* caracterizada pela atividade da enzima *glicuronidase*. Produz indol a partir do aminoácido triptofano e é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas.

Embora não sejam patogênicas, a presença dessas bactérias na água indica que ela recebeu matéria fecal e pode, portanto, conter microorganismos patogênicos.

As doenças de veiculação hídrica constituem o grupo no qual o agente patogênico é ingerido junto com a água. A prevalência das doenças de veiculação hídrica, notadamente na América Latina, África e Ásia, constitui um forte indicativo da fragilidade dos sistemas públicos de saneamento. De acordo com OTENIO *et al.* (2007), tal fragilidade materializa-se na ausência de redes coletoras de esgotos e, principalmente, na qualidade da água distribuída a população, quando os sistemas de abastecimento se fazem presentes, e esses fatos concorrem para a manutenção dos índices de mortalidade infantil no Brasil entre os mais elevados do continente.

A água microbiologicamente contaminada pode transmitir grande variedade de doenças infecciosas, de diversas maneiras: diretamente pela água (provocada pela ingestão de água contaminada); causadas pela falta de limpeza e de higiene e causadas por parasitas encontrados em organismo que vivem na água. A cada oito segundos uma criança morre em decorrência de doenças vinculadas a água (OTENIO *et al.*, 2007).

Ocorrem no mundo 4 milhões de casos de diarreia por ano, com 2,2 milhões de mortes e a maioria entre crianças de até cinco anos. Estima-se que uma oferta de água que não represente um risco significativo a saúde poderia reduzir esse quadro em um terço dos casos de doenças diarreicas (OPAS, 2001).

As classes de organismos patogênicos mais comuns e algumas doenças transmitidas pela água e pelo esgoto ao homem são:

- Bactérias: responsáveis pela transmissão de doenças como a leptospirose, a febre tifoide, a febre paratifoide, a cólera, e outros.
- Vírus: responsáveis pela transmissão de doenças como a hepatite infecciosa e a poliomielite.

- Protozoários: responsáveis pela transmissão de doenças como a amebíase e a giardíase, e outros,
- Helmintos: responsáveis pela transmissão de doenças como a esquistossomose e a escaridíase.

## 2.4 CLIMATOLOGIA E EVENTOS EXTREMOS

Cada rio é único em suas características hidráulicas que podem ser analisadas por meio da vazão, precipitação, profundidade, capacidade de carga, dentre outras características. O clima também é um grande aliado no estudo de um corpo d'água, pois molda e determina os períodos climáticos da região e modifica as características de um local.

O clima ainda influencia nos ecossistemas, nos nichos ecológicos, no abastecimento público e principalmente, na qualidade da água. Por exemplo, nos grandes centros populacionais do Brasil, como na região sudeste e sul, existe baixa disponibilidade hídrica que se reduz ainda mais com a estiagem. Na região nordeste, algumas localidades sofrem há décadas com a escassez de água causada, principalmente, pela falta de chuva devido ao clima semiárido (TUCCI *et al.*, 2001).

Segundo Girão (2012), durante a década de 1990, a investigação climática foi estimulada pela discussão acerca das alterações climáticas e do impacto das atividades humanas no clima, o que originou um incremento dos estudos em Climatologia Histórica na Europa, intensificado pela cooperação internacional e um aumento expressivo dos estudos publicados. Esses estudos são utilizados como instrumentos de suma importância para gestão pública, pois auxiliam no planejamento urbano-territorial.

Na região Amazônica, segundo estudos, ocorrem grandes quantidades de chuvas, isso graças aos processos naturais convectivos originados por eventos em grande escala, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), condicionados por forçantes climáticas como o El Niño e La Niña (LUCAS *et al.*, 2010).

De acordo com ECOLOGY BRASIL (2009), um dos principais elementos atmosféricos atuantes na região Amazônica, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), promove condições favoráveis ao movimento ascendente e a consequente presença de nebulosidade e precipitação, condicionando a pluviosidade regional.

Os fenômenos El Niño e La Niña caracterizam-se como anomalias de aquecimento ou resfriamento na coluna d'água superficial e subsuperficial do Oceano Pacífico Equatorial causando impactos significativos sobre o equilíbrio hidrológico e atmosférico global (IBID).

SOUZA *et al.* (2004) também asseveram que a ZCIT é o principal sistema meteorológico indutor de chuva nessa região quando da sua posição climatológica mais para o sul, que define a qualidade da estação chuvosa, principalmente no Estado do Amapá e Pará, incluindo a bacia do rio Jarí. Estes estudos indicam que sobre a região há uma elevada variabilidade no total de chuva entre um ano e outro, evidenciando a alta variabilidade climática interanual, ou seja, em regiões tropicais, devido às características físico-naturais, as inundações e enchentes decorrentes de chuvas intensas são acidentes comuns da natureza (PEREZ FILHO *et al.*, 2006).

Recentemente, há um crescente interesse no estudo da percepção climática e nas maneiras de lidar com anomalias climáticas e as conseqüentes catástrofes naturais. Segundo LUCAS *et al.* (2010), estudos com enfoque sobre a Amazônia Oriental indicam que a variabilidade da chuva sazonal durante a estação chuvosa é dependente dos mecanismos climáticos de grande escala que se processam nos dois oceanos tropicais adjacentes: o Oceano Pacífico e o Oceano Atlântico.

Os eventos extremos que fazem parte da dinâmica local das regiões tropicais passam a ser considerados acidentes quando superam a capacidade material de uma determinada organização social para absorver, amortizar ou evitar seus efeitos negativos. Assim, uma das principais dificuldades quanto à preservação dos impactos pluviais reside no fato de que toda a estrutura urbana não é planejada para a ocorrência de tais anomalias.

O modelo de urbanização observado nas grandes cidades mundiais permite a ocupação das planícies de inundações dos corpos d'água urbanos e expõe a população ao risco de impactos de enchentes, agravados pelos episódios anômalos de precipitação (OLIVEIRA E CUNHA, 2010a).

Por estes motivos, esses fenômenos que ocorrem na Amazônia causam grandes conseqüências, principalmente em localidades onde se encontram populações vulneráveis a essas ameaças, como em cidades ribeirinhas sem infraestrutura adequada. Segundo Perez Filho *et al.* (2006), as características sociais e ambientais de diversas cidades brasileiras, tais como a impermeabilização excessiva do solo e parcela considerável da população ocupando fundos de vale e área de inundação, acarretaram problemas crônicos de enchentes nos últimos anos,

causando grandes impactos em áreas urbanas, prejudicando as condições de vida da população e provocando prejuízos econômicos.

Portanto, a chuva figura como o elemento deflagrador dos acidentes relacionados a inundações, mas a ocupação inadequada de áreas sujeitas a alagamento é o principal componente da vulnerabilidade da população frente a esses eventos.

Enchentes são consideradas uma das consequências mais drásticas do aumento da quantidade de chuva de um local (ROSA *et al.*, 2011). As chances de uma chuva intensa causar enchente estão relacionadas com diversos fatores, como o uso e ocupação indevida, o tamanho da bacia hidrográfica da região, a topologia regional, a urbanização, dentre outros.

Segundo OLIVEIRA *et al.* (2010b), um estudo publicado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1999, no período de 1997 a 1998, mostrou que o fenômeno El Niño, afetou quase toda as regiões do mundo causando impactos socioeconômicos. Mais de 24 mil pessoas morreram devido a eventos fortes, inundações ou ressacas que ocorreram durante tempestades intensas e mais de 110 milhões de pessoas foram afetadas.

Neste sentido, o monitoramento hidrológico torna-se extremamente necessário para conhecer o padrão climático da região, atribuições fundamentais de qualquer estudo para implantar instrumentos técnicos que possam elevar os níveis da confiabilidade da informação na previsão de eventos extremos (LUCAS *et al.*, 2010).

No Estado do Amapá, a variabilidade Hidroclimática tem sido um dos fatores mais relevantes das alterações da qualidade da água superficial, cuja importância sanitária ou ecológica é fundamental, apresentando um papel extremamente relevante das águas superficiais na região (BÁRBARA, 2006; BRITO, 2008; BASTOS, 2010 e BÁRBARA *et al.*, 2010).

O conhecimento sobre a variabilidade natural de uma série hidrológica depende essencialmente da representatividade dos períodos históricos conhecidos e não necessariamente do número de anos de dados, pois o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica pode se alterar ou produzir vazões e ou níveis de acordo com as condições climáticas variáveis ao longo do tempo, muitas delas ainda desconhecidas (SOUZA *et al.*, 2009; SOUZA e CUNHA, 2010; TUCCI, 1998).

Estas informações são importantes no processo de gestão dos recursos hídricos, onde os gestores necessitam apoiar suas ações e avaliar os impactos de eventos hidroclimáticos no curto, médio e longo termo (PINHEIRO *et al.*, 2009). De acordo com os referidos autores, a tomada de

decisão pode ser fundamentada em diagnósticos de riscos ambientais vinculado à poluição de origem pontual ou difusa, os quais podem ser elaborados a partir de modelos de simulação matemática (BASTOS, 2010; BÁRBARA *et al.*, 2010) ou mediante uso de indicadores da qualidade da água (CASTRO *et al.*, 2009a,b).

Segundo Pinheiro *et al.*, (2009) os indicadores permitem avaliar o risco ambiental e auxiliar a tomada de decisão, a partir de variáveis facilmente calculáveis e interpretáveis, além de fornecerem informações sobre sistemas complexos, por descrição simples, quantitativa ou qualitativa, facilitando a compreensão do usuário da informação, de modo que possam realizar a tomada de decisão.

#### 2.4.1 Vulnerabilidade Climática no Sul do Estado do Amapá

A climatologia da precipitação para o estado do Amapá (Quadro 1) mostra que a sazonalidade local se divide em duas estações: a chuvosa e a menos chuvosa (estiagem).

Por conta das características geológicas e geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Jarí este apresenta elevada dinâmica hidrológica sazonal. Durante esses períodos de intensas chuvas, a calha do rio não comporta a vazão hidrológica normal deste, culminando em cheias que acarretam em enchentes e inundações no Município de Laranjal do Jarí. Da mesma forma, as características do relevo mais plano também corroboram para que as enchentes deste período sejam bastantes severas e recorrentes (ECOLOGY BRASIL, 2009).

Quadro 1 - climatologia das chuvas no Estado do Amapá

Trimestre	Precipitação	Região
Janeiro Fevereiro	800 mm	Oeste e Sul
Março	1.000 mm	Norte e Leste
Abril Maio Junho	800 mm	Em todo o Estado
Julho Agosto	200 mm	Oeste
Setembro	300 mm	Central e Leste
Outubro Novembro	200 mm	Sul
Dezembro	100 mm	Demais regiões

Fonte: ECOTUMUCUMAQUE, 2008.

Na bacia do rio Jarí, mais raros são os estudos da literatura concernentes aos aspectos hidroclimáticos regionais. Uma exceção são os estudos de previsões hidrológicas estocásticas de longo termo da referida bacia (LUCAS *et al.*, 2010). Seus resultados mais relevantes indicam que os modelos matemáticos de auto-regressão (chuva-vazão) geram previsões razoáveis (a partir de séries hidrológicas históricas), mesmo quando medidas não estão disponíveis.

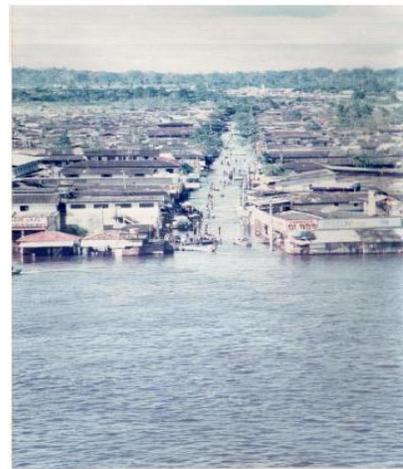
O histórico crítico que apresenta o Sul do Estado do Amapá em relação a enchentes causadas pela elevação do nível do rio é também intensificado pelo estilo de ocupação do solo na cidade de Laranjal do Jarí. As moradias tem uma forma padrão constituídas de palafitas em áreas de remanso direto da dinâmica fluviomarinha do rio, cujas moradias não possuem o serviço de coleta e tratamento de esgoto e distribuição de água encanada, expondo a população à proliferação de doenças endêmicas trazidas com as enchentes e diminuindo drasticamente a qualidade de vida dos residentes locais (CUNHA, 2008; ECOLOGY BRASIL, 2009).

A maior enchente que houve no local foi no ano de 2000 (14 de abril a 14 de julho) na qual o nível do rio ficou acima de sua cota normal de elevação (3 metros) por um período de 50 dias (Figura 1). Tais consequências foram consideradas as mais graves em termos de danos ambientais e prejuízos socioeconômicos da história do Estado do Amapá (MARQUES E CUNHA, 2008).

Figura 1 - A cidade de Laranjal do Jarí (AP) em dias normais (a) e com o advento da enchente de 2000 (b).



(a)

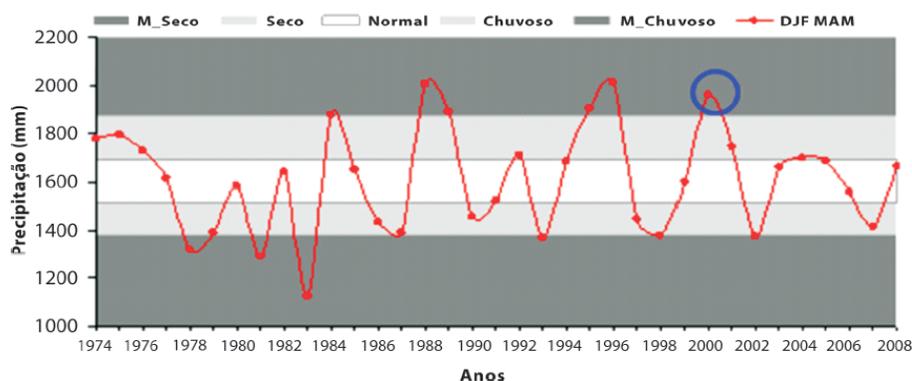


(b)

Fonte: OLIVEIRA *et al.*, 2010b.

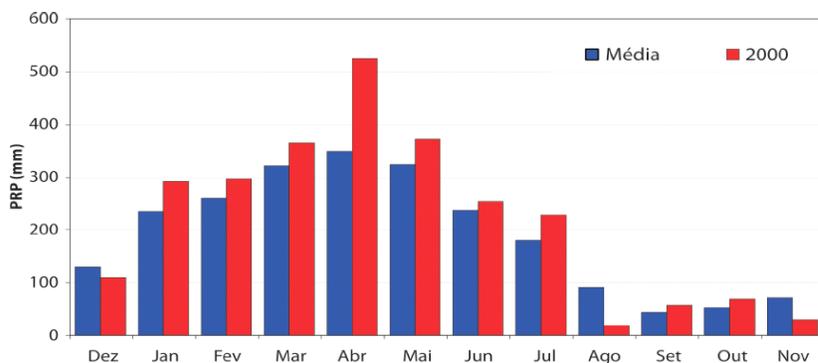
As chuvas do ano de 2000 foram intensificadas pelo evento La Niña que ocorria no oceano e geraram grandes chuvas para Amazônia Oriental, principalmente no Sul do Estado do Amapá e Norte do Pará. Os Gráficos 1 e 2 de Lucas *et al.* (2010) mostram os picos de chuva para o ano, considerados atípicos em relação aos demais anos estudados. O autor relata a importância dos estudos probabilísticos para o monitoramento dos eventos extremos que ocorrem na região, partindo do princípio de que esses eventos são frequentes e ocorrem de maneira cíclica ao longo dos anos.

Gráfico 1 – Identificação dos picos de chuvas acima do normal, em destaque o ano do evento extremo de 2000.



Fonte: LUCAS *et al.*, 2010.

Gráfico 2 – Comparação das médias mensais de precipitação de Laranjal do Jarí com o ano de 2000.



Fonte: LUCAS *et al.*, 2010.

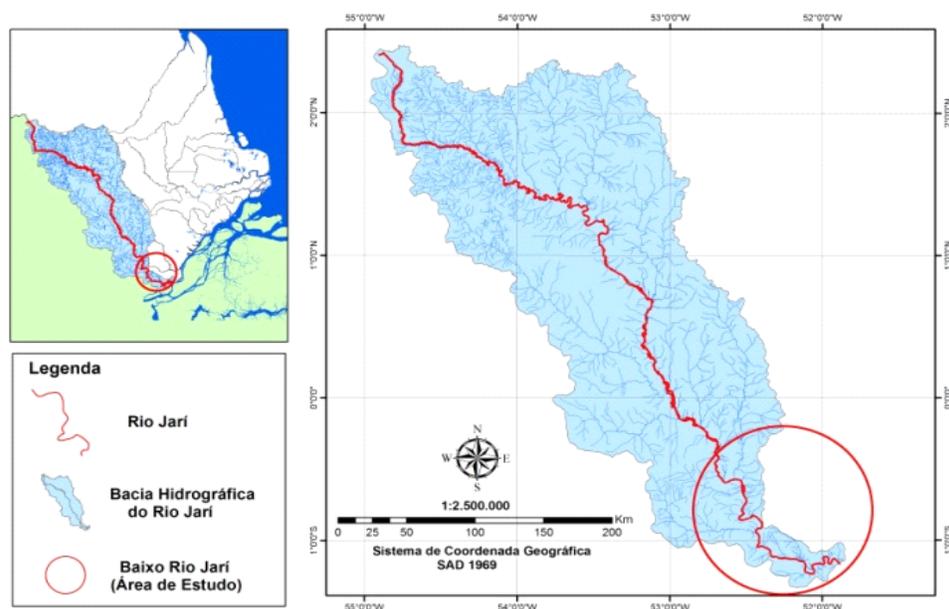
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Rio Jarí situa-se na região Amazônica brasileira na latitude  $02^{\circ}39'02''$  N e  $01^{\circ}26'24''$  S e longitude  $51^{\circ}47'24''$  W e  $55^{\circ}07'48''$  W (Mapa 1), apresenta cerca de  $57.000\text{km}^2$  de área de drenagem que abrangem os municípios de Almerin no Pará, e Laranjal do Jarí, Vitória do Jarí e Mazagão no Amapá. Possui uma rede hidrográfica relativamente densa, com o curso principal d'água que nasce na Serra do Tumucumaque, na parte setentrional da bacia, divisa com a Guiana Francesa (HYDROS ENGENHARIA, 2010).

O rio Jarí, seu principal cursor (Mapa 1), é o divisor natural dos estados do Amapá e Pará, no norte do Brasil, é de suma importância tanto para o equilíbrio climático e ambiental da área quanto para o abastecimento das cidades de Laranjal do Jari-AP e Monte Dourado-PA. Com uma extensão de aproximadamente 780 km, tem como principais tributários os rios Iratapuru, Noucuru, Mapari, Cuc e Culari. O rio desenvolve-se na direção noroeste-sudeste e desemboca na margem esquerda do Rio Amazonas, sua largura máxima de 1 km e a profundidade entre 4 m nas cheias e 2,4 m na estiagem com uma vazão média de  $764,71\text{m}^3/\text{s}$ . (ECOLOGY BRASIL, 2009; HYDROWEB ANA). Por não apresentar classificação de suas águas, é enquadrado como de classe 2 na resolução 357/2005 do CONAMA.

Mapa 1 - Bacia do Rio Jarí e baixo Rio Jarí em destaque



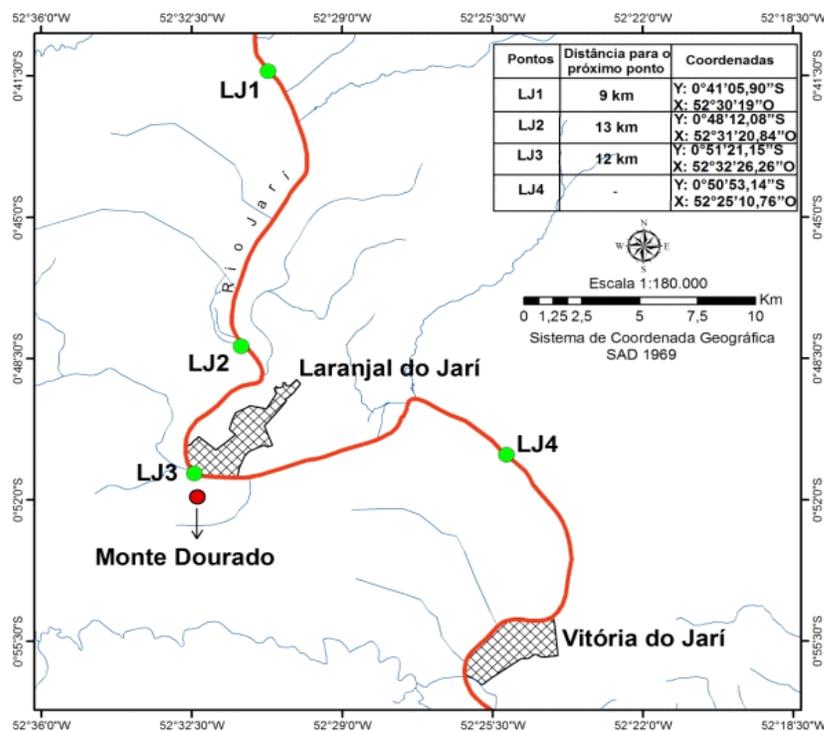
Fonte: elaboração do autor

A área que compreende os pontos de coleta, denominada Baixo Rio Jarí (Mapa 1), compreende a área de 6.769,7 km<sup>2</sup>, com uma densidade de drenagem de  $9.10^{-3}$ , que abrange principalmente os municípios de Laranjal do Jarí e Vitória do Jarí no Amapá, e o distrito de Monte Dourado no Pará. A principal via de acesso das cidades do Sul do Estado do Amapá para a capital do Estado, Macapá, é a BR-156, estrada de terra que em maior parte do ano apresenta dificuldade de locomoção, em uma viagem que pode variar entre 4 a 12 horas de duração.

### 3.2 PONTOS DE COLETA

Os quatro (4) pontos de coleta foram definidas ao longo do baixo Rio Jarí a partir da cachoeira de Santo Antônio (22km a montante da cidade de Laranjal do Jarí) até próximo a cidade de Vitória do Jarí (12km a jusante da mesma) com média de 10km de distância entre os pontos (Mapa 2).

Mapa 2 - Pontos de coleta e suas coordenadas na Bacia do Jarí.



Fonte: elaboração do autor

### 3.3 FREQUÊNCIA AMOSTRAL

As coletas amostrais foram realizadas com frequência mensal (média de 35 dias de diferença entre as coletas) no período de 1 ano com início em novembro de 2009 e término em novembro de 2010. Por motivos da falta de logística, no mês de junho não houve coleta.

A variação espacial teve como objetivo abranger áreas com probabilidade de mudanças substanciais nas características da água, antes e depois da cidade de Laranjal do Jarí. Já a variação temporal obedeceu a um cronograma baseado na sazonalidade local característica de dois períodos bem definidos, o chuvoso e a estiagem, tal como descrito no Quadro 2.

Quadro 2 - Datas e estações climáticas das coletas amostrais.

<b>Número da coleta</b>	<b>Data</b>	<b>Regime/Estação Climática</b>
<b>1</b>	25.11.2009	Seca (Inverno)
<b>2</b>	28.12.2009	Seca (Verão)
<b>3</b>	28.01.2010	Intermediário seca-cheia (Verão)
<b>4</b>	27.02.2007	Cheia (Verão)
<b>5</b>	27.03.2010	Cheia (Verão)
<b>6</b>	30.04.2010	Cheia (Verão)
<b>7</b>	28.05.2010	Cheia (Verão)
<b>8</b>	08.07.2010	Intermediária cheia-seca (Inverno)
<b>9</b>	20.08.2010	Seca (Inverno)
<b>10</b>	25.09.2010	Seca (Inverno)
<b>11</b>	23.10.2010	Seca (Inverno)
<b>12</b>	23.11.2010	Seca (Inverno)

Fonte: elaboração do autor

### 3.4 ANÁLISE LABORATORIAL

Para análise dos 16 parâmetros selecionados da qualidade da água, seguiu-se a metodologia de escolha de reagente, equipamentos, transporte, conservação, esterilização, cuidados laboratoriais, calibração dos equipamentos e coleta amostral do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Métodos de Padrões para Examinação da água e esgoto) da *American Public Health Association* (APHA, 2005) e o Manual do Espectrofotômetro (DR/2800, 2005). Para Microbiologia foi utilizado do método do Substrato Cromogênico com reagente COLILERT/IDEXX (CUNHA *et al.*, 2012). Os demais métodos de análise estão descritos no Quadro 3. Os valores foram comparados aos valores máximos e mínimos (VMP) da

Resolução n° 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), para águas doces de classe II.

Quadro 3 - Parâmetros, unidades de medida, métodos de análise e seus valores máximos e mínimos (VMP) estipulado pelo CONAMA, 357/2005.

Parâmetro	Unidade	Métodos / Equipamento de Análise	VMP (RES. CONAMA, 357/ 2005)
Cor	Mg.Pt/L	Espectrofotômetro (DR/2800, 2005)	Máximo 75 Mg.Pt/L
Turbidez	NTU	Turbidímetro AP200	Máximo 100 NTU
TSS	Mg/L	Espectrofotômetro (DR/2800, 2005)	-
TDS	Mg/L	Sonda multiparamétrica	Máximo 500mg/L
Temperatura	°C	Sonda multiparamétrica	-
Condutividade	µS/cm	Sonda multiparamétrica	-
Oxigênio dissolv.	Mg/L	Oxímetro 55/YSI	Mínimo 5 Mg/L
DBO	Mg/L	Método de Winkler	DBO,5,20 até 5 Mg/L
Nitrato (NO3)	Mg/L N	Método de Redução de cádmio (DR/2800, 2005)	Máximo 1 Mg/L
Amônia (NH3)	Mg/L N	Método (DR/2800, 2005)	Máximo 3,7 Mg/L
Ph	-	Phametro Orion/3 Star	Entre 6 e 9
Ferro	Mg/L Fe	Ferover (DR/2800, 2005)	Máximo 0,3 Mg/L
Alumínio	Mg/L Al	Alumino (DR/2800, 2005)	Máximo 0,1 Mg/L
Manganês	Mg/L Mn		Máximo 0,1 Mg/L
Coliformes totais	CT/100ml	Substrato cromogênico	Máximo 1000/100ml
<i>E. Coli</i>	<i>E.Coli</i> /100ml	Substrato cromogênico	Ausencia/100ml

Fonte: elaboração do autor

Os espaços em branco na coluna dos valores máximos e mínimos permitidos pela resolução, no Quadro 3, identificam que não apresenta nenhum valor para tal parâmetro. Então, os valores de Sólidos Suspensos Totais, Temperatura e Condutividade foram apenas avaliados quanto à distribuição espacial e temporal. Para o parâmetro *E.Coli*, que também não apresenta valores específicos estipulados pela resolução do CONAMA, foi fixado o valor da Portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde de ausência de *E.Coli* em 100 ml de água pelo fato de a água do rio Jarí também ser utilizado para consumo direto.

### 3.5 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Dados de precipitação foram coletados da Estação Hidrometeorologia de São Francisco (00°34'04''S e 52°34'09''W) de código 19150000, referentes ao período de coleta amostral. Os dados foram obtidos no *website* da ANA, que disponibiliza para o público em geral. Todos os dados foram organizados, tabulados e analisados com o auxílio dos softwares Excel e Estatística, onde foram geradas análises descritivas dos parâmetros, além dos gráficos de dispersão espacial e temporal dos parâmetros (AYRES *et al.*, 2007).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 RESULTADO DAS AMOSTRAS E CONFORMIDADE COM A LEGISLAÇÃO

Os dados das análises foram apresentados nas tabelas 2 a 13. As tabelas descrevem os valores dos parâmetros analisados por mês em cada ponto de coleta, junto aos seus valores máximos e mínimos (VMP) estipulados pela legislação. Alguns meses não apresentam todos os 16 parâmetros da qualidade da água, pois por problemas com os equipamentos ou reagentes não houve a possibilidade de executá-los. Os resultados em vermelho representam a não conformidade com a resolução do CONAMA n° 357 de 2005.

Tabela 2 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **novembro/2009** do baixo rio Jarí.

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - °C	25	25	25	25	-
pH	7,74	7,47	7,49	7,46	6,0 a 9,0
Cor – mg.Pt/L	21	24	37	35	75 mg.Pt/L
turbidez – NTU	2,73	2,07	3,69	3,51	100 NTU <sup>2</sup>
Mn – mg/L	0,024	0,028	0,03	0,018	0,1 mg/L
Al – mg/L	0,015	0,029	0,032	0,02	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0,22	0,15	0,06	0,16	0,3 mg/L
coliformes totais – CT/100ml	866,4	866,4	1986,3	95,9	1000 por 100ml
<i>E.Coli</i> – <i>E.Coli</i> /100ml	18,5	3,1	240	2	Ausência/100ml
DBO - mg/L	8,09	8,225	8,2075	8,1175	5 mg/L

Fonte: elaboração do auto

Tabela 3 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **dezembro/2009** do baixo rio Jarí.

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - °C	25	25	25	25	-
pH	7,11	6,99	6,96	6,53	6,0 a 9,0
Cor – mg.Pt/L	53	53	54	37	75 mg.Pt/L
turbidez – NTU	4,71	5,86	4,82	4,21	100 NTU
Mn – mg/L	0,035	0,039	0,037	0,037	0,1 mg/L
Al – mg/L	0,031	0,04	0,039	0,053	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0,26	0,31	0,3	0,3	0,3 mg/L
OD – mg/L	7,15	6,94	6,58	6,56	mínimo 5 mg/l
coliformes totais – CT/100ml	1204,3	648,8	2419,6	344,8	1000 por 100ml
<i>E.Coli</i> – <i>E.Coli</i> /100ml	10,9	14,8	316,9	14,4	Ausência/100ml
Condutividade	32	32	33	33	-
TSS – mg/L	5	8	14	7	-
TDS – g/L	0,016	0,016	0,016	0,016	500 mg/L
Amônia – mg/L	0,04	0,12	0,13	0,02	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	0,4	0,5	0,4	0,4	10,0 mg/L
DBO – mg/L	8,46	9,11	9,72	8,66	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor

Tabela 4 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **janeiro/2010** do baixo rio Jarí.

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - ° C	28,35	28,6	28,7	26,26	-
pH	7,22	7,31	7,1	7,1	6,0 a 9,0
Cor – Pt/L	142	139	143	112	75 mg.Pt/L
Turbidez – NTU	12	11	11	8	100 NTU
Mn – mg/L	0.045	0.013	0.016	0.017	0,1 mg/L
Al – mg/L	0.062	0.071	0.071	0.057	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0.74	0.77	0.70	0.74	0,3 mg/L
OD – mg/L	8,08	7,56	7,34	6,91	mínimo 5 mg/L
coliformes totais – CT/100ml	1986.3	2419.6	2419.6	1299.7	1000 por 100ml
<i>E.Coli</i> – <i>E.Coli</i> /100ml	56.5	50.4	307.6	30.9	Ausência/100ml
Condutividade	31	32	34	33	-
TSS – mg/L	12	15	13	7	-
TDS – g/L	0,0155	0,016	0,016	0,015	500 mg/L
Amônia – mg/L	0,41	0,41	0,38	0,35	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	0	0,6	0,2	0,3	10,0 mg/L
DBO – mg/L	6,75	5,96	6,41	6,24	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor

Tabela 5 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **fevereiro/2010** do baixo rio Jarí.

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura- ° C	29,01	29,92	29,52	29,74	-
pH	7,49	7,51	7,31	7,17	6,0 a 9,0
Cor – Pt/L	130	128	144	125	75 mg.Pt/L
Turbidez – NTU	10,2	8,9	10,7	9,4	100 NTU
Mn – mg/L	0.0490	0.042	0.035	0.028	0,1 mg/L
Al – mg/L	0.073	0.053	0.066	0.058	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0.74	0.76	0.64	0.59	0,3 mg/L
OD	7,66	7,39	6,85	6,68	mínimo 5 mg/L
coliformes totais – CT/100ml	1299,7	1299,7	1299,7	686,7	1000 por 100ml
<i>E.Coli</i> – <i>E.Coli</i> /100ml	34,1	26,2	240,0	69,1	Ausência/100ml
Condutividade	31	32	32	32	-
TSS – mg/L	10	9	24	21	-
TDS – g/L	0,014	0,015	0,015	0,015	500 mg/L
Amônia – mg/L	0,3	0,31	0,26	0,28	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	0,1	0,1	0,3	0,3	10,0 mg/L
DBO– mg/L	5,5175	5,4875	5,3925	4,9125	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor

Tabela 6 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **março/2010** do baixo rio Jarí.

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - ° C	25	25	25	25	-
pH	7,5	7,35	7,35	7,33	6,0 a 9,0
Cor – Pt/L	109	132	112	110	75 mg.Pt/L
turbidez – NTU	9,5	9,87	10	8,94	100 NTU
Mn – mg/L	0,045	0,030	0,035	0,034	0,1 mg/L
Al – mg/L	0,04	0,05	0,07	0,03	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0,73	0,70	0,70	0,72	0,3 mg/L
OD	7,67	7,52	7,6	7,93	mínimo 5 mg/L
coliformes totais – CT/100ml	2419,6	1732,9	2419,6	1203,3	1000 por 100ml
<i>E.Coli</i> – <i>E.Coli</i> /100ml	58.1	24.1	1203,3	52.8	Ausência/100ml
Condutividade	32	32	33	33	-
TSS – mg/L	19	7	11	9	-
TDS – g/L	0,015	0,014	0,015	0,015	500 mg/L
Amônia – mg/L	0	0,13	0,16	0,13	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	0,14	0,2	0,3	0,3	10,0 mg/L
DBO – mg/L	4,9675	5,2225	4,38	4,7725	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor

Tabela 7 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **abril/2010** do baixo rio Jarí.

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - ° C	26,2	26,3	27,4	26,8	-
pH	7.6	7.00	6.62	7.18	6,0 a 9,0
Cor – Pt/L	163	161	162	139	75 mg.Pt/L
turbidez – NTU	12.6	11.5	10.9	9.65	100 NTU
Mn – mg/L	0,023	0,054	0,045	0,023	0,1 mg/L
Al – mg/L	0,08	0,06	0,08	0,07	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0,33	0,38	0,45	0,29	0,3 mg/L
OD – mg/L	8.32	7.88	6.85	7.34	mínimo 5mg/L
coliformes totais – CT/100ml	>2419.6	>2419.6	1986.3	2419.6	1000 por 100ml
<i>E.Coli</i> – <i>E.Coli</i> /100ml	37.4	325.5	63.7	52.9	Ausência/100ml
Condutividade	26	27	29	27	-
TSS – mg/L	13	12	12	10	-
TDS – g/L	0.012	0.013	0.01	0.013	500 mg/L
Amônia – mg/L	0	0,13	0,16	0,13	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	0,14	0,2	0,3	0,3	10,0 mg/L
DBO – mg/L	6.37	6.24	5.74	5.92	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor

Tabela 8 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **maio/2010** do baixo rio Jarí.

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - °C	26.78	26.80	27.09	26.93	-
pH	6.43	6.95	6.55	6.78	6,0 a 9,0
Cor – Pt/L	160	150	152	158	75 mg.Pt/L
turbidez – NTU	11,2	11,4	11,8	11,7	100 NTU
Mn – mg/L	0,07	0,07	0,09	0,05	0,1 mg/L
Al – mg/L	0,02	0,04	0,08	0,06	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0.32	0.45	0.56	0.31	0,3 mg/L
OD – mg/L	8.43	8.40	6.78	7.69	mínimo 5 mg/L
coliformes totais – CT/100ml	>2419.6	>2419.6	>2419.6	1986.3	1000 por 100ml
<i>E. Coli</i> – <i>E. Coli</i> /100ml	73.3	58.1	920.8	83.9	Ausência/100ml
Condutividade	17	22	22	22	-
TSS – mg/L	13	11	11	15	-
TDS – g/L	0.010	0.011	0.011	0.011	500 mg/L
Amônia – mg/L	0.41	0.40	0.37	0.42	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	3.4	3.8	2.7	5.3	10,0 mg/L
DBO – mg/L	8.92	8.85	7.94	8.08	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor

Tabela 9 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas referente ao mês de **julho/2010** do baixo rio Jarí.

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - ° C	27,43	27,46	27,68	27,88	-
pH	7,45	7,2	7,29	7,14	6,0 a 9,0
Cor – Pt/L	137	134	134	124	75 mg.Pt/L
Turbidez – NTU	9,8	9,7	8,9	8,7	100 NTU
Mn – mg/L	0,033	0,03	0,031	0,017	0,1 mg/L
Al – mg/L	0,069	0,062	0,055	0,046	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0,74	0,71	0,67	0,68	0,3 mg/L
OD – mg/L	8,25	8,24	7,72	7,54	Mínimo 5 mg/L
coliformes totais – CT/100ml	>2419.6	>2419.6	>2419.6	>2419.6	1000 por 100ml
<i>E. Coli</i> – <i>E. Coli</i> /100ml	45	44,8	770,1	38,9	Ausência/100ml
Condutividade	28	28	29	29	-
TSS – mg/L	9	8	9	7	-
TDS – g/L	0,013	0,013	0,014	0,014	500 mg/L
Amônia – mg/L	0,4	0,4	0,4	0,6	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	0,3	0,25	0,26	0,58	10,0 mg/L
DBO– mg/L	7,87	7,94	7,75	7,85	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor.

Tabela 10 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **agosto/2010** do baixo rio Jarí

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - ° C	28.48	28.50	28.67	28.60	-
pH	7.47	7.44	7.19	7.31	6,0 a 9,0
Cor – Pt/L	117	126	110	105	75 mg.Pt/L
Turbidez – NTU	8.48	9.08	8.07	7.17	100 NTU
Mn – mg/L	0,034	0,042	0,039	0,026	0,1 mg/L
Al – mg/L	0,064	0,08	0,068	0,055	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0,79	0,86	0,84	0,76	0,3 mg/L
OD – mg/L	9.01	8.95	8.20	8.74	Mínimo 5 mg/L
coliformes totais – CT/100ml	>2419.6	>2419.6	>2419.6	>2419.6	1000 por 100ml
<i>E.Coli</i> – <i>E.Coli</i> /100ml	48.8	41.2	164.4	54.7	Ausência/100ml
Condutividade	28	28	28	28	-
TSS – mg/L	11	18	12	10	-
TDS – g/L	0.014	0.014	0.014	0.014	500 mg/L
Amônia – mg/L	0.18	0.17	0.19	0.20	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	0.1	0.3	0.3	0.1	10,0 mg/L
DBO – mg/L	0,83	1,28	1,7	1,18	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor.

Tabela 11 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **setembro/2010** do baixo rio Jarí

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - ° C	29,39	29,77	29,9	29,88	-
pH	7,63	7,64	7,3	7,18	6,0 a 9,0
Cor – Pt/L	85	89	96	88	75 mg.Pt/L
Turbidez – NTU	6,18	5,88	6,95	6,19	100 NTU
Mn – mg/L	0,027	0,031	0,032	0,022	0,1 mg/L
Al – mg/L	0,04	0,05	0,03	0,06	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0,76	0,87	0,76	0,50	0,3 mg/L
OD – mg/L	6,2	6,9	4,56	5,76	Mínimo 5mg/L-
coliformes totais – CT/100ml	>2419.6	>2419.6	>2419.6	>2419.6	1000 por 100ml
<i>E.Coli</i> – <i>E.Coli</i> /100ml	28,2	29,80	410,60	52,10	Ausência/100ml
Condutividade	27	27	28	27	-
TSS – mg/L	11	18	12	10	-
TDS – g/L	0,013	0,014	0,014	0,013	500 mg/L
Amônia – mg/L	0,13	0,11	0,1	0,11	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	0,4	0,4	0,4	0,4	10,0 mg/L
DBO – mg/L	1,07	1,47	1,41	1,84	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor.

Tabela 12 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **outubro/2010** do baixo rio Jarí

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - ° C	31,3	30,7	31,3	31,9	-
pH	7,7	7,8	7,77	7,54	6,0 a 9,0
Cor – Pt/L	58	48	52	65	75 mg.Pt/L
Turbidez – NTU	3,41	3,08	4,06	4,01	100 NTU
Mn – mg/L	0,027	0,027	0,33	0,21	0,1 mg/L
Al – mg/L	0,03	0,02	0,04	0,05	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0,23	0,32	0,46	0,40	0,3 mg/L
OD – mg/L	7,06	7,12	6,83	7,03	Mínimo 5mg/L
coliformes totais – CT/100ml	224,70	248,10	140,80	87,60	1000 por 100ml
<i>E.Coli</i> – <i>E.Coli</i> /100ml	4,10	8,50	135,50	12,20	Ausência/100ml
Amônia – mg/L	0,13	0,15	0,19	0,13	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	0,5	0,2	0,3	0,3	10,0 mg/L
DBO– mg/L	1,82	1,62	1,74	2,33	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor.

Tabela 13 - resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do mês de **novembro/2010** do baixo rio Jarí

Parâmetro	LJ1	LJ2	LJ3	LJ4	CONAMA (VMP)
Temperatura - ° C	31,8	31,8	31,2	31	-
pH	7,24	7	7,07	7,4	6,0 a 9,0
Cor – Pt/L	97	104	111	99	75 mg.Pt/L
Turbidez – NTU	7,37	8,22	7,98	8,49	100 NTU
Mn – mg/L	0,023	0,029	0,029	0,016	0,1 mg/L
Al – mg/L	0,018	0,023	0,024	0,023	0,1 mg/L
Fe – mg/L	0,28	0,25	0,34	0,28	0,3 mg/L
OD – mg/L	7,52	7,36	6,89	7,13	Mínimo 5 mg/L
coliformes totais – CT/100ml	104,70	4,00	290,90	195,60	1000 por 100ml
<i>E.Coli</i> – <i>E.Coli</i> /100ml	9,80	17,10	261,30	44,80	Ausência/100ml
Amônia – mg/L	0,23	0,24	0,27	0,23	3,7 mg/L
Nitrato – mg/L	0,7	0,3	0,4	0,3	10,0 mg/L
DBO – mg/L	2,53	2,58	2,44	2,31	5 mg/L

Fonte: elaboração do autor.

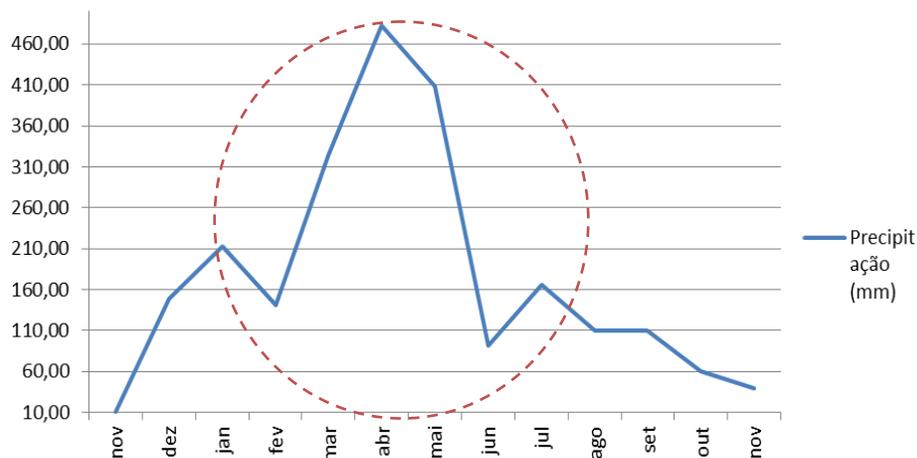
Como pode ser observado nas tabelas dos valores das análises dos parâmetros da qualidade da água, os parâmetros Cor, Ferro, Coliformes totais, *E.Coli* e a Demanda Bioquímica de Oxigênio estiveram em algumas amostras acima do limite estipulado pela legislação.

Com os dados de precipitação coletados da estação Hidrometeorológica de São Francisco pode-se comprovar que os dois períodos climáticos (de estiagem e chuvoso) característicos da região do Sul do Estado são evidentes e intensos. Os grandes volumes de chuva nos meses de

janeiro a junho implicam na elevação brusca do rio, característica natural da região, pela sua localização geográfica. Os valores da precipitação variaram de 11,20mm (registrado em novembro de 2009) 482,40 mm (registrado em abril de 2010) (Gráfico 3).

No Gráfico 3, a demarcação que representa o período chuvoso do ano de estudo evidencia também que os grandes volumes de chuva podem influenciar em vários processos biogeoquímicos que ocorrem na água. Porém, como deve ocorrer que a biota e os seres vivos presentes naquela região são adaptados a tais mudanças, os que mais sofrem com o clima da região são as pessoas que vivem às margens do rio, visto que sem nenhuma infraestrutura e planejamento ficam vulneráveis a essas alterações bruscas anualmente.

Gráfico 3 – Variação da Precipitação de novembro de 2009 a novembro de 2010, em destaque o período chuvoso.



Fonte: elaboração do autor

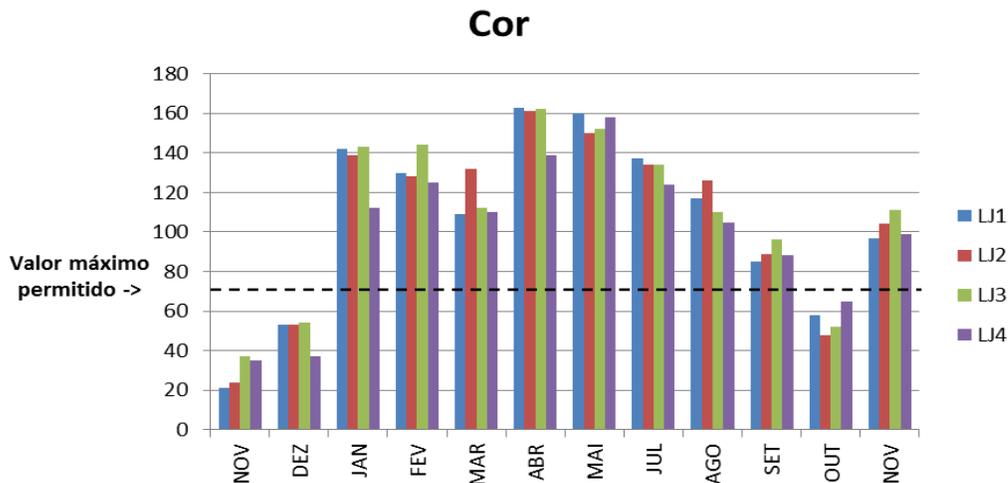
#### 4.1.1 Parâmetros físicos

Existem várias características da água que quando em valores altos podem interferir na penetração da luz, entre eles a cor e a turbidez do meio. Observou-se que nos resultados das análises para cor foram excedidos do limite estipulado pelo CONAMA de 75mg PT/L em 73,3% das amostras, com exceção dos meses de novembro e dezembro de 2009.

Essas alterações nos valores da cor da água podem ser identificadas com clareza no Gráfico 4, em que se observa a forte variação dos valores no período chuvoso (janeiro a junho) tanto de transição de estação como o próprio período climático citado. Outro ponto que é importante observar é em relação à estação de coleta. Os valores de cor não são significativamente diferentes entre as estações. Esse aspecto comprova que o parâmetro físico

depende da estação climática e não da variação espacial, não estando sofrendo influências de aglomerados urbanos ou outros tipos de despejos oriundos deste.

Gráfico 4 - variação do parâmetro Cor por mês e ponto de coleta



Fonte: produção do autor

Os valores de turbidez não foram excedidos em nenhuma das coletas, comprovando que não interferiram na qualidade da água.

De acordo com Brito (2008), a cor combinado com grande quantidade de matéria orgânica, como foi encontrado no estudo, torna-se mais intensa por causa das características coloidais que o material de origem orgânica apresenta nas águas superficiais. Pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico dentre os colóides orgânicos mais frequentes. Estes são resultados da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas e outros substratos.

Um fator essencial para a ocorrência da fotossíntese no meio aquático é a penetração da luz. A dificuldade dessa penetração pode afetar todo o meio biótico existente em um corpo de água (BRAGA *et al.*, 2005). Ao penetrar na água, a luz é absorvida e convertida em calor, tendo essa absorção decaída de forma exponencial em função da profundidade. Devido à presença de sólidos dissolvidos, principalmente esse material no estado coloidal orgânico ou inorgânico, que o fenômeno de refração dos raios luminosos ocorre.

Os demais parâmetros físicos (condutividade elétrica, os sólidos totais suspensos e dissolvidos e a temperatura) não ultrapassaram os valores máximos permitidos pelo CONAMA, não obtendo valores significativos para discussão no presente estudo.

#### 4.1.2 Parâmetros químicos

A análise da demanda bioquímica de oxigênio, que determina a quantidade equivalente de oxigênio necessária para total decomposição da matéria orgânica e sua posterior transformação em matéria inorgânica, mostra que na maioria dos meses os valores excederam esse limite estipulados pelo CONAMA, de no máximo 5mg/l. Essa quantidade de oxigênio acima do normal infere que os microorganismos têm uma demanda maior desse elemento para poder realizar a decomposição da grande quantidade de matéria orgânica presente naquela água. Pode-se dizer que a quantidade de oxigênio necessária para a decomposição é diretamente proporcional à quantidade de matéria orgânica presente na água.

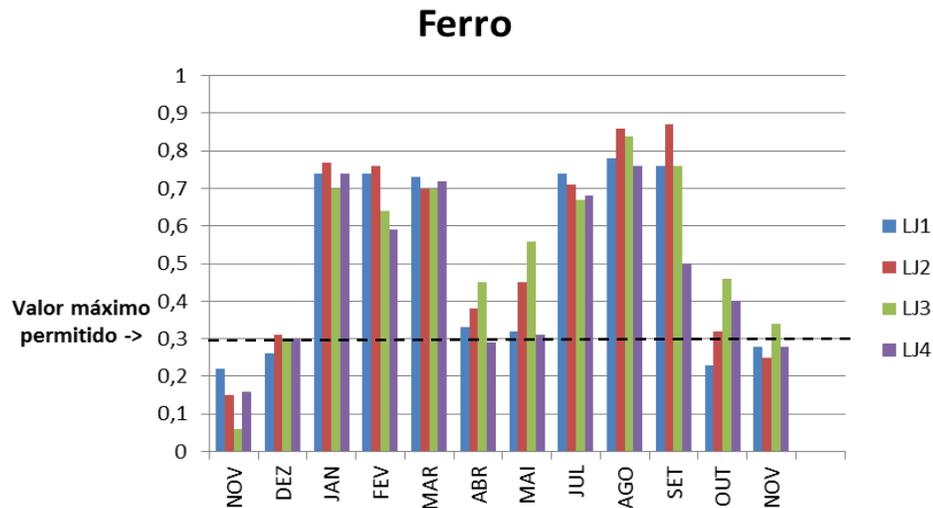
De acordo com CUNHA (2000), valores muito elevados de matéria orgânica são normalmente associados com descargas de águas residuais de esgoto doméstico, águas para uso na agroindústria e alguns tipos de efluentes industriais. Porém, a resolução 357 do CONAMA diz que os limites da DBO, estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura. Como não há esses estudos sobre o processo de autodepuração das águas do rio Jarí, considera-se os valores fora dos padrões estabelecidos.

O oxigênio dissolvido, parâmetro da água vinculado a DBO, é um dos parâmetros mais importantes das análises em rios e mares. Os peixes, necessitam, dependendo da espécie, de uma determinada quantidade para sobreviver. Algumas espécies sobrevivem com 2mg/l e outras somente com 5mg/l de oxigênio. O oxigênio dissolvido do rio Jarí manteve-se acima da limite mínimo de 5mg/L em quase todas as amostras, com exceção do mês de setembro de 2010 no ponto em frente a cidade de Laranjal do Jarí (LJ3) com o valor de 4,56 mg/L. As concentrações desse parâmetro foram significativamente menores no referido ponto, pelo fato de estar localizado as margens do aglomerado urbano e de receber cargas de dejetos deste.

Os resultados de Ferro nas amostras, ultrapassaram o valor máximo permitido, de 0,3mg/L em 70% das amostras (Gráfico 5). Apesar de os valores de ferro apresentarem-se mais intensos com a proximidade da cidade de Laranjal do Jarí (LJ3), esses valores não são considerados significativos. Todavia, os valores podem ser observados com grande significância

nos períodos de janeiro a março e julho a setembro apresentando valores duas vezes maiores do que em relação aos demais períodos do ano.

Gráfico 5 - variação do parâmetro Ferro por mês e pontos de coleta



Fonte: produção do autor

Os níveis de ferro em águas superficiais aumentam de acordo com o período chuvoso, esses provenientes do carregamento de solos e a existência de processo de erosões nas margens. Outra hipótese desse aumento da quantidade de ferro é originário de efluentes industriais, pois existe um processo industrial chamado de decapagem, no qual o objetivo é retirar a ferrugem de peças antes de seu uso, originando assim um grande acúmulo de ferro. Os rejeitos da decapagem podem chegar aos leitos dos rios e influenciar diretamente as concentrações de ferro natural do corpo d'água.

Apesar de não ser considerado um tóxico (LUZ NETTO *et al.*, 2011), o ferro trás diversos problemas para o abastecimento público da água. Ele é capaz de alterar a cor e o sabor da água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários.

Existe o fato de alguns solos conterem óxido de ferro em excesso, composto esse inorgânico capaz de possuir propriedades coloidais e alterar as concentrações de ferro na água e também os níveis de cor. Os esgotos sanitários também apresentam grande quantidade de matéria em estado coloidal.

De acordo com BRITO (2008), as águas com valores altos de ferro, apresentam valores também altos de cor e baixos de turbidez, fato esse encontrado no estudo com o rio Jarí.

Os demais parâmetros químicos da qualidade da água analisados (nitrato, amônia, manganês e alumínio) não apresentaram alterações em relação à legislação vigente.

#### **4.1.3 Parâmetros microbiológicos**

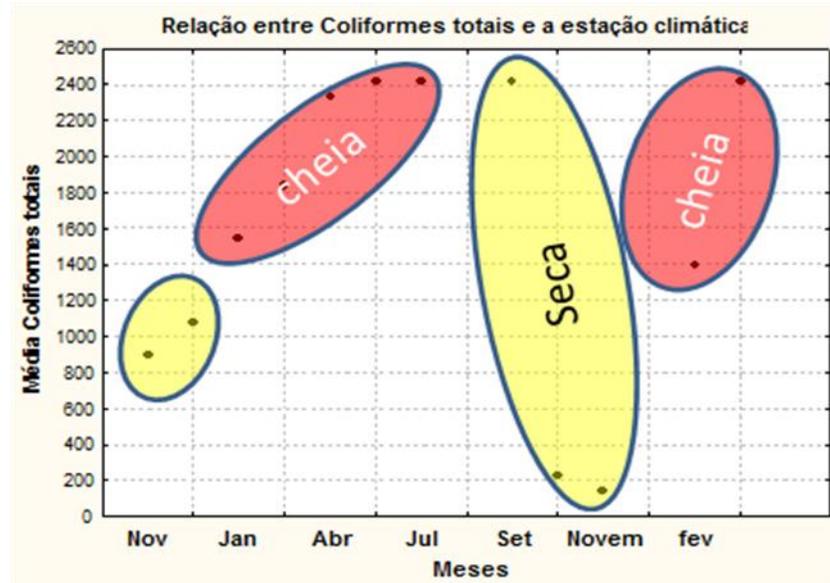
Valores acima de 1.000 coliformes totais/100ml (3log/100ml) mostram a significativa concentração de contaminação recente (provavelmente matéria orgânica oriunda de florestas ou de áreas urbanas sem nenhum tipo de tratamento) presente no corpo d'água (CAMARGO e PAULOSSO, 2009)

A matéria orgânica em decomposição é alimento de bactérias e de muitos microorganismos patogênicos. Estes normalmente são utilizados como indicadores primordiais da presença desses seres na água (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Do mesmo modo, a presença de *E. Coli* indica contaminação recente por material fecal (indicador microbiológico específico).

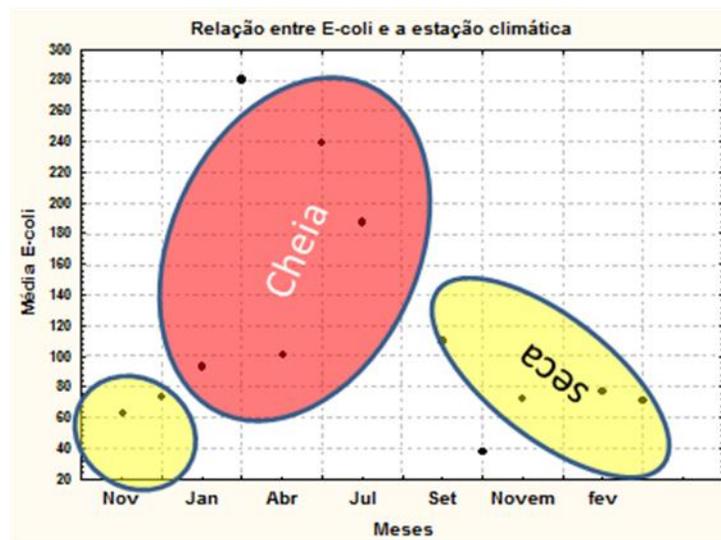
Os resultados das análises de Coliformes totais e *E.Coli* indicaram respectivamente concentrações normalmente acima do valor máximo estipulado. Em aproximadamente 82% das amostras de Coliformes totais os valores foram considerados altos e em 100% das amostras de *E. Coli* os valores foram diferentes de zero. Esses valores, para águas para consumo humano, estão acima do máximo permitido pelo Ministério da Saúde (MS, 2004; CUNHA *et al.*, 2011), de ausência dessas bactérias, visto que a água do rio Jarí muitas vezes é utilizada, pela população residente as suas margens, para consumo primário ou direto, sem nenhum tipo de tratamento.

A elevada concentração de Coliformes fecais e *E.Coli* (Gráficos 6 e 7) podem ser utilizados como indicadores hidrossanitários. Além disso, observa-se que em ambos os casos há o agravamento das concentrações dos parâmetros microbiológicos mais acentuado no período chuvoso e menos acentuado no período seco. É possível inferir que para ambos os parâmetros (coliformes totais e *E.Coli*) há riscos sanitários consideráveis no trecho de rio estudado, principalmente devido à possível presença de patogênicos oriundos de fontes difusas de esgotos da área urbana de Laranjal do Jarí, ou outros emissores observados ao longo do trabalho de campo.

Gráfico 6 - Relação entre .Coliformes totais e a estação climática (software Estatística)



Fonte: produção do autor

Gráfico 7 - Relação entre *E. Coli* e a estação climática (software Estatística)

Fonte: produção do autor

Ainda no Gráfico 6 é possível visualizar a correspondência entre os valores de Coliformes totais encontrados e a estação climática. Observa-se que os maiores valores de CT foram encontrados no período chuvoso, evidenciando que o parâmetro é proporcional a precipitação do local. Como o parâmetro é dependente da estação climática chuvosa, os valores podem ser ainda

maiores nos anos de eventos extremos, deixando a população em situação de riscos sanitários gravíssimo.

Além disso, os riscos sanitários (vulnerabilidade x probabilidade de ocorrência de um evento) parecem aumentar sazonalmente com a chegada do período chuvoso e tendendo a diminuir nos períodos secos (Gráficos 6 e 7). Do ponto vista dos eventos extremos de chuva que geram as enchentes, é possível sugerir que poderá haver maior tendência de aumento do risco nos períodos chuvosos, que potencialmente podem ser ainda mais agravados pelas fortes enchentes.

Os elevados níveis de concentração dos parâmetros microbiológicos detectados pelo monitoramento indicam que há vulnerabilidade da população ribeirinha (urbana e periurbana próximas). Portanto, em decorrência da água ser veículo potencial de transmissão de doenças de origem hídrica, incorre que nos períodos chuvosos ou de enchentes persistentes há maiores riscos da população se contaminar por intermédio de patógenos.

Elevadas concentrações de resíduos de esgotos sanitários sem tratamento ou dejetos domésticos e industriais dão a água o caráter insalubre que eleva o grau de vulnerabilidade dos ribeirinhos e, dependendo da frequência de contato com a água, incorrem em maiores riscos associados.

Conclui-se a que água monitorada pode estar sofrendo com os constantes despejos de efluentes de fontes difusas, apesar da capacidade de diluição e autodepuração natural das águas do Rio Jarí, principalmente oriundas da cidade de Laranjal do Jarí. Estes despejos podem ser característicos do ecossistema local, pelo lixiviamento dos solos ou poder ser oriundos de lançamentos *in natura*.

#### 4.2 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO DO CICLO SAZONAL (2009- 2010)

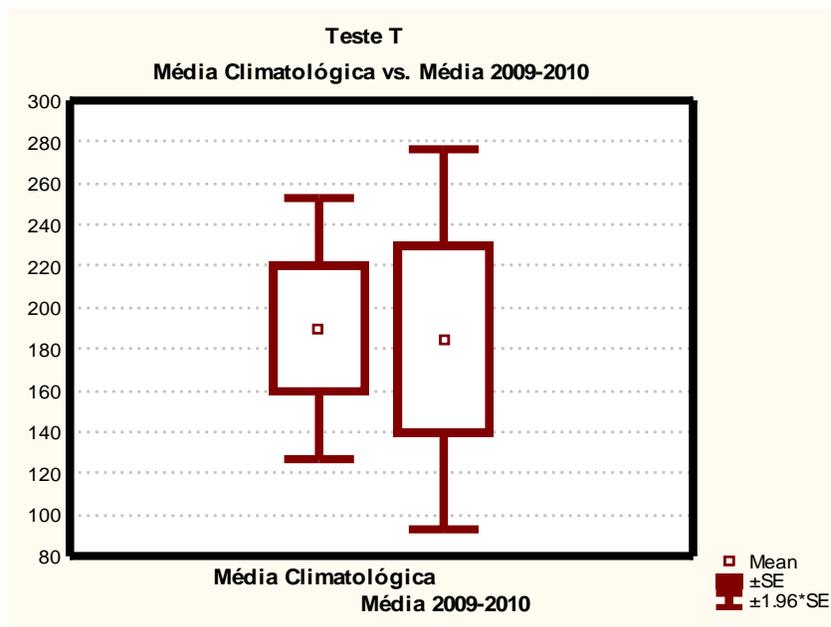
Foi realizado e publicado um estudo sobre a tipicidade da precipitação do ano de 2009-2010. O estudo titulado “Climatologia e Qualidade Microbiológica da Água: Riscos à Saúde Pública na Cidade de Laranjal do Jarí no Sul do Estado do Amapá-AP” foi publicado no XIII Congresso Brasileiro de Limnologia em 2011, no qual foram analisadas as séries históricas das precipitações dos últimos 42 anos do local.

Após o teste *t-student* da série histórica, na qual analisou as médias climatológicas da série história e do ano estudado, verificou-se que o mesmo trata-se de um ano climatológico

típico ou normal (com o valor do  $p=0,928$ ) (AYRES, *et al.*, 2007) , como mostra o Gráfico 8 que mostra a média da série histórica comparada com as médias mensais do período estudado. O resultado deste estudo identifica que não houve provável influência de fatores climáticos considerados "anormais" nos resultados da qualidade da água encontrado durante o período de estudo.

A primeira consequência desta análise é que, em anos futuros, cuja climatologia seja considerada também normal e concernente à série histórica, é possível elaborar estimativas que extrapolem a qualidade da água monitorada na presente investigação. Nestes casos, é possível avaliar os riscos sanitários ao longo de um ano, interpretando-se quaisquer outros desvios observados em monitoramento da qualidade da água em estudos futuros.

Gráfico 8 - teste *t-student* com a série histórica de precipitação, comparação entre as médias históricas e de 2009-2010, com o valor da média (mean) e o erro padrão (SE).



Fonte: SANTOS e SANGEL, 2011.

Portanto, o referido período de estudo sendo considerado típico é útil para identificar valores de referência de concentrações reais de parâmetros microbiológicos da qualidade da água. As variações com base nestes resultados podem ser relacionados com previsões de precipitações nos períodos chuvosos (de março a maio) ou secos (agosto a novembro).

Apesar de ser considerado um ano normal, observou-se durante a pesquisa que o nível do rio sofreu elevações bruscas. No período chuvoso, mais especificamente no mês de maio de 2010, o nível da água aumentou 2,20 m, e se manteve com essa elevação em média durante 20 dias.

O corpo de bombeiros da cidade de Laranjal do Jarí utiliza de algumas réguas situadas ao longo do rio para o acompanhamento da elevação do nível do corpo d'água. A fotografia 1 mostra o nível de leitura da régua exatamente no mês de abril de 2010, período chuvoso da região, e a situação de uma residência no mesmo dia em que foi registrado.

É importante identificar que a residência da Fotografia 1 (b) não encontra-se as margens do rio Jarí, e sim no centro da cidade de Laranjal do Jarí. As características geológicas da região implicam nessa situação apresentada na Fotografia 1 diariamente, isso se intensifica com a ocupação desordenada do local e a pouca infraestrutura.

Fotografias 1 - Régua, em maio de 2010, na frente da cidade utilizada pelos bombeiros para controle de enchentes (a) e situação de residências no mesmo período climático (b).



(a)



(b)

Fonte: produção do autor.

De acordo com Oliveira e Cunha (2010a) os eventos climáticos na região de Laranjal do Jarí geram impactos incalculáveis, tanto para economia do município, que tem que arcar com os danos que esses eventos causam, como para a saúde pública da população, que vulnerável a desconhecida qualidade da água do rio sofre com doenças constantemente registrada nos hospitais da cidade nos períodos de chuva.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo confirmou a hipótese de que existem parâmetros da qualidade da água alterados sazonalmente com o nível de precipitação no rio Jarí. Esses parâmetros foram a Cor, a DBO, o Ferro e os Coliformes Totais e *E.Coli*. Esses valores encontrados podem ser tanto de origem natural como resultantes de interferências antrópicas no rio.

Por meio de análise da série histórica anual de precipitação, o presente ano de estudo pode ser considerado como de características climáticas normais. Isto infere que os parâmetros analisados não devem ter sofrido nenhum tipo de interferência sazonal "anormal" nos seus valores. Portanto, é possível concluir que os valores encontrados foram considerados como de ano climático típico ou sem variações anormais de precipitação. Dada algumas tendências observadas na literatura, sempre será provável a ocorrência de eventos climáticos adversos na bacia do Rio Jarí, influenciando na vulnerabilidade antrópica local em face à "imprevisibilidade" climática que afeta a região, a qual pode se alterar a cada ano.

Os parâmetros que apresentaram alterações mais significativas, de acordo com a resolução n 357 do CONAMA, mostraram forte "dependência" em relação à estação chuvosa. Logo, as concentrações de alguns parâmetros físico-químicos e, principalmente, os microbiológicos, tendem a ser mais elevados nos períodos sazonais chuvosos, e podem ser intensificados em épocas cujas precipitações possam ser anormais (mais chuvosos).

De fato, aceitou-se a hipótese de que as alterações da qualidade da água são maiores no período sazonal chuvoso, sendo esta prerrogativa subjetivamente uma informação em que a população ribeirinha está mais exposta aos riscos hidrossanitários nestes períodos. Portanto, a vulnerabilidade socioambiental local é um fato, cujos riscos à saúde pública são evidentes e possivelmente agravados com quaisquer mudanças na tendência de precipitação ou outros fatores hidroclimáticos adversos.

A exemplo das concentrações de Ferro os resultados foram normais, mesmo para a região Amazônica. O Fe e seu óxido são oriundos de elementos presentes nos solos da Região que, quando em contato com a água do rio ou lixiviados do solo pela chuva, apresentam características coloidais, inferindo também em valores altos de Cor, como foi encontrado na pesquisa. A origem verdadeira das fontes do ferro ainda são desconhecidas e não foram objeto específico de estudo.

A qualidade sanitária foi observada como alterada. Fato este observado pelos altos valores dos parâmetros relacionados aos despejos orgânicos, a DBO e os Coliformes Totais, além da presença de *E.Coli*. A elevada concentração de matéria orgânica, identificada pelos valores de Coliformes Totais e DBO, presente na água também pode estar interferindo nos processos biogeoquímicos que ali ocorrem, como a autodepuração e a fotossíntese. Essa alteração pode estar acarretando algum tipo de desequilíbrio ecológico do meio.

Em termos de saúde pública os resultados mostraram-se relevantes, visto que a matéria orgânica presente no corpo d'água pode também conter patogênicos nocivos à saúde humana. As concentrações de Coliformes totais e da *E. Coli* se elevam em decorrência das chuvas, sugerindo maiores riscos de transmissão de doenças de veiculação hídrica e, como consequência, maiores riscos potenciais de alterações na qualidade de vida local.

Por mais que a maioria dos parâmetros não estejam acima do VMP pela legislação, observou-se que o pH e a turbidez sofrem alterações quando nas estações chuvosas. Este fato mostrou que esses valores também foram afetados com os eventos de grande escala de precipitação que ocorrem no sul do Estado do Amapá.

Finalmente, as variações de precipitações sazonais sugerem que ocorrem co-variações entre processos hidrológicos e a qualidade da água, os quais parecem refletir a dinâmica de processos eminentemente "naturais e ou antropogênicos" que ocorrem na bacia hidrográfica do Jarí.

Porém, a relação causa-efeito deve ser analisada com muita cautela e somente com experimento e uso de modelos computacionais, incluindo-se a parâmetros hidrológicos, climáticos e de qualidade da água, podem-se chegar às causas da ocorrência de impactos gradativos com o advento dos eventos extremos que ocorrem no sul do Estado do Amapá.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *ABNT NBR 14724: Informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação*. 3 edição. Rio de Janeiro: 2011.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. *Standard Methods for the examination of water and wastwater*. 19 ed. 2005.

AYRES, M.; JR. A. Manuel; AYRES, D. Lima.; SANTOS, A. de Assis Santos dos. *BioEstat: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas*. 5º edição. Belém, Pará: 2007.

ADAM, J. A. *Extracting Power from Amazon basin*. IEEE Spectrum v. 25, n.8, p.34-38, 1998.

ANA (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS). *Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil*. Caderno de Recursos Hídricos 1. (Org) Conejo, J. G. L.; Costa, M. P. e Silva, A. C. N. C. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília-DF. 175 p. 2005.

BÁRBARA, V. F. *Uso do Modelo QUAL2E no Estudo da Qualidade da Água e da Capacidade de Autodepuração do Rio Araguari – AP (Amazônia)*. 2006. 174 p. Dissertação (Mestrado em Eng<sup>a</sup>. do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

BÁRBARA, V. F., CUNHA, A. C. e SIQUEIRA, E. Q. *Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP*. REV. BIOCÊNCIAS, UNITAU-SP. Vol. 16, N 1, p 57-72. 2010.

BASTOS, A. M. *Modelagem de escoamento ambiental como subsídio à gestão de ecossistemas aquáticos no Baixo Igarapé da Fortaleza*. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical), Universidade Federal do Amapá, Macapá, 133f, 2010.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; EIGER, S. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo, SP: Prentice Hall: 2005.

BRANCO, S. M. *Água: Origem, Uso e Preservação*. 2º Ed. São Paulo. Moderna. 2003

BRITO, D. C. *Aplicação do sistema de modelagem da qualidade da água Qual2kw em grandes rios: o caso do alto e médio o Rio Araguari – AP*. Dissertação de mestrado do PPGBio/UNIFAP, 130 p. Macapá – AP: 2008

CALDEIRA, T. Leitzke; ARAUJO, M. Maria Fernandes de; BESKOW, S. *Análise de série hidrológica de precipitação no sul do Rio Grande do Sul para aplicação na gestão e monitoramento de recursos hídricos*. IV Encontro Sul-Americano de Meteorologia. Pelotas-RS: 2011.

CAMARGO, M. Fabio; PAULOSSO, L. Vieira. *Avaliação qualitativa da contaminação microbiológica das águas de poços no município de Carlinda – MT*. Seminário: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina. V.30, n.1 jan/jun. 2009

CAMILLERI, C. *et al...* *Silica Reduces the Toxicity of Aluminium to a Tropical Freshwater Fish* (Mogurnda Mogurnda). *Chemosphere magazine*, n. 50, p 355-364, 2003.

CASTRO, L. M A.; BAPTISTA, M. B; BARRAUD, S. *Sistemática de validação de indicadores para avaliação dos efeitos de urbanização nos corpos d'água por meio de análise crítica*. RBRH, V. 14. N. 4. Out/Dez. p. 103-112. 2009a.

CASTRO, L. M A.; BAPTISTA, M. B; BARRAUD, S. *Proposição de metodologia para avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos d'água*. RBRH, V. 14. N. 4. Out/Dez. p. 113-123. 2009b.

CHAGAS, T. Walter Geniselli; SALATI, E.; TAU-K-TORNISIELO, S. Maria. *Sistemas construídos de áreas alagadas: Revisão da legislação e dos padrões de qualidade da água*. *Holos Environmental*. V. 12, n.1, 2012.

CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. 2005.

COSTA, O. S.; SOUSA, A. R. *Análise da Água – Métodos Analíticos Físico-químicos e Biológicos*. Goiânia. GO. UFG. 2007.

CUNHA, A. Cavalcanti da. *Monitoramento, parâmetros e modelos da qualidade da água*. Curso para engenheiros e técnicos das Unidades de Monitoramento dos OEMAs. Macapá: 2000.

CUNHA, A. C. *et al.. Qualidade microbiológica da água de rios de áreas urbanas e periurbana no baixo Amazonas: o caso do Amapá*. *Revista da ABES*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 322-328, 2004.

\_\_\_\_\_, e CUNHA, H.F.A.: *Monitoramento de Águas Superficiais em Rios Estuarinos do Estado do Amapá sob Poluição Microbiológica*. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Ciências Naturais*, Belém-PA, Vol.1, N. 1, p. 141-148. (2005).

\_\_\_\_\_, A. C.; *Rede de gestão integrada de monitoramento da dinâmica Hidroclimática e ambiental do Estado do Amapá*. Projeto de Pesquisa. Convênio 028018-2008 IEPA/SUDAM, 2008.

\_\_\_\_\_, A. Cavalcanti. CUNHA, H. Ferreira Albuquerque. *Rede de meteorologia e recursos hídricos do Estado do Amapá (REMETAP): Principais Resultados*. Livro Tempo, Clima e Recursos Hídricos. Macapá-AP: 2010

\_\_\_\_\_, A.; PINHEIRO, L. Aramis R; CUNHA, H. Ferreira Albuquerque; SCHULZ, H. E. BRASIL, A. C.; SOUZA. E. B. *Simulação da hidrodinâmica e dispersão de poluentes com monitoramento virtual no rio Matapi – AP*. *Revista de Estudos Ambientais*. V. 13, n. 2. Jul/dez. 2011.

CUNHA, H. Ferreira; LIMA, D. Cristina Isacksson; BRITO, P. Nazaré de Freitas; CUNHA, A. Cavalcanti da; JUNIOR, A. Martins da Silveira; BRITO, D. Chaves. *Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação*. Revista Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science. V.7, n.3, 2012

DR/2800 ESPECTROFOTOMETER. *Procedures Manual*. Hach Company. 1º Ed. Germany. 2005.

ECOLOGY BRASIL, *Estudo de Impactos Ambientais da Usina Hidrelétrica de Santo Antônio do Jarí*. Agosto de 2009.

ECOTUMUCUMAQUE. *Estudo de Impacto Ambiental: Pequena Central Hidrelétrica do Rio Amapari – Capivara*. Macapá, AP. 2008.

FINGER, A. Fonseca; LORETO, A. Brum; BESKOW, S. *Estimativa temporal de inundações de rios em tempo linear*. Revista Brasileira de Computação Aplicada. V. 3, n.2, set 2011.

GIRÃO, O. *Reconstrução do clima no Nordeste brasileiro: secas e enchentes no século XIX*. Finisterra, XLVII, 93, 2012

HYDROS ENGENHARIA, *Bacia Hidrográfica do Rio Jarí / PA-AP*. Empresa de Pesquisa Energética. Data de emissão: Junho de 2010.

LARANTIS, D. G. *Modelagem Matemática da Qualidade da água em Grandes Bacias: Sistema Taquari-Antas* –Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre- RS: 2004

LIMA, E. B. N. *Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 2001.

LUCAS *Et al.*. *Variabilidade Hidrológica da Bacia do Rio Jarí (AP): Estudo de Caso do ano 2000*. Livro Tempo, Clima e Recursos Hídricos. Macapá-AP: 2010

LUZ NETTO, F. Miguel da; DANELON, J. Roger Bombonato; RODRIGUES, S. Carlos. *Avaliação da qualidade da água e do uso da terra da Bacia hidrográfica do córrego Terra Branca – Uberlândia – MG*. Revista Geográfica Acadêmica. V. 5, n.2. XII, 2011.

MACEDO, J. A. B. *Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas*. 2 ed. Belo Horizonte. 2003

MARQUES, A. D., CUNHA, A. C. *Valoração de danos socioeconomicos causado por inundação no Município de Laranjal do Jarí-AP ano a ano de 2000*. XV Congresso Brasileiro de meteorologia. Anais em CD ROM, São Paulo, SP, 2008.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria nº 2.914*. Brasil: 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria nº 518*. Brasil: 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?* Organizado por Rosely Ferreira dos Santos. Brasília: 2007.

MILARE, E. *Direito do Ambiente*. 3-ed. Revista Atual e Ampliada. São Paulo, Editora Revista dos Tribunais, 2003

MIRANDA, H. *Expansão da Agricultura e sua Vinculação como Processo de Urbanização na Região Nordeste/Brasil (1990-2010)*. EURE, vol 38, n 114. Maio de 2012.

NAE. *Mudanças do Clima*. Cadernos. V.4 Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. NAE/SECOM/PR. 2005

NERI, S. H. A. *A utilização das ferramentas de Geoprocessamento para identificação de comunidades expostas a Hepatite A nas áreas de Ressacas dos Municípios de Macapá e Santana/AP* – Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 173p. 2004

OLIVEIRA, A. Marques.; CUNHA, A. Cavalcanti. *Impactos Socioeconômicos Associados às Enchentes de 2000 e 2006 no Município de Laranjal do Jarí (AP)*. Livro Tempo, Clima e Recursos Hídricos: Resultado do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá: 2010a.

OLIVEIRA, A. M.; CUNHA, A. C; SANGEL, B.; SANTOS, K. P. C. *Eventos hidroclimáticos extremos no município de Laranjal do Jarí -AP: uma análise jurídico-econômica das enchentes de 2000 e 2006*. Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belém-PA. 2010b.

OLIVEIRA, A. Hoffmann; SILVA, M. Aparecida da; SILVA, M. Leandro Naves; AVANZI, J. Cesar; CURI, N.; LIMA, G. Camargos; PEREIRA, P. *Caracterização ambiental e previsão dos teores de matéria orgânica do solo na Sub-Bacia do Salto, Extrema, MG*. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n.1 jan/mar. 2012.

OTENIO, M. Henrique; RAVANHANI, C.; CLARO, E. Marina Turini.; SILVA, M. Imaculada da.; RONCON, T. Junqueira. *Qualidade da Água Utilizada para Consumo Humano de Comunidades Rurais do Município de Bandeirantes – PR*. Salusvita, Bauru: 2007

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde – *Água e Saúde*. 2001. Disponível em: <[HTTP://www.opas.org.br/sistema/fatos/agua/pdf](http://www.opas.org.br/sistema/fatos/agua/pdf)>, acesso em 22/01/2013.

PARIZE, L.; MANZOLI, A.; CABALLERO, P. Fernando Campos. *Eventos climáticos de riscos hidrometeorológicos na cidade de Araraquara*. Holos Environment, v. 11, n. 2, 2011.

PEREZ FILHO, A. ; MATTOS, S. Henrique Vannucchi Leme de; ORSI, L.; VICENTE, A. Koga; VICENTE, L. Eduardo. *Monitoramento e gerenciamento de bacias urbanas associados à*

*inundação: diagnose da bacia do Ribeirão Quilombo na região metropolitana de Campinas utilizando geotecnologias*. Revista do Departamento de Geografia, v. 19. Universidade Estadual de Campinas, SP: 2006.

PINHEIRO, Adilson, CERNESSON, F e KOSUTH, P. *Desenvolvimento de um indicador de risco de contaminação de águas superficiais por pesticidas: aplicação à Bacia do Itajaí – Brasil RBRH*, V. 14, n.1, Jan/Mar, p 5-14. 2009.

RICHTER, C. A., AZERVEDO NETTO, J. M. *Tratamento de Água – Tecnologia Atualizada*. São Paulo. Edgard Blucher, 1991.

ROSA, A. Faedrich Martins; MIERES, L. da Silva; SALDANHA, C. Brazil; ALVES, R. de Cássia Marques. *Análise de chuva intensa na Região de Agudo-RS em Janeiro de 2010*. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Curitiba: Paraná. 30 de abril a 05 de maio de 2011.

SANTOS, K. Patrícia Cambraia; SANGEL, B. Stefanny. *Climatologia e Qualidade Microbiológica da Água: Riscos à Saúde Pública na Cidade de Laranjal do Jarí no Sul do Estado do Amapá-AP*. XIII Congresso Nacional de Limnologia. Natal, Rio Grande do Norte: 2011.

SILVA, H. L. G. *Modelagem Bidimensional do Fósforo com Vistas a Gestão de Bacias Hidrográficas – Estudo de Caso: Reservatório de Fiú, Paraná*. Dissertação de mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2006.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M.T.; AMBRIZZI, T. The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2004

\_\_\_\_\_, E. B. *et al. Precipitação sazonal sobre a Amazônia Oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3*. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n.2, 111-124. 2009.

\_\_\_\_\_, E. B.; CUNHA, A. C. *Climatologia de Precipitação no Amapá: Mecanismos Climáticos de Grande Escala*. In: *Tempo, Clima e Recursos Hídricos: Resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá*. Capítulo 10. IEPA. p 177-195. 2010.

SPERLING, M. V. *Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgoto*. 1º Ed. Minas Gerais: 1996.

TAKIYAMA, L. R., *et al. Qualidade das Águas das Ressacas das Bacias do Igarapé da Fortaleza e do Rio Curiaú* In: TAKIYAMA, L. R., SILVA, A. Q. (orgs.). *Diagnóstico das Ressacas do Estado do Amapá: Bacias do Igarapé da Fortaleza e Rio Curiaú*, Macapá-AP, CPAQ/IEPA e DGEO/SEMA, p.81-104. 2003.

TUCCI, C. E. M. *Modelos hidrológicos*. Porto Alegre, RS: UFRGS: 1998

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETO, O. M. *Gestão da Água no Brasil*. Brasília, DF: UNESCO. 190 p. 2001

HIDROWEB ANA, *Sistema de Informações Hidrológicas. Dados precipitação*. Acessado em: 01.08.2011, às 20:00. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/Estacao.asp?> >