

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA, AMBIENTE E SOCIEDADE

**A DISPONIBILIDADE E A QUALIDADE DA ÁGUA NA PROMOÇÃO DO  
DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO NO MUNICÍPIO DE JENIPAPO DE  
MINAS - MG**

**GERSON LUCAS ALVES MARTINS**

Teófilo Otoni - MG  
2016

**GERSON LUCAS ALVES MARTINS**

**A DISPONIBILIDADE E A QUALIDADE DA ÁGUA NA PROMOÇÃO DO  
DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO NO MUNICÍPIO DE JENIPAPO DE  
MINAS - MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, Mestrado em Tecnologia, Ambiente e Sociedade (PPGTAS) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, na linha de pesquisa: Recursos Naturais e Sustentabilidade, sob a orientação do Prof. Dr. Alexandre Sylvio Vieira da Costa e co-orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Aruana Rocha Barros, para a obtenção de título de Mestre.

Teófilo Otoni - MG  
2016

Ficha Catalográfica  
Preparada pelo Serviço de Biblioteca/UFVJM  
Bibliotecária responsável: Graziela Lopes da Costa – CRB6 nº 2807

M386d Martins, Gerson Lucas Alves.  
2016 A disponibilidade e a qualidade da água na promoção do desenvolvimento socioeconômico no município de Jenipapo de Minas - MG. / Gerson Lucas Alves Martins. Teófilo Otoni: UFVJM, 2016.  
109 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Sylvio Vieira da Costa.

1. Indicadores ambientais. 2. Rio Setúbal. 3. Recursos hídricos. I.  
Título.

**CDD: 628.1**

GERSON LUCAS ALVES MARTINS

**A DISPONIBILIDADE E QUALIDADE DA ÁGUA NA PROMOÇÃO DO  
DESENVOLVIMENTO SOCIOECONOMICO NO MUNICÍPIO DE JENIPAPO DE  
MINAS – MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade, nível de Mestrado, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Sylvio Vieira d a Costa

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Aruana Rocha Barros

Data de aprovação: 10/08/2016

Prof. Dr. Natalino Martins Gomes – IFNMG

Prof. Dr. Daniel Brasil Ferreira Pinto – UFVJM

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Aruana Rocha Barros – UFVJM

Prof. Dr. Alexandre Sylvio Vieira d a Costa – UFVJM

**Teófilo Otoni**

*“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”*

Arthur Schopenhauer

*Aos meus pais, Francisco e Maria, e a minha  
filha Maria Fernanda.*

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Alexandre Sylvio, pela orientação, sabedoria e serenidade durante os dois anos de pesquisa.

À Professora Aruana, pela co-orientação, incentivo constante, competência e disponibilidade durante este trabalho.

À Universidade dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, por me permitir realizar este trabalho.

À Emater de Jenipapo de Minas, por meio de João Celso, por me facultar dados e informações essenciais para a pesquisa.

À Associação dos Agricultores Familiares Feirantes de Jenipapo de Minas, pelas informações prestadas.

Ao Professor Daniel Brasil pelas grandiosas colaborações à pesquisa.

Aos colegas de mestrado, especialmente à Lara, pela amizade construída, incentivos dados e pelas inúmeras contribuições.

Aos colegas da 1ª Delegacia Regional de Polícia Civil de Teófilo Otoni, pelo apoio, em especial à Mara, Danilo e Rick pelas tantas vezes terem assumido meus plantões.

Aos meus amigos, ex-alunos e atuais acadêmicos da UFVJM, Guilherme e Hecton, pelo competente apoio durante todas as coletas de água e, principalmente, pela amizade fraterna.

À Isabella Torres, pelo compromisso e colaboração durante a pesquisa.

A Ademi e Anderson (Son) pelas inúmeras e valiosas colaborações.

À Siumara Daynele pelo incentivo dado ainda quando eu lecionava.

À Flávia Ramalho, pelos desabafos permitidos e incentivos constantes.

À Elaine Franco, pelas sábias críticas e pela amizade fraterna.

À Izabel Marques, pelo apoio na elaboração do projeto de pesquisa.

Aos tantos outros amigos, e não menos importantes, que com palavras ou ações contribuíram para esta e outras vitórias.

Aos meus pais, Francisco e Maria, que, mesmo sem entender, sempre torceram e apoiaram a realização deste trabalho.

À minha filha, Maria Fernanda, que veio ao mundo para dar um sentido ‘galaxialmente’ especial a minha vida.

A Deus, pelos livramentos, proteção e consolo nos momentos de aflição. A ti, Senhor, toda honra e toda glória!

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	05
2.1 Disponibilidade dos recursos hídricos.....	05
2.2 Bacias hidrográficas.....	06
2.3 Qualidade das águas e fontes poluidora.....	08
2.4 Meio ambiente e sustentabilidade.....	11
2.5 Barragens.....	13
2.6 Recursos hídricos e o desenvolvimento socioeconômico.....	16
2.7 Irrigação.....	18
2.8 Índice de Qualidade da Água (IQA) .....	21
2.8.1 Oxigênio dissolvido.....	22
2.8.2 Coliformes fecais.....	24
2.8.3 Potencial hidrogeniônico (pH) .....	25
2.8.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	25
2.8.5 Temperatura.....	25
2.8.6 Nitrato.....	26
2.8.7 Fosfato.....	26
2.8.8 Turbidez.....	26
2.8.9 Sólidos totais.....	27
2.9 Resolução n.º 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.....	27
2.9.1 Classificação e enquadramento de recursos hídricos.....	27
2.9.2 Classes de qualidade das águas doces superficiais.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 Caracterização da área de estudo.....	33

3.1.2 Sub-bacia hidrográfica d rio Setúbal.....	36
3.1.2.1 Uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio Setúbal.....	37
3.1.3 Barragem de Setúbal.....	40
3.2 Procedimentos metodológicos.....	44
3.2.1 Aspectos socioeconômicos.....	45
3.2.2 Procedimentos das amostras.....	46
3.2.3 Índice de Qualidade de Água (IQA).....	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.1 Desenvolvimento socioeconômico.....	59
4.2 Qualidade da água do rio Setúbal.....	72
4.2.1 Avaliação da qualidade da água da sub-bacia hidrográfica do rio Setúbal, segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA.....	90
4.2.2Índice de Qualidade da Água (IQA) do rio Setúbal.....	91
5 CONCLUSÕES.....	95
5.1 Sugestões.....	96
REFERÊNCIAS.....	97
ANEXOS.....	107

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Fenômenos interagentes no balanço do oxigênio dissolvido.....	23
Figura 2 -	Esquema dos indicadores de contaminação fecal.....	24
Figura 3 -	Organograma do processo de enquadramento dos corpos hídricos.....	29
Figura 4 -	Localização do município de Jenipapo de Minas – MG.....	32
Figura 5 -	Médias Mensais de Temperatura e Pluviosidade de Araçuaí – MG, no período de 1961-2008.....	33
Figura 6 -	Gráficos do Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) de Araçuaí-MG.....	34
Figura 7 -	Mapa de aptidão agrícola da bacia hidrográfica do rio Araçuaí.....	35
Figura 8 -	Mapa da bacia hidrográfica do rio Araçuaí.....	37
Figura 9 -	Mapa do uso atual do solo na sub-bacia do rio Setúbal.....	39
Figura 10 -	Barragem de Setúbal.....	42
Figura 11 -	Localização da barragem de Setúbal.....	42
Figura 12 -	Municípios pertencentes à área de drenagem da barragem de Setúbal..	43
Figura 13 -	Pontos de amostragem de qualidade de água do rio Setúbal.....	47
Figura 14 -	Parâmetros de qualidade, e respectivos pesos, integrantes do IQA.....	48
Figura 15 -	Oxigênio Dissolvido.....	51
Figura 16 -	Coliformes Fecais.....	52
Figura 17 -	Potencial Hidrogeniônico – pH. ....	53
Figura 18 -	Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO. ....	54
Figura 19 -	Nitrato.....	55
Figura 20 -	Fosfato total.....	55
Figura 21 -	Turbidez.....	56
Figura 22 -	Sólidos totais.....	57
Figura 23 -	Temperatura.....	58
Figura 24 -	Agricultura irrigada no município de Jenipapo de Minas.....	62
Figura 25 -	Valores anuais dos produtos comercializados por meio do PNAE.....	66
Figura 26 -	Pastagem irrigada na comunidade de Monte Alegre.....	69
Figura 27 -	<i>Hoplias malabaricus</i> com parasitas.....	70
Figura 28 -	Variação de pH.....	73
Figura 29 -	Variação de oxigênio dissolvido.....	74

Figura 30 -	Variação de temperatura.....	76
Figura 31 -	Variação de DBO.....	77
Figura 32 -	Variação de Nitrato.....	78
Figura 33 -	Variação de fósforo total.....	80
Figura 34 -	Variação de turbidez.....	81
Figura 35 -	Rio Setúbal à jusante da barragem de Setúbal.....	82
Figura 36 -	Registros temporais da variabilidade pluviométrica aferida na região de estudo (Estação convencional de Araçuaí– MG).....	83
Figura 37 -	Variação de sólidos totais.....	84
Figura 38 -	Variação de coliformes totais.....	85
Figura 39 -	Variação de <i>eschirichia coli</i> .....	86
Figura 40 -	Variação de cloreto.....	88
Figura 41 -	Variação de ferro total.....	89
Figura 42 -	Porcentagem de resultados dos parâmetros em desconformidade com os limites definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 dos pontos amostrais. ....	90
Figura 43 -	Valores de IQA dos pontos amostrais e suas respectivas médias anuais. ....	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Limites da classe 2 – Resolução CONAMA 357/05.....	30
Tabela 2 -	Uso do solo na sub-bacia do rio Setúbal.....	38
Tabela 3 -	Principais características físicas da área de drenagem da barragem de Setúbal.....	41
Tabela 4 -	Classificação do nível de qualidade conforme valores de IQA.....	50
Tabela 5 -	A evolução da produção e da variedade de produtos agrícolas por meio do PNAE em Jenipapo de Minas.....	64
Tabela 6 -	Linhas de créditos feitas pelos agricultores após a construção da barragem de Setúbal.....	68
Tabela 7 -	Resultados das análises de qualidade da água, para os parâmetros estudados, nas datas de coleta no Ponto 01.....	72
Tabela 8 -	Resultados das análises de qualidade da água, para os parâmetros estudados, nas datas de coleta no Ponto 02.....	73
Tabela 9 -	Índice de Qualidade da Água nos pontos de amostragem na sub-bacia hidrográfica do Rio Setúbal, durante o período de monitoramento, e suas respectivas classificações, segundo o IGAM. ....	93

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CBDB	Comitê Brasileiro de Barragens
CIGB	Comissão Internacional de Grandes Barragens
CFB	Constituição Federal do Brasil
Cemig	Companhia Energética de Minas Gerais
CONDRAF	Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável
CNDRS	Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável
Copanol	Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CI	Cloretos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DAP	Declaração de Aptidão ao Pronaf
<i>E. Coli</i>	<i>Echerichia coli</i>
Emater	Empresa Mineira de Assistência Técnica e Extensão Rural
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IQA	Índice de Qualidade da Água
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrato
NSF	<i>National Sanitation Foundation</i>
NMP	Número Mais Provável

OD	Oxigênio Dissolvido
PNAE	Programa Nacional de Alimentação Escolar
PRONAF	Programa Nacional de Agricultura Familiar
PIB	Produto Interno Bruto
pH	Potencial hidrogeniônico
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	Fosfato
RAP	Relatório Ambiental Preliminar
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
Ruralminas	Fundação Rural Mineira
SIM	Serviço de Inspeção Municipal
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
T	Temperatura
Tu	Turbidez
UNT	Unidades Nefelométricas de <i>Turbidez</i>

## RESUMO

A disponibilidade de água e a sua devida qualidade configuram como fatores essenciais ao desenvolvimento humano, e, por isso, a avaliação da qualidade da água representa, dentre outras, uma ferramenta eficiente para a gestão dos recursos hídricos. O rio Setúbal é o único rio perene no município de Jenipapo de Minas, Minas Gerais, Brasil. A construção da barragem de Setúbal no município foi um empreendimento que visou a garantir a perenidade do rio Setúbal e, conseqüentemente, promover o desenvolvimento socioeconômico através do uso da água para a agricultura irrigada. A quantidade de água por si só não é suficiente para promover o desenvolvimento, é preciso, ainda, que a água disponibilizada seja garantida com a devida qualidade. Assim, este trabalho objetivou caracterizar a qualidade da água do rio Setúbal utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) e os padrões estabelecidos na Resolução do CONAMA 357/2005, bem como analisar os efeitos socioeconômicos decorrentes da maior disponibilidade de recursos hídricos a partir da construção da barragem de Setúbal, no Município de Jenipapo de Minas - MG. Os dados que atestam um possível desenvolvimento socioeconômico no município foram coletados em órgãos públicos. Para a caracterização da qualidade da água, seis amostras foram coletadas entre junho de 2015 a junho de 2016, em pontos estratégicos, sendo analisados os parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), temperatura, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), fósforo ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), cloretos, turbidez, sólidos totais, ferro total, coliformes totais e *Escherichia coli*. O IQA foi calculado a partir da metodologia proposta pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas IGAM. Dos resultados obtidos, concluiu-se que a maior disponibilidade de recursos hídricos tem fomentado o desenvolvimento da agricultura irrigada com o aumento do número de projetos de irrigação e a produtividade agrícola. A água do rio Setúbal, nos pontos de amostragem, apresentou um IQA predominantemente de nível médio, porém com algumas variáveis em desconformidade com a Resolução do CONAMA 357/2005, como elevadas concentrações de ferro e de turbidez, fazendo com que as duas estações amostrais ficassem em desacordo com o enquadramento do rio que é de Classe 2.

**Palavras-chave:** Indicadores ambientais, rio Setúbal, recursos hídricos.

## ABSTRACT

The water availability and its due quality sets essential factor to the human development, and, therefore, the evaluation of the water quality represents, amongst others, a efficient tool to water resources management. Setúbal river is the only perennial river in the Jenipapo de Minas, Minas Gerais, Brazil. The construction of Setubal Dam in the county was an enterprise that aimed to maintain the Setubal River's perennial, and, consequently promote the socioeconomic development through the usage of the water for irrigated agriculture. The water quantity by its own, it is not enough to promote development, it must, also, the available water be guarantee with a due quality. Thereby, this work had as objective to characterize Setúbal river waters quality, using the Quality Index Water (QIW) and the patterns settled down in the CONAMA's 351/2005 Resolution, as well, analyze the socioeconomic effects from the increased availability of water sources from the construction of Setúbal Dam, in the Jenipapo de Minas - MG. The data that shows a possible socioeconomic development in the county was collected in public agencies. To characterize water quality, six samples were collected between 2015 June and 2016 June, in strategic spots, with these parameters being analyzed: hydrogen potential (Hp), Dissolved oxygen (DO), temperature, biochemical oxygen demand (BOD), nitrate (NO<sub>3</sub>-), phosphor (PO<sub>4</sub>-3), chlorides, turbidity, total solids, total iron, total coliforms and *Escherichia coli*. The QIW was calculated from the methodology proposed by Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). According to the results, it is concluded that the increased availability of water resources has fostered the development of irrigated agriculture with the raise in the numbers of irrigation projects and the agricultural productivity. Setúbal river water, in the sampling points, presented a QIW predominantly middle level, but with some variables in disagreement with the CONAMA's 351/2005 Resolution, like high iron and turbidity concentrations, what put that two sampling stations in disagreement with the river framework, which is Class 2.

**Keywords:** environmental indicators, Setúbal river, water resources.

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a preservação dos recursos hídricos tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas a nível mundial, e isso se deve, dentre os outros motivos, à diminuição da quantidade de água que seja de boa qualidade para as diversas necessidades humanas.

A intensificação das atividades humanas numa bacia hidrográfica resulta no aumento da pressão sobre os recursos hídricos, caracterizando índices de poluição e contaminação das águas. Processos naturais e antrópicos podem alterar as características da água, afetando a sua qualidade; assim, a qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem, ou seja, do uso e da ocupação do solo (Von Sperling, 2007).

A quantidade e a qualidade das águas devem ser necessariamente conhecidas em todos os corpos hídricos pelo motivo de ser um mecanismo capaz de definir estratégias que viabilizem a conservação, a recuperação e o uso racional dos recursos hídricos, reduzindo os conflitos e direcionando as atividades econômicas.

No município de Jenipapo de Minas - MG, assim como todo o Vale do Jequitinhonha, um dos principais entraves do desenvolvimento socioeconômico está relacionado a fatores climáticos, principalmente no que se refere à distribuição temporal e espacial das chuvas, obrigando as pessoas a conviverem com uma acentuada escassez de água (Magalhães e Lima, 2003).

Nesse cenário, a água é o recurso essencial para a promoção do desenvolvimento social e econômico da região, pois além de atender às demandas humanas básicas, permite, entre outras, a existência de uma agropecuária que garanta renda e sustento. Assim, reservatórios de águas no Vale do Jequitinhonha se configuram como alternativas de desenvolvimento socioeconômico, podendo garantir a permanência digna das populações na região.

De modo geral, as construções de barragens ao longo dos anos vêm atendendo a muitas demandas de populações, amenizando os problemas da falta de água nos períodos de longa estiagem como, por exemplo, em regiões do Vale do Jequitinhonha. Mesmo assim, os possíveis impactos negativos causados pela construção de barragens – populações deslocadas, perda de laços comunitários, alagamento de áreas florestais e habitat de animais, alteração do processo migratório e reprodutivo da ictiofauna, eliminação de zonas sujeitas a inundações prejudicando o reabastecimento de nutrientes à jusante – devem ser minuciosamente avaliados

para que de fato a maior disponibilidade de recursos possa promover significativo desenvolvimento socioeconômico.

O desenvolvimento socioeconômico depende principalmente da disponibilidade de quantidades adequadas de água com a devida qualidade (Silva et al., 2006). Para esses autores, as barragens, quando adequadamente planejadas, projetadas, construídas e mantidas, contribuem significativamente para o atendimento das demandas de água e energia. Elas funcionam ainda como forma de compensar as variações no ciclo hidrológico, armazenando água e viabilizando a vazão que mantém o fluxo necessário dos rios. Tal fato se justifica principalmente em regiões onde os córregos e rios tendem a deixarem de ser perenes, passando a serem intempestivos, comprometendo o mínimo acesso à água nos períodos de seca.

Além da quantidade de água necessária para o desenvolvimento socioeconômico, essa mesma água deve necessariamente ser disponibilizada com a devida qualidade, sendo que esta qualidade está relacionada aos seus usos a que se destina. Usos específicos definem os requisitos de qualidade bem como o nível de impacto decorrente. A interação entre uso e qualidade requerida deve considerar os usos múltiplos previstos para os diversos corpos d'água, decorrendo daí a necessidade da satisfação simultânea de diferentes critérios de qualidade (Von Sperling, 2007).

O município de Jenipapo de Minas, localizado no Vale do Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais, apresenta uma peculiaridade na condição climática e geomorfológica por fazer parte de uma região com escassos recursos hídricos, carecendo de maior disponibilidade de água. Associado à quantidade, é importante que esse recurso hídrico seja disponibilizado com a devida qualidade (Magalhães e Lima, 2003).

Na caracterização da qualidade da água, utilizam-se alguns parâmetros que representam suas características físico-químicas e biológicas, os indicadores de qualidade da água, que representam impurezas quando ultrapassam a certos valores estabelecidos. Estes parâmetros foram estabelecidos pela *National Sanitation Foundation* (NSF, 2015) dos Estados Unidos da América para o desenvolvimento de um índice de qualidade da água, o Índice de Qualidade da Água (IQA). Fundamentado neste estudo, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) modificou o IQA (IGAM, 2005) adequando-o para as condições brasileiras. Ainda sobre a caracterização da qualidade da água, a Resolução n.º 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Dessa maneira, objetivou-se com esse trabalho caracterizar a qualidade da água do rio Setúbal utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA) e os padrões estabelecidos na Resolução do CONAMA 357/2005, bem como analisar os efeitos socioeconômicos decorrentes da maior disponibilidade de recursos hídricos a partir da construção da barragem de Setúbal, no Município de Jenipapo de Minas- MG

## **1.1 - OBJETIVOS**

### **1.1.1 - Objetivo Geral:**

Avaliar a qualidade da água do rio Setúbal e o desenvolvimento socioeconômico no Município de Jenipapo de Minas – MG decorrente da construção da barragem de Setúbal.

### **1.1.2 - Objetivos Específicos:**

- Identificar os projetos e/ou políticas públicas de fomento ao uso da água da barragem;
- Verificar o desenvolvimento socioeconômico propiciado no município de Jenipapo de Minas após a construção da barragem de Setúbal;
- Avaliar a qualidade da água do rio Setúbal utilizando o Índice de Qualidade da Água (IQA).
- Caracterizar a água do rio Setúbal em função dos padrões estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Disponibilidade dos recursos hídricos

Dos cerca de 1.386 milhões de km<sup>3</sup> de água da Terra, 96,5% são salgados. Os 35 milhões de km<sup>3</sup> de água doce chegam a 2,5% do total de água do planeta. Porém, 68,7% da água doce encontra-se em área de difícil acesso e extração, como a Antártica (21.600 km<sup>3</sup>, equivalente a 61,7% do total de água doce da Terra) e os picos gelados de altas montanhas. Os 30,3% restantes estão distribuídos entre o subsolo (30,1%), rios, pântanos, entre outros. Cerca de 21.200 km<sup>3</sup> (0,002% do total de água doce) são de acesso mais fácil pela espécie humana, escoando em corpos d'água (Ribeiro, 2008).

Essa desigualdade na disponibilidade de recursos hídricos provoca discussões relacionadas à gestão da água, passando a ser considerada um bem econômico, exigindo maior atenção ao uso, principalmente daqueles países em que está presente com abundância.

O Brasil possui quase 13% dos recursos hídricos superficiais do planeta. No entanto, 73% deles concentram-se na bacia hidrográfica amazônica, onde mora apenas 5,1% da população brasileira (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, 2014).

A distribuição regional dos recursos hídricos é de 70% para a região Norte, 15% para a Centro-Oeste, 12% para as regiões Sul e Sudeste, que apresentam o maior consumo de água, e 3% para a Nordeste. Essa última região, além da carência de recursos hídricos, tem sua situação agravada por um regime pluviométrico irregular e pela baixa permeabilidade do terreno cristalino (Borsoi e Torres, 1997).

Ribeiro (2008) destaca a desigualdade na distribuição das chuvas até mesmo em áreas tropicais como o Brasil. Na região semiárida, que ocupa cerca de 10% do território brasileiro, chove em média 500 mm por ano, enquanto nas áreas mais úmidas atinge-se mais de 2500 mm por ano.

Selborne (2001) faz um alerta sobre a necessidade de criar instituições adequadas para administrar os aquíferos, de modo que todos os que se beneficiem com eles tenham consciência de que se houver um bombeamento excessivo e permanente, superior à reposição da água subterrânea, podem surgir sérios problemas para os usuários da presente e futuras gerações. Considerar o aquífero como um bem comum compartilhado implica a obrigação de administrá-lo de forma participativa e responsável.

Sobre a gestão dos recursos hídricos, Cunha et al. (2011) comentam que seu principal desafio é conservar os recursos hídricos atuais para que no futuro haja água em qualidade e quantidade disponíveis para a população.

A fim de facilitar o monitoramento hídrico, estabeleceu-se 12 regiões hidrográficas no território nacional, definidas com a Resolução CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) nº 32, de 15 de outubro de 2003, são elas: Amazônica, Atlântico NE Ocidental, Atlântico NE Oriental, Parnaíba, Tocantins Araguaia, São Francisco, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Paraná, Paraguai, Uruguai e Atlântico Sul (ANA, 2013).

Dessa maneira, relatam que a bacia hidrográfica deve ser objeto de estudo para a gestão dos recursos hídricos.

## **2.2 Bacias hidrográficas**

A Agência Nacional de Águas (ANA, 2013) define bacia hidrográfica como a região compreendida por um território e por diversos cursos d'água. A água superficial escoar até um curso d'água (rio principal) ou um sistema conectado de cursos d'água afluentes. Essas águas, normalmente, são descarregadas por meio de uma única foz (ou exutório) localizada no ponto mais baixo da região.

A formação da bacia hidrográfica, também denominada bacia de drenagem, acontece por meio dos desníveis dos terrenos que conduzem os cursos da água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas. Essa área é limitada por um divisor de águas que a separa das bacias adjacentes e que pode ser determinada nas cartas topográficas (Calil et al., 2012).

As bacias adjacentes podem ser compreendidas como sub-bacias hidrográficas, e são definidas como áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal (Teodoro et al., 2007). Alves Sobrinho et al. (2010) e Calil et al. (2012) defendem que a subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais.

Porto e Porto (2008) caracterizam o território em que se define a bacia hidrográfica como aquele onde se desenvolvem as atividades humanas. Todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica. Pode-se dizer que, no seu exutório, estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema. O que

ali ocorre é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem.

Os instrumentos de gestão dos recursos hídricos são necessários à manutenção da qualidade e disponibilidade dos corpos d'água. Com esse intuito, em 1997, foi criada a Lei Nº 9.433/1997, que trata da Política Nacional de Recursos Hídricos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos prevê a gestão integrada, sendo sua implantação viabilizada com os seguintes instrumentos: o enquadramento dos corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes, os planos de recursos hídricos, a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água, o sistema de informações sobre recursos hídricos e a compensação a municípios.

O Artigo 1º desta Lei trata da Política Nacional de Recursos Hídricos e seus fundamentos, definindo a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação desta política. Com esta lei também foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e, com ele, os comitês de Bacias Hidrográficas.

A ANA (2012) define estes comitês como uma composição diversificada e democrática, já que são formados por membros de vários setores da sociedade com interesse sobre a água na bacia, com representação e poder de decisão sobre sua gestão. Assim, é possível criar um cenário de discussão sobre o uso da água com diferentes visões, e maior participação social.

Teodoro et al. (2007) ressaltam que a gestão adequada de bacias hidrográficas necessita, antes de tudo, de um planejamento socioeconômico ambiental, a fim de buscar soluções que se enquadrem dentro dos limites da capacidade de suporte ambiental desta bacia. Para Pires et al. (2012) e Santos et al. (2015), a existência de conflitos entre uso e ocupação do solo, bem como o descumprimento da legislação, nas áreas das bacias hidrográficas faz com que os recursos hídricos sejam comprometidos, afetando a qualidade da água.

Os mesmos autores ainda reforçam a importância da participação e do envolvimento da comunidade nas etapas de planejamento e do gerenciamento de bacias hidrográficas, de maneira que esses usuários dos recursos naturais possam negociar e acatar as normas e diretrizes de uso, de conservação e de desenvolvimento de seu território de forma sustentada.

### 2.3 Qualidade das águas e fontes poluidoras

A quantidade e a qualidade das águas devem ser necessariamente conhecidas em todos os corpos hídricos pelo motivo de ser um mecanismo capaz de definir estratégias que viabilizem a conservação, a recuperação e o uso racional dos recursos hídricos, reduzindo os conflitos e direcionando as atividades econômicas.

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica (Moura et al., 2010).

Von Sperling (2007) elucida dois fatores intrinsecamente ligados à qualidade da água, as condições naturais e a interferência dos seres humanos. Em relação às condições naturais, pode-se dizer que mesmo com a bacia hidrográfica preservada, esta sofre contaminações de águas de infiltração e escoamentos superficiais, que podem conter impurezas, partículas dissolvidas ou sólidos suspensos. Para Menezes et al. (2009), a quantidade e a qualidade da água são comprometidas quando o homem se concentra no espaço urbano, pois impactos negativos são surgidos gerando modificações que atingem a natureza e o próprio homem.

É fato que as atividades humanas, respaldadas em um estilo de vida e desenvolvimento, têm determinado alterações significativas no meio ambiente, influenciando a disponibilidade de uma série de recursos. A água, em alguns territórios, tem se tornado um recurso escasso e com qualidade comprometida. Os crescentes desmatamentos, os processos de erosão/assoreamento dos mananciais superficiais, os lançamentos de efluentes e detritos industriais e domésticos nos recursos hídricos têm contribuído para tal situação

Aspectos relacionados à qualidade da água ainda são negligenciados no país, muito se fala em disponibilidade e quantidade dos recursos hídricos, mas pouca importância tem-se dado à qualidade.

A ANA (2012) destaca que a informação sobre qualidade de água no país ainda é insuficiente ou inexistente em várias bacias. Um exemplo é o que ocorre com a região Amazônica, que apesar de sua importância, não apresenta rede de monitoramento de qualidade da água específica, apenas o que é feito pela agência, em quatro parâmetros. Esta situação ocorre na maioria dos corpos d'água do país, onde a rede Hidrometeorológica Nacional não abrange padrões de qualidade suficientes e significativos, dentre os parâmetros abordados com frequência estão: temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade.

Apenas oito Unidades da Federação possuem sistemas de monitoramento da qualidade da água considerados ótimos ou muito bons, seis possuem sistemas bons ou regulares e treze apresentam sistemas fracos ou incipientes (ANA, 2012).

Von Sperling (2007) destaca que em contraposição à qualidade existente de uma determinada água, tem-se a qualidade desejável para essa água. A qualidade desejável para uma determinada água é função do seu uso previsto. A qualidade de uma água existente é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica.

A ANA (2012) enumera as principais fontes que alteram a qualidade das águas: esgotos domésticos, efluentes industriais e da agricultura, desmatamento e manejo inadequado do solo, mineração, resíduos sólidos, efluentes da suinocultura, poluição difusa em áreas urbanas, salinização, acidentes ambientais, construção de barragens e aquicultura.

Está no esgoto doméstico uma das principais preocupações da atualidade em relação à qualidade da água, porém a situação do país ainda é preocupante nesse aspecto, já que somente 40% dos esgotos gerados recebem algum tratamento (SNIS, 2014).

Segundo o IBGE (2011), dentre os serviços de saneamento, recai sobre o esgotamento sanitário grave ausência e precariedade encontrada nos municípios brasileiros. Dados desta publicação mostram que a ausência da rede de esgotamento sanitário constitui a realidade de grande parte dos municípios com menos de 50 mil habitantes, já que ainda são muitos os municípios brasileiros com a falta de rede coletora de esgoto.

O esgoto não tratado compromete os corpos d'água através da contaminação bacteriológica, elevadas cargas de matéria orgânica, sólidos suspensos e baixos níveis de oxigênio dissolvido.

Além do esgoto, outra fonte de poluição preocupante é a causada pela agricultura, atividade importante para o país. Sobre isso, Minella et al. (2007) esclarecem que a poluição das águas através da atividade agrícola pode ocorrer de forma pontual ou difusa. A pontual refere-se, por exemplo, à contaminação causada pela criação de animais em sistemas de confinamento, onde grandes quantidades de dejetos são produzidos e lançados diretamente no ambiente ou aplicados nas lavouras. Já a poluição difusa é aquela causada principalmente pelo deflúvio superficial, a lixiviação e o fluxo de macroporos que, por sua vez, estão relacionados com as propriedades do solo como a infiltração e a porosidade. Neste sentido, para tornar a agricultura mais intensiva, são adicionados artificialmente produtos com elevados teores dos nutrientes nitrogênio e fósforo, frequentemente superiores à própria capacidade de assimilação dos vegetais, o que pode causar a eutrofização dos corpos hídricos.

Von Sperling (2007) esclarece que a poluição difusa ocorre com os poluentes adentrando o corpo d'água de forma dispersa. Caso típico da poluição veiculada pela drenagem pluvial, a qual é descarregada no corpo d'água de uma forma distribuída, e não concentrada em um único ponto. A poluição pontual ocorre com os poluentes atingindo o corpo d'água de forma concentrada. Como exemplo, cita-se a descarga em um rio de um emissário transportando os esgotos de uma comunidade.

A poluição do ar também contribui para a contaminação da água. Áreas com elevados índices pluviométricos, que tenham uma matriz industrial, estão sujeitas à precipitação de enxofre e óxido de nitrogênio, gerando a chuva ácida. Essa substância penetra no solo e atinge o lençol freático e até mesmo os aquíferos se estiver em uma área de recarga, ou cai diretamente em algum curso d'água, poluindo-o (Ribeiro, 2008).

A construção de barragens pode melhorar a qualidade da água em relação a alguns parâmetros, mas em contrapartida também está relacionada com a perda de qualidade da água represada, já que é possível a eutrofização artificial, e também a sanilização da água.

A eutrofização artificial geralmente ocorre pelo afogamento de vegetação e outros depósitos de matéria orgânica e nutrientes (fossas, lixo, etc.) existentes na bacia hidráulica, durante o enchimento, ou pelo aporte contínuo de nutrientes derivados dos esgotos domésticos e das atividades agropecuárias e industriais na bacia de drenagem. A acumulação da água nos reservatórios tem a tendência de favorecer a concentração dos sais originalmente contidos nas águas dos rios barrados, já que estes permanecem no reservatório, enquanto as águas se perdem para a atmosfera, ocorrendo assim o processo de salinização da água. Além disso, com a salinização da água, também pode ocasionar a salinização do solo quando esta é usada em irrigação (Santana et al., 2007).

De fato, a poluição das águas é preocupante no que diz respeito em manter a qualidade e quantidade dos recursos hídricos. A gestão e o monitoramento são a melhor opção para viabilizar e assegurar esse bem de forma adequada para seus múltiplos usos. Pensando nisso, o IGAM vem monitorando as águas superficiais do estado de Minas Gerais em parceria com a FEAM – MG (Fundação Estadual do Meio Ambiente) através do Projeto Águas de Minas. Este monitoramento realizado desde 1997 avalia atualmente a qualidade das águas em 244 estações de amostragem distribuídas em oito bacias hidrográficas, com abrangência em cerca de 98% da área total do estado (Ferreira e Almeida, 2005).

## 2.4 Meio ambiente e sustentabilidade

O desenvolvimento sustentável é um conceito proposto pela Comissão Mundial do Desenvolvimento e Meio Ambiente no ano de 1987. Desde então, aumentaram as discussões voltadas para a temática sustentabilidade, no intuito de se obter desenvolvimento socioeconômico sem que os recursos naturais sejam findados. Sobre essa temática, Costa (2011, p. 26) leciona que “a sustentabilidade ambiental e a utilização de seus recursos não passam apenas pela ação direta da preservação, recuperação e conservação, mas também na atuação direta da solução dos problemas sociais, identificando suas causas básicas”. O autor, através de uma visão holística, defende a ideia de que as ações de preservação ambiental devem levar em consideração os problemas sociais, sendo possível inferir que a degradação do meio ambiente acontece concomitantemente com a degradação de populações, principalmente as mais pobres.

É possível perceber que os recursos naturais estão sendo reduzidos significativamente, o que deixa claro como é abrangente as ações antrópicas no meio ambiente. Os rios do Brasil são depósitos de lixos e esgotos, ficando cada vez mais poluídos; com isso, a água, de suma importância para o homem e demais seres vivos, torna-se cada vez mais escassa.

No século XXI, as marcas da destruição desenfreada da natureza são cada vez mais preocupantes e o equilíbrio ecológico que existia na natureza está há alguns séculos sendo ocupado pelos impactos de vários níveis e formas.

As intensas transformações no espaço causam, principalmente nos tempos atuais, inquietações não só para os ambientalistas, mas também para a sociedade civil. Essa maior inquietação é justificada pela percepção do grande risco ambiental que a humanidade vive, agravada pelo poder de transformação do homem na era de tamanha modernidade.

Nesse contexto de preservação ambiental e sustentabilidade, são necessárias práticas de estudos que apontem a viabilidade de empreendimentos, como a construção de barragens, impedindo que os impactos negativos sejam maiores que os positivos. Pensando nisso, instituído pela Política Nacional de meio Ambiente (PNMA), foi criado em 1990 o RAP (Relatório Ambiental Preliminar), sendo que quando este não for suficiente para certificar a viabilidade ambiental de um empreendimento, far-se-á necessário o EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental). Discutindo sobre essa temática, Braga et al. (2005) consideram que “[...] a instituição do EIA/RIMA e do decorrente licenciamento

ambiental vem sendo passo importantíssimo não apenas para assegurar a qualidade ambiental, mas também para o desenvolvimento socioeconômico e para o aperfeiçoamento institucional no país”.

Pela consideração dos autores, é possível perceber que tais práticas ambientais se tornaram essenciais para a amenização de impactos negativos – sejam eles ambientais, sociais, culturais ou econômicos, o que contribui para que as futuras gerações não sejam colocadas em risco em função da falta de recursos naturais. Nesse sentido, Miller (2012) relata que

[...] se as fundações ambientais de uma nação são degradadas ou esgotadas, sua economia pode muito bem entrar em decadência, seu tecido social pode se deteriorar, sua estrutura política pode ficar desestabilizada uma vez que um número crescente de pessoas busca se sustentar reduzindo os estoques de recursos (Miller, 2012, p. 494).

O autor chama atenção para o caos que pode surgir em função da falta de um planejamento adequado do uso dos recursos naturais, o que corrobora para a importância que deve ser dada ao RAP (e ao EIA/RIMA).

De acordo com a Resolução do (CONAMA) 001/1986, em seu Art. 2º, há uma série de empreendimentos que demandam elaboração e aprovação de EIA no processo de licenciamento ambiental, entre eles a construção de barragens, como é mencionado a seguir:

obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, como barragem para quaisquer fins hidrelétricos acima de 10 MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques (CONAMA, 1986).

A Constituição Federal do Brasil de 1988, através do art. 225 *Caput*, evidencia uma visão holística ambiental:

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

A proteção ambiental é colocada, assim, a nível constitucional, definindo parâmetros para a devida proteção ecológica. A Lei ambiental demonstra ainda que a natureza é patrimônio coletivo, devendo ser cuidado para garantir a qualidade da vivência humana na Terra.

## 2.5 Barragens

Barragens podem ser definidas como obstáculos artificiais com a capacidade de reter água ou qualquer outro líquido, para fins de armazenamento ou controle. Estes obstáculos podem ter tamanhos variados, geralmente usados para fornecimento de água, de energia hidrelétrica, para controle de cheias e para irrigação, além de diversas outras finalidades (Comitê Brasileiro de Barragens– CBDB, 2013).

Barragens são construídas há milhares de anos, mas, foi no século XIX que surgiram as primeiras com maior porte, desenvolvidas em pequena escala, visando ao atendimento local. Com o passar do tempo, houve uma expansão expressiva de barragens de diferentes portes e finalidades, como, por exemplo, produção de energia renovável, controle da vazão de rios, abastecimento humano e animal, irrigação.

De modo geral, as construções de barragens ao longo dos anos vêm promovendo o desenvolvimento humano e atendendo às inúmeras demandas de populações. Em contrapartida, surgiram críticas à construção de barragens em virtude dos possíveis impactos ao meio ambiente físico e social, tais como a perda da cultura e de laços comunitários entre os atingidos, alagamento de áreas florestais e desaparecimento do habitat de espécies animais. Mesmo com possíveis impactos negativos causados pela construção de barragens, é preciso ter um pensamento holístico diante desse tipo de empreendimento; pois se os impactos positivos forem muito mais expressivos que os negativos, a construção de barragens será sempre viável, principalmente nas regiões onde a escassez de recursos hídricos impede até mesmo o mínimo de desenvolvimento socioeconômico.

A sociedade moderna passa por dificuldades em conciliar crescimento econômico, conservação ambiental e o respeito à diversidade sociocultural. Assim, pesquisas relacionadas a construções e gerenciamento de barragens ganham relevância, vez que, entre outros motivos, podem surgir novas discussões e ações que promovam o desenvolvimento social e econômico, através de maior oferta de recursos hídricos, sem colocar em risco o meio ambiente físico.

É inegável a importância das barragens na atualidade e ao longo dos anos. Desde o armazenamento de água para consumo, à geração de energia elétrica, tornam-se imprescindíveis para a população.

A maioria das barragens no registro da CIGB (Comissão Internacional de Grandes Barragens, 2008) é de barragens de uso único, equivalendo 71,7%; embora haja um número

crescente (28,3%) de barragens de usos múltiplos. Nos últimos anos, a irrigação é a função mais comum das barragens no registro da CIGB (2007), alcançando quase 50%.

As barragens construídas para armazenar e controlar especificamente água se destinam geralmente ao abastecimento doméstico e industrial, à irrigação, à navegação, à recreação, ao controle de sedimentação, ao controle de cheias e à produção de energia elétrica. Algumas barragens têm apenas uma função e são assim conhecidas como "barragens de função única". Atualmente, as barragens são construídas para servir a diversas funções e são, por isso, conhecidas como "barragens de usos múltiplos" (CIGB, 2007).

As barragens de usos múltiplos podem ser consideradas grandes aliadas na busca pela sustentabilidade desses empreendimentos, gerando grandes benefícios sociais. Como exemplo de usos múltiplos benéficos às comunidades locais, pode-se citar a aquicultura, atividades de recreação, abastecimento urbano, controle de enchentes, mitigação de secas, pesca, navegação, geração de energia hidrelétrica, irrigação, entre outros.

A FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 2011) alerta que na maioria das vezes em climas tropicais, subtropicais e mediterrânicos, a agricultura na estação seca e o estabelecimento de culturas alimentares e de culturas de rendimento antes da época das chuvas, não é possível sem recorrer a grandes quantidades de água. Depender de cursos de água numa altura em que temperaturas e evaporação estão no seu máximo pode ser irrealista e perigoso. O autor ainda defende que nesses casos poderá ser essencial construir uma barragem num rio ou ribeiro/arroio de forma a permitir o armazenamento, fora da época das chuvas, de recursos vitais de água.

Viana (2003) aborda vários objetivos que foram utilizados como justificativa para a construção e intensificação, tanto do número quanto do tamanho das barragens. Dentre os principais argumentos elencados pelo autor estão: a necessidade de geração de energia elétrica e o aumento da oferta de água para a agricultura, indústria e consumo doméstico. Em uma escala de importância mais reduzida estão, também, controle das cheias dos rios e a consequente prevenção contra enchentes, melhoria das condições de navegabilidade dos rios, melhoria das condições sanitárias dos rios, além de criação de espaços de recreação e geração de empregos.

A construção e a operação de um reservatório de usos múltiplos, envolve, quase sempre, uma série de potenciais impactos negativos sobre o ambiente e as comunidades situadas nas áreas próximas. Esses impactos e sua magnitude estão diretamente ligados a dois fatores: o porte do empreendimento e sua localização. Os impactos negativos podem ocorrer

nos meios físico, biótico e antrópico, devendo ser identificados e avaliados, para que sejam adotadas medidas mitigadoras, visando a minimizá-los ou evitá-los (Ministério da Integração Nacional, 2005).

Por outro lado, Fernandes e Bursztyn (2008) defendem que os usos múltiplos das águas dos reservatórios de grandes hidrelétricas podem trazer possibilidades efetivas para o desenvolvimento socioeconômico local ou regional, com a geração de empregos e melhoria da qualidade de vida, se no processo de planejamento for considerado o verdadeiro sentido do processo de desenvolvimento, em que a arrecadação monetária advinda das atividades econômicas relacionados aos usos múltiplos seja reaplicada na melhoria das condições de vida da população, especialmente no que diz respeito à segurança alimentar, saúde, educação e segurança, além de investimentos em conservação ecológico-ambiental.

Os impactos negativos na construção e operação de uma barragem são inegáveis. Para atenuar essa situação é preciso, antes de tudo, conhecê-los, avaliar os riscos, e assim tomar medidas necessárias sejam elas socioeducativas e/ou ambientais.

Entre os impactos que podem ocorrer nos aspectos físicos na região abrangida pelo empreendimento estão: alterações sobre o microclima regional e sobre os sistemas aquáticos naturais, diminuição da concentração de vegetação; alterações na produção, transporte e acúmulo de sedimentos a montante e a jusante, cujos processos de erosão e sedimentação podem causar alterações no leito do rio; redução da qualidade da água com a profundidade; alterações no subsolo devido à flutuação do lençol freático; formação de áreas degradadas e erosivas; e a contaminação de solos pela acumulação de efluentes agrícolas e sanitários; tendência à eutrofização e liberação de gás carbônico e metano a partir do fundo do reservatório (Fernandes e Bursztyn, 2008).

Em relação aos impactos nos ecossistemas terrestres e aquáticos, Fernandes e Bursztyn (2008) destacam a possibilidade de perda de biodiversidade e de desaparecimento de fauna terrestre em razão da extinção de matas ciliares e alterações na cobertura vegetal da área abrangida pelo empreendimento; fragmentação ou perda de ambientes, alterações no regime hidrológico e nas vazões; impactos sobre a flora e fauna aquáticas e o comprometimento da qualidade das águas.

Além das perdas ambientais, também é preciso considerar as mudanças sociais provocadas pela construção da barragem. Velosa (2009) considera que um projeto da dimensão de uma barragem provoca mudanças significativas em várias vertentes do ambiente socioeconômico, tanto a nível positivo como a nível negativo. Estas mudanças podem ser

encaradas como consequência das suas duas fases: o período de construção e o período de funcionamento.

Santana et al. (2014) apontam como principais impactos sociais, a redução da qualidade de vida da população ribeirinha, o valor da indenização paga aos trabalhadores rurais residentes na área alagada geralmente inferior ao preço real; o deslocamento compulsório da população para terras menos produtivas trazendo o empobrecimento e êxodo rural, aumentando periferia das grandes cidades, principalmente na região sudeste; e a destruição do patrimônio cultural.

O ato de retirar uma comunidade, ou parte dela, de seu habitat físico e social pode acarretar aspectos negativos que não têm “solução ótima”. Porém, na medida do possível, deve-se tentar oferecer condições para a reconstrução desse habitat. O remanejamento deve significar uma melhoria da qualidade de vida da população reassentada, já que a população remanescente será, provavelmente, beneficiada pelas obras a serem executadas (Ministério da Integração Nacional, 2005).

Apesar dos inúmeros impactos ambientais e sociais, não se pode deixar de considerar a importância desse empreendimento e seus benefícios, o CIGB(2007) defende que os benefícios das barragens e dos reservatórios devem ser considerados e ponderados em todas as perspectivas: local, regional, nacional e global. Todos os benefícios dos projetos de barragens nem sempre se concretizam nas vizinhanças imediatas dos reservatórios ou em favor das populações que vivem no seu entorno. Geralmente as populações das regiões e os países inteiros recebem os benefícios integrais das barragens e dos reservatórios.

## **2.6 Recursos hídricos e o desenvolvimento socioeconômico**

A significativa disponibilidade de recursos hídricos existente no Brasil é um aspecto que dá ao país muitas vantagens em relação a outras nações. A falta de recursos hídricos é um empecilho que dificulta o crescimento econômico e, conseqüentemente, social. Se existem regiões brasileiras que não são desenvolvidas socioeconomicamente mesmo com grande disponibilidade de água, tampouco com a falta dela.

A água é, sem dúvidas, o recurso natural mais importante para a realização das principais atividades econômicas do país. Portanto, a gestão dos recursos hídricos é uma

necessidade na atualidade para que seja garantido o desenvolvimento socioeconômico das diversas regiões brasileiras.

Mesmo sendo o Brasil uma “caixa” d’água mundial, existem no território brasileiro muitas regiões com baixa disponibilidade hídrica. Além disso, ainda existem bacias hidrográficas que, mesmo com grande disponibilidade hídrica, possuem os seus corpos hídricos comprometidos qualitativamente, o que impede também o uso da água e, conseqüentemente o desenvolvimento da região. Além disso, essa disponibilidade no país, que é aparentemente elevada, é na realidade um fator limitante quando é analisada a sua má distribuição espacial, sua sazonalidade e pelos usos múltiplos, os quais são todos importantes na caracterização de problemas e, sobretudo, das potencialidades de desenvolvimento econômico.

De todas as regiões brasileiras, a do semiárido é onde mais existem problemas relacionados à falta de água. Em razão dessa falta de recursos hídricos, o desenvolvimento socioeconômico é comprometido, mantendo o nível de pobreza de várias populações daquela região. A esse respeito, Montenegro e Montenegro (2004) atestam que as características edafo-climáticas e socioeconômicas do semiárido brasileiro requerem tecnologias específicas de utilização e conservação dos recursos hídricos.

Toda essa conjuntura vivenciada em solo brasileiro vem fazendo com que diferentes segmentos busquem alternativas de conservação de recursos hídricos. Braga (2005), discutindo essa temática, defende que é fundamental os países que almejam o crescimento econômico e a melhoria do bem estar social de sua população tenham a infraestrutura para disponibilizar água nos períodos de escassez e armazenar a água em excesso na época das cheias. Além disso, para o autor, as barragens e os reservatórios servem a este propósito e devem ser construídos dentro de critérios técnicos, econômicos, sociais e ambientais.

O Vale do Jequitinhonha é classificado como a região mais pobre economicamente do estado de Minas Gerais, podendo-se inferir que tal problema está boa parte relacionado à heterogeneidade climática e escassez do principal recurso natural: a água. A agropecuária, mesmo sendo praticada de maneira bastante rudimentar, é a atividade econômica de maior destaque do Vale, sendo esta uma atividade que necessita de fatores climáticos favoráveis, principalmente recursos hídricos. No entanto, de acordo com o censo agropecuário do IBGE (2007) houve uma retração significativa do setor agropecuário dessa região, fato esse intrinsecamente ligado à intensificação dos problemas da seca na região.

Em meio a essa situação, é preciso pensar em alternativas que promovam o desenvolvimento socioeconômico dos municípios do Vale, impedindo que esta seja uma região de expulsão demográfica em razão da falta de água.

Localizado no médio Jequitinhonha, estado de Minas Gerais, o município de Jenipapo de Minas sofre boa parte dos problemas característicos de todo o Vale. Dessa forma, a construção de uma barragem no rio Setúbal foi vista como uma alternativa para maior disponibilidade de recursos hídricos, e, conseqüentemente, implantação de projetos de irrigação para pequenos e médios produtores no meio rural. Tais projetos viabilizariam a agricultura familiar no meio rural do município, garantindo o sustento e permanência de famílias na localidade.

A história jenipapense coincide com a do norte/nordeste mineiro, assim como o sertão nordestino brasileiro, em muitos aspectos. História esta nacionalmente conhecida pelos elevados índices de pobreza e de repulsão populacional que são reflexos de uma economia estagnada.

A leitura que o sertanejo faz de sua própria situação em relação à natureza reproduz um misto de lamento, esperança e resignação. Por um momento ele revela toda sua tristeza pela forma como a natureza se manifesta, pela falta de chuva, pelo sol que castiga a terra da qual ele retira o seu sustento; em outro, ele mostra sua esperança e, de certa forma, seu conformismo com a situação de flagelo, de sofrimento e espera que a qualquer momento a situação mude: a chuva chegará trazendo alívio e conforto para sua agonia (Magalhães e Lima, 2003, p. 2).

A escassez de água é um grande empecilho para o desenvolvimento socioeconômico local e regional. Neste sentido, construções de barragens podem gerar inúmeros benefícios ao homem quando bem gerenciadas. Para tanto, deve-se, de forma criteriosa, analisar todos impactos negativos gerados ao próprio homem e ao ambiente físico para que estes não sejam significativos.

## **2.7 Irrigação**

Segundo o Ministério da Agricultura (2014), o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio em 2014 representou entre 22% e 23% do PIB total da economia brasileira, com cerca de R\$ 1,1 trilhão. As atividades agrícolas representam 70% e a pecuária, cerca de 30% do valor produzido no ano. Assim, vê-se a importância da agricultura no país e, por conseguinte, a irrigação.

O Brasil tem um potencial de irrigação de 52 milhões de hectares. A área atualmente irrigada atinge 3,0 milhões de hectares, sendo 1,4 milhão de hectares com irrigação a pressão e 1,6 milhão de hectares com irrigação por superfície (Heinze, 2002). Esse cenário indica que muito ainda precisa ser feito e aperfeiçoado nesse setor.

Heinze (2002) defende que a agricultura brasileira tem, no passado, no presente e terá, certamente no futuro, relevantes contribuições a dar ao desenvolvimento econômico e social do Brasil.

A agricultura irrigada, como toda atividade antrópica, interfere no meio, sobretudo por possibilitar o uso intensivo do solo. O licenciamento ambiental da mesma, como ferramenta de gestão, deve ser implantado, sem, contudo, inviabilizar a regulamentação dos projetos existentes, e menos ainda a expansão da área irrigada pela ampliação e a implantação de novos (Robaina et al., 2009).

Rodrigues e Irias (2004) destacam que de um modo geral, no mundo, cerca de 70% de toda água retirada dos rios ou do subsolo é usada para irrigação; enquanto apenas 20% se destina para usos industriais e 10% para usos residenciais. Notadamente, a agricultura é uma das atividades com maior demanda de água.

É importante se destacar que a disponibilidade e quantidade de água estão intrinsecamente ligadas à eficiência do seu uso. Paz et al. (2000) destacam que a eficiência do uso da água de irrigação integra vários componentes, considerando-se, entre outros, as perdas que ocorrem nos reservatórios, na condução e na aplicação nas parcelas irrigadas. Estima-se que, em média, a eficiência de irrigação é de 37% a nível mundial.

A qualidade da água para Mantovani et al. (2006) é primordial para o êxito da utilização de sistemas irrigados, todavia, nem sempre é dada a atenção necessária à avaliação da qualidade da água quando a mesma é usada para a irrigação. Essa negligência pode ocasionar alguns problemas na condução de uma cultura comercial e até mesmo disseminar doenças na população consumidora dos produtos agrícolas que foram irrigados com água contaminada.

Uma completa análise da água pode indicar a presença de mais de cinquenta constituintes nela dissolvidos ou em suspensão. Esses elementos, em geral, são sólidos dissolvidos ionizados, gases, compostos orgânicos, matéria em suspensão, incluindo micro-organismos e matéria coloidal (Setti et al., 2001). As variações quantitativas desses elementos em águas superficiais dependem da litologia e do clima da região, da vegetação circundante,

do ecossistema aquático e da influência do homem. Para Porto et al. (1991), a influência do homem é o fator de maior responsabilidade pelas alterações na composição da água.

A presença de alguns elementos na água, seja de origem natural ou antrópica, interfere diretamente nos processos irrigatórios, tais como: o tipo de cultura a ser irrigada, a escolha do tipo de sistema de irrigação, a necessidade de filtragem e a necessidade ou não de um pré-tratamento da água (Ayres e Westcont, 1991).

A utilização de águas residuárias primárias ou secundárias, ou mesmo águas que não recebem nenhum tipo de esgoto, não pode ocorrer à revelia em irrigação (Thebaldi et al., 2013). Portanto, a água de irrigação com a devida qualidade é de fundamental importância para não comprometer os produtos e o funcionamento dos equipamentos de irrigação, especialmente quando contêm efluentes.

Nessa temática, Von Sperling (2007) ressalta que quando a água usada para irrigação de determinados tipos de cultura é proveniente de corpos hídricos que recebem efluentes, a possibilidade de transmissão de doenças por micro-organismos patogênicos, de intoxicação por químicos nocivos à saúde, às plantas e ao solo, e de salinização do solo, devem ser considerados.

A Resolução 357 do CONAMA/2005 estabelece os valores máximos para os parâmetros relacionados em cada uma das classes de enquadramento. Para que a água seja usada na irrigação, tais valores estabelecidos pela Resolução devem ser rigorosamente obedecidos de acordo com as especificidades de cada cultura, evitando, assim, disseminação de doenças e, até mesmo, problemas em tubulações nos processos irrigatórios.

Em relação à qualidade da água usada após a irrigação, Dellamatrice e Monteiro (2014) alertam sobre a contaminação de rios, córregos e da água subterrânea. Segundo os autores, o excesso de água aplicada à área irrigada, que não é evapotranspirada pelas culturas, retorna aos rios e córregos por meio do escoamento tanto superficial, quanto subsuperficial, ou vai para os depósitos subterrâneos, por percolação profunda, arrastando consigo sais solúveis, fertilizantes (nitrogênio e fósforo), resíduos de defensivos e herbicidas, elementos tóxicos, sedimentos, etc. Dessa forma, a contaminação dos recursos hídricos tem causado sérios problemas ao suprimento de água potável, tanto no meio rural como nos centros urbanos.

Apesar dos impactos gerados, a irrigação é indispensável, e se gerida de forma adequada, minimizando danos, os benefícios se tornam destacáveis. Heinze (2002) lista que a agricultura irrigada é de suma importância na criação de empregos, inserção da dimensão

competitiva e da modernização produtiva na agricultura, e redução dos desequilíbrios regionais e sociais.

Paz et al. (2000) defendem que, apesar do grande consumo de água, a irrigação representa a maneira mais eficiente de aumento da produção de alimentos. Os autores ainda apontam formas de mitigar os danos através de melhoria das práticas de irrigação, construção de sistemas de drenagem no campo, lixiviação de sais em excesso e outras medidas, é possível se controlar o risco de degradação do solo e, igualmente importante, reduzir os efeitos sobre as plantas, obtendo-se aumentos significativos dos níveis de produtividade e preservando as condições ambientais.

Rodrigues e Irias (2004) ainda reforçam a importância em garantir a conservação da qualidade das águas de escoamento, ou seja, das águas servidas das áreas irrigadas, para que apresentem qualidade compatível com os usos previstos a jusante. Esta é uma das principais preocupações da irrigação. Neste sentido, Paz et al. (2000) esclarecem que as principais adversidades da irrigação ocorrem com a qualidade e quantidade de água, poluição e saúde pública, fauna e flora silvestres, além de processos erosivos e o esgotamento do solo.

A quantidade de água é, então, um aspecto primordial para a irrigação, todavia, essa é uma característica que deve estar intrinsecamente relacionada à qualidade da água. Assim, o desenvolvimento socioeconômico que se espera por meio de uma agricultura irrigada pode ser comprometido quando não se tem uma preocupação com a qualidade da água da mesma maneira que se tem com a sua quantidade.

## **2.8 Índice de Qualidade da Água (IQA)**

O controle da qualidade da água está condicionado ao conhecimento das fontes de poluição e do planejamento em nível da bacia hidrográfica a partir de um gerenciamento da água, considerando o ciclo de uso. A qualidade da água pode ser monitorada e representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (Libânio, 2010).

O grande número de parâmetros analisados em estudos de qualidades incentivou a criação do Índice de Qualidade da Água (IQA), que consiste na consulta dos parâmetros mais relevantes para a análise da qualidade da água. O IQA foi desenvolvido pela agência americana *National Sanitation Foundation* (NSF), a partir de 1970, com auxílio da técnica Delphi7, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, quando

cada técnico selecionou, ao seu critério, os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e estipulou, para cada um deles, um peso relativo na série de parâmetros especificados. No Brasil, o IQA proposto pela NSF foi adaptado por várias entidades como, por exemplo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) do Estado de São Paulo e pelo IGAM.

São estados brasileiros que utilizam o IQA como indicador da condição dos corpos d'água (Amapá, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Sul, São Paulo), além do Distrito Federal. Essas 12 Unidades da Federação representam cerca de 60% da população do país, e os dados de monitoramento englobam 7 das 12 regiões hidrográficas brasileiras - Atlântico Sul, Paraguai, Atlântico Sudeste, São Francisco, Paraná, Atlântico Leste, Amazônica (ANA, 2012).

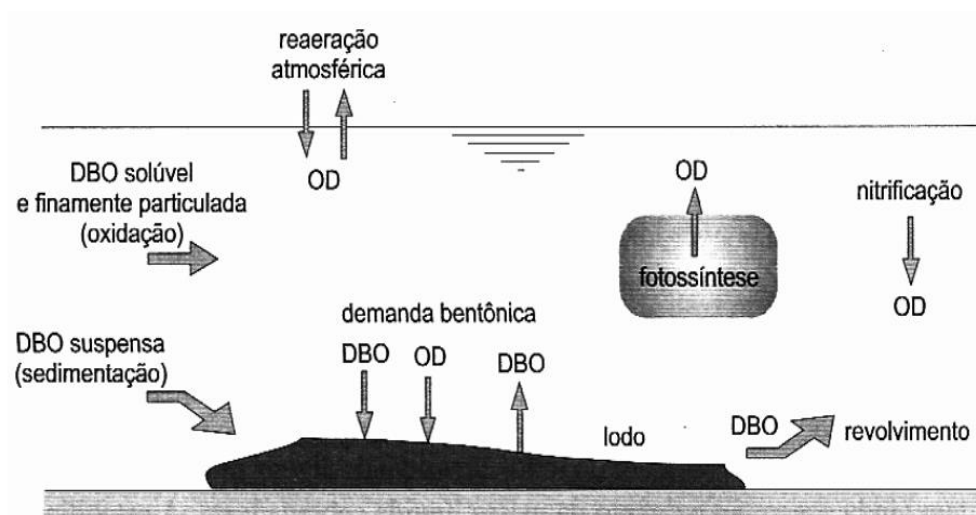
O IQA, por reunir em um único resultado os valores de nove diferentes parâmetros, oferece ao mesmo tempo vantagens e limitações. A vantagem reside no fato de sumarizar a interpretação de nove variáveis em um único número, facilitando a compreensão da situação para todos os públicos. Por outro lado, a limitação relaciona-se à perda na interpretação das variáveis individuais e da relação destas com as demais. Além disso, este índice foi desenvolvido visando a avaliar o impacto dos esgotos domésticos nas águas utilizadas para abastecimento público, não representando efeitos originários de outras fontes poluentes.

O IQA-NSF, adaptado pelo IGAM, reúne em um único resultado os valores de nove diferentes parâmetros para caracterização da qualidade das águas, com respectivos pesos ( $w$ ), de acordo com sua relevância: oxigênio dissolvido (OD), coliformes, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio ( $DBO_5$ ), temperatura (T), nitrato ( $NO_3^-$ ), fosfato ( $PO_4^{3-}$ ), turbidez (Tu) e sólidos totais dissolvidos (STD).

### **2.8.1 Oxigênio dissolvido**

As condições biológicas dos organismos aeróbicos (diversidade do ecossistema aquático) estão relacionadas ao OD. A presença de grandes quantidades de bactérias aeróbicas acarreta na diminuição do OD, propiciando a diminuição da vida aquática. Existe ainda um balanço entre as fontes de consumo e as fontes de produção de oxigênio na autodepuração natural dos corpos hídricos, sendo que os fenômenos responsáveis pelo consumo de oxigênio no curso

d'água são: demanda bentônica (lodo do fundo), nitrificação (oxidação da amônia) e oxidação da matéria orgânica (respiração), conforme se observa na Figura 1.



**Figura 1:** Fenômenos interagentes no balanço do oxigênio dissolvido.  
Fonte: Von Sperling (2005).

O teor de oxigênio na água varia principalmente com a temperatura e com a altitude. Os efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos podem ser caracterizados pelo OD, sendo que a grande concentração desses despejos ocasiona condições anaeróbicas e maus odores da água. Segundo Von Sperling (2007), o OD é naturalmente originado com a dissolução do oxigênio atmosférico, produzido por organismos fotossintéticos e sua solubilidade varia com a altitude e a temperatura. Ao nível do mar, a 20°C, a concentração de saturação é de 9,2 mg L<sup>-1</sup>. Valores superiores à saturação indicam a presença de organismos fotossintéticos e inferiores, a presença de matéria orgânica, provavelmente esgotos. Em teores de OD em torno de 4-5 mg L<sup>-1</sup>, tem-se mortandade de peixes.

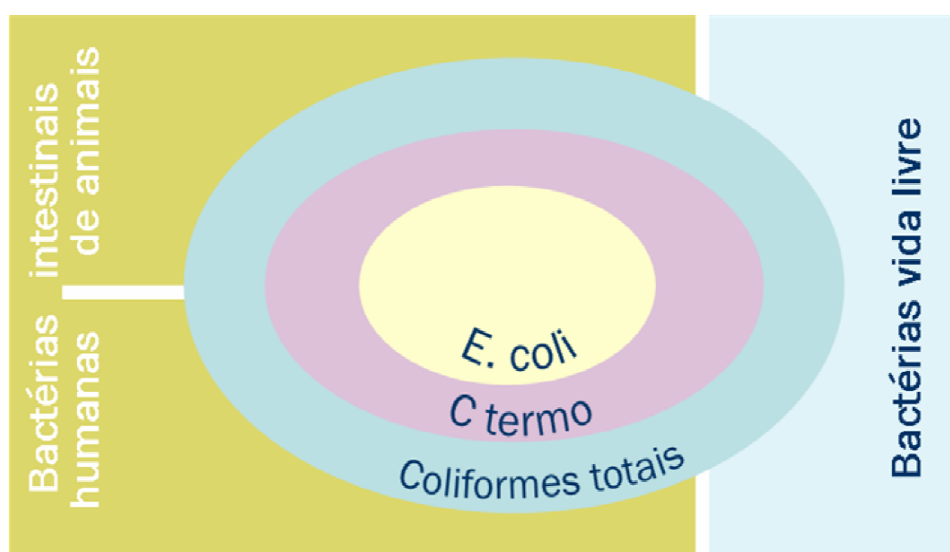
Tchobanoglous e Schroeder (1985) atestam que o OD é um importante parâmetro para a avaliação da poluição de um rio. Dessa forma, níveis insatisfatórios afeta negativamente a ictiofauna.

Na maioria das vezes, o OD funciona como um indicador da saúde dos corpos hídricos em relação à vida aquática, já que, altos teores de OD nem sempre estão relacionados ao bom padrão de qualidade da água. Em ambientes contaminados por metais pesados, a morte dos organismos e a consequente diminuição da demanda pelo oxigênio levam a um aumento do OD associado à contaminação. Porém, na maioria das vezes, as águas que apresentam altas concentrações de OD são consideradas não poluídas, pois indicam baixos níveis de decomposição (Kong e Hong, 2014)

## 2.8.2 Coliformes fecais

A classificação dos coliformes, segundo Freitas et al. (2001), apresenta o grupo de coliformes totais que inclui as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou aeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35° C. Apresenta-se cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato intestinal de humanos, como de animais de sangue quente, sendo indicadoras, por exemplo, de poluição por esgotos domésticos, ausência de saneamento básico, fezes humanas e de animais.

Os indicadores mais comumente utilizados são: coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, sendo o último o único que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, embora não exclusivamente humana (Von Sperling, 2007). A Figura 2 sintetiza os três grupos de indicadores e ilustra a distribuição relativa de cada um deles.



**Figura 2** - Esquema dos indicadores de contaminação fecal.  
Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

Dentro do grupo coliformes, as bactérias são utilizadas para avaliação da qualidade da água por si constituírem bons indicadores de contaminação humana ou animal, isso porque a sua densidade, na água, decresce na mesma proporção das bactérias patogênicas intestinais (Ministério da Saúde, 2006).

A avaliação microbiológica da água por meio desse parâmetro desempenha um papel de destaque, uma vez que, em alguns corpos hídricos pode existir grande variedade de microrganismos patogênicos, em sua maioria de origem fecal (Bettega et al., 2006).

### **2.8.3 Potencial hidrogeniônico (pH)**

O pH representa a concentração de íons de hidrogênio, indicando condições de acidez, neutralidade e alcalinidade da água. Nesse parâmetro, é levada em consideração a concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ) que determina o índice de concentração entre 0 a 14, sendo considerada ácida ( $pH < 7$ ); neutra ( $pH = 7$ ) e básica ( $pH > 7$ ). A Resolução do CONAMA 357/2005 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve apresentar valores entre 6 e 9.

O pH pode ser relacionado à dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese na forma de sólidos e gases dissolvidos. Segundo Von Sperling (2007), alterações extremas desse parâmetro podem significar o desaparecimento da vida aquática.

### **2.8.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)**

A DBO representa o potencial ou a capacidade de uma massa orgânica absorver o oxigênio dissolvido nas águas, sendo que essa absorção não é praticada diretamente pelo composto orgânico, e sim o resultado da atividade de microrganismos que se alimentam da matéria orgânica. A  $DBO_5$  é a quantidade de oxigênio consumida durante 5 dias em uma temperatura de 20°C (Oliveira et al., 2010).

Para que a DBO seja um fator positivo, é preciso que haja um equilíbrio entre o consumo e a produção de oxigênio no meio aquático. Dessa forma, alta quantidade de matéria orgânica lançadas nos corpos d'água eleva os valores da DBO, diminuindo os valores de oxigênio na água e, conseqüentemente, comprometendo a vida aquática. Assim, a DBO é um dos principais parâmetros para medir o grau de poluição do esgoto lançado nos corpos hídricos.

### **2.8.5 Temperatura**

A temperatura dos corpos hídricos varia de acordo com a localização geográfica e condições climáticas, influenciando a atividade biológica. Segundo Von Sperling (2005), o aumento da temperatura altera as taxas das diversas reações que ocorrem nos ambientes aquáticos, podendo também diminuir a solubilidade de gases como o oxigênio dissolvido. Dessa forma, os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de

tolerância térmica – havendo uma variabilidade de espécie para espécie – podendo causar impactos sobre seu crescimento e reprodução (ANA, 2005).

### **2.8.6 Nitrato**

O nitrogênio pode ocorrer nos corpos d'água nas formas de nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal, nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (BRAGA et al., 2005). O lançamento de esgotos sanitários e efluentes industriais são as principais fontes de nitrogênio presente na água. Além disso, fertilizantes provenientes de plantações e água da chuva por meio de drenagens também são fontes de nitrogênio..De acordo com Von Sperling (2007), a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição em um corpo d'água. Sendo possível ser feita uma associação entre poluição mais recente ao nitrogênio na forma orgânica ou de amônia, enquanto que uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrito e de nitrato.

### **2.8.7 Fosfato**

O fósforo presente nos corpos hídricos pode ser proveniente de esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal, além da drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas e de efluentes industriais. O fósforo é um nutriente importante nos processos biológicos, porém o seu excesso pode ocasionar a eutrofização da água. Valores de fósforo acima de  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  é um indicativo de águas poluídas (Damasceno et al., 2015).

Por ser usado em fertilizantes na agricultura, os níveis de fósforo nos cursos d'água também tendem a se elevarem nos períodos chuvosos, quando ocorre a dissociação dos sedimentos em suspensão e da lixiviação do solo pelas águas das chuvas (Santos et al., 2010).

### **2.8.8 Turbidez**

Representada pela unidade nefelométrica de turbidez (UNT), a turbidez é a propriedade responsável por desviar os raios luminosos, sendo decorrente da presença de materiais em suspensão na água (Braga et al., 2005), limitando a fotossíntese e, conseqüentemente, a reposição de oxigênio.

A erosão dos solos, principalmente na época das chuvas, e atividades de mineração, bem como efluentes industriais e lançamento de esgotos são fontes que causam uma elevação da turbidez das águas (ANA, 2010).

### **2.8.9 Sólidos totais**

Subdivididos em orgânicos e inorgânicos e voláteis e não voláteis, os sólidos totais dissolvidos englobam os diferentes contaminantes da água, contribuindo para sua carga total.

Quantidade em excesso de sólidos nos corpos hídricos ocasiona o assoreamento e danos à vida aquática; além disso, podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia. Os sólidos são provenientes principalmente da erosão nos períodos chuvosos, mas também de efluentes.

## **2.9 Resolução n.º 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente**

Estabelecida no Brasil pela Lei Federal nº 6938 de 1981, a Política Nacional do Meio Ambiente tem agido em defesa da manutenção e da melhoria da qualidade ambiental como, por exemplo, o licenciamento e a fiscalização das fontes de poluição da água; e, por meio do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, são estabelecidos diversos parâmetros de qualidade, classes e padrões ambientais de cada classe dos corpos hídricos por meio da Resolução CONAMA 20/1986, posteriormente alterada pela Resolução CONAMA 357/2005, sendo esta complementada pela Resolução CONAMA 430/2011.

Em tese, a Legislação Ambiental brasileira tem mostrado preocupação com a qualidade dos recursos hídricos. A resolução n.º 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005), de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

### **2.9.1 Classificação e enquadramento de recursos hídricos**

As Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos tem o Enquadramento como um dos instrumentos de gestão, que objetiva assegurar a qualidade das águas compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas bem como diminuir os custos de combate á

poluição, mediante ações preventivas permanentes às águas, superficiais e subterrâneas (IGAM, 2015).

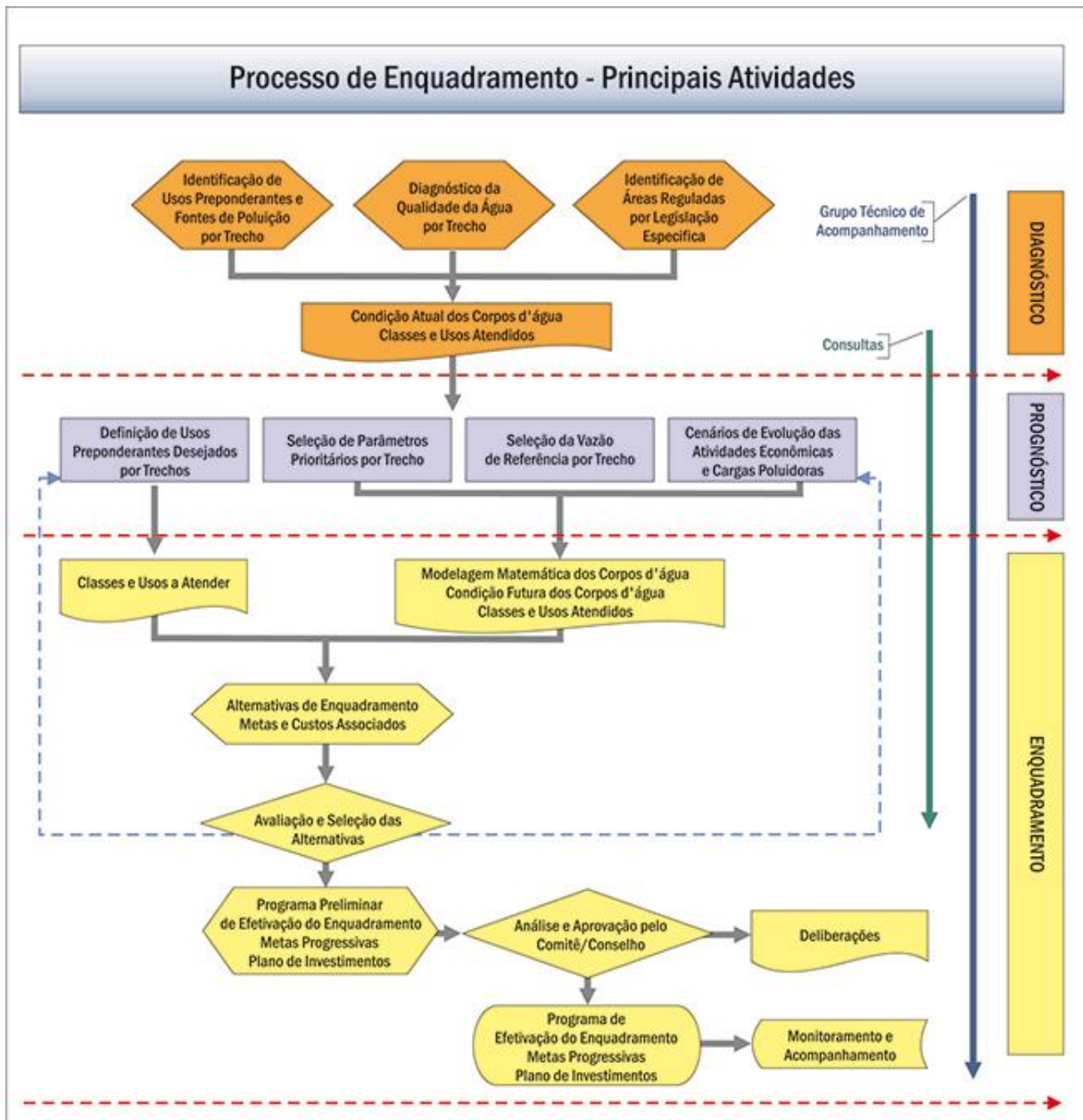
Depois da identificação dos usos preponderantes da água, o enquadramento estabelece a classe de qualidade da água a ser mantida ou alcançada em determinado corpo de água superficial.

O IGAM (2015) defende o Enquadramento dos Corpos de Água como um instrumento de suma importância no âmbito do planejamento ao integrar a política de recursos hídricos com a política de meio ambiente, associando diferentes instrumentos de gestão da água (Outorga do Direito de Uso de Recursos Hídricos e Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos) com os instrumentos de gestão ambiental (licenciamento, zoneamento e a criação de espaços territoriais especialmente protegidos).

Nessa temática, a Resolução CONAMA nº 357/2005, em seu art. 2º, traz importantes definições:

- a) Classificação dos corpos hídricos:* “a qualificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes) atuais e futuros”;
- b) Sistema de classes de qualidade:* “o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuros”;
- c) Enquadramento:* “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo d’água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”.

Dessa forma, o enquadramento dos corpos hídricos tem como objetivo permitir a ocupação das bacias hidrográficas e o uso desejado da água, conseguindo um nível adequado de controle dos resíduos. É importante ainda que essas ações sejam desenvolvidas em conformidade com o Plano Diretor das Bacias Hidrográficas. O organograma apresentado na Figura 3 ilustra o processo de enquadramento os corpos d’água e suas principais atividades.



**Figura 3:** Organograma do processo de enquadramento dos corpos hídricos.  
Fonte: SIGRH (2016).

Para que haja um correto enquadramento, a Resolução CONAMA nº 357/2005 cita que há a necessidade de se analisar no mínimo 06 amostras, coletadas durante um período de um ano, com periodicidade bimestral.

Na Tabela 1, são apresentados os limites de alguns parâmetros para o enquadramento em Classe 2, uma vez sendo essa o limite aceitável para o abastecimento público, conforme a resolução CONAMA 357/2005.

**Tabela 1:** Limites da Classe 2 – Resolução CONAMA 357/2005.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor máximo</b>
Oxigênio Dissolvido	Não inferior a 5 mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>
pH	6,0 a 9,0
DBO	DBO 5 dias a 20 °C até 5 mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>
Turbidez	Até 100 UNT
Fósforo Total*	Até 0,1 mg L <sup>-1</sup> P
<i>Echerichia coli</i>	Até 1.000 NMP100 mL <sup>-1</sup>
Coliformes Totais	Até 5.000 NMP100 mL <sup>-1</sup>
Nitrato	Até 10,0 mg L <sup>-1</sup> N
Cloretos	Até 250 mg L <sup>-1</sup> Cl
Sólidos Totais Dissolvidos	Até 500 mg L <sup>-1</sup>
Ferro Total	Até 0,3 mg L <sup>-1</sup>

Fonte: Resolução CONAMA 357/2005.

\* (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários).

### 2.9.2 Classes de qualidade das águas doces superficiais

Em seu art.4º, a Resolução 357/2005 do CONAMA apresenta as cinco classes de qualidade das águas doces superficiais, bem como sua destinação permitida, sendo:

#### a) Classe especial

- ✓ Abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- ✓ Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- ✓ Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

#### b) Classe 1

- ✓ Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- ✓ Proteção das comunidades aquáticas;
- ✓ Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), conforme CONAMA 274/2000;
- ✓ Irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas (rente ao solo) e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- ✓ Proteção das comunidades aquáticas em terras Indígenas.

#### c) Classe 2

- ✓ Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- ✓ Proteção das comunidades aquáticas;

- ✓ À recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), conforme CONAMA 274/2000;
- ✓ Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, parque e jardins e outros com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- ✓ Aquicultura e à atividade de pesca.

d) Classe 3

- ✓ Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- ✓ Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- ✓ Pesca amadora;
- ✓ Recreação de contato secundário;
- ✓ Dessedentação de animais.

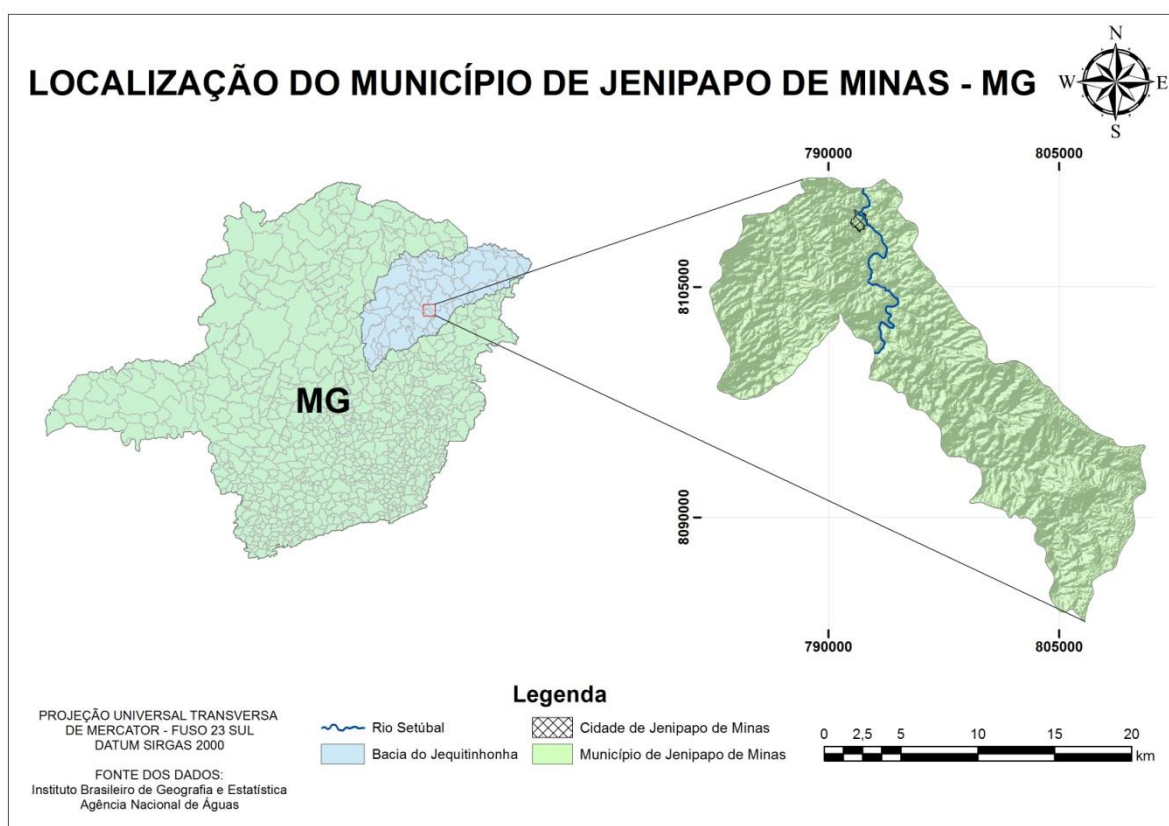
e) Classe 4

- ✓ Águas que podem ser destinadas à:
- ✓ Navegação;
- ✓ Harmonia paisagística.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O município de Jenipapo de Minas, emancipado no ano de 1997, está localizado no nordeste do estado de Minas Gerais, região do Vale do Jequitinhonha, no chamado médio Jequitinhonha, com sede nas coordenadas geográficas 17° 04' 39'' S de latitude e 42° 15' 26'' W de longitude, possuindo uma área de 284,65 km<sup>2</sup>. A Figura 4 apresenta a localização do município de Jenipapo de Minas.



**Figura 4:** Localização do município de Jenipapo de Minas - MG.

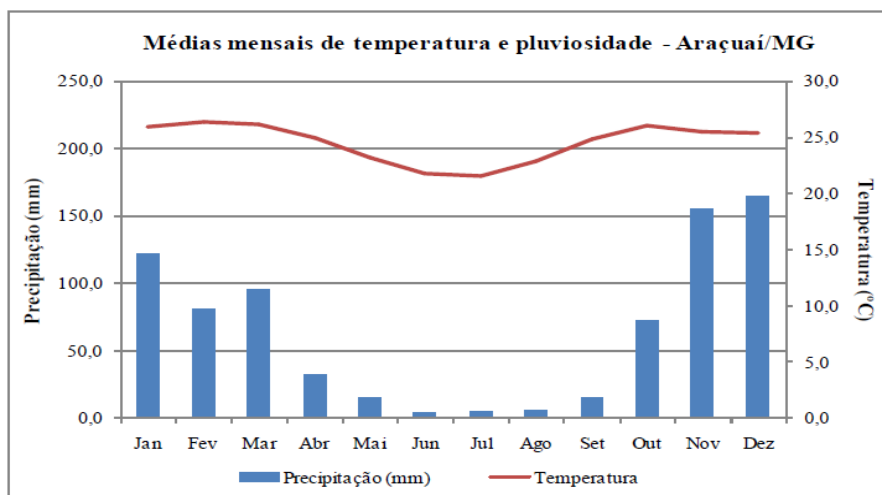
Jenipapo de Minas possui uma população estimada em 7.580 habitantes (IBGE, 2015), sendo sua maioria residente no meio rural. No ano de 2000, o município tinha um IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) de 0,616 (IBGE, 2000), alcançando 0,624 em 2013 (IBGE, 2013), possuindo dessa forma, assim como vários outros municípios do Vale do Jequitinhonha, baixo IDH. De acordo com o IBGE e a Fundação João Pinheiro (2009), Jenipapo de Minas foi um dos 10 menores municípios em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* do estado de Minas Gerais no ano de 2007.

Este município tem o seu território inserido na região geoeconômica mais pobre do Brasil (semiárido), e, portanto, está incluso na área de atuação da SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste).

Por fazer parte do Jequitinhonha, Jenipapo de Minas está em uma região que possui a atividade agropecuária mais pobre de Minas Gerais, com altas taxas de analfabetismo e práticas agrícolas bastante rudimentares - baixo índice de utilização de insumos, uso quase exclusivo de mão de obra familiar e pouca mecanização (Magalhães e Lima, 2003).

No município de Jenipapo de Minas, bem como em quase toda a área da sub-bacia do rio Setúbal, há um predomínio de lavouras temporárias, sendo as culturas de maior expressão representadas pelas lavouras de mandioca, milho, feijão, banana e de cana-de-açúcar, estando principalmente associadas com a agricultura de subsistência. Em relação à pecuária, a atividade se distribui em toda a região (IBGE, 2015).

A área apresenta predominantemente um clima tropical de natureza continental, sendo classificado como do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, isto é, clima tropical, com inverno seco e verão chuvoso, sendo que o mês mais frio apresenta temperatura média superior a 18°C e o mês mais seco apresenta precipitação inferior a 60 mm (Reis, 2007). De acordo com a classificação bioclimática de Gaussen, o clima na área é do tipo 4bth, ou seja, Termoxeroquimênico - número de dias biologicamente secos - compreendido entre 100 e 150 e um período seco de cinco a seis meses consecutivos (Ruralminas, 2005). Na Figura 5 é possível visualizar os baixos índices pluviométricos e altas temperaturas registrados na estação meteorológica convencional de Araçuaí - MG, município vizinho de Jenipapo de Minas.



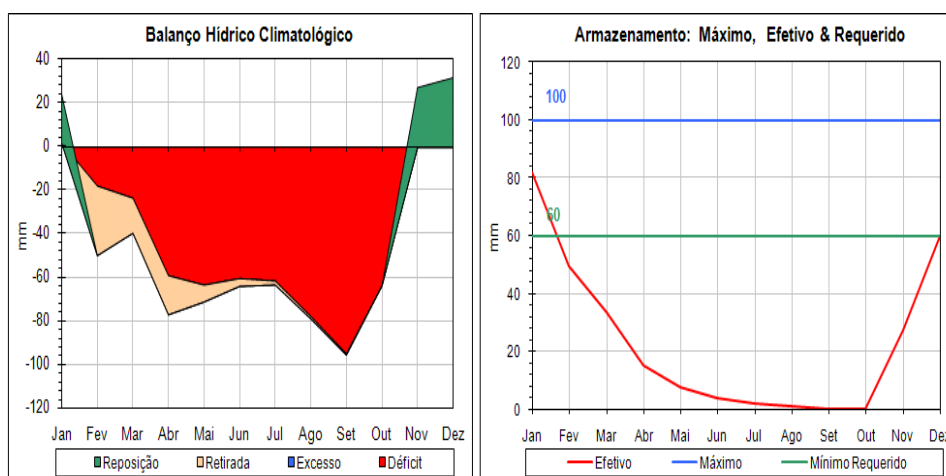
**Figura 5:** Médias Mensais de Temperatura e Pluviosidade de Araçuaí – MG, no período de 1961-2008.  
Fonte: INMET; Org. Silva (2010).

Estudos feitos pela Ruralminas (2005) constaram que a média anual da temperatura verificada na região de Jenipapo de Minas fica entre 22 e 24°C, com média anual máxima de 28°C e média anual mínima em torno de 18°C. A temperatura máxima anual absoluta pode chegar a 39°C. A precipitação média anual está entre 1000 e 1200 mm, sendo os meses de novembro a janeiro os mais chuvosos, e as primeiras chuvas sazonais da época quente e úmida começam a ocorrer em outubro, enquanto a precipitação alcança os seus valores mais baixos entre os meses de maio e setembro.

A evapotranspiração apresenta valores mais elevados no período seco (agosto a outubro). A deficiência hídrica anual elevada entre 200 e 400 mm é uma característica do regime pluviométrico, ou seja, a precipitação pluviométrica na época chuvosa não consegue equilibrar as necessidades da época seca, em suas necessidades hídricas. Por outro lado, os valores de excedente hídrico são baixos variando de 100 a 200 mm. No mês de novembro, o déficit hídrico começa a reduzir, sendo nulo nos meses de dezembro e janeiro. Ocorrem déficits hídricos nos meses de fevereiro a outubro, com valores máximos nos meses de agosto e setembro, onde alcançam cerca de 90 mm (Ruralminas, 2005).

Dados climatológicos registrados dão conta de que, entre os anos de 1985 a 2002, verificou-se a ocorrência de 76 eventos de veranicos em Araçuaí e região (Silva, 2010). A presença relativamente alta da ocorrência de veranicos ocasiona instabilidade e perdas na produção agropecuária, e, conseqüentemente, um considerável prejuízo à economia local.

Na Figura 6, o balanço hídrico de Araçuaí, que compreendeu o período de 1961 a 2008, explicita o déficit hídrico que existe na região, a qual Jenipapo de Minas se insere, ratificando o grande problema local de escassez de recursos hídricos.



**Figura 6:** Gráficos do Balanço Hídrico de Thornthwaite e Mather (1955) de Araçuaí-MG.

Fonte: INMET; Org. Silva (2010).



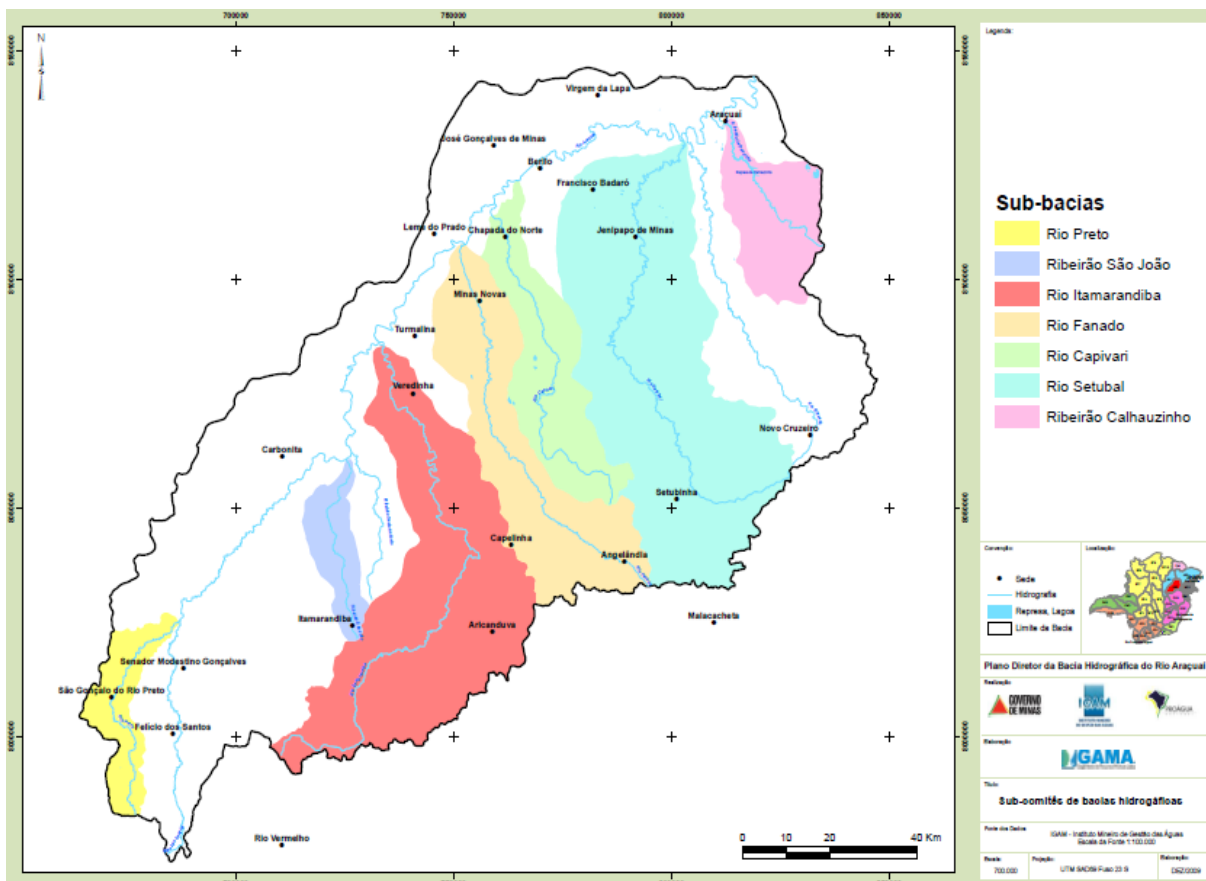
coletada (20,15%) pelo serviço de limpeza, enquanto 79,85% é queimada, jogada em terreno baldio ou logradouro ou ainda nas drenagens.

### **3.1.2 Sub-bacia hidrográfica do rio Setúbal**

Com nascente no município de Novo Cruzeiro - MG, o curso d'água mais importante de Jenipapo de Minas é o rio Setúbal, o qual é afluente do rio Araçuaí, ambos pertencentes à bacia do rio Jequitinhonha, no Nordeste do Estado de Minas Gerais. Os cursos de água ou linhas de drenagem que deságuam no rio Setúbal apresentam caráter intermitente, permanecendo sem água na época seca do ano. Dessa forma, para que a perenização do rio não fosse comprometida, foi construída a Barragem Setúbal, em Jenipapo de Minas. Além de perenizar o rio, a barragem também foi construída no intuito de promover o desenvolvimento socioeconômico no município por meio da maior disponibilidade de recursos hídricos.

O rio Setúbal possui uma extensão aproximada de 174,74 km, e drena as terras dos municípios de Setubinha, Novo Cruzeiro, Minas Novas, Jenipapo de Minas, Francisco Badaró, Chapada do Norte e Araçuaí, totalizando área de aproximadamente 2.930 km<sup>2</sup>, que representam cerca de 18% da área da bacia do rio Araçuaí (RURALMINAS, 2005).

Na Figura 8, é mostrada a área da bacia do rio Araçuaí (JQ 2) com suas respectivas sub-bacias, entre elas a do rio Setúbal.



**Figura 8:** Mapa da bacia hidrográfica do rio Araçuaí.  
Fonte: IGAM (2010)

O rio Setúbal possui o enquadramento, desde as nascentes até sua confluência com o rio Araçuaí, em Classe 2, sendo que isso se justifica pelo fato de essa Classe se “destinar a atender aos usos preponderantes, ou seja, consumo humano após tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas, irrigação de hortaliças e plantas, e recreação de contato primário” (IGAM, 2010g). O rio faz parte do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Araçuaí, estando, assim, inserido na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos da bacia do rio Araçuaí (UPGRH JQ2). Estudos realizados pelo IGAM (2014) denunciam que os principais usos antrópicos dessa área da bacia do rio Jequitinhonha são: reflorestamento de eucalipto, núcleos urbanos sem tratamento adequado de esgoto e resíduos sólidos, e agricultura de subsistência e pecuária.

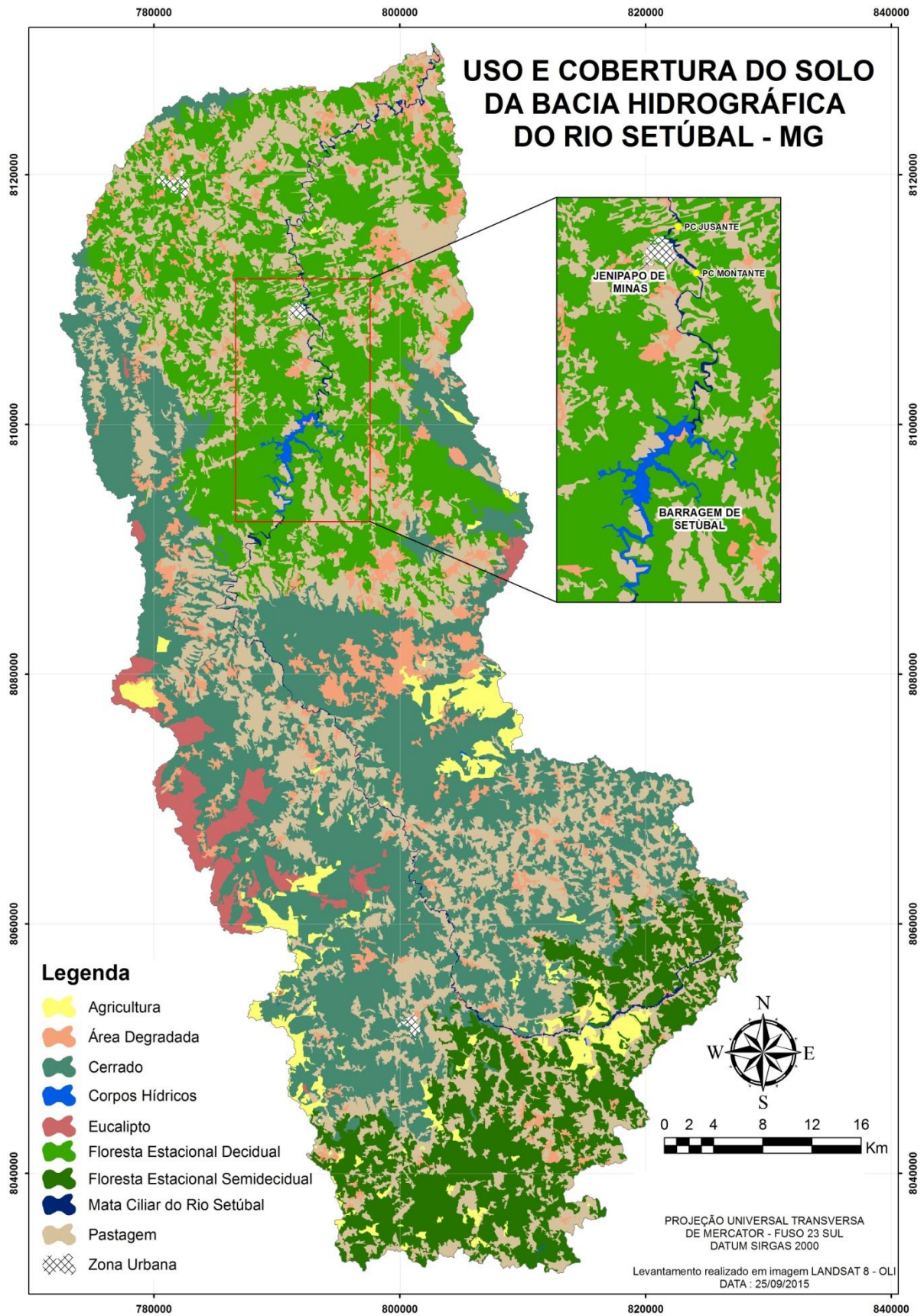
### 3.1.2.1 Uso e ocupação do solo da sub-bacia do rio Setúbal

São apresentadas na Tabela 2 as classes de uso do solo presentes na sub-bacia do rio Setúbal, bem como as respectivas áreas de cada classe.

**Tabela 2:** Uso do solo na sub-bacia do rio Setúbal.

<b>Classes</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual %</b>
Zonas Urbanas	5,47	0,19
Corpos Hídricos	7,09	0,24
Mata Ciliar do Rio Setúbal	14,01	0,48
Eucalipto	64,40	2,20
Agricultura	93,06	3,18
Áreas Degradadas	185,03	6,33
Floresta Estacional Semidecidual	307,31	10,51
Floresta Estacional Decidual	554,93	18,97
Pastagem	835,93	28,58
Cerrado	858,03	29,33
<b>Total</b>	<b>2.925.26</b>	<b>100%</b>

Na Figura 09 é apresentado o mapeamento do uso e cobertura do solo na sub-bacia do rio Setúbal. A Figura09 ainda destaca a localização da barragem de Setúbal, bem como os pontos de monitoramento de água a jusante, sendo que estes pontos estão próximos ao perímetro urbano do município de Jenipapo de Minas, bem como em áreas de pastagem e floresta nativa.



**Figura 09:** Mapa do uso atual do solo na sub-bacia do rio Setúbal.

Discutindo essa temática, Rocha et. al (2000) consideram que qualquer tipo de uso do solo em uma bacia hidrográfica interfere no ciclo hidrológico. Desse modo, o uso, ocupação e manejo da terra influenciam na dinâmica do escoamento superficial/subterrâneo, propiciando graus diferenciados de resistência às ações dos agentes externos e processos que modelam a sua morfologia, e, consecutivamente, os transportes de materiais que interferem na qualidade da água desse manancial.

### **3.1.3 Barragem de Setúbal**

Localizada no município de Jenipapo de Minas – Vale do Jequitinhonha, Nordeste de Minas Gerais – a barragem de Setúbal, cujo rio é de mesmo nome, foi um investimento econômico dos Governos Federal e Estadual que teve seu término no ano de 2010. De acordo com a Fundação Rural Mineira (RURALMINAS, 2005), o empreendimento, com duração de três anos, teve como objetivo aumentar a oferta de água do rio Araçuaí, bem como do rio Jequitinhonha, viabilizar o abastecimento humano e animal da região, e principalmente visando à implantação de um polo de desenvolvimento da agricultura irrigada, mediante o aproveitamento da água do reservatório formado com o barramento do rio Setúbal.

Com o objetivo, em princípio, de produzir energia elétrica, a barragem de Setúbal teve seu início na década de 1980 pelo governo de Minas Gerais, por meio da CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), mas a obra fora interrompida em 1990, por ser considerada ambientalmente inviável, pois os impactos negativos seriam mais expressivos que os positivos (Ambiente Brasil, 2006). Mesmo depois de retomadas e concluídas as obras do barramento, até hoje, a construção da barragem é alvo de críticas por parte de ambientalistas que acreditam se tratar de uma obra baseada em interesses capitalistas. De acordo com a Assessoria de Imprensa da Associação Mineira de Defesa do Ambiente (AMDA) (AMBIENTE BRASIL, 2006), os estudos de impactos ambientais realizados não foram suficientes. A AMDA ainda questionou o fato de que mesmo tendo os estudos ambientais apontado sérios problemas erosivos e centenas de fontes de contaminação das águas do rio Setúbal, devido à proximidade de currais, tanto Ruralminas como Instituto Estadual de Florestas (IEF) se recusaram a considerar que esses problemas teriam de ser solucionados antes da construção da barragem, visando inclusive garantir a qualidade de suas águas.

O IGAM, por meio da Portaria nº 1662/2005 de 18/11/2005, autorizou a Fundação Rural Mineira (Ruralminas) a captar águas no rio Setúbal para o barramento de Setúbal, sendo a vazão autorizada de  $660,0 \text{ L}^{-1}\text{s}^{-1}$ . A finalidade da outorga foi: dessedentação de animais, abastecimento público e irrigação no município de Jenipapo de Minas, através do método de microaspersão/gotejamento, com tempo de captação de 24 horas/dia, e volumes máximos mensais que variam entre  $31.242 \text{ m}^3$  nos meses de estiagem a  $762.387 \text{ m}^3$  nos meses chuvosos (Ruralminas, 2005).

A vazão média de longa duração para o local de implantação da barragem de Setúbal obtida a partir da média das vazões médias anuais é igual a  $13,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . A vazão mínima de 10 anos de recorrência em 07 dias consecutivos com 10 anos de tempo de retorno ( $Q_{7,10}$ ) verificada para o local de implantação da barragem e calculadas a partir da proposta de regionalização de vazões de Euclides *et al.* (2005) foi de  $2,62 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , com vazão de pico de  $198 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  para o período de retorno de 10 anos (Ruralminas, 2005).

Com uma área de aproximadamente 980 ha de inundação e permissão de acúmulo de 130 milhões  $\text{m}^3$  de água, a barragem desalojou 170 famílias, as quais tiveram novas casas construídas na cidade e em localizações rurais na proximidade da área da barragem (RURALMINAS, 2005).

As principais características físicas da área de drenagem da barragem de Setúbal estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3:** Principais características físicas da área de drenagem da barragem de Setúbal.

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Área de drenagem ( $\text{km}^2$ )	2.032
Perímetro da área de drenagem (km)	234
Comprimento do talvegue (km)	117

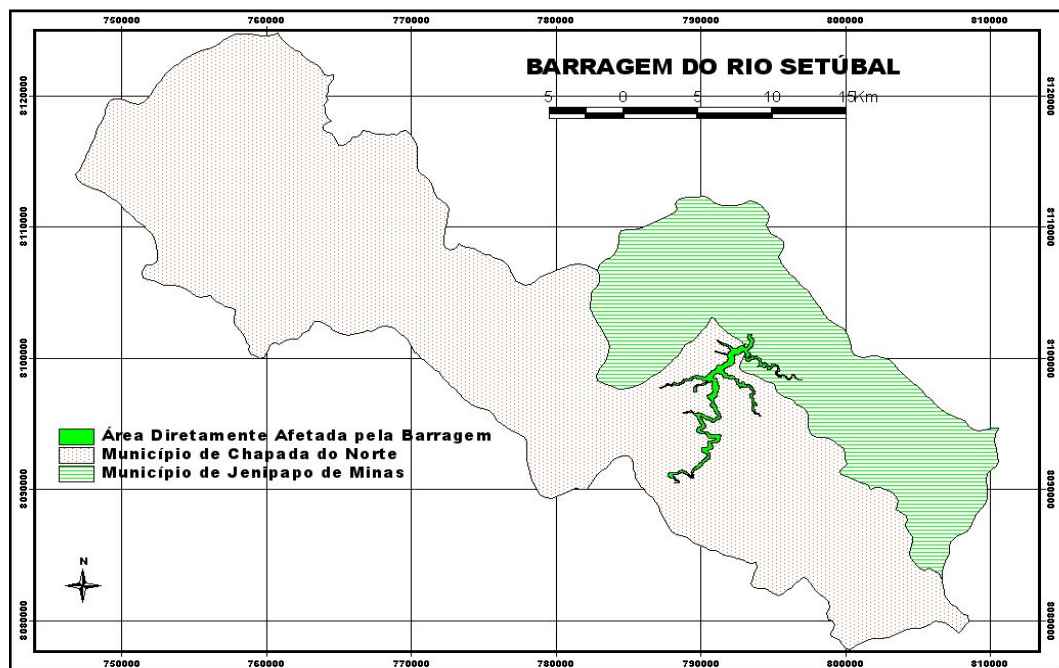
Fonte: Ruralminas (2005).

A Figura 10 mostra a barragem de Setúbal após o seu término.



**Figura 10:** Barragem de Setúbal.

O local do barramento situa-se próximo ao limite dos municípios de Jenipapo de Minas e Chapada do Norte, a jusante da confluência do ribeirão do Bolas com o rio Setúbal, conforme a Figura 11.

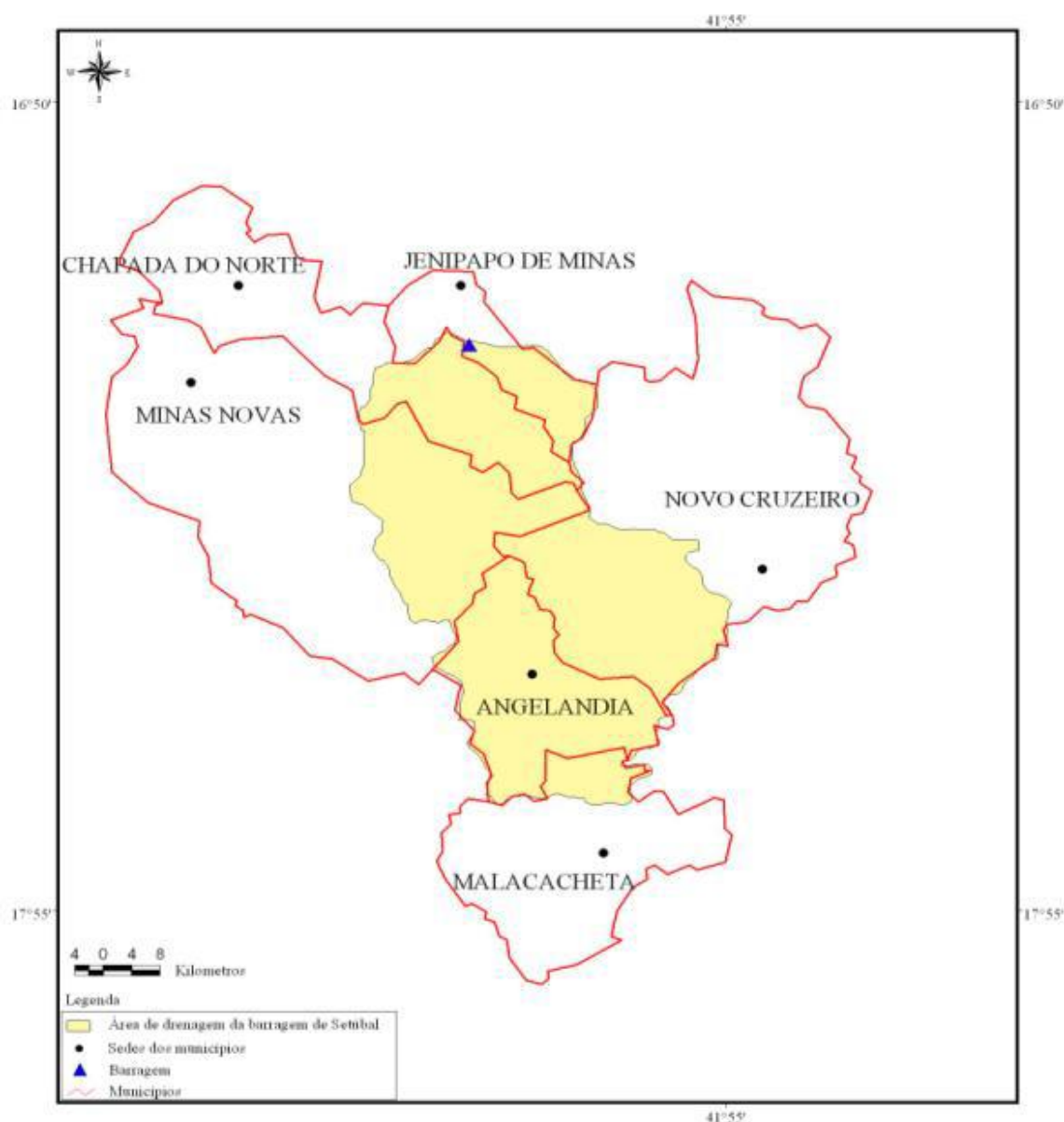


**Figura 11:** Localização da barragem de Setúbal.

Fonte: Ruralminas, 2005.

A barragem está inserida na zona de transição entre os biomas Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga. Dentro desses biomas, encontra-se uma diversidade bastante significativa de espécies animais – aquáticas, terrestres e aéreas – além de inúmeras espécies da flora (RURALMINAS, 2005).

Na Figura 12, são mostradas as áreas dos municípios contidas na área de drenagem da barragem de Setúbal, bem como para a localização das sedes dos municípios nestas áreas. Verifica-se na Figura 12 que dos seis municípios situados na área de drenagem da barragem de Setúbal, somente o município de Angelândia possui sede dentro da bacia.



**Figura 12:** Municípios pertencentes à área de drenagem da barragem de Setúbal. Fonte: Ruralminas (2005).

### **3.2 Procedimentos metodológicos**

A revisão de literatura foi feita durante todas as etapas da pesquisa. A pesquisa desenvolvida foi quali-quantitativa e fez uso de uma estatística descritiva para a compilação e tabulação dos resultados, onde os dados foram analisados e interpretados, dando respostas ao problema proposto.

Foram realizados trabalhos de campo, os quais foram fundamentais para conhecimento da área de estudo e entendimento da influência socioeconômica da maior oferta de recursos hídricos no município de Jenipapo de Minas. Além disso, os trabalhos de campo foram necessários para a realização das coletas das amostras de água em dois pontos do rio Setúbal com características diferenciadas.

Por meio da Fundação Rural Mineira (Ruralminas) responsável pelo empreendimento da barragem de Setúbal, foi possível ter acesso ao Estudo de Impacto Ambiental e ao Relatório de Controle Ambiental (RCA), realizados previamente para que se pudesse iniciar a construção da barragem de Setúbal. Sendo possível constatar que o principal objetivo do empreendimento foi implantar um pólo de desenvolvimento da agricultura irrigada, mediante o aproveitamento de águas do reservatório a ser formado com o barramento do rio Setúbal.

A delimitação da área de estudo levou em consideração o contexto socioeconômico de Jenipapo de Minas relacionado à maior oferta de água após a construção da barragem de Setúbal. Enquanto que a caracterização da qualidade da água do rio Setúbal foi pensada por entender que apenas grandes quantidades de recursos hídricos não serem o suficiente para que haja desenvolvimento socioeconômico por meio do uso da água, portanto, a qualidade e quantidade de água são dois fatores intrinsecamente ligados.

O mapeamento de uso e cobertura da Bacia Hidrográfica do rio Setúbal foi produzido em ambiente SIG, com a utilização do software ArcGIS 10.3, desenvolvido pela empresa ESRI. O primeiro passo foi a realização da análise hidrológica para a extração da área da bacia. Para a extração foram utilizadas como dado de entrada três imagens do Modelo Digital de Elevação ASTER GDEM, de resolução espacial de 30 metros. Foi realizada uma análise para a eliminação de depressões espúrias do MDE, garantindo consistência hidrológica ao dado e maior precisão na delimitação da bacia.

A classificação do uso e cobertura do solo foi executada a partir da técnica de fotointerpretação. Esta técnica consiste na interpretação visual dos alvos da superfície terrestre, atentando para elementos como cor, tamanho, forma, textura, sombras, contexto,

entre outros, para a correta identificação e classificação destes alvos. A classificação se deu com a utilização de imagens de 30 metros de resolução espacial do sensor OLI, do satélite Landsat-8. Optou-se por imagens com data de 25 de setembro de 2015, devido à maior diferenciação entre si dos alvos nesse período e também pela ausência de nuvens. Para maior facilidade da classificação, aplicou-se a técnica de fusão, onde a composição colorida falsa cor 6(R),5(G),4(B), foi fundida com a banda pancromática, adquirindo-se uma imagem de 15 metros de resolução espacial.

As estatísticas básicas foram desenvolvidas em planilhas Excel 2007 (Microsoft) para todos os parâmetros analisados neste estudo. Os resultados estatísticos, compreendidos pela caracterização amostral, foram representados em tabelas e gráficos.

As informações e/ou dados provenientes da Emater, associações e escolas foram adquiridos através de questionários livres e/ou semiestruturados, bem como conversas informais.

Os dados de precipitação mensal, referentes ao período compreendido entre junho de 2015 a junho de 2016, para os eventos amostrais da qualidade da água foram obtidos da estação meteorológica convencional de Araçuaí - MG do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016).

### **3.2.1 Aspectos socioeconômicos**

Visando analisar a principal finalidade da construção da barragem de Setúbal, que foi de promover o desenvolvimento socioeconômico da região através da maior disponibilidade de recursos hídricos, foram realizadas pesquisas em todos os órgãos públicos e privados relacionados com a construção, operação e manutenção da barragem (Ruralminas, Prefeitura, Emater). Buscou-se ainda fazer o levantamento de todos os possíveis projetos de uso da água da barragem e/ou rio Setúbal para a irrigação.

Pesquisas também foram realizadas junto à Prefeitura, Sindicato dos trabalhadores rurais de Jenipapo de Minas, escolas estaduais, Banco do Brasil e Banco do Nordeste, e Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater). Foi constatado que não existem projetos públicos de irrigação no município de Jenipapo de Minas, no entanto, a Emater dá o devido apoio aos agricultores que fazem uso da água da barragem e do rio Setúbal, sendo, portanto, o principal órgão de onde foram fornecidos dados sobre a produção da agricultura irrigada no município.

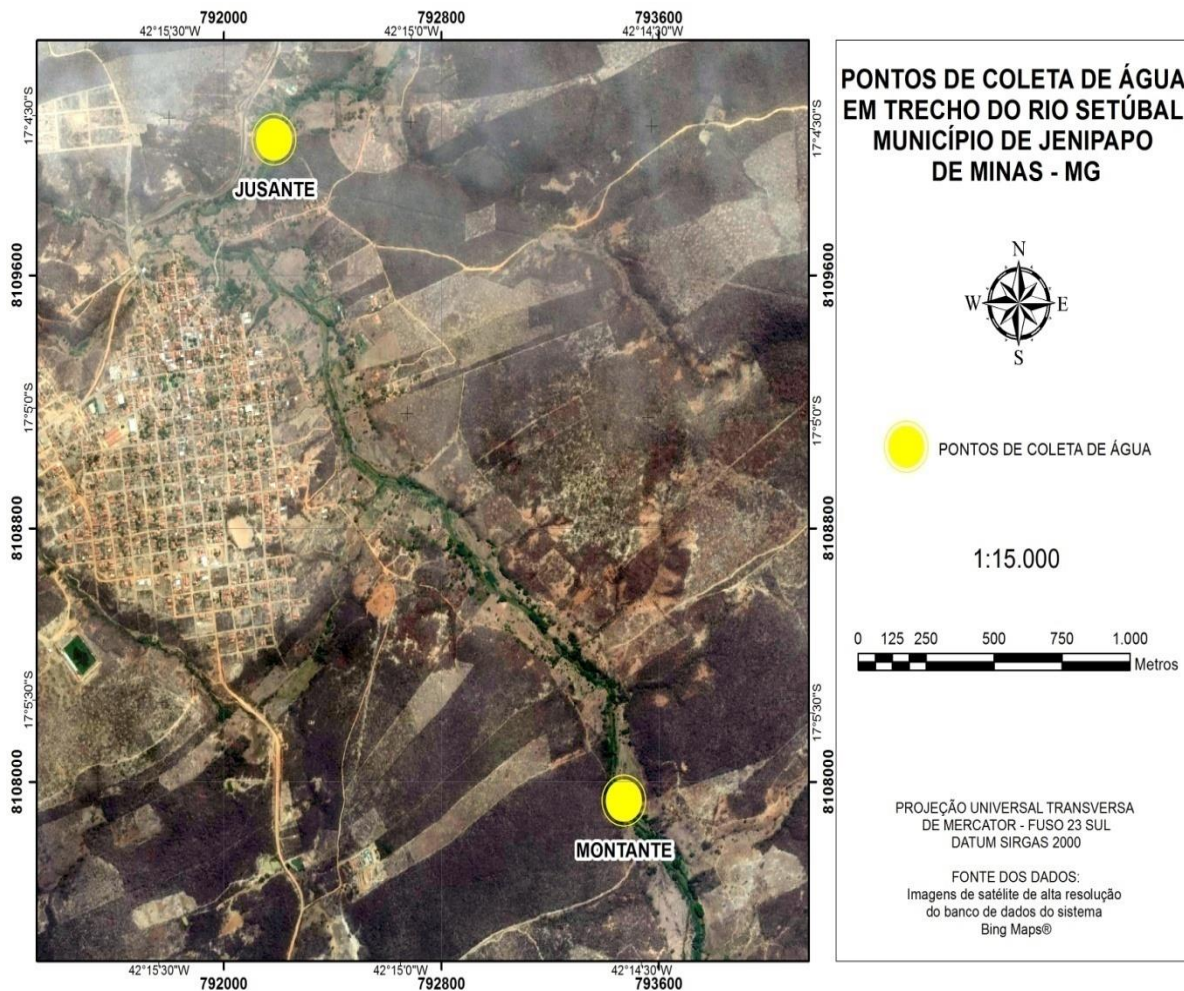
Todos os empréstimos, de acordo com o Banco do Brasil e o Banco do Nordeste, feitos aos produtores rurais são viabilizados pela Emater. Além disso, todos os produtos adquiridos pelas escolas estaduais e pela prefeitura do município também são viabilizados pela Emater. Dessa forma, os principais dados sobre a produção agrícola por meio do uso da água do rio Setúbal e da barragem, bem como empréstimos feitos por produtores, entre outros, foram levantados por meio da Emater.

### **3.2.2 Procedimentos das amostras**

A definição dos pontos de amostragem foi feita mediante trabalho de campo, constando quais seriam os pontos mais estratégicos para melhor caracterizar a qualidade da água do rio Setúbal. Por fim, foram selecionados 2 pontos de maior representatividade para amostragem da água, levando-se em consideração fatores que poderiam influenciar significativamente de forma direta ou indireta, na qualidade do corpo hídrico, inclusive a presença de descargas, pontuais ou difusas, e as captações, que podem surtir efeito significativo nos resultados.

Os dois pontos de amostragem foram georeferenciados com auxílio de GPS Garmin (modelo e Trex 10) e caracterizados como Ponto 1 (Montante) e Ponto 2 (Jusante) como pode ser observado na Figura 13. O Ponto 1 está localizado nas coordenadas S17° 05' 406" e W 42° 14' 679" e 349 metros de altitude, à montante do perímetro urbano de Jenipapo de Minas, e, portanto, acima da descarga de esgoto doméstico da cidade, bem como à jusante da barragem de Setúbal; e Ponto 02, nas coordenadas S17° 03' 925" e W 42° 15' 307" e 340 metros de altitude, abaixo da descarga de esgoto doméstico.

Os dois pontos de amostragem de qualidade de água do rio Setúbal são apresentados na Figura 13. Entre os dois pontos é a localização do rio onde o maior número de produtores rurais capta água para irrigarem suas plantações, bem como onde é feita a captação de água pela Copanor (Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais) para abastecimento urbano de Jenipapo de Minas.



**Figura 13:** Pontos de amostragem de qualidade de água do rio Setúbal.

Foram feitas bimestralmente um total de seis coletas nos pontos supracitados, entre junho de 2015 a junho de 2016. Tal procedimento encontra-se em consonância com a Resolução 357/2005 do CONAMA, que orienta a realização de no mínimo uma amostra bimestral ao longo de um ano para que a caracterização da água em classes seja realizada. Todas as amostras, em ambos os pontos, foram colhidas no período da manhã entre 07h00min e 9h00min.

As análises para aferir os padrões de qualidade da água foram realizadas ou iniciadas em um período inferior a 08 horas após a coleta das amostras, a fim de se obter resultados mais próximos possíveis dos níveis reais. Todas as análises foram realizadas no Laboratório Regional Nordeste da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerias), em Teófilo Otoni-MG.

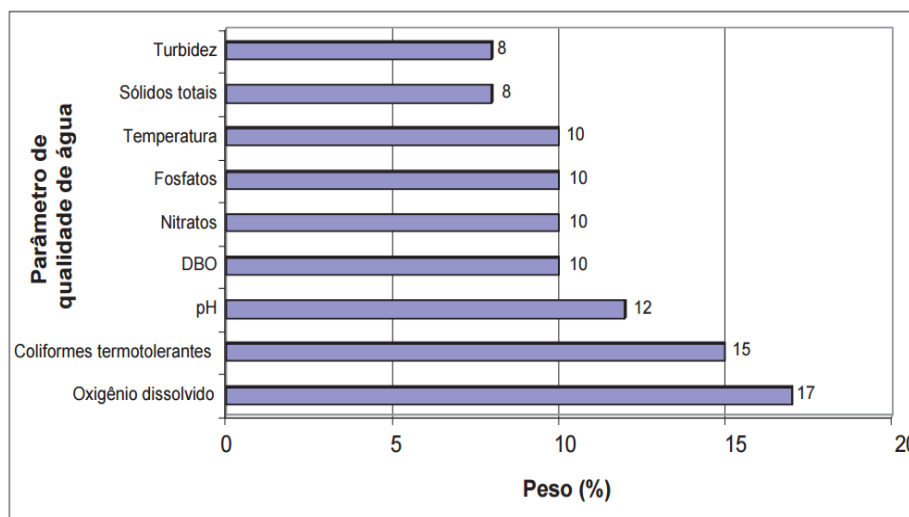
Todos os procedimentos de coleta, conservação e análise, obedeceram às metodologias descritas no *Standard Methods for the Examination of Water and Waste water-22<sup>nd</sup> edition* (APHA, AWWA, WEF, 2012).

Os parâmetros avaliados foram: coliformes Totais, *Escherichia coli*, potencial hidrogeniônico (pH), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), temperatura (T), fosfato (PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (OD), turbidez (Tu), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), cloretos (Cl) e ferro total (Fe total). A seleção desses parâmetros se deveu ao fato de que são necessários para o cálculo do Índice de Qualidade da Água e os demais em razão da relevância na caracterização da água do rio Setúbal.

### 3.2.3 Índice de Qualidade de Água (IQA)

A crescente degradação dos recursos hídricos tem revelado a necessidade de se estabelecer métodos de avaliação rápida de sua qualidade ambiental (Estes, 2011).

O Índice de Qualidade de Água adotado foi o proposto pelo IGAM (2005). O IQA reflete a contaminação das águas em decorrência da matéria orgânica e fecal, sólidos e nutrientes e sumariza os resultados de nove diferentes parâmetros: OD, coliformes fecais, pH, DBO, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub>, temperatura, turbidez e sólidos totais. De acordo com Pinto (2007), estes parâmetros foram adotados pela *National Sanitation Foundation-NSF* (1970), que relaciona nove critérios importantes para caracterização da qualidade das águas, com respectivos pesos (w), de acordo com sua relevância (Figura 14). Além disso, cada parâmetro recebe um valor de qualidade (q) que é determinado através de curvas específicas, definidas pela NSF.



**Figura 14:** Parâmetros de qualidade, e respectivos pesos, integrantes do IQA. Fonte: IGAM (2005).

O IQA é particularmente sensível a contaminação por esgotos, sendo um índice de referência normalmente associado à qualidade da água bruta captada para o abastecimento

público após o tratamento. Assim definido, o IQA reflete a interferência por esgotos domésticos e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos (IGAM, 2014).

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades da água correspondente aos parâmetros conforme a fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 qi^{wi} \quad (1)$$

Em que: IQA é o índice de qualidade da água, sendo um número de 0 a 100; qi é a qualidade do parâmetro i obtido através da curva media especifica de qualidade; ewi é o peso atribuído ao parâmetro, em função da sua importância na qualidade, entre 0 e 1. Os valores do IQA variam de zero a cem, conforme especificado na Tabela 5.

**Tabela 5** – Classificação do nível de qualidade conforme valores de IQA.

Nível de Qualidade	Faixa	Significado
<b>Excelente</b>	90 < IQA ≤ 100	Águas apropriadas para tratamento convencional visando o abastecimento público.
<b>Bom</b>	70 < IQA ≤ 90	
<b>Médio</b>	50 < IQA ≤ 70	
<b>Ruim</b>	25 < IQA ≤ 50	Águas impróprias para o tratamento convencional visando o abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados.
<b>Muito Ruim</b>	0 ≤ IQA ≤ 25	

Fonte: IGAM (2012).

Por meio das curvas médias de variação da qualidade em função das concentrações dos parâmetros, o IGAM (2012) ajustou regressões polinomiais para a determinação das equações para cálculo do IQA.

#### a) **Oxigênio dissolvido**

Para a determinação do índice para oxigênio dissolvido, calcula-se a concentração de saturação de oxigênio.

$$C_s = (14,2 * e^{-0,0212*T} - (0,0016 * C_{cl} * e^{-0,0264*T})) * (0,994 - (0,0001042 * H)) \quad (2)$$

Em que: Cs é a concentração de saturação de oxigênio (mg L<sup>-1</sup>) T a temperatura (°C), CCL a concentração de cloreto (mg L<sup>-1</sup>) e H a altitude (m).

Na sequência, calcula-se a porcentagem de oxigênio dissolvido, dada pela seguinte equação:

$$\%OD = (OD \div Cs) * 100 \quad (3)$$

Em que %OD é a porcentagem de oxigênio dissolvido, OD o oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e Cs a concentração de oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ )

- Para % OD saturação  $\leq 100$ :

$$qs = 100 * (\text{sen}(y_1))^2 - [(2,5 * \text{sen}(y_2) - 0,018 * \%OD + 6,86) * \text{sen}(y_3)] + 1 \div (e^4 + e^{y_5}) \quad (4)$$

$$y_1 = 0,01396 * \%OD + 0,0873 \quad (5)$$

$$y_2 = \pi \div 56 * (\%OD - 27) \quad (6)$$

$$y_3 = \pi \div 85 - (OD - 15) \quad (7)$$

$$y_4 = (\%OD - 65) \div 10 \quad (8)$$

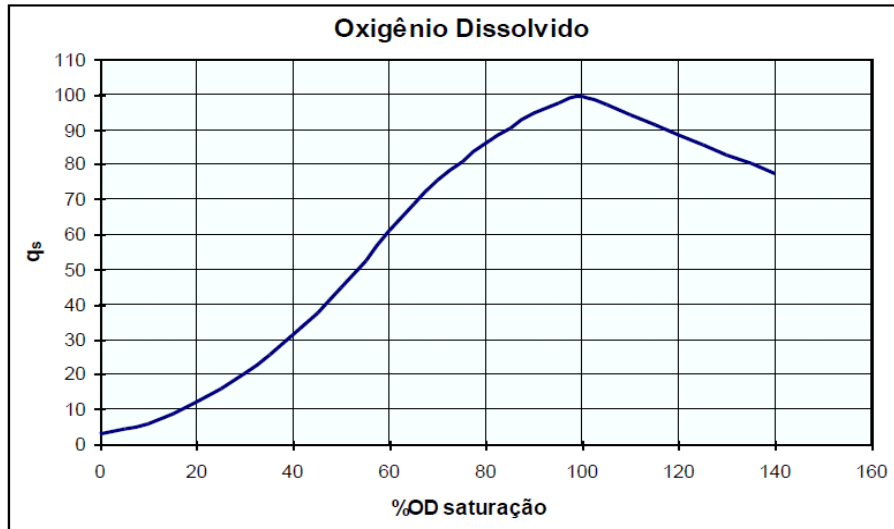
- Para  $100 < \%OD$  saturação  $\leq 140$ :

$$qs = 0,0077142857 * (\%OD)^2 + 1,278542857 * (\%OD) + 49,8817 \quad (9)$$

- Para %OD saturação  $> 140$ :

$$qs = 47,00 \quad (10)$$

Na Figura 15 é apresentada a curva média de variação de qualidade para oxigênio dissolvido.



**Figura 15:** Oxigênio Dissolvido.  
Fonte: IGAM (2010a).

**b) Coliformes Fecais**

O cálculo do índice para coliforme fecais é dado por:

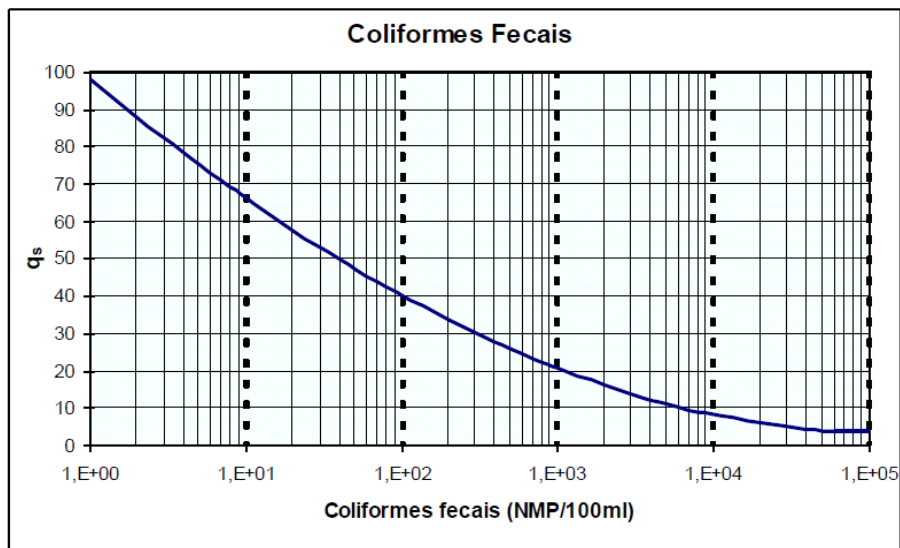
- Para  $CF \leq 10^5$  NMP 100 mL<sup>-1</sup>.

$$qs = 98,24 - 34,7 * (\log(CF)) + 2,61 * (\log(CF))^2 + 0,107 * (\log(CF))^3 \quad (11)$$

- Para  $CF > 10^5$  NMP 100 mL<sup>-1</sup>

$$qs = 3,00 \quad (12)$$

Na Figura 16 é apresentada a curva média de variação de qualidade para coliformes fecais.



**Figura 16:** Coliformes Fecais.  
Fonte: IGAM (2010a).

### c) Potencial Hidrogeniônico

As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro potencial hidrogeniônico são:

- Para  $pH \leq 2,0$ .

$$q_s = 2,0 \quad (13)$$

- Para  $2 < pH \leq 6,9$ .

$$q_s = -37,108 + 41,91 * pH - 15,70 * pH^2 + 2,41 * pH^3 - 0,091 * pH^4 \quad (14)$$

- Para  $6,9 < pH \leq 7,1$ .

$$q_s = -4,69 - 21,45 * pH - 68,45 * pH^2 + 21,63 * pH^3 - 1,59 * pH^4 \quad (15)$$

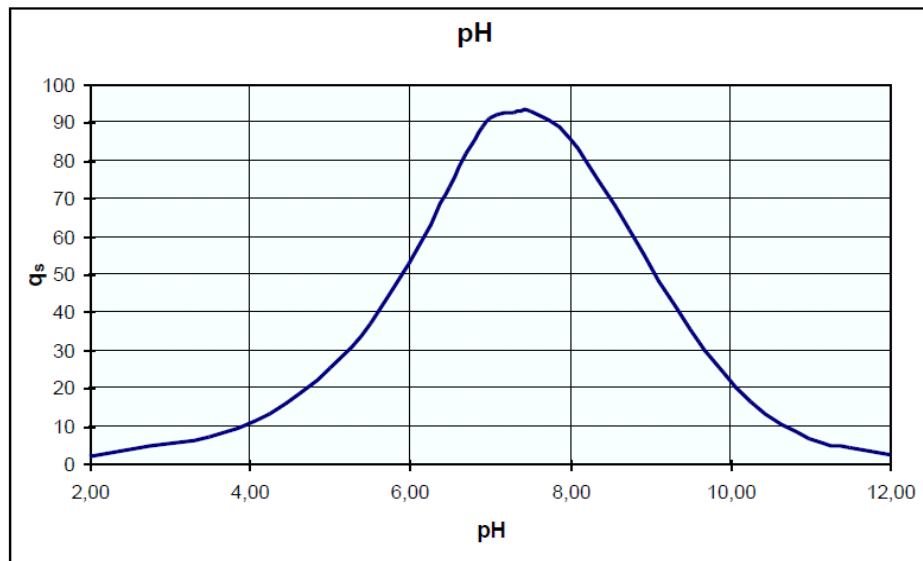
- Para  $7,1 < pH \leq 12$

$$q_s = -7698,19 + 3262,03 * pH - 499,49 * pH^2 + 33,15 * pH^3 - 0,81 * pH^4 \quad (16)$$

- Para  $pH > 12$

$$q_s = 3,0 \quad (17)$$

Na Figura 17, é a apresentada a curva média de variação de qualidade para pH.



**Figura 17:** Potencial Hidrogeniônico– pH.  
Fonte: IGAM (2010a).

#### d) Demanda Bioquímica de Oxigênio

As equações para o calculo do índice  $q_s$  para o parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO) são:

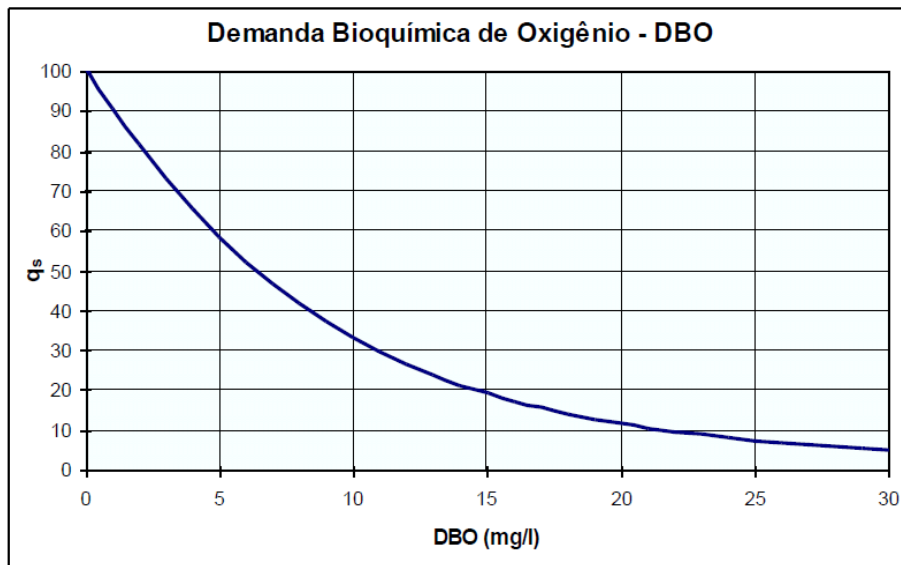
- Para  $DBO \leq 30,0 \text{ mg L}^{-1}$ .

$$q_s = 100,95 - 10,71 * DBO + 0,495 * DBO^2 - 0,0111 * DBO^3 + 0,0001 * DBO^4 \quad (18)$$

- Para  $DBO > 30,0 \text{ mg L}^{-1}$ .

$$q_s = 2,0 \quad (19)$$

Na Figura 18 é a apresentada a curva média de variação de qualidade para DBO.



**Figura 18:** Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.  
Fonte: IGAM (2010a).

**e) Nitrito Total**

As equações para o cálculo do índice  $q_s$  para o parâmetro nitrito total ( $NO_2$ ) são:

- Para  $NO_2 \leq 10 \text{ mg L}^{-1}$ .

$$q_s = -5,1 * NO_2 + 100,17 \quad (20)$$

- Para  $10 < NO_2 \leq 60 \text{ mg L}^{-1}$ .

$$q_s = -22,853 * LN(NO_2) + 101,18 \quad (21)$$

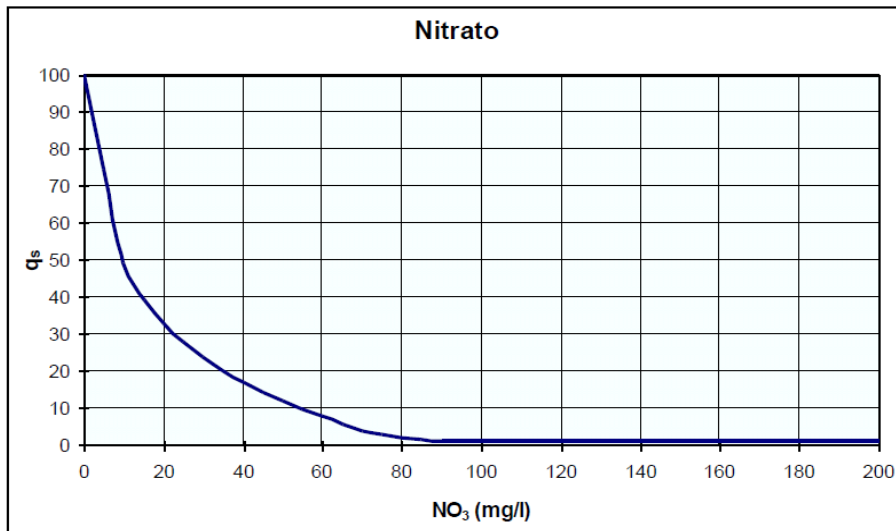
- Para  $60 < NO_2 \leq 90 \text{ mg L}^{-1}$ .

$$q_s = 1000000000 * (NO_2)^{-5,1161} \quad (22)$$

- Para  $NO_2 > 90 \text{ mg L}^{-1}$

$$q_s = 1,0 \quad (23)$$

Na Figura 19 é apresentada a curva média de variação de qualidade para nitrito.



**Figura 19:** Nitrato.  
Fonte: IGAM (2010a).

**f) Fósforo Total**

Para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro fósforo total utilizaram-se as seguintes equações:

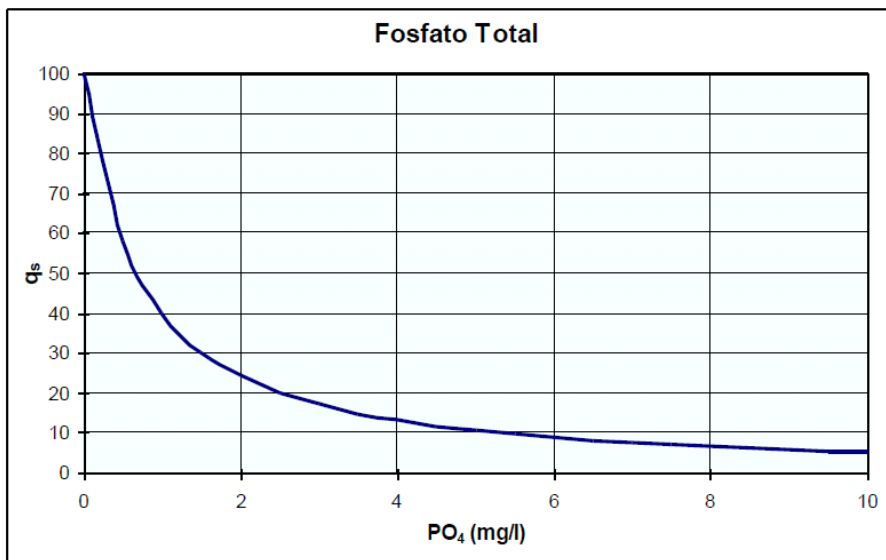
- Para  $PO_4 \leq 10 \text{ mg L}^{-1}$ .

$$q_s = 79,7 * (PO_4 + 0,821)^{-1,15} \quad (24)$$

- Para  $PO_4 > 10 \text{ mg L}^{-1}$

$$q_s = 5,0(25)$$

Na Figura 20 é apresentada a curva média de variação de qualidade para fósforo total.



**Figura 20:** Fósforo Total.  
Fonte: IGAM (2010a).

### g) Turbidez

As equações para o cálculo do  $q_s$  para o parâmetro turbidez (Tu) são:

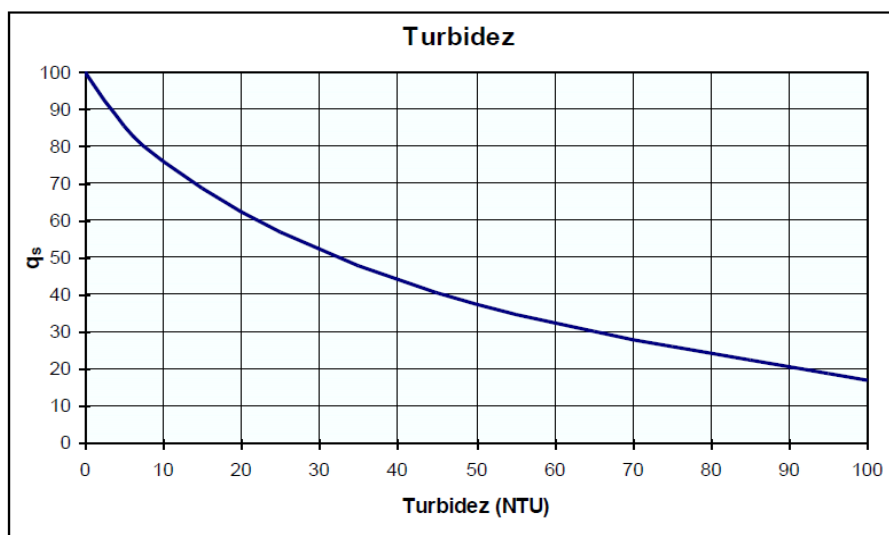
- Para  $Tu \leq 100$  UNT.

$$q_s = 90,37 * e^{(-0,0169 * Tu)} - 15 * \cos(0,0571 * (Tu - 30)) + 10,22 * e^{(-0,231 * Tu)} - 0,8 \quad (26)$$

- Para  $Tu > 100$  UNT.

$$q_s = 5,0 \quad (27)$$

Na Figura 21 é apresentada a curva média de variação de qualidade para turbidez.



**Figura 21:** Turbidez.  
Fonte: IGAM (2010a).

### h) Sódios Totais

As equações para cálculo do  $q_s$  para o parâmetro sódios totais (ST) são:

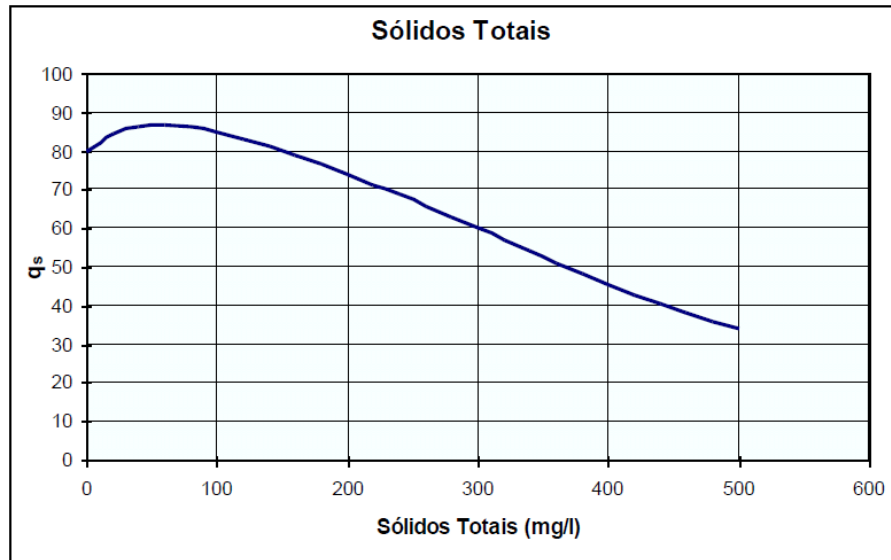
- Para  $ST \leq 500$  mg L<sup>-1</sup>.

$$q_s = 133,17 * e^{(-0,0017 * ST)} - 53,17 * e^{(-0,0141 * ST)} + \left[ \begin{array}{l} (-6,2 * e^{(-0,00462 * ST)}) \\ * \text{sen}(0,0146 * ST) \end{array} \right] \quad (28)$$

- Para  $ST > 500$  mg L<sup>-1</sup>.

$$q_s = 30,0 \quad (29)$$

Na Figura 22 é apresentada a curva média de variação de qualidade para sólidos totais.



**Figura 22:** Sólidos Totais.  
Fonte: IGAM (2010a).

### i) Variação de Temperatura

As equações e as curvas desenvolvidas pela NFS levam em consideração as características dos corpos d'água e as variações climáticas dos EUA, sendo a variação de temperatura de equilíbrio o principal parâmetro afetado. Como em ambientes tropicais e subtropicais não há recebimento de cargas térmicas elevadas, as equações não condizem com a realidade brasileira, pois a variação da temperatura de equilíbrio é próxima de zero, ou seja:

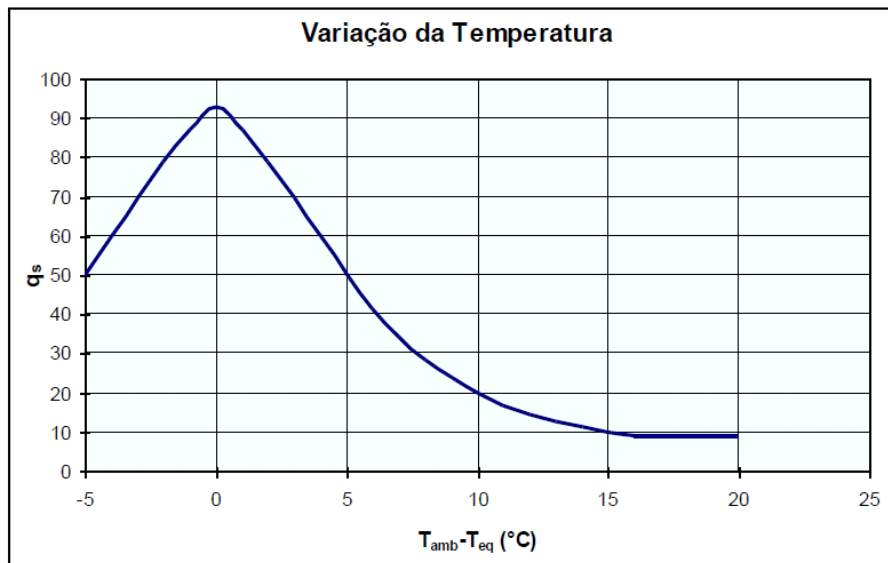
$$\Delta T \approx 0$$

- Para  $-0,625 < \Delta T \leq 0,625$ .

$$qs = 93,0 \quad (30)$$

O  $q_s$  adotado para a variação de temperatura neste estudo é constante e igual a 93,0.

Na Figura 23 é apresentada a curva média de variação de qualidade para temperatura.



**Figura 23:** Temperatura.  
Fonte: IGAM (2010a).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste tópico, é feito primeiramente uma análise sobre todos os dados levantados sobre o desenvolvimento socioeconômico relacionado diretamente ao uso da água no município de Jenipapo de Minas após a construção da barragem de Setúbal. Num segundo momento, será analisada a qualidade da água do rio Setúbal dos pontos amostrais, por meio do IQA.

### **4.1 Desenvolvimento socioeconômico**

Com um investimento de mais de 197 milhões de reais, a barragem de Setúbal foi inaugurada em 19 de janeiro do ano de 2010. Neste mesmo ano, a barragem armazenou quase que o total de sua capacidade, que é de 130 milhões de m<sup>3</sup> de água. Com isso, a vazão do rio Setúbal foi garantida, mesmo nos períodos mais secos, dando esperança aos jenipapenses em desenvolver atividades agropecuárias fazendo uso da maior disponibilidade de recursos hídricos no município de Jenipapo de Minas. O aproveitamento da barragem de Setúbal pode ser considerado na perspectiva do desenvolvimento da agricultura irrigada na bacia (IGAM, 2010c).

Sobre essa temática, Silva et al. (2006) defendem que o desenvolvimento socioeconômico depende principalmente da disponibilidade de quantidades adequadas de água com a devida qualidade. Os autores mencionam ainda que barragens, quando adequadamente planejadas, projetadas, construídas e mantidas, contribuem significativamente para atender às demandas de água e energia. As barragens funcionam ainda como forma de compensar as variações no ciclo hidrológico, armazenando água e viabilizando a vazão que mantém o fluxo necessário dos rios.

Além de garantir e aumentar a vazão do rio Setúbal, a barragem foi construída no intuito de criar um polo de agricultura irrigada na região. Todavia, passados quase seis anos de inaugurada, até o momento não foi registrado nenhum projeto em execução de uso da água promovido pela Ruralminas, empresa responsável pela construção e manutenção da barragem de Setúbal.

A construção de barragem em meio ao vale do Jequitinhonha, como a de Setúbal, faz parte de um planejamento que objetivou superar a condição de subdesenvolvimento e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida de sua população. Todavia, segundo Ferreira

(2007), os frequentes fracassos nas iniciativas planejadoras no vale do Jequitinhonha vêm repercutindo num quadro de atraso econômico, bem como uma série de problemas de ordem socioambiental.

Por meio da Ruralminas, principal órgão responsável pelo apoio ao desenvolvimento de um pólo de irrigação objetivado com a construção da barragem, não se teve acesso a nenhum projeto de irrigação para ser desenvolvido. De acordo com a Ruralminas, dois fatores são responsáveis pelo não cumprimento da implantação do pólo de irrigação na região: a Licença de Operação (LO) do empreendimento ainda não teve sua devida aprovação pela SUPRAM (Superintendência Regional de Regularização Ambiental), por motivos não declarados; e o outro é a falta de recursos financeiros públicos. Este último fator impediu também que os compromissos mais fundamentais e urgentes fossem garantidos, como, por exemplo, a devida assistência a todas as famílias atingidas pelo alagamento da barragem de Setúbal. A AMDA (2006), antes da construção da barragem de Setúbal, já chamava a atenção sobre isso, fazendo questionamentos sobre a não garantia de recursos para promover assistências às famílias atingidas, bem como, compensações ambientais.

De acordo com a prefeitura de Jenipapo de Minas, nenhum projeto de uso da água pôde, até o momento, ser desenvolvido em razão da falta de recursos municipais e pela falta de apoio dos governos estadual e federal. Em contrapartida, o município de Jenipapo de Minas e Francisco Badaró, cidade vizinha, em parceria com a Copanor e governos estadual e federal, têm um projeto que objetiva captar água da barragem e levar até as comunidades rurais que mais sofrem com a escassez de água para abastecimento humano e animal dos dois municípios.

Após a construção da barragem de Setúbal, foi verificado um grande interesse em terrenos nos arredores do barramento. Foram feitos loteamentos com diferentes tamanhos, onde foram construídas casas e chácaras, além de pequenos investimentos em atividades agrícolas irrigadas com água do lago.

Até o momento, não houve registros de investimentos em turismo, o que poderia contribuir para o desenvolvimento socioeconômico local. Sobre isso, Diegues (2000) atesta que se a atividade turística for bem planejada, haverá condições de ocorrer inovações em um plano de desenvolvimento sustentável do lugar, possibilitando o crescimento socioeconômico não só para o local, mas para diversas regiões.

Em seus estudos feitos no Vale do Jequitinhonha, Ferreira (2007, p. 04) concluiu que “a capacidade das políticas públicas de erradicar a pobreza da região no curto prazo continua

limitada”. O projeto do barramento de Setúbal é, neste sentido, um bom exemplo da morosidade no que se refere à execução de projetos que visam promover o desenvolvimento de regiões do Vale do Jequitinhonha, vez que, passados quase seis anos após o término da barragem, ainda não existe indício de se implantar um polo de agricultura irrigada no município.

Mesmo sem o cumprimento do principal objetivo da construção da barragem, foi percebido que agricultores começaram a procurar outras formas para que pudessem desenvolver atividades agropecuárias fazendo uso da água.

No ano de 2010, foi criada a Associação dos Agricultores Familiares Feirantes de Jenipapo de Minas, visando parcerias para o uso da água em atividades agropecuárias. De todos os produtores, 20 fazem uso especificamente da água do rio e da barragem de Setúbal.

De acordo com o presidente da associação, alguns resultados foram tidos desde a sua criação, como benfeitorias na feira da cidade de Jenipapo de Minas, bem como maior parceria com a Emater e apoio por meio de políticas públicas federais. Os agricultores da associação têm recebido apoio, inclusive financeiro, do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), por meio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável (CONDRAF). O CONDRAF é órgão colegiado e integra a estrutura básica do MDA, sendo este instituído pelo Decreto Presidencial no 4.854, de 8 de outubro de 2003, como uma reestruturação do antigo Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável (CNDRS). Seu campo de ação gira em torno de três pilares: desenvolvimento rural sustentável, reforma agrária e agricultura familiar (IPEA, 2012).

Os agricultores da associação têm feito uso da irrigação em seus plantios. O que era feito de maneira rudimentar, a irrigação desde o ano de 2010 está sendo aprimorada pelos agricultores, visando uso adequado da água e maior produtividade agropecuária. Além disso, os agricultores estão sendo beneficiados com o tarifador noturno via Cemig (Companhia Energética de Minas Gerais).

Conforme Art. 107 da resolução 414/2014 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), a distribuidora deve conceder desconto especial na tarifa de uso do sistema de distribuição e na tarifa de energia incidentes no consumo de energia elétrica ativa, exclusivamente, na carga destinada à irrigação vinculada à atividade de agropecuária e na carga de aquicultura, desde que o consumidor efetue a solicitação por escrito ou por outro meio que possa ser comprovado. Os percentuais de descontos variam de uma região para

outra, podendo ser de até 75%,de acordo com a resolução supracitada. A Figura 24 apresenta a agricultura irrigada com a água do rio Setúbal, no município de Jenipapo de Minas.



**Figura 24:** Agricultura irrigada no município de Jenipapo de Minas.

A Emater se comporta como o principal órgão de apoio aos produtores rurais no município, viabilizando maior conhecimento e uso das políticas públicas de apoio ao pequeno agricultor. De acordo com a Emater em Jenipapo de Minas, desde o barramento de Setúbal, e consequentemente maior oferta de recursos hídricos, aumentou-se consideravelmente o número de agricultores que buscam apoio junto a esse órgão, principalmente relacionados ao uso da água para a irrigação de atividades agropecuárias. Dessa forma, a empresa tem promovido orientações e capacitações de agricultores sobre irrigação, melhores produtos que se adaptam ao contexto climático e pedológico da região e formas de comercialização dos produtos. Além disso, este órgão tem sido o principal meio de orientação e incentivo aos agricultores rurais sobre o PNAE (Programa Nacional de Alimentação Escolar).

A Lei nº 11.947, de 16 de junho de 2009, determina que no mínimo 30% do valor repassado a estados, municípios e Distrito Federal pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) para o PNAE devem ser utilizados obrigatoriamente na compra de gêneros alimentícios provenientes da agricultura familiar. Em razão dessa Lei, a partir de

2010, os agricultores do município começaram a fornecer produtos às três escolas estaduais de Jenipapo de Minas – Escola Estadual Antônio Ramalho Mota, Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima e Escola Estadual Padre Willy - e à prefeitura por meio do PNAE. Para a Emater, o PNAE foi um dos principais incentivos aos agricultores a fazerem uso da agricultura irrigada, garantindo maior produtividade e variedade em produtos. Os agricultores, além de poderem contar com os melhores preços do mercado através do PNAE, possuem uma garantia de comercialização de seus produtos, evitando possíveis prejuízos.

No primeiro ano de fornecimento de produtos por meio do PNAE, apenas 3 agricultores que usavam a água da barragem e do rio Setúbal dispunham de produtos agrícolas e os comercializavam por meio deste programa. Sendo que a partir de incentivos, este número chegou a 11 no ano de 2015.

A Tabela 5 mostra a evolução da produção, variedade e fornecimento de produtos provenientes da agricultura familiar em Jenipapo de Minas entre os anos de 2010 a 2015 por meio do PNAE. É apresentada apenas a produção de agricultores que fazem uso da água do rio Setúbal ou da barragem, portanto, os agricultores que utilizam outras fontes de água não têm suas produções incluídas na Tabela 5.

**Tabela 5:** A evolução da produção e da variedade de produtos agrícolas por meio do PNAE em Jenipapo de Minas.

PRODUTO	ANO					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Cenoura (Kg)	220	770	495	876	414	718
Banana prata (Kg)	-	100	-	-	-	2446
Inhame/cará (Kg)	80	160	-	-	109	587
Abóbora (Kg)	444	350	750	598	516	966
Café (Kg)	-	-	-	-	-	11
Cebola (Kg)	-	40	50	175	-	343
Beterraba (Kg)	100	730	490	530	94	100
Repolho verde (Kg)	160	410	450	582	408	68
Mostarda (maço)	-	240	370	75	186	106
Pepino (Kg)	-	-	140	76	37,50	6
Feijão (Kg)	-	-	-	-	-	994
Couve flor (Kg)	-	-	-	-	154	164
Laranja (Kg)	300	360	180	855	1485	1044
Pimentão (Kg)	74	-	442	144	54	68
Tomate (Kg)	-	100	880	1184	725	726
Alface (maço)	25	700	1407	633	360	178
Mamão (Kg)	-	-	-	-	-	350
Cheiro verde (maço)	30	862	1046	1061	920	886
Couve (maço)	90	490	662	558	332	509
Mandioca (Kg)	345	880	1240	2485	1257	1265
Farinha de mandioca (Kg)	-	270	100	-	110	70
Quiabo (Kg)	-	-	320	-	349	255
Corante (urucum) (Kg)	-	120	55	138	83	21
Tempero (Kg)	40	530	300	235	223	295
Batata doce (Kg)	-	-	-	-	50	400
Chuchu (Kg)	100	-	-	-	-	20
Canjiquinha (Kg)	-	-	250	230	144	-
Rapadura (Kg)	-	-	90	-	-	-
Ovos (dúzia)	-	30	130	-	-	400
Farinha de milho (Kg)	-	-	10	-	-	48
Brócolis (Kg)	-	-	-	-	30	30
Maracujá (Kg)	-	138	-	-	-	50
Fubá de milho (kg)	-	-	-	30	-	-
Vagem (kg)	-	-	-	-	30	-

Fonte: Emater de Jenipapo de Minas-MG (2015).

É possível perceber através da Tabela 5 que, em 2010, ano de conclusão da barragem de Setúbal, a produção e variedade de produtos era muito pequena, contando apenas com 13 produtos. Para a Emater, muitos agricultores ainda tinham medo de se arriscarem a fazer investimentos em agricultura irrigada, e outros ainda esperavam por projetos públicos de irrigação por meio da Ruralminas.

De acordo com as diretoras das Escolas Públicas do município, 2010 foi o primeiro ano de aquisição de alimentos provenientes da agricultura familiar. Nesse ano, a quantidade de produtos não foi suficiente para alcançar 30% da merenda escolar, conforme exigido na resolução do PNAE de 2009. Além disso, as escolas não contavam com variedade dos produtos, e muitas vezes as entregas tinham que ser adiadas em razão de o agricultor não conseguir fornecer a quantidade de produto firmada com as escolas.

Com o passar dos anos, conforme demonstrado na Tabela5, houve um aumento significativo da quantidade e variedade dos produtos fornecidos. Tal fato se justifica, de acordo com a Emater, em razão da participação de maior número de agricultores no decorrer desses seis anos de aquisição de alimentos da agricultura familiar por meio do PNAE. Outro fator, e mais significativo, foi o uso da irrigação nas atividades agrícolas, garantindo maior produção, produtividade e variedade.

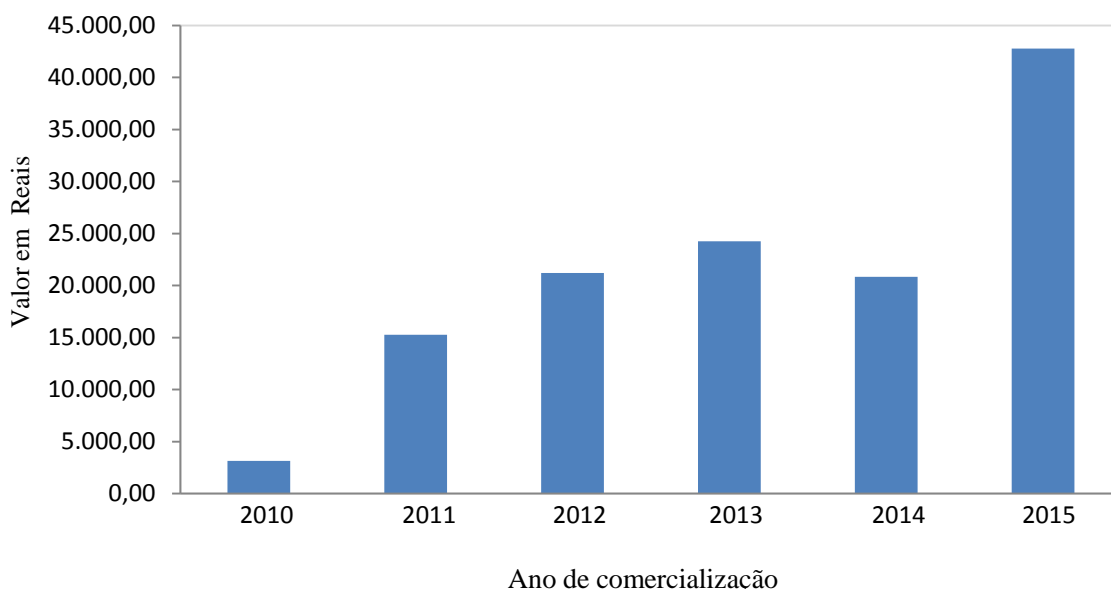
Produtos como abóbora, inhame/cará, banana, feijão, laranja e mandioca se destacam pelo aumento considerável na produção ao longo anos, principalmente no ano de 2015. Além disso, esses produtos demonstram que os agricultores além da produção de hortaliças, começaram a investir em atividades agrícolas que demandam maior espaço e maior quantidade de água.

Alguns produtos como beterraba, repolho verde, mostarda, pepino, pimentão e chuchu tiveram uma queda no fornecimento por meio do PNAE. A Emater e a Associação dos pequenos produtores relatam que isso não se deve à falta de produção destes, e sim pelo fato de que não foram solicitados pelas escolas e prefeitura. De acordo com as diretoras das escolas, estes produtos não foram solicitados ou foram solicitados em menores quantidades por haver mudança do cardápio da merenda escolar, em que os mesmos não faziam parte ou então são usados em menor quantidade.

A comercialização dos produtos da agricultura familiar em Jenipapo de Minas poderia ser ainda maior por meio do PNAE se não existisse uma considerável evasão escolar e diminuição de alunos matriculados. A Escola Estadual Nossa Senhora de Fátima, a maior do município, teve nos últimos anos a diminuição do número de alunos que chega a quase 40%

do seu total nos anos de 2010 e 2011, e, conseqüentemente, uma diminuição da quantidade de produtos adquiridos dos agricultores do município.

Na Figura 25 é demonstrado o valor total em reais de cada ano pago pelo PNAE aos agricultores que utilizam a água do rio e da barragem de Setúbal.



**Figura 25:** Valores anuais dos produtos comercializados por meio do PNAE.  
Fonte: Emater de Jenipapo de Minas (2015).

Por mais que seja considerada a inflação existente com o passar dos anos, é possível observar pela Figura 25 que houve um significativo aumento da comercialização de produtos agrícolas por meio do PNAE. Tal fato fica ainda mais notório quando se compara o ano de 2010 com o de 2015, onde se teve um aumento de quase R\$40.000,00 (quarenta mil reais).

A Emater salienta que existe uma produção muito grande de outros produtos, como maxixe fofo, berinjela, milho verde, entre outros, que são adaptáveis à região, mas que não são solicitados pelas instituições de ensino e, por isso, são comercializados de outras maneiras. Que, em razão da comercialização ser informal, não há dados quantitativos desses produtos.

O fornecimento dos produtos pelos agricultores acontece durante todo o ano, de acordo com as escolas e a Emater, inclusive aqueles que demandam maior quantidade de água, o que só foi possível a partir de investimentos em irrigação por parte dos produtores.

Nesse contexto, o PNAE induz e potencializa a afirmação da identidade, a redução da pobreza e da insegurança alimentar no campo, a (re)organização de comunidades, incluindo povos indígenas e quilombolas, o incentivo à organização e associação das famílias

agricultoras e o fortalecimento do tecido social, a dinamização das economias locais, a ampliação da oferta de alimentos de qualidade e a valorização da produção familiar (FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação, 2014).

Cada produtor pode comercializar os seus produtos até um total de R\$ 20.000,00 (vinte mil reais) por ano, sendo pré-requisito que todos os produtores tenham a Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP), além de uma declaração de responsabilidade constando que todos os produtos fornecidos são produzidos na propriedade do agricultor.

Além do PNAE, a associação dos produtores e a Emater destacam que há outras formas de comercialização de seus produtos e que gera uma renda ainda maior. A feira da cidade que funcionava apenas aos sábados até o ano de 2010, passou a funcionar em quase todos os dias, durante todo o ano, após a maior oferta de recursos hídricos e consequentemente o uso da irrigação nas atividades agropecuárias. Além disso, os agricultores comercializam os seus produtos de porta em porta pela cidade e, muitas vezes, fornecem produtos para alguns dos comércios da cidade.

A Emater considera que algumas políticas públicas de apoio ao pequeno agricultor foram essenciais para o aumento da produção, produtividade e variedade dos produtos agrícolas comercializados por meio do PNAE, tais como: Programa Minas Sem Fome, Brasil Sem Miséria (BSM), CONDRAF e, principalmente, o PRONAF.

O presidente da Associação dos Agricultores Familiares Feirantes de Jenipapo de Minas relata que há certa aversão por parte de algumas pessoas do município em comprarem os produtos agrícolas que são irrigados com a água do rio e da barragem de Setúbal; e isso deve ao medo que elas têm da possível concentração de coliformes fecais presentes na água. Tal fato, para o presidente, tem sido um fator limitante para o aumento da comercialização dos produtos agrícolas.

De acordo com a Emater, no município, o fato do aparecimento de peixes mortos na barragem de Setúbal e a existência de vermes nesses peixes fizeram com que algumas pessoas acreditem que há uma contaminação na água do rio e da barragem.

Por meio do PRONAF, os agricultores que fazem uso da água barragem e rio Setúbal passaram a utilizar linhas de créditos para que pudessem investir em suas atividades agropecuárias, conforme a Tabela 6.

**Tabela 6:** Linhas de créditos feitas pelos agricultores após a construção da barragem de Setúbal.

<b>Ano</b>	<b>Quantitativo de linhas de créditos</b>	<b>Valor Total</b>
2013	5	R\$ 82.000,00
2014	4	R\$ 48.000,00
2015	6	R\$ 108.000,00

Fonte: Emater de Jenipapo de Minas (2015).

É possível perceber que, mesmo depois da construção da barragem de Setúbal, entre os anos de 2010 e 2012 não houve linha de crédito aos produtores. Conforme a Emater (2015), neste período, o município não estava de acordo com as exigências feitas pelo PRONAF para aquisição de créditos. De acordo com a Emater (2015), até o ano de 2010, ano de término do empreendimento de Setúbal, não há registros de linhas de crédito por parte dos produtores rurais com finalidade de desenvolver projetos de irrigação com a água do rio Setúbal.

Entre os anos de 2013 e 2015, houve 15 linhas de créditos liberadas aos produtores rurais, totalizando um montante de R\$238.000,00 (duzentos e trinta e oito mil reais). Neste sentido, o crédito tem um papel significativo no processo de desenvolvimento socioeconômico do município. O intermediário financeiro tem uma importante função, pois permite a ampliação dos meios de pagamento e propicia aos agentes empreendedores a realização de novas combinações produtivas (Schumpeter, 1982).

Todos os projetos para aquisição de linha de créditos foram elaborados em parceria com a Emater e objetivaram: desenvolver agricultura irrigada, irrigação de pastagem e para a apicultura.

A Emater destaca que a irrigação de pastagem tem aumentado a produção e produtividade de leite. No entanto, a inexistência do SIM (Serviço de Inspeção Municipal) impede que a carne bovina, leite e derivados sejam comercializados formalmente, como, por exemplo, pelo PNAE.

Infere-se que a existência do SIM em Jenipapo de Minas contribuiria para o desenvolvimento socioeconômico do município, vez que, viabilizaria a comercialização de maneira legal de produtos de origem bovina para escolas e prefeitura, por exemplo. Além disso, aqueceria o comércio local, fomentando e agregando valor a esses produtos.

Atualmente são nove hectares de pastagens irrigadas com a água da barragem e rio Setúbal, sendo que essa modalidade não existia antes da construção da barragem, salienta a

Emater. A Figura 26 apresenta exemplo de pastagem irrigada na comunidade de Monte Alegre em Jenipapo de Minas, fazendo uso da água da barragem de Setúbal.



**Figura 26:** Pastagem irrigada na comunidade de Monte Alegre.

Alguns agricultores também estão apostando na irrigação da cana-de-açúcar para a produção de rapadura e cachaça, além de silagem para alimentar o gado nos períodos de seca.

A apicultura desenvolvida nas proximidades da barragem de Setúbal é incipiente, mas já produz mais de 500 kg de mel por ano.

Todas as atividades agropecuárias desenvolvidas fazem uso quase que exclusivamente da mão de obra familiar, de acordo com a Associação dos agricultores. Neste sentido, a produção realizada em unidade familiar, possibilita a geração de maior segurança e soberania alimentar para as comunidades rurais (Costabeber e Caporal, 2003).

Em razão do uso da água nas atividades agropecuárias após a construção da barragem de Setúbal, é possível inferir que a água desempenha um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico. Para Carvalho (1994), a água quando disponível em quantidade e qualidade compatíveis com a demanda é um dos fatores que determinam o nível de qualidade de vida em um agrupamento humano.

Por influência da maior disponibilidade de recursos hídricos garantida durante todo o ano, existe desde o ano de 2013 uma loja de materiais de irrigação na cidade de Jenipapo de Minas. A empresa, além da comercialização de todo tipo de material necessário à implantação da irrigação, fornece orientações e suporte técnico aos clientes, inclusive viabilizando análises

de solos para que o plano de irrigação atenda às peculiaridades de cada propriedade rural. Conforme a empresa, há muitos clientes em todo o município de Jenipapo, porém, em sua maioria são aqueles que utilizam a água do rio e da barragem de Setúbal, podendo-se inferir que houve um incentivo considerável à agricultura irrigada após a construção da barragem.

No final do ano de 2010, a Ruralminas, assim que a barragem de Setúbal teve parte de sua capacidade hídrica preenchida, lançou milhares de peixes no lago, sendo esperado, inclusive, que fossem fomentados projetos de piscicultura, o que não ocorreu até momento. Mesmo com muitos peixes no lago, a população encontra-se receosa em pescar e consumir os peixes em razão da existência de peixes mortos encontrados no lago. Além disso, alguns peixes encontram-se com parasitas, conforme ilustrado na Figura 27, que mostra a *Hoplias malabaricus*, peixe comumente conhecido como traíra, com visíveis vermes pescado na barragem de Setúbal.



**Figura 27:** *Hoplias malabaricus* com parasitas.

A legislação em vigor no Brasil que versa sobre parasitas em peixes é o Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952 (Brasil, 1952, p. 69), que em seu artigo 445, item 4: “Considera-se impróprio para o consumo o pescado que apresente infestação muscular maciça por parasitas, que possam prejudicar ou não a saúde do consumidor”.

Para Luque (2004), a piscicultura deve, necessariamente, estar em consonância com os aspectos sanitários nas várias vertentes. Bellayet al. (2012) observam que a má qualidade

da água é um dos principais fatores que predisõem os peixes às enfermidades infecciosas e parasitárias.

A mortalidade dos peixes pode estar associada a alterações de elementos físico-químicos e biológicos da água da barragem. A ocorrência de vermes no intestino dos peixes pode estar relacionada à alta concentração de coliformes em razão de se tratar de um empreendimento recente, onde não foi feita a total decomposição de materiais originados de chiqueiros, galinheiros, fossas e cemitérios que existiam na localidade da barragem. Meyer e Barclay (2009) observam que o aumento da temperatura da água, blooms de algas tóxicas, infecções bacterianas, viróticas e parasitárias também tem potencial de provocar mortalidade de peixes num ecossistema. No entanto, os autores consideram que a falta de oxigênio dissolvido na água é a causa mais comum de morte de peixes.

É importante ressaltar que é recente o empreendimento de Setúbal; sendo assim, a decomposição de plantas pode estar acarretando na perda de oxigênio na água, já que, a atividade de decomposição realizada por micro-organismos resulta numa maior atividade dos mesmos e com isso em um maior consumo de oxigênio, conseqüentemente, sendo insuficiente para os peixes a quantidade de oxigênio restante (Meyer e Barchay, 2009).

Esse problema da mortalidade de peixes na barragem de Setúbal se tornou um dos fatores que limita o crescimento socioeconômico de Jenipapo de Minas, já que, um projeto de piscicultura poderia gerar renda a muitas famílias, e, mesmo não existindo um grande projeto, a pesca amadora de peixes existentes na barragem já teria grande relevância.

## 4.2 Qualidade da água do rio Setúbal

Nas Tabelas 7 e 8, são apresentados os resultados dos parâmetros estudados dos dois pontos amostrados no rio Setúbal, sendo o Ponto 1 localizado à montante da cidade de Jenipapo de Minas e à jusante da barragem de Setúbal, enquanto o Ponto 2 fica localizado à jusante do perímetro urbano de Jenipapo de Minas e da barragem de Setúbal.

**Tabela 7:** Resultados das análises de qualidade da água, para os parâmetros estudados, nas datas de coleta no Ponto 1 (montante).

Parâmetros Avaliados	Datas de amostragem						Média anual	Desvio padrão
	09/06/15	10/08/15	28/10/15	09/02/16	28/03/16	01/06/16		
pH	7,4	7,4	7,5	7,4	7,4	7,0	7,35	±0,17
OD (mg L <sup>-1</sup> )	6,9	7,4	6,9	5,3	6,7	6,5	6,61	±0,71
T (°C)	21°	22°	21°	22°	22°	21°	21,5	±0,54
DBO <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	1,1	0,87	0,36	1,1	5,8	14,1	3,88	±5,38
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	1,0	0,40	3,1	1,8	0,26	2,1	1,44	±1,09
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,29	0,14	0,09	0,10	0,06	0,01	0,11	±0,09
Turbidez (UNT)	147	113	102	173	255	260	174,83	±68,89
S.T (mg L <sup>-1</sup> )	166	128	128	244	243	260	194,83	±61,23
C.T. (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	1.300	792	2.905	618	961	55.600	10.363,0	±22177,0
<i>E. Coli</i> (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	186	108	199	206	387	201	214,5	±92,09
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	5,9	5,9	5,5	5,5	7,6	5,7	6,01	±0,79
Fe Total (mg L <sup>-1</sup> )	9,3	7,6	6,5	10,2	14,7	15,9	10,7	±3,80

pH=potencial hidrogeniônico, OD=oxigênio dissolvido, T=temperatura, DBO<sub>5</sub>=demanda bioquímica de oxigênio, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>=nitrato, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>=fósforo, ST= sólidos totais, CT=coliformes totais, *E. Coli*=*Escherichia Coli*, Cl=cloretos, Fe=ferro.

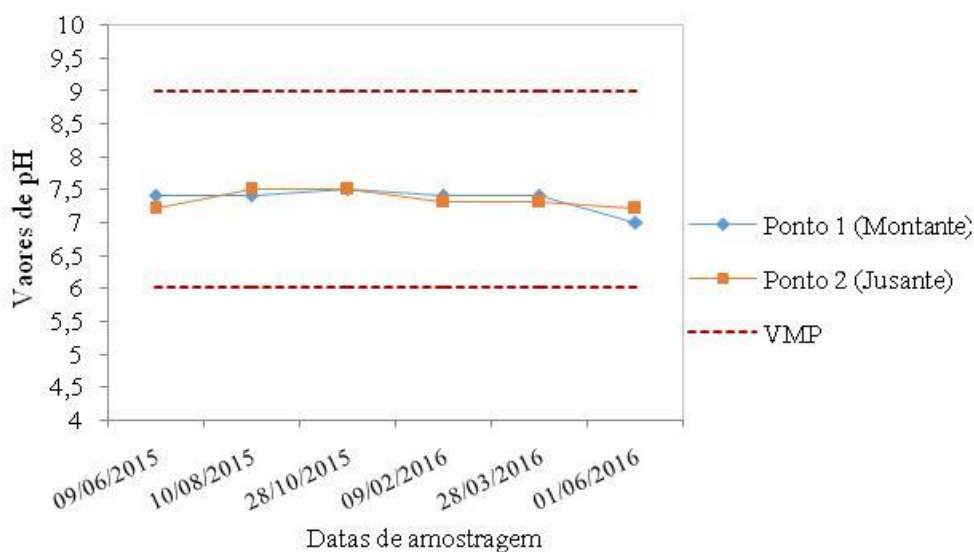
**Tabela 8:** Resultados das análises de qualidade da água, para os parâmetros estudados, nas datas de coleta no Ponto 02 (jusante).

Parâmetros Avaliados	Datas de amostragem						Média anual	Desvio padrão
	09/06/15	10/08/15	28/10/15	09/02/16	28/03/16	01/06/16		
pH	7,2	7,5	7,5	7,3	7,3	7,2	7,33	±0,13
OD (mg L <sup>-1</sup> )	7,1	7,1	6,6	5,9	6,1	6,6	6,56	±0,49
T (°C)	21°	22°	21°	22,0	22°	21°	21,5	±0,54
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	1,0	0,72	0,25	1,1	6,6	8,1	2,96	±3,44
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,50	0,50	1,3	2,9	0,28	2,2	1,28	±1,06
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	0,40	0,43	0,050	0,13	0,07	ND	0,21	±0,18
Turbidez (UNT)	145	114	101	173	254	262	174,66	±69,36
S.T (mg L <sup>-1</sup> )	164	148	126	220	212	244	185,66	±46,31
C.T. (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	689	2.420	10.112	6.355	2.419	63.100	14182,5	±24205,6
<i>E. Coli</i> (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	238	1.733	1.120	1.986	756	517	1058,33	±689,48
Cl (mg L <sup>-1</sup> )	7,2	7,2	4,8	6,6	9,4	6,2	6,9	±1,51
Fe Total (mg L <sup>-1</sup> )	9,1	7,3	6,5	10,1	13,3	15,4	10,28	±3,46

pH=potencial hidrogeniônico, OD=oxigênio dissolvido, T=temperatura, DBO=demanda bioquímica de oxigênio, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>=nitrato, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>=fósforo, ST= sólidos totais, CT=coliformes totais, *E. Coli*=*Escherichia Coli*, Cl=cloretos, Fe=ferro, ND=Não detectado.

O pH, usado como indicação do grau de acidez da água, depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva, enquanto águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações (Ministério da Saúde, 2006).

A Figura 28 apresenta os valores de pH nos dois pontos de amostragem do rio Setúbal tiveram uma variação pouco significativa, oscilando entre 7,0 a 7,5.



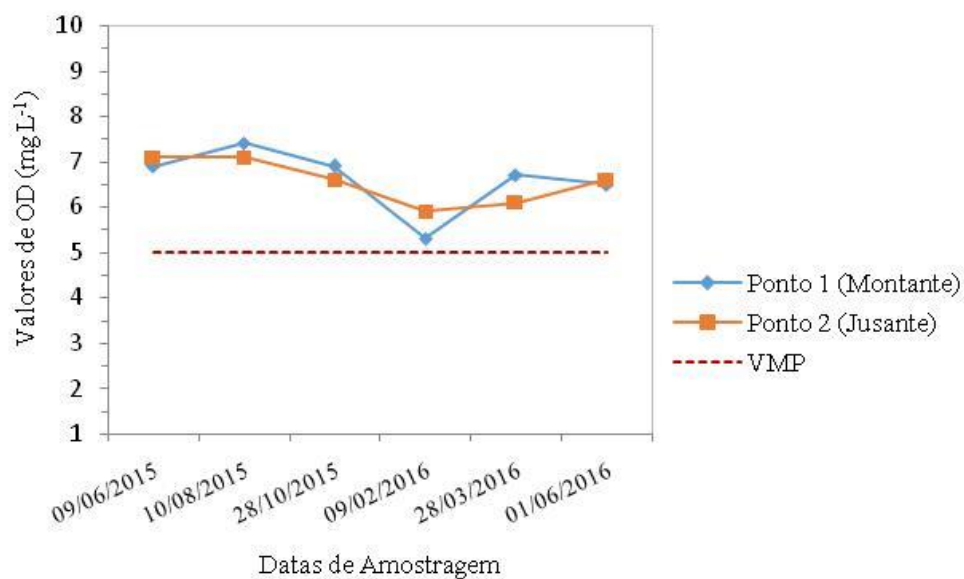
**Figura 28:** Variação de pH.

A vida aquática depende do pH, sendo que a Resolução n° 357/2005 do CONAMA versa que os níveis de acidez para águas de Classe 2 devem estar entre 6,0 e 9,0, de modo que, em ambos os pontos de coleta, os valores encontram-se dentro dos padrões aceitáveis pela normatização ambiental, o que pode caracterizar, por exemplo, que a emissão de efluentes no rio Setúbal não tem sido significativa a ponto de causar variações expressivas do pH da água; porém, se comparado os dois pontos amostrais, percebe-se que o Ponto 2 possui maior oscilação que o Ponto 1, o que pode estar relacionado ao lançamento de esgoto proveniente do perímetro urbano de Jenipapo de Minas.

Mesmo os valores de pH se apresentarem dentro dos limites aceitáveis, Scherer et al. (2016) chamam a atenção para quando os valores de pH se encontrarem entre 6,9 e 7,4, pois pode ocorrer a formação de bicarbonatos, o que torna as águas de irrigação alcalinas. Além disso, pode ocasionar problemas nos equipamentos utilizados para a irrigação, como precipitação da matéria orgânica ou corrosão na tubulação.

Os valores de pH nos dois pontos de amostragem também não tiveram variações significativas se comparado o período chuvoso com o período de estiagem. Essa baixa oscilação de pH entre períodos secos e chuvosos também foi registrada por Pontes et al. (2012) na micro-bacia do Córrego Banguelo, no Estado de Minas Gerais.

As concentrações de oxigênio dissolvido em todas as amostras realizadas nos dois pontos de amostragem não foram inferiores a  $5 \text{ mgL}^{-1}$ , conforme atesta a Figura 29. Portanto, de acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA, este parâmetro encontra-se dentro dos limites de Classe 2.



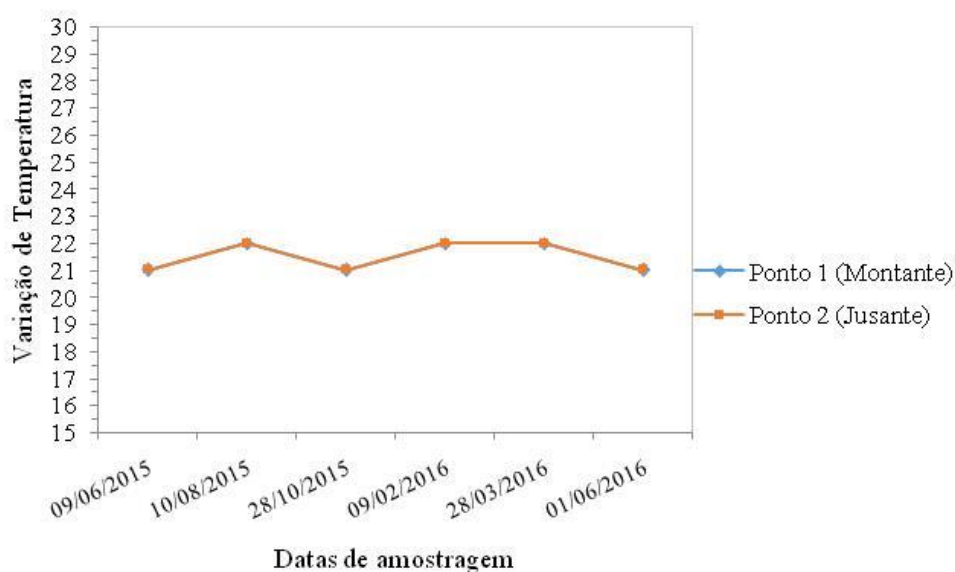
**Figura 29:** Variação de oxigênio dissolvido.

O valor mínimo de OD para a preservação da vida aquática é de  $5,0 \text{ mgL}^{-1}$ , existindo variações na tolerância de espécie para espécie. Dessa forma, as concentrações de OD não evidenciam desequilíbrio nos corpos d'água do rio nas proximidades dos pontos amostrados, caracterizando baixo efeito da poluição das águas decorrentes de despejos orgânicos, bem como a inexistência de crescimento anormal de algas. Por outro lado, Farias et al. (2011) consideram que um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta normalmente níveis de OD que variam entre de 8 a  $10 \text{ mg L}^{-1}$ . De acordo com os autores, o rio Setúbal estaria, portanto, em estado crítico pelo fato de em nenhuma amostra ter-se registrado valores iguais ou superiores a  $8 \text{ mg L}^{-1}$ .

Em trabalho semelhante, Pereira et al. (2016) registraram em suas coletas valores de OD inferiores a  $6 \text{ mgL}^{-1}$  no rio Peixe-Boi, no estado do Pará, principalmente nos períodos chuvosos. Tais valores foram encontrados em coletas mais próximas a áreas antropizadas às margens dos rios, e onde havia lançamento direto de matéria orgânica e outras substâncias. Assim, os valores de OD registrados tanto no P1 quanto no P2 na quarta amostra, sendo esta em período chuvoso, com valores inferiores a  $6 \text{ mg L}^{-1}$  demonstram um alerta de que maiores quantidades de matéria orgânica no rio Setúbal poderá motivar a diminuição do OD, comprometendo a qualidade da água.

Valores de OD maiores que os do rio Setúbal são comumente encontrados na literatura científica, como, por exemplo, os elevados valores registrados por Scherer et al. (2016) em corpos hídricos no Vale do Taquari - RS, que oscilaram entre 11,8 e  $13,6 \text{ mg L}^{-1}$ . Possivelmente esses valores de OD no rio Setúbal estão também relacionados à barragem de Setúbal. Sobre isso, a Comissão Mundial de Barragens (CMB, 1999) realizou estudo de caso na Usina Hidrelétrica de Tucuruí, no rio Tocantins, estado do Pará, sendo constatada uma deterioração da qualidade da água à jusante do reservatório, principalmente no período de estiagem, apresentando baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, agravados pela reduzida vazão.

As temperaturas em todas as amostras e pontos oscilaram entre  $21^\circ$  e  $22^\circ$  (Figura 30), as quais não são altas o suficiente para acelerar as atividades biológicas da vida aquática. Os valores registrados de temperatura podem estar associados ao fato de que as coletas foram feitas nos inícios das manhãs, o que pode ter contribuído também para que não houvesse grandes oscilações sazonais.



**Figura 30:** Valores de temperatura.

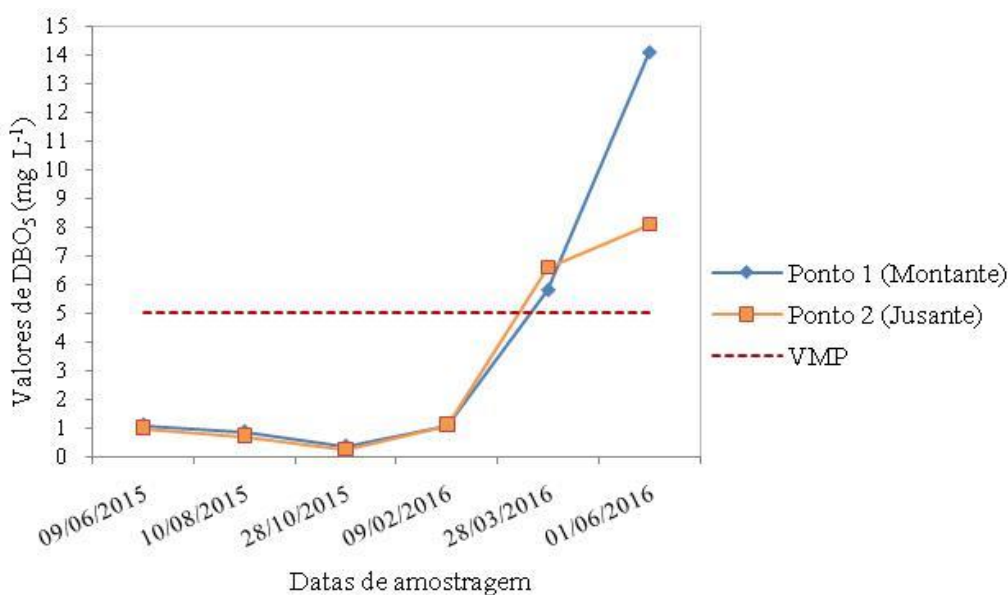
Em sua pesquisa sobre qualidade de água, Pinto (2007) registrou maiores temperaturas em pontos com ausência de mata ciliar, enquanto valores menores de temperatura foram encontrados em pontos dentro da mata, relacionando isso à incidência de radiação solar no corpo d'água, onde a cobertura vegetal intercepta os raios de luz solar. Dessa forma, os valores de temperatura registrados nas amostras do rio Setúbal seriam, possivelmente, menores em algumas datas de amostragem se a mata ciliar do rio fosse mais expressiva.

A existência da barragem de Setúbal também pode ter influenciado nas temperaturas em razão de uma possível estratificação térmica, onde ocorre o esfriamento do fundo do reservatório em relação à superfície (Pimentel, 2009). Portanto, quando isso acontece, a água liberada pelo fundo do reservatório apresenta temperaturas mais baixas.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) funciona como indicador na qualidade da água, determinando indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável através da demanda de oxigênio, que por sua vez é exercida por microrganismos usando a respiração. Assim, efluentes lançados em corpos hídricos precisam utilizar o oxigênio presente na água para que sejam biodegradados. Quanto maior a quantidade de efluentes orgânicos, maior será a demanda por oxigênio, comprometendo, assim, a qualidade da água.

Conforme a Figura 31, os valores de DBO nos dois pontos de coleta do rio foram menores ou iguais a  $1,1 \text{ mg L}^{-1}$  nas quatro primeiras amostras, totalizando 66,66% das amostragens, permitindo que este parâmetro estivesse dentro do limite de enquadramento do rio Setúbal que é de Classe 2 ( $< 5 \text{ mg L}^{-1}$ ) de acordo com a Resolução 357/2005 do

CONAMA. Em contrapartida, as duas últimas amostras (33,34%), tanto à montante quanto à jusante do perímetro urbano de Jenipapo de Minas, apresentaram altos valores de DBO, que oscilaram entre 5,8 a 14,1 mg L<sup>-1</sup>, e, portanto, não estando mais dentro do limite permitidos para águas de Classe 2. Esses últimos valores obtidos sugerem que há substâncias biodegradáveis e matéria orgânica presentes na água, mas que são justificáveis em razão das chuvas que antecederam a data da amostragem.



**Figura 31:** Variação de DBO.

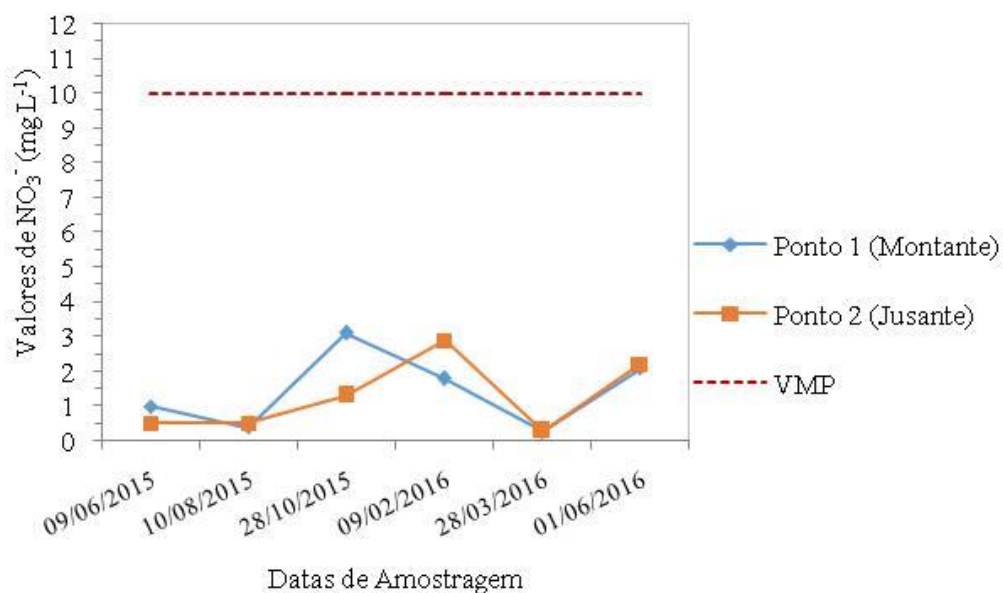
Pesquisando sobre qualidade de água, Damasceno et al. (2015) registraram valores de DBO entorno de 5 mg L<sup>-1</sup> no período menos chuvoso e 2 mg L<sup>-1</sup> no chuvoso; enquanto que Pereira et al (2013) constaram em suas amostras valores de DBO maiores na estação chuvosa e menores na estiagem, justificando esses valores maiores, provavelmente, devido ao arraste de matéria orgânica natural da bacia. Dessa forma, conforme a literatura científica, a sazonalidade não é o único fator que influencia nos níveis de DBO.

Estudando sobre impactos físicos de barragens, Pimentel (2004) constatou que os níveis de DBO, à jusante de rios, são alterados após a formação do reservatório, decorrente da presença de matéria orgânica, que por sua vez existe quando não há uma limpeza eficiente da área inundada. Para a CMB (2000) a quantidade de fitomassa em um reservatório altera os níveis de DBO, sendo possível haver um controle quando se tem maior vazão. Dessa forma, os níveis de DBO, ora baixos, ora elevados, podem estar também relacionados ao reservatório de Setúbal, bem como os variantes níveis de vazão a sua jusante. No entanto, há de se destacar que valores mais altos de DBO no rio Setúbal, nas proximidades do perímetro urbano de

Jenipapo, foram registrados pela Ruralminas (2005), no período chuvoso, o que sugere que houve uma diminuição de matéria orgânica ou maior capacidade de autodepuração do manancial.

O nitrato é a principal forma de nitrogênio associada à contaminação da água pelas atividades agropecuárias (Resende, 2002).

Os valores de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nos dois pontos de amostragem foram considerados baixos, tendo concentração mínima de  $0,40 \text{ mg L}^{-1}$  e máxima de  $3,1 \text{ mg L}^{-1}$  e não variaram significativamente ao longo das amostragens, conforme a Figura 32. Assim, independentemente da sazonalidade, não foram detectadas perturbações em relação ao componente nitrato.



**Figura 32:** Variação de Nitrato.

Considerando o limite de  $10,0 \text{ mg L}^{-1}$  para água de Classe 2, as concentrações detectadas de nitrato encontram-se em conformidade com a resolução CONAMA 357/2005. Um dos fatores responsáveis por isso pode estar relacionado à ausência de indicativos de contaminação significativa por meio das atividades antropogênicas na sub-bacia do rio Setúbal. Além disso, os baixos valores registrados de nitrato também podem ser justificados pela existência de uma atividade agrícola bastante rudimentar na região da sub-bacia, onde o uso de fertilizantes ainda não é expressivo. Sobre esse parâmetro, Pimentel (2004) menciona que as concentrações de nitrato à jusante de reservatórios quase não sofrem alterações.

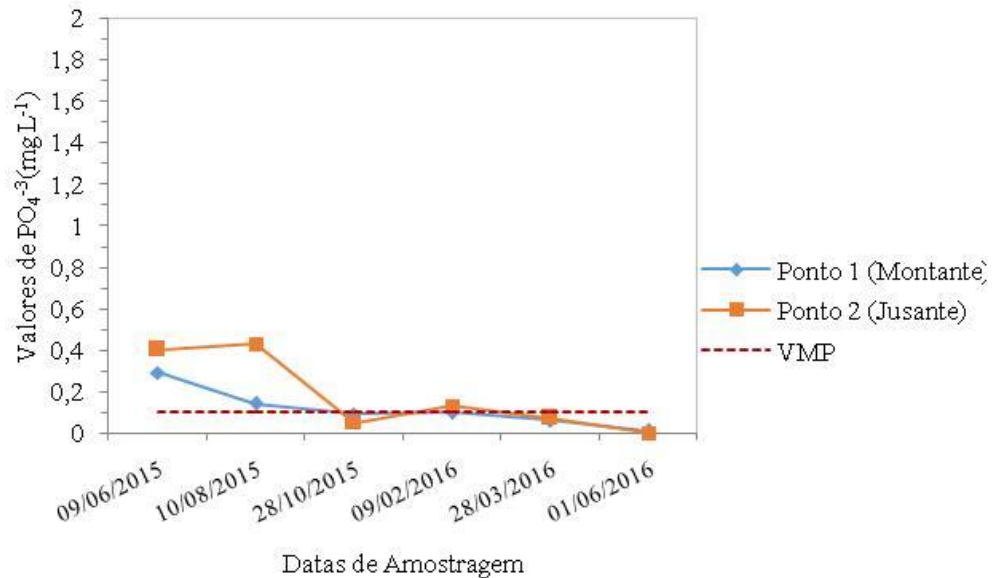
O fósforo está presente nos corpos hídricos como fosfato orgânico e fosfato inorgânico, e se comporta como um elemento essencial. O projeto Brasil das Águas (2010),

atendendo a Resolução do CONAMA 359/2005, constatou por meio de pesquisas em treze regiões hidrográficas que a concentração de fósforo nos corpos de água esteve fortemente relacionada à densidade demográfica da região hidrográfica e, portanto, sujeita a maior influência antrópica e à deficiência de saneamento.

Valores máximos de  $\text{PO}_4^{-3}$  permitidos pela Resolução N° 357/2005 do CONAMA para corpos d'água de Classe 2 é de  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  em ambiente lótico, como é o caso do rio Setúbal. Os valores de fósforo foram superiores ao permitido em 33% das amostragens do ponto 1 e 50% das amostras do ponto 2; sendo que a maior quantidade registrada foi de  $0,43 \text{ mg L}^{-1}$ , no ponto 2, no período de estiagem, como mostra a Figura 33.

Pinto (2007) e Damasceno et al. (2015), em pesquisas semelhantes, registraram maiores valores de fósforo nos períodos chuvosos e associaram isso a processos naturais, da dissociação dos sedimentos em suspensão e da lixiviação do solo pelas águas das chuvas, ou seja, fonte difusa. O mesmo não aconteceu com as amostras de água do rio Setúbal, vez que os maiores valores de  $\text{PO}_4^{-3}$  foram registrados no período de estiagem, e, por isso, infere-se que as principais fontes de fósforo presente no rio Setúbal são pontuais, como, por exemplo, a emissão de efluentes, onde normalmente há grande concentração de detergentes. No entanto, é possível também que o barramento de Setúbal, à montante dos dois pontos de amostragem, contenha esse nutriente acumulado e liberado no rio junto com a água. Sobre isso, a CMB (2000) atesta que em reservatórios pode haver a liberação de compostos químicos, como, por exemplo, o fósforo; porém, a tendência é que haja uma estabilização após a decomposição da floresta inundada, aumentando o nível de qualidade da água, sendo que esse tempo está relacionado à quantidade de vegetação e outros materiais que foram imersos no reservatório.

A inexpressiva atividade agrícola desenvolvida na área da sub-bacia do rio Setúbal também pode ter contribuído para que os valores  $\text{PO}_4^{-3}$  não fossem ainda mais alarmantes, pois Pinto (2007) registrou valores elevados de  $\text{PO}_4^{-3}$  justamente em uma área e época de produção de milho, sendo esse nutriente carregado para os corpos d'água através do escoamento superficial na estação chuvosa daquela região.



**Figura 33:** Variação de fósforo total.

Analisando a Figura 36, é possível observar os baixos índices pluviométricos registrados na região da sub-bacia do rio Setúbal, podendo-se inferir que o escoamento superficial pouco pôde influenciar nos níveis de fósforo e nitrato provenientes de fontes difusas.

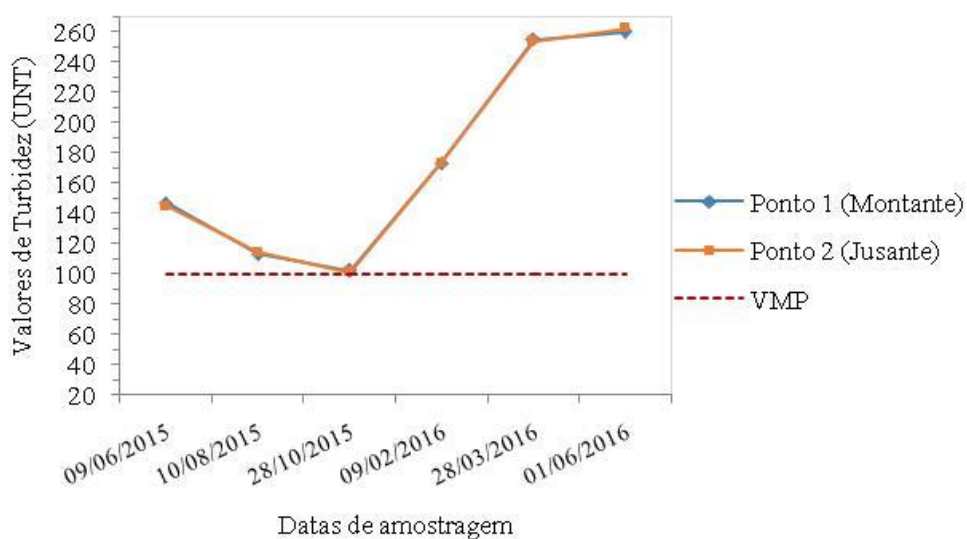
Há de se destacar também que o fósforo é matéria prima de vários produtos industrializados, como por exemplo, em fertilizantes e detergentes em pó, os quais são utilizados em larga escala pelo homem. Nesse sentido, Quevedo e Paganini (2011) chamam a atenção para que haja controle do aporte de fósforo nas águas a partir da atuação nas fontes oriundas da atividade urbana, principalmente pela limitação da presença de tripolifosfato de sódio (STPP) nos detergentes, o que contribuiria para uma melhor qualidade dos corpos hídricos.

A existência de sólidos em suspensão na água é a principal responsável pelos níveis de turbidez, podendo estar associado às fontes naturais ou antropogênicas, sendo que está última pode oferecer maiores riscos à saúde, pois podem conter compostos tóxicos e microrganismos patogênicos.

Mesmo a turbidez atestando a presença de matéria em suspensão na água como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas, quando são provenientes de fontes naturais, não significa um problema de qualidade da água. Tem o seu valor significativamente afetado pelas condições climáticas, podendo indicar elevados processos de erosão.

As águas doces de Classe 2, de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005, devem ter sua turbidez até 100 UNT, sendo que para fins de potabilidade, a Portaria nº 518/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, estabelece que a turbidez não ultrapasse 5 UNT. As amostras dos dois pontos de coleta demonstram um índice significativamente elevado de turbidez, já que em nenhuma das amostragens teve-se valor menor que 100 UNT, conforme demonstra a Figura 34. Independente da estação climática, ou seja, mesmo não existindo chuvas em algumas datas de amostragem, foram extrapolados os níveis de turbidez para Classe 2. Além disso, como versa a Resolução do CONAMA supramencionada, águas com valores de turbidez acima de 40 UNT, como os registrados nas amostragens do rio Setúbal, não deverão ser utilizadas na irrigação de hortaliças que são consumidas cruas; dessa forma, os valores de turbidez encontrados no rio Setúbal podem comprometer a produção de determinadas hortaliças irrigadas com a essa água.

Em trabalho semelhante, Scherer et al. (2016) obtiveram em suas amostras elevados níveis de turbidez, o que, para os autores, é indicativo da presença de partículas presentes na água, que podem ser constituídas por plâncton, bactérias, argilas ou fontes de poluição.



**Figura 34:** Variação de turbidez.

Na Figura 35, é possível observar a água do rio Setúbal com forte coloração e elevada turbidez, mesmo se tratando de um período com baixo índice pluviométrico. Foi possível observar que durante todas as datas de amostragens, a água do rio Setúbal possuía a mesma coloração mostrada na Figura 35.

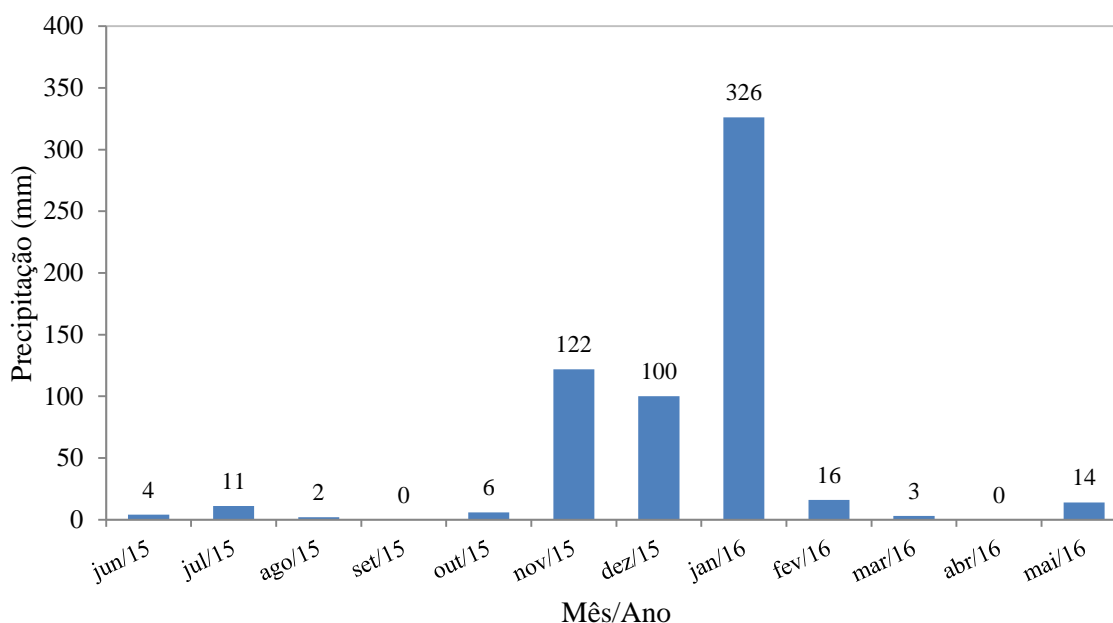


**Figura 35:** Rio Setúbal à jusante da barragem de Setúbal.

Pereira et al. (2013) e Oliveira e Cunha (2014) encontraram durante o período chuvoso os maiores níveis de turbidez, sendo de 13 UNT e 11 UNT, respectivamente, enquanto Damasceno et al. (2015) registraram o maiores índices de turbidez no período de estiagem, sendo de 34,6 UNT. Dessa forma, percebe-se que nem todos os índices de turbidez estão necessariamente associados à sazonalidade climática. Além disso, independente da época climática, percebe-se também que nenhum dos índices registrados pelos autores está próximo daqueles registrados nas amostras do rio Setúbal.

Os sólidos presentes na água estão diretamente relacionados com a turbidez e a cor da água, prejudicando aspectos estéticos da água e a produtividade do ecossistema pela diminuição da passagem da luz. Praticamente todas as impurezas da água contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos d'água. Além disso, como os sais fazem parte dos sólidos dissolvidos, o seu excesso na água utilizada na irrigação pode acarretar a salinização do solo, dificultando ou impedindo a absorção de água pelas plantas (Ferreira et al., 2006).

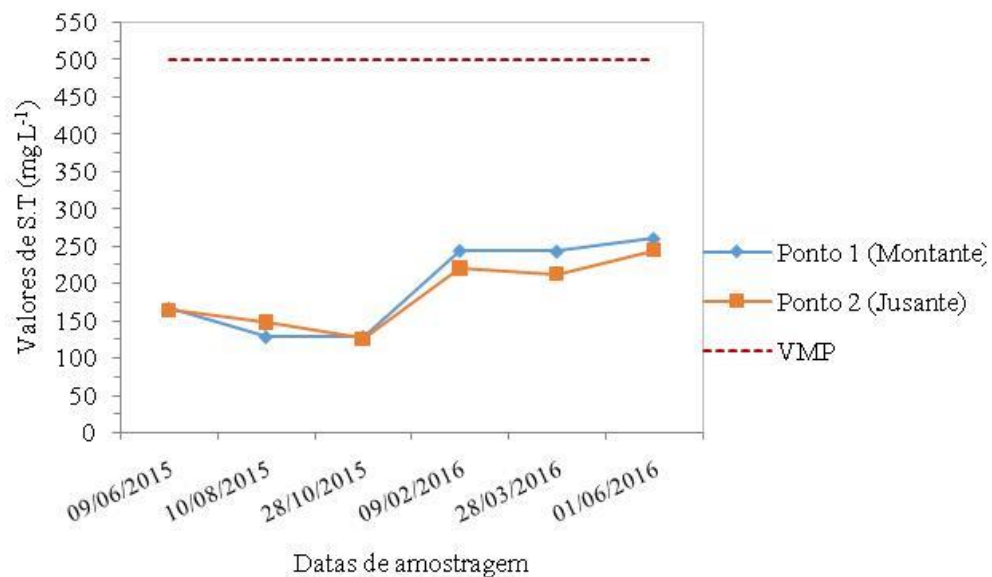
Na Figura 36, é apresentado o índice de chuva acumulada na estação convencional de Araçuaí-MG.



**Figura 36:** Registros temporais da variabilidade pluviométrica aferida na região de estudo (Estação convencional de Araçuaí– MG).  
Fonte: INMET (2016).

Franco e Hernandez (2009) compararam a concentração de sólidos no período seco e chuvoso, onde obtiveram valores superiores de sólidos no período chuvoso, concluindo que o escoamento superficial, contribui para o aumento de sedimentos na água do manancial. No entanto, conforme a Figura 36, não houve registros significativos de chuvas na região durante ou próximo ao período de todas as coletas de água no rio Setúbal, podendo inferir que alguns dos níveis elevados de turbidez, assim como alguns níveis de sólidos, não estão necessariamente relacionados com fatores climáticos.

Em contrapartida, a barragem de Setúbal, localizada à montante dos dois pontos de coleta, pode ter influência direta nos índices de turbidez, cor e sólidos, já que, por si tratar de um empreendimento recente, é expressivo o processo de decomposição de materiais. Além disso, a água que é retirada do barramento através das comportas, normalmente, contém muitos materiais que ainda não foram dissolvidos ou decompostos, o que contribui para a elevação de índices de sólidos da água, e, conseqüentemente, os de turbidez. Mesmo assim, os valores de sólidos totais encontram-se dentro dos padrões aceitáveis, como versa a resolução 357/2005 do CONAMA, onde o máximo de 500 mg L<sup>-1</sup> para a Classe 2, conforme a Figura 37.



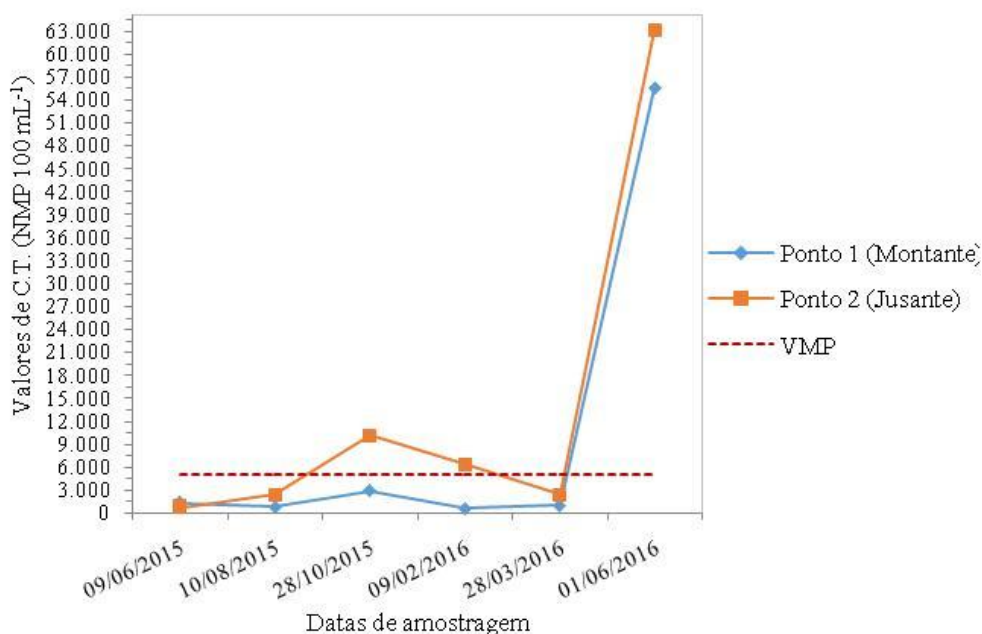
**Figura 37:** Variação de sólidos totais.

Mesmo com esses valores de sólidos totais dentro do permitido pela resolução supracitada, Barboza et al. (2011), em estudo sobre qualidade de água para irrigação, mencionam que valores superiores a  $18,63 \text{ mg L}^{-1}$ , como é o caso de 100% das amostragens dos pontos 1 e 2, gera risco potencial ao sistema de irrigação.

Há de se destacar que, com o estudo da qualidade da água do rio Setúbal realizado pela Ruralminas (2005), portanto antes da construção da barragem de Setúbal, foram registrados valores de turbidez e sólidos totais superiores aos dessa pesquisa nos períodos chuvosos. Em contrapartida, nos períodos de seca os valores desses parâmetros foram quase insignificantes, diferentemente dos registrados atualmente, o que explicita que o reservatório de Setúbal está diretamente relacionado aos altos índices de turbidez e sólidos totais mesmo em períodos de estiagem. Dessa mesma maneira, a CMB (2000) também constatou elevados valores de turbidez e sólidos totais à jusante do barramento de Tucuruí, mesmo nos períodos de estiagem.

Análises de bactérias do grupo coliformes, principalmente coliformes totais e *Escherichia coli*, são feitas no intuito de avaliar a qualidade bacteriológica da água (Santos, 2008). A presença de coliformes indica a possibilidade, dentre outras, de contaminação da água por esgotos domésticos; porém nem toda água com coliformes representa risco para a saúde, mas deve ser considerado como indicativo que microrganismos patogênicos poderão estar presentes e gerar doenças de veiculação hídricas; dessa forma, a garantia do consumo de água potável livre de micro-organismos patogênicos prejudiciais à saúde se configura como um método eficiente de prevenção das doenças causadas pela água (Silva e Araújo, 2003).

A concentração de coliformes totais foi significativamente maior no ponto 2 com relação ao ponto 1 em 83,33% das amostragens, demonstrando que no trecho do rio Setúbal, à jusante de Jenipapo de Minas, estas concentrações são elevadas; sendo que os valores máximos e mínimos do ponto 1 e ponto 2 foram de 618 e 55.600 NMP 100 mL<sup>-1</sup> e 689 e 63.100 NMP 100 mL<sup>-1</sup>, respectivamente. As concentrações de coliformes totais são apresentadas na Figura 38.

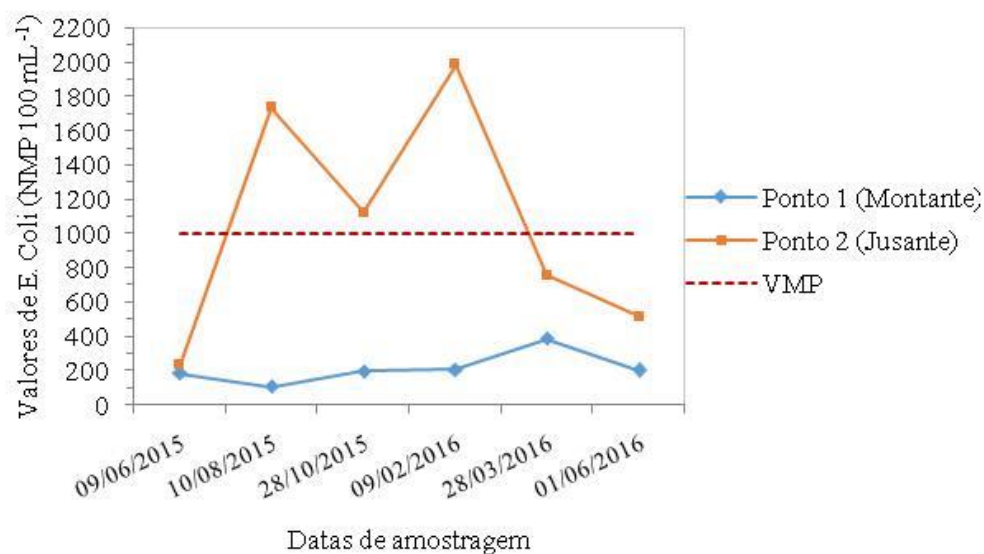


**Figura 38:** Variação de coliformes totais.

Oliveira et al. (2014) também registraram elevados valores de coliformes no rio Jari, região da Amazônia brasileira, mesmo em áreas sem fontes de poluição explícitas, associando as concentrações de coliformes às características biológicas dos solos e presença de florestas, mas sem identificar se as fontes são exclusivamente de origem natural ou antropogênica.

Pinto (2009), que também registrou elevadas concentrações de coliformes totais (até 45.000 mg L<sup>-1</sup>) em algumas épocas do ano no ribeirão Lavrinha, região Alto Rio Grande - MG, menciona que essas concentrações são consideradas fora do padrão normal pela literatura científica.

Os valores de coliformes *E. Coli*, observados na Figura 39, encontram-se em conformidade com do limite de 1000 NMP 100 mL<sup>-1</sup>, estabelecido na Resolução CONAMA n° 357/2005 para águas de Classe 2, em 100% das amostragens do ponto 1; enquanto que as amostras do ponto 2 tiveram em desconformidade em 50% .



**Figura 39:** Variação de *E. coli*.

Esses valores de coliformes totais e de *E. Coli* podem ser relacionados à descarga de esgotos domésticos. O fato de algumas amostras terem ultrapassado a concentração permitida pode estar associado também à decomposição de material orgânico (como vegetação alagada para construção da barragem de Setúbal), visto que as *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (coliformes totais), são gêneros ocorrentes no solo e na vegetação, não sendo, portanto, de origem exclusivamente fecal (Silva et al., 2011). Além disso, em razão da barragem de Setúbal ser um empreendimento recente, a existência de fossas negras, chiqueiros e cemitérios no local do reservatório podem ter influenciado no aumento do número de coliformes e *E. Coli*.

Em razão de algumas das amostragens serem realizadas durante o período de seca, conforme Figura 36, e que tiveram elevados valores de coliformes totais e *E. Coli*, é possível inferir que esses índices de coliformes constados não estão exclusivamente relacionados ao escoamento superficial que é responsável pelo depósito de materiais provenientes, por exemplo, da pecuária, nos corpos d'água. Mas há de considerar que os valores de coliformes totais do ponto 2 foram superiores aos do ponto 1 em 83% das amostras, e os de *E. Coli* em 100%. Dessa forma, é possível inferir que a emissão de esgoto de Jenipapo de Minas no rio Setúbal tem contribuído para elevar os valores de coliformes registrados no ponto 2 à jusante da cidade. Além disso, os altos índices de coliformes totais e *E. Coli* que as amostras apresentaram, sendo alguns registrados independentemente da sazonalidade climática, atesta a existência de fontes pontuais na área da sub-bacia, como é o caso do esgoto proveniente de Jenipapo de Minas.

A baixa vazão do rio Setúbal em algumas datas de amostragem também pode ter contribuído para elevar os valores de coliformes, principalmente no ponto 2, vez que, esse fator favorece uma maior concentração de efluentes no manancial e, conseqüentemente, elevado o número de coliformes. Damasceno et al. (2015) também registraram valores de coliformes mais altos no período de estiagem do que no período chuvoso, e justificaram essa ocorrência em razão da baixa taxa de precipitação, o que diminui a vazão e a capacidade de autodepuração do manancial.

O IGAM (2010h) também registrou altos valores de coliformes em águas do rio Setúbal e associou isso aos poluentes de origem difusa das atividades de pecuária desenvolvidas próximas aos corpos de água e também aos lançamentos de esgotos sanitários originados de pequenas localidades rurais e urbanas.

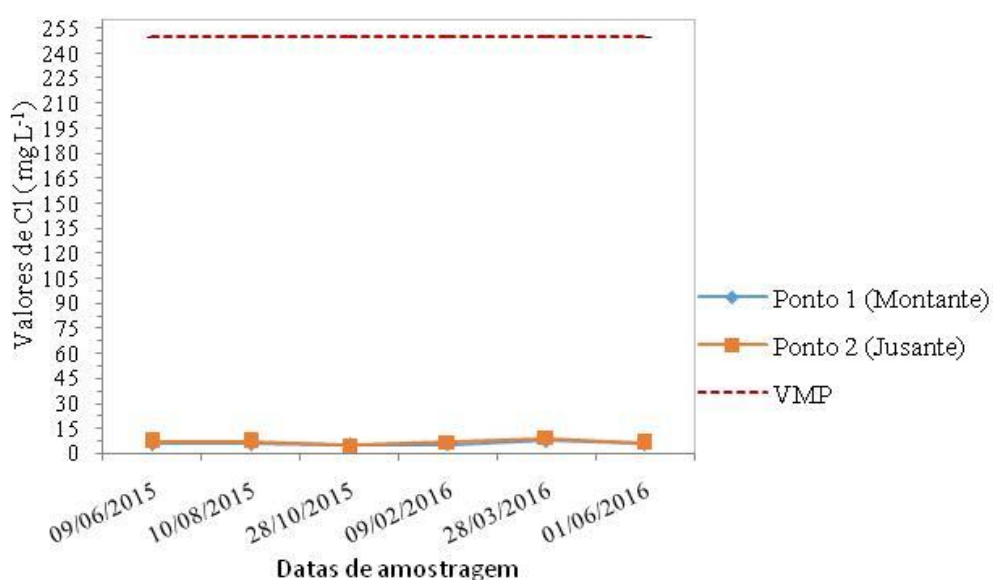
As concentrações de *E. Coli* nas amostras do ponto 2 vão de encontro ao art. 14 da Resolução 357/2005 do CONAMA, onde versa que a água destinada à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, não deverá ser excedido um limite de 200 NMP 100 mL<sup>-1</sup> em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Nota-se que a irrigação de hortaliças é um risco, principalmente à jusante do ponto 2, já que esse limite foi extrapolado em todas as suas amostragens. Sobre isso, Sá e Ferreira (2007) alertam que a água contaminada com material fecal e, conseqüentemente, alimento irrigado por ela, pode veicular diversos microrganismos responsáveis por várias doenças transmitidas por alimentos (DTAs).

Segundo a Resolução CONAMA 274/2000, as águas consideradas próprias para balneabilidade humana são subdivididas em: excelente (máximo 200 *E. Coli* NMP 100 mL<sup>-1</sup>), muito boa (máximo de 400 *E. Coli*) e satisfatória (máximo de 800 *E. Coli*). Porém, se o valor obtido para esta variável for superior a 2.000 *E. Coli*, as águas serão consideradas impróprias. Dessa forma, as concentrações *E. Coli* no ponto 2 representam um alerta de que se estas concentrações aumentarem, as águas do rio Setúbal, à jusante de Jenipapo de Minas, serão consideradas impróprias para algumas finalidades. Notadamente, o tratamento do esgoto lançado no rio e/ou aumenta da vazão liberada pelo reservatório de Setúbal se configuram como alternativas para impedir a impropriedade do curso d'água.

Sobre as concentrações de coliformes nas águas do rio Setúbal, o IGAM (2010h) já alertava sobre a urgente necessidade de construção e operação de estações de tratamento de

esgotos no Município de Jenipapo de Minas, pelo fato deste município lançar esgotos diretamente no curso de água, gerando inúmeros impactos.

Nota-se na Figura 40 que os valores de cloreto (Cl) nos dois pontos de amostragem apresentaram valores quase que insignificantes se comparado com o valor estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA que é de no máximo  $250 \text{ mg L}^{-1}$  de cloreto para águas de Classe 2. Os valores de Cl variaram entre  $5,5$  a  $7,6 \text{ mg L}^{-1}$  no ponto 1 e  $4,8$  a  $9,4 \text{ mg L}^{-1}$  no ponto 2, demonstrando que as fontes poluidoras do rio Setúbal não apresentam níveis elevados desse componente.



**Figura 40:** Variação de cloreto.

Von Sperling (2007) leciona que os níveis de cloreto na água podem ter sua origem natural, resultante da dissolução de sais; enquanto que sua origem antropogênica está relacionada a despejos industriais ou domésticos, além de água proveniente de irrigação, pois este componente também está presente em fertilizantes e defensivos agrícolas.

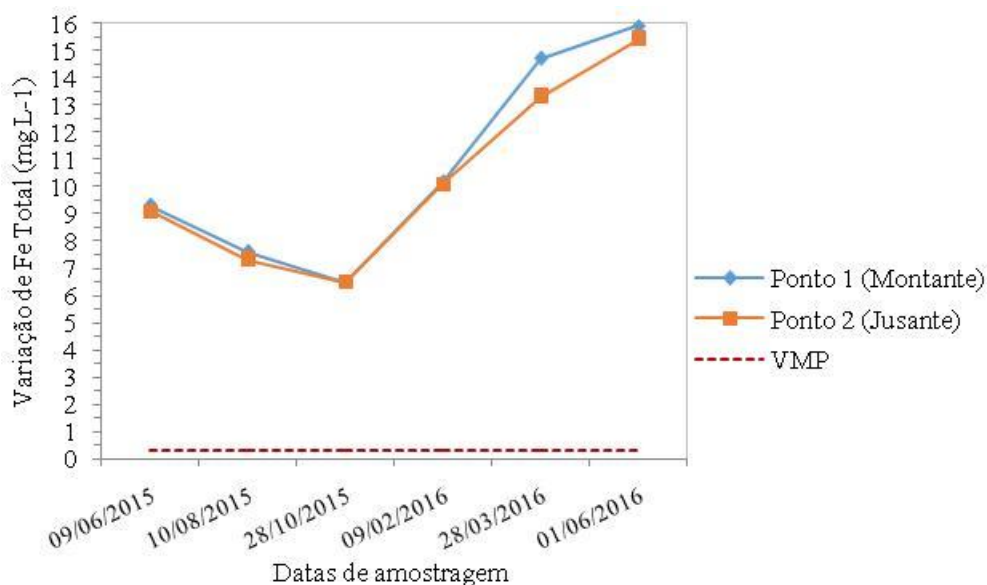
As alterações na concentração de Ferro em corpos hídricos, segundo Libânio (2010), não apresentam riscos sanitários diretos, porém se encontrado em quantidades elevadas pode ocasionar alterações no sabor da água impossibilitando seu consumo, assim como inconvenientes estéticos por ocasionar manchas em tecidos e em outras superfícies de contato.

Os valores máximos de ferro (Fe) permitidos para águas de Classe 2, como versa a Resolução do CONAMA 357/2005, é de  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$ . Em todas as amostragens dos pontos 1 e 2 das águas do rio Setúbal foram registrados valores acima do permitidos, conforme atesta a

Figura 41, com médias anuais de 10,7 e 10,28 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, e, portanto, representa alto potencial de danos ao sistema de irrigação, segundo Barbosa (2011).

Nota-se na Figura 41 que os valores de ferro nos dois pontos não tiveram diferenças significativas, podendo inferir que as altas concentrações desse componente são advindas à montante dos pontos amostrais, sendo possivelmente acumulado na barragem de Setúbal, já que a decomposição de material no lago, como rochas metamórficas, pode liberar compostos orgânicos complexos como o ferro. Sobre isso, Pimentel (2004) explica que em alguns reservatórios pode ocorrer a estratificação térmica vertical em determinadas épocas do ano; onde a diferença de temperatura entre as camadas superficial e profunda do reservatório e, conseqüentemente, a diferença de densidade entre essas camadas, pode comprometer a qualidade da água do reservatório, como, por exemplo, aumentando as concentrações de matéria orgânica, fósforo, ferro e manganês.

Os valores de concentração de ferro nos corpos d'água também podem estar relacionados a níveis baixos de vazão, vez que em rios com baixa vazão há uma maior propensão em concentrar certos componentes devido a pouca movimentação das águas, dificultando a dispersão e, principalmente no período seco, devido a altas temperaturas ambientais que provocam maior evaporação da água (Oliveira et al., 2010).



**Figura 41:** Variação de ferro total.

Franco e Hernandez (2009) também registraram altos valores de ferro total em corpos hídricos da microbacia do Coqueiral, estado de São Paulo, e relacionaram esses valores à precária conservação dos solos no meio rural. Os mesmos autores chamam a atenção para

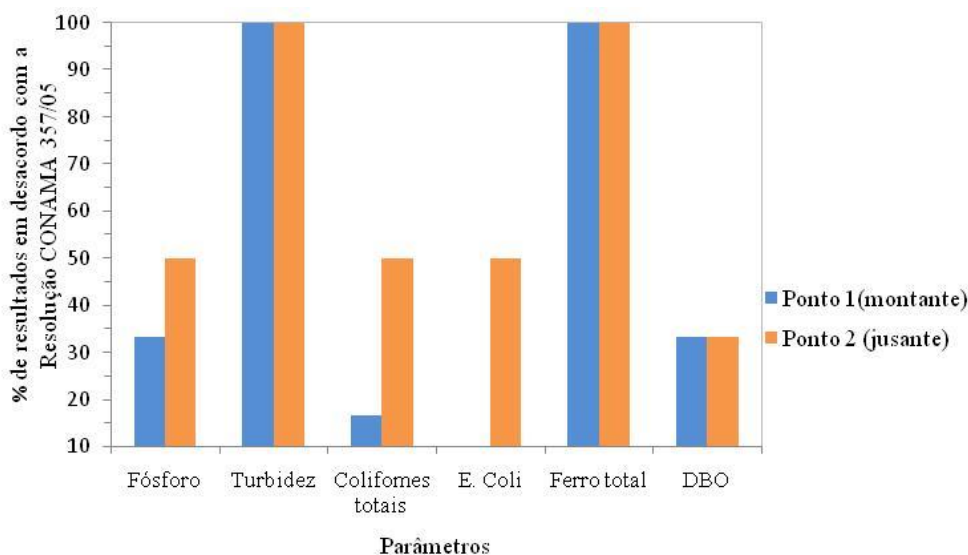
concentrações de ferro superiores a  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  em águas que são destinadas à irrigação, pelo fato de poderem resultar em precipitação e obstrução de tubulações e emissores, ocasionando danos moderados ao sistema irrigatório.

Além dos problemas relacionados a sistemas de irrigação, altas concentrações de ferro na água também podem gerar algumas patologias, pois o ferro pode aumentar a produção de radicais livres, resultando em estresse oxidativo, com degeneração dos neurônios dopaminérgicos na doença de Parkinson; portanto, existe forte associação entre o ferro ingerido na dieta e a doença de Parkinson (Powers et al., 2003).

#### 4.2.1 Avaliação da qualidade da água da sub-bacia hidrográfica do rio Setúbal, segundo a Resolução 357/2005 do CONAMA

Todas as análises realizadas, tanto no ponto 1, quanto no ponto 2, apresentaram um a quatro parâmetros violados para águas de Classe 2, conforme preconiza a Resolução do CONAMA 357/2005.

As porcentagens de resultados em desacordo com a Resolução do CONAMA 357/2005 estão apresentadas na Figura 42. Os demais parâmetros estiveram dentro dos limites estabelecidos.



**Figura 42:** Porcentagem de resultados dos parâmetros em desconformidade com os limites definidos pela Resolução CONAMA 357/2005 dos pontos amostrais.

A Figura 42 demonstra que a turbidez e ferro total foram os parâmetros que mais tiveram os seus valores em desconformidade, sendo que suas concentrações estiveram acima

do limite para Classe 2 em 100% das amostras do ponto 1 e do ponto 2. Em razão dessas altas concentrações, todas as amostras das duas estações tiveram classificação 4.

Os valores de nitrato, pH e OD estiveram dentro dos limites de Classe 2 em 100% das amostras dos dois pontos.

Os valores de fósforo estiveram em desconformidade em 33,33% das amostras do ponto 1 e em 50% do ponto 2. Sendo que no ponto 2 as concentrações desse elemento foram mais críticas nas duas primeiras amostras, contribuindo para que a estação obtivesse classificação 4. Ao serem registrados elevados valores de fósforo, a qualidade da água sofre um decréscimo significativamente.

A DBO também corroborou para que os limites de Classe 2 fossem violados em 33,33 das amostragens das duas estações. De maneira mais crítica, este parâmetro obteve o maior valor na última amostragem do ponto 1, contribuindo na inserção dessa estação em Classe 4.

Constatou-se que no ponto 2 as concentrações de coliformes estiveram em maior desconformidade com os limites de Classe 2, onde 50% das amostras tiveram valores de coliformes totais e *E. coli* acima do permitido para esta classe, e, portanto, tiveram classificação 3 especificamente nessas amostragens. No ponto 1, apenas a última amostragem obteve concentrações de coliformes totais acima do limite para águas de Classe 2. Mesmo assim, em razão de os valores de coliformes em desconformidade não terem sido registrados em 80% ou mais das amostras, as duas estações não teriam extrapolado o limite de Classe 2 se não fosse pelas outras variáveis supramencionadas (Resolução CONAMA 357/2005, art. 15, II).

Diante das análises realizadas nos pontos amostrais do rio Setúbal, durante o período de um ano, ficou demonstrado que, independente da sazonalidade climática, todas as estações tiveram classificação 4, segundo os limites da Resolução do CONAMA 357/2005.

#### **4.2.2 Índice de Qualidade da Água (IQA) do rio Setúbal**

O IQA calculado para a sub-bacia hidrográfica do rio Setúbal, nos dois pontos de amostragem, encontra-se na Tabela 9.

**Tabela 9:** Índice de Qualidade da Água nos pontos de amostragem na sub-bacia hidrográfica do Rio Setúbal, durante o período de monitoramento, e suas respectivas classificações, segundo o IGAM.

Data de Amostragem	IQA-(IGAM)			
	PONTO 01	Classificação	PONTO 02	Classificação
09/06/15	55,70	Médio	54,90	Médio
10/08/15	61,10	Médio	50,90	Médio
28/10/15	55,50	Médio	60,10	Médio
09/02/16	53,20	Médio	47,20	Ruim
28/03/16	54,90	Médio	51,90	Médio
01/06/16	48,80	Ruim	50,30	Médio
Média anual	54,86	Médio	52,55	Médio
Desvio Padrão	± 3,98		± 4,45	

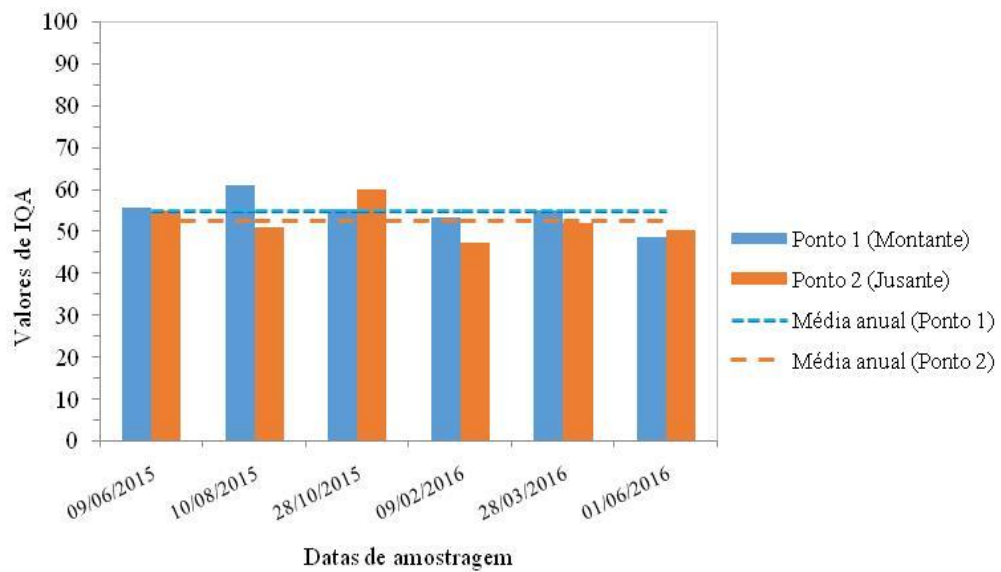
Nota-se pela Tabela 9 que em todas as datas de amostragem os valores de IQA para o ponto 1 ficaram classificados em um nível de qualidade médio, exceto na última amostragem que teve uma classificação ruim. A variação do IQA nesse ponto de amostragem foi entre 48,80 a 61,10, sendo a média anual de  $54,86 \pm 3,98$ .

O parâmetro que mais influenciou negativamente nesse ponto foi a turbidez, a qual representa 8% no cálculo do IQA, e teve altos valores em todas as amostras. Os valores de *E. coli*, fósforo, nitrato e DBO também tiveram contribuições significativas para que o IQA do ponto 1 não alcançasse melhor classificação. O elevado valor de DBO na última amostragem desse ponto teve grande influência para que o IQA nessa data tivesse classificação ruim.

No ponto 2, os valores de IQA tiveram uma variação entre 47,20 a 60,10, com uma média anual de  $52,55 \pm 4,45$ . Nota-se que o IQA médio predominou nesse ponto, sendo que apenas na quarta amostragem a classificação foi ruim.

Assim, como no ponto 1, a turbidez influenciou negativamente no IQA de todas as amostragens. As concentrações de fósforo, nitrato e *E. Coli* também tiveram grande contribuição para que o IQA não alcançasse melhor nível de classificação.

Comparando as concentrações de *E. Coli* entre os dois pontos de amostragem, percebe-se que no ponto 2 estas foram significativamente maiores, fator este que mais contribuiu para que o IQA fosse inferior ao do ponto 1 em 83,33% das amostragens, e, portanto, obteve uma média anual também inferior, conforme atesta a Figura 43.



**Figura 43:** Valores de IQA dos pontos amostrais e suas respectivas médias anuais.

Estando o ponto 2 à jusante do perímetro urbano de Jenipapo de Minas, é possível inferir que o esgoto da cidade lançado no rio Setúbal contribuiu para a maior concentração de coliformes e, conseqüentemente, afetou o IQA, deixando a qualidade da água inferior em relação ao ponto 1, à montante da cidade.

Em pesquisa semelhante, Pinto et al. (2009) e Pinto et al. (2013) também registram IQAs de classificação média. Esses pesquisadores concluíram que os elevados índices pluviométricos e o escoamento superficial nas datas de coleta de água influenciaram nos resultados, vez que houve uma elevação dos valores coliformes e sólidos, e, conseqüentemente, uma diminuição significativa no IQA dos corpos hídricos. Diferentemente, o IQA das amostras do rio Setúbal não tiveram significativas diferenças anuais, e nem mesmo elevados índices pluviométricos com escoamento superficial, e, portanto, não são fatores que influenciaram nos níveis de IQA. Pereira et al. (2013) também não registraram grandes diferenças nos valores de IQA do rio Juma (município de Apuí - AM) entre as estações climáticas, sendo obtida classificação boa tanto no período de seca, quanto no chuvoso.

A literatura científica demonstra que os melhores IQAs são normalmente registrados no período de estiagem, pois nos períodos mais chuvosos há uma tendência em aumentar os valores de sólidos, turbidez e coliformes; no entanto, isso não é uma regra. Sobre essas diferenças que o IQA pode apresentar de acordo com as condições climáticas, Damasceno et al. (2015) registraram um IQA de 76,70 no período de estiagem e de 80,93 no chuvoso, portanto, a estação chuvosa apresentou melhor índice de qualidade. Os autores explicaram

que isso acontece em razão da diluição dos contaminadores no período de chuva. Dessa forma, possivelmente, maiores vazões provenientes da barragem de Setúbal podem ocasionar na diluição de alguns contaminantes e, conseqüentemente, elevar o IQA do rio, principalmente no ponto 2, onde há descarga de efluentes sem tratamento.

O reservatório de Setúbal exerce, possivelmente, influência nos níveis de classificação do IQA dos pontos amostrais. Braga et al. (2005) instruem que a qualidade da água em um reservatório depende da altura das tomadas e da época do ano, ou seja, pode ter qualidade pior durante o período de estratificação térmica em função da posição. Para os autores, esse tipo de episódio se configura como uma das maiores preocupações quanto às alterações ambientais provocadas por barragens, já que a má qualidade da água à jusante da barragem pode atingir uma extensão de rio bastante significativa.

As concentrações de ferro foram elevadas em todas as amostragens dos dois pontos amostrais, no entanto, este elemento não é considerado na elaboração do IQA. Sobre isso Buzelli e Cunha-Santino (2013) mencionam que há necessidade de analisar uma série de outras variáveis que não compõem o IQA para se obter resultados mais detalhados sobre a qualidade da água.

Nota-se que as classificações do IQA não caracterizam com nitidez a qualidade da água para o uso de irrigação, já que, mesmo apresentando nível médio em algumas datas, as concentrações de coliformes impossibilitam, como preconiza a Resolução do CONAMA 357/2005, estas águas serem utilizadas na irrigação de determinados cultivos.

## 5 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos com pesquisa, é possível fazer as seguintes conclusões:

- A maior disponibilidade de recursos hídricos no município de Jenipapo de Minas, após a construção da barragem de Setúbal, tem contribuído para o desenvolvimento da agricultura irrigada, porém tem contemplado uma parcela ínfima da população.
- A inexistência de projetos públicos de uso da água da barragem de Setúbal para a implantação de um polo de irrigação na região impede que o desenvolvimento socioeconômico, após a existência do lago, seja significativo no município de Jenipapo de Minas.
- A garantia da disponibilidade de recursos hídricos por si só não é suficiente para promover o desenvolvimento socioeconômico de uma região, sendo necessários investimentos públicos e, ainda, que a água seja garantida com a devida qualidade.
- O IQA do rio Setúbal nos pontos de maior captação para uso humano no município de Jenipapo de Minas teve registros de níveis predominantemente médios, se apresentando como um índice eficiente na caracterização da qualidade da água.
- A construção da barragem de Setúbal pode ter contribuído para a alteração de alguns parâmetros físico-químicos e biológicos da água do rio Setúbal, e, conseqüentemente, obtendo um IQA de nível médio.
- As altas concentrações de turbidez e ferro total se mostraram em desacordo com os limites para águas de Classe 2, conforme a Resolução 357/2005 do CONAMA, em todas as amostras nos dois pontos de amostragem, fazendo com que todas as amostras tivessem classificação 4.
- O esgoto lançado do perímetro urbano de Jenipapo de Minas contribuiu para a alteração de alguns parâmetros no Ponto 2, principalmente, na maior concentração de coliformes. Dessa forma, o tratamento de efluentes antes de serem lançados no rio e gestão do reservatório de Setúbal se configuram como alternativas para melhorar a qualidade da água.

## 5.1 SUGESTÕES

Para dar continuidade ao estudo sobre a disponibilidade e a qualidade da água do rio Setúbal na promoção do desenvolvimento socioeconômico em Jenipapo de Minas, sugere-se:

- Monitoramento da qualidade da água no reservatório de Setúbal, bem como à sua montante;
- Tratamento do esgoto antes de ser lançado do rio Setúbal;
- Interferência do setor público para a construção de um polo de agricultura irrigada no município de Jenipapo de Minas;
- Análises de outros parâmetros físico-químicos e biológicos para melhor caracterização da qualidade da água do rio Setúbal para usos múltiplos;
- Adoção de práticas de conservação dos recursos naturais na área da sub-bacia.

## REFERÊNCIAS

- ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Revista Engenharia Agrícola**, v.30, p.46-57, 2010.
- AMBIENTE BRASIL, ONG diz que Barragem de Setúbal (MG) pode causar graves impactos ambientais. 2006. Disponível em:<http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2006/05/28/24845-ong-diz-que-barragem-de-setubal-mg-pode-causar-graves-impactos-ambientais.html>. Acesso em 20 de out. de 2015.
- American Public Health Association (APHA); Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF). **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 22<sup>nd</sup> ed. Washington: American Public Health Association. 2012. 1360 p.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem.
- BARBOZA, G. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.. Análise dos riscos à sistemas de irrigação causados pela qualidade da água do Córrego Coqueiro – SP. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.5, nº. 1. Fortaleza. 2011. p. 24-36.
- BELLAY, S.; UEDA, B. H.; TAKEMOTO, R. M.; LIZAMA, M. DE L. A. P.; PAVANELLI, G. C. Fauna parasitária de *Geophagus brasiliensis* (Perciformes: Cichlidae) em reservatórios do estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 10, n.1, p. 74-78, 2012.
- BERNARDO, S.. **Impacto ambiental da irrigação no Brasil**: Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Viçosa: MMA, SRH, ABEAS, UFV, 1997.
- BETTEGA, J. M. P. R. et al. Métodos analíticos no controle microbiológico de água para consumo humano. **Revista Ciência e Agrotecnologia**. vol.30, n.5, 2006.
- BORSOI, Z. M. F.; TORRES, Solange Domingo Alencar. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, v. 4, n. 8, p. 143-166, 1997.
- BRASIL. **Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952**. Aprova o novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial, Brasília, DF, 29 de março de 1952.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 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. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011. Complementada pela Resolução nº 393, de 2009. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 04 de set. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Revoga os artigos 26 a 34 da Resolução no 20/86 (revogada pela Resolução no 357/2005) - CONAMA. Disponível em: <<http://www.programaaguazul.rn.gov.br/pdf/274.pdf>>. Acesso em 04 de set. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Resolução/CD/FNDE N º 38, DE 16 DE JULHO DE 2009**. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar aos alunos da educação básica no Programa Nacional de Alimentação Escolar - PNAE. Disponível em <[file:///C:/Users/User/Downloads/res038\\_16072009%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/res038_16072009%20(1).pdf)>. Acesso em 10 de out. de 2015.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: [http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite\\_relatorioConjuntura/projeto/index.html](http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html) . Acesso em 20 de Out de 2015.

\_\_\_\_\_. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil: 2012**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2012. 264 p. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/PanoramaAguasSuperficiaisPortugues.pdf>. Acesso em: 10 de set de 2015.

\_\_\_\_\_. **Indicadores de Qualidade**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acesso em: 15 de set de 2015.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, 05 de outubro de 1988. Institui a Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, 1988.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2014. 181 p.

BRASIL. **Decreto nº 41.578, de 08 de março de 2001**. Regulamenta a Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre Política Estadual de Recursos Hídricos. Diário do Executivo, Minas Gerais, 09/03/2001.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infraestrutura Hídrica. Unidade de Gerenciamento do Proágua/Semiárido. **Diretrizes ambientais para projeto e construção de barragens e operação de reservatórios**. Brasília: Bárbara Bela Editora Gráfica e Papelaria Ltda., 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n.59, Seção 1, p.266-270, 2004.

- \_\_\_\_\_. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde**, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 313p.
- BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S. **Trickle irrigation for crop Production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986, 163p.
- BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.
- CALIL, P. M., OLIVEIRA, L.F. C. de, KLIEMANN, H. J., OLIVEIRA V. A. de. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.4, p.433–442, 2012.
- CARVALHO, N. de O. - **Hidrossedimentologia Prática** - CPRM - Rio de Janeiro, 1994.
- COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS– CBDB. **Apresentação das barragens**. Disponível em : <http://www.cbdb.org.br/538/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20das%20Barragens>. Acesso em 10 de out. de 2015.
- COSTA, A. S. V. da. **Introdução à gestão ambiental**. Governador Valadares. Univale, 2011.
- Comissão Mundial de Barragens (CMB). **Estudo de Caso Brasileiro, Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Brasil)**, Relatório de Final. Novembro, 2000.
- COMISSÃO INTERNACIONAL DE GRANDES BARRAGENS (CIGB/ICOLD). **As Barragens e a Água no Mundo** (Tradução). União Européia. 2007. Disponível em: [http://www.cbdb.org.br/publicacoes/dams\\_and\\_the\\_worlds\\_water\\_traducao.pdf](http://www.cbdb.org.br/publicacoes/dams_and_the_worlds_water_traducao.pdf). Acesso em 07 de ago de 2015.
- COSTABEBER, J. A.; CAPORAL, F. R. **Possibilidades e alternativas do desenvolvimento rural sustentável**. In: VALE, H. (org.) Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável no MERCOSUL. Santa Maria: Editora da UFSM/Pallotti, 2003.
- CUNHA, A. H. N.; OLIVEIRA, T. H.; FERREIRA, R. B; MILHARDES, A. R. M.; SILVA, S. M. C. **O Reuso de Água no Brasil: A Importância da Reutilização de Água no País**. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, nº 13. 2011. p. 1225-1248.
- DAMASCENO, M. da C. S., et al. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do Rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. **Revista Ambiente e Água** vol. 10 n. 3 Taubaté – Jul. / Set. 2015.

- DELLAMATRICE, P. M. e MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.12, p.1296–1301, 2014.
- DIEGUES, A.C. **Etnoconservação da natureza**: enfoques alternativos. IN: DIEGUES, Antonio Carlos. (org.). **Etnoconservação: novos rumos para a proteção da natureza nos trópicos**. São Paulo: Hucitec, 2000. p. 1-46.
- DUNE, T. and LEOPOLD, L. B. **Water in Environmental Planning**. W. H. Freeman Co., San Francisco, 1978. 818 p.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos da limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- EUCLYDES, H.P.; FERREIRA, P.A.; FARIA FILHO, R.F.R. **Atlas digital das águas de Minas**. Viçosa: UFV, RURALMINAS, IGAM, 78 p., 2005.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Manual sobre pequenas barragens de terra**: guia para a localização, projecto e construção. 2011. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/014/ba0081p/ba0081p.pdf> Acesso em: 10 de out de 2015.
- FARIAS, M. S. S. de, et al. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo: parâmetros físico-químicos. **GEPROS**. Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 6, nº 1, Jan-Mar/2011, p. 161-170.
- FERNANDES, C. T. C; BURSZTYN, M. A. A. **Usos Múltiplos das Águas de Reservatórios de Grandes Hidrelétricas**: perspectivas e contradições ao desenvolvimento regional sustentável. Anais do IV Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Brasília: DF, 2008.
- FERREIRA, E.C.F.; ALMEIDA, M. C. de. (2005). **Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (Scqa)**: Estabelecimento das Equações do índice de Qualidade das Águas (IQA). Programa Nacional de Meio Ambiente (PNMA II). Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/pnma2/qualidadeagua/selecaoIndiceIndicadoresFinal.pdf>. Acesso em: 15 de set de 2015.
- FERREIRA, P. A. et al. Efeitos da lixiviação e salinidade da água sobre um solo salinizado cultivado com beterraba. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v.10, n.3, p.570–578, 2006.
- FERREIRA, V. de O. **Paisagem, recursos hídricos e desenvolvimento econômico na Bacia do Rio Jequitinhonha, em Minas Gerais**. 19 de setembro de 2007. 291f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2007.
- FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **PIB dos municípios de Minas Gerais 2007**. Belo Horizonte. 2009. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/cei/pib/pib-municipais/161-informativo-cei-pib-dos-municipios-de-minas-gerais-2007/file>. Acesso em 05 de maio de 2015.

- FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p.772-780, 2009.
- FREITAS, M.B; BRILHANTE, O.M; ALMEIDA L.M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno de Saúde Pública**. 2000;17(3):651-60.
- HEINZE, B. C. Lassance B. **Importância da agricultura irrigada para o desenvolvimento da Região Nordeste do Brasil**. Monografia apresentada ao curso MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada da ECOBUSINESS SCHOOL/FGV. Brasília, 2002.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de saneamento 2011**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. CD ROM .
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 de maio de 2015.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **O Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável na Visão de seus Conselheiros**. Brasília. Ipea. 2012. Disponível em <[http://www.ipea.gov.br/participacao/images/pdfs/relatoriosconselhos/120719\\_relatorio\\_desenvol\\_rural.pdf](http://www.ipea.gov.br/participacao/images/pdfs/relatoriosconselhos/120719_relatorio_desenvol_rural.pdf)> Acesso em: 08 de out. de 2015.
- KONG, P.; HONG, C. Oxygen stress reduces zoospore survival of Phytophthora species in a simulated aquatic system. **BMC Microbiology**, v. 14, 124, 2014. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1186/1471-2180-14-124>> Acesso em 18 de mai de 2015.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Átomos, 2010, 3ª Edição.
- LUQUE, J.L. Biologia, epidemiologia e controle de parasitos de peixes. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.13, p. 161-164, 2004.
- MAGALHÃES, M. A.; LIMA, Samuel do Carmo. A seca e as humanidades no processo de acesso à água: as barragens do Rio Salinas e o desenvolvimento regional. **Revista Caminhos da Geografia**. 2003; v 9. p 1-16. Disponível em: <[file:///C:/Users/User/Downloads/15306-58017-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/15306-58017-1-PB%20(1).pdf)>. Acesso em 10 de maio de 2015.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 328 p.
- MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.
- MEYER, F.; BARCLAY, L. **Manual de Campo para Investigação de Morte de Peixes**. Tradução: ROLLA, Maria Edith; ALVES, Carlos Bernardo Mascarenhas; BARBOSA, Norma Dulce de Campos. Editora Sigma. 2009, 130 p.

- MILLER, G. T. **Ciência Ambiental**. Revisão técnica Wellington Braz Carvalho Delitti. São Paulo: Cengage Learning. 2012.
- MINAS GERAIS: INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Relatório de monitoramento das águas superficiais na Bacia do Rio Jequitinhonha em 2004**. Belo Horizonte: IGAM. 2005. 167p.
- \_\_\_\_\_. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Jequitinhonha em 2009**. Belo Horizonte: IGAM. 2010a. 154p.
- \_\_\_\_\_. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais**. Relatório Trimestral. Belo Horizonte: IGAM. 1º trimestre de 2010b.
- \_\_\_\_\_. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí**. Relatório Síntese. UPGRH JQ2. Maceió. GAMA Engenharia de Recursos Hídricos Ltda., 2010c.
- \_\_\_\_\_. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013: resumo executivo**. Belo Horizonte: IGAM. 2014. 68p.
- \_\_\_\_\_. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2014: resumo executivo**. Belo Horizonte: IGAM. 2015. 175p.
- \_\_\_\_\_. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2015: resumo executivo**. Belo Horizonte: IGAM. 2016. 179p.
- MINELLA, J. P. G., MERTEN, G. H., REICHERT, J. M. R., SANTOS, D. R. dos. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. **Revista brasileira Ciência do Solo**, 31:1637-1646, 2007.
- MENEZES, M. D. *et al.* Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira, MG. **Scientia Forestalis**, Minas Gerais, v. 37, n. 82, p. 175-184, 2009.
- MONTENEGRO, S.M.G.L.; MONTENEGRO, A.A.A. **Aproveitamento sustentável de aquíferos aluviais no semi-árido**. In: Cabral et al. Água subterrânea: aquíferos costeiros e aluviões, vulnerabilidade e aproveitamento, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2004.
- MOURA, L. H. A., et al. A qualidade da água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama – Distrito Federal. **Revista Química Nova**, Vol. 33, No. 1, 97-103, 2010.
- NSF. National Sanitation Foundation. **Water Quality Index (WQI)**. Disponível em: [http://www.nsf.org/consumer/earth\\_day/wqi.asp](http://www.nsf.org/consumer/earth_day/wqi.asp) Acesso em out de 2015.

- OLIVEIRA, B. S. S. de; CUNHA, A. C. da. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiente e Água**. vol. 9 n. 2 Taubaté - Apr. / Jun. 2014.
- OLIVEIRA, C. N. de, et al. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. **Revista Química Nova**, Vol. 33, No. 5, 1059-1066, 2010.
- PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C.. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.
- PEREIRA, B. W. de F., et al. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**. Água vol. 11 n. 2 Taubaté – Apr. / Jun. 2016.
- PIMENTEL, V. C. R.. **Alternativas de solução para os impactos físicos de barragens**. 2004. 416 p. Dissertação de Mestrado. Engenharia hidráulica. USP. São Paulo. 2004.
- PINTO, D. B. F.. **Qualidade dos recursos hídricos superficiais em sub-bacias hidrográficas da região Alto Rio Grande – MG**. 2007. 89 p. Dissertação de Mestrado. Engenharia de água e solo. UFLA. Lavras. 2007.
- PINTO, D. B. F., et al. Qualidade da água do ribeirão Lavrinha na região Alto do Rio Grande – MG, Brasil. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1145-1152, jul./ago. 2009.
- PINTO, L. C., et al. Índice de qualidade de água em duas situações de uso do solo na Serra da Mantiqueira. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 338 - 342, jul./ago., 2013.
- PIRES, E. V. R.; SILVA, R. A.; IZIPPATO, F. J.; MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento Aplicado a análise do uso e ocupação da terra para fins de planejamento ambiental na bacia hidrográfica do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1528–1538, 2012.
- PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo – Contagem. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012.
- PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. de. **Caracterização da qualidade de água**. In: BRANCO, S. M. Hidrologia Ambiental. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo / ABRH, 1991. cap. 2, p. 27-66.
- PORTO, M. F.; PORTO, R. La L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.
- POWERS, K.M., SMITH-WELLER, T.; FRANKLIN G.M.; LONGSTRETH, W.T.; SWANSON, P.D.; CHECKOWAY H. Parkinson's disease risks associated with dietary iron, manganese, and other nutrient intakes. **Neurology** 2003; 60(11):1761-6.

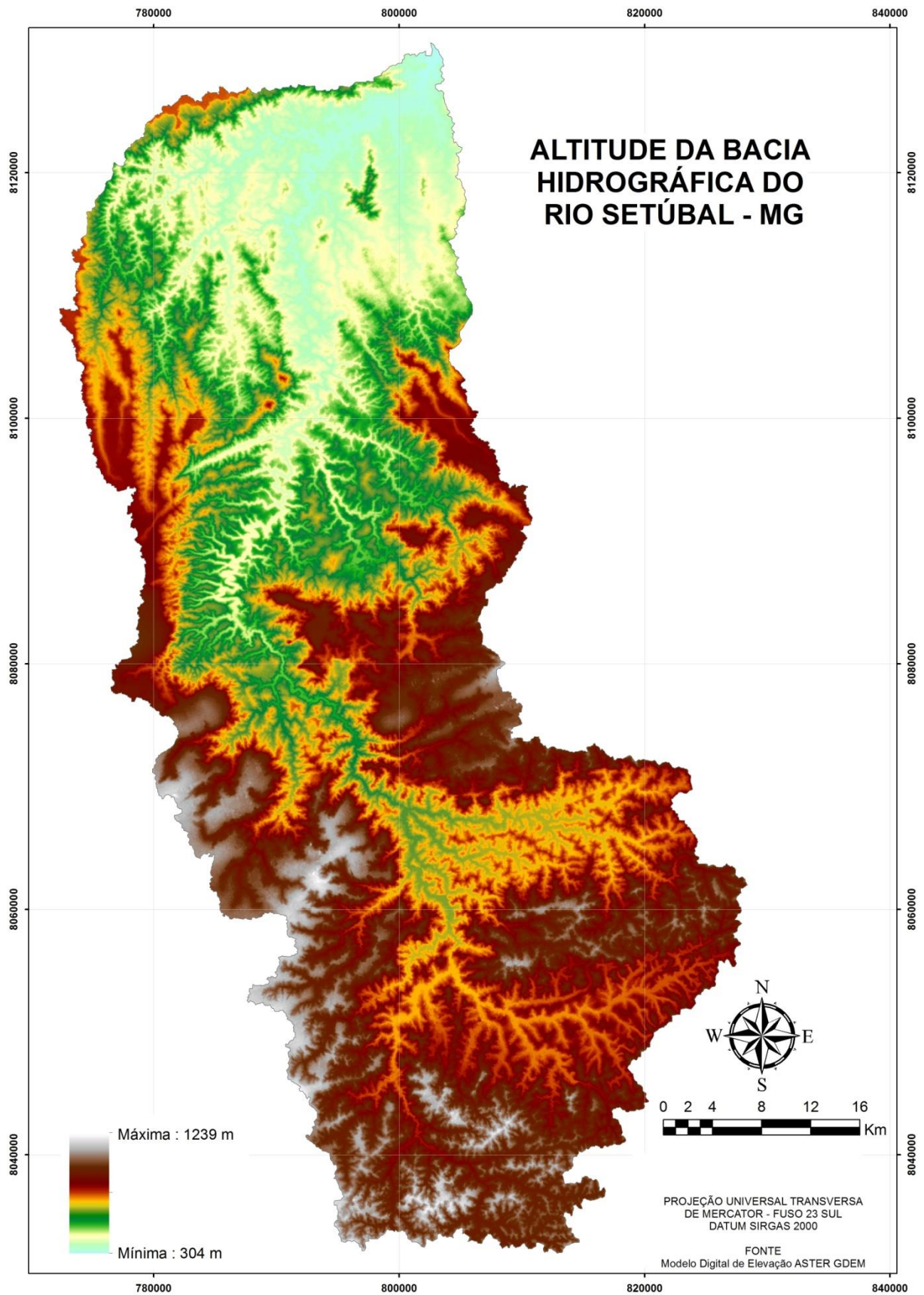
- QUEVEDO, C. M. G. de; PAGANINI, W.da S.. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, 16(8):3529-3539, 2011.
- REIS, R. J. dos. **Mapeando a climatologia das descargas atmosféricas em Minas Gerais, utilizando dados de 1989 a 2002** - uma análise exploratória. Belo Horizonte. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. 2007. 131 f. Tese (Doutorado em Doutorado Em Geografia) - Programa de Pós Graduação Em Geografia Tratamento da Informação Espacial. Belo Horizonte. 2007.
- RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina. Brasília: Embrapa Cerrados, 2002. 29p.
- RIBEIRO, W. C.. **Geografia política da água**. Annablume Editora, 2008.
- ROBAINA, A. D. et al. Modelagem do volume de reservatórios de irrigação para fins de outorga e planejamento agrícola. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.9, p.2482-2487, dez, 2009.
- ROCHA, O; PIRES, J. S. R.; SANTOS, J.E. dos. A bacia hidrográfica do rio Monjolinho: Uma abordagem Ecosistêmica e a visão interdisciplinar. In: **A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento**. São Paulo: RIMA, 2000. p.1-16.
- RODRIGUES, G. S.; IRIAS, L. J. M.. **Considerações sobre os impactos ambientais da agricultura irrigada**. Circular Técnica / EMBRAPA. 2004.
- RURALMINAS. **Estudo de Impacto Ambiental-EIA- e Relatório de Controle Ambiental-RCA- da barragem de Setúbal**. Fundação Arthur Bernardes-Funarbe. (Fundação de Apoio à Universidade Federal de Viçosa – UFV). Minas Gerais, 2005. 136 p.
- SÁ, M. I. de; FERREIRA, C.. Importância das zoonoses na segurança alimentar. **Segurança alimentar**. 2007; (2):14-7.
- SANTANA, M. J. de et al. Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) e em solos com diferentes níveis texturais. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1470-1476, set./out., 2007.
- SANTANA, A. C. de et al. Influência da Barragem de Tucuruí no Desempenho da Pesca Artesanal, Estado do Pará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, Vol. 52, Nº 02, p. 249-266, Abr/Jun 2014
- SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: Feitosa, F. A. C.; Filho, J. M.; Feitosa, E. C.; Demetrio, J. G. A. (Coord.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, 2008. cap. 5.1, p. 325-357.
- SANTOS, M. L. S.; SARAIVA, A. L. L.; DELFINO, I. B.; ANTUNES, L. C.; BATISTA, R. M. M.; ALVES, I. C. C. Avaliação das Formas de Fósforo nos Sedimentos Superficiais

- da Plataforma Continental do Rio Amazonas. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v 10, n. 4, p.589-596, 2010.
- SANTOS, E. C. A.; ARAUJO, L. E.; MARCELINO, A. S. Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 9–14, 2015.
- SCHERER, K., et al. Avaliação bacteriológica e físico-química de águas de irrigação, solo e alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11 n. 3, Jul/Set, 2016.
- SCHUMPETER, J. **Teoria do desenvolvimento econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo: Abril Cultural, 1982.
- SELBORNE, Lord. **A Ética do Uso da Água Doce**: um levantamento. Brasília: UNESCO, 2001. 80p.
- SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. de M.; PEREIRA, I. de C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: ANAEE; ANA, 2001. 328p.
- SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, 8(4):1019-1028, 2003.
- SILVA, M. M. de A. et al. Impactos Ambientais causados em decorrência do rompimento da barragem Camará no município de Alagoa Grande, PB. **Revista de Biologia e ciências da terra**. Vol. 6, Nº 1, 2006.
- SILVA, M. M.. **Análise comparativa do clima de Araçuaí, Pedra Azul e Itamarandiba, na porção mineira da bacia do rio Jequitinhonha**. TCC. Departamento de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia - MG. 2010.
- SILVA, Í. N. et al. Qualidade de água na irrigação. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.07, n 03, julho/setembro, 2011 p. 01-15.
- Sistema Integrado de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. **Enquadramentos dos corpos d'água**. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/enquadramentodoscorposdagua> Acesso em 04 de abril de 2016.
- TCHOBANOGLIOUS, G.; SCHROEDER, E. D. **Water quality** – characteristics, modelling, modification Addison-Wesley Publ. Co., EUA, 1985.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B.. O Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, nº 20. 2007.
- THEBALDI, M. S. et al. Qualidade da água para irrigação de um córrego após receber efluente tratado de abate bovino. **Revista de Engenharia Agrícola**. 2013, vol.33, n.1, pp.109-120.

- THORNTHWAITE, C.W; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.
- TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil** – Brasília: UNESCO, 2001. 156p.
- VENTURIERI, A., et al. **Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança de uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p. 1127-1134.
- VELOSA, M. N. B. C. de. **Os efeitos das grandes barragens no desenvolvimento socioeconômico local**. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa. 2009.
- VIANA, R. de M.. **Grandes barragens, impactos e reparações: um estudo de caso sobre a barragem de Itá**. 2003. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional)–Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- VON SPERLING, M.. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452p.
- VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, UFMG, v. 7, 2007, 588 p.

## **ANEXOS**

Mapa da altitude da bacia hidrográfica do rio Setúbal



Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Setúbal

