

METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE PLANO DIRETOR PARA PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS, VISANDO A ATUAÇÃO DE CONSÓRCIOS MUNICIPAIS

Leopoldo Uberto Ribeiro Junior¹; Henrique Machado Moreira Santos²; Afonso Henriques Moreira Santos³; Roberto de Matto⁴, Sandro Masseli⁵ & Rodrigo Raphul Azevedo Garcia⁶

RESUMO – Este trabalho apresenta uma metodologia para a elaboração de planos diretores, que possa ser utilizada em pequenas bacias, baseando-se na realização de um consórcio público, amparado pela Lei 11.107, de 06 de abril de 2005, entre os municípios integrantes da área de abrangência. Diferentemente do comitê de bacia, que se prende apenas ao corpo d'água, esses consórcios poderão atuar em interesses mais diversos como, por exemplo, a recuperação de áreas degradadas, saneamento, intervenções para “produção de água” entre outros. Contempla-se aqui, de forma geral, estudos, ambientais, socioeconômicos e de recursos hídricos, da bacia analisada, englobando mais à frente análises e metas a serem alcançadas a partir da implementação de programas que visem a compatibilização de usos com a conservação da bacia, denominado de prognóstico, conforme preconiza os artigos 6º, 7º e 8º da lei nº 9.433.

ABSTRACT – This paper deals an elaboration method of managing plans, that can be used as an example for small basins cases, being based on the accomplishment of a public consortium, supported by Law 11,107, April 06th, 2005, between the integrant cities of the reached area. Differently the basin committee, which arrests only to the water flow, these consortiums will be able to act in more diverse interests, as example, the recovery of degraded areas, sanitation, interventions for “water production” and others. It is contemplated here, of general form, environmental, socials, economics and water resources studies, of the analyzed basin, showing, later, analysis and targets to be reached from the implementation of programs that aim at the cross interaction of uses and the basin conservation, called of prognostic, as it praises articles 6º, 7º and 8º of the law in the 9.433.

Palavras - chaves: Plano de bacia, Rio Lourenço Velho.

¹ Pesquisador do Centro de Excelência em Recursos Naturais e Energia - CERNE da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Aluno de Doutorado da Universidade Estadual de Campinas. Av. São Vicente de Paula 735, CEP 37502-082, Tel: (35) 36291401 Itajubá – MG. E-mail: leopoldo@unifei.edu.br

² Aluno de Graduação de Engenharia Hídrica da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, R. prof José Maria S. Campos 506 37500-200 Itajubá – MG. E-mail: henriquemsantos@yahoo.com.br

³ Professor da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, R. prof José Maria S. Campos 506 37500-200 Itajubá – MG. E-mail: afonso@iee.efei.br

⁴ Professor da Escola Técnica Limassis – Fundação Roge e aluno de doutorado da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Itajubá – MG, R. Cel. Joaquim Francisco, 341 – Varginha. 37501-052 – Itajubá – MG. E-mail: rmattos@unifei.edu.br

⁵ Pesquisador do Centro de Excelência em Recursos Naturais e Energia - CERNE da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Av. BPS, 1303 CEP 37500-093, Tel: (35) 36291401 Itajubá – MG. E-mail: sandro@unifei.edu.br

⁶ Aluno de Graduação de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, R. Laurinha Pinto 79/303 Itajubá – MG. E-mail: rodrigoraphul@yahoo.com.br

1- INTRODUÇÃO

O rio Lourenço Velho percorre sete municípios no sul estado de Minas Gerais, até desaguar pela margem direita de um tributário Federal, o rio Sapucaí, totalizando uma extensão de 82,43 quilômetros e apresenta condições hidroenergéticas compatíveis para implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH).

A bacia em estudo tem sua economia voltada para atividades agrícolas e pecuárias de tecnologia pouco desenvolvida e de baixo rendimento tendo a maior parte de sua população concentrada na área rural. Os recursos hídricos desta bacia são utilizados para diversos fins, os quais se destacam a geração energética, o abastecimento urbano, a descendentação animal e a irrigação. Contudo, o evidente potencial turístico da região e a necessária imposição do uso múltiplo da água nesta bacia foram os principais pontos que motivaram o estudo desta região.

Assim, este trabalho desenvolverá o conceito de gestão de “sub-bacias”, que permitam uma maior descentralização do gerenciamento dos recursos hídricos e a maior democratização do uso da água. Para a viabilização jurídica desta nova unidade de gestão, o trabalho propõe a realização de um consórcio público, amparado pela Lei 11.107, de 06 de abril de 2005, entre os municípios integrantes da área de abrangência e o próprio Estado de Minas Gerais.

Para isso, o trabalho contribuirá para o desenvolvimento do plano diretor de recursos hídricos, sendo este dividido em duas partes. A primeira, que apresenta um diagnóstico contemplando estudos geomorfológicos, ambientais, socioeconômicos e de recursos hídricos e a segunda que contempla análises e metas a serem alcançadas a partir da implementação de programas que visem a compatibilização de usos com a conservação da bacia, denominado de prognóstico, conforme preconiza os artigos 6º, 7º e 8º da lei no 9.433.

2 – DIAGNÓSTICO DA BACIA

2.1 – Localização da Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica do rio Lourenço Velho está inserida na bacia do Rio Paraná, que é composta por oito sub-bacias, sendo que a bacia de interesse deste estudo esta localizada na sub-bacia do Rio Grande (Sub-bacia 61). O rio Lourenço Velho inicia-se na confluência dos córregos do Correia e São Bento, nas coordenadas 22° 27’ S e 45° 03’ W, no município de Passa Quatro/MG. Corre na direção geral Sudoeste até a confluência com o rio Sapucaí em sua margem direita, nas coordenadas 22° 22’ S e 45° 30’ W.

Seus principais afluentes são: Ribeirões Ponte Alta, Cubatão, Claro e os córregos do Marques e Cambuí pela margem esquerda, e Ribeirões Jacuzinho, dos Pintos e Sabará e o córrego do Cata pela margem direita. Esses afluentes, figura 1 nascem nas serras e têm seus iniciais em leito de forte

declividade. Porém, atravessam terras planas nas proximidades de suas desembocaduras no rio Lourenço Velho.

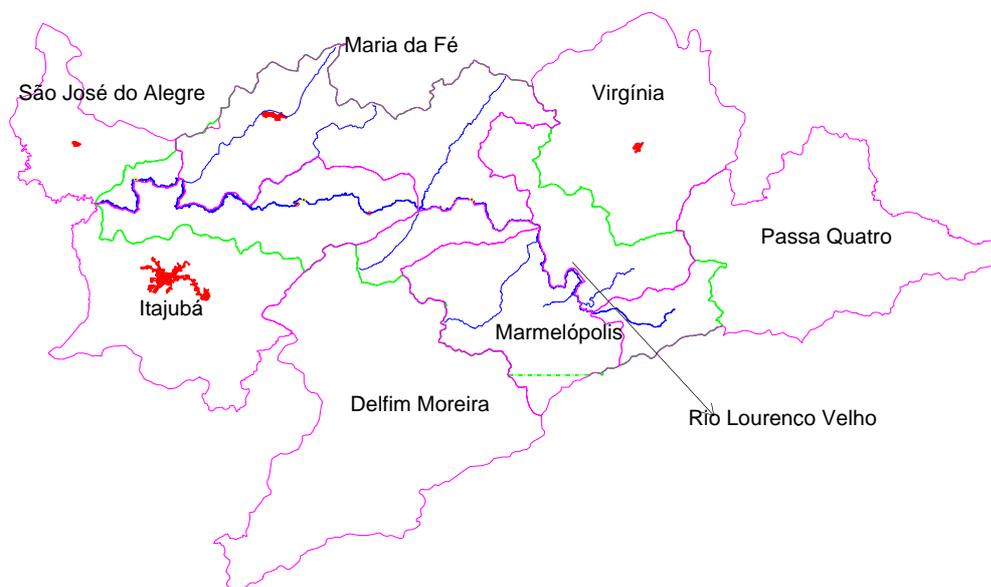


Figura 1 Bacia Hidrográfica do Rio Lourenço Velho

2.2 – Características da Bacia

2.2.1 – Hidrografia

As altas declividades da região da Serra da Mantiqueira favorecem o aparecimento de corredeiras e cachoeiras, caracterizando o regime torrencial. Neste trecho a declividade varia em torno de 25% e a profundidade média é de um metro. No trecho após a cidade de Itajubá, o rio apresenta-se mais plano, porém com várias séries de curvas e com declividade média de 0,05%. Esse rio caracteriza-se por alternar trechos com quedas d'água consecutivas e trechos de baixa declividade. A bacia possui 645,86 km² de área de drenagem e perímetro de 172,06 Km. A declividade média encontrada é de aproximadamente 2,28 m/km.

2.2.2 – Clima

O clima da bacia do rio Lourenço Velho pode ser classificado, segundo o IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, como Mesotérmico Médio, Super Úmido e com Subseca, na faixa de altitudes acima da cota 1200 metros, junto às cabeceiras, e como Mesotérmico Brando, Úmido, com 1 a 2 meses secos no ano, no restante da área.

A precipitação média anual gira em torno de 1500 mm. A ocorrência de dois períodos bem definidos permite afirmar-se que existe uma certa homogeneidade climatológica sobre a área de estudo. A bacia é também caracterizada por um índice de umidade relativa média anual do ar em torno de 75%.

Em termos de temperaturas médias anuais, são registradas, nas cabeceiras da bacia temperaturas médias de 22°C. Na região da Serra da Mantiqueira, esses valores caem para 19°C, oscilando entre 16° e 18°C.

No tocante a evapotranspiração potencial, a média anual alcança valores entre 800 e 1000 mm, na maior parcela da bacia, varrendo extensa área desde suas cabeceiras até a foz no rio Sapucaí.

2.2.3 – *Vegetação*

A vegetação original da região era caracterizada como floresta estacional semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia) onde se é comum a presença dos gêneros: *Tabebuia*, *Cariniana*, *Parapiptadenia*, *Lecythis*, *Astronium*, *Peltophorum* e *Copaifera*.

Atualmente, apresenta pequenos focos preservados em alguns locais de maior altitude. Nas porções mais íngremes aparece a plantação de eucalipto e pinus, e pastagens nas porções que apresentam menor declividade. Nas terras baixas e planícies de inundação a vegetação primária deu lugar à agricultura e a ocupação urbana.

2.2.4 – *Relevo*

A principal unidade geomorfológica da Bacia do Lourenço Velho é a Serra da Mantiqueira. A região onde se localiza esta bacia hidrográfica compreende três níveis de aplainamento.

O primeiro nível está relacionado às altitudes em torno de 2000 metros e apresenta atuação de erosão diferencial que rebaixou porções compostas por micaxistos, rochas foliadas (cataclásticas) e gnaisses e manteve elevadas as porções compostas por granitos e migmatitos.

No segundo nível, que se localiza abaixo desta superfície, ocorrem cristas niveladas entre 1100 a 1300 m, com morros de vertentes convexas com topos semiplanos.

O terceiro nível de aplainamento corresponde aos processos fluviais que escavaram amplos vales em U. Estes vales apresentam coberturas aluviais e são onde se localizam algumas cidades que integram a bacia, como Itajubá.

2.2.5 – *Solo*

Na região da bacia do Lourenço Velho observam-se formações superficiais resultantes de intemperismo de rocha (cambissolos) e formações superficiais transportadas, representadas pelos latossolos e podzólicos. A utilização do solo se caracteriza por áreas de exploração agrícola e pecuária, de baixo desenvolvimento tecnológico onde se encontram pequenas concentrações de matas nativas preservadas. Em sua nascente, o rio Lourenço Velho pertence a Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da Mantiqueira.

2.2.6 – Estudo Hidrológico

Na bacia em estudo, existem três postos fluviométricos: Bairro Santa Cruz, São João de Itajubá e outro situado à jusante da PCH Luiz Dias. As características dos mesmos estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Estações Fluviométricas

Nome	Bairro Santa Cruz	Luiz Dias	São João de Itajubá
Código	61280000	-	61285000
Curso d'água	Rio Lourenço Velho	Rio Lourenço Velho	Rio Lourenço Velho
Código curso d'água	61310000	61310000	61310000
Área de drenagem	270,00 km ²	330,00 km ²	556,00 km ²
Latitude	22° 24' 00" S	22°22' 00" S	22° 23' 00" S
Longitude	45° 10' 00" WGr.	45 °21' 00" WGr	45° 27' 00" WGr.
Período de registro	06/1967 –	10/1998 –	09/1935 –

Pelo fato de o rio Lourenço Velho ser de domínio estadual, o órgão responsável pelo planejamento e administração de todas as ações direcionadas à preservação da quantidade e da qualidade das águas de Minas Gerais é o Instituto Mineiro de Gestão de Águas - IGAM. Através da portaria Administrativa N° 010/98 desde órgão, ficou estabelecido como referência que será adotada a $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência), como vazão de referência para os rios de domínio estadual, fixando em 30% (trinta por cento) da $Q_{7,10}$, o limite máximo de derivações consuntivas a serem outorgadas na porção da bacia hidrográfica limitada por cada seção considerada, em condições naturais, ficando garantido a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% (setenta por cento) do $Q_{7,10}$.

Neste trabalho, utilizando os dados da estação 61285000 e ajustando a distribuição de Gumbel, (deve ser observado que existem diversas distribuições que podem ser usadas para séries de vazões), foi encontrado o valor de 3,35 m³/s.

Para a determinação das vazões de referências em diversos, foi realizada a transposição de vazões trabalhando com a relação direta entre as áreas de drenagem nos locais de interesse. Neste estudo, foram analisadas as características físicas e hidrológicas do posto fluviométrico, tais como contribuição específica média, localização geográfica (clima, relevo e vegetação), altitude, área de drenagem e qualidade do histórico de vazões. Assim, a vazão no local de interesse – Q_i pode ser calculado por:

$$Q_i = (A_{di} / A_{ds}) \times Q_s \quad (1)$$

Nesta expressão, i indica o local de interesse e s o posto aonde se obtém os dados.

2.3 – Cidades / Núcleos Rurais

A bacia Hidrográfica do rio Lourenço Velho é constituída na totalidade por dois municípios: Maria da Fé e Marmelópolis, e pela área rural dos municípios de Passa Quatro, Virgínia, Delfim

Moreira, Itajubá, e São José do Alegre, conforme tabela 2. Na tabela 3 é apresentada a distribuição demográfica na bacia.

Tabela 2 - Distribuição Geográfica da Bacia do Rio Lourenço Velho

Município	Área pertencente à bacia (Km²)	Área do município (Km²)	Áreas ocupadas (% pertencente à bacia)	Áreas ocupadas (% da área total do Município)
Delfim Moreira	41,26	408,19	6,39	10,11
Itajubá	111,3	290,42	17,23	38,32
Maria da Fé	215,27	245,27	33,33	100
Marmelópolis	132,91	132,91	20,58	100
Passa Quatro	40,45	276,58	6,26	14,63
São José do Alegre	11,04	89,26	1,71	12,37
Virgínia	93,62	326,44	14,50	28,68

Tabela 3 - Distribuição Demográfica na Bacia do Rio Lourenço Velho

Cidade /ano	Código	1970	1980	1991	1996	2000
Itajubá (rural)	21100	7342	6964	6055	7051	7149
Delfim Moreira (rural)	32404	6965	5521	5479	5302	5360
Maria da Fé (urbano)	39904	3377	5072	7097	7663	7812
Maria da Fé (rural)	39904	5088	6081	6342	6779	6795
Marmelópolis (urbano)	40407	1162	1102	1205	1403	1461
Marmelópolis (rural)	40407	2081	1718	1707	1810	1832
Virgínia (rural)	71709	6907	6173	6049	5790	5328

Com os dados da tabela acima, foi possível fazer a estimativa da populacional atual residente na bacia, conforme tabela 4.

Tabela 4 - População Residente Na Bacia

Cidade /ano	2005
Itajubá	2781
Delfim Moreira	537
Maria da Fé (urbano)	7913
Maria da Fé	6964
Marmelópolis (urbano)	1515
Marmelópolis	1881
Virgínia	574
Total	22165

Como demonstrado na tabela acima, a estimativa para a população residente na bacia é de 22165 pessoas, tendo a cidade de Maria da Fé a maior concentração de habitantes, com aproximadamente 67% do total da bacia. Deve ser observado que grande parte da área rural em estudo, vem reduzindo, cada vez mais, os limites entre o rural e o urbano. Segundo Graziano (1998) esse novo cenário rural brasileiro que está se delineando, deve ser batizado de Rurbano, e se enquadra de maneira mais apropriada na região rural estudada.

2.3.1 – Atividades Econômicas

A bacia do Lourenço Velho constitui uma região de baixo desenvolvimento econômico. Sua economia baseia-se, principalmente na agricultura e na pecuária. De modo geral, a agropecuária utiliza-se de tecnologia pouco desenvolvida, com baixo rendimento, ressentindo-se das limitações dos fatores solo e topografia, sendo o último preponderante. A parte urbana da cidade de Maria da Fé é a única unidade integrante da bacia estudada que possui vias de acesso através de asfalto. As demais localidades possuem acesso somente através de estrada de terra que se encontram em bom estado de conservação.

2.4 – Uso Dos Recursos Hídricos

2.4.1 – Nas Cidades / Núcleos Rurais

A utilização de água para abastecimento público é sem dúvida o uso mais nobre do mesmo. A parte urbana da cidade de Maria da Fé é a única que disponibiliza do serviço de tratamento de água. Este serviço é prestado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA e segundo dados fornecidos pela empresa, o índice de abastecimento da área urbana é de 98%, sendo a captação realizada no ribeirão Cambuí.

As demais localidades não disponibilizam de nenhum tipo de tratamento prévio de água, sendo a captação, na maioria das vezes, realizada através de nascentes. Entretanto, no caso onde não há tratamento, a água deve apresentar padrões mínimos de potabilidade, porém nem sempre isto ocorre. Em visita ao município de Marmelópolis, foi relatado por seus habitantes, que a parte urbana da cidade vem encontrando problemas com escassez de água e que análises realizadas demonstram que a água se encontra fora dos padrões aceitáveis para o consumo.

Esse fato pode ser confirmado no dia 17 de julho de 2003, quando a 8ª Câmara Cível do Tribunal de Justiça mineiro, determinou que a Prefeitura de Marmelópolis (MG) deveria incluir em seu projeto de execução orçamentária verbas para treinamento de pessoal, obras, tratamento e distribuição de água potável à população local. A decisão, previa também multa em caso de descumprimento de alguma das ordens. A ação civil pública foi movida pelo Ministério Público contra o prefeito de Marmelópolis, sob a alegação de que "existe um grave problema de abastecimento de água no Município, onde a população não vem recebendo uma água potável segundo padrões estabelecidos pela Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990 do Ministério da Saúde". Nas demais localidades, não foi diagnosticado problemas envolvendo a escassez de recursos hídricos.

Na região, pode ser observado que há uma certa fragilidade da base econômica, apresentando deficiências nos sistemas públicos de esgoto, não sendo encontrado a aplicação dos serviços. A total inexistência do tratamento de esgotos sanitários, que são lançados em valas e canais ou quase na totalidade no solo, polui o lençol freático, que é justamente a fonte de água para o consumo da

população rural. Muitas localidades depositam também o lixo direto nos cursos d'água, como é o caso da cidade de Maria da Fé que faz depósito do lixo nas proximidades do córrego do Cambuí.

Na área rural, o abastecimento doméstico é pouco significativo devido ao fato de as demandas serem dispersas e em pequena quantidade. Para o cálculo do volume demandado será estimada a população favorecida com água e a respectiva quota per capita, ver tabela 5, menor do que as dos núcleos urbanos, devido às diferenças de estilo e padrões de consumo.

Tabela 5 - Consumo Diário

População	Cota (l/dia)
Urbana	200
Rural	100

Sendo assim, podemos estimar que o consumo humano de água na área estudada é de aproximadamente 3159.3 m³/dia.

2.4.2 – Na Indústria

As demandas industriais dependem de coeficientes de uso e de perdas de cada tipo, de cada ramo industrial e, ainda, da tecnologia adotada. Para fins de determinação da demanda de água, há dois grupos de indústrias: um altamente consumidor de água e outro, de pequenas demandas, em geral abastecidas por redes públicas ou poços profundos. A tabela 6 apresenta alguns consumos específicos de água para fins industriais, relacionados ao uso na bacia hidrográfica em estudo, considerando o tipo de indústria e o seu produto. Vale ressaltar que se tratam de valores médios, sendo variáveis em função da tecnologia empregada.

Tabela 6 - Consumo de Água nas Indústrias

Tipo de Indústria	Consumo
Fábricas de conservas	20 m ³ por t de conserva
Laticínios	2 m ³ por t de produto

Ao longo da bacia estudada, os principais usos industriais que envolvem diretamente o uso da água na sua linha de produção são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 - Principais usos Industriais na Bacia em Estudo

Tipo de uso	Município
Distribuidora de Água Mineral	Delfim Moreira
Laticínio	Delfim Moreira
Laticínio	Marmelópolis
Distribuidora de Batata	Maria da Fé

A Distribuidora de Água Mineral Mantiqueira, localizada no bairro do Rio Claro, município de Delfim Moreira, é atividade industrial relacionada ao uso da água que gera o maior numero de empregos diretos: 30 funcionários que realizam suas atividades em dois turnos. A produção industrial varia conforme a procura pelos produtos da indústria, mas em termos médios, tem - se uma produção mensal de 1.600 m³.

As fabricas de laticínios localizadas no bairro da Barra, no município de Delfim e na zona urbana da cidade de Marmelópolis, tem sua produção em função da procura pelos produtos e da oferta de leite (matéria prima), sendo assim, essas indústrias normalmente possuem seu pico de produção nos meses de Dezembro e Janeiro e em Junho e Julho a produção é limitada devido a baixa produção leiteira. As indústrias não apresentam tratamento dos resíduos que são lançados respectivamente no rio Lourenço Velho e no ribeirão Ponte Alta.

Para a estimativa do uso da água nos laticínios, foi realizado um levantamento da produção de leite, sendo encontrado um valor médio diário de 800 litros de leite. Para a fabricação de 1 quilograma de queijo, é utilizado em média 10 litros de leite, conseqüentemente a produção media diária é de 55 quilos de queijo para cada indústria. Conforme apresentado na tabela 6, são necessários 2000 litros de água para serem produzidos 1000 quilos de queijo. Sendo assim teríamos um consumo diário de água de:

$$[(80 \times 2)/1000] \times 2000 = 320 \text{ litros de água por dia } (0,32 \text{ m}^3)$$

Outra atividade industrial que faz uso considerável dos recursos hídricos são as atividades que utilizam água para a realizar a lavagem de batata proveniente da colheita. Na cidade de Maria Da Fé, a captação em mina e o lançamento no ribeirão Cambuí. Tanto para captação como para o lançamento não ocorre nenhum tipo de tratamento e não há restrições para o uso da água.

2.4.3 – Na Irrigação

A irrigação de culturas agrícolas é uma prática utilizada de forma a complementar a necessidade de água, naturalmente promovida pela precipitação, proporcionando teor de umidade ao solo suficiente para o crescimento das plantas.

É o uso da água de maior consumo, demandando cuidados e técnicas especiais para o aproveitamento racional com o mínimo de desperdício. Quando utilizada de forma incorreta, além de problemas quantitativos, a irrigação pode afetar drasticamente tanto a qualidade dos solos quanto a dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (fertilizantes, corretivos e agrotóxicos).

Segundo informações obtidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2005) e nas unidades locais da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais - EMATER, foram obtidas as principais culturas irrigadas na bacia.

Tabela 8 - Principais Culturas na Bacia

Município / Cultura	Área irrigada
Maria da Fé	
Batata-inglesa - área plantada	1350 Hectare
Feijão (grão) - área plantada	50 Hectare
Tomate – área plantada	30 Hectare
Itajubá	
Tomate – área plantada	70 hectare

Para a estimativa do uso da água devido a prática de irrigação, temos que o solo da região em estudo é considerado argiloso, com grande capacidade de retenção de água e baixa velocidade de infiltração (5,0 mm/h). São solos pegajosos, que exigem regas menos frequentes.

A tabela 9 apresenta valores de parâmetros básicos de irrigação para o solo estudado, onde: Dg significa a densidade aparente, CC a Capacidade de Campo e Pm o Ponto de Murcha.

Tabela 9 - Valores Físicos de Retenção de Água no Solo

Solo	CC (%)	PM(%)	Dg (g/cm ³)
Argiloso	35	18	1,20

Os valores apresentados na tabela 10 abaixo apresentam as principais características estudadas para cada cultivo e foram obtidas segundo informações obtidas em Gomes (1999).

Tabela 10 - Características das Culturas

Cultura	Y(%)	Zr(cm)
Batata	40	30
Feijão	50	80
Tomate	45	90

Y = Déficit hídrico tolerável de umidade, em %

Zr = Profundidade efetiva das raízes da planta, em cm

Cálculo da lâmina hídrica:

Para a cultura batata teremos:

$$Hi = (1/10) \cdot (Cc - Pm) \cdot Dg \cdot Y \cdot Zr \Rightarrow Hi = 1/10 \times (35 - 18) \times 1,20 \times 40 \times 0,30 \Rightarrow Hi = 24,48 \text{ mm}$$

Uma lâmina de 24,28 mm corresponde a um volume de água de 242,8 m³ por hectare irrigado (0,02448m x 1000m² x 1/ha).

Como a área de batata plantada é de 1350 hectares, temos que o consumo total de água é de 327780 m³ (1350 x 242,80).

O mesmo procedimento foi repetido para a cultura do feijão, onde foi encontrado um consumo total de água é de 40800 m³ (50 x 816). Para a cultura do tomate, o o consumo total de água encontrado foi de 82620 m³.

Assim, o volume total de água utilizado para irrigação é de 451200 m³. Deve ser observado que aproximadamente 73% deste total é destinado ao cultivo de batata no município de Maria da Fé.

Em toda a bacia, o método de irrigação utilizado foi o de aspersão, que é um método de aplicação de água nas plantas em forma de chuva artificial, por meio de dispositivos especiais, abastecidos com água sob pressão. Estes dispositivos especiais, denominados aspersores, têm a função de pulverizar os jatos d' água, que saem das tubulações, e devem assegurar uma distribuição

adequada da precipitação que cai sobre a superfície do terreno cultivado. Em Maria da Fé, a captação em grande parte é feita através de poços.

2.4.4 – Consumo Animal

Neste item será considerado o uso de água para os animais que se apresentam em maior concentração na bacia. A estimativa para o número de animais será realizada de forma semelhante à realizada para a população, ou seja, através de uma relação entre o número total de cabeças no município e sua área inserida na bacia.

O consumo animal de água depende de vários fatores, por exemplo: para a vaca, esse consumo depende de estado fisiológico, da produção de leite, do peso corporal, da raça e consumo de matéria seca. Composição da dieta, ambiente, clima e qualidade da água são outros fatores que influem no consumo. Durante os meses mais quentes, as vacas sofrem estresse pelo calor e elevação da umidade relativa do ar. Na tabela 11, serão considerados os principais consumos por cabeça.

Tabela 11 - Consumo Médio de Água por Animal

Animal	Consumo Médio Total Por Cabeça (litros)
Eqüino	35
Ave	0,2
Bovino	30
Suíno	4

Na tabela 12, será apresentada a estimativa do número cabeças pertencentes à bacia, os dados referentes à quantidade de galinhas, porcos e eqüinos foram baseado no levantamento do IBGE, os dados referentes ao número de bovinos foram obtidos no Instituto Mineiro de Agropecuária – IMA da cidade de Itajubá - MG.

Tabela 12 - Distribuição de Animais na Bacia

Município	Bovinos	Eqüinos	Suínos	Aves
Itajubá (rural)	6299	469	1298	26867
Delfim Moreira (rural)	1558	143	247	2923
Maria da Fé	13636	824	1936	15160
Marmelópolis	6046	745	763	18067
Virgínia (rural)	5647	466	433	5629
São José do Alegre (rural)	715	33	-	-
Passa Quatro (rural)	2351	140	-	-

Deve ser ressaltado que durante o período de visita à bacia foi relatado que mesmo com uma taxa de ocupação populacional praticamente inexistente nos municípios de São José do Alegre, havia a existência de bovinos e eqüinos como demonstrado na tabela acima. Na tabela 13 será feito o calculo do consumo diário de água por animal no local em estudo.

Tabela 13 - Consumo Diário de Água por Animal (Litros)

Município	Bovinos	Eqüinos	Suínos	Aves	Total
Itajubá (rural)	188970	16415	5192	5373	215950
Delfim Moreira (rural)	46740	5005	988	585	53318
Maria da Fé	409080	28840	7744	3032	448696
Marmelópolis	181380	26075	3052	3613	214120
Virgínia (rural)	169410	16310	1732	1126	188578
São José do Alegre (rural)	21450	1155	-	-	22605
Passa Quatro (rural)	70530	4900	-	-	75430
Total	1087560	98700	18708	13729	1218697

Pode ser observado que o uso da água destinado para este fim é de 1218719 litros por dia, ou seja, 1218,719 m³/dia. Do total, 89% é destinado ao consumo de bovinos, sendo 39% desde utilizado em Maria da Fé.

2.4.5 – Potencial Energético

Na região em estudo, existe apenas um local onde a potencialidade hidrelétrica está sendo explorada. A Pequena Central Hidrelétrica - PCH Luiz Dias, foi inaugurada em 1913, sendo localizada no município de Itajubá, com uma potência instalada de 2,34 MW e vazão de projeto de 5,27 m³/s com altura bruta de 37,30 metros sendo operada pela Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI através de um convênio com a Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG.

2.4.6 – Turismo / Lazer

O potencial turístico da bacia pode ser mais bem classificado como turismo rural, que segundo Oxinalde (1994) é um turismo que engloba diversas modalidades de turismo, que não se excluem e que se complementam, de forma tal que o turismo no meio rural é a soma de ecoturismo, turismo verde, turismo cultural, turismo esportivo, agroturismo e turismo de aventura.

Os principais pontos turísticos da região são locais onde se encontram quedas de água. Um exemplo desta atividade é a cachoeira situada no bairro do Ano Bom, que no período de verão, chega a receber cerca de 600 visitantes e a exploração turística devido a infra-estrutura local ocorre de maneira organizada, nos demais locais, a exploração turística ocorre de maneira desordenada.

2.5 – Outorga

A outorga é o ato administrativo mediante o qual o Poder Público outorgante (União, Estados ou Distrito Federal) faculta ao outorgado o uso de recurso hídrico, por prazo determinado (não excedendo 35 anos, podendo ser renovável), nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, que é publicado no Diário Oficial da União (caso da ANA), ou nos Diários Oficiais dos Estados ou Distrito Federal, onde o outorgado é identificado e estão estabelecidas as características técnicas e as condicionantes legais do uso das águas que o mesmo está sendo autorizado a fazer.

Desse modo, depois de concedido e regularizado o uso da água, é assegurado o efetivo exercício do direito de acesso à água, evadindo conflitos, certificando o controle quantitativo e qualitativo desse recurso, conforme o Artigo 12 da lei n° 9433.

No mesmo artigo, a lei determina que independem de outorga, o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural; bem como as derivações, acumulações, captações e lançamentos considerados insignificantes, tanto do ponto de vista de vazão como de carga poluente. Os demais usuários, devem dirigir-se ao órgão gestor e solicitar outorga para garantir seus direitos de uso de determinada vazão ou volume de água, de acordo com as especificidades de cada bacia hidrográfica.

Em corpos hídricos de domínio da União, a Agência Nacional de Águas - ANA é a responsável pela análise dos pedidos e emissão de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos. Em corpos hídricos de domínio dos Estados e do Distrito Federal, a solicitação de outorga deve ser feita às respectivas autoridades outorgantes estaduais.

Em nosso país, o modelo aplicado para a emissão de outorga, é o de controle por objetivos, onde se fixa a quantidade residual mínima em função de uma vazão referencial, que deve ser mantida a jusante de cada captação respeitando as normas, conforme a dominialidade, Conforme citado anteriormente em Minas Gerais a vazão de referência é o $Q_{7,10}$, sendo outorgado em cada seção de captação no máximo 30 % deste valor.

Na bacia em estudo, apenas três usuários possuem autorização para utilização de recursos hídricos, conforme tabela 14. As demandas pelo uso da água são baixas, não havendo conflitos pela utilização do mesmo, no entanto todos os usos devem ser regulamentados com vistas a serem adequados legalmente e evitar conflitos pela utilização da água, conforme serão abordados ao longo da fase de prognóstico.

Tabela 14 – Usuários outorgados na bacia do rio Lourenço Velho

Requerente	Data de publicação	Município	Recurso Hídrico	Lat.	Long.	Vazão m^3/s	Finalidade
COPASA / MG	10/05/93	Maria da Fé	Córrego do Cambuí	221800	452200	0,0400	Abastecimento
COPASA / MG	01/09/93	Itajubá	Córrego dos Toledos	222400	452400	0,0500	Abastecimento
Sibelco Mineração	11/05/94	Marmelópolis	Córrego do Peão	222800	451300	0,0200	Industrial

3 – PROGNÓSTICO DA BACIA

3.1 – Cidades / Núcleos Rurais

A estimativa populacional para um planejamento de 10 anos, foi realizada com base nos dados históricos e feita uma projeção para o ano de 2015, conforme tabela 15.

Tabela 15 - Projeção Demográfica

Cidade	2015
Itajubá (rural)	2812
Delfim Moreira (rural)	529
Maria da Fé (urbano)	8065
Maria da Fé (rural)	7467
Marmelópolis (urbano)	1642
Marmelópolis (rural)	1984
Virgínia (rural)	576

Analisando - se os históricos de dados, e feita à projeção populacional, pode ser verificado um crescimento populacional de 4% para o município de Maria da Fé e de 7% para o município de Marmelópolis, vale ressaltar que em Maria da Fé este aumento será maior na população rural e em Marmelópolis na urbana. Nas demais localidades a população se manterá praticamente inalterada.

3.1.1 – Atividades Econômicas

Espera se que nos próximos 10 anos, haja um maior desenvolvimento econômico, com a introdução de uma tecnologia mais desenvolvida, com um rendimento maior, objetivando um melhor uso do solo, que pode ser obtido com o apoio da EMATER. Outra atividade econômica que deve ser explorada nos próximos dez anos é a do Turismo Rural, tendo em vista o grande potencial da região para a aplicação do mesmo.

Estima-se que o turismo ganhe bastante espaço e se desenvolva de forma organizada na bacia. O turismo rural pode ser considerado como uma alternativa promissora para o aumento dos níveis de emprego e renda da população rural. As principais atividades econômicas a serem desenvolvidas devem ser as relacionadas ao turismo rural a ser desenvolvido. A expansão da exploração turística deve abrir novas possibilidades de trabalho para a mão-de-obra familiar, especialmente aquelas ligadas à construção civil e ao comércio. Assim sendo, ocupações como as de pedreiro, caseiro, jardineiro, faxineira, doméstica, lavadeira e cozinheira podem se tornar importantes fontes de renda complementar para o orçamento familiar dos pequenos produtores agropecuários da região. Espera - se que o turismo no meio rural venha a se constituir numa forma de valorização do território, pois ao mesmo tempo em que depende da gestão do espaço local e rural para o seu sucesso, contribui para a proteção do meio ambiente e para a conservação do patrimônio natural, histórico e cultural do meio rural. Constitui-se, portanto, em um instrumento de estímulo à gestão e ao uso sustentável do espaço local, que devem beneficiar prioritariamente a população local direta e indiretamente envolvida com as atividades turísticas.

Através do turismo no meio rural a comunidade pode ser beneficiada, pois acaba compartilhando dos benefícios indiretos gerados, tais como: melhoria da infra-estrutura e de serviços públicos – saneamento básico, hospitais, segurança, aumento no número de indústrias e de estabelecimentos comerciais com demanda por produtos para consumo imediato, presentes,

comidas típicas, desenvolvimento da indústria do lazer; melhoria indireta do setor agrícola por meio da potencialização da demanda de produtos de qualidade típicos da região, aumento de construções; recuperação do patrimônio histórico e cultural; recuperação de áreas degradadas e de florestas nativas.

Como ocorre com qualquer outra atividade econômica, há problemas que podem ocorrer com o agroturismo, tais como: 1) degradação ambiental causada pelo lixo, barulho, depredação de patrimônios naturais, sua flora e fauna; 2) degeneração da cultura local, por interação da comunidade local com turistas de diferentes origens 3) aumento do trânsito de pessoas e mobilidade populacional; 4) aumento da demanda por serviços públicos competindo com o atendimento da comunidade local; 5) inclusão e exclusão de áreas e regiões, podendo levar ao êxodo rural nas áreas excluídas; 6) aumento da criminalidade e do uso de drogas, por influência dos fluxos de populações urbanas no meio rural, 7) abandono das atividades agropecuárias, confiando apenas no agroturismo como fonte exclusiva de renda familiar; e 8) aumento no custo de vida das comunidades residentes devido ao aumento dos custos das mercadorias e dos serviços, e do preço das terras, resultante da especulação imobiliária.

3.2 – O Uso Dos Recursos Hídricos

3.2.1 – Nas Cidades / Núcleos Rurais

Para os próximos dez anos será considerado a implantação de um programa de educação sanitária, ambiental e de uso racional da água, implementando medidas que podem aumentar os benefícios resultando melhorias no sistema de abastecimento de água e tratamento de dejetos.

A ausência de condições básicas para a preservação da vida e a manutenção da saúde humana, na área rural, pode ter sido até hoje, um dos principais fatores que obrigam o homem a abandonar o campo.

No entanto, esse problema pode deve ser resolvido com pesquisas e o aperfeiçoamento de métodos de tratamento dessas águas que podem ser adaptadas às mais diversas situações e necessidades com o abastecimento de pequenas comunidades, assentamento rurais, escolas, creches, postos de saúde, residências, etc. Será considerada a elaboração de projetos de tratamento e melhoria de água para consumo humano; com a implantação de projetos de estações compactas de tratamento de água (ECTA's) para atender essas comunidades e a construção de um aterro sanitário para que se evite a poluição do lençol freático.

Na cidade de Marmelópolis, o tratamento de água deve ser avançado, tendo em vista a qualidade em que se encontra a disponibilidade hídrica municipal. Para efeito de simulação de qual seria o impacto dessa cobrança na arrecadação, considerou-se os valores médios de tarifa cobrada, pela concessionária do estado, segundo informações obtidas no site da COPASA (2005). Considerando que o consumo médio diário de uma pessoa é de 150 litros por dia, em um mês

teremos um consumo médio residencial de 18 m³, considerando uma família padrão com 4 pessoas de tal modo que a fatura mensal seria de aproximadamente R\$ 33,00.

Deste modo, deve se juntar esforços para que ocorra uma política na redução de consumo de água da população e conscientização para que ocorra a preservação da qualidade / quantidade com vistas aumentar a disponibilidade hídrica e oferecer água a um custo mais baixo caso não seja necessário um tratamento de água tão elevado, via concessionária.

Segundo Margulis *et al* (2002), muitos estudos sobre a disposição das pessoas a pagar pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário revelam que as famílias estão prontas a pagar 3% ou mais de sua renda pelo suprimento de água, mas bem menos pelo esgotamento sanitário. Quando foi oferecida a possibilidade de conexão à rede de esgotos aos domicílios que dispunham de fossas sépticas ou fossas rudimentares, os estudos mostram que as pessoas estariam dispostas a pagar, em média, apenas 1- 1,5% de sua renda pelos serviços. Segundo levando feito no site do IBGE (2005), o rendimento médio familiar na cidade de Marmelópolis é de R\$ 462,40 deste modo o custo com abastecimento de água representaria 7,14% da renda mensal, o dobro da disposição a pagar.

3.2.2 – Na Indústria

Com a melhoria das vias de acesso, é esperado que a Fábrica da Água Mineral Mantiqueira tenha sua produção aumentada, devido à implantação de uma nova via para o escoamento, podendo gerar mais empregos, tendo em vista que indústria pode ter um aumento significativo de sua produção tendo em vista que hoje apenas 32% do total está sendo utilizada.

A mecanização do campo, e a melhoria na qualidade do rebanho devem fazer a produção de leite ser ampliada, o que traria por consequência um aumento na quantidade de produtos e de uso da água nos laticínios da região.

3.2.3 – Na irrigação

Com o apoio da EMATER, serão aplicadas técnicas modernas de irrigação, com principal objetivo de se ter uma maior produção, com melhor uso do solo, integrando o uso racional da água. Este usuário de água é o que utiliza a maior parte dos recursos hídricos, sendo assim, será previsto a inclusão para pedidos de outorga para utilização de água para este fim.

3.2.4 – Potencia Energético

Em longo prazo, será considerado a implantação de dois aproveitamentos energéticos no rio Lourenço Velho, um localizado no Bairro do Ano Bom, localizado nas coordenadas 22° 22' 23,58" S e 45° 21' 24,96" WGr. e com potência instalada de 700 kW e a PCH Rio Manso nas coordenadas 22° 23' S e 45° 18' WGr., e potência instalada de 5,6 MW.

A PCH Ano Bom possui um área de drenagem no ponto de barramento deste aproveitamento é 429,57 km², com uma vazão média de longo termo (Q_{MLT}) 10,74 (m³/s) e queda bruta (queda

natural + altura do barramento) de 8,34 (m), conforme estudos desenvolvidos pela UNIFEI e FAPEPE (2000).

Na PCH Rio Manso, o barramento se localiza a uma altitude de 960 m, com uma área de reservatório de 756.200 m² considerando uma barragem de 40 metros. Segundo Monaco (1997), as vantagens diretas da construção da barragem são: ganho de energia, atenuação de cheia, deslocamento de energia para o período seco, aumento da vazão firme (Q_{95%}) e a geração de muitos empregos diretos na fase de implantação e poucos na fase de operação. O custo da barragem foi estimado em US\$ 3.678.290,00.

Caso este aproveitamento hidrelétrico se implante no Lourenço Velho, contribuiria para regularização de vazões, fazendo a energia média gerada passar de 9.104,27 MWh/ano para 10.573 MWh/ano. Considerando o preço de venda da energia de R\$110/MWh para o período completo. Tem –se então, a receita anual, sem regularização a montante de R\$ 1.001.469,7 e a receita após a regularização a montante de R\$ 1.163.030, totalizando uma diferença anual de receita entre as duas situações de R\$ 161.560,3 o que equivale a uma diferença de 16%. Levando –se em consideração que essa receita adicional, poderia financiar parcialmente a instalação do empreendimento da PCH no bairro do no Rio Manso.

Considerando que essa receita se mantenha durante o período de operação do novo empreendimento é possível fazer uma projeção do valor total a ser arrecadado, utilizando a seguinte expressão:

$$\text{Valor presente} = \text{receita} * [((1+i)^n) - 1] / ((1+i)^n) * i \quad (2)$$

Onde:

i = taxa mínima de atratividade (TMA) = 12%.

n = número de anos = 50 anos.

Receita = R\$ 161.560,3

Desde modo, a PCH Luiz Dias terá uma diferença da receita durante a operação do novo empreendimento de R\$ 1.341.677,27.

Sendo o custo para a implantação da PCH no Rio Manso estimado em R\$ 9.195.725, (considerando que R\$ 2,50 = US\$ 1, segundo cotação dessa moeda no dia 6 de junho de 2005). Desde modo, o valor arrecadado com a PCH Luiz Dias devido a regularização de vazões, poderá contribuir para uma receita equivalente a 14,6 % do custo da barragem de montante.

A regularização das vazões, pode trazer outros benefícios para os usuários da bacia, como por exemplo um aumento da área que a ser irrigada. Durante o período seco, as vazão natural passa de 4,17 m/s³ para 5,3 m/s³, o que gera uma diferença de 1130 l/s. Segundo Santos (1987) é necessário 1 l/s/hectare para um ciclo de 10 horas de irrigação, o que resulta para o acréscimo de vazão

calculado, uma área de 1.130 hectares. Este acréscimo representa praticamente que área irrigada possa ser dobrada.

3.3 – Outorga

Nesta parte do trabalho, será feita uma simulação do enquadramento dos usuários na bacia, analisando seu impacto, caso essas medidas propostas viessem ser implementada. Num primeiro passo, para a implantação do sistema de outorga a bacia foi dividida em unidades de gestão, conforme o trabalho de Mattos (2002).

A bacia hidrográfica do rio Lourenço Velho foi dividida em três Unidades de Gestão. O critério para essa divisão foi em aproximar as áreas das unidades com a divisão da rede potamográfica da bacia, ou seja, Trecho de Infância, Juventude e Velhice do rio Lourenço Velho. Portanto a divisão das Unidades de Gestão foi dada da seguinte forma, conforme tabela 16.

Tabela 16 - Divisão das Unidades de Gestão

Município	Área [km ²]		
	UG1	UG2	UG3
Passa Quatro	40,45		
Marmelópolis	132,91		
Virgínia	93,62		
Delfim Moreira		41,26	
Itajubá		73,20	38,10
Maria da Fé		115,23	100,04
S. J. do Alegre			11,04
TOTAL	266,98	229,69	149,18

A figura 2, apresenta o mapa da bacia com as devidas divisões das Unidades de Gestão – UG

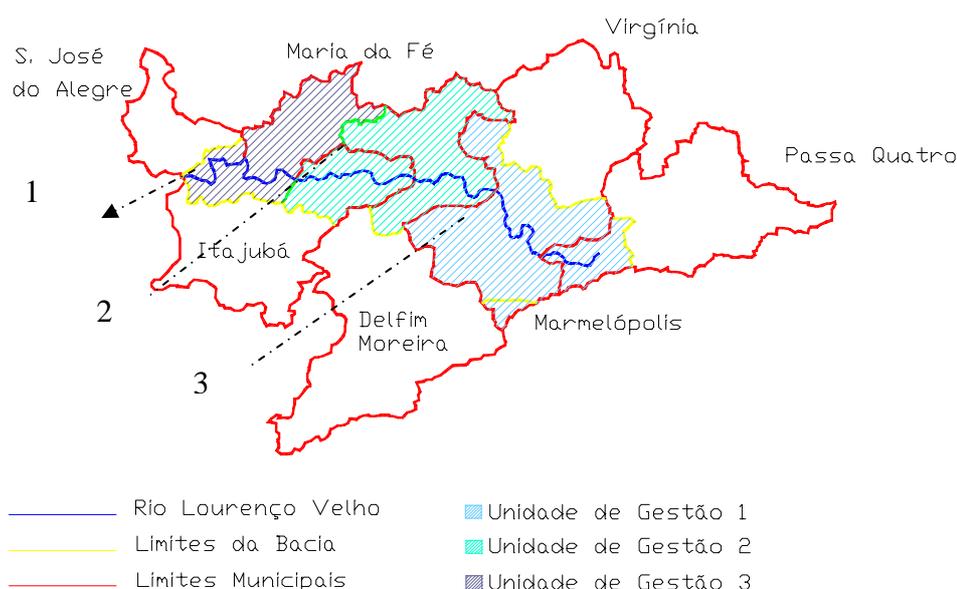


Figura 2– Divisão Política das Unidades de Gestão

Após a divisão das Unidades de Gestão o próximo passo foi determinar a disponibilidade hídrica em cada seção unidade, para isso, inicialmente foi realizado a transposição de vazões

relativa a cada ponto de estudo. A tabela 17 apresenta os valores máximos outorgáveis em cada ponto de estudo (os pontos 1,2 e 3 são pontos divisores de cada unidade de gestão), conforme figura 3.

Tabela - 17 Vazão Máxima Outorgável

Ponto	Area de Drenagem km ²	Q _{7,10} (m ³ /s)	30 % de Q _{7,10} (m ³ /s)
3	266.98	1.60	0.48
2	496.67	2.99	0.89
1	645.85	3.89	1.16

Observando os dados acima, pode ser observado que devido aos usos existente na bacia, a mesma não deve ter problemas de conflitos pelo uso da água devido ao fato de que os usos consultivos se concentram na parte baixa da bacia. Entretanto, se a análise convergir para um estudo da disponibilidade hídrica em cada Unidade de Gestão, deve ser dado outro enfoque, conforme a tabela 18.

Tabela 18 – Disponibilidade hídrica em cada unidade de gestão

Unidade	Area de Drenagem km ²	Q _{7,10} (m ³ /s)	30 % de Q _{7,10} (m ³ /s)
UG1	266.98	1.61	0.48
UG2	229.69	1.38	0.42
UG3	149.18	0.90	0.27

Conforme tabela acima, pode ser verificado que a unidade 3, possui a menor disponibilidade hídrica, entretanto é a que possui a maior demanda de água, de tal modo que o limite máximo outorgável nesta unidade será ultrapassado, assim, os estudos devem evoluir para que se incentive a racionalização e preservação de água nesta unidade.

6 - CONCLUSÃO

Este trabalho consistiu na elaboração de uma proposta para a elaboração de um plano diretor de bacias hidrográficas que teve por princípio a elaboração de um diagnóstico e um prognóstico com objetivo de se realizar um planejamento envolvendo aspectos ambientais, socioeconômicos e de recursos hídricos.

Durante o diagnóstico, pode ser verificado que na bacia hidrográfica do rio Lourenço Velho em Minas Gerais, a população se concentra em maior parte na área rural, tendo grande potencial para a exploração de atividades relacionadas ao turismo. A atividade econômica predominante é agrícola e agropastoril, de cultivo pouco mecanizado, devido à existência de terrenos íngremes.

Com a Lei 11.107, nasce a possibilidade da criação de consórcios públicos entre os diversos entes da federação, o que pode ser aplicado ao caso em estudo. Neste sentido, considerando que o rio Lourenço Velho está inserido na bacia hidrográfica do Sapucaí e, assim, está na área de abrangência do respectivo comitê de bacia, a única formatação jurídica que viabilizaria a gestão participativa deste rio e seus potenciais, de modo individualizado, será através do consórcio público

firmado entre os municípios no qual se localiza este corpo d'água, juntamente com o Estado de Minas Gerais.

BIBLIOGRAFIA

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA (2005).
www.copasa.mg.gov.br. Acessado em junho de 2005.

GOMES, H.P. (1999). “*Engenharia de Irrigação*”. Universidade Federal Da Paraíba.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (2005).
www.ibge.gov.br Acessado em maio de 2005.

MATTOS, R. (2003). “*Aplicação da Contabilidade na Gestão dos Recursos Hídricos*”. Tese Mestrado – Universidade Federal De Itajubá – UNIFEI.

MONACO, M.A.G. “*Aproveitamentos Hidrelétricos De Pequeno Porte No Novo Contexto Jurídico Institucional*”. Itajubá, 114p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal De Itajubá.

MARGULIS, S.; HUGHES, G.; GAMBRILL, M.; AZEVEDO, L.G.T. (2002). “Abastecimento de água e esgotamento sanitário” in Brasil: A Gestão da qualidade da água: Inserção de Temas Ambientais na Agenda do Setor Hídrico. Banco Mundial, pp. 21-33.

OXINALDE, M. D. R. (1994). “*Ecoturismo - nuevas formas de turismo en el espacio rural*”. Barcelona: Bosch Casa Editorial.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ (UNIFEI) / Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão de Itajubá (FAPEPE), “*Estudo De Inventário Do Rio Lourenço Velho*” Itajubá/MG, 2000.

SANTOS, A.H.M. (1997).”*Planejamento de centrais hidrelétricas de pequeno porte*”.319p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas.