

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

RAONI LUDOVINO DE SÁ

INVENTÁRIO DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS DO ESTADO DO
ESPÍRITO SANTO

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2011

RAONI LUDOVINO DE SÁ

INVENTÁRIO DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS DO ESTADO DO
ESPÍRITO SANTO

Monografia apresentada
ao Departamento de
Engenharia Florestal da
Universidade Federal do
Espírito Santo, como
requisito parcial para
obtenção do título de
Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2011

RAONI LUDOVINO DE SÁ

INVENTÁRIO DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS DO ESTADO DO
ESPÍRITO SANTO

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em de de

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Roberto Avelino Cecílio
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. Sidney Sára Zanetti
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Giovanni de Oliveira Garcia
Universidade Federal do Espírito Santo

Ao meu avô, Bento Ludovino (*in memoriam*), exemplo de vida. Que Deus o abençoe onde estiver.

À minha família, pelo apoio incondicional em minha caminhada acadêmica.

Aos meus amigos, que me ajudaram a crescer como pessoa.

Aos meus tios, pessoas nas quais me espelho.

“Os talentos atingem metas
que ninguém mais pode atingir;
os gênios atingem metas que
ninguém jamais consegue ver.”

Arthur Schopenhauer

AGRADECIMENTOS

A UFES, pela oportunidade cedida de realizar tal trabalho.

Ao meu orientador, Roberto, pelos conselhos e direcionamento para que este trabalho pudesse ser concluído.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal, pelos ensinamentos passados da melhor forma possível, para nos transformar em grandes pessoas e profissionais.

A minha mãe, Eli Irene Ludovino de Sá, e as minhas avós, Jutlândia e Irene, pela força e incentivo, mesmo que distante, para que eu chegasse onde estou.

Ao meu pai, Giovani Salles de Sá, exemplo de integridade, inteligência e de grande caráter.

Aos meus amigos, companheiros de república e aqueles que já se mudaram, pelo apoio, confiança e os conhecimentos compartilhados durante esta minha caminhada.

A todos familiares que me propiciaram a base para minha sustentação.

A Deus, por sempre me mostrar o melhor caminho e tomar conta de mim.

RESUMO

Dentre os recursos naturais, um dos que apresenta os mais variados, legítimos e correntes usos é a água, a qual constitui um patrimônio da humanidade e precisa ser gerenciada e protegida da melhor maneira. Devido a esta importância, o presente trabalho teve como objetivo realizar um inventário dos dados fluviométricos disponíveis no Estado do Espírito Santo. As vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$; Q_{90} ; Q_{95}) média de longa duração e máxima foram calculadas com o *software* SisCAH. O número total de estações fluviométricas catalogadas é de 61, e, um mapa foi gerado a partir da localização destas estações. O quadro com a disponibilidade dos dados dá a idéia das séries históricas e a separação das estações de acordo com as sub-bacias principais que o Estado está dividido, sendo as sub-bacias dos Rios São Mateus, Rio Doce e Rio Itapemirim. As vazões de referência foram calculadas e seus valores variam de rio para rio, sendo que estes valores são de grande importância no processo de outorga. Do exposto, espera-se que este trabalho contribua de modo a facilitar a regionalização das vazões de referência, assim como os processos de outorga, com base na legislação vigente no Estado do Espírito Santo.

Palavras-chave: água, inventário, vazão, outorga.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 O problema e sua importância	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo geral	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Estudo da vazão de cursos d'água	4
2.2 Preenchimento de dados de vazão ou séries históricas de vazão	6
2.3 Regionalização de vazões	6
2.4 Outorga	7
3 METODOLOGIA.....	10
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5 CONCLUSÃO.....	26
6 REFERÊNCIAS.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Vazões máximas, médias de longa duração e mínimas de referência das estações fluviométricas do Estado do Espírito Santo.....	22
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro	1	-	Estações	fluvométricas	existentes	no	Espírito	
Santo.....								18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estações fluviométricas existentes no Estado do Espírito Santo.....	16
--	----

1 INTRODUÇÃO

1.1 O problema e sua importância

Historicamente, a ocupação humana nas bacias hidrográficas tem sido realizada com pouco planejamento, sem maior preocupação com a preservação do meio ambiente (TUCCI, 2001a).

Nos dias de hoje, o planejamento da ocupação da bacia hidrográfica é uma necessidade fundamental numa sociedade que passa por crescente demanda por água. A tendência atual envolve a busca pelo desenvolvimento sustentável na bacia hidrográfica, que implica no aproveitamento racional dos recursos naturais com o mínimo dano ambiental (TUCCI, 2001a).

Dentre os recursos naturais, um dos que apresenta os mais variados, legítimos e correntes usos é a água. Pode-se relacionar, dentre outros, os seguintes usos múltiplos para a água: abastecimento público; consumo e/ou matéria prima para a indústria; irrigação; recreação; dessedentação de animais; geração de energia elétrica; navegação; diluição de efluentes e preservação da biodiversidade (BENETTI; BIDONE, 2001).

Uma vez que a água é bem de consumo final ou intermediário na quase totalidade das atividades humanas, o aumento da intensidade e variedade dos usos pode acarretar conflitos entre usuários. Uma forma eficiente de evitar e/ou administrar os conflitos consiste na gestão integrada do uso, controle e conservação dos recursos hídricos (LANNA, 2001).

A água constitui um patrimônio da humanidade e precisa ser gerenciada e protegida da melhor maneira. Isto somente é possível a partir do real conhecimento da quantidade e qualidade dos recursos hídricos, não só a um dado instante, mas ao longo do tempo e com a maior duração possível (CHEVALLIER, 2001), o que torna de fundamental importância o monitoramento e disponibilização de dados hidrológicos.

A quantificação da vazão efluente nos rios de uma bacia hidrográfica consiste em importante ferramenta para a gestão de recursos hídricos, pois através de seu conhecimento se pode quantificar o consumo, avaliar a disponibilidade dos recursos hídricos e a partir destas informações, utilizar instrumentos de gestão como a outorga e cobrança pelo uso da água.

O Estado do Espírito Santo está dividido em 12 bacias consideradas como regiões hidrográficas de planejamento, gerenciamento e enquadramento das águas. Destas, 5 são bacias hidrográficas de domínio da União, ou seja, bacias que abrangem mais de um Estado, e 7 são de domínio estadual, cujas áreas encontram-se nos limites geográficos do Espírito Santo (CESAN, 2010).

Embora seja importante o conhecimento das vazões de cursos de água, pouco se conhece sobre o comportamento das vazões dos cursos de água no Espírito Santo. A maior parte dos dados existentes ainda se encontram em fontes dispersas e, muitas vezes indisponíveis para acesso por parte dos profissionais ligados à Gestão de Recursos Hídricos.

Grande importância pode ser atribuída à realização de um inventário de dados fluviométricos. A partir destes pode-se conduzir uma série de importantes estudos, tais como identificar áreas com maior risco de falta de água, zonear locais com maior disponibilidade da mesma, identificar locais que requerem maior preservação dos rios, identificar mananciais mais propícios ao uso da água para irrigação, abastecimento de centros urbanos, dentre outros.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente projeto consistiu em realizar um inventário dos dados fluviométricos disponíveis no Estado do Espírito Santo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar postos fluviométricos no Espírito Santo onde tenha-se disponibilidade de dados medidos de vazão;

- Identificar a extensão das séries de dados medidos em cada posto fluviométrico do Estado;
- Realizar o preenchimento de falhas nos dados de vazões medidos em cada posto fluviométrico identificado; e
- Calcular as vazões máximas, médias e mínimas de referência para cada posto fluviométrico identificado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estudo da vazão de cursos d'água

A vazão em um curso d'água é definida como o volume que escoar em uma seção transversal deste por unidade de tempo, sendo expressa em metros cúbicos por segundo ou em litros por segundo (PRUSKI; SILVA; KOETZ, 2006).

A quantificação das vazões de cursos d'água é importante pois esta influencia a qualidade da água, o poder de autodepuração dos rios e, conseqüentemente, os organismos que nela vivem e sua disponibilidade para consumo (TUCCI, 2001a).

De acordo com Pinto e Holtz (1976), uma estação para medição de vazões, ou seja, fluviométrica, consiste em qualquer seção de um rio, convenientemente instalada e operada para a obtenção sistemática das vazões ao longo do tempo. De modo geral, a vazão é obtida a partir do nível das águas, observado com a ajuda da régua limimétrica ou registrado pelo linígrafo, aplicado em uma curva-chave.

Existem vários métodos de medições de vazões que podem ser classificados em cinco categorias: por capacidade; por medição das velocidades do fluxo da água; por diluição de um traçador; por fórmulas hidráulicas e/ou dispositivo hidráulico correspondente; por outros métodos (óptico, eletromagnético, etc...) (CHEVALLIER, 2001).

As vazões podem ser referidas a um dado instante ou aos valores máximo, médio ou mínimo de um determinado intervalo de tempo (dia, mês ou ano) (MARTINS, 1967).

Como principais formas utilizadas para a caracterização das condições de escoamento em um curso d'água, são utilizadas as vazões máxima, mínima e média de longa duração (PRUSKI; SILVA; KOETZ, 2006).

A vazão máxima é entendida como a maior vazão que ocorre numa seção de um rio num período definido. Esta vazão representa as condições de inundação do local

(TUCCI, 2002). Segundo Tucci (2001c) a vazão máxima pode ser estimada a curto ou em longo prazo. A estimativa em curto prazo é o acompanhamento de um evento em tempo real, resultante de uma precipitação. A longo prazo, representa a previsão estatística da vazão máxima (diária ou instantânea) em qualquer ano.

Tucci (2001c) define que a vazão média anual de um rio é a média diária de todos os valores do ano. A vazão média permite caracterizar a capacidade de disponibilidade hídrica de uma bacia e seu potencial energético, entre outros usos.

De acordo com Tucci (2002), dentro da série histórica de vazões, os menores valores da série, ou as vazões que não atendem às necessidades das demandas, são ditas mínimas ou de estiagem, sendo caracterizada por dois fatores: a quantidade de água e a duração, sendo fundamental para o cálculo da disponibilidade de água e concessão de outorga. Suas características podem ser estabelecidas pela análise de frequência, curvas de duração ou permanência e depleção.

A curva de permanência descreve a relação entre a vazão de um curso d'água e a probabilidade de ocorrerem vazões maiores ou iguais ao valor da ordenada apresentado na curva. São utilizadas duas metodologias distintas como procedimento para a determinação da curva de permanência (PRUSKI; SILVA; KOETZ, 2006).

A curva de permanência ou de duração é obtida da frequência de ocorrência das vazões ou níveis de uma determinada bacia. Esta curva retrata a parcela do tempo em que uma determinada vazão é igualada ou superada durante o período analisado. A curva de permanência é utilizada quando se deseja conhecer a permanência no tempo de determinados valores (TUCCI, 2002).

As vazões de permanência usualmente empregadas como referência na legislação brasileira são a Q_{95} , que indica um valor igualado ou superado durante 95% do tempo (ou um risco de não acontecer em 5% do tempo), e a Q_{90} , de permanência

durante 90% do tempo (ou um risco de não ocorrer em 10% do tempo) (MENDES, 2007).

De acordo com Mendes (2007), a vazão de referência $Q_{7,10}$ se caracteriza pela média histórica das vazões mínimas de 7 dias de duração com período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$). Ono (2006) fixou a duração de 7 dias para análise, sendo a escolha deste intervalo de tempo se dar por conta das variações de consumo dos dias úteis e dos finais de semana, possibilitando a operação dos reservatórios absorver o impacto das variações ao longo da semana. O período de retorno de 10 anos foi escolhido por ser considerado um risco adequado à localidade em estudo, ou seja, julgou-se aceitável que em todo ano houvesse 10% de chance da vazão ficar abaixo do valor mínimo exigido para o suprimento urbano.

2.2 Preenchimento de dados de vazão ou séries históricas de vazão

Os dados provenientes de estações fluviométricas muitas vezes apresentam falhas de informações, devido a problemas com os aparelhos de registro e, ou, com o operador do posto, tornando as séries impróprias para uso imediato pelos técnicos do setor. Este fato gera a necessidade de realizar o preenchimento destas falhas (TUCCI, 1997).

O preenchimento de falhas e a extensão das séries são realizados por meio da análise de correlação dos dados observados no período comum entre a estação com dados a serem preenchidos e a estação de apoio (PRUSKI; SILVA; KOETZ, 2006).

Para um mesmo curso d'água, inicia-se preferencialmente pela estação mais próxima, e quando esta condição não pode ser atendida, aplica-se o princípio da semelhança hidrológica, tendo nos coeficientes de correlação a base para a tomada de decisão (SisCAH, 2009).

2.3 Regionalização de vazões

O termo regionalização tem sido utilizado em hidrologia para denominar a transferência de informações de um local para outro dentro de uma área com comportamento hidrológico semelhante. (TUCCI, 2002).

Quando há indisponibilidade de dados ou necessidade de extrapolação de dados para qualquer seção de um curso de água, os dados fluviométricos podem ser regionalizados, principalmente as vazões máximas, mínimas e médias.

O método não é considerado seguro para extrapolação hidrológica, devido à variabilidade das escalas dos processos hidrológicos, portanto, a falta generalizada de dados de pequenas bacias no Brasil não pode ser suprida pela regionalização (TUCCI, 2002).

A regionalização hidrológica, em geral, caracteriza-se por uma variedade de métodos que utilizam informações regionais para sintetizar dados de vazão. Estas informações podem ser características fisiográficas de bacias hidrográficas, informações hidrometeorológicas e parâmetros estatísticos calculados a partir das séries de vazões de postos da região (SILVEIRA, G.; TUCCI; SILVEIRA, A., 1998).

A regionalização de vazões mínimas é fundamental para estudos relativos à concessão de outorga de direito de uso da água.

2.4 Outorga

A outorga de uso de recursos hídricos é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997) e da Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei Estadual nº 5.818, de 29 de dezembro de 1998).

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é o ato administrativo mediante o qual o poder público outorgante faculta ao outorgado (usuário requerente) o direito de uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato administrativo. É o

documento que assegura ao usuário o direito de utilizar os recursos hídricos (ANA, SD).

A outorga depende da análise, no tempo e no espaço, da disponibilidade e da necessidade hídrica para a conservação do meio biótico (CRUZ; TUCCI, 2005). Logo, as limitadas séries de dados fluviométricos disponíveis e a necessidade de se conhecer a vazão dificultam ou impedem a realização da gestão de recursos hídricos (MOREIRA; SILVA, 2010).

De acordo com o inciso IV, do art. 4º da Lei Federal nº 9.984, de 17 de junho de 2000, compete à Agência Nacional de Águas, ANA, outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, bem como emitir outorga preventiva. Também é competência da ANA a emissão da reserva de disponibilidade hídrica para fins de aproveitamentos hidrelétricos e sua conseqüente conversão em outorga de direito de uso de recursos hídricos (ANA, 2010).

Em cumprimento ao art. 8º da citada Lei 9.984/00, a ANA dá publicidade aos pedidos de outorga de direito de uso de recursos hídricos e às respectivas autorizações, mediante publicação sistemática das solicitações e dos extratos das Resoluções de Outorga (autorizações) nos Diários Oficiais da União e do respectivo Estado (ANA, 2010).

No Brasil, cada Estado tem adotado critérios específicos para o estabelecimento das vazões mínimas de referencia para outorga sem, entretanto, apresentar justificativas para a adoção desses valores (CRUZ, 2001).

No processo de outorga, o regime hidrológico dos rios deve ser considerado. Para rios perenes a outorga normalmente é feita com base na vazão mínima com sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$) ou nas vazões mínimas associadas às permanências de 90% (Q_{90}) ou 95% (Q_{95}). Dessas vazões, somente certo percentual pode ser utilizado, sendo o restante considerado como vazão necessária para a manutenção do meio biótico. Em rios de regime intermitente o

processo de outorga torna-se mais complexo, pois na época seca o rio deixa de apresentar vazão (SILVA; RAMOS, 2001).

Os critérios para análise dos pedidos de outorga utilizados pelos órgãos gestores de recursos hídricos são de grande diversidade de vazões de referência adotadas, bem como dos percentuais considerados outorgáveis (ANA, 2005).

No Espírito Santo, os critérios gerais sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio estadual foram estabelecidos por meio da Resolução Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERH nº 005, de 7 de julho de 2005. Os procedimentos administrativos e critérios técnicos referentes à outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio estadual, foram estabelecidos pela Instrução Normativa IEMA nº 019, de 04 de outubro de 2005.

De acordo com a Lei Estadual nº 5.818/98, de 29 de dezembro de 1998, estão sujeitos a outorga os seguintes usos de recursos hídricos:

- Captação de água superficial;
- Captação de água de aquífero subterrâneo;
- Lançamento de efluentes em corpo de água;
- Barramentos em cursos de água com e sem captação;
- Uso de água em empreendimentos de aquíicultura;
- Aproveitamentos hidrelétricos;
- Outras interferências que alterem o regime, a qualidade ou quantidade das águas.

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada consistiu na busca de informações hidrológicas do tipo fluviométrica junto aos responsáveis pelo monitoramento hidrológico do Espírito Santo: Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Estadual do Meio Ambiente (IEMA), Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN), EDP Escelsa, Citágua Águas de Cachoeiro, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), dentre outros.

Foram realizadas análises das extensões das séries históricas, verificação de sua consistência e, quando possível, preenchimento de falhas.

Para o preenchimento de falhas de vazão dos dados diários utilizou-se regressão linear simples, representado pela equação 1.

$$Y = \beta_0 X + \beta_1 \quad (1)$$

em que:

Y : vazão do posto com falhas;

X : vazão do posto com dados; e

β_0 e β_1 : parâmetros ajustados na regressão.

Para a aplicação do método, adotou-se como critério mínimo, a obtenção de coeficiente de determinação, relativo ao ajuste da equação 1, superior a 0,7, e a existência de pelos menos oito pares de eventos entre as estações para a realização da regressão (SisCAH, 2009).

Com as séries preenchidas, os meses com falha de dados foram descartados, para então, calcular as vazões médias, mínimas de referência ($Q_{7,10}$; Q_{90} e Q_{95}) e máxima, além da curva de permanência para todas as estações, conforme as metodologias descritas em Pruski; Silva; Koetz (2006), por meio do programa computacional SisCAH 1.0.

A vazão máxima teve como início do ano hidrológico o mês de Junho, enquanto que, para a vazão mínima ($Q_{7,10}$) o ano escolhido foi o civil.

Para a estimação das vazões máxima ($Q_{m\acute{a}x}$), com período de retorno de 10 anos, e mínima ($Q_{7,10}$) para as estações catalogadas, verificaram-se as funções de distribuição de densidade de probabilidade para cada estação fluviométrica.

As vazões de $Q_{(7,10)}$ e $Q_{m\acute{a}x}$ foram determinadas a partir modelos probabilísticos: Distribuição de Gumbel, Distribuição Log-Normal tipo II, Distribuição Log-Normal tipo III, Distribuição Pearson tipo III, Distribuição Log-Pearson tipo III e Distribuição Weibull.

A Distribuição de Gumbel para séries finitas foi calculada pela equação 2.

$$M = \mu + \frac{\sigma_x}{\sigma_n} (b - Y_n) \quad (2)$$

sendo b igual a:

$$b = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right).$$

O fator de freqüência para séries infinitas foi calculado pela equação 3.

$$K = -\left\{0,45 + 0,7797 \ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)\right\} \quad (3)$$

em que:

M : magnitude do evento;

μ : média da amostra;

σ_x : desvio padrão da amostra;

σ_n : desvio padrão da variável reduzida;

b : variável reduzida;

Y_n : média da variável reduzida; e

T : período de retorno.

A equação 4, que representa a Distribuição Log-Normal tipo II foi usada para a série gerada a partir dos logaritmos dos eventos da série de dados.

$$K = \frac{\left(e^{\sqrt{\ln(z^2+1)} \cdot T - \frac{\ln(z^2+1)}{2}}\right) - 1}{z} \quad (4)$$

Sendo,

$$z = \frac{\sigma}{\mu},$$

em que:

σ : desvio padrão dos eventos da amostra; e

μ : média dos eventos da amostra.

Outro modelo utilizado corresponde a Distribuição Log-Normal tipo III, para a série gerada a partir dos logaritmos dos eventos da série de dados, sendo que o fator de frequência é calculado pela equação 5.

$$K = \frac{\left(e^{\sqrt{\ln(z^2+1)} \cdot D - \frac{\ln(z^2+1)}{2}} \right)^{-1}}{\sqrt{\left(e^{\ln(z^2+1)} \right)^{-1}}} \quad (5)$$

Sendo que,

$$K = \frac{\left(e^{\sqrt{\ln(z^2+1)} \cdot T - \frac{\ln(z^2+1)}{2}} \right)^{-1}}{W};$$

$$W = \frac{1 - \omega^{\frac{2}{3}}}{\omega^{\frac{1}{3}}};$$

$$\omega = \frac{-\gamma + \sqrt{\gamma^2 + 4}}{2}; e$$

$$\gamma = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \left(\frac{(x_i - \mu)^3}{\sigma^3} \right),$$

onde:

γ : assimetria; e

x_i : i-ésimo evento da amostra;

N : número de eventos.

Para a Distribuição Log-Pearson tipo III deve-se utilizar a equação 6 para se obter o fator de frequência.

$$K = D + (D^2 - 1)\frac{\gamma}{6} + \frac{1}{3}(D - 6D)\left(\frac{\gamma}{6}\right)^2 - (D^2 - 1)\left(\frac{\gamma}{6}\right)^3 + D\left(\frac{\gamma}{6}\right)^4 + \frac{1}{3}\left(\frac{\gamma}{6}\right)^5 \quad (6)$$

Sendo,

$$D = t - \frac{2,30753 + 0,27061t}{1 + 0,99229t + 0,04481t^2}; e$$

$$\gamma = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum_{i=1}^N \left(\frac{(x_i - \mu)^3}{\sigma^3} \right).$$

em que:

D : desvio padrão padronizado.

Na Distribuição Weibull o fator de frequência é dado pela equação 7.

$$K = A_{\alpha} + B_{\alpha} \left(\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right) \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right) \quad (7)$$

Onde,

$$\alpha = \frac{1}{0,2777757913 + 0,3132617714\gamma + 0,0575670910\gamma^2 - 0,0013038566\gamma^3 - 0,0081523408\gamma^4};$$

$$\gamma = \mu_3 / \mu_2^{3/2};$$

$$A_{\alpha} = \left(1 - \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \right) B_{\alpha};$$

$$B_{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\left(\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\right)}};$$

$$\Gamma(X) = \int_0^{\infty} X^{\lambda-1} e^{-x} dx ,$$

em que:

$\Gamma(X)$: função Gama.

O SisCAH 1.0 utiliza um nível de confiança de 95%, sendo que a escolha do modelo adotado para as vazões foi o que apresentou menor erro padrão. A estimativa dos limites do intervalo é dada pela equação 8.

$$M - 1,96 \cdot \delta < \beta < M + 1,96 \cdot \delta \quad (8)$$

Onde:

δ : erro padrão pertinente a cada função de probabilidade; e

β : intervalo de confiança ao nível de confiança de 95%.

O primeiro procedimento a ser realizado para a obtenção da curva de permanência para cada estação fluviométrica foi baseado na obtenção de classes de frequência.

O programa computacional SisCAH 1.0 promove, então, a seleção da série de dados de vazões diárias a ser utilizada para a obtenção da curva, define 50 intervalos de classe das vazões diárias, subdivide os intervalos de classe com base

na escala logarítmica, devido à grande variação de magnitude das vazões envolvidas e, por fim, calcula o intervalo de classe Δx pela equação 9.

$$\Delta x = \frac{[\ln(Q_{\text{máx}}) - \ln(Q_{\text{mín}})]}{n} \quad (9)$$

em que:

$Q_{\text{máx}}$: vazão máxima da série (m^3/s);

$Q_{\text{mín}}$: vazão mínima da série (m^3/s); e

n : número de intervalos escolhidos.

No cálculo dos limites dos intervalos, utilizando a equação 10, a partir de $Q_{\text{mín}}$, adicionando o intervalo calculado anteriormente resulta na vazão do limite superior do intervalo i :

$$Q_{i+1} = \exp[\ln(Q_i) + \Delta x] \quad (10)$$

A equação 11 foi usada na determinação da frequência (f_i) associada ao limite inferior de cada intervalo:

$$f_i = \frac{Nq_i}{NT} \times 100 \quad (11)$$

em que:

Nq_i : número de vazões de cada intervalo; e

NT : número total de vazões.

A curva de permanência é construída usando no eixo das ordenadas os valores de vazão e das abscissa a frequência de ocorrência.

A partir da curva de permanência, foram obtidas as vazões mínimas com permanência de 90% (Q_{90}) e de 95% (Q_{95}), com base em dados diários, retratando a parcela de tempo que determinada vazão é igualada ou superada durante o período analisado.

A obtenção da vazão média de longa duração (Q_{mid}) foi calculada pela média das vazões diárias das estações fluviométricas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se na Figura 1 o mapa do Estado do Espírito Santo com a localização de todas as estações que apresentam dados de vazão disponíveis, assim como os municípios em que se encontram.

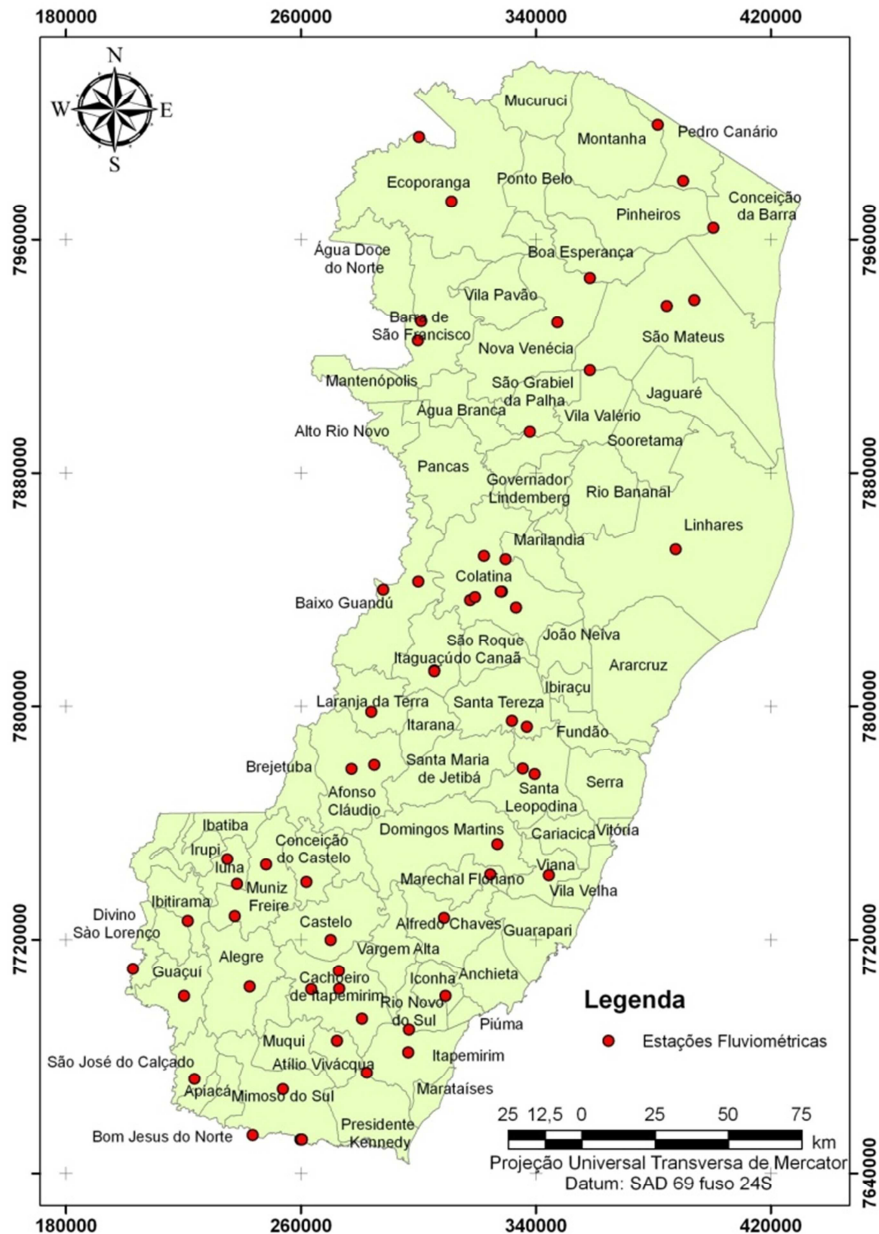


Figura 1 – Estações fluviométricas presentes no Estado do Espírito Santo.

Com relação à distribuição das estações ao longo do Estado, percebe-se que existem várias estações num mesmo município como, também existem vários municípios que não apresentam nenhum ponto de coleta de dados, sendo o caso dos municípios de Jaguaré e Aracruz.

O Quadro 1 contém os códigos, nomes, município em que se encontram, os cursos d'água, as séries históricas e latitude e longitude de cada estação.

Quadro 1 – Estações fluviométricas existentes no Espírito Santo.

Código	Estação	Município	Curso d'água	Situação	Período de coleta	Lat	Long
55744000	Cristal	Pedro Canário	Rio Itaúnas	Desativada	2001 - 2005	-18.09	-40.11
55746000	Pedro Canário (Estância Pico)	Pedro Canário	Rio Itaúnas	Ativada	2001 - 2005	-18.26	-40.03
55747000	Itauninhas (Br-101)	Conceição da Barra	Rio Preto Ou Itauninha	Ativada	2001 - 2005	-18.41	-39.94
55795000	Fazenda Cachoeira Bonita	Ecoporanga	Rio Dois de Setembro	Desativada	2001 - 2005	-18.32	-40.78
55800005	Fazenda São Mateus	Ecoporanga	Rio São Mateus / Braço Norte	Ativada	1963 - 2005	-18.12	-40.88
55850000	São João da Cachoeira Grande	São Mateus	Rio São Mateus / Braço Norte	Ativada	1963 - 2005	-18.56	-40.34
55895000	Barra do Rio Preto	Barra de São Francisco	Rio São Mateus / Braço Sul	Desativada	1964 - 2005	-18.69	-40.88
55900000	Barra de São Francisco	Barra de São Francisco	Rio São Francisco	Ativada	1968 - 2005	-18.75	-40.89
55920000	Córrego da Boa Esperança	Nova Venécia	Rio São Mateus / Braço Sul	Ativada	1963 - 2006	-18.70	-40.44
55960000	Boca da Vala	São Mateus	Rio São Mateus	Ativada	1974 - 2005	-18.65	-40.09
55970000	Fazenda Piaunas	São Mateus	Rio São Mateus	Desativada	1952 - 1974	-18.63	-40.00
55990200	São Jorge da Barra Seca	Vila Valério	Rio Barra Seca	Ativada	2001 - 2005	-18.85	-40.34
56990990	Afonso Cláudio - Montante	Afonso Cláudio	Rio Guandu	Ativada	1978 - 2005	-20.08	-41.12
56991000	Afonso Cláudio	Afonso Cláudio	Rio Guandu	Desativada	1965 - 1976	-20.07	-41.05
56991500	Laranja da Terra	Laranja da Terra	Rio Guandu	Ativada	1967 - 2005	-19.90	-41.06
56992000	Baixo Guandú	Baixo Guandu	Rio Guandu	Ativada	1941 - 2006	-19.52	-41.01
56992500	Barra do Mutum	Baixo Guandu	Rio Mutum Preto	Desativada	1952 - 1965	-19.50	-40.90
56993000	Itaguaçu	Itaguaçu	Rio Santa Joana	Desativada	1965 - 1977	-19.78	-40.85
56993002	Itaguaçu - Jusante	Itaguaçu	Rio Santa Joana	Desativada	1976 - 2005	-19.78	-40.85
56993551	Jusante Córrego da Piaba	Colatina	Rio Santa Joana	Ativada	1974 - 2005	-19.56	-40.73
56993600	Santa Joana	Colatina	Rio Santa Joana	Desativada	1939 - 1965	-19.55	-40.72
56994000	Santa Maria	Colatina	Rio Santa Maria	Desativada	1941 - 1967	-19.58	-40.58
56994500	Colatina	Colatina	Rio Doce	Ativada	1939 - 2005	-19.53	-40.63
56994502	Colatina - Jusante	Colatina	Rio Doce	Desativada	1976 - 1983	-19.53	-40.63

Quadro 1 – Cont.

Código	Estação	Município	Curso d'água	Situação	Período de coleta	Lat	Long
56995500	Ponte do Pancas	Colatina	Rio Pancas	Ativada	1965 - 2005	-19.42	-40.69
56997000	Barra de São Gabriel	São Gabriel da Palha	Rio São José	Ativada	1967 - 2005	-19.04	-40.53
56998000	Linhares	Linhares	Rio Doce	Desativada	1967 - 1993	-19.41	-40.06
57040000	Santa Teresa	Santa Teresa	Rio Timbui	Desativada	1956 - 1969	-19.93	-40.60
57040005	Valsugana Velha	Santa Teresa	Rio Timbui	Desativada	1960 - 1973	-19.93	-40.60
57040008	Valsugana Velha - Montante	Santa Teresa	Rio Timbui	Ativada	1984 - 2005	-19.95	-40.55
57040010	Valsugana Velha - Jusante	Santa Teresa	Rio Timbui	Desativada	1977 - 1982	-19.93	-40.60
57120000	Cachoeira Suiça	Santa Leopoldina	Rio Santa Maria da Vitória	Desativada	1954 - 1962	-20.08	-40.57
57130000	Santa Leopoldina	Santa Leopoldina	Rio Santa Maria da Vitória	Ativada	1949 - 2006	-20.10	-40.53
57170000	Córrego do Galo	Domingos Martins	Rio Jucu - Braço Norte	Ativada	1969 - 2005	-20.32	-40.65
57190000	Marechal Floriano	Domingos Martins	Rio Jucu - Braço Sul	Desativada	1949 - 1990	-20.41	-40.68
57230000	Fazenda Jucuruaba	Viana	Rio Jucu	Ativada	1971 - 2005	-20.42	-40.49
57250000	Matilde	Alfredo Chaves	Rio Benevente	Ativada	1949 - 2005	-20.54	-40.83
57300000	Pau D'alho	Rio Novo do Sul	Rio Novo	Ativada	1970 - 2005	-20.89	-40.95
57320000	Iconha - Montante	Iconha	Rio Iconha	Ativada	1970 - 2005	-20.78	-40.83
57350000	Usina Fortaleza	Muniz Freire	Rio Braço Norte Esquerdo	Ativada	1969 - 2005	-20.37	-41.41
57360000	Iúna	Iúna	Rio Pardo	Ativada	1952 - 2005	-20.35	-41.53
57370000	Terra Corrida - Montante	Muniz Freire	Rio Pardo	Ativada	1969 - 2005	-20.43	-41.50
57400000	Itaici	Muniz Freire	Rio Braço Norte Esquerdo	Ativada	1961 - 2005	-20.53	-41.51
57420000	Ibitirama	Alegre	Rio Braço Norte Direito	Ativada	1952 - 2005	-20.54	-41.67
57450000	Rive	Alegre	Rio Itapemirim	Ativada	1935 - 2005	-20.75	-41.47
57460000	Pacotuba	Cachoeiro do Itapemirim	Rio Itapemirim	Desativada	1984 - 2005	-20.76	-41.27
57476500	Fazenda Lajinha	Conceição do Castelo	Rio Castelo	Ativada	1984 - 2005	-20.43	-41.28
57490000	Castelo	Castelo	Rio Castelo	Ativada	1937 - 2005	-20.61	-41.20
57550000	Usina São Miguel	Cachoeiro de Itapemirim	Rio Castelo	Ativada	1968 - 2006	-20.70	-41.17

Quadro 1 – Cont.

Código	Estação	Município	Curso d'água	Situação	Período de coleta	Lat	Long
57555000	Coutinho	Cachoeiro de Itapemirim	Rio Itapemirim	Desativada	1957 - 2005	-20.76	-41.17
57560000	Cachoeiro de Itapemirim	Cachoeiro de Itapemirim	Rio Itapemirim	Desativada	1935 - 1980	-20.85	-41.10
57580000	Usina Paineiras	Itapemirim	Rio Itapemirim	Ativada	1968 - 2006	-20.96	-40.95
57630000	Atilio Vivacqua	Atilio Vivacqua	Rio Muqui do Norte	Desativada	1935 - 1980	-20.92	-41.18
57650000	Fazenda Cacheta	Presidente Kennedy	Rio Muqui do Norte	Ativada	1984 - 2005	-21.02	-41.09
57720000	Dores do Rio Preto	Dores do Rio Preto	Rio Preto	Ativada	1948 - 2005	-20.69	-41.85
57740000	Guaçuí	Guaçuí	Rio do Veado	Ativada	1937 - 2005	-20.77	-41.68
57770000	São José do Calçado	São José do Calçado	Rio Calçado	Ativada	1952 - 2005	-21.03	-41.65
57830000	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Rio Itabapoana	Ativada	1930 - 2005	-21.21	-41.46
57880000	Mimoso do Sul	Mimoso do Sul	Rio Muqui do Sul	Ativada	1969 - 2005	-21.07	-41.36
57930000	Santa Cruz	Mimoso do Sul	Rio Itabapoana	Ativada	1969 - 2005	-21.22	-41.31

O número total de estações fluviométricas catalogadas foi de 61, sendo que, deste total, 39 estações fluviométricas encontram-se em atividade, e o restante estando fora de operação.

Percebe-se pelo, Quadro 1, que a estação com registro mais antigo possui dados desde o ano de 1930, enquanto que a coleta de dados em outras estações se iniciaram a partir do ano de 2001.

As estações com códigos iniciantes em 55 são pertencentes às sub-bacias dos Rios Mucuri e São Mateus, totalizando um total de 12 estações; as de início 56 pertencem a sub-bacia do Rio Doce, sendo que a composição é de 16 estações; e por fim, as de começo 57 localizadas nas sub-bacias dos Rios Itapemirim e Itabapoana, com 33 estações fluviométricas.

É possível observar que as estações localizadas na sub-bacia do Rio Mucuri e São Mateus possuem séries históricas menores que das sub-bacias do Rio Doce e do Rio Itapemirim.

As estações que possuem séries históricas mais extensas e a maior disponibilidade de dados se localizam na sub-bacia dos Rios Itapemirim e Itabapoana, sendo que este fato provavelmente se deve às políticas estaduais adotadas durante os anos nessa região.

As estações fluviométricas desativadas, em sua maioria, não possuem séries extensas, e, ainda os dados disponíveis são antigos. Isto faz com que as vazões calculadas destas estações possam até ser desconsideradas, pois a diferença do último ano coletado para o ano atual é muito elevada.

Na Tabela 1 encontram-se os resultados encontrados para as vazões mínimas de referência, média de longa duração e máximas, sendo estes valores expresso em m^3/s .

Tabela 1 – Vazões máximas, médias de longa duração e mínimas e referência.

CÓDIGO	ESTAÇÃO	VAZÃO (m³/s)				
		Q ₉₀	Q ₉₅	Q _{7,10}	Q _{mld}	Q _{máx}
55744000	Cristal	4,0787	3,1143	1,678	8,4281	-
55746000	Pedro Canário (Estância Pico)	5,7498	5,2495	3,431	10,942	-
55747000	Itauninhas (Br-101)	1,7749	1,408	1,059	5,5545	-
55795000	Fazenda Cachoeira Bonita	0,762	0,5911	0,388	2,1823	-
55800005	Fazenda São Mateus	2,9	1,6828	0,572	24,1256	344,7
55850000	São João da Cachoeira Grande	5,78	3,79	1,521	39,6326	521,61
55895000	Barra do Rio Preto	3,93	3,1478	1,723	19,1793	274,92
55900000	Barra de São Francisco	0,45	0,369	0,177	1,8318	30,42
55920000	Córrego da Boa Esperança	6,3	4,97	2,362	32,291	416,01
55960000	Boca da Vala	16,36	11,9	6,047	79,2493	404,98
55970000	Fazenda Piaunas	6,87	5,56	2,981	28,0739	109,79
55990200	São Jorge da Barra Seca	1,3631	1,2302	0,684	3,2859	-
56990990	Afonso Cláudio - Montante	2,6086	2,1591	1,159	7,5362	112,85
56991000	Afonso Cláudio	2,31	1,82	1,373	5,3558	53,4
56991500	Laranja da Terra	6,374	5,72	4,216	16,8839	179,21
56992000	Baixo Guandú	7,375	6,43	4,653	21,1112	241,67
56992500	Barra Do Mutum	0,7165	0,5646	0,501	1,854	15,92
56993000	Itaguaçu	1,1115	0,8807	0,698	3,6735	48,89
56993002	Itaguaçu - Jusante	1,1403	0,7478	0,173	6,1301	174,68
56993551	Jusante Córrego da Piaba	1,5465	1,1507	0,638	8,0708	134,16
56993600	Santa Joana	1,86	1,47	1,196	7,6629	84,27
56994000	Santa Maria	1,14	0,5	0,137	6,4151	122,43
56994500	Colatina	335,7	291,6	237,123	910,9379	5963,56
56994502	Colatina - Jusante	484,4867	430,3	331,787	1178,6739	5586,01
56995000	Cachoeira do Oito	0,272	0,17	0,002	7,366	89,1
56995500	Ponte do Pancas	1,54	1,1658	0,663	9,9637	140,27
56997000	Barra de São Gabriel	3,02	2,044	1,087	14,2291	154,11
56998000	Linhares	399,7	340,6	292,704	974,6827	5974,02
57040000	Santa Teresa	0,58	0,506	0,353	1,8705	24,3
57040005	Valsugana Velha	0,604	0,508	0,395	6,6641	162,28
57040008	Valsugana Velha - Montante	0,4989	0,4072	0,288	1,7401	18,69
57040010	Valsugana Velha - Jusante	0,862	0,704	0,491	2,4978	-

Tabela 1 - Cont.

CÓDIGO	ESTAÇÃO	VAZÃO (m³/s)				
		Q ₉₀	Q ₉₅	Q _{7,10}	Q _{mid}	Q _{máx}
57130000	Santa Leopoldina	4,4	3,428	2,389	13,8673	243,26
57170000	Córrego do Galo	6,6714	6,06	4,919	13,7697	100,19
57190000	Marechal Floriano	3,36	2,97	2,433	6,6316	42,98
57230000	Fazenda Jucuruaba	11,7325	10,424	8,323	26,2346	171,34
57250000	Matilde	2,77	2,4	2,108	5,3501	36,86
57300000	Pau d'alho	2,7314	2,196	1,437	7,2229	63,48
57320000	Iconha - Montante	1,514	1,2125	0,895	4,4383	87,4
57350000	Usina Fortaleza	1,52	1,31	0,854	4,8449	102,81
57360000	Íluna	3,1	2,54	2,029	7,3926	59,28
57370000	Terra Corrida - Montante	4,2221	3,85	2,967	10,1577	135,16
57400000	Itaici	6,4321	5,5071	3,692	18,2387	166,23
57420000	Ibitirama	2,61	2,2893	1,563	11,9391	183,79
57450000	Rive	13,8	11,7	8,376	41,9494	763,58
57460000	Pacotuba	14,3	12,4621	8,635	50,6554	1567,67
57476500	Fazenda Lajinha	2,1519	1,7301	0,999	7,0705	97,03
57490000	Castelo	4,44	3,75	2,398	14,8619	196,11
57550000	Usina São Miguel	8,17	6,862	4,937	22,5751	237,93
57555000	Coutinho	19,9554	16,1551	7,602	72,017	832,54
57560000	Cachoeiro de Itapemirim	23,6786	20,0509	15,245	74,5922	809,56
57580000	Usina Paineiras	26,7993	23,2797	17,585	79,797	611,62
57630000	Atilio Vivacqua	1,112	0,8573	0,493	3,3427	109,95
57650000	Fazenda Cacheta	1,4108	1,0432	0,577	5,3472	73,6
57720000	Dores do Rio Preto	1,32	1,13	0,804	4,7757	42,7
57740000	Guaçuí	4,17	3,5	2,709	10,0941	90,56
57770000	São José do Calçado	0,6453	0,525	0,358	2,0164	29,84
57830000	Ponte do Itabapoana	15	12,3	8,12	45,6681	444,72
57880000	Mimoso do Sul	2,99	2,8319	2,281	7,3133	87,01
57930000	Santa Cruz	21,6	18,8	14,837	58,0281	363,17

Legenda: Q_{mid} – vazão média de longa duração; Q_{máx} – vazão máxima; Q₉₀ – vazão com permanência de 90%; Q₉₅ – vazão com permanência de 95%.

Observa-se pela Tabela 1 que para a sub-bacia dos Rios Mucuri e São Mateus as vazões mínimas apresentadas variam de 0,177 (Estação Barra de São Francisco) a

6,047 m³/s para a $Q_{7,10}$; de 0,45 (Barra de São Francisco) a 16,36 (Boca da Vala) m³/s para as vazões com permanência de 90% (Q_{90}); para vazões com permanência de 95% (Q_{95}) os valores ficam em torno de 0,369 (Barra de São Francisco) a 6,047 m³/s (Boca da Vala); vazão média de longa duração (Q_{mid}) indo de 79,2493 m³/s da estação de Boca da Vala a 1,8318 m³/s referente a estação de Barra de São Francisco; e por fim, as vazões máximas ($Q_{máx}$) variando entre 16,403 (São Jorge da Barra Seca) e 515,674 m³/s (São João da Cachoeira).

Estes vazões são de importância na concessão de outorga, no caso das vazões mínimas de referência, como também para a construção de obras hidráulicas (barragens, hidroelétricas), para que estas consigam suportar os períodos em que as vazões são máximas, sem que sofram danos em suas estruturas.

Algumas estações como Cristal, Pedro canário (Estância Pico) e Itauninhas (BR-101) apresentaram erros no cálculo de $Q_{máx}$, provavelmente por estas estações serem recentes, apresentando assim uma série histórica muito curta, de apenas 5 anos, e conseqüentemente impossibilitando o ajuste das funções de probabilidade. Outro problema enfrentado por se utilizar séries históricas curtas é que a série pode não ser representativa.

Na sub-bacia do Rio Doce a vazão $Q_{7,10}$ variou entre os valores de 0,002 (Cachoeira do Oito) a 331,787 m³/s (Colatina – Jusante); entre 0,272 (Cachoeira do Oito) a 484,4867 m³/s (Colatina – Jusante) para Q_{90} ; de 0,17 (Cachoeira do Oito) a 430,3 m³/s (Colatina – Jusante) para Q_{95} ; a Q_{mid} fica em torno de 1,854 (Barra do Mutum) até 1178,6739 m³/s (Colatina – Jusante); e a $Q_{máx}$ varia com valores de 15,526 (Barra do Mutum) chegando até a valores de 5973,357 m³/s (Colatina).

A última sub-bacia estudada foi as do Rio Itapemirim e Itabapoana, sendo que os valores encontrados para esta sub-bacias vão de: 0,4989 (Valsugana Velha – Montante) a 26,7993 m³/s (Usina Paineiras) para a Q_{90} ; 0,4072 (Valsugana Velha – Montante) até 23,2797 m³/s (Usina Paineiras) referente a Q_{95} ; 0,288 (Valsugana Velha – Montante) a 17,585 m³/s (Usina Paineiras) referente a $Q_{7,10}$; 1,7401 (Valsugana Velha – Montante) até 79,797 m³/s (Usina Paineiras) para a vazão Q_{mid} ;

e por último os valores de $Q_{máx}$ que ficam em torno de 18,59 (Valsugana Velha – Montante) e 1574,144 m³/s (Pacotuba). A estação Valsugana Velha - Jusante desta sub-bacia apresentou erro na hora de estimar a vazão máxima.

Estas variações são resultantes da posição da estação no rio, se está mais perto da foz ou da nascente, como também do porte dos rios, onde tais estações podem se encontrar tanto nos rios principais como naqueles que são afluentes destes rios.

5 CONCLUSÃO

O inventário permitiu definir as estações fluviométricas com disponibilidade de dados de vazão presentes no Estado, assim como a sua localização geográfica, sendo que o total de estações catalogadas foi de 61.

A extensão das séries de dados foi realizada para todas as estações em estudo no presente trabalho, sendo que uma grande variação de disponibilidade de dados foi encontrada, principalmente por causa do tempo de implantação das estações.

O preenchimento só foi possível para algumas poucas estações, isto se deu tanto por falta de estações com características parecidas, quanto pela inexistência de dados nas estações utilizadas para se realizar tal preenchimento.

As vazões mínimas de referência e média de longa duração puderam ser todas calculadas, embora algumas apresentassem um alto erro padrão devido às pequenas séries históricas. As vazões máximas foram calculadas, embora tenha existido um erro nas estações Cristal, Pedro Canário (Estância Pico), Itauninhas (Br-101), Fazenda Cachoeira Bonita e Valsugana Velha – Jusante.

6 REFERÊNCIAS

ANA. **Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no país:** Diretrizes e prioridades. Brasília: Agência Nacional de Águas; Ministério do Meio Ambiente, 2005. 143 p. Disponível em:

<http://www.ana.gov.br/pnrh_novo/Tela_Apresentacao.htm>. Acesso em: 10 abril 2011.

ANA. **Gerência de Outorga.** Disponível em:

<<http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/Outorga/default2.asp>>. Acesso em: 06 novembro 2010.

ANA. **Gerência de Outorga.** Disponível em:

<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/uorgs/sof/geout.aspx>>. Acesso em: 06 novembro 2010.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**. 2ª ed, Porto Alegre, 2001. cap 22, p. 850.

CESAN. **Recursos Hídricos.** Disponível em:

<<http://www.cesan.com.br/page.php?25>>. Acesso em: 06 de novembro de 2010.

CHEVALLIER, P. Aquisição e processamento de dados. In: TUCCI, C.E.M.

Hidrologia. 2ª ed. Porto Alegre, 2001. cap 13, p. 500-520.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga:** avaliação de aspectos técnicos e conceituais. 2001. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Otimização e simulação comparativa de cenários de outorga. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 75-91, 2005.

DE SOUZA, H. T. **SisCAH:** Sistema computacional para análises hidrológicas. Versão 1.0. Viçosa: UFV, 2009.

LANNA, A.E.. Gestão dos recursos hídricos. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**. 2ª ed. Porto Alegre, 2001. cap 19, p. 727.

MARTINS, J.A. Escoamento superficial. In: PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A. **Hidrologia de superfície**. 1ª ed. Curitiba, 1967. cap 3, p. 45.

MENDES, L.A. **Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência.** 2007. 187 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MOREIRA, M.C.; SILVA, D.D. **Atlas Hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Grande.** Barreiras: Editora Gazeta Santa Cruz, 2010.

PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T. Medições de vazão. In: PINTO, N.L.S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia básica**. 1ª ed. Rio de Janeiro, 1976. cap 10, p. 182.

PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; KOETZ, M. **Estudo da vazão em cursos d'água**. Viçosa: Ufv, 2006. (Caderno didático)

ONO, S. **Análise dos critérios de outorga de direito de uso de recursos hídricos considerando a disponibilidade de água superficial**. 2006. 118 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. **Planejamento e gestão integrados de recursos hídricos**. Brasília, DF: MMA/SRH/ABEAS/UFV, 2001. 89 p.

SILVEIRA, G.L., TUCCI, C.E.M., SILVEIRA, A.L.L. Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.3, n.3, p.111-131, 1998.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência e aplicação. In:_____. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2ª ed. Porto Alegre, 2001a. cap 1, p. 25.

TUCCI, C.E.M. Vazão máxima e hidrograma de projeto. In:_____. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2ª ed. Porto Alegre, 2001b. cap 14, p. 527.

TUCCI, C.E.M. Regionalização de vazões. In:_____. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2ª Ed. Porto Alegre, 2001c. cap 15, p. 573-579.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1997.

TUCCI, C.E.M. **Regionalização de Vazões**. 1ª ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2002.