

Universidade Federal de Itajubá

Mestrado em Engenharia da Energia

**Estabelecimento de Vazões de Outorga na
Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, com a
Utilização de Sazonalidade**

James Lacerda Maia



Estabelecimento de Vazões de Outorga na Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, com a Utilização de Sazonalidade

James Lacerda Maia

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Itajubá como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia da Energia

Área de concentração:
Planejamento energético

Orientador:
Professor Dr. Alexandre Augusto Barbosa

Itajubá, dezembro de 2003

**À minha avó
Léa Manoelina Barbosa**

Agradecimentos

Ao Professor Dr. Alexandre Augusto Barbosa, pela inestimável orientação.

À engenheira hídrica Ana Paula Silva, pela valorosa colaboração.

À secretária do curso de Engenharia Ambiental, Heloísa dos Santos.

À Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), pelo fornecimento de bolsa de estudos.

Aos colegas Mário Vítor Pinheiro e Antônio Marcio Paiva Matos, pela ajuda e amizade.

À minha avó, Léa Manoelina Barbosa, pela paciência e dedicação.

À minha tia Rita Araújo Barbosa, pelo apoio.

Às minhas primas Mariana Araújo Barbosa e Laura Araújo Barbosa.

Aos meus pais, pela paciência e exemplos que me passaram.

Sumário

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
Capítulo 1 – Aspectos Preliminares	1
1.1 – Introdução	1
1.2 - Justificativas	5
1.3 - Objetivos	7
Capítulo 2 – Referencial Teórico	8
2.1 – Aspectos legais e estruturais da Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos	8
2.2 – Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos; seus fundamentos e atributos	12
2.2.1 – Outorga e reserva hídrica	13
2.2.2 – Vinculação, discricionariedade e ônus da prova do requerimento; publicidade do procedimento de outorga	14
2.2.3 – Dever de fiscalizar a Outorga dos Direitos de Uso dos Recursos Hídricos	15
2.2.4 – Condições e constantes da Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos	16
2.2.5 – Infrações relativas à Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos	17
2.2.6 – Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos e	

Estudo Prévio de Impacto Ambiental	17
2.2.7 - Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos e Licenciamento Ambiental	19
2.2.8 – Sistema Integrado de Outorgas	19
2.2.9 – Delegação da Outorga	20
2.3 – Medição de Vazão e Monitoramento Hidrológico em Pequenas Bacias Hidrográficas	20
2.4 – Análise da viabilidade de aplicação de um fator de correção anual para o critério de vazão de outorga no Estado de Minas Gerais	23
2.5 – Avaliação e Pesquisa de Índices de Outorga no Estado de Minas Gerais	24
2.6 – Outorgas registradas na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí	27
Capítulo 3 – Material e Métodos	29
3.1 – Caracterização da área da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí	29
3.2 – Localização das estações fluviométricas	31
3.3 – Metodologia para obtenção de vazões $Q_{7,10}$	33
3.4 – Fator de correção de sazonalidade mensal	35
3.5 – Procedimentos para os estudos de casos	36
Capítulo 4 – Resultados e Comentários	37
4.1 – Vazões Q_7 anuais das estações fluviométricas	41
4.2 – Tempo de recorrência de 10 anos para Q_7	44
4.3 – Obtenção de regressão da vazão $Q_{7,10}$ em função da área da bacia	45
4.4 – Fator de correção de sazonalidade mensal das estações fluviométricas	45
Capítulo 5 – Estudos de casos	49
5.1 – Estudos de casos de 3 pontos de outorga localizados na bacia do Alto Sapucaí	49

Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações	54
Referências Bibliográficas	57
Anexos A, B e C	62

Lista de Figuras

Figura. 2.1 – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.	9
Figura. 2.2 – Distribuição relativa do nº de outorgas até 02/06/2001.	25
Figura. 2.3 – Distribuição relativa das vazões outorgadas até 02/06/2001.	25
Figura. 2.4 – Usos da água outorgados no Estado de Minas Gerais até 02/06/2001.	26
Figura. 2.5 – Vazões outorgadas por tipo de uso até 02/06/2001.	27
Figura. 2.6 – Distribuição das outorgas na bacia do rio Sapucaí até 06/12/2002.	27
Figura. 3.1 – Área da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí.	31
Figura. 3.2 – Localização das estações fluviométricas na bacia do Alto Sapucaí.	33
Figura. 4.1 – Sub-bacia do Ribeirão Anhumas.	38
Figura. 4.2 – Sub-bacia do Ribeirão de José Pereira.	38
Figura. 4.3 – Sub-bacia do Ribeirão Piranguçú.	39
Figura. 4.4 – Sub-bacia do Rio Santo Antônio.	40
Figura. 4.5 – Sub-bacia do Rio Lourenço Velho.	40
Figura. 4.6 – Sub-bacia do Ribeirão Vargem Grande.	41
Figura. 4.7 – Vazões $Q_{7,10}$ em função das áreas de drenagem das estações fluviométricas.	45
Figura. 4.8 – Estudo de vazões de outorga para as estações fluviométricas Itajubá.	48
Figura. 5.1 – Localização do ponto de outorga 03.	50
Figura. 5.2 – Localização dos pontos de outorga 01 e 02.	51

Lista de Tabelas

Tabela.2.1 – Distribuição do nº de outorgas na bacia do Alto Sapucaí até 06/12/2002.	28
Tabela.3.1 – Dados das estações fluviométricas.	31
Tabela.3.2 – Distribuições de probabilidade teóricas.	34
Tabela.4.1 – Características geométricas e hidrológicas das 6 sub-bacias.	37
Tabela.4.2 – Vazões [m ³ /s] de TR = 10 anos para as distribuições de probabilidades.	42
Tabela.4.3 – Vazões Q ₇ -anuais e curvas de ajuste.	43
Tabela.4.4 – Valores de Q _{7,10} .	44
Tabela.4.5 – Médias mínimas mensais das estações fluviométricas.	46
Tabela.4.6 – Fatores de correção de sazonalidade das estações fluviométricas.	47
Tabela.5.1 – Estudo de casos de outorga (FC sobre 30% de Q _{7,10}).	52
Tabela.5.2 – Estudo de casos de outorga (FC sobre Q _{7,10} -Vazão ecológica).	53

Abreviaturas utilizadas

Siglas

ANA – Agência nacional de Águas.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística.

ONG's – Organizações não-governamentais.

Lista de Símbolos

A - área de drenagem

FC - fator de correção.

L - comprimento do curso d'água.

MMM - médias mínimas mensais.

MMT - médias mensais totais.

m - ordem do evento.

n - número de eventos.

P - probabilidade de ocorrência do evento.

Q - vazão volumétrica.

\bar{Q} - média da amostra de vazões.

σ - desvio-padrão da amostra.

$$b = \frac{\bar{Q}}{s}.$$

Subscritos

Abril - refere-se ao mês de Abril.

Bacia - bacia de drenagem.

MLT - média de longo termo.

7,10 - vazão mínima de sete dias de duração e 10 anos de recorrência.

T - tempo de duração.

Tr – tempo de retorno.

Resumo

Apesar de renováveis, os recursos hídricos são limitados e nem sempre suficientes para atender todos os usuários simultaneamente. Com o aumento da demanda torna-se necessário regulamentar a distribuição deste recurso natural, para evitar conflitos e assegurar o direito de uso da água a todos os cidadãos. O instrumento utilizado para esse controle é a outorga de direito de uso das águas.

Este trabalho tem como objetivo subsidiar o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí indicando vazões de outorga de direito de uso das águas para esta bacia. A vazão a ser outorgada será, sempre, 30% da vazão de referência Q7,10 , para períodos de estiagem e um valor acima deste para períodos úmidos.

Consta uma compilação da legislação que ampara este instrumento de gerenciamento de recursos hídricos, como também a caracterização da área da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí dividindo-a em seis sub-bacias para um melhor detalhamento do estudo.

Mostra o estabelecimento de vazões (Q7,10) para 26 estações fluviométricas, localizadas dentro e fora da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, que serviram de base para a obtenção de vazões de outorga em qualquer ponto da bacia, aplicando a essas vazões um fator de correção de sazonalidade mensal. Este fator de sazonalidade proporciona ao órgão expedidor dessas outorgas, aumentar as vazões em meses de maior oferta hídrica.

Nos estudos de casos, foram comparadas as vazões de outorgas autorizadas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) em alguns pontos da bacia, com as vazões estipuladas pelo trabalho.

Abstract

In spite of you renewed, the water resources is limited and not always enough to assist all the users simultaneously. With the increase of the demand becomes necessary to regulate the distribution of this natural resource, to avoid conflicts and to assure the use right of the water to all the citizens. The instrument used for that control is the right of use of the waters.

This work has as objective to subsidize the Committee of Hidrografic Basin Rio Sapucaí indicating rights of discharges for this basin. The discharge to be granted will be, always, 30% of the discharge of reference $Q_{7,10}$, for dries periods and a value above this for growing season.

A compilation of the legislation that aids this instrument of management of water resources, as well as the characterization of the area of the basin of high Sapucaí, dividing it in six sub-basins for a better detailed study.

It shows the establishment of discharges $Q_{7,10}$ for 26 flowmeters stations, located inside and out of basin of the high Sapucaí, that served as base for obtaining the grant discharges in any point of the basin, applying to those discharges a monthly factor of correction seasonal. This seasonal factor provides to the manager to increase the discharges in months of larger water offering.

In the studies of cases, they were compared the grant discharges authorized by the Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), in some points of the basin, with the discharges specified by this study.

Capítulo 1 – Aspectos Preliminares

1.1) Introdução

Essencial à vida, a água configura-se como elemento necessário para quase todas as atividades humanas, sendo ainda, componente fundamental da paisagem e do meio ambiente. A água é um bem precioso, de valor inestimável, que deve ser conservado e protegido, prestando-se para múltiplos usos: abastecimento doméstico, industrial, geração de energia elétrica, irrigação de culturas agrícolas, navegação, aquicultura, piscicultura ,recreação, pesca e, mesmo, para a auto-depuração de esgoto.

Quando há abundância de água, ela pode ser tratada como bem livre, sem valor econômico. Com o crescimento da demanda começam a surgir conflitos entre usos e usuários da água, que passa a ser escassa e, então, precisa ser gerida como bem econômico, ao qual deve ser atribuído o justo valor. Essa escassez, também, pode decorrer de aspectos qualitativos, quando a poluição afeta de tal forma a qualidade, que os padrões excedem aos admissíveis para determinados usos.

Os setores usuários das águas são os mais diversos, com aplicação para inúmeros fins. A utilização pode ter caráter consuntivo, quando a água é derivada do seu curso natural, somente retornando em parte, descontadas as perdas, como as da evaporação. Os efeitos na qualidade da água são os mais diversos, como a poluição e a contaminação pela dissolução de substâncias orgânicas, minerais e agentes patogênicos. Alguns usos dispensam a derivação, não são consuntivos e não afetam a qualidade, mas podem alterar o regime do curso d'água.

Cada uso da água deve ter normas próprias, mas são necessárias normas gerais, que regulamentem suas inter-relações, estabeleçam prioridades e regras para a solução dos conflitos entre usos e usuários. Quando da construção de obras

de aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos, há necessidade de rateio de vazões entre os vários usos.

Quando há baixa densidade demográfica, ocupação rarefeita do solo e pouco desenvolvimento industrial, o uso da água não exige tamanho cuidado quanto ao seu controle. Na medida em que o uso é mais intensificado, é necessário atenção para a conservação dos recursos hídricos, visando ao seu aproveitamento racional.

O controle do regime das águas é ponto importante, considerando as obras que possam afetar o comportamento hidrológico dos cursos de água e hidrogeológicos dos aquíferos subterrâneos e, também, as ações do homem, que afetam o ciclo hidrológico, como o desmatamento e a urbanização. O controle do regime de cheias e o combate às secas são formas de evitar os males de caráter econômico e social desses eventos extremos.

As alterações qualitativas dos recursos hídricos, provocados pelo lançamento de poluentes e resíduos sólidos, assim como o assoreamento dos corpos d'água, em razão da erosão do solo urbano e rural, devem ser, também, objeto de controle.

Todos esses usos e problemas relacionados com os recursos hídricos devem ser controlados e gerenciados por meio de políticas e instrumentos de gerenciamento que possibilitem o seu uso de maneira sustentável em termos quantitativos e qualitativos, preservando o direito de uso a todos que deste recurso necessitarem.

Entende-se como outorga do direito de uso das águas o ato administrativo mediante o qual o Poder Público outorgante faculta ao outorgado o uso de recursos hídricos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato. A outorga tem por objetivo assegurar aos usuários o direito comum de acesso às águas e regular os seus usos quanto aos seus aspectos de quantidade e qualidade (Medeiros, 2000).

Segundo Biswas (1996), o direito de uso pode ser definido como a partilha da vazão de um curso d'água ou aquífero e, se o direito de uso é baseado em termos quantitativos, critérios de limitação do uso deverão ser acordados entre os usuários durante períodos em que não haja água suficiente para todos.

Apesar do rio Sapucaí ser um rio de domínio federal, seu curso se dá quase que totalmente no Estado de Minas Gerais, sendo a responsabilidade pelo

planejamento e administração das ações que visam à preservação dos recursos hídricos estaduais pertencentes ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas-(IGAM), o qual teve suas funções regulamentadas pelo Decreto nº 40.055, de 16 de novembro de 1998. Dentre suas atribuições, está a concessão de outorgas de direito de uso das águas, em acordo com os comitês de bacia. Entretanto, devido à falta de estrutura operacional dos comitês, na maior parte das bacias estaduais, o IGAM tem concedido outorgas baseadas na Portaria nº 010/98, que estabelece critérios baseados em “vazões de referência”, utilizadas para cálculo das disponibilidades hídricas em cada seção de interesse (Schvartzman et al., 1999).

Tem-se fixado, então, o limite de 30% do valor da vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de tempo de recorrência, $Q_{7,10}$, como a vazão máxima de derivação consuntiva a ser outorgada na porção da bacia hidrográfica limitada por cada seção considerada, em condições naturais, ficando garantida a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% da $Q_{7,10}$.

Lanna (1997) cita como forte desvantagem desse critério de outorga, o fato dele ser dirigido a condições de estiagem, limitando severamente a expansão dos sistemas de uso das águas. Observa-se, com efeito, que a vazão do curso d'água é, na maior parte do ano, superior à vazão referencial de outorga, causando uma forte impressão de desperdício do recurso por parte dos usuários. No entanto, observa-se em algumas regiões do Estado que este valor máximo de vazão de outorga é insuficiente para o atendimento das demandas de todos os usuários existentes na bacia. Este valor calculado através da análise dos períodos críticos de estiagem, é mantido fixo ao longo do ano, restringindo assim um maior uso da água em meses fora do período de estiagem.

Visando ao aumento da vazão outorgada, para um mesmo trecho da bacia hidrográfica, discute-se, neste trabalho, um critério de outorga fixado anualmente, mas com uma variação mensal de disponibilidade hídrica para a Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí. Determina-se, assim, um fator de correção mensal para a vazão outorgada, dando a oportunidade ao Poder Público outorgante de aumentar o volume de uso das águas em meses de maior oferta hídrica.

O presente trabalho propõe estimar as vazões de outorga $Q_{7,10}$ para Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí, dividindo-a em seis sub-bacias, propondo a utilização de um fator de correção mensal para a vazão de outorga, baseado na média das vazões mínimas de cada mês durante toda a série histórica da estação

fluviométrica, o qual resulta em valores de vazões superiores ao critério de 30% de $Q_{7,10}$.

Faz-se uma caracterização da área de estudo, determina-se para a área a vazão referencial de outorga adotada pelo IGAM, ou seja, 30% de $Q_{7,10}$, e, em seguida, aplica-se o fator de correção de sazonalidade do posto fluviométrico utilizado para estipulação da vazão $Q_{7,10}$ na área de interesse.

Foram feitos três estudos de casos, utilizando sistemas georreferenciados a fim de obter a vazão de outorga $Q_{7,10}$ para qualquer ponto da bacia. Esses pontos foram escolhidos com base em outorgas autorizadas pelo IGAM, para uma comparação entre essas outorgas e as estipuladas pelo trabalho para demonstração da metodologia utilizada.

A outorga, que será o instrumento de gerenciamento focado neste trabalho, insere-se como um dos instrumentos de maior importância, pois é a outorga que assegura o direito de uso da água para todos os requerentes desta e, também, possibilita um gerenciamento e controle da quantidade de água que cada usuário poderá utilizar, respeitando o direito de uso dos outros usuários, e mantendo o regime ecológico do curso de água .

1.2) Justificativa

Apesar de renováveis, os recursos hídricos são limitados e nem sempre suficientes para atender todos os usuários simultaneamente. Com o aumento da demanda, torna-se necessário regulamentar a distribuição deste recurso natural, para evitar conflitos e assegurar o direito de uso da água a todos os cidadãos atuais e futuros.

A excessiva utilização dos recursos hídricos e a degradação de sua qualidade, pelo excesso de lançamento de efluentes, irá, em última análise, prejudicar a comunidade de usuários.

O conhecimento da quantidade de água, comprometido pelas outorgas já autorizadas é essencial para que o poder público possa efetuar a gestão entre a disponibilidade e a demanda dos recursos hídricos.

A ocorrência de conflitos existe e deve ficar mais acentuada, à medida que aumenta a demanda pelo uso de mananciais superficiais e subterrâneos.

O gerenciamento das disponibilidades e conflitos passa pelo seio dos Comitês de Bacia Hidrográfica, que se encontram estruturados em certas bacias, mas em fase de estruturação em outras, como é o caso da bacia de estudo deste trabalho, a Bacia hidrográfica do Alto Sapucaí, esses órgãos normativos e deliberativos devem possuir regulamentação não apenas ao que tange à qualidade das águas, mas também às quantidades que podem ser outorgadas.

Este gerenciamento é de extrema importância não só pelo uso, como também pela manutenção dos ecossistemas da bacia hidrográfica, onde o conhecimento do escoamento é fundamental para avaliar a qualidade da água dos rios decorrentes de cargas pontuais e difusas de efluentes industriais, de cidades e do uso agrícola, tornando-se de extrema importância o conhecimento das vazões de estiagem do rio.

A quantificação adequada das vazões disponíveis de uso dos recursos hídricos, essenciais ao procedimento de outorga estabelecido no Brasil, pela Lei 9.433/97 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, ainda carece de estudos mais aprofundados para todas as bacias hidrográficas brasileiras, podendo

a falta desses estudos e informações prejudicarem as entidades que definem as outorgas de uso das águas, causando grandes erros nas autorizações dessas outorgas.

Neste trabalho, pretende-se estabelecer as vazões mínimas naturais de sete dias de duração e dez anos de recorrência, $Q_{7,10}$, para a área de estudo, podendo ser outorgada 30% desta vazão, ficando 70% de fluxo residual para jusante. Será também aplicado um fator de correção de vazão de sazonalidade mensal, disponibilizando uma maior quantidade de água nos meses de maior oferta hídrica. Com base nas ferramentas de georreferenciamento, os gestores do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí terão condições de autorizar e expedir as outorgas de direito de uso das águas.

1.3) Objetivos

Objetivo Principal:

O objetivo principal dessa dissertação é o de subsidiar o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí indicando vazões de outorga ($Q_{7,10}$), para os principais cursos de água referentes à região do Alto Sapucaí.

Objetivos específicos:

- proporcionar às outras Bacias Hidrográficas e Comitês de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais, bem como de outros estados, uma metodologia que possa ser adaptada a outras realidades,
- utilização de sistemas georreferenciados para a obtenção da vazão de outorga $Q_{7,10}$ para qualquer ponto da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí,
- utilização de efeito de sazonalidade para a outorga de uso de água numa determinada região.

Capítulo 2 – Referencial Teórico

2.1 – Aspectos legais e estruturais da Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos

Outorga de Direito de Uso das águas é um ato administrativo (concessão ou autorização) do poder público, que permite a utilização de recursos hídricos, com objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo do uso da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água pelos usuários, de acordo com as prioridades estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos de cada bacia hidrográfica. A outorga ainda não está implantada em todo território nacional, apesar de constar nas legislações de recursos hídricos dos estados da União. A regularização da outorga é de fundamental importância para a política das águas, pois a cobrança pelo uso, um dos principais instrumentos da nova legislação, incorrerá sobre as outorgas. A outorga é estabelecida de acordo com as regulamentações estaduais e federal. No caso de Minas Gerais, o órgão responsável pela autorização é o Instituto Mineiro de gestão das Águas (IGAM) e no âmbito federal, a Agência Nacional de Águas (ANA). O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, previsto na Constituição de 1988 e criado pela Lei 9.433, é constituído da seguinte forma:

- Órgãos Normativos:

- . Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- . Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

- Órgãos Executivos:

- . Ministério do Meio Ambiente e a Secretaria de Recursos Hídricos em âmbito nacional;
- . Governos Estaduais.

- Órgãos Gestores:

- . Agência Nacional de Águas em âmbito nacional;
- . Autoridades dos poderes públicos estaduais;
- . Comitês das Bacias Hidrográficas;

. Agências de Bacias Hidrográficas.

O planejamento de outorgas ficará a cargo dos Comitês de Bacia hidrográfica, que são instâncias colegiadas deliberativas e normativas, compostas pelo poder público, por usuários e por representantes da sociedade civil organizada, responsável pela efetivação da gestão descentralizada e participativa. Os comitês são integrantes dos Sistemas Nacional e Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e foram criados com a finalidade de buscar, de forma consensual, boas condições de quantidade e qualidade das águas.

A Figura 2.1 retrata o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

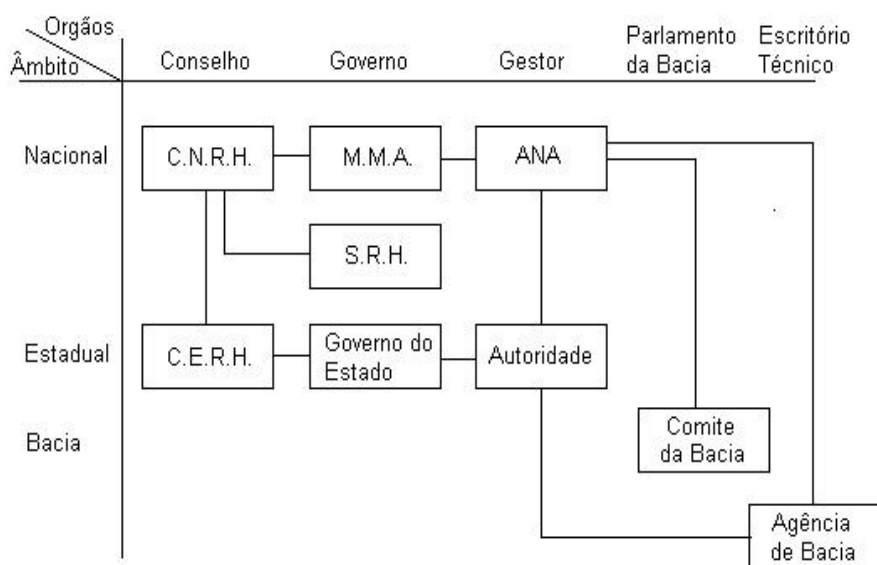


Figura 2.1 – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

As modalidades de outorga são as que seguem abaixo:

- concessão - quando obras ou uso dos recursos hídricos forem de utilidade pública, possuindo validade de 20 anos;
- autorização - quando as obras ou o uso dos recursos hídricos, não forem de utilidade pública, requerendo vazões superiores às definidas, como pequenas captações, possuindo validade de 5 anos;
- permissão - quando o uso dos recursos hídricos não for de utilidade pública e, ao mesmo tempo, requerer pequenas captações, possuindo validade de 3 anos. A outorga nas áreas de domínio

federal (rios que transpõem os limites geográficos de um estado) é fornecida pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (lei federal 9433 - 08/01/97).

O processo de outorga, no Estado de Minas Gerais, para os rios estaduais, encontra-se amparado pela Lei 13.199 de 21 de Janeiro de 1.999 e pelo decreto de regulamentação desta, Decreto 41.512/2001.

O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos do Estado tem por objetivo assegurar os controles quantitativos e qualitativos dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

Estão sujeitos à outorga pelo poder público, independentemente da natureza pública ou privada dos usuários, os seguintes direitos de uso de recursos hídricos:

- as acumulações, as derivações ou a captação de parcela da água existentes em um corpo de água para consumo final, até para abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- o lançamento, em corpo de água, de esgotos e demais efluentes líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- o aproveitamento de potenciais hidrelétricos;
- outros usos e ações que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Independem de outorga pelo poder público, conforme definido em regulamento, o uso de recursos hídricos para satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural, bem como as acumulações, as derivações, as captações e os lançamentos considerados insignificantes.

A outorga e a utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica ficam condicionadas a sua adequação ao Plano Nacional de Recursos Hídricos, aprovado na forma do disposto na Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e ao cumprimento da legislação setorial específica.

A outorga do direito de uso de recursos hídricos respeitará:

- as metas de qualidade e quantidade estabelecidas nos Planos Estaduais e Diretores de Recursos Hídricos;
- as prioridades de uso estabelecidas nos Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas;
- a classe em que o corpo d'água estiver enquadrado;
- a manutenção de condições adequadas ao transporte hidroviário, quando for o caso;
- a redução dos efeitos sobre exploração, rebaixamento de lençol e contaminação dos aquíferos;
- a capacidade de autodepuração do corpo d'água receptor, visando especialmente as inter-relações com o enquadramento dos corpos d'água e a articulação com os processos de licenciamento ambiental;
- a ordem de precedência dos pedidos de outorga, ressalvados os usos prioritários;
- empreendimentos de implantação à longo prazo;
- articulação com os sistemas de atividade de mineração e de concessão do potencial hidroenergético, notadamente a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Agência Nacional de Águas (ANA).

A outorga levará em conta a necessidade de se preservar o uso múltiplo e racional das águas.

A outorga de extração de águas subterrâneas, em local onde as disponibilidades hidrogeológicas não são conhecidas, será expedida, após o encaminhamento, pelo interessado, dos testes de bombeamento que permitam a fixação das vazões a serem exploradas em condições sustentáveis para as reservas de águas subterrâneas e para as vazões de base dos corpos de águas superficiais.

A dispensa de outorga de uso para as acumulações, derivações ou captações e os lançamentos considerados insignificantes e para satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, respeitará os critérios e demais parâmetros normativos fixados pelos comitês de bacias hidrográficas, compatibilizados com as definições de vazões remanescentes e vazões de referência definidas nos respectivos Planos Diretores. Os usos e lançamentos,

referidos acima, deverão ser informados ao IGAM para fins de cadastro e atualização do Sistema Estadual de Recursos Hídricos.

O estabelecimento de critérios e parâmetros normativos pelos comitês de bacia hidrográfica serão precedidos de estudos e propostas técnicas a serem realizadas pelas respectivas agências e, na sua falta, pelo IGAM.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos poderá ser suspensa, parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado, nas seguintes circunstâncias.

- não cumprimento, pelo outorgado, dos termos da outorga;
- não utilização da água por três anos consecutivos;
- necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas;
- necessidade de se prevenir ou fazer reverter grave degradação ambiental;
- necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas;
- necessidade de se manterem as características de navegabilidade do corpo de água.

A suspensão da outorga será efetivada por ato do IGAM e:

- implica automaticamente o corte ou a redução dos usos outorgados;
- não enseja quaisquer indenizações ao outorgado, a que título for.

A outorga confere ao usuário o direito de uso do corpo hídrico, condicionado à disponibilidade de água, o que não implica a alienação parcial das águas, que são inalienáveis. O prazo inicial de outorga de direito de uso de recursos hídricos não excederá a trinta e cinco anos, podendo ser renovado. (Lei 13.199 de 21 de janeiro de 1999 e pelo decreto de regulamentação desta, Decreto 41512/ 2001).

2.2 - Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos, seus fundamentos e atributos

Outorga é “consentimento concessão, aprovação, beneplácito”. No sentido jurídico a outorga vai exigir a intervenção do Poder Executivo Federal (art. 29, I, da

Lei 9.433/97) e dos Poderes Executivos estaduais e do Distrito Federal (art. 30, I, da lei mencionada) para manifestar sua vontade. A regulamentação indicará os critérios gerais de outorga e como estes critérios integraram as resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (art. 35, X, da Lei 9.433/97).

A lei 9.433/97 não previu a necessidade de licitação para a outorga de uso dos recursos hídricos. Essa outorga não configura prestação de serviço público, como ocorrerá quando uma empresa destinar-se à distribuição da água em uma cidade. A prestação de serviço de público, conforme o art. 175 da Constituição Federal, está sujeita a realização de licitação, seja esta prestação efetuada diretamente pelo Poder Público ou sob o regime de concessão ou permissão.

A outorga visa a dar uma garantia quanto à disponibilidade de água, assumida como insumo básico de processo produtivo. Salaria, também, que a outorga tem valor econômico para quem a recebe, na medida em que oferece garantia de acesso a um bem escasso. Esclarece que um grande complicador no processo de emissão de outorgas tem origem no fato de que o conceito de disponibilidade hídrica admite diferentes formulações, porque a vazão fluvial é uma variável aleatória, e não uma constante.

Diante da inconstância da disponibilidade hídrica, constata-se que as outorgados não tem direito adquirido a que o Poder Público lhes forneça o quantum de água indicado na outorga. O Poder Público não pode arbitrariamente alterar a outorga, mas pode modificá-la motivadamente, de acordo com o interesse público.

O Código da Águas de 1934 dispunha que “as águas públicas não podem ser derivadas para as aplicações da agricultura, da indústria e da higiene, sem a existência de concessão administrativa, no caso de utilidade pública e, não se verificando esta, de autorização administrativa, que será dispensada, todavia, na hipótese de derivações insignificantes” (art. 43, caput).

2.2.1 - Outorga e reserva hídrica

Merecem ser combinados o art. 11 e o parágrafo único do art. 13, ambos da Lei 9.433/97, quando indicam que a outorga tem como objetivo assegurar o direito de acesso à água e à preservação do uso múltiplo dos recursos hídricos. O uso da água pela fauna e para diluição e dispersão de poluentes integram a multiplicidade do uso dos recursos hídricos. Ao Poder Público e a coletividade incumbe a defesa

do equilíbrio do meio ambiente (art. 225 da CF) e, para o exercício dessa tarefa, no caso enfocado, é necessária atenção para que o deferimento das outorgas solicitadas por usuários específicos não torne inviável a qualidade ambiental de um corpo de água. Assim, à semelhança da reserva legal florestal, há uma reserva hídrica a qual não permitirá que o Poder Público conceda todas as outorgas solicitadas, sem deixar um saldo hídrico suficiente para atender as emergências ambientais de interesse comum da coletividade.

A comissão redatora da minuta do decreto regulamentador da outorga sugeriu que “caberá à autoridade outorgante estabelecer o nível de garantia da disponibilidade hídrica do correspondente corpo de água, observando o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica ou, na falta deste, as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos”. Na mesma minuta do decreto conceitua-se “disponibilidade hídrica, como a diferença entre, o volume aleatório e a soma das seguintes parcelas:

- volume outorgável;
- usos insignificantes;
- quantidade mínima de água para preservação da degradação ambiental e manutenção dos ecossistemas aquáticos;
- quantidade mínima de água para manutenção das características de navegabilidade do corpo de água, quando for o caso”.

“Volume aleatório é aquele disponível em um corpo hídrico, ao longo de um mês; trata-se de uma variável que assume valor diferente a cada mês em função da natural variabilidade hidrológica e em função do manejo dos reservatórios e dos aquíferos”. “Volume outorgável é o máximo volume que pode ser outorgado em um corpo hídrico. O volume outorgável varia mensalmente para o corpo hídrico, sendo composto pela soma do volume já outorgado com o volume ainda disponível para outorga”.

2.2.2 - Vinculação, discricionariedade e ônus da prova do requerente. Publicidade do procedimento de outorga.

O deferimento da outorga está condicionado às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos hídricos, ao enquadramento do corpo de água, à manutenção de condições adequadas ao transporte hidroviário e à

preservação do uso múltiplo dos recursos hídricos (art. 13 e seu parágrafo único da Lei 9.433/97). O ato administrativo da outorga é de natureza vinculada ou regradada quanto os aspectos referidos, não podendo o serviço público colocar outros interesses desatendidos.

Respeitada a parte vinculada do ato administrativo da outorga, este ato poderá conter uma parte discricionária, que deve ter clara e ampla motivação, manifestando a sua “legalidade, moralidade e impessoalidade” (art. 37 da CF), para que não se caia na arbitrariedade. A discricionariedade ocorrerá através de uma escolha baseada na maximização de um interesse público não apontado explicitamente na legislação.

Ao solicitar a outorga dos direitos de uso das águas, cabe ao requerente o ônus de provar a observância das condições exigidas pela legislação. O sistema de responsabilidade civil dos recursos hídricos é o mesmo sistema vigente para o meio ambiente, aplicando-se a responsabilidade objetiva ou sem culpa (art. 14, parágrafo 10, da Lei 6.938/81).

Na implementação do princípio básico do “Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos” (art. 26, III – “acesso aos dados e informações garantido a toda sociedade”) é de ser aplicado no sistema de procedimentos da outorga de direito de uso dos recursos hídricos o art. 10, paragr 1º, da Lei 6.938/81: “Os pedidos de licenciamento, sua renovação e a respectiva concessão serão publicados no jornal oficial do Estado, bem como em um periódico regional ou local de grande circulação”. A outorga não é uma “ação entre amigos”, em que somente entram em relação o requerente e o órgão público. O procedimento de outorga, para realmente apresentar resultados assecuratórios do interesse geral e da boa gestão das águas, precisa dar oportunidade e efetiva informação social.

2.2.3 - Dever de fiscalizar a Outorga dos Direitos de Uso dos Recursos Hídricos.

A responsabilidade civil, administrativa e criminal do órgão público que emitir a outorga não termina com esse ato. Cumpre a esse órgão público “regulamentar e fiscalizar os usos” (arts. 29, II e 30, I, da Lei 9.433/97).

A fiscalização do uso das águas inclui inspeções periódicas. Para isso, o órgão público necessita ter verba para o transporte dos servidores públicos, assim

como diária para os mesmos. Caso contrário, a outorga tornar-se-á um ato sem nenhum resultado benéfico para o meio ambiente e para os bons usuários.

Cabe à propositura de ação civil pública visando ao “cumprimento da obrigação de fazer” a fiscalização, pois essa atividade não pode ser efetuada segundo o arbítrio da administração (Lei 7.347/85).

2.2.4 - Condições Constantes da Outorga dos Direitos de Uso dos Recursos Hídricos e Cobrança do Uso .

A regulamentação haverá de prever o elenco das condições que deverão constar no ato administrativo da outorga. Como exemplo, inserir o art. 31 do Decreto 89.496/84, que regulamentou a Política Nacional de Irrigação. “As concessões ou autorizações de que trata esta seção, deverão especificar a vazão outorgada, a obrigatoriedade de o concessionário ou autorizado implantar e manter infra-estrutura de medição de água, tempo de vigência e demais elementos técnicos econômicos relevantes, para caracterizar os direitos e obrigações do beneficiário”.

A transmissão regular e veraz de informações por parte dos usuários sobre a quantidade e a qualidade das águas captadas, derivadas ou aproveitadas e dos lançamentos efetuados é uma condição da vigência da outorga. Seria oportuno que na expedição da vigência da outorga constasse o modo da prestação dessas informações.

O cumprimento das condições constantes da outorga é condição indispensável para a vigência da referida outorga. Por isso é que o art. 15, I, da Lei 9.433/97 prevê a possibilidade de ser suspensa a outorga pelo não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga.

“Serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeito à outorga, nos termos do art. 12 dessa Lei” (art. 20 da Lei 9.433/97). Há, pois, uma união entre cobrança e outorga, de tal forma que a cobrança pelo uso dos recursos hídricos mereça ser inserida como uma das condições da outorga dos direitos de uso desses recursos.

2.2.5 - Infrações Relativas à Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos

Os incisos I e III do art. 49 da Lei 9.433/97 prevêem infrações relativas à outorga, a saber: “derivar ou utilizar recursos hídricos para qualquer finalidade, sem a respectiva outorga de direito de uso”; “utilizar-se dos recursos hídricos ou executar obras ou serviços relacionados com os mesmos em desacordo com as condições estabelecidas na outorga”.

O art. 50 prevê quatro tipos de penalidades para as infrações apontadas: advertência, multa, embargo provisório e embargo definitivo. Tanto na advertência como no embargo provisório serão fixados prazos para a correção das irregularidades, assim como execução de serviços e obras necessários ao efetivo cumprimento das condições de outorga.

A penalidade do embargo definitivo ocasiona a revogação da outorga. Poderá o embargo definitivo ser acrescido da obrigação de “repor incontinenti no seu antigo estado, os recursos hídricos, leitos e margens, nos termos dos arts. 58 e 59 do Código das Águas”. Trazendo-se à colação o art. 58 do Código das Águas, vemos que “a administração pública respectiva, por sua própria força e autoridade, poderá repor incontinenti no seu antigo estado, as águas públicas, bem como seu leito e margem, ocupados por particulares, ou mesmo pelos Estados ou Municípios”. Assim, ou a própria administração pública faz a reconstituição do recurso hídrico ou esta exigirá que o infrator reconstitua o recurso hídrico, o leito e a margem indevidamente utilizados. A administração pública na consecução da obrigação de reconstituição do ambiente hídrico poderá utilizar validamente a ação civil pública.

2.2.6 - Outorga dos Direitos de Uso dos Recursos Hídricos e Estudo Prévio de Impacto Ambiental

O Estudo Prévio de Impacto Ambiental, além de ser uma exigência constitucional e da legislação brasileira infraconstitucional, é um procedimento indispensável na prevenção dos danos aos recursos hídricos nos atos de controle do Poder Público.

O ato administrativo da outorga de direito de uso da água não é um ato isolado da administração pública. Nesse sentido, dizem os arts. 29 e 30 caput, da Lei 9.433/97, que compete ao Poder Executivo Federal e aos Poderes Executivos estaduais e do Distrito Federal “promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental” (inciso IV e ambos os artigos).

A “autoridade responsável pela efetivação de outorgas” procurará ter conhecimento sobre se foi ou não exigido o procedimento de Estudo Prévio de Impacto Ambiental. Se esse estudo foi exigido, poderá essa autoridade exigir esclarecimentos, vistorias e diligências da equipe multidisciplinar. Será da máxima utilidade que o órgão público responsável pela outorga acompanhe a audiência pública que for realizada. O conteúdo dos debates e documentos juntados na audiência deverá embasar a decisão da outorga dos direitos de uso das águas.

Caso o Estudo Prévio de Impacto Ambiental seja exigível e não tenha sido exigido pelo órgão público ambiental, caberá ao órgão público responsável não conceder à outorga, enquanto tal estudo não for devidamente apresentado, sob pena de responsabilização civil e criminal.

Deve-se exigir a apresentação de um Estudo Prévio de Impacto Ambiental nas “obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins hidrelétricos acima de 30 MW; de saneamento ou irrigação; abertura de canais para navegação; drenagem e irrigação; retificação de cursos d’água; abertura de embocaduras; transposição de bacias e diques” (Resolução do CONAMA-1/86, art. 2º, VII).

A relação apresentada não esgota a possibilidade de exigir-se, do órgão responsável pela outorga, constatar significativa degradação do meio ambiente ou houver potencialidade de degradação do meio ambiente em razão da atividade ou instalação de determinadas obras, conforme a Constituição Federal (art. 225, parágrafo 1º, IV), deverá exigir o Estudo Prévio de Impacto Ambiental mesmo que a obra ou a atividade não constem do rol apontado na resolução do CONAMA.

Caso seja prevista a apresentação do licenciamento ambiental após o deferimento da outorga, a autoridade outorgante poderá ter interesse em acompanhar o Estudo Prévio de Impacto Ambiental, pois este estudo terá repercussão na renovação da outorga ou na suspensão.

2.2.7 - Outorga dos Direitos de Uso dos Recursos Hídricos e Licenciamento Ambiental

Esses dois instintos jurídicos guardam uma grande aproximação, podendo até ser unificados, se para tanto houver interesse da administração pública e eficácia de resultados sociais.

Enquanto estiverem diferenciados, a outorga dos direitos de uso tem um campo mais largo do que o licenciamento ambiental. A outorga, além do caso concreto do pedido analisado, deve considerar primeiramente o Plano de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica, dos estados e do país. Estando em desacordo com esses planos, o requerimento de outorga deve ser indeferido.

A apresentação da licença ou autorização ambiental dependerá do que constar na legislação ambiental federal, estadual ou municipal pertinente. A outorga não exige o outorgado de obter o “licenciamento ambiental”, como, por exemplo, apontam os Decretos 41.258, de 31/10/96, do estado de São Paulo (art. 5º), e 37.033, de 21/11/96, do Estado do Rio Grande do Sul (art. 6º).

2.2.8 - Sistema Integrado de Outorgas

Preconiza-se a adoção de um sistema integrado de outorgas, quando numa mesma bacia hidrográfica for diverso o domínio das águas a montante ou a jusante. No Brasil, diante da existência de águas da União, dos Estados e do Distrito Federal, é preciso buscar-se um procedimento harmonizador das várias outorgas. Espera-se que a regulamentação trate desta matéria.

O sistema integrado de outorgas merecia ter numa fase comunicação do pedido de outorga aos Poderes Públicos dos corpos hídricos situados a montante e a jusante. Decorrido o prazo da consulta, se todos os Poderes Públicos estivessem de acordo, a outorga seria emitida. Se houvesse desacordo, o procedimento entraria na fase de negociação. Persistindo o desencontro de opiniões, os interessados poderiam buscar instâncias administrativas – o Comitê de Bacia Hidrográfica (art. 38, II, da Lei 9.433/97) e o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (art. 35, II, III e IV, da Lei 9.433/97).

2.2.9 - Delegação da Outorga

“O Poder Executivo Federal poderá delegar aos Estados e ao Distrito Federal competência para conceder outorga de direito de uso de recurso hídrico de domínio da União” (art. 14, parágr 1º, da Lei 9.433/97).

Para delegação ou transferência de seu poder de outorga, a União deverá verificar se o Estado ou o Distrito Federal têm condições administrativas para bem executar essa tarefa. A delegação da outorga não pode ser imposta à unidade federada delegada. Também, não é um direito a reclamar pela unidade federada.

A delegação da outorga de seu domínio não libera a União da co-responsabilidade de zelar pela implementação adequada das normas de outorga. A responsabilidade originária sobre o bom uso dos rios federais é da União, por força da Constituição Federal (art. 20, III). Dessa forma, merece ser inserida na regulamentação norma no sentido de que os Estados e o Distrito Federal comunicarão à União as outorgas concedidas e as medidas de suspensão, de racionamento e medidas punitivas efetuadas.

Ressalte-se que, por prudência e eficácia no controle da outorga, quando houver conflito de usos em um rio federal que banhe dois, ou mais Estados, a União deverá conservar em suas mãos o poder de outorga, não o delegando, exercendo uma ação pacificadora e integradora nessa área da bacia hidrográfica.

2.3 – Medição de Vazão e Monitoramento Hidrológico em Pequenas Bacias Hidrográficas

Medição de vazão é todo processo empírico utilizado para determinar a vazão em um corpo de água. A vazão ou descarga de um rio é o volume de água que passa através de uma seção transversal na unidade de tempo (em geral em segundo). Em hidrometria essa vazão é associada a uma cota limétrica h (cota da superfície livre em relação a um plano de referência arbitrário). Os principais métodos de medição de vazão são:

- medição e integração da distribuição de velocidade;
- método acústico;
- método volumétrico;

- método químico;
- uso de dispositivos de geometria regular (vertedores e calhas Parshal);
- medição com flutuadores.

Existem metodologias para o monitoramento hidrológico de pequenas bacias hidrológicas, ficando evidente a necessidade de medir no campo uma série de variáveis hidrológicas e meteorológicas para permitir o conhecimento das características hidrológicas e para possibilitar a aplicação dos modelos matemáticos que permitem prever chuvas e vazões, estimar a probabilidade associada a eventos raros e quantificar as possibilidades do aproveitamento dos recursos hídricos.

Para esse monitoramento é necessário a instalação de postos ou estações pluvio-fluviométricas, onde se medem precipitações e vazões. Essas estações proporcionaram condições para caracterização dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica e também um monitoramento proporcionando um maior e melhor controle desses recursos hídricos. Para que esse monitoramento seja eficaz torna-se necessário à instalação de uma rede de monitoramento dentro da bacia, ou seja, um conjunto de estações pluvio-fluviométricas, onde a função dessa rede de monitoramento é proporcionar uma densidade e distribuição de estações em uma região de modo que, por interpolação entre a série de dados das diferentes estações, seja possível determinar, com suficiente precisão, as características básicas das grandezas hidrológicas em qualquer local da bacia.

Para garantir uma qualidade satisfatória dos dados observados, instrumentos confiáveis devem ser selecionados, capazes de medir ou registrar dados com precisão suficiente para as condições nas quais são operados.

A configuração da rede deve ser planejada de modo que as estações proporcionem uma amostragem adequada das variações das características hidrológicas da região. Deve-se tentar distribuir um número razoavelmente uniforme de estações dentro de cada área fisiograficamente significativa.

A rede de monitoramento deve ser revista a cada período de alguns poucos anos de operação e, quando necessário, novas estações devem ser adicionadas ou algumas estações abandonadas ou realocadas para assegurar a representatividade e precisão das medidas. A localização das estações deve também levar em consideração as condições locais, como acessibilidade, topografia e geologia que poderiam resultar em problemas estruturais ou operacionais.

A operação dessas redes de monitoramento constitui uma tarefa à longo prazo, pois, para que as medidas de variáveis hidrológicas possam produzir frutos, em geral necessita-se de pelo menos dez anos de observação.

Em geral, a operação das redes hidrométricas de monitoramento está a cargo de órgãos públicos, como a ANEEL, ANA e órgãos das administrações estaduais. Há ainda a atuação de empresas de energia elétrica e de saneamento básico nesse setor, além de universidades e instituições de pesquisa que operam geralmente através de convênios.

Quanto à forma de operar, destacam-se as chamadas redes manuais, automáticas e telemétricas. No primeiro caso, as grandezas são lidas em horários fixos por observadores que anotam os resultados em cadernetas; no segundo, há aparelhos registradores automáticos e contínuos que registram o valor medido continuamente em um gráfico ou um arquivo magnético; finalmente, no terceiro caso, a medida é transmitida eletronicamente a um centro de operações em horários fixos ou continuamente.

Na prática, o que ocorre é que a maioria das redes é mista, contando com estações manuais e automáticas. Quando o conhecimento do valor medido no momento de sua ocorrência é vital, por exemplo para operar um serviço de previsão de vazões ou chuvas em tempo real, a instalação de estações telemétricas é necessária.

É de fundamental importância a instalação de estações pluviométricas, formando uma rede de monitoramento dentro da bacia para que os órgãos gerenciadores desses recursos hídricos possam ter informações e subsídios para tal controle e gerenciamento destes recursos.

A instalação dessas estações de monitoramento são geralmente caras, então (Silveira, 1997) propôs um processo de avaliação de vazão que fosse rápido, preciso e prático. Assim a escolha recaiu sobre estruturas do tipo calha Parshall com fundo raso (Alfaro et al, 1974), apud Silveira (1997). Esse tipo de calha, normalmente é utilizada para avaliar as afluências a sistemas de irrigação (Carlesso, 1988), (Boss et al, 1987) e a sistemas de esgotos sanitários, (Jordão e Pessoa, 1995) possuindo capacidade de monitorar um intervalo restrito de vazões.

O monitoramento de vazões através de calhas Parshall foi então, pela pesquisa proposta por Silveira (1992), avaliado como uma alternativa para minimizar as dificuldades de :

- alto custo da aparelhagem de monitoramento contínuo;
- a inadequação de réguas limnimétricas por meio de uma estação convencional.

Esta alternativa visa a buscar sempre a maior quantidade de informações hidrológicas com a maior viabilidade econômica administrativa.

Contudo, na maior parte dos trabalhos em pequenas bacias, com a impossibilidade de construção de calhas Parshall, ainda tem-se que recorrer a estudo de regionalização de vazões em pequenas bacias hidrográficas, para que se possa arbitrar valores a serem outorgados.

2.4 - Análise da viabilidade de aplicação de um fator de correção anual para o critério de vazão de outorga adotado no Estado de Minas Gerais

Atualmente, o Governo do Estado de Minas Gerais, por meio do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), tem concedido outorgas de direito de uso das águas superficiais em uma seção fluvial até o valor equivalente a 30% da vazão mínima de 7 dias duração e 10 anos de tempo de retorno, ou $Q_{7,10}$. Entretanto, observa-se em algumas regiões que este valor máximo de vazão de outorga pode ser insuficiente para o atendimento das demandas de todos os usuários existentes na bacia. Este valor calculado, através dos períodos críticos de estiagem, é mantido fixo ao longo do ano, restringindo assim um maior uso da água em meses fora do período de estiagem, em anos de maior oferta hídrica.

(Medeiros & Naghettini, 2000), propuseram e avaliaram a utilização de um fator de correção anual para a vazão de outorga, baseado em uma relação entre as vazões observadas no início do ano e no início do período de estiagem, o qual resulta em valores superiores ao critério de 30% de $Q_{7,10}$, para anos chuvosos.

Para a realização da análise de regressão regional de FC foram determinadas as áreas de drenagem, as constantes de recessão e os índices de escoamento base para cada estação.

O modelo de regressão para FC foi ajustado pelo método dos mínimos quadrados, sendo retiradas, após cada ajuste, as variáveis com menor correlação, a fim de encontrar o modelo mais simples porém, com ajuste satisfatório. Foi então adotado o modelo:

$$FC = 0,60155 \left(\frac{Q_{Abril}}{Q_{MLT}} \right)^{1,73547} + 0,98757 \quad (2.1)$$

onde: FC - fator de correção;

Q_{ABRIL} - vazão observada para o mês de Abril;

Q_{MLT} - média de longo termo.

Após a análise, estabeleceu-se um limite para a utilização desta equação, sendo a mesma satisfatória apenas para áreas de drenagem superior a 2500 Km².

2.5 - Avaliação e Pesquisa de Índices de Outorga no Estado de Minas Gerais

Este tópico foi compilado de Schwartzman e Diniz, 2001

O gerenciamento de recursos hídricos impõem dois níveis centrais de problemas: por um lado tem-se a gestão da oferta de água, com o objetivo de disponibilizá-la em quantidade e qualidade e, por outro lado, as atividades relacionadas á gestão da demanda onde se procura racionalizar e disciplinar o uso (Guimarães, 1993).

No Estado de Minas Gerais estão registrados no banco de dados do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), órgão responsável pela emissão das outorgas, 5.105 outorgas de direito de uso das águas concedidas desde o ano de 1987. A Figura 2.2 apresenta a distribuição relativa das outorgas vigentes para derivações e intervenções de águas superficiais e de águas subterrâneas. Tem-se um total de 2.390 portarias autorizativas para águas superficiais e 1.975 de portarias autorizativas para águas subterrâneas, com data de emissão até 02/06/2001.

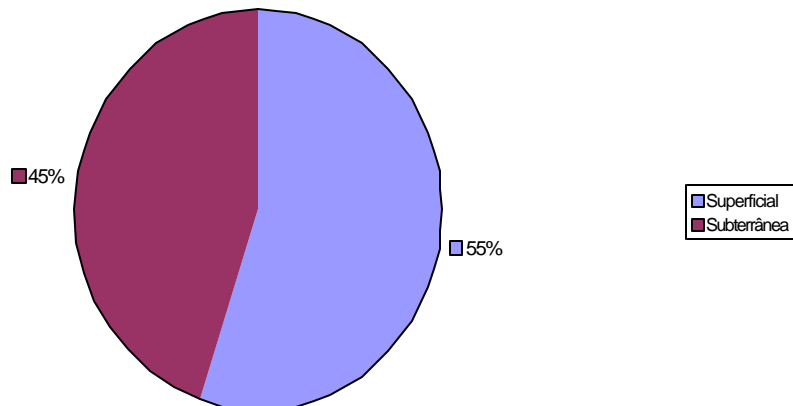


Figura 2.2– Distribuição relativa do número de outorgas até 02/06/2001

A Figura 2.3 apresenta os percentuais relativos às vazões outorgadas. Tem-se um total de 135,04 m³/s de águas públicas outorgadas através de captações de águas superficiais e 22,78 m³/s de águas públicas outorgadas através de captações de águas subterrâneas.

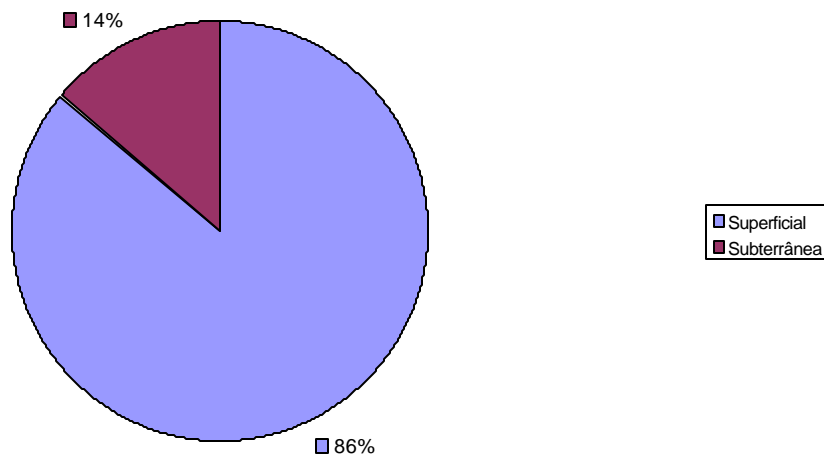


Figura 2.3– Distribuição relativa das vazões outorgadas até 02/06/2001

Numa primeira análise no banco de dados é possível identificar os principais usos outorgados. É interessante observar que as outorgas de direito de uso dos recursos hídricos são solicitadas ao IGAM de maneira aleatória, não havendo um trabalho sistemático de fiscalização ou indução para que os usuários se cadastrem.

Entre as outorgas de direito de uso de águas superficiais, destacam-se, em número, aquelas emitidas para fins de irrigação e abastecimento público, correspondendo a aproximadamente 72,6% e 17,7%, respectivamente. O abastecimento público e a irrigação, novamente, são os usos predominantes entre o número de outorgas emitidas para o direito de uso das águas subterrâneas na proporção de 48,2% e 35,1%. São ainda significativos os usos das águas superficiais e subterrâneas para dessedentação de animais e consumo industrial. Demais outorgas estão distribuídas entre usos diversos, como, por exemplo, piscicultura, recreação, paisagismo, etc. A Figura 2.4 apresenta a distribuição do número de outorgas por tipo de uso, para águas superficiais e subterrâneas.

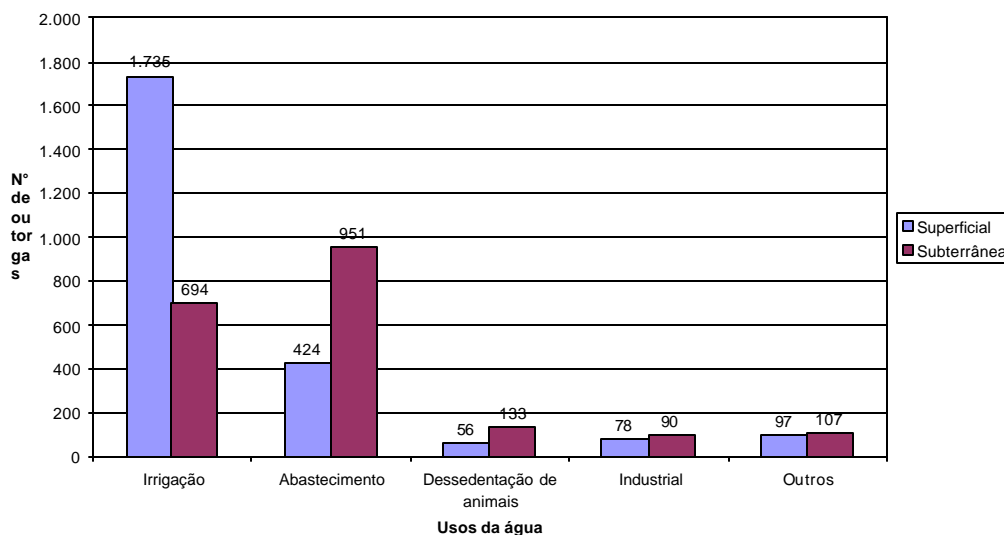


Figura 2.4 – Usos outorgados no Estado de Minas Gerais até 02/06/2001

Ainda com referência aos principais usos, verifica-se na Figura 2.5 que as vazões outorgadas para irrigação e abastecimento público correspondem a 49% e 36,4%, respectivamente.

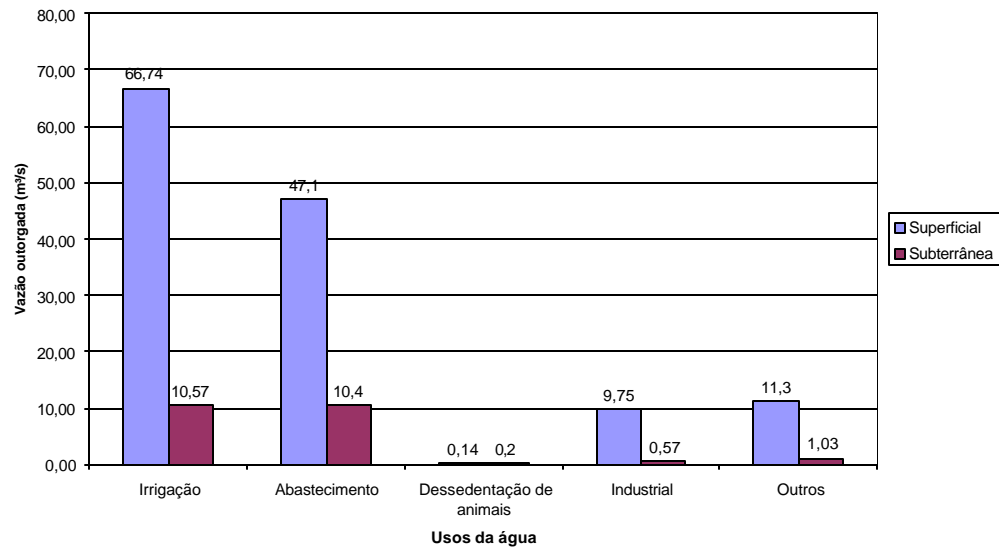


Figura 2.5– Vazões outorgadas por tipo de uso até 02/06/2001

2.6 - Outorgas registradas na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí

Segundo o IGAM, estão registradas 32 outorgas na bacia do rio Sapucaí, sendo 19 outorgas superficiais e 13 subterrâneas, conforme mostra a figura 2.6.

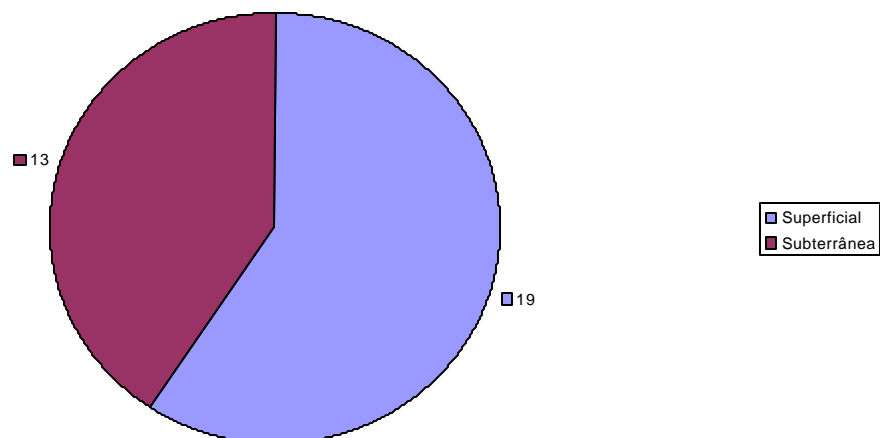


Figura 2.6 – Distribuição das outorgas na bacia do rio Sapucaí até 06/12/2002

Na bacia do Alto Sapucaí temos registradas 13 outorgas, sendo 6 superficiais e 7 subterrâneas, divididas entre os cursos d'água mostrados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Distribuição do n° de outorgas na bacia do Alto Sapucaí até 06/12/2002

Bacias Hidrográficas	N° de outorgas	Superficiais	Subterrâneas
Rio Lourenço Velho	4	3	1
Ribeirão de José Pereira	2	-	2
Afluente da margem direita do Rio Sapucaí	2	-	2
Ribeirão Vargem Grande	2	2	-
Ribeirão dos Porcos	3	2	1

Capítulo 3 – Material e Métodos

Como é objetivo do presente trabalho subsidiar o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí com a indicação de vazões de outorga ($Q_{7,10}$), foram estabelecidas a área da bacia hidrográfica do Alto Sapucaí e a sua divisão em outras seis sub-bacias dos principais cursos d'água, onde foram calculados suas áreas de drenagem, perímetro, comprimento do curso d'água principal, desnível, e as declividades de cada sub-bacia.

Foram utilizados para a realização desta dissertação, dados de séries históricas de vazões de 26 estações fluviométricas, séries de dados de vazões variando de 10 a 60 anos, extraídos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esses dados fluviométricos foram retirados de estações que se encontram dentro e fora da bacia do Alto Sapucaí, mas que possuíssem as mesmas características pluviométricas, mesmo tipo de relevo e de solo.

3.1 - Caracterização da área da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí

A bacia hidrográfica do Alto Sapucaí, afluente do Rio Grande, localiza-se na região sudeste, atravessando dois estados, São Paulo e Minas Gerais, entre os paralelos $22^{\circ}:40':38''$ e $22^{\circ}:12':33''$ de latitude sul e os meridianos $45^{\circ}:4':39''$ e $45^{\circ}:45':33''$ de longitude oeste. Possui uma área de drenagem total de cerca de 3.000 Km², correspondente a 0,56% da área total do Estado. O Rio Sapucaí nasce na Serra da Mantiqueira, no município de Campos de Jordão - SP, com 1.650m de altitude aproximadamente, e deságua no reservatório de Furnas, aproximadamente, 780 m de altitude, atravessando, aproximadamente, 343 Km (percorrendo 34 Km dentro do estado de São Paulo e 309 Km por Minas Gerais, aproximadamente).

A Bacia do Alto Sapucaí, da nascente até uma seção a jusante do ribeirão Vargem Grande, o rio Sapucaí percorre aproximadamente 120 Km, drenando uma área de 3000 Km². Seus principais afluentes neste trecho são, o Rio Santo Antônio, Ribeirão de José Pereira e o Rio Lourenço Velho, pela margem direita, e os Ribeirões Anhumas, Piranguçu e Vargem Grande pela margem esquerda.

A região abrange 12 municípios, sendo eles: Campos do Jordão, Wenceslau Brás, Delfim Moreira, Itajubá, Maria da Fé, Pedralva, Marmelópolis, São José do Alegre, Piranguçu, Piranguinho, Santa Rita do Sapucaí e Brasópolis cidades localizadas totalmente dentro da bacia, com cerca de 227.726 habitantes, conforme o Censo de 2000 do IBGE.

As declividades variam desde extremos máximos de 25%, juntos as nascentes, até atingir valores médios, no restante do trecho de planície.

O relevo é composto basicamente por montanhas, a vegetação nativa da região é constituída predominantemente por pastagens e árvores de médio porte, característico de regiões de clima tropical de altitude.

Os terrenos da bacia são ocupados predominantemente com pastagens e remanescentes de matas de galeria e araucárias. A topografia íngreme dominante não favorece a prática da agricultura, que fica restrita às várzeas de alguns cursos de água.

O clima na cabeceira, influenciado pela Serra da Mantiqueira, é caracterizado por temperatura média anual de 13,6°C e total médio anual de precipitação superior a 1500mm. No restante da bacia predominam temperaturas amenas durante o ano todo, com valores médios entre 18°C e 22°C, com precipitação média anual inferior a 1500mm, podendo ocorrer 1 ou 2 meses sem chuva. Verificam-se 2 estações bem definidas: uma estação chuvosa e outra seca, que de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw. A Figura 3.1 mostra a área da bacia hidrográfica e seus municípios.

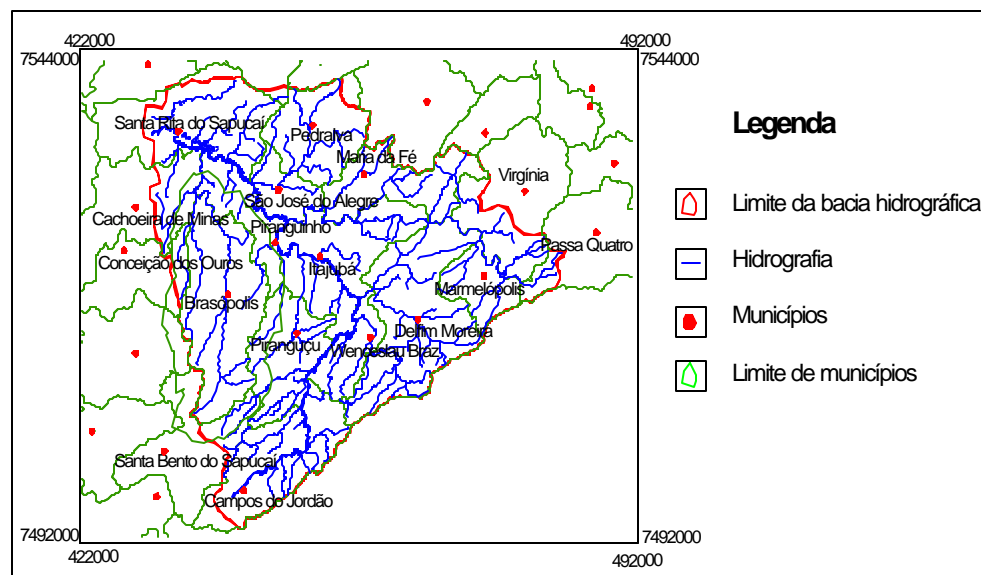


Figura 3.1 – Área da Bacia Hidrográfica do Alto Sapucaí (Fonte: Maia)

3.2 - Localização das estações fluviométricas

Tem-se na Tabela 3.1 as localizações e cursos d'água correspondentes das 26 estações fluviométricas.

Tabela 3.1 – Dados das estações fluviométricas

Estações Fluviométricas	Código	Curso d'água	Latitude	Longitude
Fazenda da Guarda	61250000	Rio Sapucaí	-22:41:16	-45:28:47
Vila Maria	61255000	Rib.São Bernardo	-22:36:0	-45:23:0
Fazenda Córrego Alegre	61266000	Rib.do Ataque	-22:32:0	-45:27:0
Delfim Moreira	61267000	Rib.do Taboão	-22:30:35	-45:17:12
Itajubá	61271000	Rio Sapucaí	-22:26:36	-45:25:35
Itajubá	61272000	Rio Sapucaí	-22:26:0	-45:27:0
Bairro Santa Cruz	61280000	Rio Lourenço Velho	-22:24:25	-45:12:54

Tabela 3.1 – Dados das estações fluviométricas (continuação)

São João de Itajubá	61285000	Rio Lourenço Velho	-22:22:31	-45:26:54
Brasópolis	61295000	Rib. Vargem Grande	-22:28:11	-45:37:19
Santa Rita do Sapucaí	61305000	Rio Sapucaí	-22:15:5	-45:42:32
Posto Fiscal Rio Negro	61317000	Rio Pequeno	-22:46:0	-45:45:0
Usina Paraisópolis	61323000	Ribeirão Vermelho	-22:36:0	-45:47:0
Cachoeira Gonçalves	61335000	Rio Capivari	-22:34:0	-45:53:0
Bairro do Analdino	61343000	Rio Capivari	-22:33:54	-45:53:1
Conceição dos Ouros	61350000	Rio Sapucaí Mirim	-22:24:52	-45:37:31
Cambuí	61360000	Rio Itaim	-22:36:26	-46:0:31
Ponte do Rodrigues	61370000	Rio Itaim	-22:21:14	-45:51:17
Pouso Alegre	61380000	Rio Mandu	-22:13:0	-45:59:0
Usina São Miguel	61405000	Ribeirão São Miguel	-22:0:0	-45:0:0
Itanhandu	61429000	Rio Verde	-22:17:40	-44:56:12
Bairro São Geraldo	61431000	Rio Passa Quatro	-21:23:0	-44:58:0
Itanhandu	61434000	Rio Passa Quatro	-22:17:0	-45:0:0
Itamonte	61440000	Rio Capivari	-22:17:0	-44:38:0
Conquista	61443000	Ribeirão da Conquista	-22:15:0	-44:50:0
Usina Pouso Alto	61447000	Ribeirão Pouso Alto	-22:12:0	-44:58:0
São Lourenço	61450000	Rio Verde	-22:7:0	-45:5:0

A Figura 3.2 mostra a localização das estações fluviométricas que fazem parte da bacia do Alto Sapucaí, em número de 8, num total de 26 estudadas.

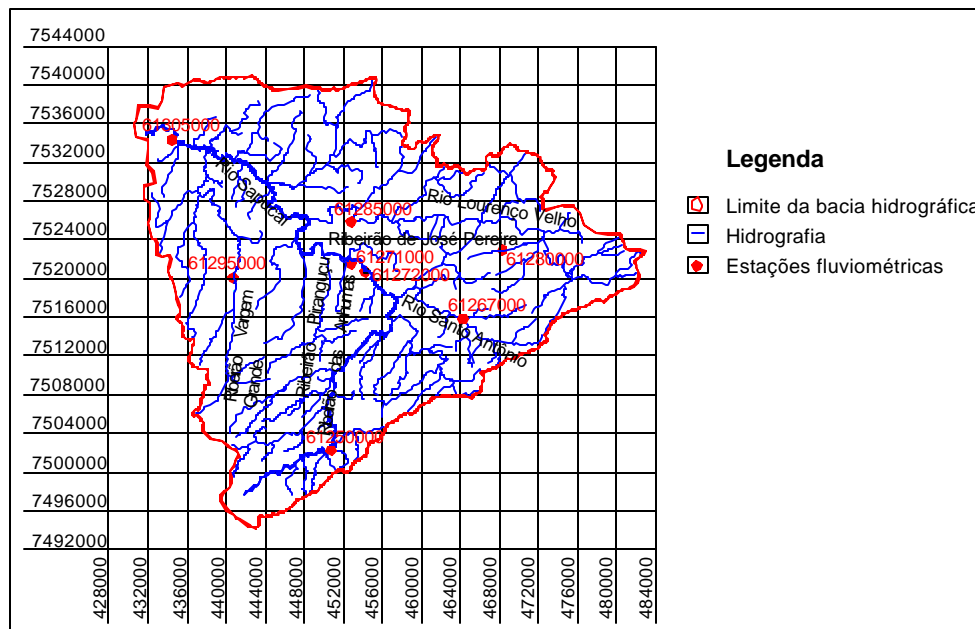


Figura 3.2 – Localização das estações fluviométricas do Alto Sapucaí (Fonte: Maia)

3.3 - Metodologia para obtenção de vazões $Q_{7,10}$

1) Procedimento para cálculo de Q_7 anual

Passo 1: Cálculo das vazões médias de 7 dias, dentro de um determinado mês;

Passo 2: Das 12 vazões mínimas de sete dias, de um determinado ano, é obtida a vazão mínima desses valores;

Passo 3: Do período de medição da estação fluviométrica, obtém-se, assim, a Q_7 anual mínima, da referida estação.

2) Estabelecimento de tempo de retorno de 10 anos

Para a análise do tempo de recorrência de 10 anos, utilizou-se 5 curvas de distribuição de probabilidades teóricas para encontrarmos um melhor ajuste das vazões Q_7 anuais às probabilidades obtidas por Kimball; sendo utilizado também para estas comparações, ajuste de linha de tendência polinomial da planilha Excel[®].

A distribuição das probabilidades, por Kimball, é dada por:

$$P = \frac{m}{n+1} \quad (3.1)$$

onde: P - probabilidade de ocorrência do evento;
 m - ordem do evento;
 n - número de eventos.

As distribuições de probabilidade teóricas encontram-se na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Distribuições de probabilidade teóricas

Distribuição de probabilidades	
Polinomial	$P = a_1 Q^i + a_2 Q^{i-1} + \dots + a_i Q + a_{i+1}$
Gumbel	$P = 1 - e^{-e^{-\frac{(Q-\bar{Q})^2}{2s}}}$
Normal	$P = \int_{-\infty}^Q \frac{1}{s\sqrt{2p}} e^{-0,5\left[\frac{(Q-\bar{Q})}{s}\right]^2} dQ$
Gama	$P = \int_{-\infty}^Q \frac{1}{b^u \Gamma(u)} Q^{u-1} e^{-\frac{Q}{b}} dQ$
LogNormal	$P = \int_{-\infty}^Q \frac{1}{Q s_n \sqrt{2p}} e^{-0,5\left[\frac{(L_n(Q)-\bar{Q}_n)}{s_n}\right]^2} dQ$

onde: Q - vazão referente ao evento, em [m³/s];

\bar{Q} - média da amostra de vazões;

σ - desvio-padrão da amostra;

β é dado por: $b = \frac{\bar{Q}}{s}$;

3) Estabelecimento de $Q_{7,10}$ em função da área da bacia

Para a determinação da vazão $Q_{t,Tr}$ em locais sem dados históricos é necessário fazer uma regionalização dos dados de vazão para os locais onde não há registros fluviométricos.

Algumas das variáveis que podem ser utilizadas são: área de drenagem, precipitação média anual, declividade do rio, densidade de drenagem e comprimento do rio. A regionalização, neste trabalho, será função da área de cada sub-bacia em relação as vazões $Q_{7,10}$ estabelecidas para cada estação fluviométrica, com as suas respectivas áreas de drenagem.

3.4 - Fator de correção de sazonalidade mensal

Passos para a obtenção da sazonalidade:

- utiliza-se a média de todas as vazões mínimas de cada mês para todos os anos da série histórica da respectiva estação fluviométrica;
- com as médias mínimas mensais de todos os meses, dividimos cada mês pela menor média encontrada em toda série histórica para um determinado mês onde encontramos um fator de correção para cada mês;
- obviamente este mês de menor média não terá um fator de correção, ficando restringido a ele os mesmos 30% da vazão $Q_{7,10}$;
- pega-se este fator de correção mensal e multiplica-se pela vazão $Q_{7,10}$ e também por 30% de $Q_{7,10}$, obtendo assim 2 possibilidades de vazão de outorga para cada mês, ampliando o leque de opções do gerenciador do recurso hídrico. Se há a possibilidade de mantermos apenas os 70% de $Q_{7,10}$, conhecida como *vazão ecológica*, pode aplicar-se o FC sobre $Q_{7,10}$, subtraímos dessa multiplicação a vazão ecológica e, por conseguinte, a disponibilidade hídrica será maior que a aplicação de FC diretamente sobre os 30% de $Q_{7,10}$.

Com base neste procedimento o fator de correção para a sazonalidade será dado por:

$$FC = \frac{MMM(x)}{MMM(< \text{mês})} \quad (3.2)$$

onde: MMM - média mínima mensal;

FC - fator de correção

Foram testadas as médias mensais de todos os dias da série histórica, mas observou-se que há uma grande variação nos meses de maiores médias devido a altos valores de vazões diárias destes meses.

3.5 - Procedimentos para os estudos de casos

Para os estudos de casos, adotou-se uma metodologia que já vem sendo utilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), que é aquela definida pelas coordenadas do ponto na bacia, a conseqüente área de drenagem e a utilização de regressão linear advinda da regionalização de vazões.

Foram feitas comparações da vazão de outorga concedida pelo IGAM em três pontos da bacia do Alto Sapucaí, com as vazões que foram estabelecidas nos mesmos pontos pelo presente trabalho.

Para a realização destes estudos de casos devem ser seguidos os seguintes passos:

- delimita-se, de acordo com as coordenadas do mapa, a área na qual se insere o trecho d'água onde se quer estabelecer a vazão de outorga;
- aplica-se a estes dados a equação de regionalização, obtendo-se, assim, a vazão de outorga para aquela área;
- obtém-se os fatores de correção de sazonalidade mensal do posto fluviométrico mais próximo do ponto em estudo e aplica-se estes valores à vazão de outorga, estabelecendo um maior aproveitamento nos meses de maior disponibilidade hídrica.

Capítulo 4 – Resultados e Comentários

A Tabela 4.1 mostra as características geométricas e hidrológicas das 6 sub-bacias.

Tabela 4.1 - Características geométricas e hidrológicas das 6 sub-bacias

	Anhumas	José Pereira	Piranguçu	Santo Antônio	Vargem Grande	Lourenço Velho
Área [km ²]	24,65	48,96	103	235,51	351,77	642,43
Perímetro [km]	24,04	33,71	65,16	77,512	115,90	178,87
L _{principal} [km]	9,2	14,4	28,1	28,0	61,0	82,4
Desnível [m]	271	547	880	960	590	832
Declividade [m/km]	29,4	38,0	31,3	34,3	9,7	10,1

Os mapas das 6 sub-bacias estão mostrados nas Figuras 4.1 a 4.6. Estes mapas foram escaneados das Cartas Topográficas das cidades de Campos do Jordão, Delfim Moreira, Itajubá, Lorena, Santa Rita do Sapucaí e Virgínia, digitalizados por meio do Programa AUTOCAD[®]. Dessa digitalização, as áreas das bacias foram calculadas, bem como os perímetros das mesmas e o comprimento do rio principal. Os rios estão em cor azul e o limite da bacia em vermelho. As estações fluviométricas, quando existentes, estão marcadas pelo seus respectivos códigos.

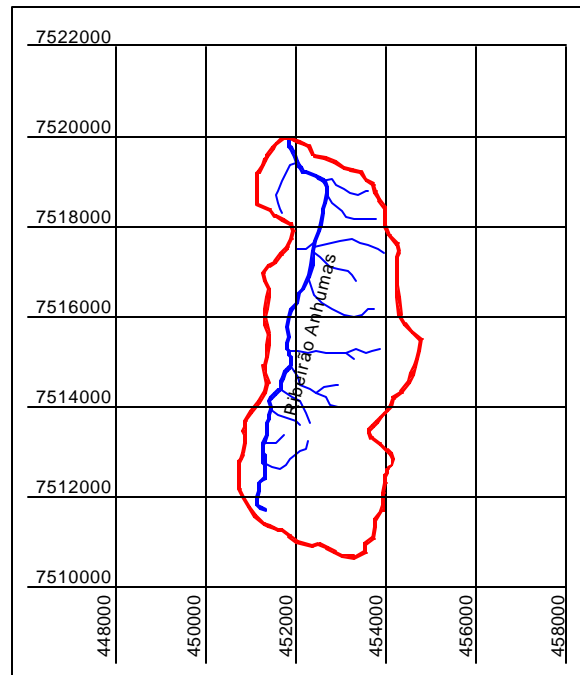


Figura 4.1 – Sub-bacia do Ribeirão Anhumas (Fonte: Maia)

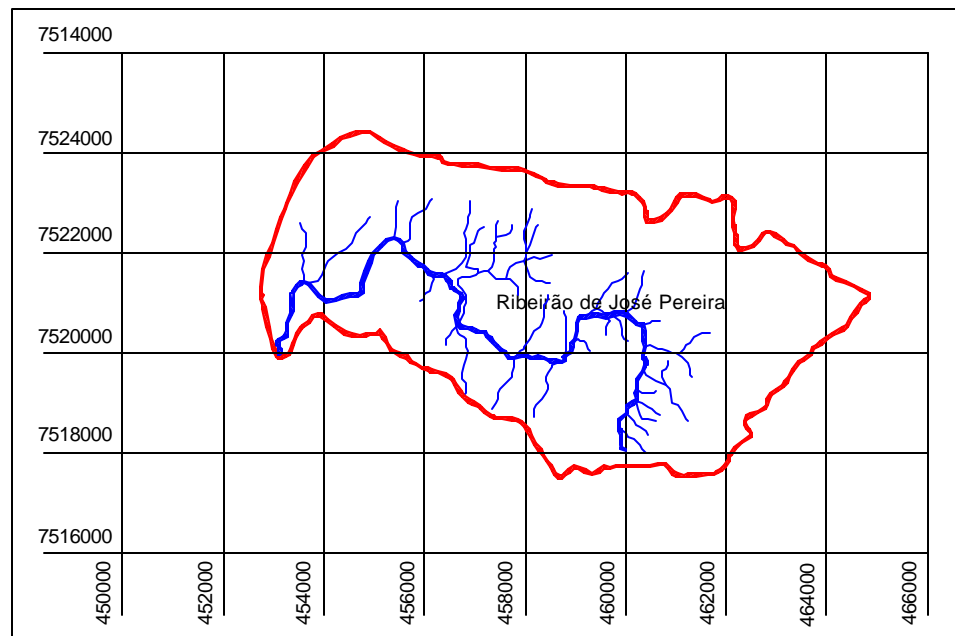


Figura 4.2 – Sub-bacia do Ribeirão de José Pereira (Fonte: Maia)

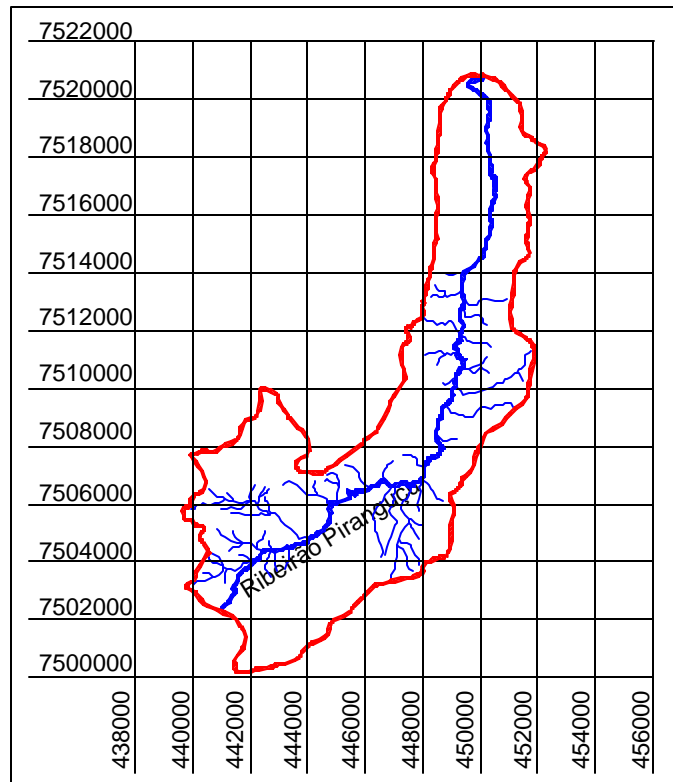


Figura 4.3 – Sub-bacia do Ribeirão Piranguçu (Fonte: Maia)

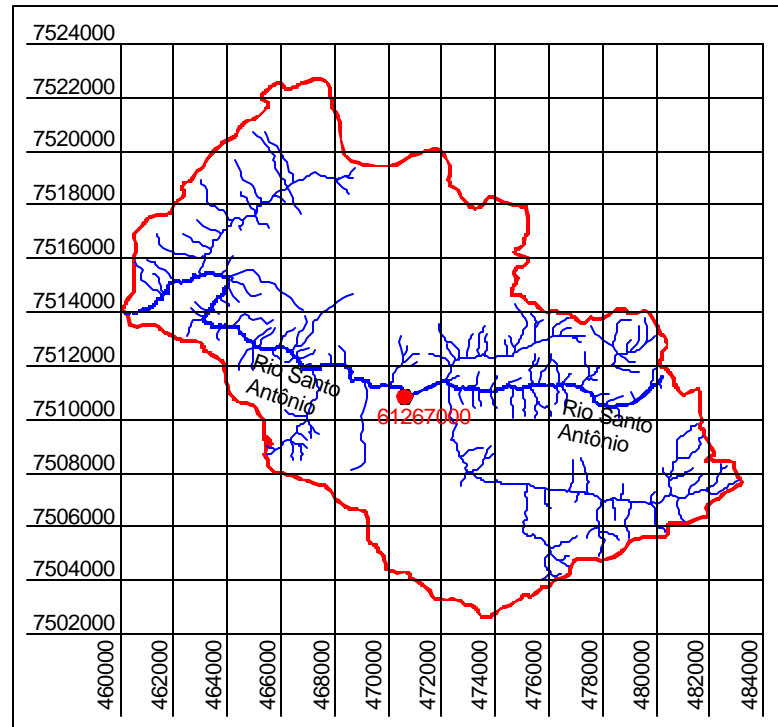


Figura 4.4– Sub-bacia do Rio Santo Antônio (Fonte: Maia)

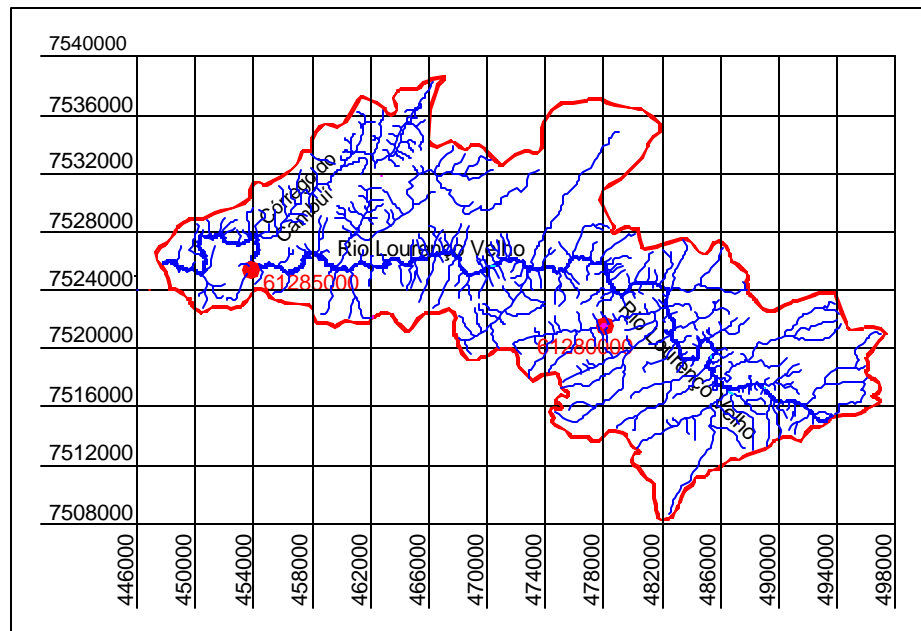


Figura 4.5 – Sub-bacia do Rio Lourenço Velho (Fonte: Maia)

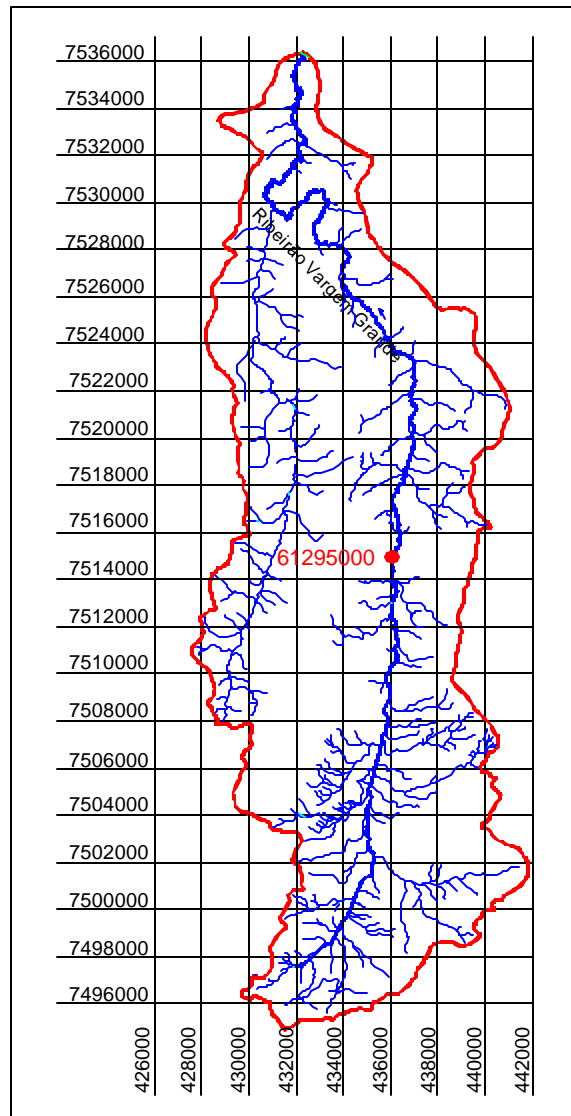


Figura 4.6 – Sub-bacia do Ribeirão Vargem Grande (Fonte: Maia)

4.1 - Vazões Q_7 anuais das estações fluviométricas

As vazões mínimas de 7 dias, de cada ano, para cada uma das estações estudadas, estão retratadas nos gráficos dos Anexos A e B.

Algumas distribuições teóricas de probabilidade deram bons ajustes, enquanto que outras nem tanto, como pode ser visto na Tabela 4.2, sendo que a distribuição de probabilidade LogNormal e a utilização de equações polinomiais da

planilha Excel foram as que originaram os melhores ajustamentos. Os espaços vazios na Tabela 4.2 mostram que algumas distribuições de probabilidades não dão ajustes minimamente satisfatórios às vazões de 10 anos de retorno.

Tabela 4.2 – Vazões [m^3/s] de TR = 10 anos para as distribuições de probabilidades

Estação Fluviométrica	Polinomial	Gumbel	Normal	Gama	LogNormal
Fazenda da Guarda	0,0952	0,1156	0,1178	0,0975	0,0943
Vila Maria	0,1200	0,1203			
Fazenda Córrego Alegre	0,1000	0,1129	0,1158	0,0973	0,0960
Delfim Moreira	0,1000	0,1026		0,0919	
Itajubá1	0,0870	0,0916	0,0884		
Itajubá2	0,1026	0,1175		0,1140	
Bairro Santa Cruz	0,1111				
São João de Itajubá	0,0968	0,1064	0,0998	0,1114	0,0961
Brasópolis	0,1000	0,1037	0,1014	0,0933	
Santa Rita do Sapucaí	0,0938	0,0933	0,1171	0,1012	0,0997
Posto Fiscal Rio Negro	0,1000	0,0960	0,0906	0,0978	
Usina Paraisópolis	0,0909			0,1154	
Cachoeira Gonçalves	0,0968				0,1221
Bairro do Analdino	0,0952	0,0924			
Conceição dos Ouros	0,1053	0,0971	0,0915	0,1140	
Cambuí	0,1154			0,1104	
Ponte do Rodrigues	0,0926	0,1253		0,1118	
Pouso Alegre	0,1081	0,1041	0,1019	0,1214	
Usina São Miguel	0,1250	0,1131			
Itanhandu	0,1061				
Bairro São Geraldo	0,1053	0,0966	0,0916	0,1107	0,1031
Itanhandu	0,1111				
Itamonte	0,1000				0,1183
Conquista	0,1250		0,1457	0,1388	0,1105
Usina Pouso Alto	0,1000		0,1029		
São Lourenço	0,0938		0,1081	0,0871	

A Tabela 4.3 mostra o melhor ajuste teórico a estas vazões mínimas anuais. Estas equações se originam dos gráficos do Anexo B

Tabela 4.3 – Vazões Q_7 anuais e curvas de ajuste

Estação Fluviométrica	Curva de Ajuste
Fazenda da Guarda	$P = -0,0082Q^3 + 0,1323Q^2 - 0,7721Q + 1,8976Q^2 - 1,4412Q + 0,3167$
Vila Maria	$P = -0,4123Q^3 + 1,9466Q^2 - 3,1177Q + 1,2826Q^2 + 1,4487Q - 0,2809$
Fazenda Córrego Alegre	$P = 8753,3Q^3 - 8358,1Q^2 + 3122Q^3 - 594,51Q^4 + 65,155Q - 2,8926$
Delfim Moreira	$P = 1,1287Q^3 - 4,6804Q^2 + 6,2137Q^3 - 2,7131Q^4 + 0,8187Q - 0,0465$
Itajubá	$P = -0,0037Q^3 - 0,0017Q^2 + 0,027Q^3 - 0,1835Q^4 + 0,5819Q - 0,6074$
Itajubá	$P = 0,0090Q^3 - 0,0038Q^2 + 0,0538Q^3 - 0,2489Q^4 - 0,2191Q + 2,8926$
Bairro Santa Cruz	$P = 0,0034Q^3 - 0,0646Q^2 + 0,4472Q^3 - 1,3744Q^4 + 2,0609Q - 1,1693$
São João de Itajubá	$P = -0,0002Q^3 + 0,0089Q^2 - 0,1384Q^3 + 0,9781Q^4 - 2,9013Q + 2,9703$
Brasópolis	$P = -0,0801Q^3 + 0,8024Q^2 - 2,7848Q^3 + 3,7771Q^4 - 1,1428Q + 0,1348$
Santa Rita do Sapucaí	$P = 0,0001Q^3 + 0,0018Q^2 - 0,0014Q^3 + 0,0481Q^4 - 0,7021Q + 3,6096$
Posto Fiscal Rio Negro	$P = 5,6783Q^3 - 43,573Q^2 + 130,54Q^3 - 190,84Q^4 + 137,03Q - 38,64$
Usina Paraisópolis	$P = -23,417Q^3 + 63,876Q^2 - 56,839Q^3 + 16,852Q^4 + 1,2902Q - 0,1596$
Cachoeira Gonçalves	$P = -0,0078Q^3 + 0,1449Q^2 - 0,9909Q^3 + 2,9935Q^4 - 3,507Q + 1,3791$
Bairro do Analdino	$P = 3,7143Q^3 - 16,165Q^2 + 24,153Q^3 - 14,243Q^4 + 3,5037Q - 0,2042$
Conceição dos Ouros	$P = 0,0507Q^3 - 0,0013Q^2 + 0,0161Q^3 - 0,0740Q^4 + 0,1345Q - 0,0485$
Cambuí	$P = -0,0236Q^3 - 0,1958Q^2 + 0,6712Q^3 - 1,3356Q^4 + 1,7115Q - 0,1592$
Ponte do Rodrigues	$P = -0,0003Q^3 + 0,0107Q^2 - 0,1369Q^3 + 0,7647Q^4 - 1,5965Q + 1,0128$
Pouso Alegre	$P = -0,0008Q^3 + 0,0016Q^2 - 0,1144Q^3 + 0,3436Q^4 - 0,1875Q + 0,0795$
Usina São Miguel	$P = -17,405Q^3 + 57,819Q^2 - 70,004Q^3 + 36,126Q^4 - 5,7731Q + 0,2574$
Itanhandu	$P = -0,0214Q^3 + 0,3582Q^2 - 1,7994Q^3 + 3,464Q^4 - 1,9352Q + 0,303$
Bairro São Geraldo	$P = -0,375Q^3 + 4,6913Q^2 - 15,787Q^3 + 21,674Q^4 - 11,627Q + 2,1392$
Itanhandu	$P = 0,838Q^3 - 5,9219Q^2 + 15,16Q^3 - 16,955Q^4 + 8,422Q - 1,4273$
Itamonte	$P = -0,0189Q^3 + 2,5225Q^2 - 9,7162Q^3 + 16,557Q^4 - 11,894Q + 3,0471$
Conquista	$P = -684,22Q^3 + 1741,8Q^2 - 1636,8Q^3 + 710,08Q^4 - 138,98Q + 9,9628$
Usina Pouso Alto	$P = -0,275Q^3 + 2,4315Q^2 - 7,5908Q^3 + 9,7126Q^4 - 3,842Q + 0,3104$
São Lourenço	$P = -0,0103Q^3 - 0,0005Q^2 + 0,0098Q^3 - 0,0649Q^4 - 0,1564Q - 0,0481$

4.2 - Tempo de recorrência de 10 anos para Q_7

Os valores de $Q_{7,10}$, para todas as estações, encontram-se na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Valores de $Q_{7,10}$

Estação Fluviométrica	$Q_{7,10}$ [m^3/s]
Fazenda da Guarda	0,95
Vila Maria	0,25
Fazenda Córrego Alegre	0,10
Delfim Moreira	0,33
Itajubá	3,27
Itajubá	7,89
Bairro Santa Cruz	1,94
São João de Itajubá	3,55
Brasópolis	0,37
Santa Rita do Sapucaí	16,31
Posto Fiscal Rio Negro	0,93
Usina Paraisópolis	0,10
Cachoeira Goncalves	1,33
Bairro do Analdino	0,47
Conceição dos Ouros	5,35
Cambuí	0,17
Ponte do Rodrigues	2,65
Pouso Alegre	0,82
Usina São Miguel	0,21
Itanhandu	0,68
Bairro São Geraldo	0,57
Itanhandu	0,97
Itamonte	0,76
Conquista	0,24
Usina Pouso Alto	0,56
São Lourenço	7,18

Foi observado que entre as estações:

Itajubá, localizada na latitude -22:26:36 e longitude -45:25:35 no rio Sapucaí e Itajubá, localizada na latitude -22:26:00 e longitude -45:27:0 no mesmo rio Sapucaí, sendo próximas uma da outra e com a mesma área de drenagem, suas respectivas vazões $Q_{7,10}$ deram resultados bastante diferentes, sendo que uma apresentou vazão quase que o dobro da outra. Essa diferença se dá ou, por erros

no trabalho de leitura do observador das réguas limétricas, ou na construção das curvas-chave.

4.3 - Obtenção de regressão da vazão $Q_{7,10}$ em função da área da bacia

Por meio do gráfico da Figura 4.7, origina-se a equação de regressão para as vazões $Q_{7,10}$, referentes à bacia do Alto Sapucaí:

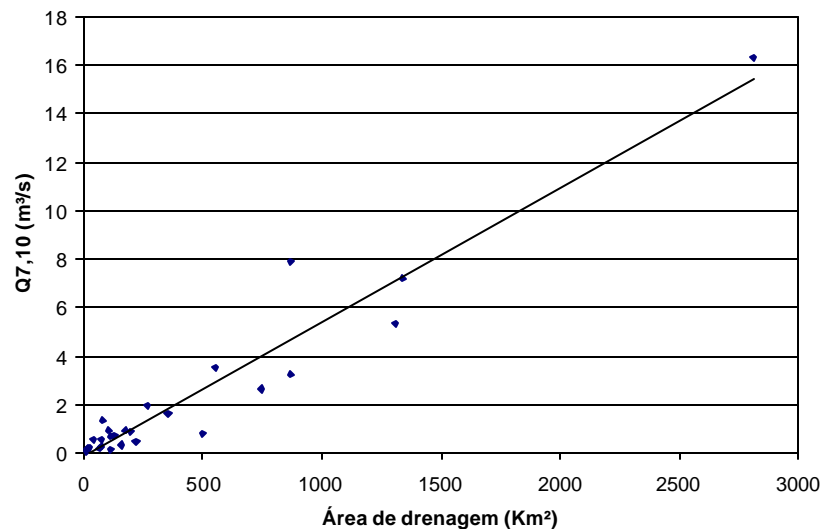


Figura 4.7– Vazões $Q_{7,10}$ em função das áreas de drenagem das estações

$$\boxed{Q_{7,10} = 0,0055 A_{bacia}} \quad R^2 = 0,92 \quad (4.1)$$

4.4 - Fator de correção de sazonalidade mensal das estações fluviométricas

Do cálculo da vazão de outorga, para determinado trecho d'água, submete-se esta vazão a um fator de correção de sazonalidade mensal, para um melhor aproveitamento dos recursos hídricos em meses de maior disponibilidade hídrica. As menores vazões obtidas nas estações fluviométricas estudadas, dadas na Tabela 4.5, ocorrem, em sua maioria, no mês de setembro (algumas com

ocorrência nos meses de agosto ou outubro). Esses fatores de correção podem ser visualizados na tabela 4.6.

Tabela 4.5 - Médias mínimas mensais das estações fluviométricas [m^3/s]

Estação Fluviométrica	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fazenda da Guarda	2,99	3,48	4,00	3,43	2,91	2,45	2,16	1,74	1,56	1,64	1,78	2,19
Vila Maria	0,97	1,08	1,21	1,05	0,97	0,95	0,79	0,75	0,75	0,79	0,93	0,91
Fazenda Córrego Alegre	0,23	0,29	0,31	0,28	0,23	0,21	0,18	0,17	0,17	0,17	0,19	0,20
Delfim Moreira	1,53	1,81	1,90	1,76	1,54	1,32	1,17	1,04	0,98	0,96	1,03	1,23
Itajubá	17,12	19,88	19,64	17,97	14,25	13,31	10,96	9,49	9,01	9,33	10,02	11,94
Itajubá	20,49	22,69	22,48	19,32	16,09	14,07	12,23	10,96	9,90	10,09	12,13	14,68
Bairro Santa Cruz	6,41	7,47	7,65	6,85	5,87	5,29	4,69	4,09	3,79	3,78	3,83	4,60
São João de Itajubá	11,09	13,27	13,77	11,49	9,5	8,11	6,87	5,78	5,34	5,45	6,13	7,54
Brasópolis	2,59	3,33	3,36	2,57	2,02	1,76	1,38	1,06	0,93	0,95	1,06	1,44
Santa Rita do Sapucaí	55,35	61,15	63,77	48,08	39,51	35,21	30,73	26,28	24,65	24,82	27,61	35,45
Posto Fiscal Rio Negro	2,85	3,55	3,47	3,11	2,66	2,29	1,96	1,63	1,47	1,48	1,76	1,90
Usina Paraisópolis	0,63	0,75	0,67	0,51	0,47	0,39	0,33	0,28	0,25	0,24	0,27	0,34
Cachoeira Gonçalves	3,19	4,09	4,06	2,87	2,16	1,69	1,39	1,18	0,95	0,92	1,13	1,62
Bairro do Analdino	6,09	6,80	6,81	5,61	4,45	3,85	3,05	2,50	2,27	2,38	2,70	3,83
Conceição dos Ouros	23,41	26,61	26,82	21,28	18,01	16,03	13,33	11,28	9,72	9,94	11,10	14,71
Cambuí	2,40	2,90	2,80	2,43	1,89	1,58	1,30	1,01	0,95	1,02	1,21	1,66
Ponte do Rodrigues	10,86	13,57	14,43	11,32	9,21	8,10	6,60	5,30	4,70	4,59	5,29	6,90
Pouso Alegre	7,76	10,52	10,76	6,62	4,89	4,10	3,63	3,19	2,99	3,10	3,15	3,81
Usina São Miguel	0,73	1,04	1,48	1,16	0,93	0,78	0,62	0,56	0,52	0,49	0,60	0,54
Itanhandu	4,13	4,53	4,24	3,08	2,36	1,97	1,66	1,43	1,30	1,34	1,68	2,50
Bairro São Geraldo	1,71	2,48	2,67	2,09	1,59	1,43	1,20	1,03	0,89	0,89	1,00	1,19
Itanhandu	3,55	4,56	4,85	3,56	2,84	2,37	2,03	1,71	1,45	1,45	1,71	2,28
Itamonte	3,40	4,56	4,50	3,17	2,23	1,87	1,52	1,28	1,14	1,13	1,32	1,71
Conquista	1,04	1,04	1,20	0,75	0,56	0,49	0,45	0,41	0,38	0,35	0,42	0,51
Usina Pouso Alto	1,38	1,95	2,09	1,70	1,48	1,37	1,17	0,93	0,87	0,87	0,85	0,97
São Lourenço	26,65	30,54	29,33	23,01	19,02	16,82	14,59	12,48	11,5	12,51	14,64	18,8

Tabela 4.6 - Fatores de correção de sazonalidade das estações fluviométricas

Estação Fluviométrica	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fazenda da Guarda	1,83	2,13	2,28	2,02	1,74	1,52	1,29	1,07	1,00	1,02	1,11	1,41
Vila Maria	2,44	2,84	3,04	2,69	2,32	2,08	1,72	1,00	1,00	1,36	1,48	1,88
Fazenda Córrego Alegre	1,35	1,71	1,82	1,65	1,35	1,24	1,06	1,00	1,00	1,00	1,12	1,18
Delfim Moreira	1,59	1,89	1,98	1,83	1,60	1,38	1,22	1,08	1,02	1,00	1,07	1,28
Itajubá	1,90	2,21	2,18	1,99	1,58	1,48	1,22	1,05	1,00	1,04	1,11	1,33
Itajubá	2,07	2,29	2,27	1,95	1,63	1,42	1,24	1,11	1,00	1,02	1,23	1,48
Bairro Santa Cruz	1,70	1,98	2,02	1,81	1,55	1,40	1,24	1,08	1,00	1,00	1,01	1,22
São João de Itajubá	2,08	2,49	2,58	2,15	1,78	1,52	1,29	1,08	1,00	1,02	1,15	1,41
Brasópolis	2,78	3,58	3,61	2,76	2,17	1,89	1,48	1,14	1,00	1,02	1,14	1,55
Santa Rita do Sapucaí	2,25	2,48	2,59	1,95	1,60	1,43	1,25	1,07	1,00	1,01	1,12	1,44
Posto Fiscal Rio Negro	1,94	2,41	2,36	2,12	1,81	1,56	1,33	1,11	1,00	1,01	1,20	1,29
Usina Paraisópolis	2,62	3,12	2,80	2,13	1,96	1,61	1,38	1,15	1,06	1,00	1,11	1,43
Cachoeira Gonçalves	3,47	4,45	4,42	3,12	2,35	1,83	1,51	1,28	1,03	1,00	1,22	1,76
Bairro do Analdino	2,68	2,99	3,00	2,47	1,96	1,69	1,35	1,10	1,00	1,05	1,19	1,69
Conceição dos Ouros	2,41	2,74	2,76	2,19	1,85	1,65	1,37	1,16	1,00	1,02	1,14	1,51
Cambuí	2,53	3,05	2,95	2,56	1,99	1,66	1,36	1,06	1,00	1,07	1,27	1,74
Ponte do Rodrigues	2,36	2,96	3,14	2,47	2,01	1,77	1,44	1,15	1,02	1,00	1,15	1,50
Pouso Alegre	2,59	3,52	3,60	2,21	1,64	1,37	1,22	1,07	1,00	1,04	1,05	1,28
Usina São Miguel	1,49	2,12	3,01	2,37	1,89	1,59	1,26	1,14	1,07	1,00	1,23	1,11
Itanhandu	3,17	3,48	3,26	2,37	1,81	1,51	1,28	1,10	1,00	1,03	1,29	1,92
Bairro São Geraldo	1,92	2,78	3,00	2,34	1,79	1,61	1,34	1,16	1,00	1,00	1,13	1,33
Itanhandu	2,45	3,14	3,34	2,45	1,96	1,63	1,40	1,18	1,00	1,00	1,18	1,58
Itamonte	3,01	4,04	3,98	2,80	1,97	1,66	1,34	1,13	1,01	1,00	1,17	1,52
Conquista	2,97	2,97	3,43	2,14	1,60	1,40	1,29	1,17	1,09	1,00	1,20	1,46
Usina Pouso Alto	1,62	2,29	2,46	2,00	1,74	1,61	1,38	1,09	1,02	1,02	1,00	1,14
São Lourenço	2,32	2,66	2,55	2,00	1,65	1,46	1,27	1,09	1,00	1,09	1,27	1,63

Um exemplo de possibilidade de gerenciamento de outorga para uma das estações estudadas encontra-se nos gráficos da Figura 4.8; que retrata, dentro da metodologia deste trabalho, o resultado final para a área de estudo delimitada pela estação. No anexo C encontram-se todos os gráficos referentes às possibilidades de vazões de outorga, para todas as outras estações fluviométricas estudadas.

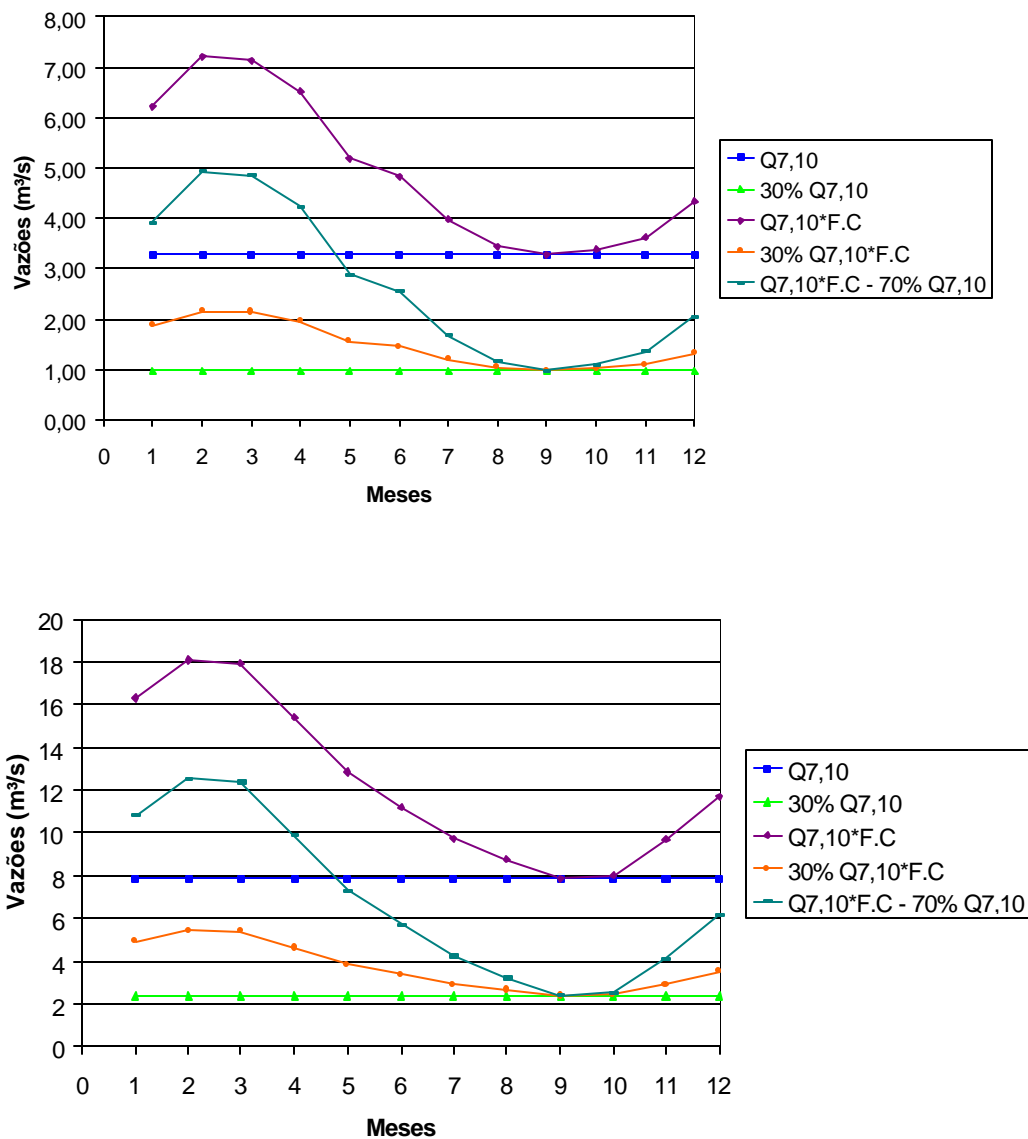


Figura 4.8 – Estudo de vazões de outorga para as estações fluviométricas Itajubá

Capítulo 5 – Estudos de casos

Para a área de estudo proposta pelo trabalho, estipulou-se três estudos de caso, em locais onde já existiam outorgas autorizadas pelo IGAM.

5.1 - Estudos de casos de 3 pontos de outorga localizados na bacia do Alto Sapucaí

Como se está trabalhando apenas com outorgas superficiais, foram escolhidos 3 pontos de captação, sendo os dois primeiros na sub-bacia do Ribeirão da Vargem Grande e o terceiro ponto na sub-bacia do Rio Lourenço Velho. Os usuários de cada outorga, as coordenadas de localização, as vazões autorizadas pelo IGAM, a área de drenagem de cada ponto, a vazão $Q_{7,10}$, 30% de $Q_{7,10}$, o fator de correção de sazonalidade mensal e as proposições de outorga deste trabalho encontram-se nas Tabelas 5.1 e 5.2.

No primeiro ponto, onde a vazão máxima outorgável é de 0,234 m³/s, está comprometido, apenas, com um usuário 0,040 m³/s que significa 17% desta vazão máxima outorgável, podendo com o requerimento de outras outorgas no futuro causar um problema na repartição dessa água. Quanto ao fator de correção de sazonalidade mensal, foi utilizado o fator de correção da estação fluviométrica Brasópolis, localizada na latitude – 22:28:11 e longitude – 45:37:19, onde observa-se que nos meses de janeiro a junho a disponibilidade hídrica aumenta de duas à quatro vezes da vazão máxima outorgável, sendo que nos meses de fevereiro e março essa vazão ultrapassa a $Q_{7,10}$ indicada para o trecho selecionado proporcionando assim um maior aproveitamento dessa água.

Para o segundo ponto, foi estabelecido como vazão máxima outorgável 0,257 m³/s, vazão que quase se iguala com a estabelecida para o primeiro ponto, devido à aproximação destes. A vazão outorgada neste ponto pelo IGAM para o respectivo usuário é de 0,00040 m³/s. O fator de correção de sazonalidade mensal,

foi o mesmo utilizado para o primeiro ponto, sendo as características dessas vazões semelhantes ao do primeiro ponto.

No terceiro ponto, onde a vazão máxima outorgável é de 0,050 m³/s já temos comprometido, apenas com um usuário, uma vazão de 0,040 m³/s. Isto significa praticamente a totalidade da vazão máxima outorgável, podendo com o requerimento de outras outorgas, no futuro, causar um problema na repartição dessa água. Quanto ao fator de correção de sazonalidade mensal, foi utilizado o fator de correção da estação fluviométrica Bairro Santa Cruz localizada na latitude – 22:24:25 e longitude –45:12:54, sendo que a estação fluviométrica e o ponto de captação encontram-se na mesma sub-bacia hidrográfica. Entretanto, pode-se observar que nos meses de fevereiro, março e abril, as vazões de outorga são praticamente o dobro da vazão máxima outorgável, podendo assim disponibilizar uma maior quantidade de água.

Utilizando a metodologia da Tabela 5.2, foi verificado que obtêm-se vazões de outorgas duas vezes maiores, ou até mais, do que as obtidas pela metodologia utilizada na Tabela 5.1, para os primeiros 5 meses do ano e no mês de dezembro, para os três pontos de estudo. Ofertando assim uma disponibilidade ainda maior de água para os usuários.

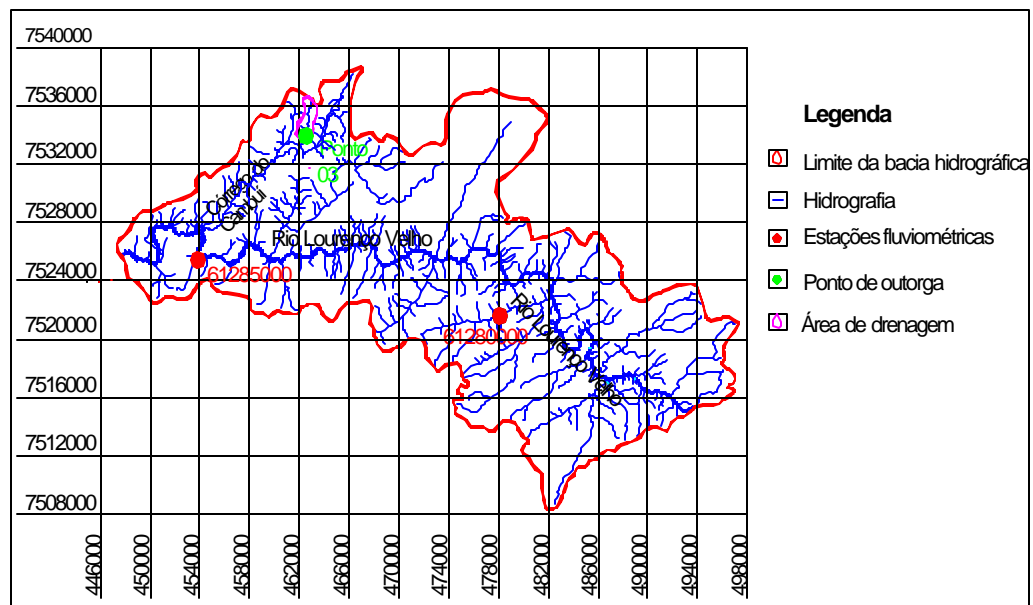


Figura 5.1 – Localização do ponto de outorga 03 (Fonte: Maia)

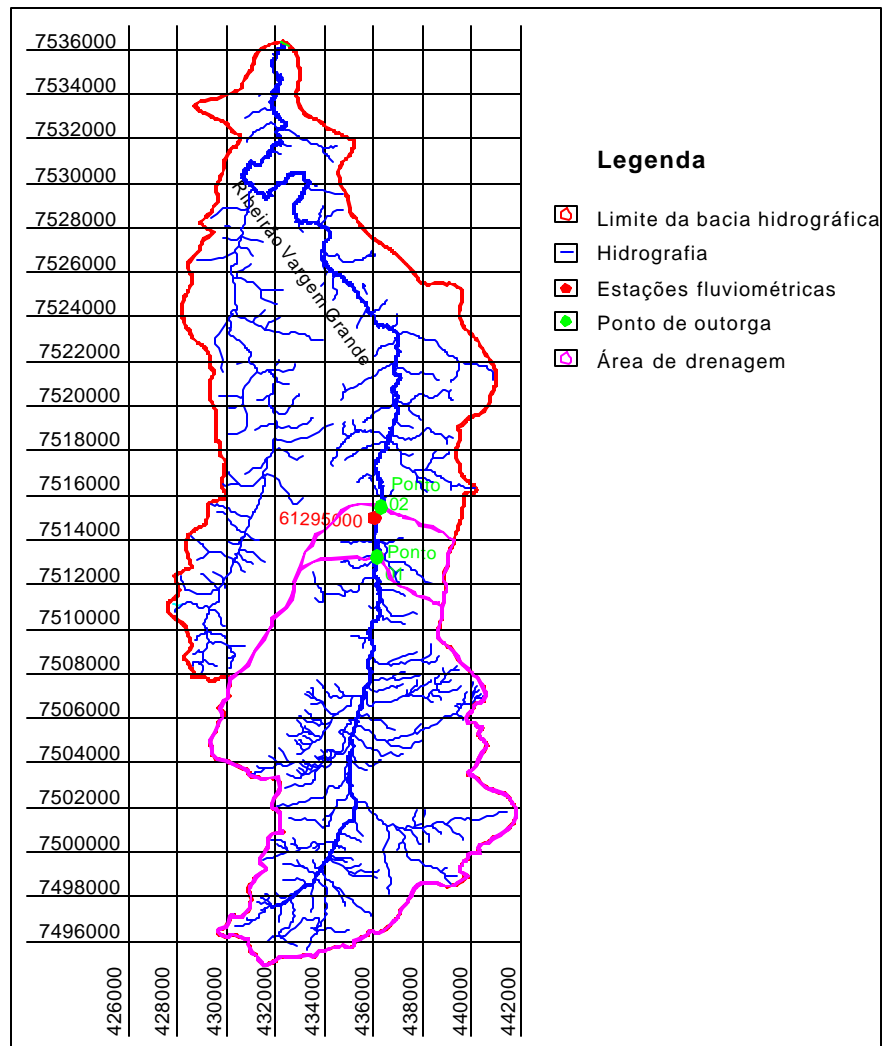


Figura 5.2– Localização dos pontos de outorga 01 e 02 (Fonte: Maia)

Tabela 5.1 – Estudo de casos de outorga (FC sobre 30% de $Q_{7,10}$)

USUÁRIO		01	02	03
Coordenadas		-22:29:00	-22:27:56	-22:18:00
		-45:37:00	-45:37:15	-45:22:00
Área [km ²]		142	156	30
Outorga IGAM [m ³ /s]		0,040	0,00040	0,040
$Q_{7,10}$ [m ³ /s]		0,781	0,858	0,165
30% de $Q_{7,10}$ [m ³ /s]		0,234	0,257	0,050
Sazonalidade [m ³ /s]	Janeiro	0,651	0,714	0,085
	Fevereiro	0,838	0,920	0,099
	Março	0,845	0,928	0,101
	Abril	0,646	0,709	0,090
	Maio	0,508	0,558	0,075
	Junho	0,442	0,486	0,070
	Julho	0,346	0,380	0,062
	Agosto	0,267	0,293	0,054
	Setembro	0,234	0,257	0,050
	Outubro	0,239	0,262	0,050
	Novembro	0,267	0,293	0,051
	Dezembro	0,363	0,398	0,061

Tabela 5.2 – Estudo de casos de outorga (FC sobre $Q_{7,10}$ -Vazão ecológica)

USUÁRIO		01	02	03
Coordenadas		-22:29:00	-22:27:56	-22:18:00
		-45:37:00	-45:37:15	-45:22:00
Área [km ²]		142	156	30
Outorga IGAM [m ³ /s]		0,040	0,00040	0,040
$Q_{7,10}$ [m ³ /s]		0,781	0,858	0,165
70% de $Q_{7,10}$ [m ³ /s]		0,547	0,600	0,115
Sazonalidade [m ³ /s]	Janeiro	1,624	1,785	0,165
	Fevereiro	2,248	2,471	0,211
	Março	2,272	2,497	0,218
	Abril	1,603	1,768	0,183
	Maio	1,147	1,261	0,140
	Junho	0,929	1,021	0,116
	Julho	0,608	0,669	0,089
	Agosto	0,343	0,378	0,063
	Setembro	0,234	0,257	0,050
	Outubro	0,249	0,275	0,050
	Novembro	0,343	0,378	0,051
	Dezembro	0,633	0,729	0,086

Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações

O trabalho mostra que há uma grande necessidade de:

- dados de vazão mais confiáveis, com curvas-chave únicas e bem estabelecidas para cada seção; esta deficiência de curvas-chave corretas acarretam dados incongruentes como os apresentados pelas 2 estações fluviométricas Itajubá. Se as curvas $h \times Q$, de cada estação, forem bem definidas, possivelmente, a regressão linear feita sobre as vazões $Q_{7,10}$ em função da área da bacia, teria um melhor ajuste dos pontos (R^2 mais próximo de 1).
- uma maior quantidade de estações fluviométricas, pois a regionalização de vazões pode acarretar erros consideráveis, principalmente pelo fato de que nem todas as variáveis são semelhantes ou estão envolvidas na transposição. Em vários locais, os métodos de medição de vazão podem ser por calhas Parshall ou, até mesmo, vertedores.
- um tratamento adequado aos valores lidos ou transmitidos, no caso de estações telemétricas, objetivando não cometer falhas de inconsistência dos dados.
- um cadastramento de todos os usuários que utilizam os recursos hídricos da bacia em questão, para que o órgão gerenciador possa ter um controle entre a disponibilidade hídrica e a demanda de usuários.

Como ficou evidenciado nos estudos de casos, em algumas das vezes, as outorgas para um único usuário podem ser muito próximas dos valores de 30% de $Q_{7,10}$ do ponto em estudo na bacia (Caso 3).

A implementação da sazonalidade, como visto nos estudos de caso e no próprio desenvolvimento do trabalho, é de fácil implementação gerencial e de aplicação junto aos usuários (com o auxílio de medidores de vazão, tipo hidrômetro). Ademais, os usuários não ficam limitados a uma pequena quantidade

de água durante todo o tempo e a vazão ecológica não fica comprometida (70% de $Q_{7,10}$).

Complementarmente, a aplicação de FC sobre $Q_{7,10}$ resulta em possibilidade muito maior de captação por parte dos usuários.

Entretanto, no gerenciamento integrado e com o uso múltiplo dessas águas, deve ser observado pelo órgão gestor que, às vezes, há necessidade de manutenção de maiores vazões ecológicas nos períodos de cheias e de estiagem.

A distribuição dessas vazões de outorga deve ser refeita toda vez que houver o requerimento de um novo usuário, redistribuindo melhor a quantidade de água usada por cada outorgado, evitando possíveis desigualdades de direito de uso dessa água e não prejudicando as características do curso d'água. Essa metodologia de redistribuição, à medida que entram novos usuários no trecho considerado da bacia, deve ser motivo de um novo trabalho de pesquisa.

É imprescindível que o gerenciador dos recursos hídricos utilize de ferramentas de informações geográficas integradas para o adequado funcionamento do sistema numa determinada região. Além disso, o saber manusear programas computacionais específicos para tal gerenciamento, é de fundamental importância, mas sempre tendo o cuidado para que essas ferramentas computacionais não superem a sensibilidade e o poder de raciocínio do operador.

Também deve ser discutido em novos trabalhos:

- a adoção de novos limites para a vazão ecológica – pois em alguns estados da Federação, tal vazão é da ordem de 80% de $Q_{7,10}$, obviamente sendo função da disponibilidade hídrica da região;
- a aplicação de novos limites, tanto no caso de 7 dias, quanto no tempo de retorno de 10 anos, para o estabelecimento da vazão de referência; lembrando que quanto maiores forem os tempos de retorno e o número de dias de mínimas, mais restritivas serão as condições de outorga;
- a adoção de sazonalidade para os casos de águas subterrâneas; obviamente com o conhecimento dos perfis de recarga ao longo dos anos.
- um Plano de Recursos Hídricos elaborado pelo Comitê de Bacia, estipulando os usos preponderantes e prioritários da água dentro da bacia, evitando conflitos e estimulando as melhores práticas de desenvolvimento ambiental e econômico para esta área.

- um trabalho de conscientização da população, quanto ao uso e tratamento destes recursos hídricos, por meio de programas de educação escolar e palestras, apresentados pelo Comitê de Bacia, Universidades e Organizações não-governamentais (ONG's), ensinando a importância da conservação deste recurso natural e as vantagens que toda a população da bacia pode obter com o bom uso deste recurso.

Referências Bibliográficas Principais

ANA (2002). Agência Nacional de Águas. Relatório de Gestão 2001. Brasília; ANA, 2002. p. 3 – 15.

ANA. 2003. Inventário das estações fluviométricas. Brasília. Não paginado.

BANCO MUNDIAL. (1998). Gerenciamento de recursos hídricos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria de Recursos Hídricos. 292 p.

BARBOSA, A. A. (2002). Diretrizes para Elaboração de Relatórios, Dissertação e monografias do Curso de Engenharia Ambiental. <http://www.ambiental.efei.br>. Acesso em 15 de agosto de 2003.

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal e altera o artigo 1 da lei nº 801 de 13 de março de 1990, que modifica a lei nº 7990 de 28 de dezembro de 1989.

Carta Topográfica – Campos do Jordão. Folha SF. 23-Y-B-V-2. Região Sudeste do Brasil / 1:50.000. IBGE. Primeira Edição 1971.

Carta Topográfica – Delfim Moreira. Folha SF. 23-Y-B-VI-1. Região Sudeste do Brasil / 1:50.000. IBGE. Primeira Edição 1791.

Carta Topográfica – Itajubá. Folha SF. 23-Y-B-III-3 / MI-2711-3. Região Sudeste do Brasil / 1:50.000. IBGE. Primeira Edição 1791.

- Carta Topográfica – Lorena. Folha SF. 23-Y-B-VI-2. Região Sudeste do Brasil / 1:50.000. IBGE. Primeira Edição 1971.
- Carta Topográfica – Santa Rita do Sapucaí. Folha SF. 23-Y-B-II-4. Região Sudeste do Brasil / 1:50.000. IBGE. Primeira Edição 1971.
- Carta Topográfica – Virgínia. Folha SF. 23-Y-B-III-4. Região Sudeste do Brasil / 1:50.000. IBGE. Primeira Edição 1971.
- CLARK, R. T. (1993). Conceitos de Hidrologia Estatística: Hidrologia, Ciências e Aplicação. Porto Alegre, cap. 17, p. 659 – 698.
- FERRAZ, A. R. G, BRAGA Jr, B.P.F. (1998). Modelo decisório para a outorga de direito ao uso da água no Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.3, n.1, jan./mar., p.5 - 19.
- FIGUEIREDO, L.C.C. (1999). Sistema georreferenciado de cadastro e análise de pedidos de outorga do direito de uso de águas superficiais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13, Belo Horizonte, M. G. Anais. Belo Horizonte: ABRH, 1999.
- FROES, C. M .B., NUNES, H. M. T., COELHO, M. F. D. C. (1997). A modernização do cadastramento e concessão de outorga do direito de uso da água no DRH/MG. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12, Vitória, E. S. Anais... Vitória: ABRH, 1997. p.659 – 664.
- LANNA, A. E. (1997). Gestão das Águas. Porto Alegre: IPH. 225p.(Texto de Referência : Curso Introdução à Gestão dos Recursos Hídricos. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1997).
- LANNA. A. E. (1993). Gestão dos Recursos Hídricos: Hidrologia, Ciências e Aplicação. Porto Alegre, cap. 19, p. 727 – 764

Legislação básica do setor elétrico brasileiro/ Agência Nacional de Energia Elétrica.

- Brasília: ANEEL, 2000, v.1, p 190 - 192;

MINAS GERAIS. Lei nº 13.199 de 21 de janeiro de 1999. Dispõe Sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e pelo decreto de regulamentação desta, Decreto nº 41512 de 2001. Minas Gerais Diário do Executivo. Belo Horizonte. 30jan. 1999. 3p.

MEDEIROS, M. J. (2000). Avaliação da Vazão Referencial como Critério de Outorga dos Direitos de Usos das Águas na Bacia do Paraopeba. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2000. 176p, Anexos. (Dissertação, Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, área de concentração em Hidráulica e Recursos Hídricos).

Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos. <http://www.ana.gov.br>. Acesso em 30 de abril de 2002.

(2001). Relação de outorgados no estado de Minas Gerais. <http://www.igam.mg.gov.br>. Acesso em 22 de junho de 2003.

SANTOS, I. et al. (2001). Hidrometria Aplicada. – Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. p. 75 – 79.

SCHVARTZMAN, A. S. e DINIZ, M. G. M. (2001). Outorga de Uso das Águas no Estado de Minas Gerais: Avaliação Preliminar e Pesquisa de Índices: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracaju. Anais. Aracaju: ABRH.

SETTI, A. A. et al. (2001). Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos. - Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas. p. 272 – 290.

SILVA, D. D. e PRUSK, F. F. (2000). Gestão de recursos hídricos; aspectos legais, econômicos, e sociais. Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos;

Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. p. 182 – 193.

SILVA, A. P. (2002). Sistema de Alerta Contra Inundação na bacia do Alto Sapucaí e na Bacia do Doce. Itajubá: Instituto de Mecânica/UNIFEI. p 5 - 6. Estágio Supervisionado.

SILVEIRA, G. L. (1997). Quantificação de Vazão em Pequenas Bacias com Carência de dados Fluviométricos. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS. p. 7 – 12. Tese (Doutorado).

Sistemas de Informações Hidrológicas. Séries Históricas de Vazões. <http://www.hidroweb.aneel.gov.br>. Acesso em 5 de abril de 2003.

SOUZA, S. T. (1993). Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais. Hidrossistemas-COPASA. Belo Horizonte. 1993. p. 20 - 252.

TUCCI, C. E. (1993). Regionalização de Vazões: Hidrologia, Ciências e Aplicação. Porto Alegre, cap. 15, p. 573 – 611.

Referências Bibliográficas Auxiliares

ALVES, R. F ; CARVALHO, G. B. (2001). Experiências de Gestão de Recursos Hídricos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente / Agência Nacional de Águas, 2001. p. 107 – 127.

BARTH, F. T. et al. (1987). Modelos para o gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo / Nobel: ABRH, 1987. p. 203 – 223.

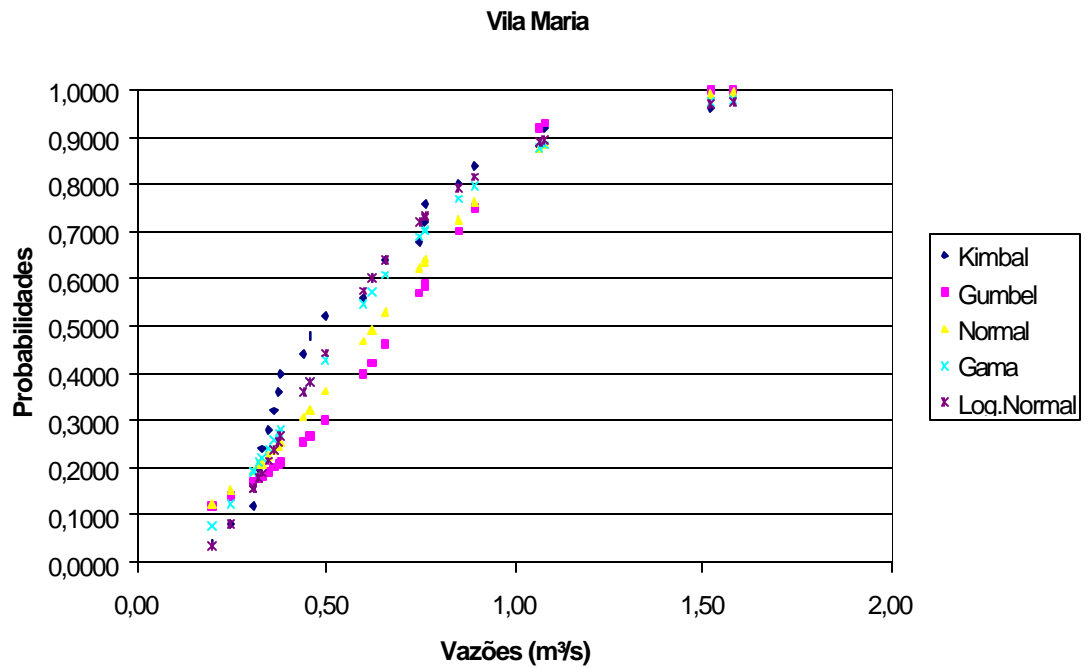
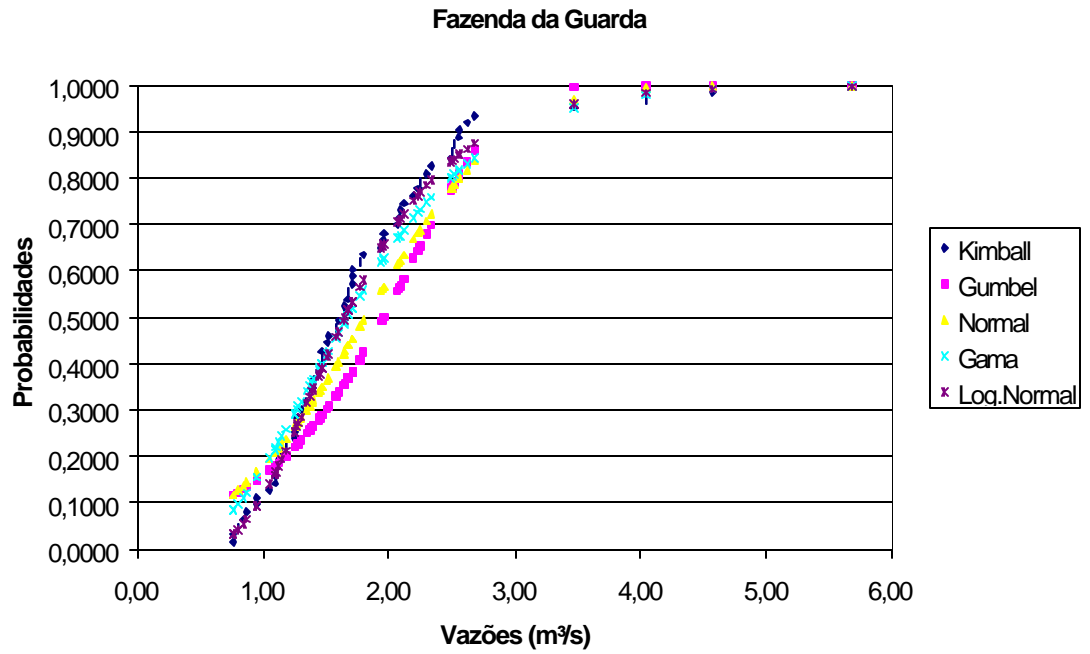
BENETTI, A. e BIDONE, F. (1993). O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos: Hidrologia, Ciências e Aplicação. Porto Alegre, cap. 22, p. 849 – 870.

- BRAGA, B. et al.(2002). Introdução À Engenharia Ambiental – São Paulo: Prentice Hall, 2002. p. 72 – 122.
- FERRAZ, A. R. G, BRAGA Jr, B.P.F. Modelo decisório para a outorga de direito ao uso da água no Estado de São Paulo. Revista Ação Ambiental, Ano1, n.3, dez/jan., p.5 – 19, 1998/1999
- FREITAS, M. A. V., org. (2003). Estado da Águas no Brasil, 2001 – 2002. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2003. p. 285 – 347.
- GARJULLI, R. (2001). Oficina Temática: Gestão participativa dos recursos hídricos. – Relatório Final. Aracaju: PROÁGUA / ANA, 2001 . p. 9 – 28
- GUIMARÃES, P. C. V. (1993). Instrumentos econômicos para gerenciamento ambiental: a cobrança pelo uso da água no Estado de São Paulo. Revista de Administração de Empresas. v 33, set./out. 1993.
- LIMA, W. P. (1998/1999). A micro-bacia e o desenvolvimento sustentável. Revista Ação Ambiental, Ano1, n.3, dez/jan., p.20 - 22, 1998/1999.
- MOTA, S. (1995). Preservação e conservação de recursos hídricos. 2ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. p. 1 – 95.
- MÚNOZ, H. R., org. (2000). Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2ª ed, 2000. p. 221 – 240.
- VALENTE, O. F. (1998/1999). Manejo de bacias hidrográficas. Revista Ação Ambiental, Ano1, n.3, dez/jan., p.5 - 6, 1998/1999.

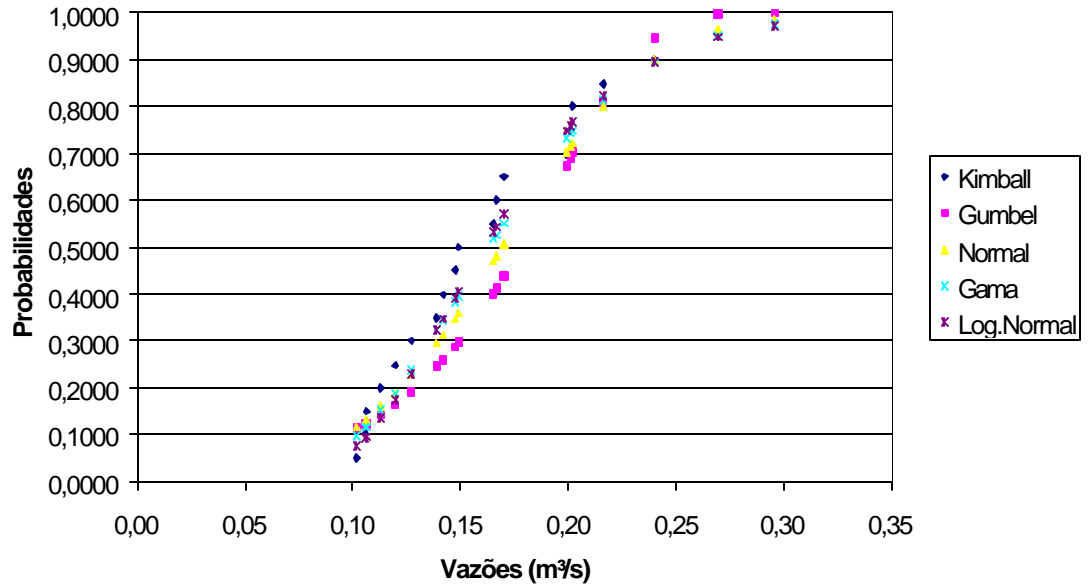
Anexo A

Gráficos de ajustes de probabilidades das vazões das estações fluviométricas:

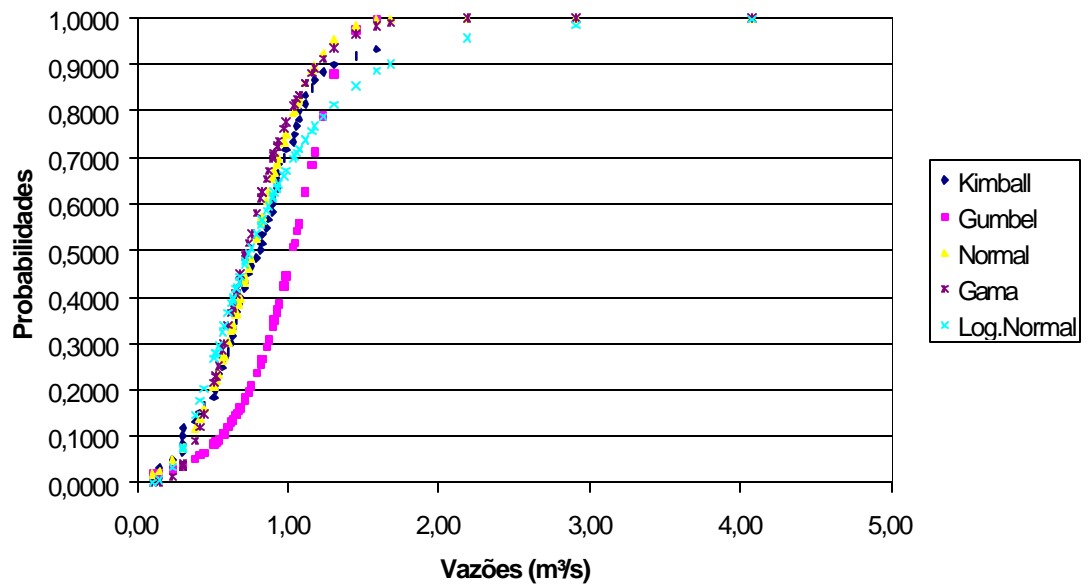
- Kimball;
- Gumbel;
- Normal;
- Gama;
- LogNormal.

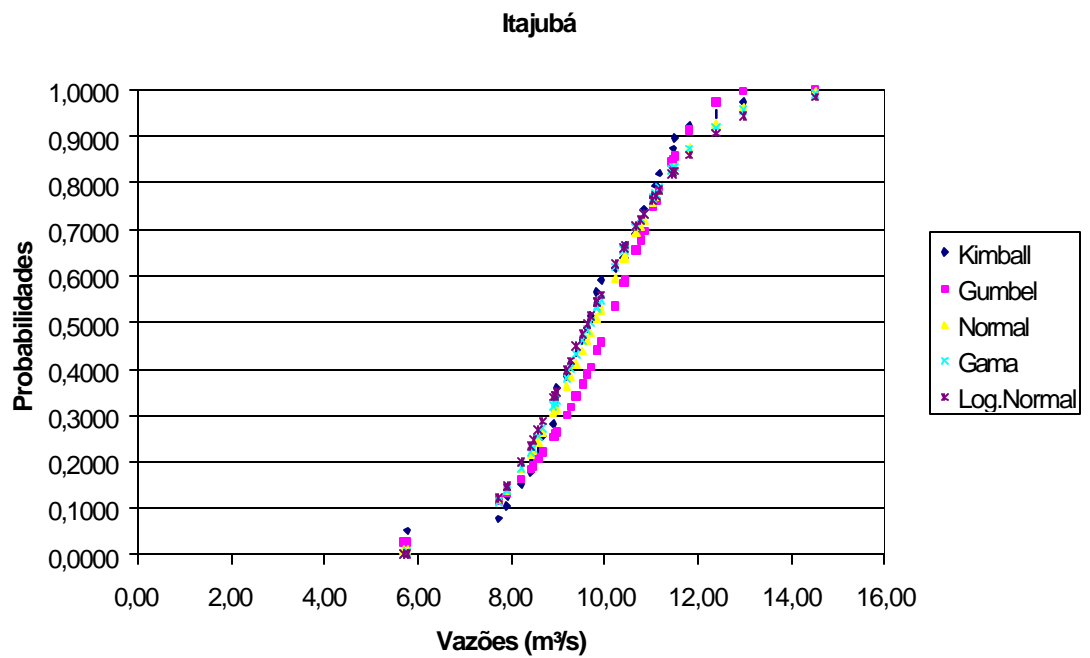
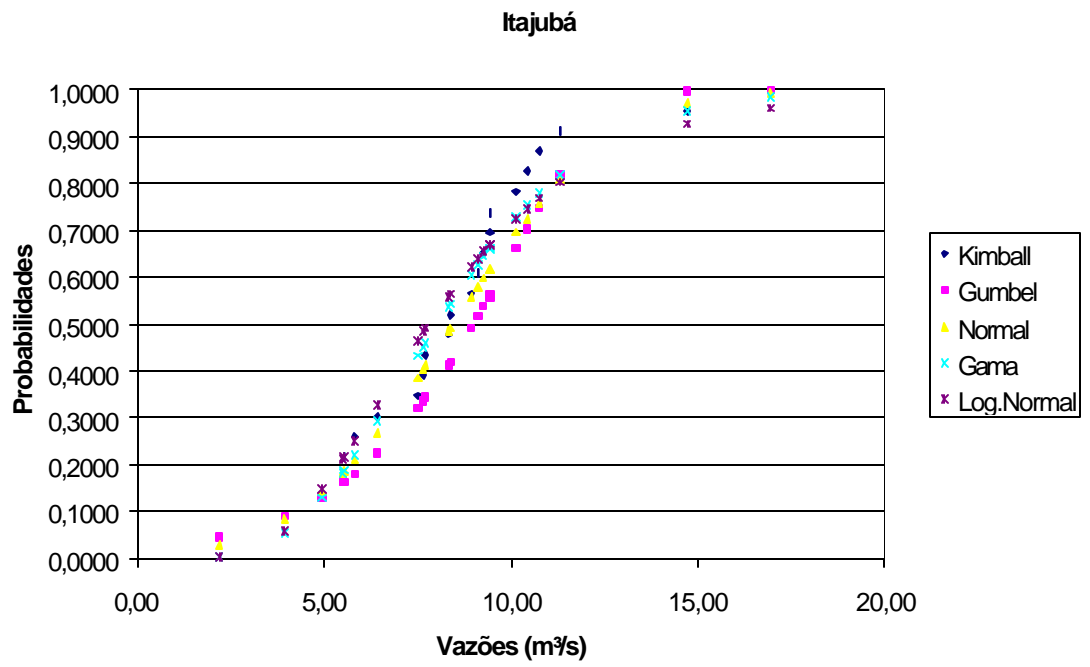


Fazenda Córrego Alegre

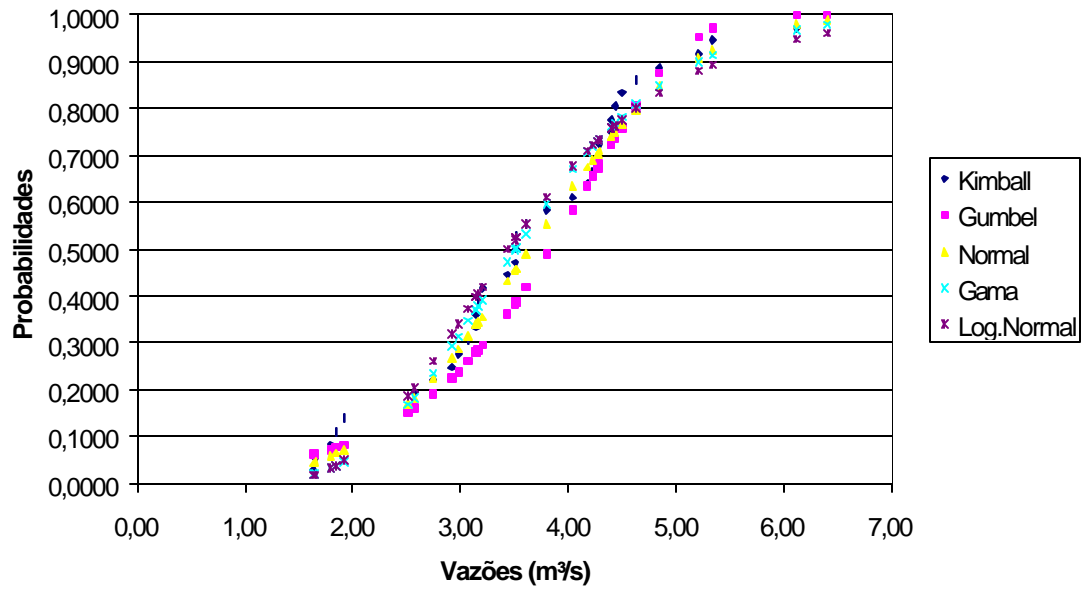


Delfim Moreira

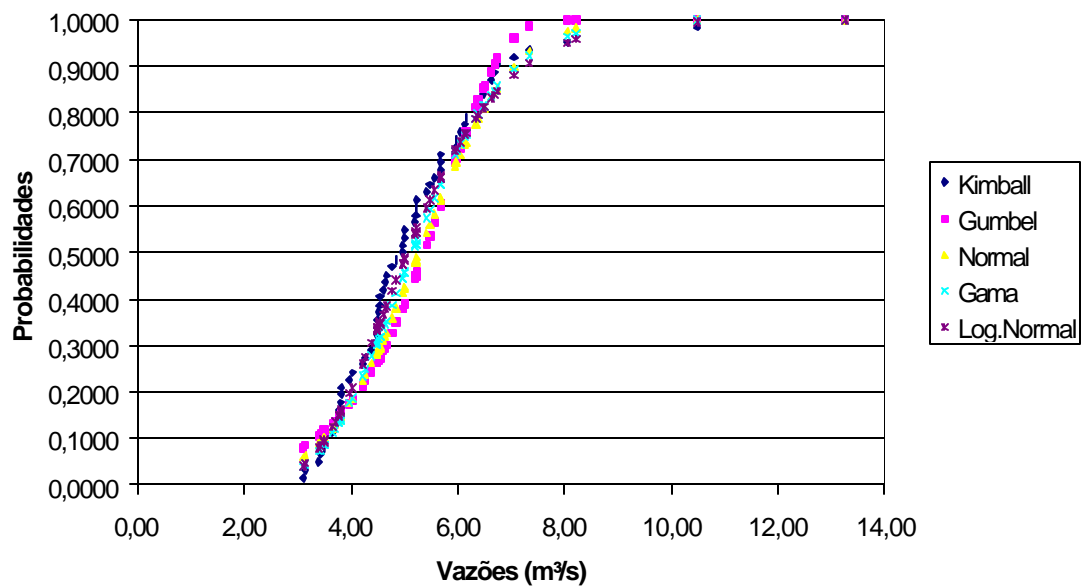


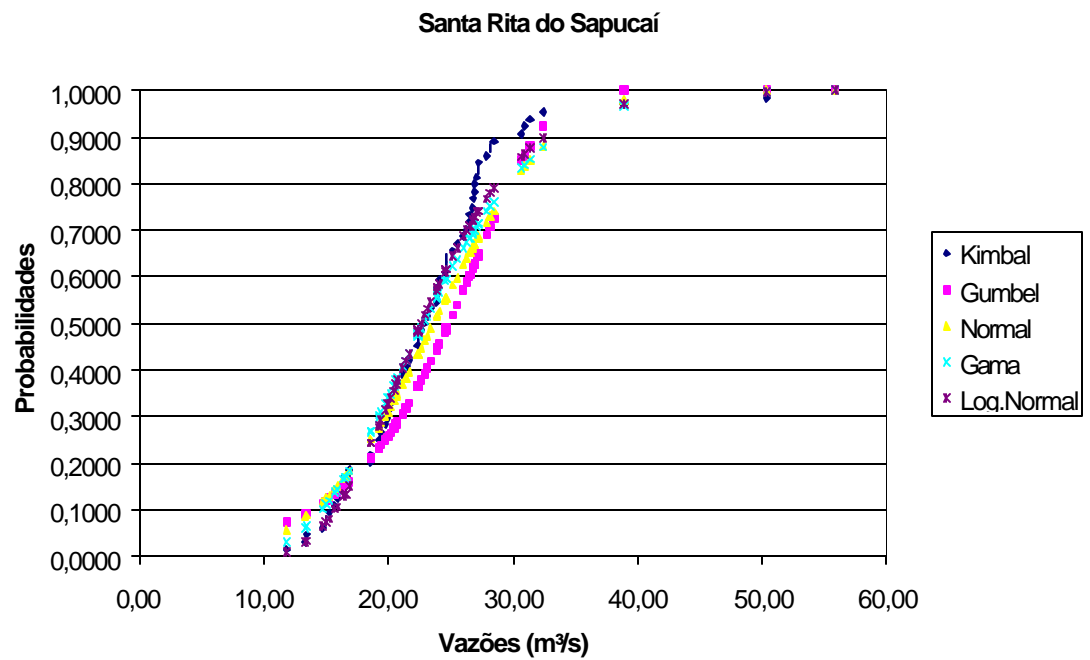
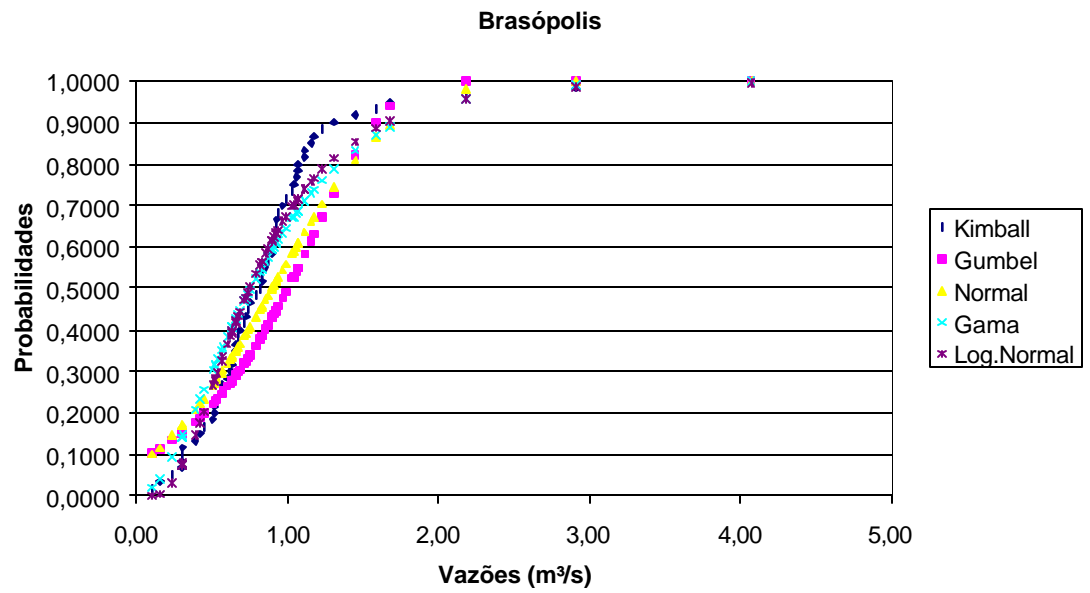


Bairro Santa Cruz

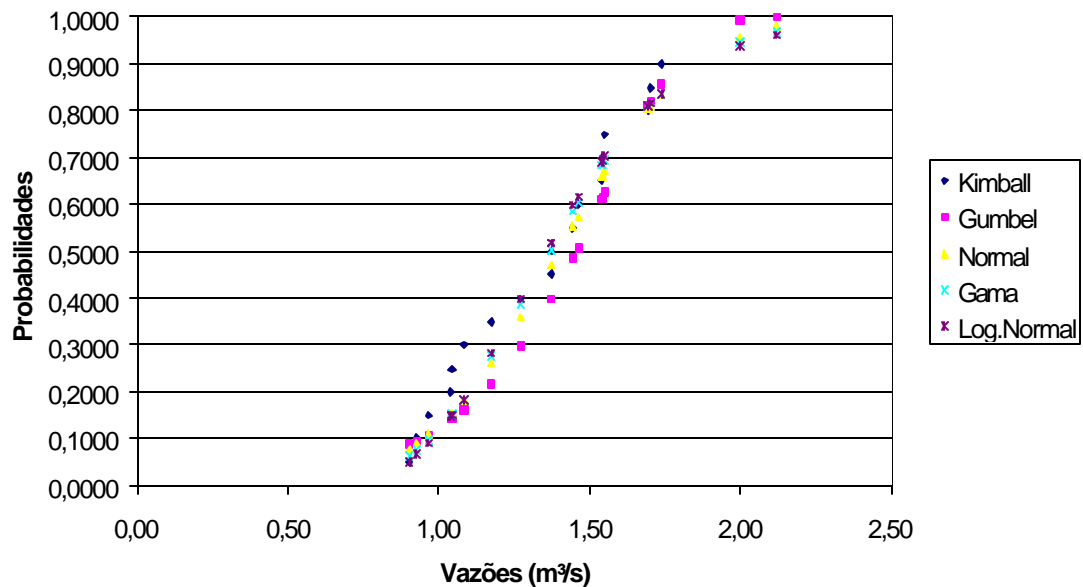


São João de Itajubá

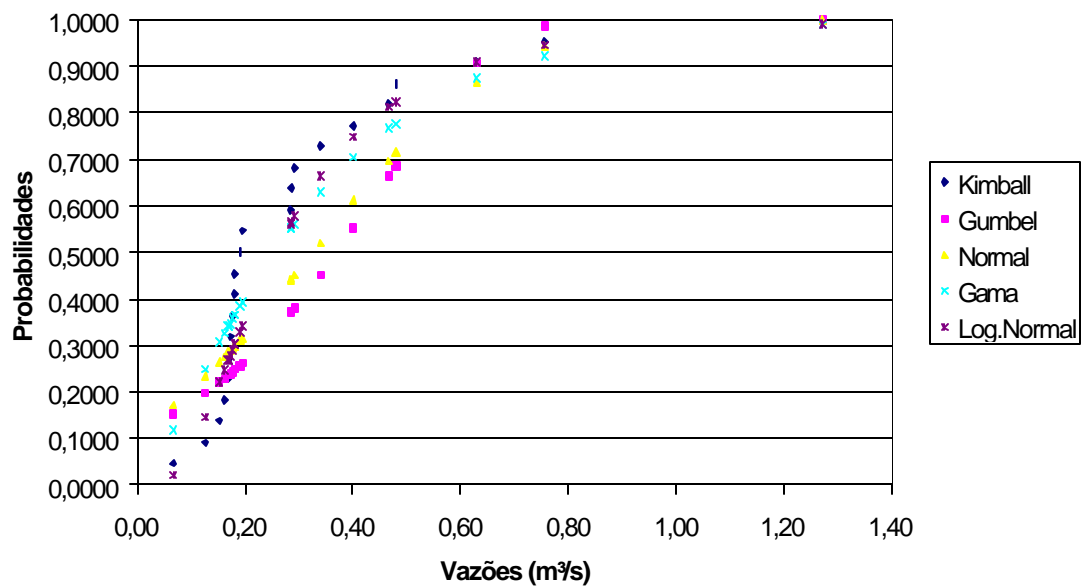




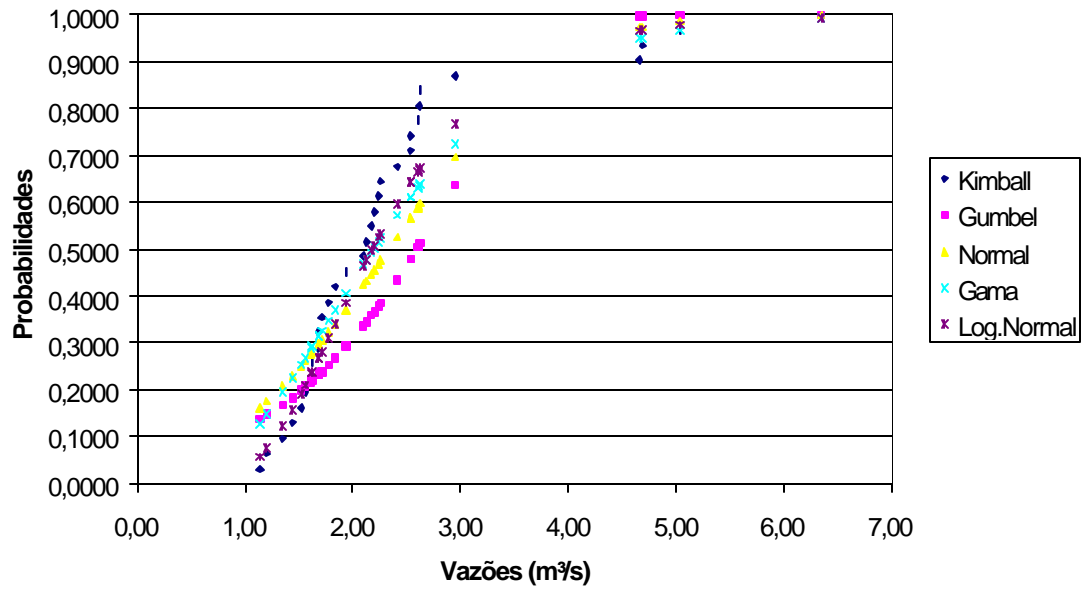
Posto Fiscal Rio Negro



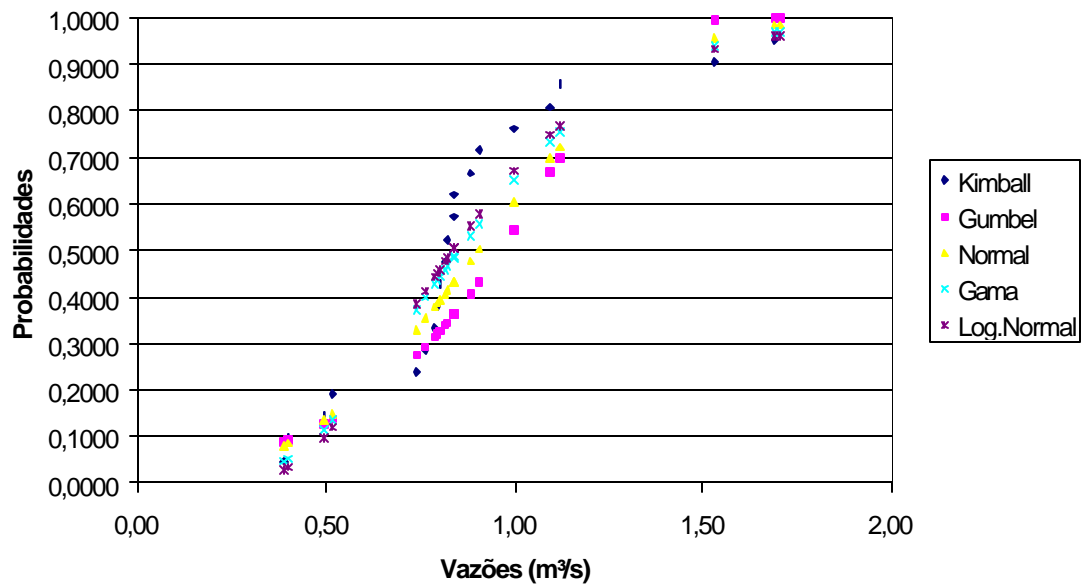
Usina Paraisópolis



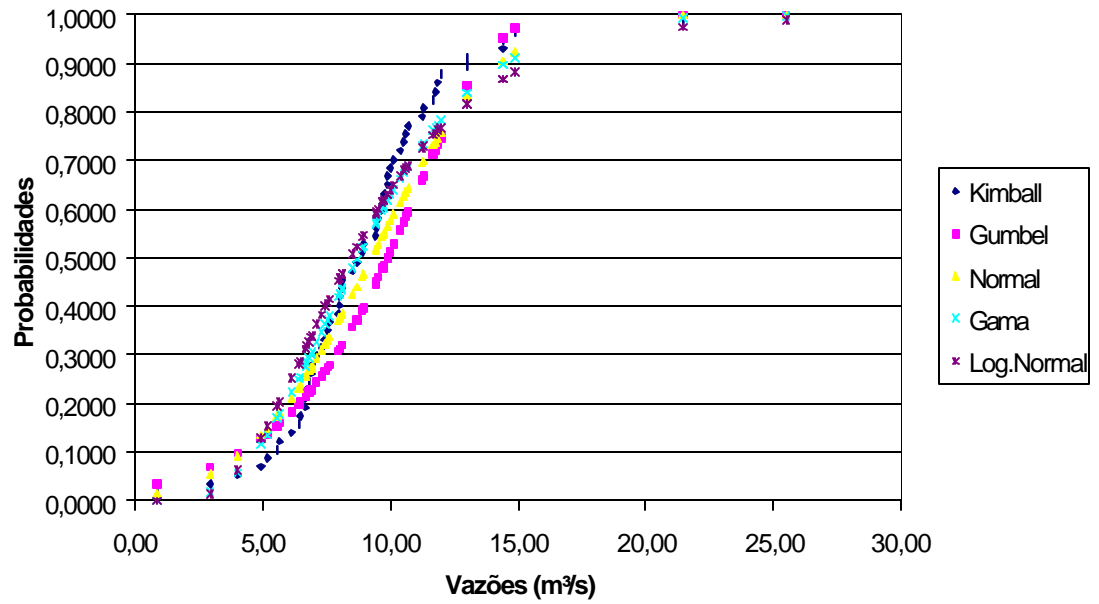
Cachoeira Gonçalves



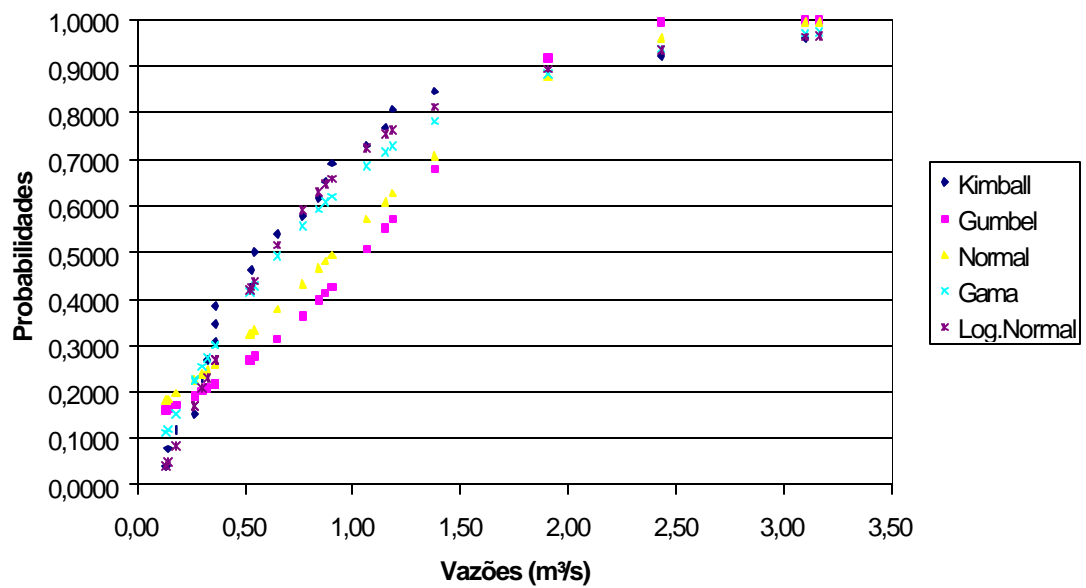
Bairro do Analdino

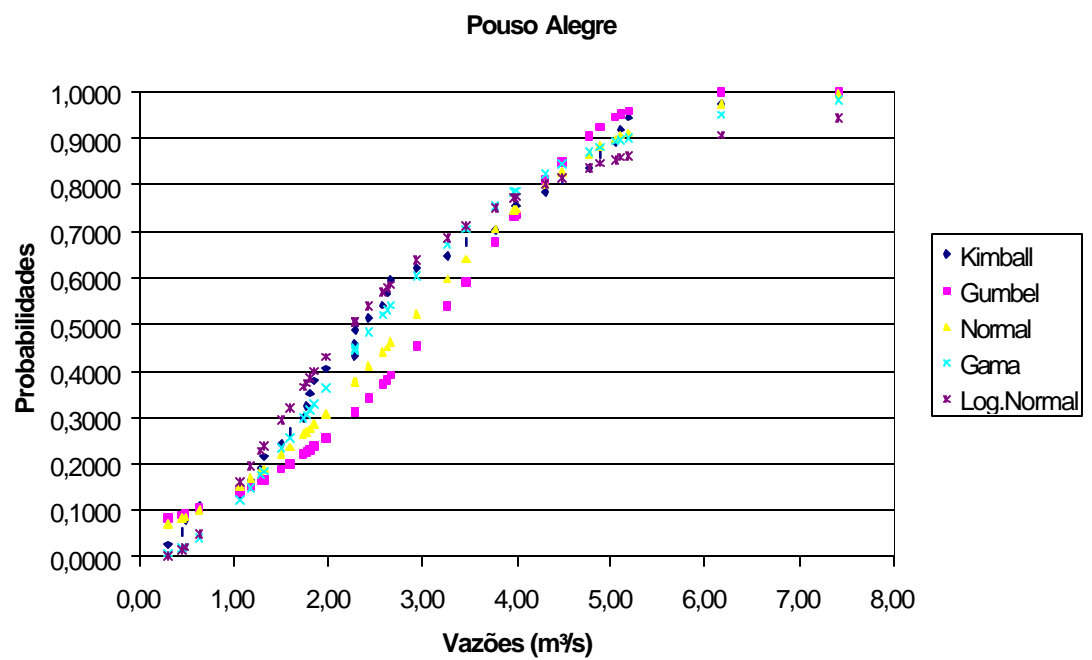
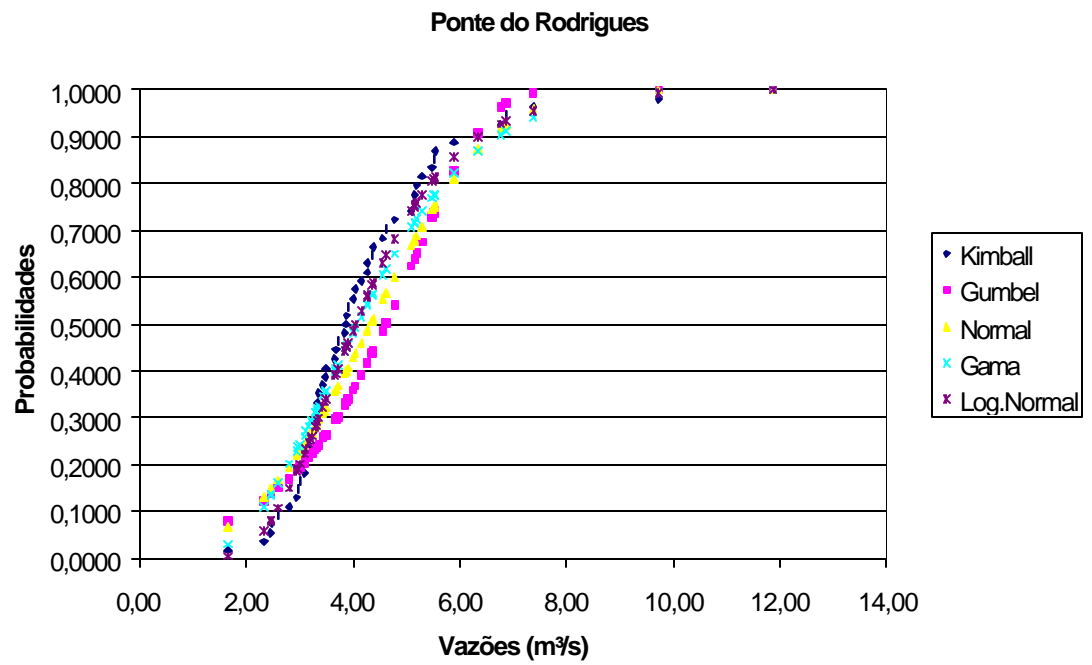


Conceição dos Ouros

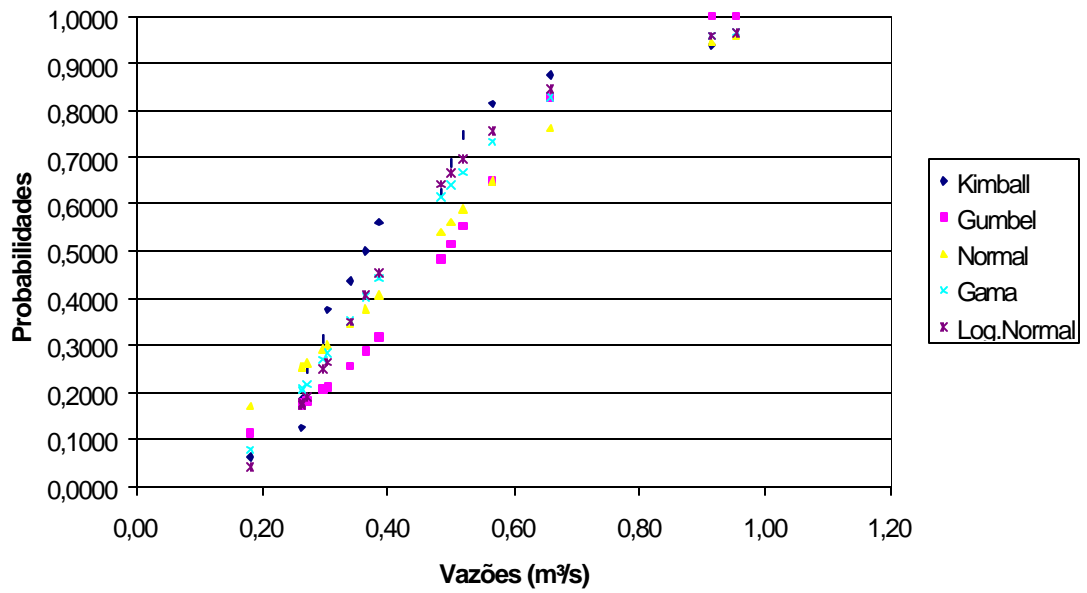


Cambuí

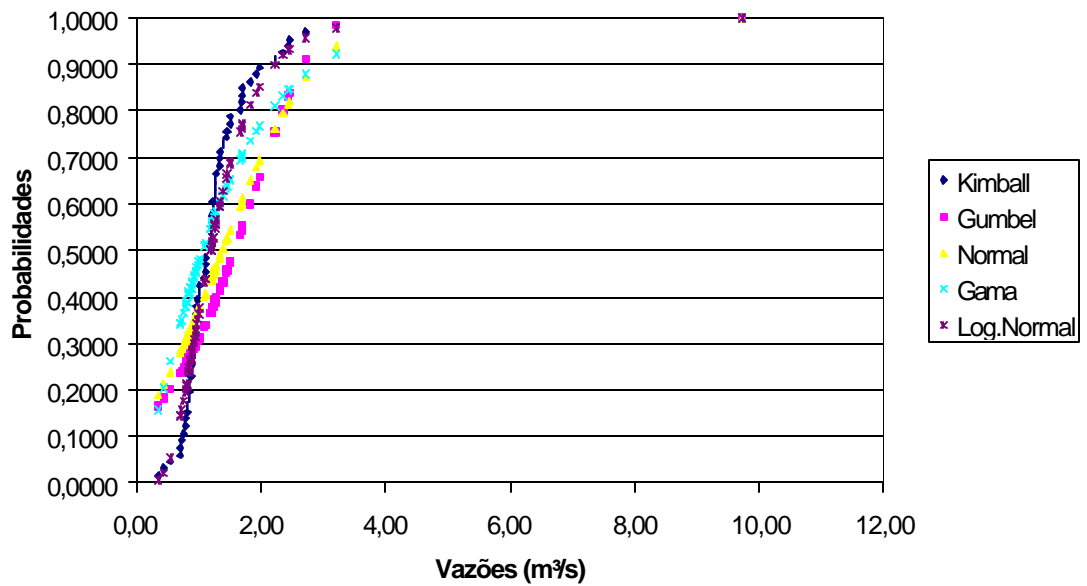




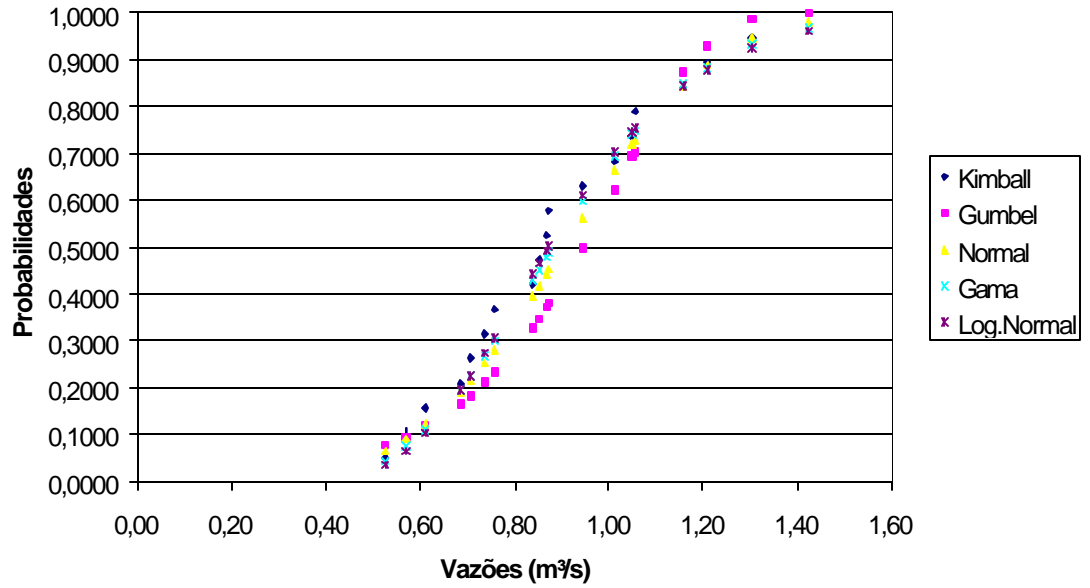
Usina São Miguel



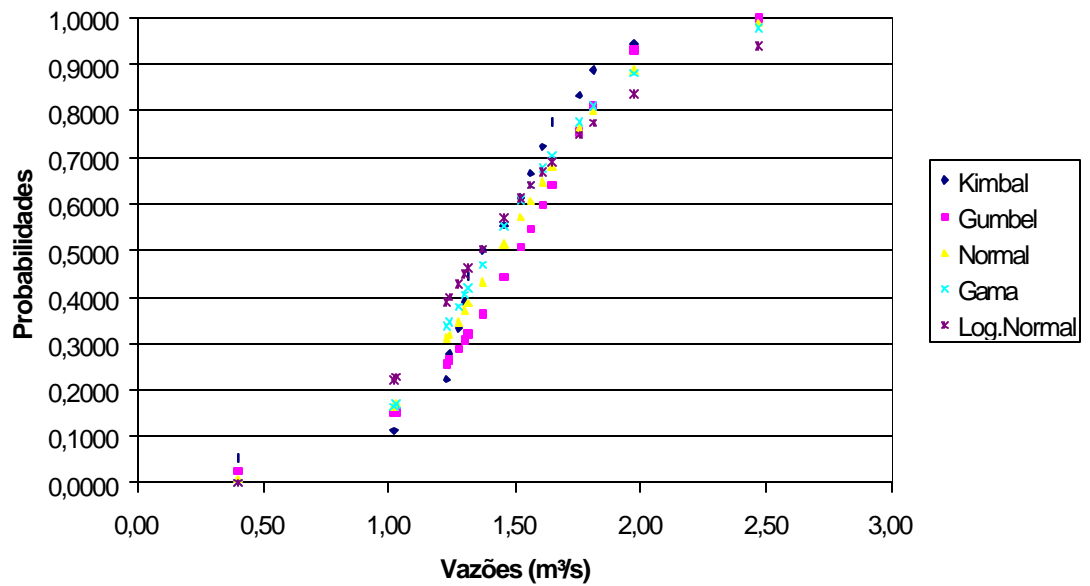
Itanhandu

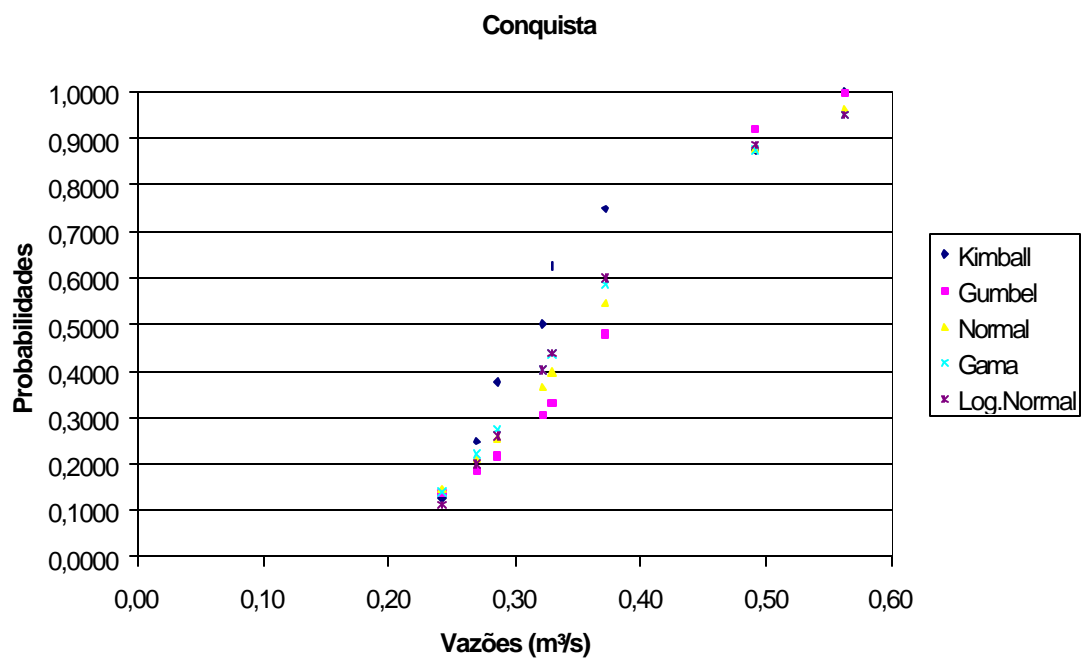
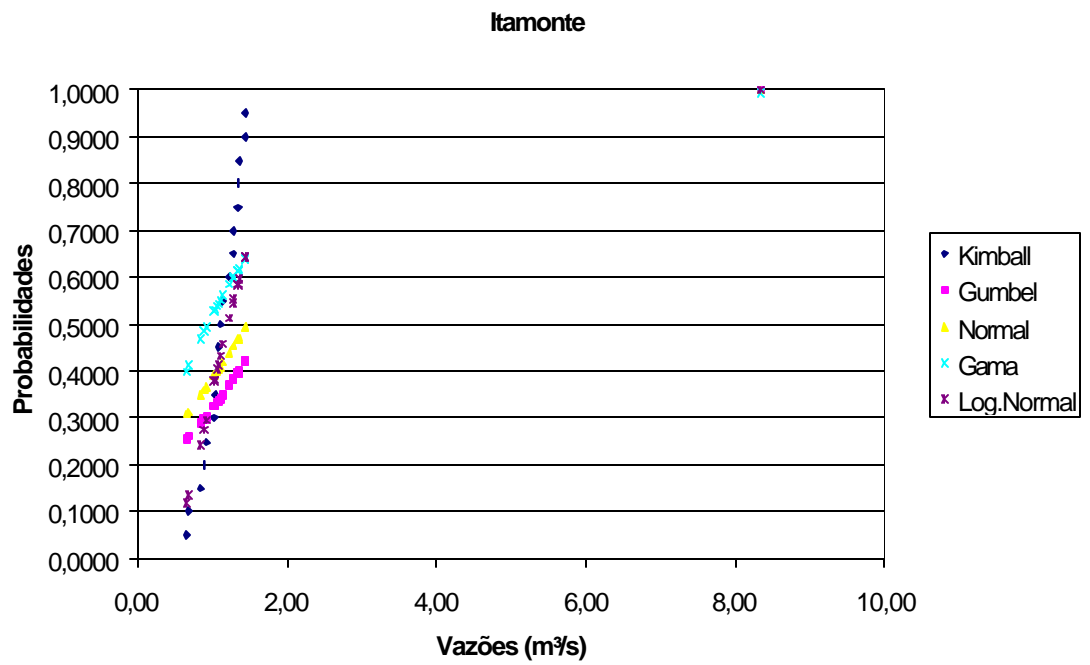


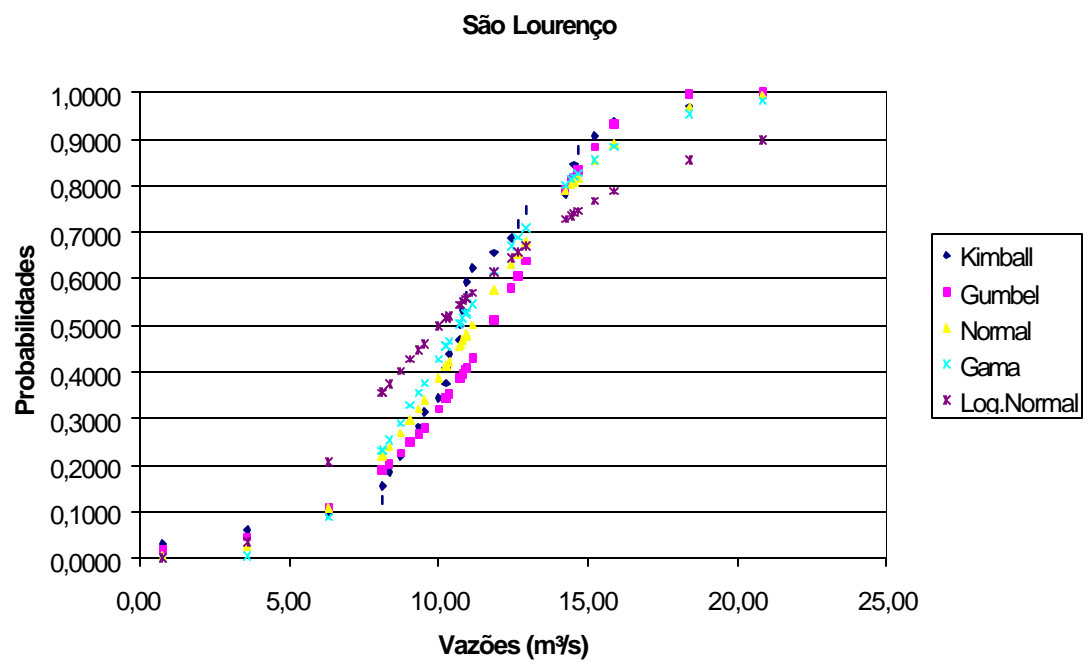
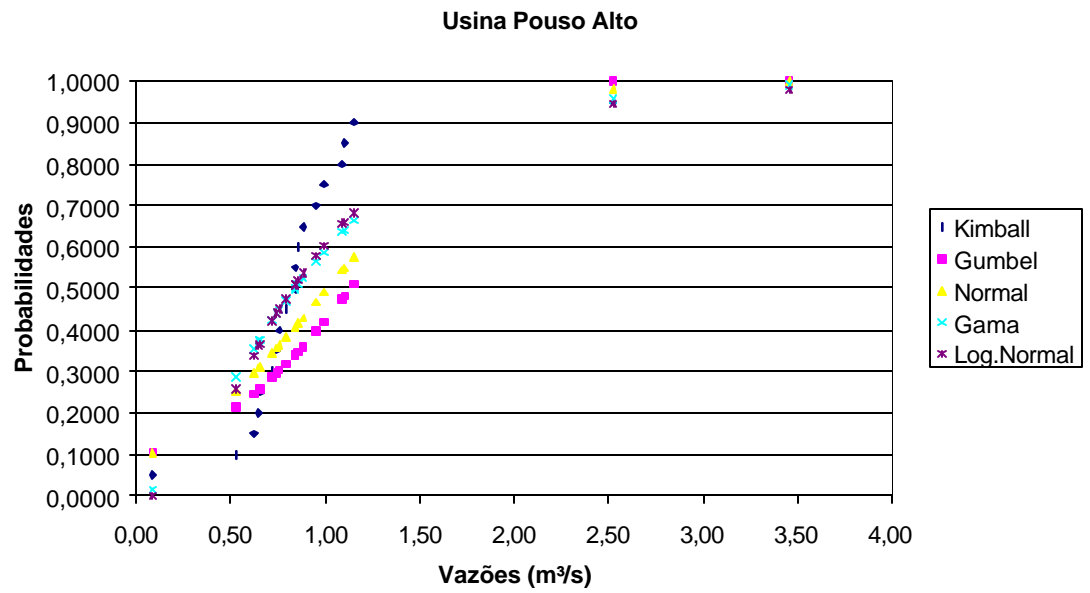
Bairro São Geraldo



Itanhandu



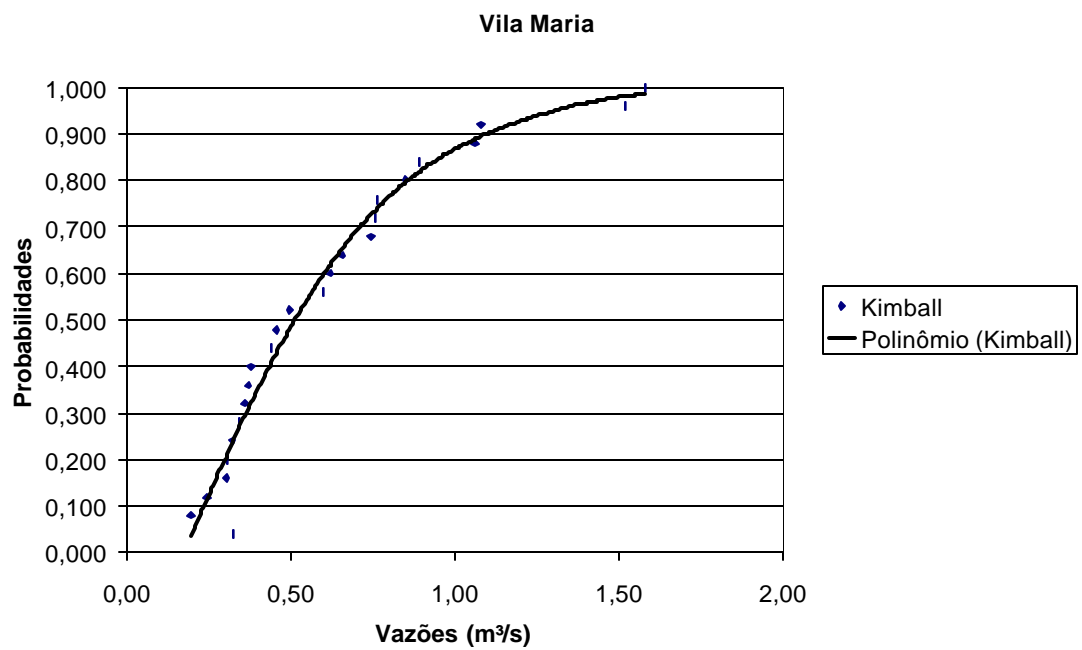
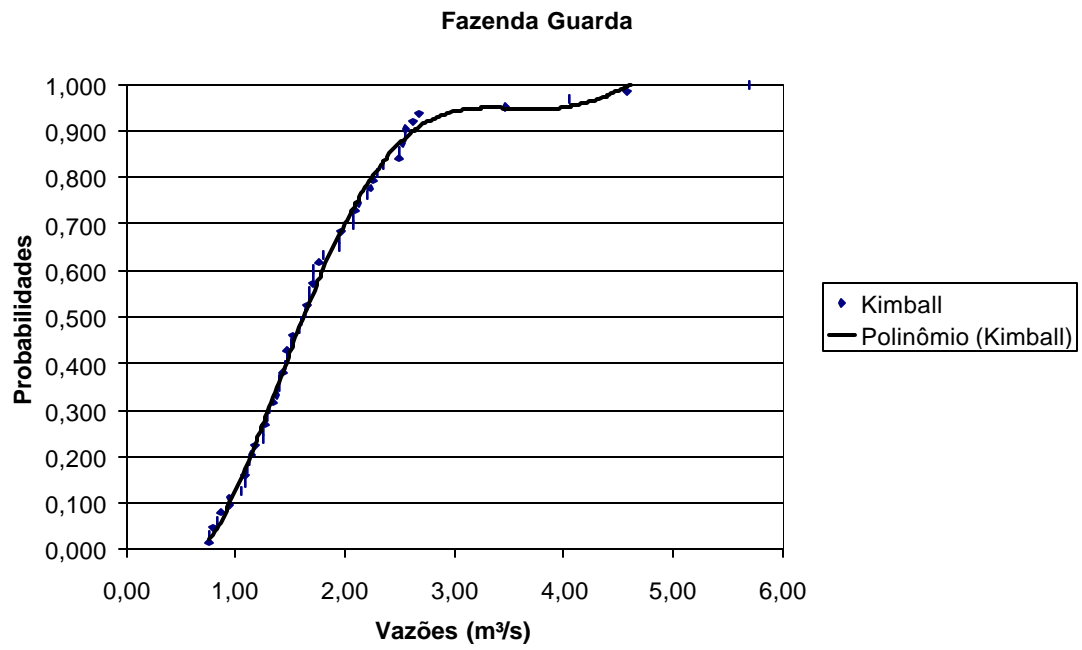




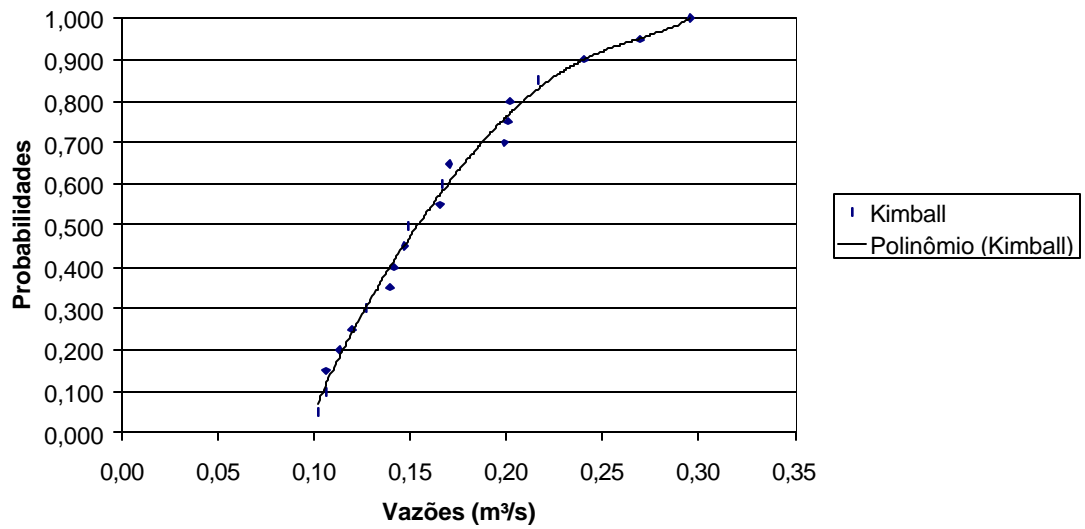
Anexo B

Gráficos de ajustes de probabilidades das vazões das estações fluviométricas:

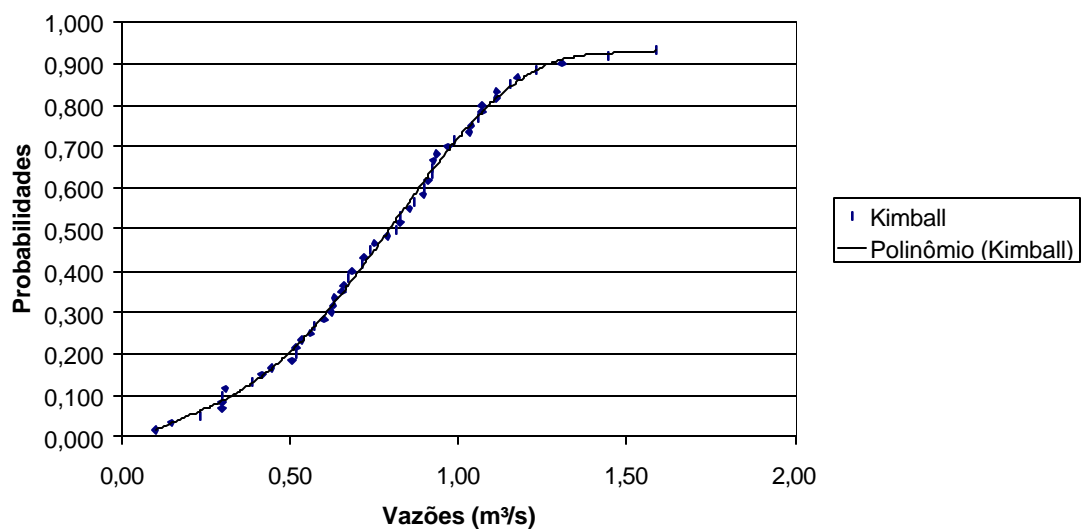
- Polinomial.

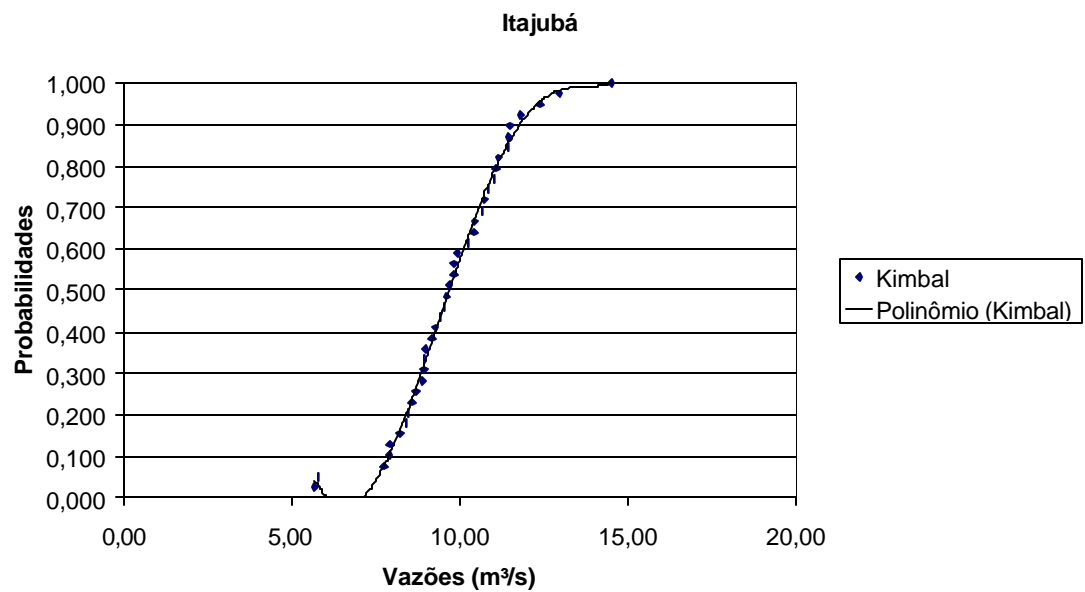
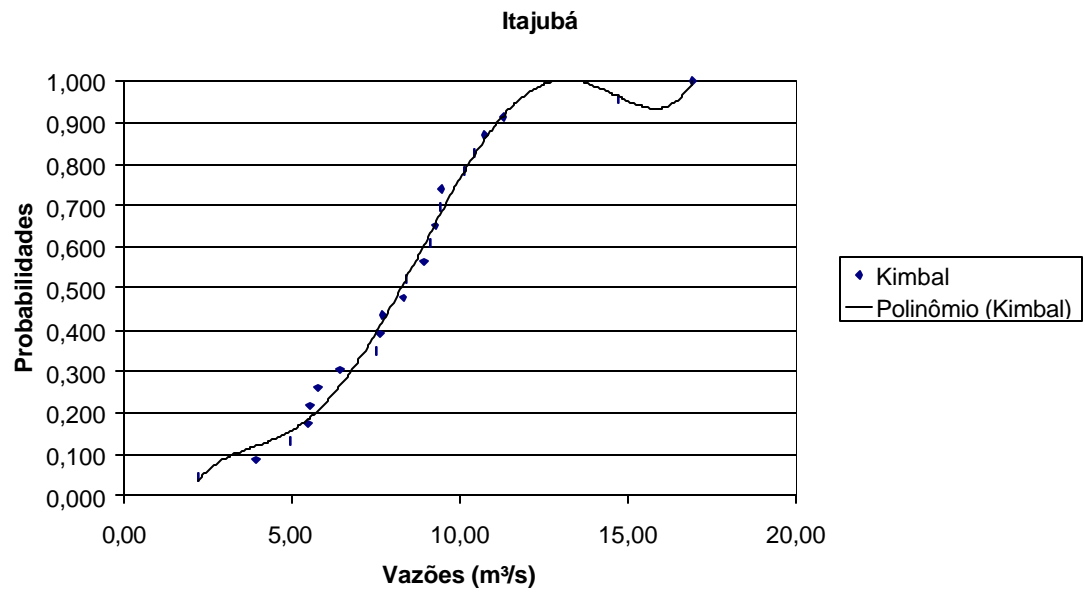


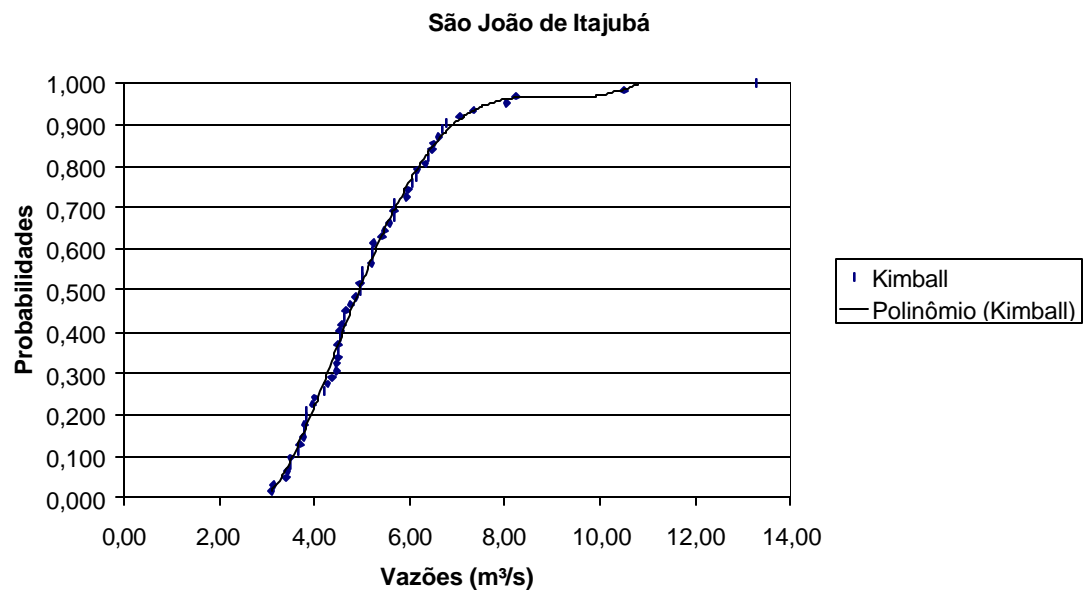
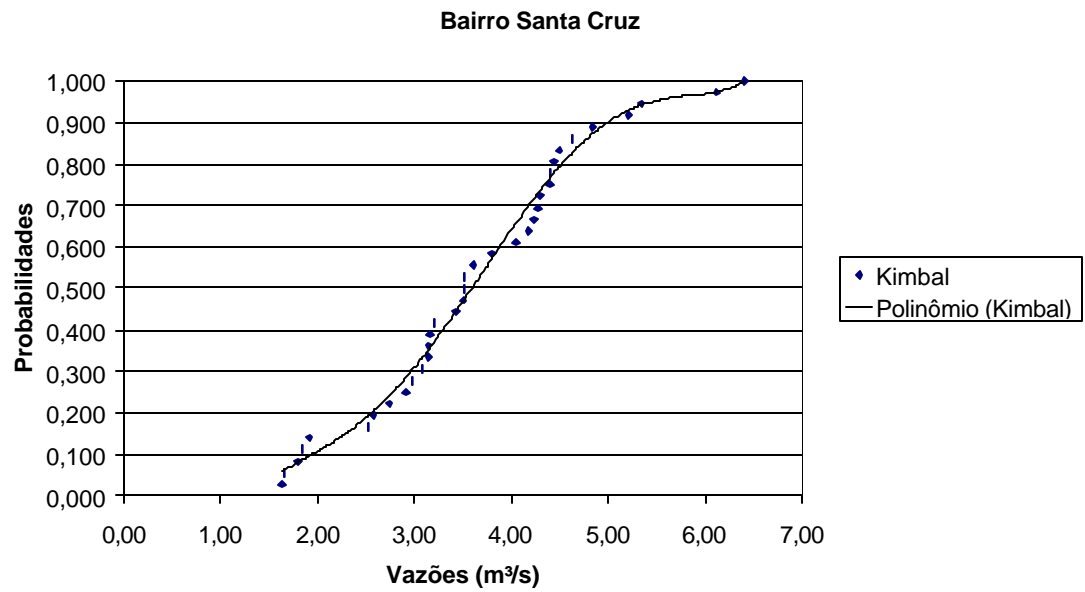
Fazenda Córrego Alegre

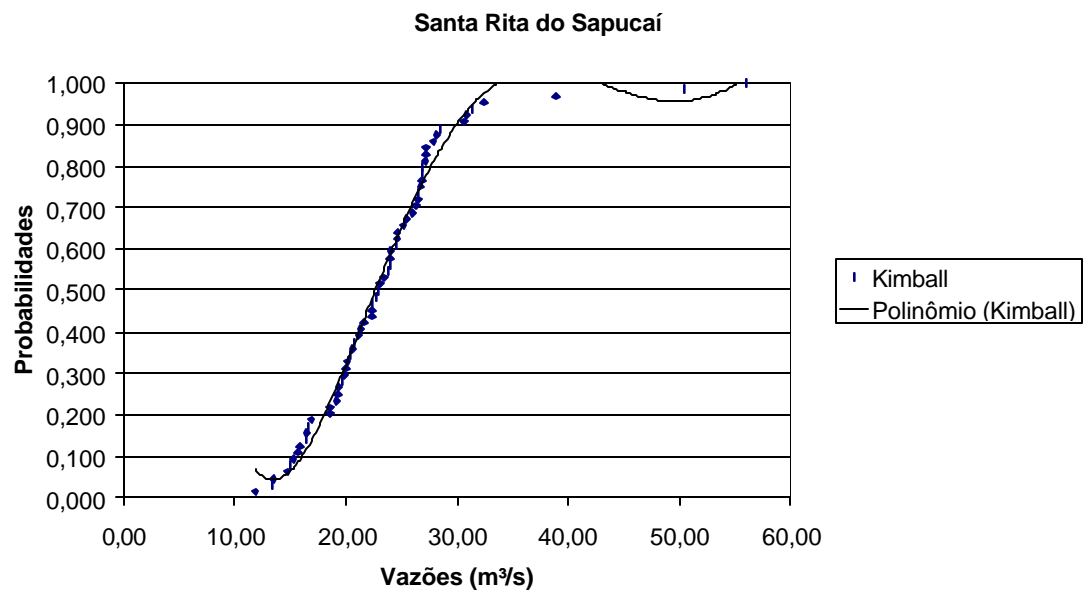
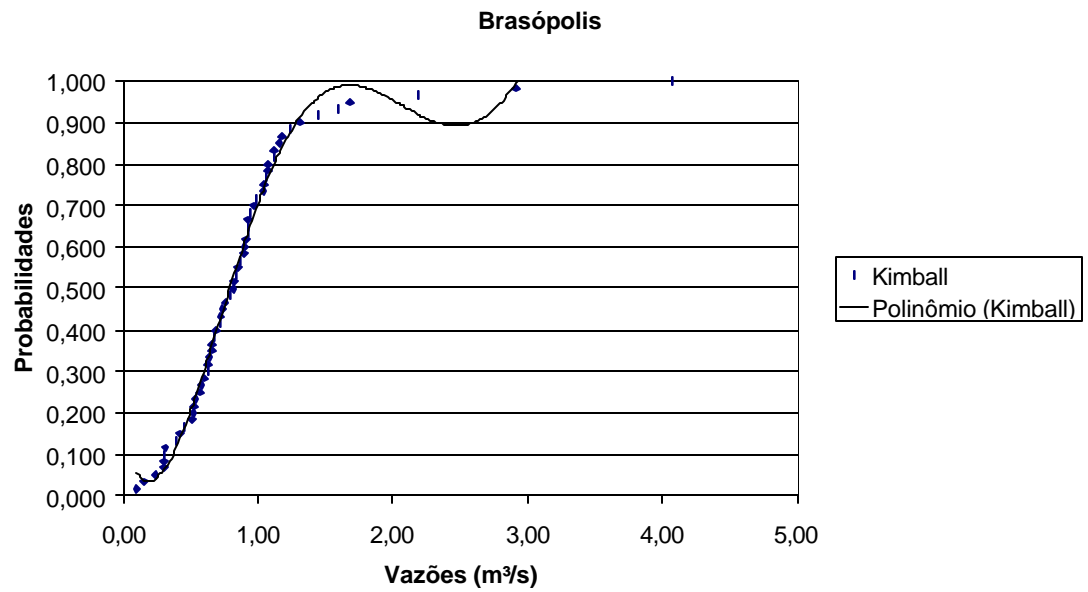


Delfim Moreira

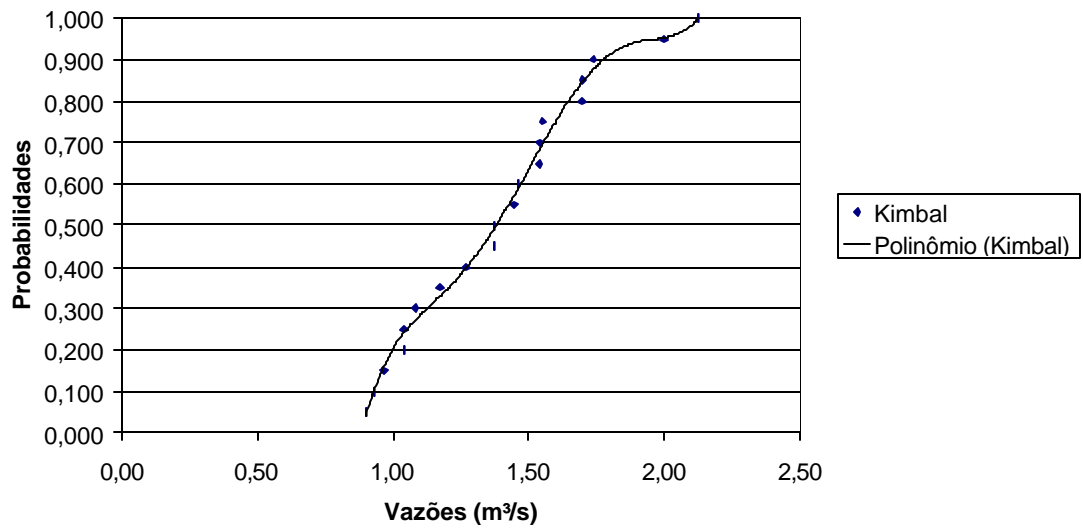




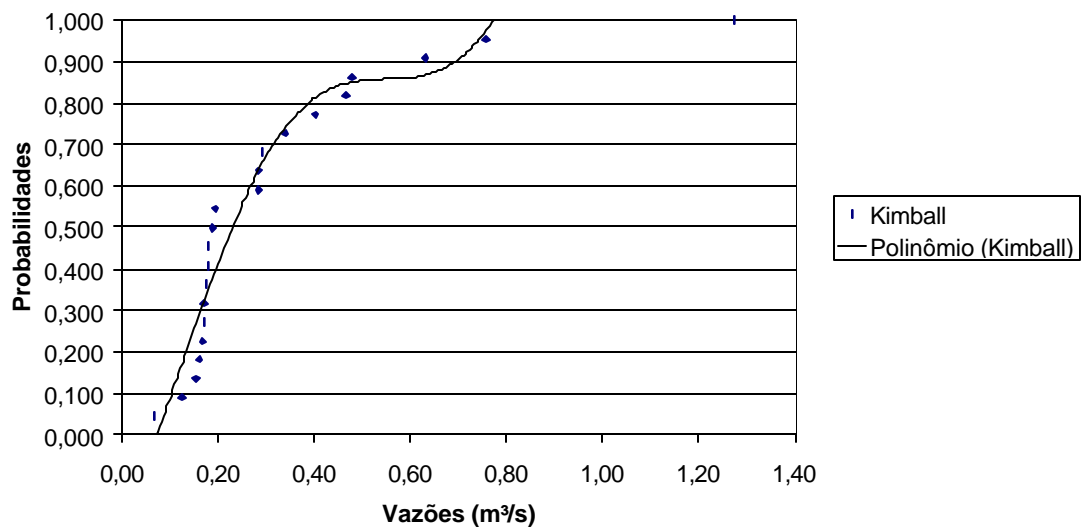


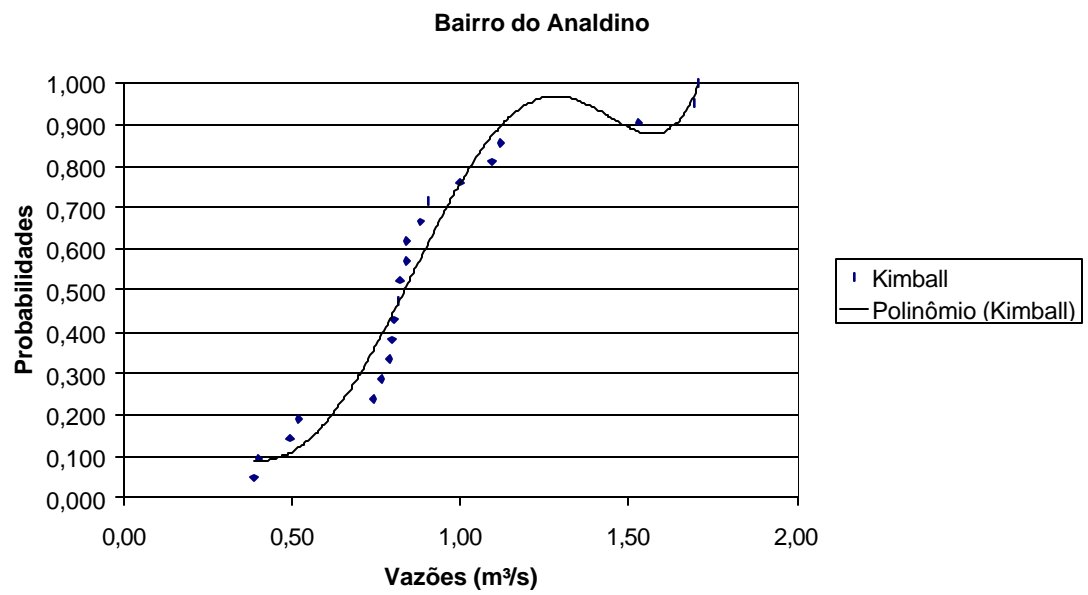
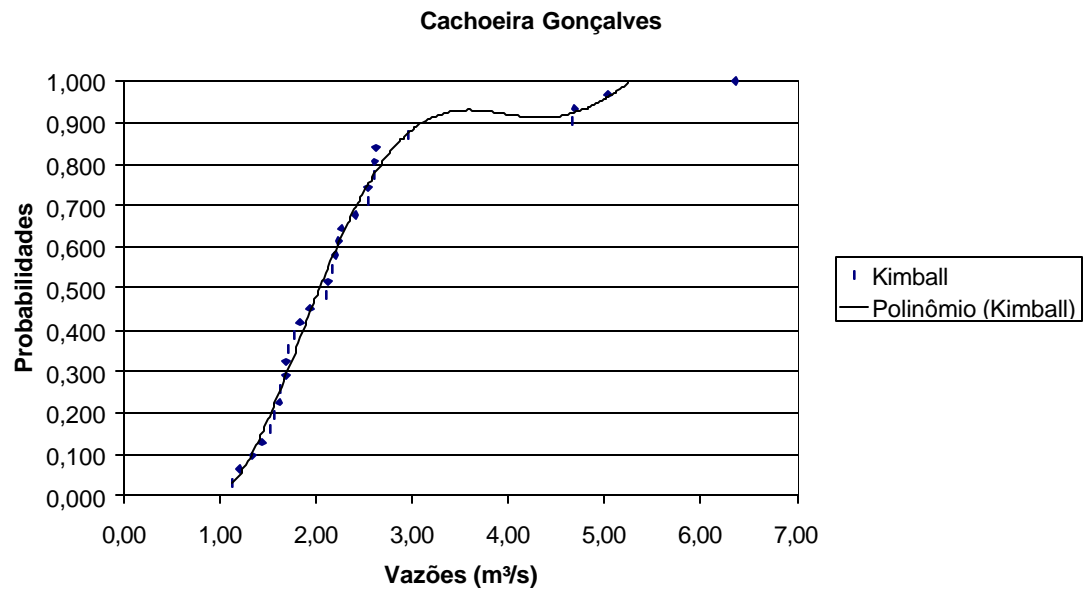


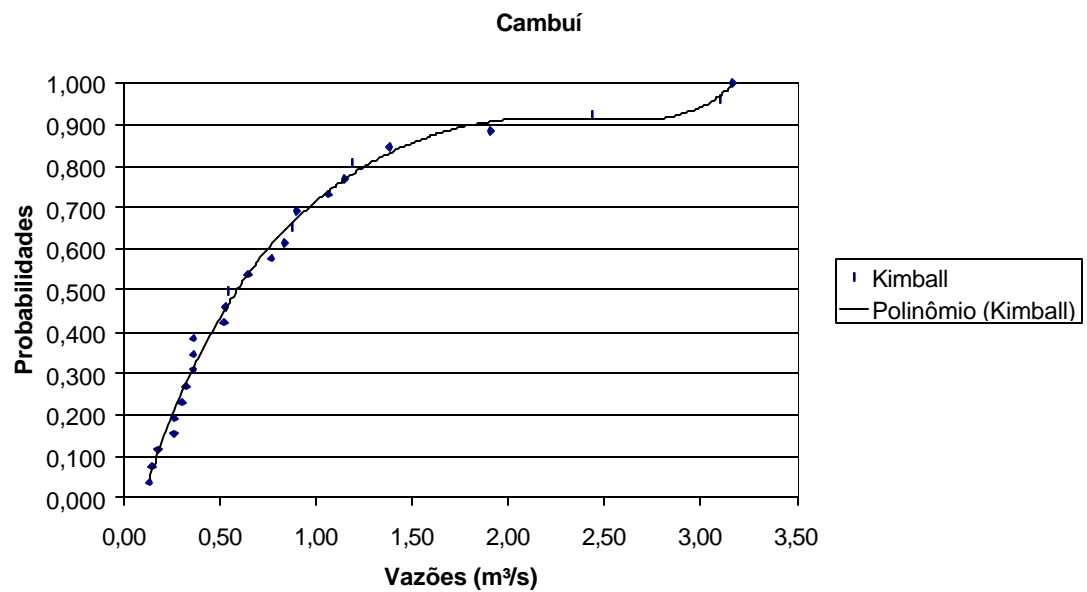
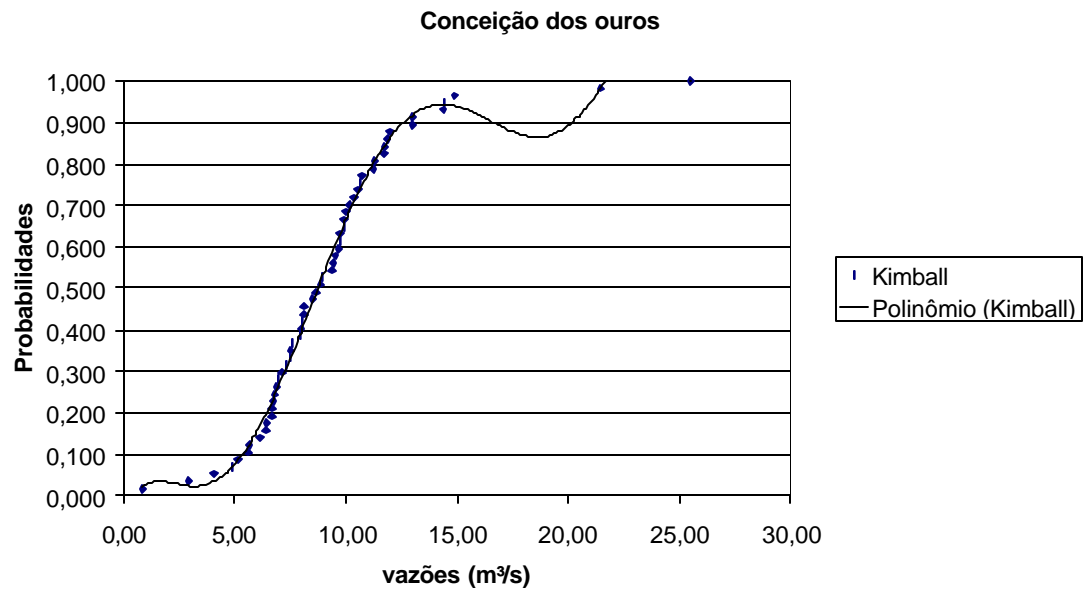
Posto Fiscal Rio Negro

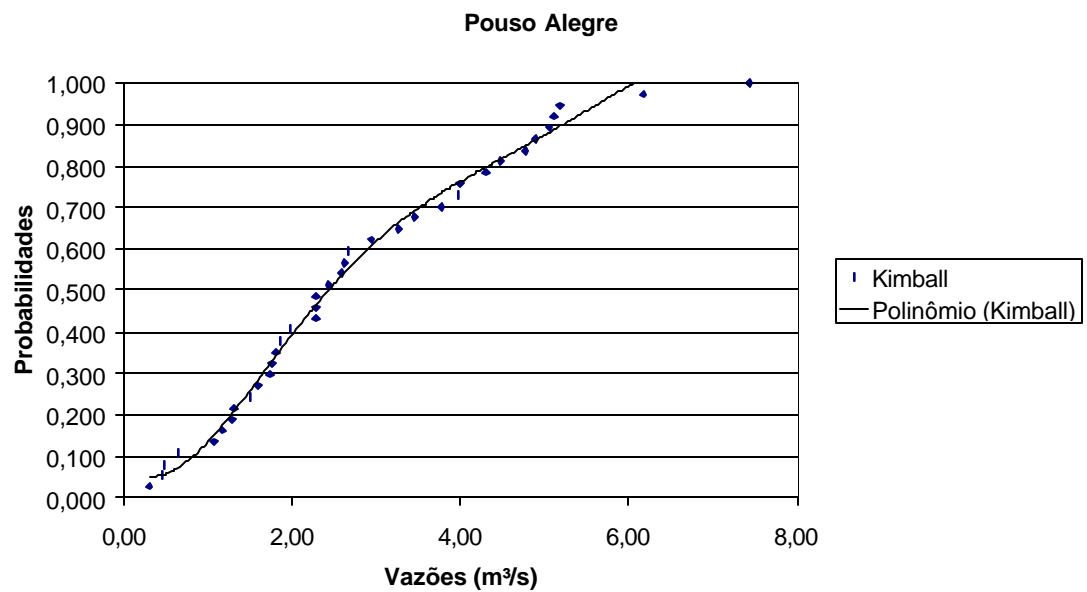
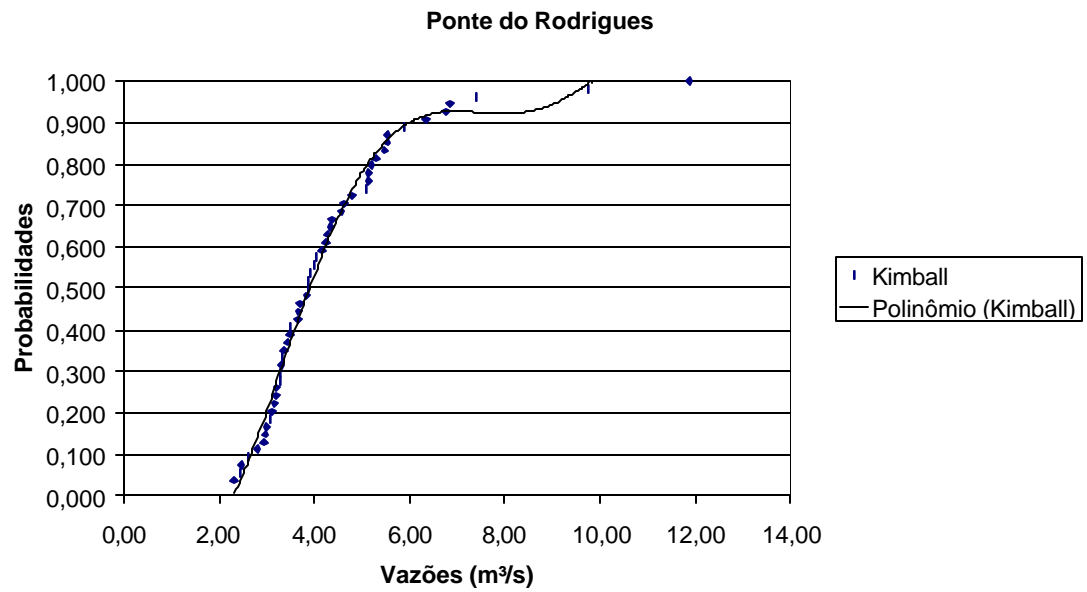


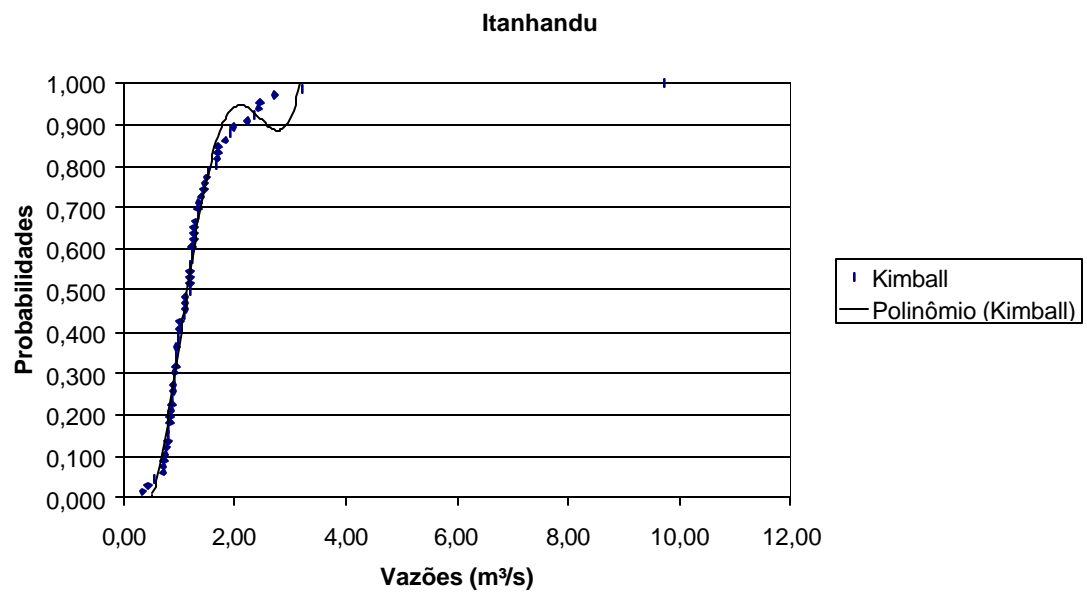
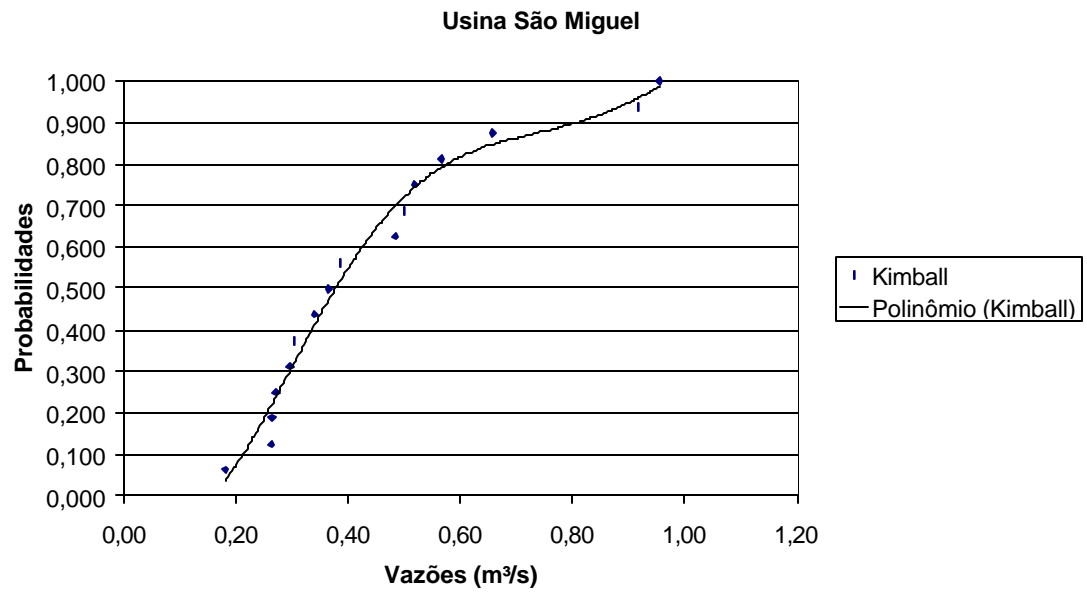
Usina Paraisópolis

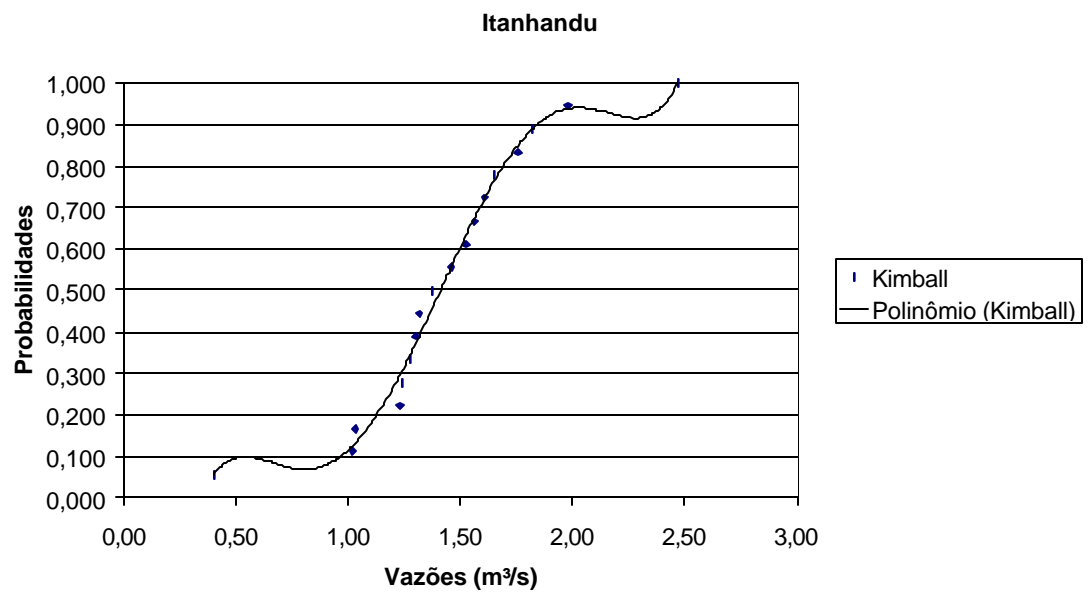
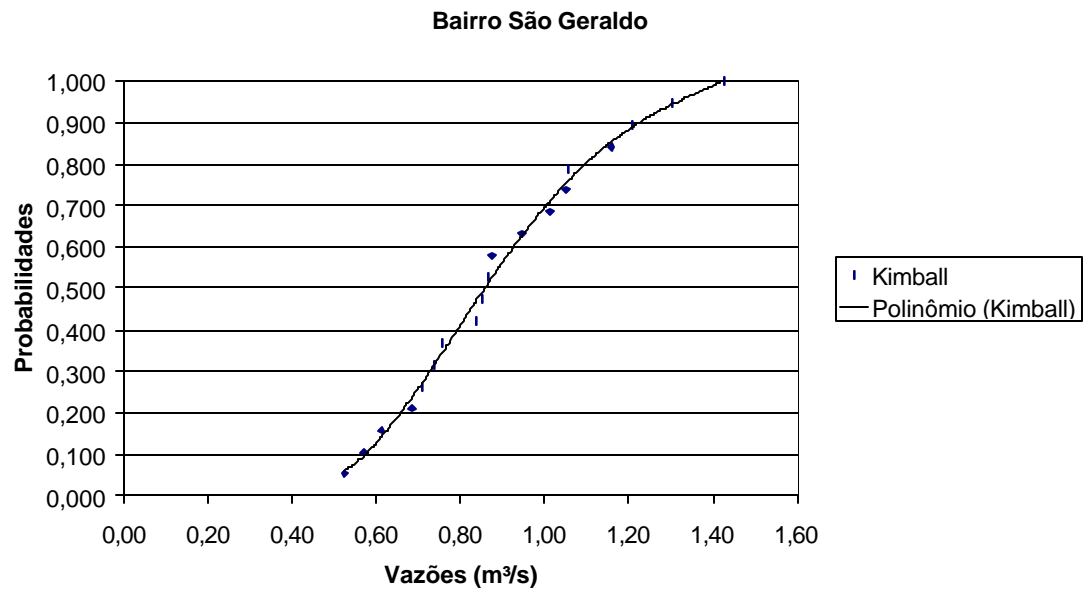




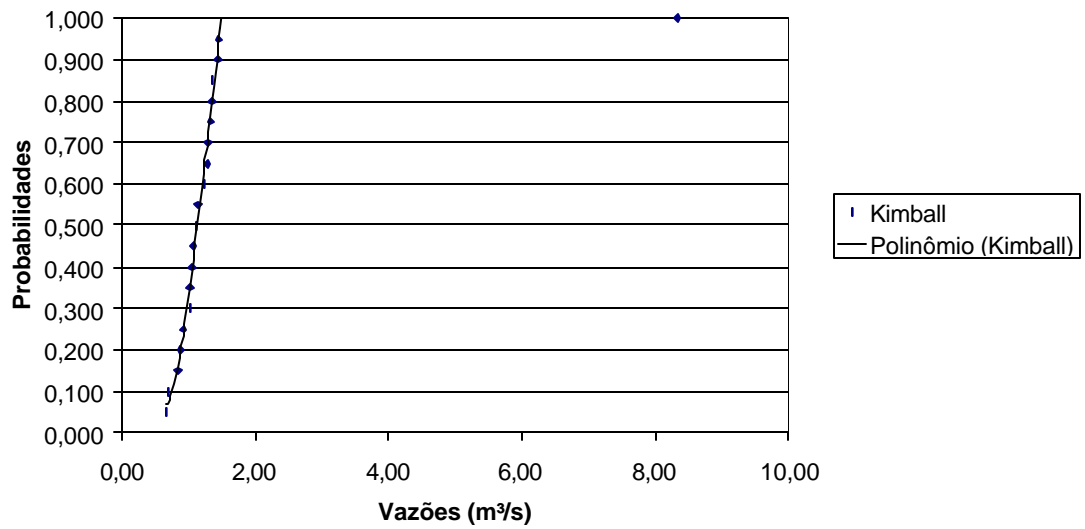




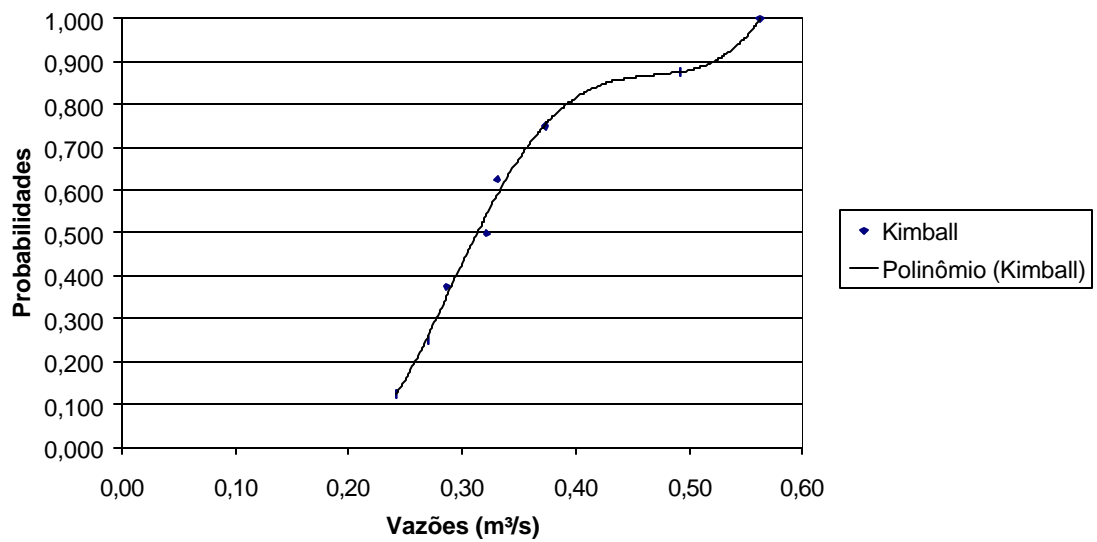


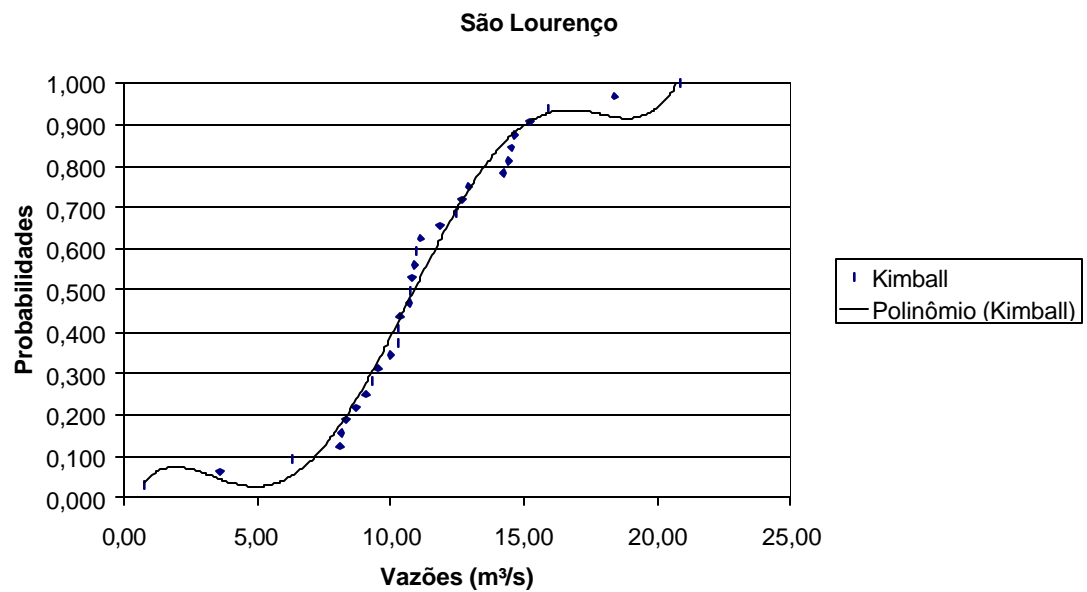
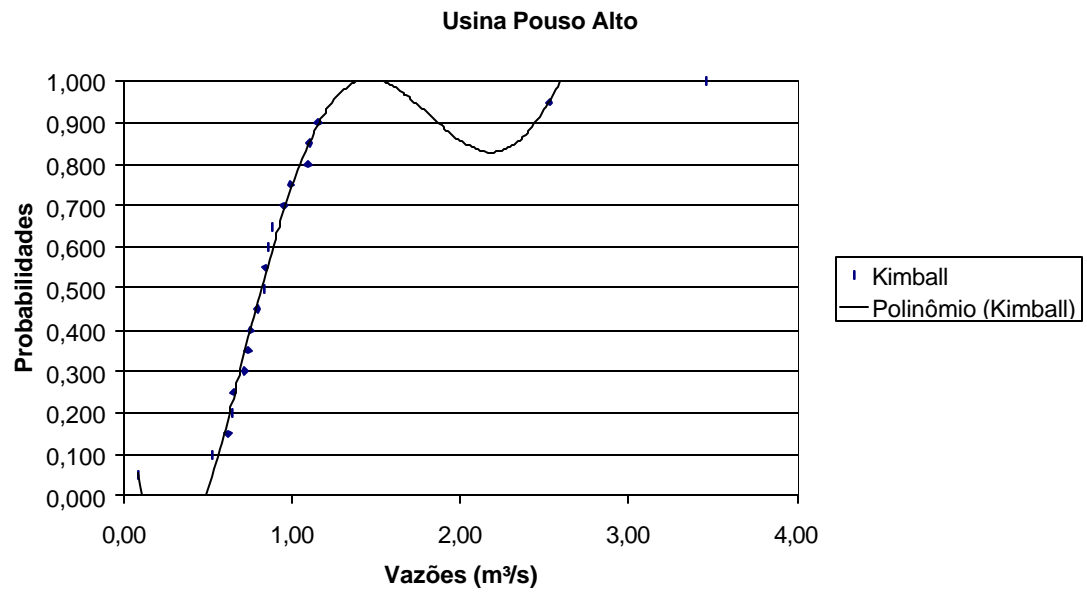


Itamonte



Conquista



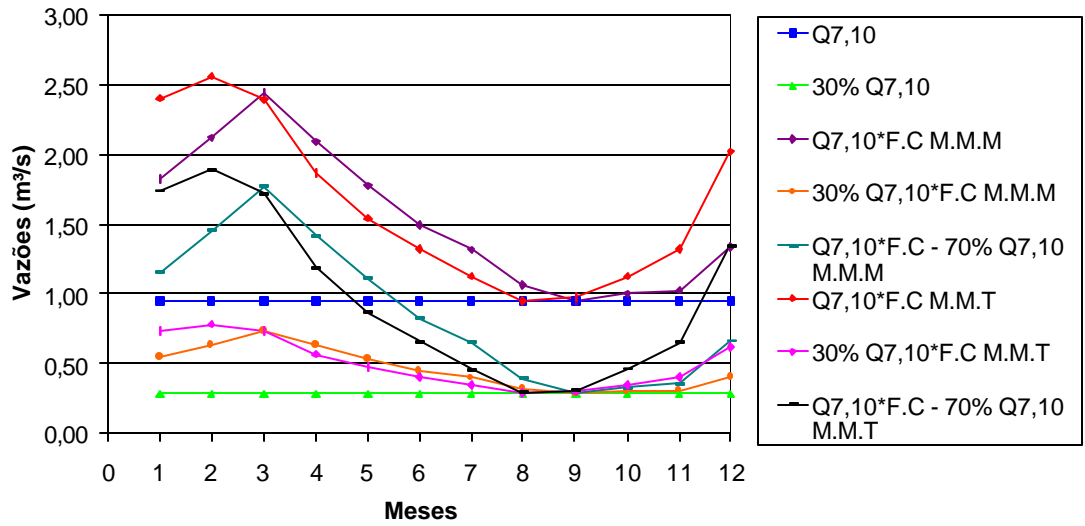


Anexo C

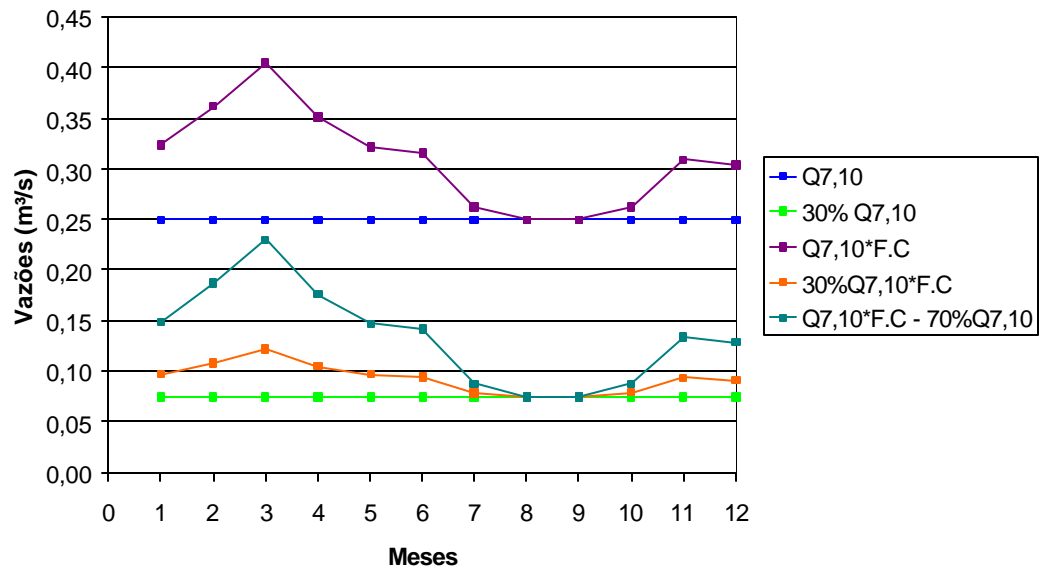
Gráficos contendo as vazões de gerenciamento de outorga para as estações fluviométricas:

- $Q_{7,10}$;
- $30\% Q_{7,10}$;
- $Q_{7,10} * FC$;
- $30\% Q_{7,10} * FC$;
- $Q_{7,10} * FC - 70\% Q_{7,10}$.

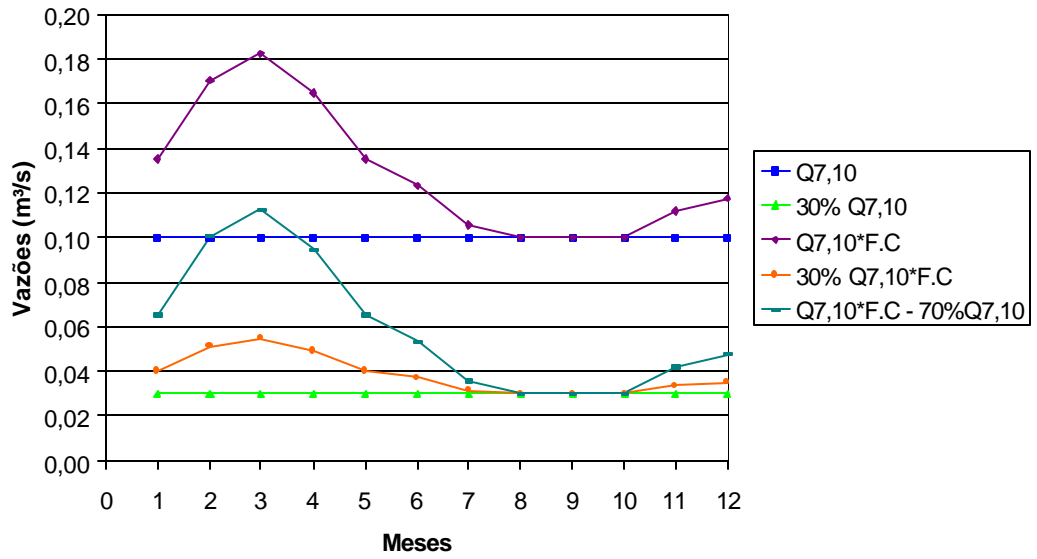
Fazenda da Guarda



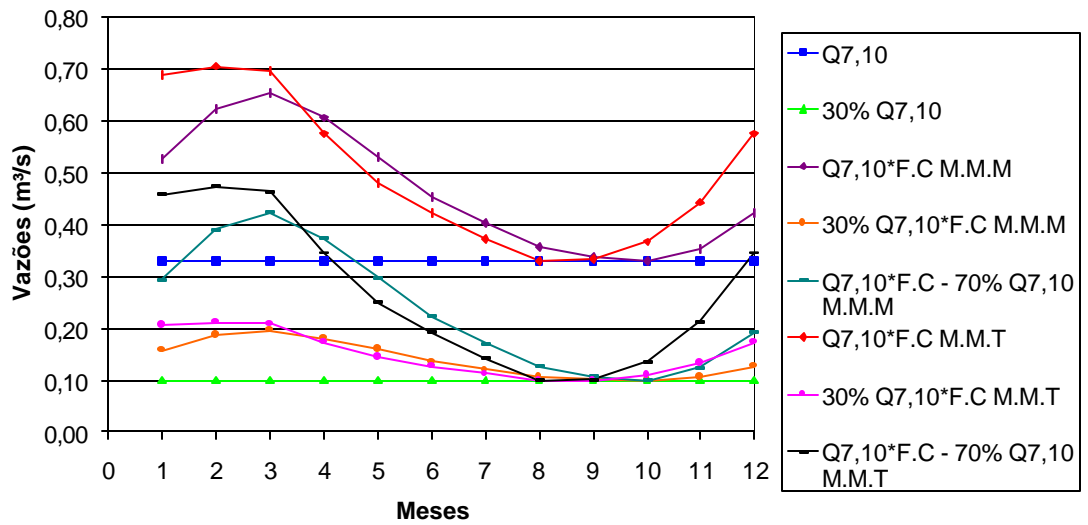
Vila Maria



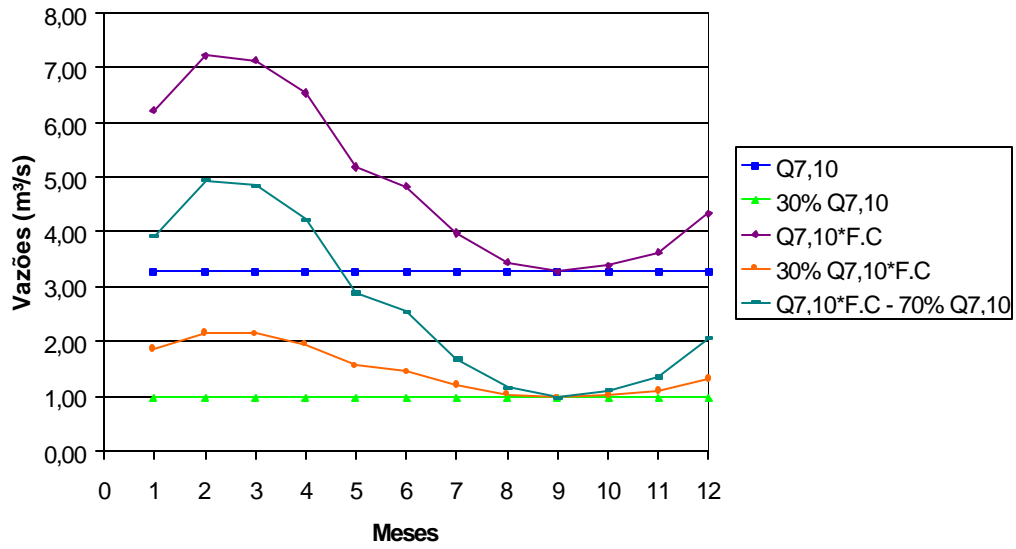
Fazenda Córrego Alegre



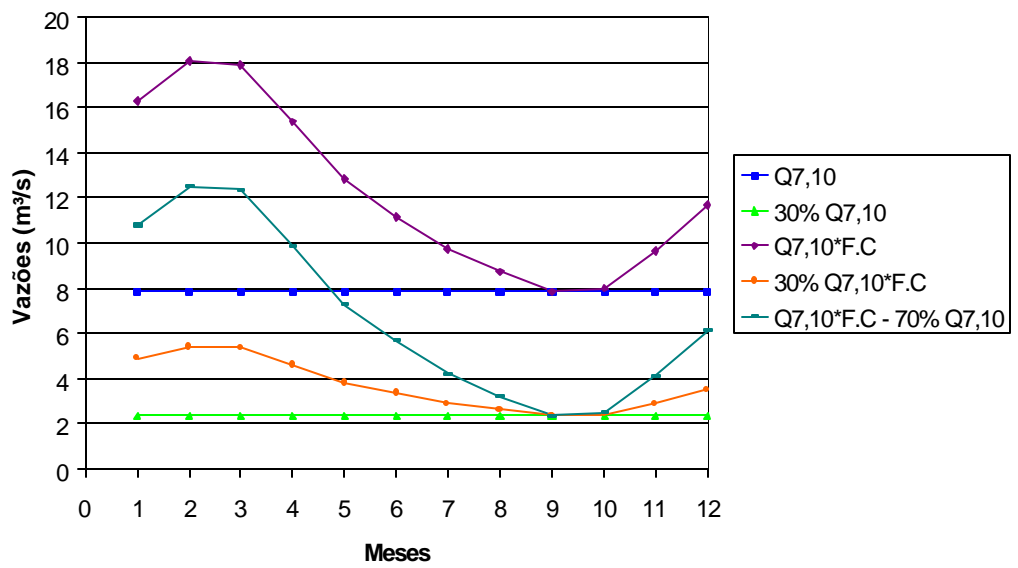
Delfim Moreira



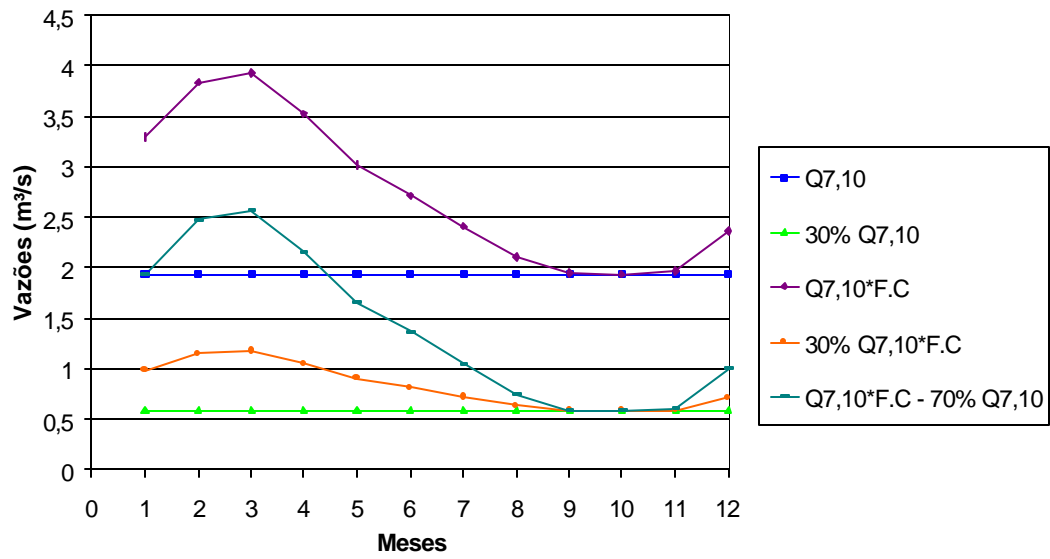
Itajubá



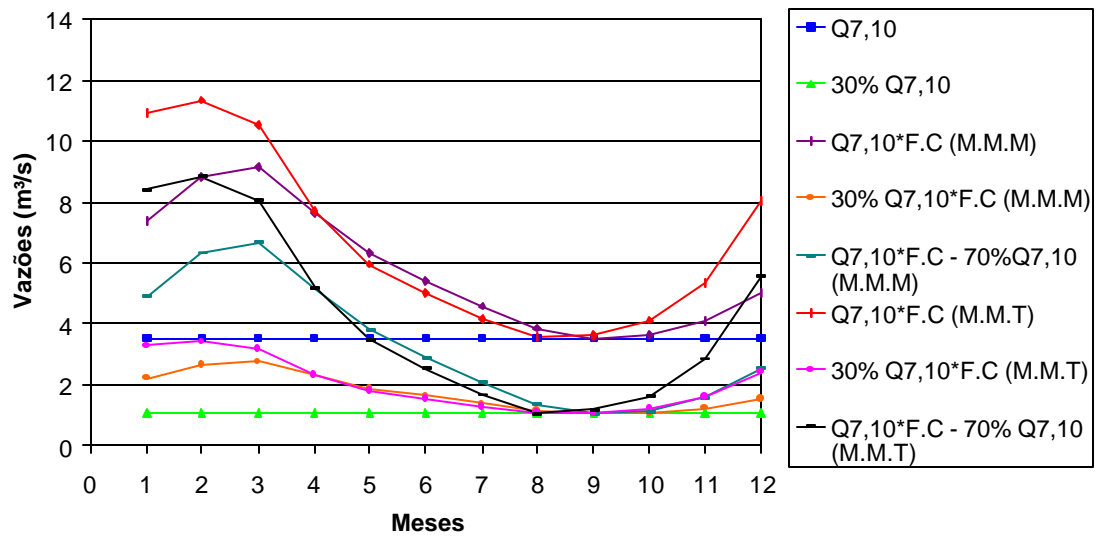
Itajubá



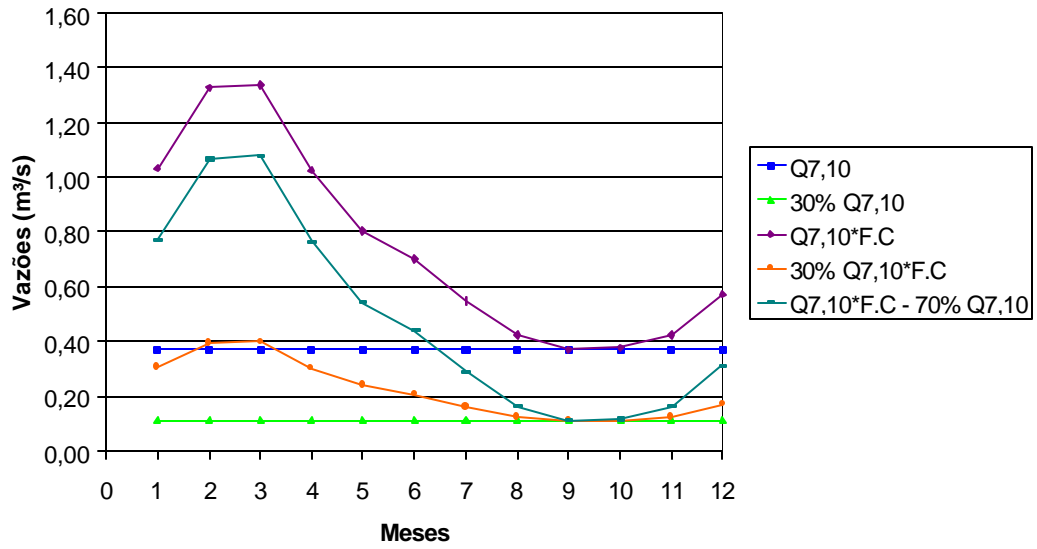
Bairro Santa Cruz



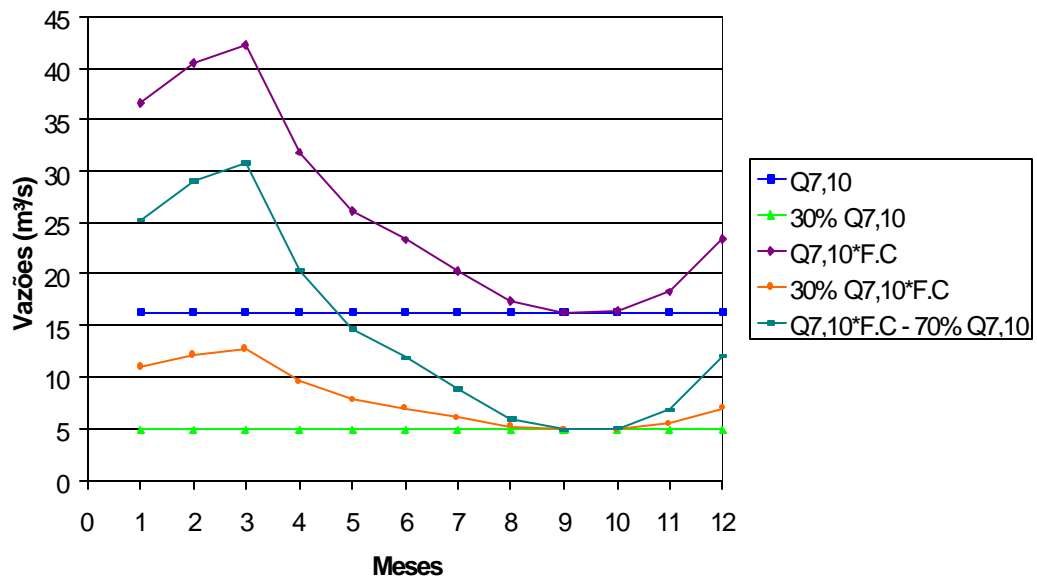
São João de Itajubá



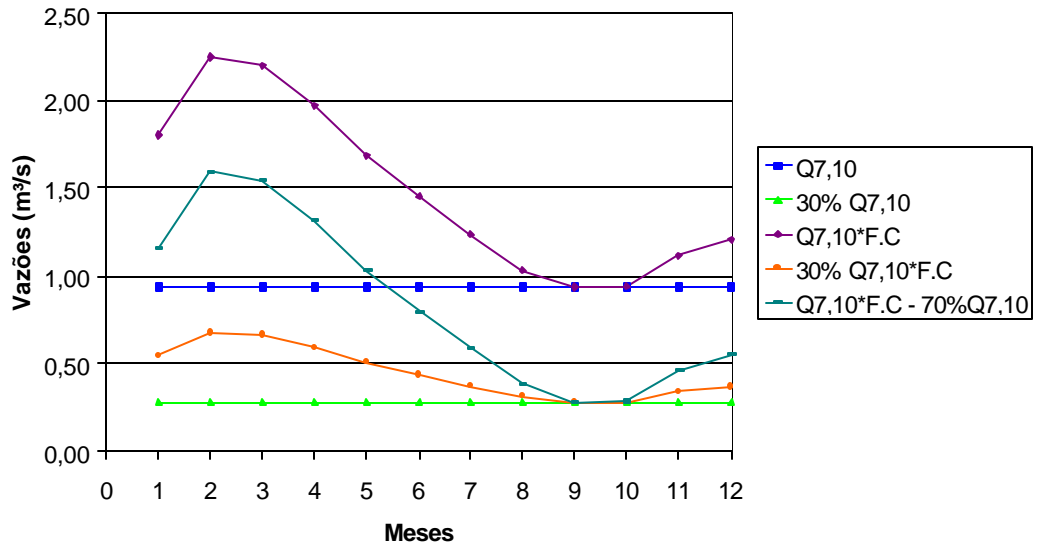
Brasópolis



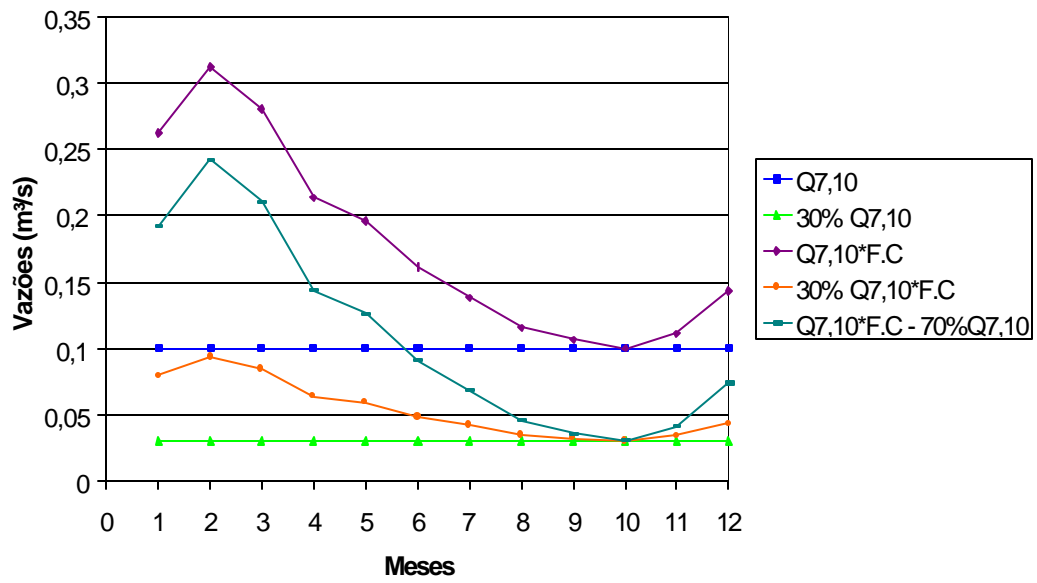
Santa Rita do Sapucaí



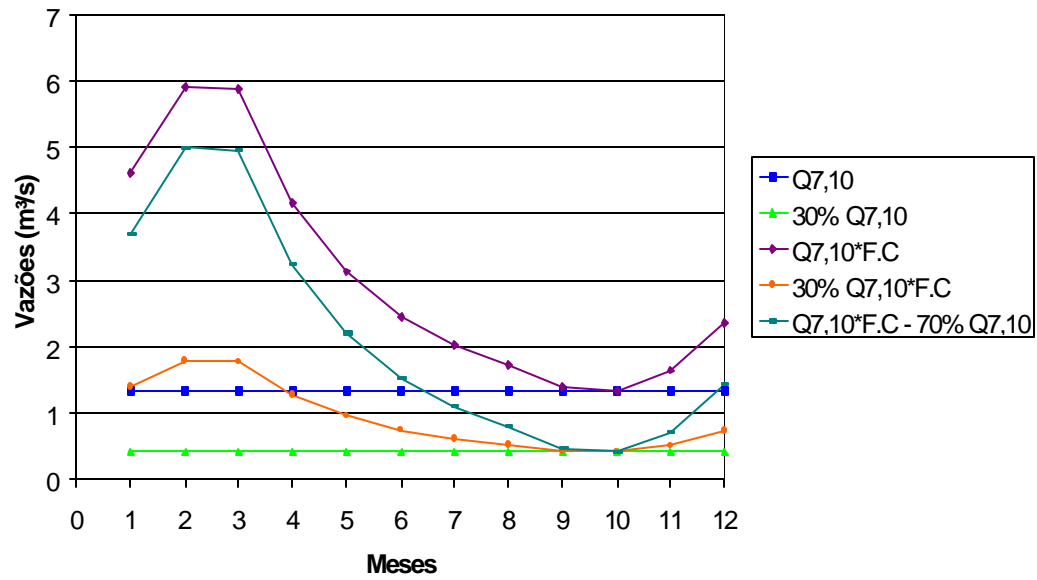
Posto Fiscal Rio Negro



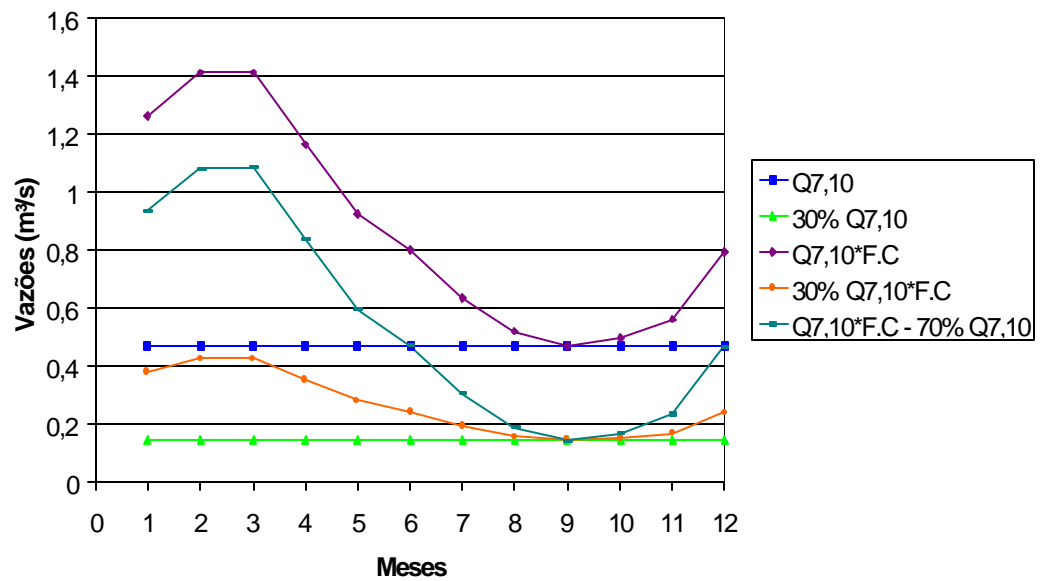
Usina Paraisópolis



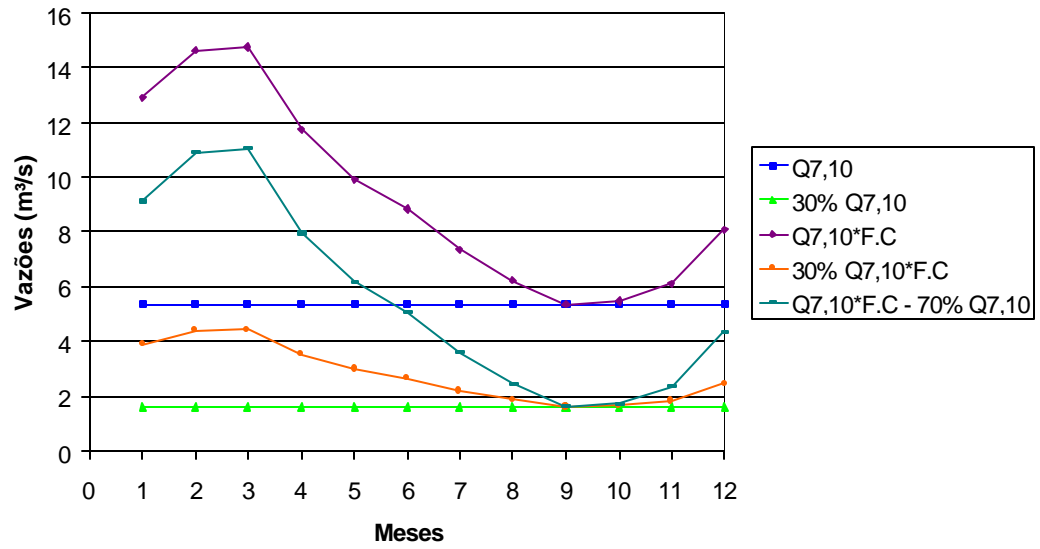
Cachoeira Gonçalves



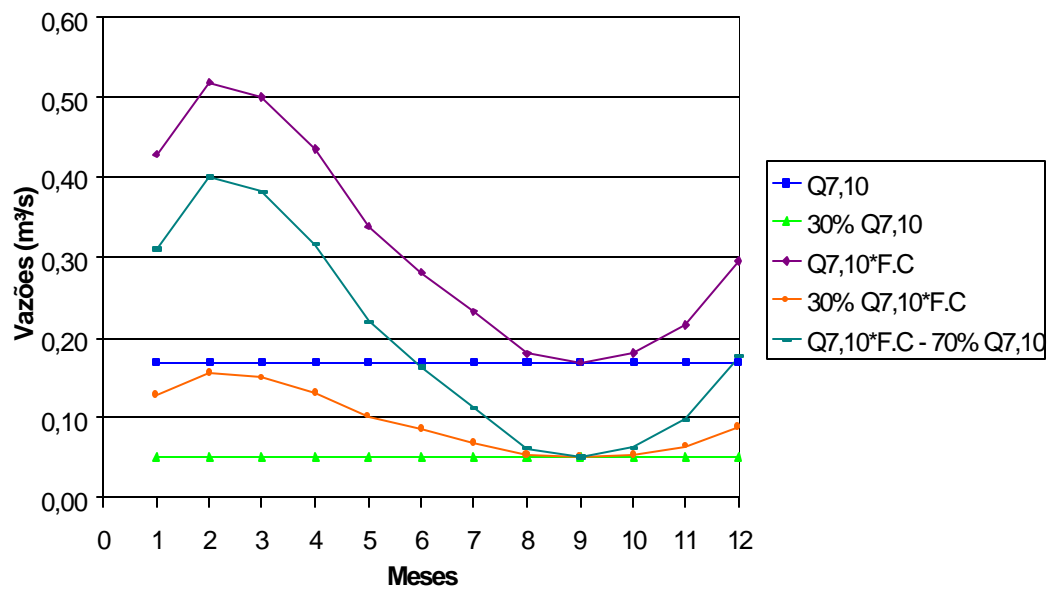
Bairro do Analdino



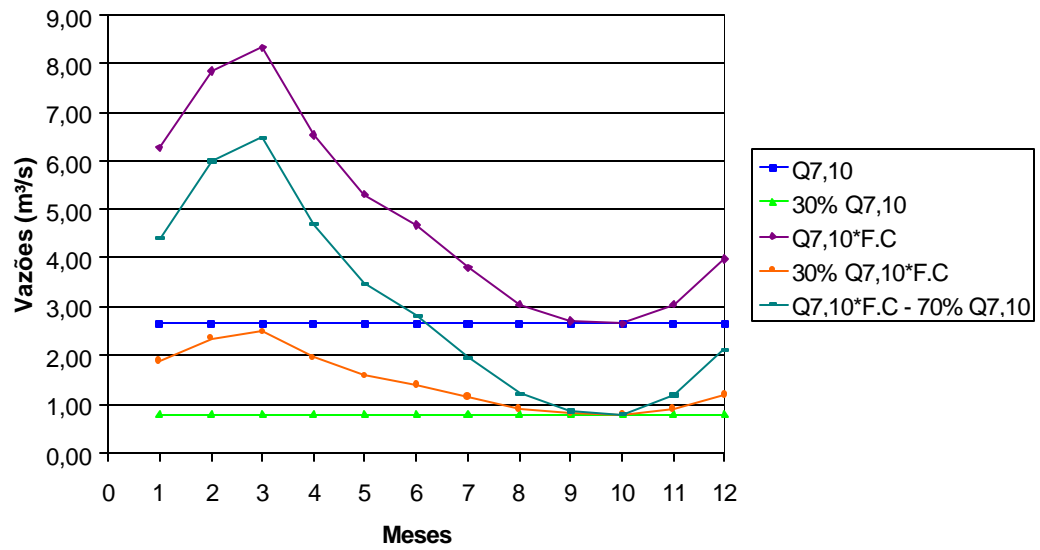
Conceição dos Ouros



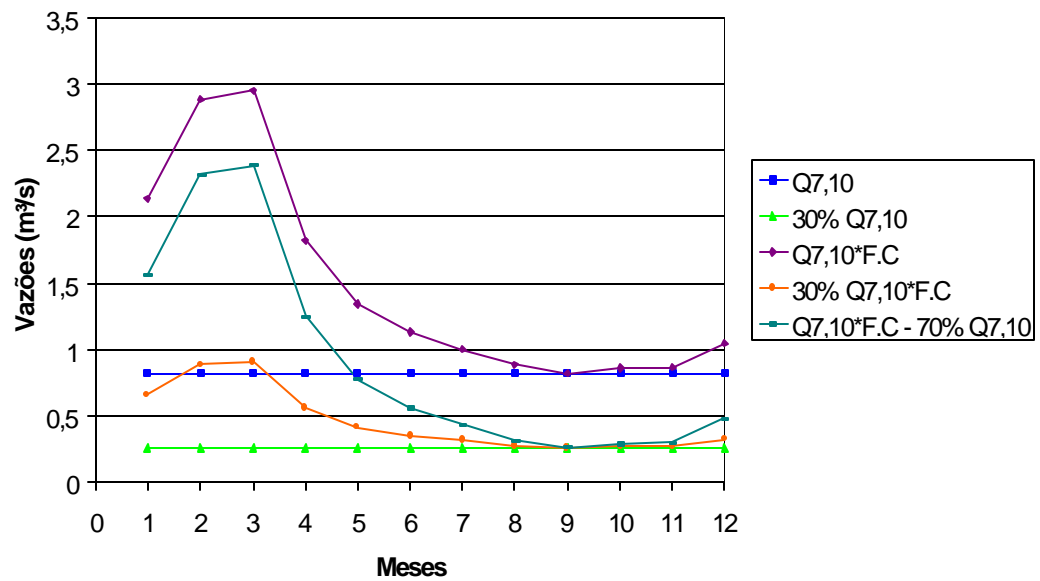
Cambuí



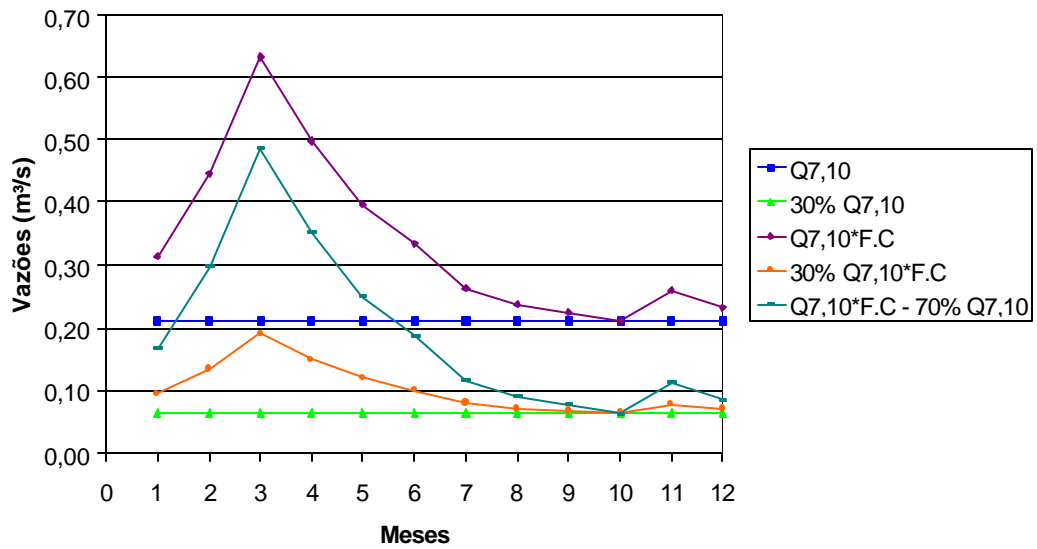
Ponte do Rodrigues



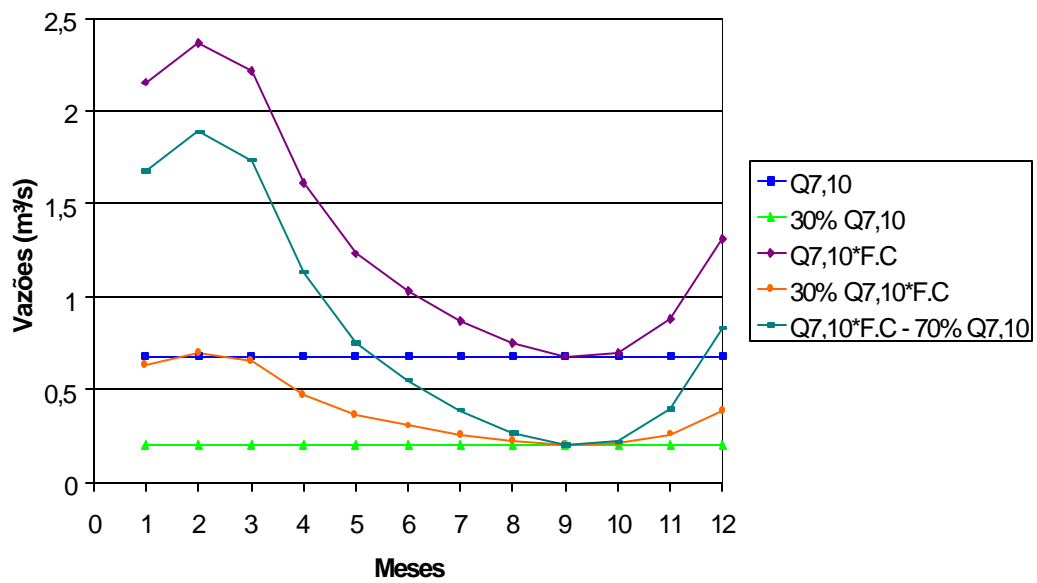
Pouso Alegre



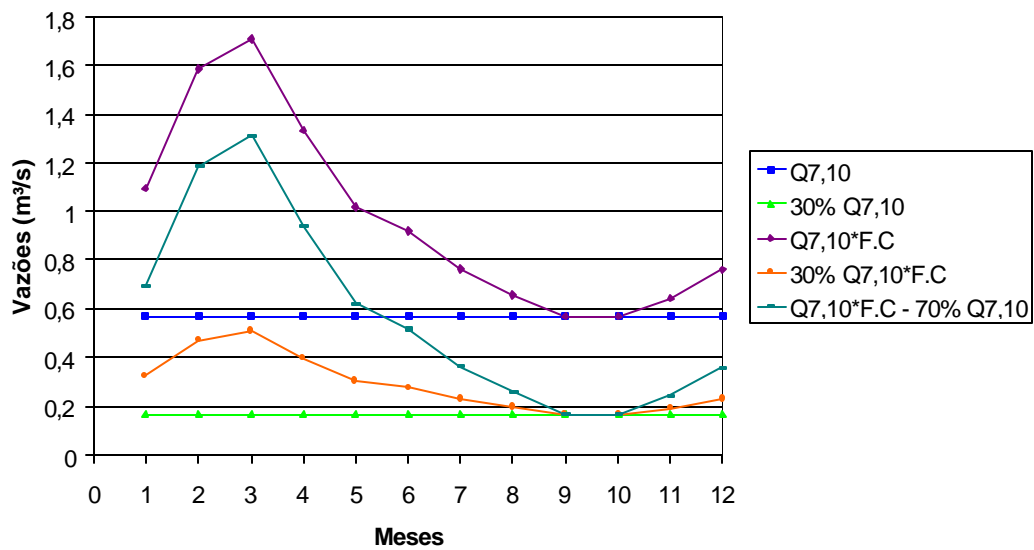
Usina São Miguel



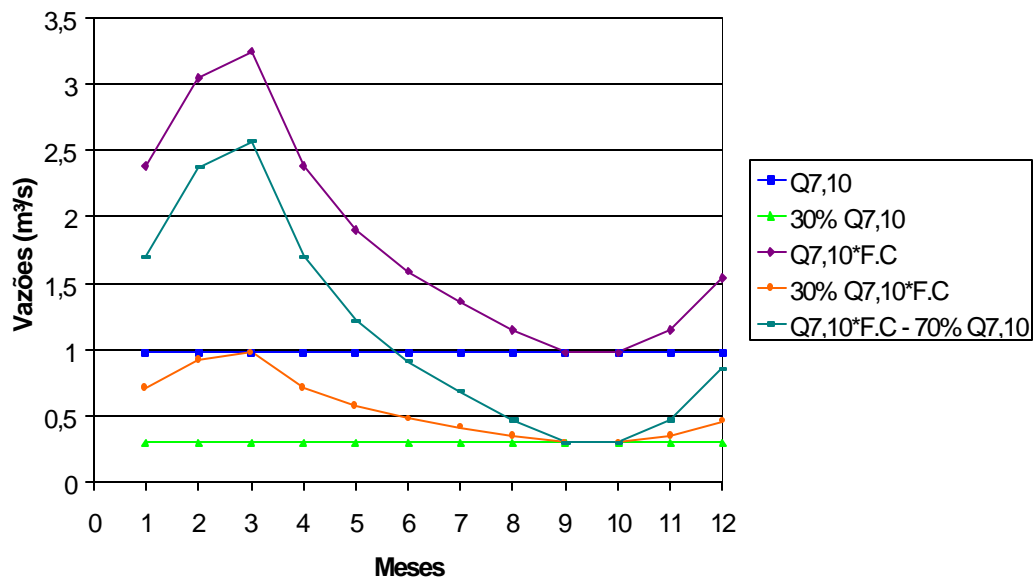
Itanhandu



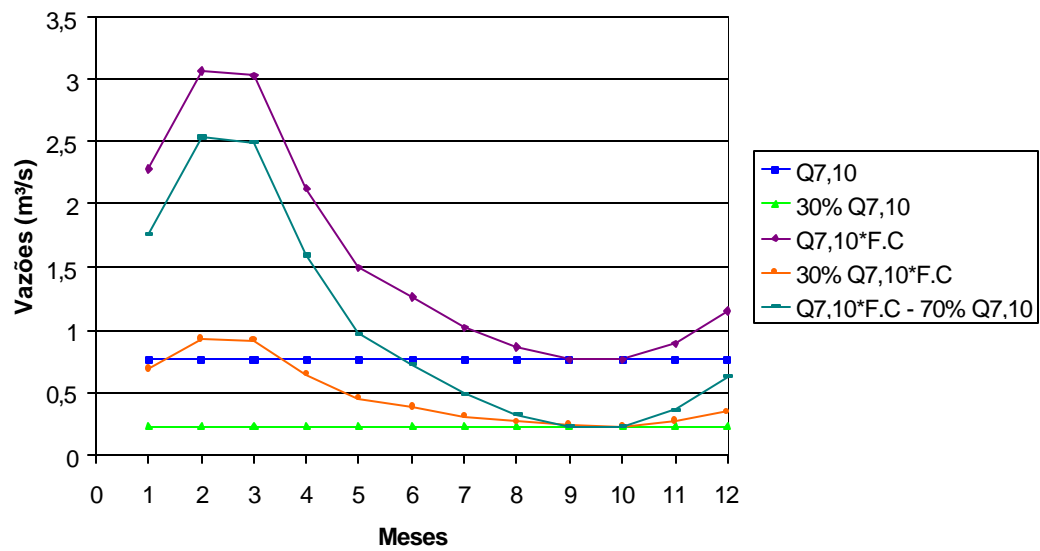
Bairro São Geraldo



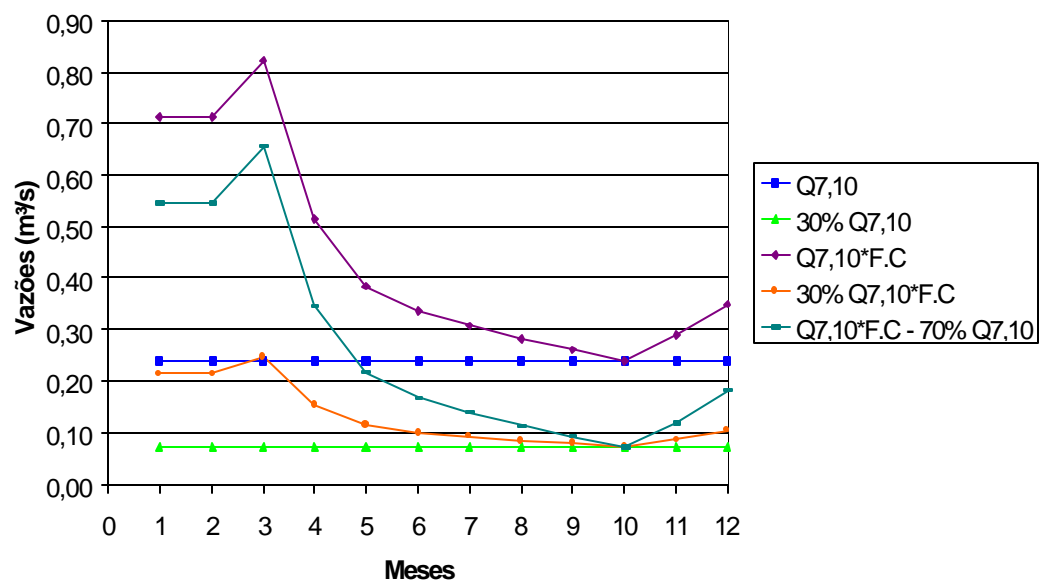
Itanhandu



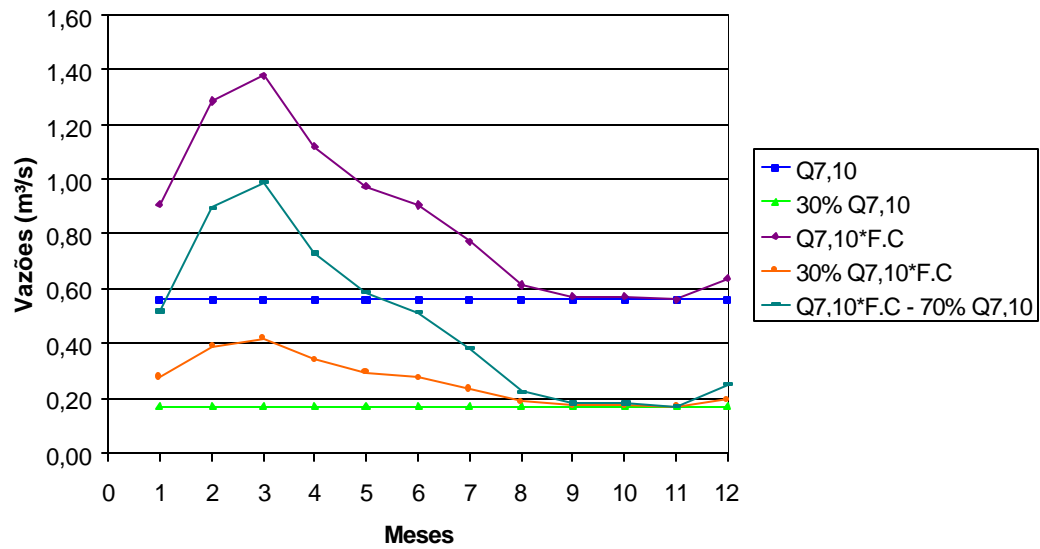
Itamonte



Conquista



Usina Pouso Alto



São Lourenço

