



7.1.9 Recursos Hídricos

O Complexo argileiro de Santa Gertrudes localiza-se na bacia do ribeirão Santa Gertrudes. Este é contribuinte do rio Claro, que por sua vez é tributário do rio Corumbataí, que deságua no rio Piracicaba.

Em relação ao gerenciamento dos Recursos Hídricos, pertence em nível nacional à Bacia 6 (Paraná-Paraguai), sub-bacia 62 (rio Tietê). O comitê de bacia em que se insere o empreendimento é o dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (item **7.1.9.1-1**).

Em relação ao sistema de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo, o empreendimento está situado na UGRHI 05 - Piracicaba/Capivari/Jundiaí.

7.1.9.1 Caracterização dos recursos hídricos da área de influência indireta

A área de influência indireta do empreendimento é a bacia do rio Claro, uma vez que o ribeirão Santa Gertrudes é seu afluente direto e pode sofrer os efeitos das eventuais alterações da qualidade de água promovidas pelas atividades desenvolvidas.

A bacia do rio Corumbataí apresenta cerca de 1.700 km², os principais afluentes são os rios Claro, Passa Cinco, da Cabeça e o ribeirão Fregadoli. O rio Claro apresenta uma bacia de drenagem com área de cerca de 280 km², sendo chamado, a montante do município ao qual dá o nome, de ribeirão Claro. É neste trecho que se localiza a captação para abastecimento do município de Rio Claro. Podem ser citados, ainda a montante do município de Rio Claro, os seguintes afluentes: córrego da Cachoeirinha, córrego Ibitinga, córrego da Mãe Preta.

O ribeirão Santa Gertrudes, que abastece o município de mesmo nome e os córregos da Servidão, que atravessa a área urbana de Rio Claro, da Assistência, do Cocho e Santa Rosa, situam-se a jusante do município de Rio Claro.

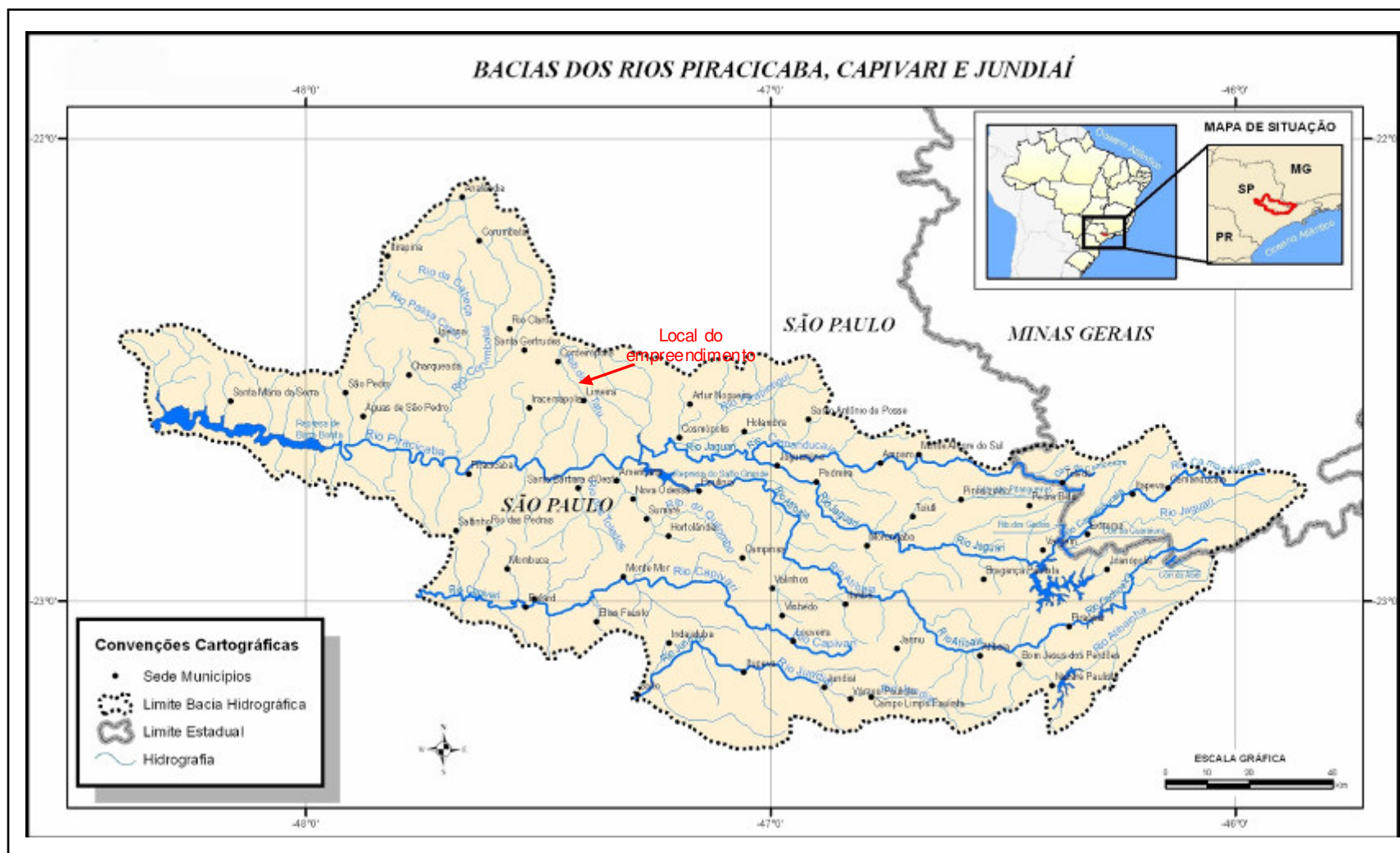
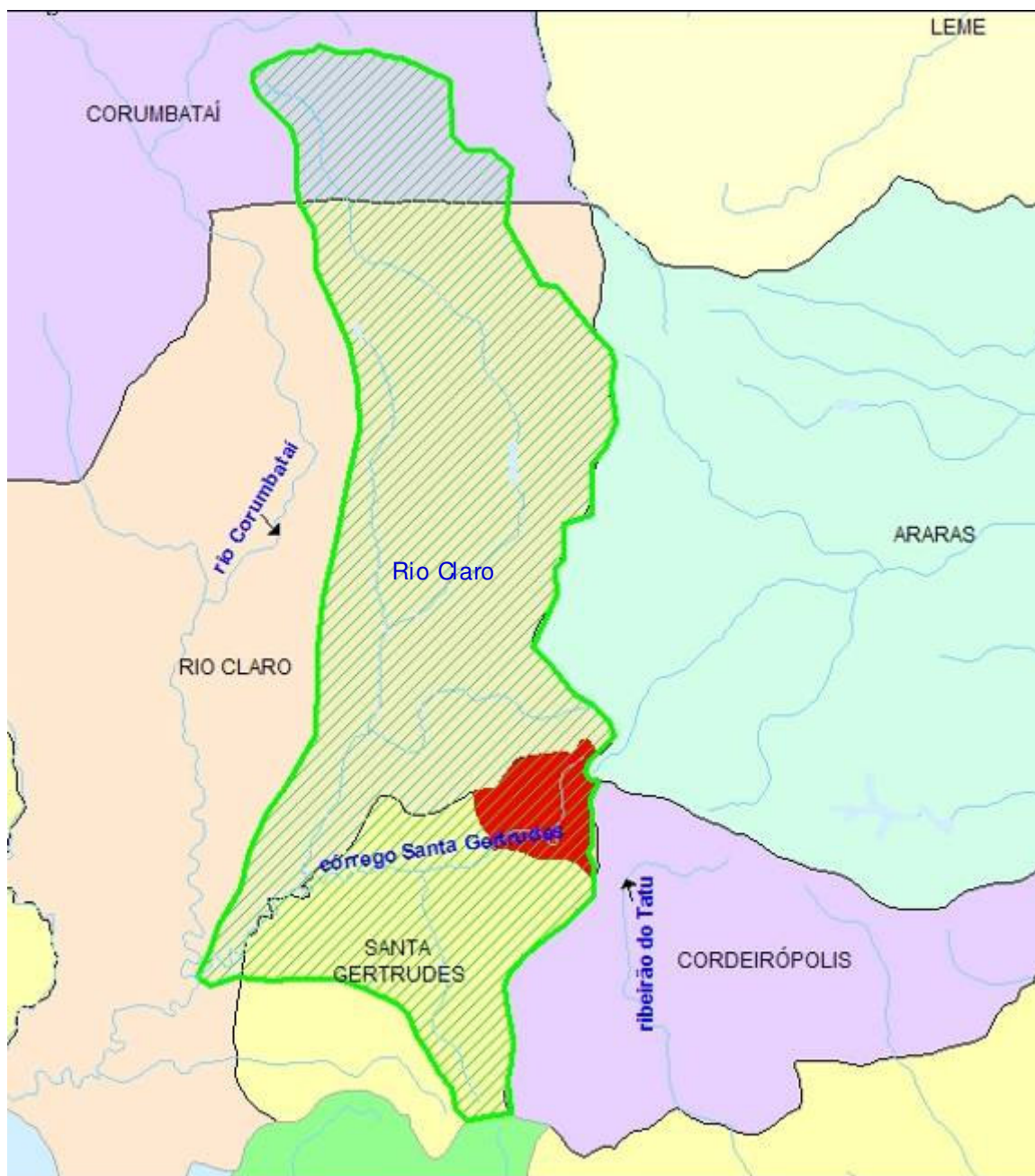


Figura 7.1.9.1-1 Localização da bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí



Legenda

-  Bacia do rio Claro
-  Bacia do Ribeirão Santa Gertrudes

N



0 3,5 km
escala aprox.

Figura 7.1.9.1-2 - Bacia do rio Claro

• Hidrologia na All

Não há postos fluviométricos no Rio Claro, apenas no Rio Corumbataí, onde o primeiro deságua. O rio Corumbataí possui dois postos fluviométricos operados pelo DAEE:

- 4D-018 Batovi, com área de drenagem de 489 km² que operou de Agosto de 1970 a Dezembro de 1991, com interrupção no período de Outubro de 1974 a Setembro de 1976;
- 4D-021 Recreio, com área de drenagem de 1.581 km² cuja série de dados apresenta valores para o período de Outubro de 1972 a Dezembro de 1999, com períodos curtos de interrupção em 1990 e 1999.

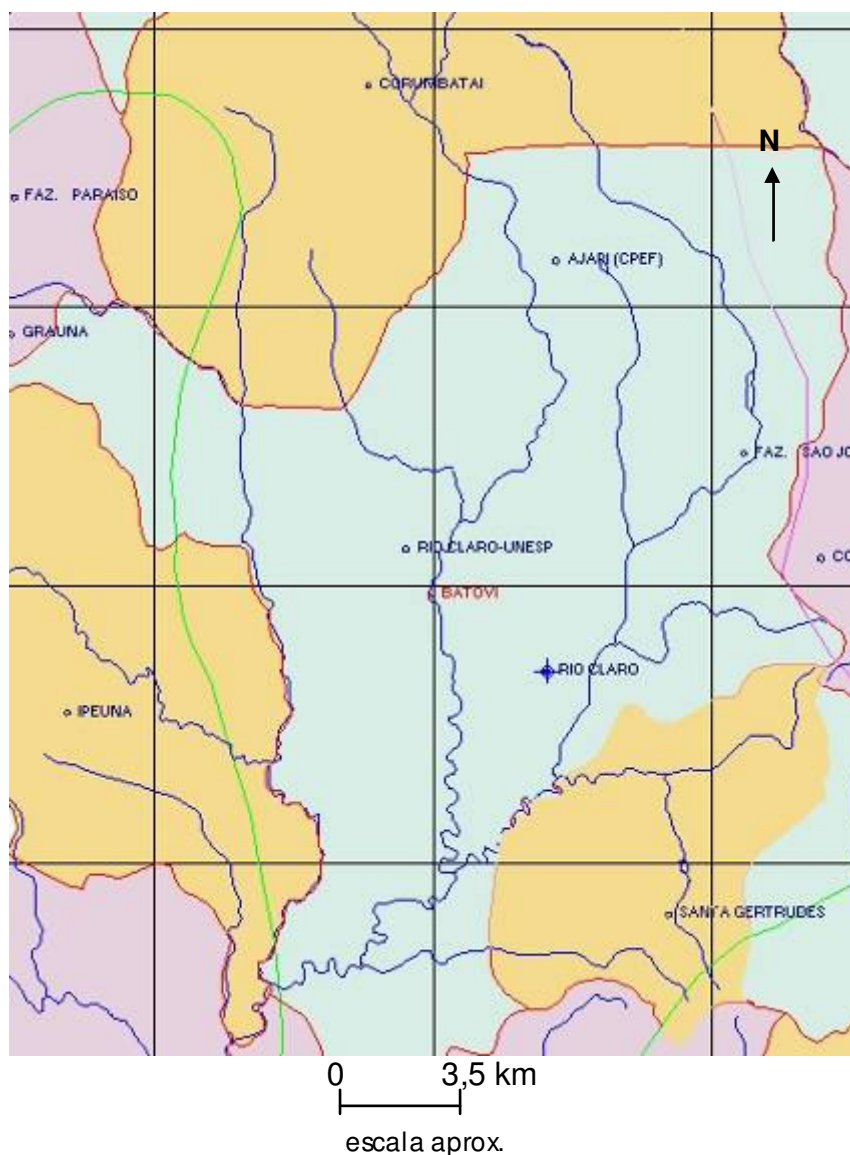
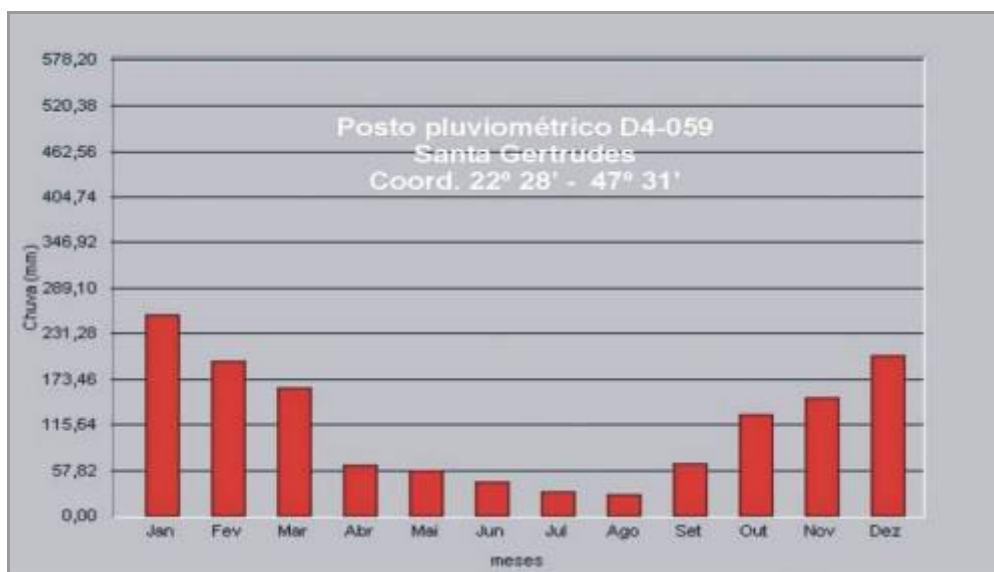


Figura 7.1.9.1-3 Postos Pluviométricos e Fluviométricos

Conforme apontado no item **7.1.1 – Clima**, a região do empreendimento é classificada como tendo clima Cwa – Quente úmido (SETZER, 1966), em que a temperatura média do mês mais quente é superior à 22 °C e a do mais frio, inferior a 18 °C. O inverno é seco, com total pluviométrico, durante o mês de menor precipitação (agosto), inferior a 30 mm.

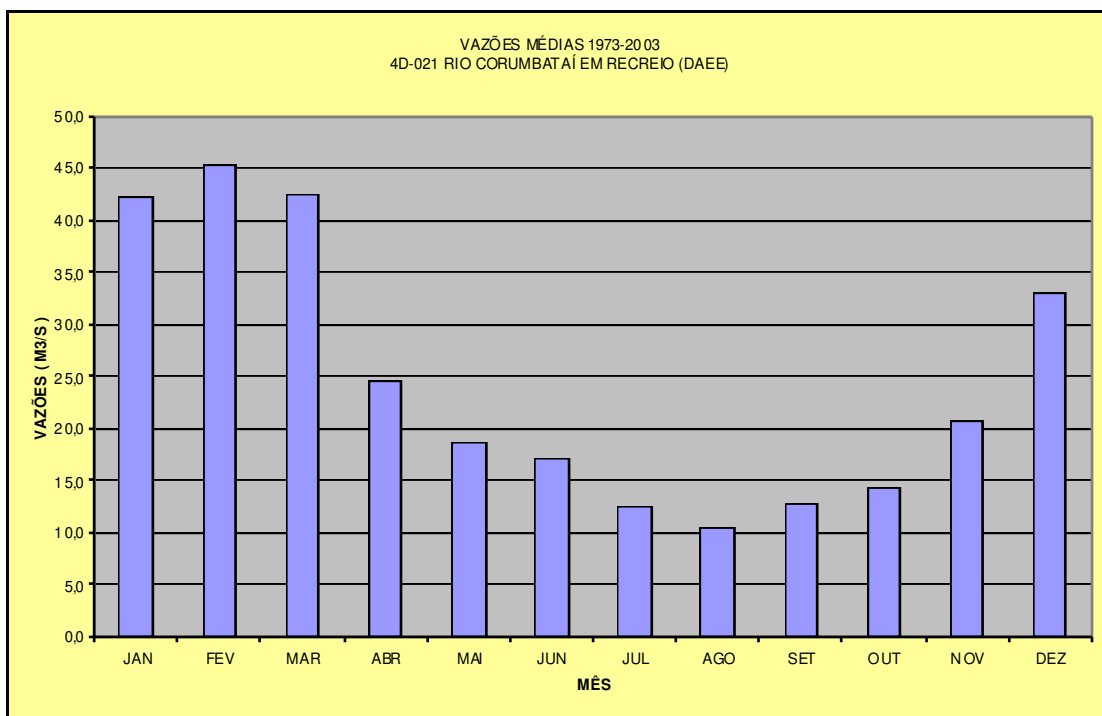
Segundo dados do posto pluviométrico D4-059 do DAEE (Santa Gertrudes), localizado no município de Santa Gertrudes, o total pluviométrico anual médio é de cerca de 1350 a 1400 mm, com grande variação sazonal da pluviosidade, podendo ser dividida basicamente em dois períodos. Entre outubro e março, os totais pluviais mensais médios são superiores a 120 mm, chegando a um valor de cerca de 245 mm em janeiro. O período mais seco ocorre entre abril e setembro, quando os totais pluviais mensais médios são inferiores a 65 mm.

Os cursos d'água da região, em consequência deste padrão de pluviosidade e de outros fatores, inclusive geológicos, apresentam vazões médias mensais de acordo com a **figura 7.1.9.1-5**, onde as vazões no período de estiagem não são nulas e se originam em boa parte do armazenamento subsuperficial das precipitações do período chuvoso.



Fonte: DAEE (www.daee.sp.gov.br)

Figura 7.1.9.1-4 Pluviometria media mensal 1941-2000 em Santa Gertrudes

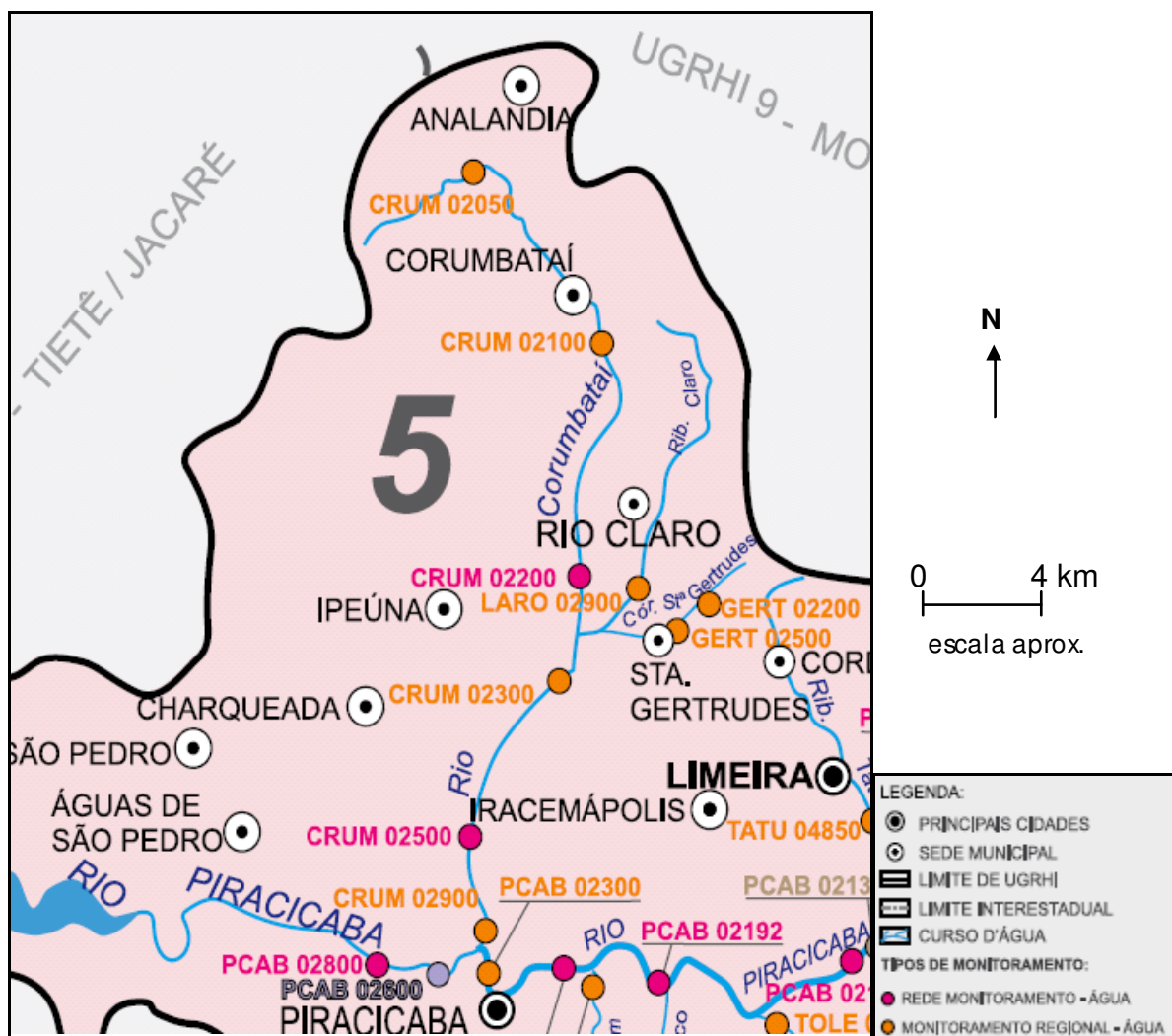


Fonte: DAEE (www.daee.sp.gov.br)

Figura 7.1.9.1-5 Vazões médias mensais no rio Corumbataí em Recreio

- **Qualidade de água**

A qualidade da água na bacia do rio Corumbataí é analisada em 9 pontos de monitoramento da CETESB. Seis deles estão localizados no curso do próprio rio Corumbataí, um no rio Claro e dois no córrego Santa Gertrudes.



Fonte: CETESB, 2006

Figura 7.1.9.1-6 – Croqui de localização dos pontos de monitoramento da CETESB.

Para efeito de análise futura dos impactos do empreendimento é relevante a descrição da situação atual dos seguintes pontos: CRUM 02200, 02300, 02500 e 02900, LARO 02900 e GERT 02200 e 02500, pois os pontos CRUM 02200, LARO 02900 e GERT 02200 indicam a situação dos rios Corumbataí, rio Claro e do córrego Santa Gertrudes a montante do eventual efeito do empreendimento e os pontos restantes, situados a montante, são importantes para a avaliação destes efeitos. Cabe notar que o ponto GERT 02200 foi criado em 2006 em substituição ao ponto GERT 02100, que não apresentava condições de acessibilidade.

Os resultados para o ano de 2006, publicados pela CETESB são apresentados no **Quadro 7.1.9.1-2**.



Quadro 7.1.9.1-1 – Localização dos pontos de monitoramento de interesse da Bacia do Rio Corumbataí

Cód. CETESB	Corpo Hídrico	Projeto	Latitude	Longitude	Local de Amostragem	Município
CRUM 02200	Rio Corumbataí	RB	22 30 54	47 37 26	Ponte na Estr. Assistência/Paraisolândia.	RIO CLARO
CRUM 02300	Rio Corumbataí	MR	22 34 53	47 41 01	Bairro Recreio, Usina Tamandupá, em Charqueada.	CHARQUEADA
CRUM 02500	Rio Corumbataí	RB	22 38 01	47 40 58	Na captação de Piracicaba.	PIRACICABA
CRUM 02900	Rio Corumbataí	MR	22 41 04	47 40 37	Na foz do Rio Piracicaba.	PIRACICABA
GERT 02200	Córrego Santa Gertrudes	MR	22 26 15	47 29 19	Na estrada da Fazenda Goiapá, em Santa Gertrudes.	SANTA GERTRUDES
GERT 02500	Córrego Santa Gertrudes	MR	22 27 10	47 31 12	Na captação de Santa Gertrudes.	SANTA GERTRUDES
LARO 02900	Rio Claro	MR	22 28 46	47 35 11	Ponte próxima à foz do Rio Claro com o Rio Corumbataí, no distrito de Assistência.	RIO CLARO

Fonte: Cetesb, 2007

Quadro 7.1.9.1-2 Valores dos parâmetros monitorados pela CETESB nos pontos de interesse da bacia do rio Corumbata

Nome do Ponto	Condutividade		Turbidez		Nitrato		Nitrog. Amon.		OD		DBO(5,20)		PT		Coliforme Termot.	
	Média 1996-2005	Média 2006	Média 1996-2005	Média 2006	Média 1996-2005	Média 2006	Média 1996-2005	Média 2006	Média 1996-2005	Média 2006	Média 1996-2005	Média 2006	Média 1996-2005	Média 2006	Média 1996-2005	Média 2006
CRUM02200	162	201	57	33	0,86	0,54	1,28	1,84	5,3	4,7	7,1	7,0	0,504	0,320	7,5E+4	6,8E+3
CRUM02300	124	148	85	33					5,7	4,8	4,5	4,5			1,6E+4	
CRUM02500	117	144	55	46	0,69	1,02	0,57	0,86	5,7	5,0	4,4	4,3	0,381	0,203	6,7E+3	9,4E+2
CRUM02900	112	158	66	60	1,35	1,16	0,63	0,80	5,6	4,5	6,5	4,8	0,381	0,260	4,3E+4	4,1E+4
GERT02200	66	66	61	27					5,8	4,8	1,1	1,3				
GERT02500		59		21						6,9		2,0				
LARO02900	461	302	21	35					3,9	4,3	15,3	10,8				

Fonte: Cetesb, 2007



De acordo com os resultados do monitoramento realizado pela CETESB em 2006, os valores de condutividade, que indicam a presença de íons dissolvidos, podem ser vistos como normais para todos os pontos de interesse a não ser pelo ponto LARO 02900, que apresenta um valor muito elevado tanto na média dos anos anteriores quanto para o ano de 2006. Observa-se que os valores deste parâmetro para 2006, no rio Corumbataí estão todos maiores que as médias históricas.

A turbidez, que indica a presença de sólidos em suspensão pode ser considerada normal para o rio Corumbataí, sendo naturalmente baixa para o córrego Santa Gertrudes e rio Claro.

Os níveis de oxigênio dissolvido apresentaram-se abaixo do limite da Resolução CONAMA 357/05 (5 mg/L) para todos os pontos de interesse, com exceção do ponto GERT 02500. Este parâmetro apresentou-se mais baixo que a média da série histórica em todos os pontos, com exceção do ponto GERT 02500, instalado em 2006. A DBO também apresentou-se acima dos valores da legislação para o ponto de montante do rio Corumbataí e para o ponto da foz do rio Claro, sendo que este último apresenta valores muito significativos, indicando a presença de esgotos sanitários.

Em relação ao fósforo total, os valores medidos no rio Corumbataí apresentaram-se sempre muito altos, provavelmente em função do uso do solo para fins agrícolas e pela disposição de esgotos sanitários. O nitrogênio amoniacal, indicador de esgotos sanitários na água, não se apresenta acima do valor da legislação, porém apresenta uma tendência de crescimento já que nos pontos em que é medido, seu valor foi superior ao da média histórica. Os valores de coliformes termotolerantes apresentaram-se acima da legislação tanto a montante como a jusante e mesmo no ponto em que a média de 2006 apresentou-se abaixo deste limite (CRUM 02500) encontra-se bastante próximo dele.

• Usos da água

Na bacia do rio Claro os usos da água, de acordo com o cadastro de outorgas do DAEE (<http://www.aplicacoes.dae.sp.gov.br/usuarios/daeeusosrio.asp>) são principalmente para abastecimento público (90,3% das vazões outorgadas), seguido pela irrigação (4,6% do total outorgado), pelo uso industrial (3,4%) e pela aquicultura (1,7%).

Ainda segundo este mesmo cadastro existe uma barragem destinada à geração hidrelétrica, sem vazão outorgada, uma destinada a abastecimento público no rio Claro (ver **Figura 7.1.9.1-1**) e outra no córrego Santa Gertrudes. Existem ainda sete barramentos outorgados para lazer e paisagismo, três para finalidades agrícolas (1 para irrigação e duas para hidroagricultura) e um barramento para fins industriais.



7.1.9.2 Caracterização dos recursos hídricos da área de influência direta

A área de influência direta do empreendimento é a bacia do ribeirão Santa Gertrudes a montante da captação de água para abastecimento público do município homônimo, onde deságua o córrego Santa Gertrudes. A **figura 7.1.9.2-1** apresenta a área de influência direta e os pontos de monitoramento utilizados para caracterização hidrológica e de qualidade de água.

- **Hidrografia**

O córrego Santa Gertrudes nasce nos limites da bacia do rio Corumbataí e apresenta uma área de drenagem de cerca de 25 km², até o ponto da captação de água para abastecimento público do município de Santa Gertrudes.

Seus afluentes apresentam-se desfigurados pela presença de lagoas de sedimentação de sólidos e cavas de mineração que alteraram seus cursos.

O ribeirão Santa Gertrudes nasce a nordeste da sede do município, em altitude de cerca de 755 m acima do nível do mar, corre em direção sudoeste, atravessa a área urbana do município de Santa Gertrudes e deságua no rio Claro, que por sua vez é afluente dos rios Corumbataí, Piracicaba e Tietê. A captação de águas superficiais do município de Santa Gertrudes se dá a jusante do empreendimento, no ribeirão Santa Gertrudes, logo após a confluência do córrego do Barreiro.

Em seu trecho inicial, considerado até o final da área ampliada de mineração (**figura 7.1.9.2-1**), sua bacia hidrográfica é composta por vários afluentes menores sem nome (sub-bacias), tendo sido adotada a denominação abaixo baseada no estudo da UNESP, 2006:

- a) Boa Vista ME;
- b) Pau D'Alho MD;
- c) Matão ME;
- d) São Bento MD.

As sub-bacias de maior interesse hidrológico na região minerada, de montante para jusante, são apresentadas no **Quadro 7.1.9.2-1** a seguir, indicando o uso predominante, os pontos de monitoramento fluviométrico e as características de interesse:



Quadro 7.1.9.2-1: Sub-bacias e Bacias de interesse

Bacia ou sub-bacia	Ocupação / Uso	Ponto de monitoramento	Características de interesse
Santa Gertrudes	Cana	F1 – Diabásio	a montante das áreas mineradas atuais e futuras
Pau D'Alho	Mineração	F2 – Pau D'Alho	a jusante da área minerada atual
Santa Gertrudes	Cana / Mineração	F4 – Ponte de Madeira	a jusante da área minerada atual
São Bento	Cana	F3 – Cana	ocupação de cana de açúcar
Santa Gertrudes	Cana / Mineração	F5 - Represa	a jusante da futura área minerada ampliada

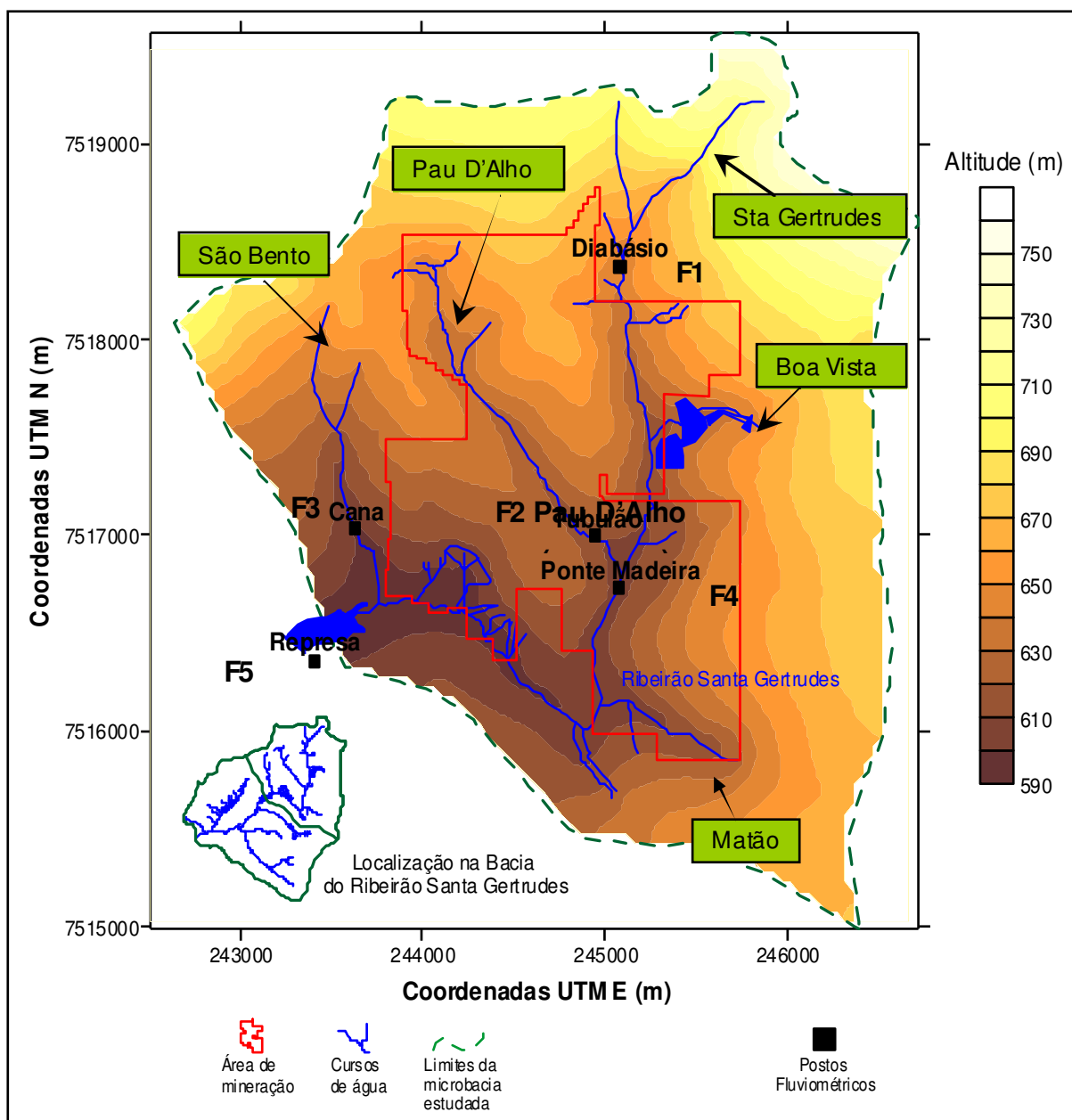


Figura 7.1.9.2-1 Hidrografia do ribeirão Santa Gertrudes e Pontos de Monitoramento Fluviométrico (baseado em UNESP, 2006)



- **Hidrologia**

Para obtenção de dados primários da bacia do ribeirão Santa Gertrudes, caracterização hidrológica da mesma e calibração de modelos matemáticos para identificação de impactos hidrológicos, dada a inexistência de séries históricas locais, foi realizado o monitoramento de precipitações; escoamento superficial (vazões líquidas); concentração de sedimentos em suspensão (vazões sólidas) e escoamento subterrâneo (piezometria) em dois períodos de monitoramento distintos: 2005 e 2007. O primeiro período consta de UNESP, 2006. Os dados referentes ao período chuvoso dezembro de 2006 a abril de 2007 encontram-se no **Anexo IX – Dados Hidrológicos**.

Obtenção de dados locais :

- **Pluviometria**

O monitoramento pluviométrico local é essencial para a calibração, por modelagem matemática, dos eventos chuva-vazão nos períodos de monitoramento intensivo (2005 e 2007). A utilização posterior de postos pluviométricos da Rede Hidrológica Básica do DAEE (ou de outras entidades com dados disponíveis) permite a extensão da modelação de estudos chuva-vazão desses curtos períodos intensivos para outros períodos maiores através da escolha de postos pluviométricos situados na mesma região com longas séries históricas.

Foram instalados 6 (seis) pontos de monitoramento pluviométrico, cada um deles composto basicamente de um pluviômetro (uma leitura diária manual) e um pluviógrafo eletrônico (um registro a cada 10 minutos) distribuídos espacialmente pela área, de forma a quantificar adequadamente as precipitações. Os locais foram escolhidos levando-se em consideração a distribuição espacial, acesso e proteção contra eventuais vandalismos e furtos (**Figura 7.1.9.2-2**). O **Quadro 7.1.9.2-2** apresenta a localização destes pontos em coordenadas geográficas e o **Quadro 7.1.9.2-3** seus períodos de monitoramento.

Quadro 7.1.9.2-2 Postos pluviométricos operados em 2007

Posto pluviométrico		Coordenadas UTM (m)	
		Long. E	Lat. N
PL1	Faz. Boa Vista	245.740	7.517.480
PL2	Gerson Diabásio	244.054	7.517.538
PL3	Gerson Poste	243.944	7.517.898
PL4	Faz. São Bento	243.061	7.516.711
PL5	Cana	243.602	7.517.218
PL6	Sítio	245.729	7.516.753

Quadro 7.1.9.2-3– Período de monitoramento pluviométrico

Posto pluviométrico		Dez 06	Jan 07	Fev 07	Mar 07	Abr 07
PL1	Faz. Boa Vista					
PL2	Gerson Diabásio					
PL3	Gerson Poste					
PL4	Faz. São Bento					
PL5	Cana					
PL6	Sítio					

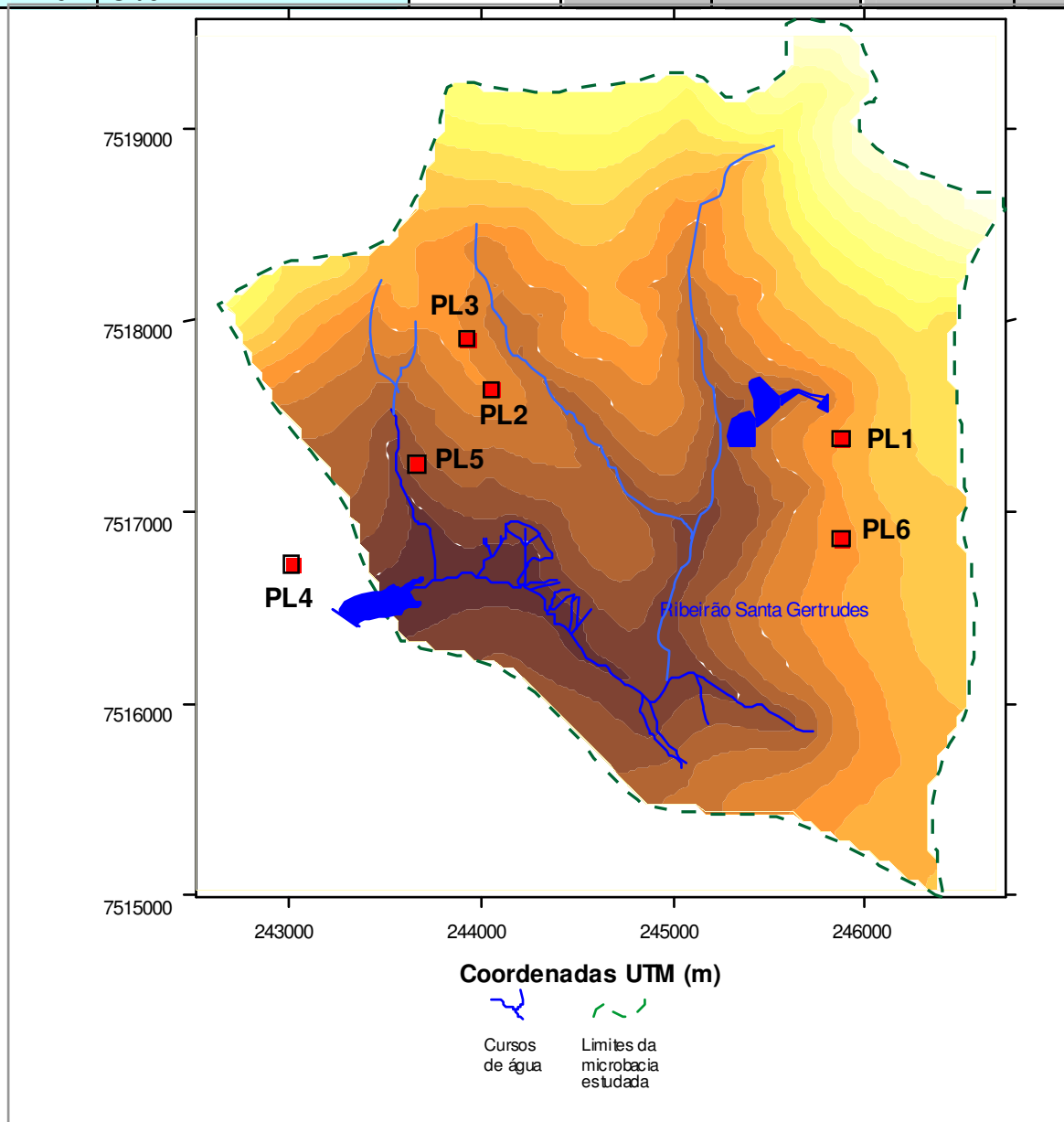


Figura 7.1.9.2-2: Postos pluviométricos monitorados em 2007

O **Anexo IX** detalha períodos de monitoramento, dados obtidos e os instrumentos instalados em cada ponto de monitoramento pluviométrico.

Na sequência são apresentadas fotos dos locais em que foram instalados os postos pluviométricos.



Foto 7.1.9.2-1 Posto pluviométrico PL1 Faz. Boa Vista.



Foto 7.1.9.2-2 Posto pluviométrico PL2 Gerson Diabásio



Foto 7.1.9.2-3: Posto pluviométrico PL3 Gerson Poste



Foto 7.1.9.2-4: Posto pluviométrico PL4 Faz. São Bento.



Foto 7.1.9.2-5: Posto pluviométrico PL5 Cana.



Foto 7.1.9.2-6: Posto pluviométrico PL6 Sítio.

- **Fluviometria**

A ausência de postos fluviométricos com séries históricas longas em uma bacia pequena nesta região, tornou importante o monitoramento fluviométrico local para operação em período relativamente curto (no mínimo um ou dois anos) e posterior modelação matemática para extensão da série histórica.

Para obtenção destes dados, foram operadas mais intensivamente, com a utilização de limnógrafos eletrônicos, três estações fluviométricas:

- a) F1 Diabásio;
- b) F2 Pau D'Alho (correspondente à estação Tubulão de UNESP 2006);
- c) F3 Cana.

As três estações fluviométricas apresentam as seguintes áreas de drenagem: 1,17 km² (F1 Diabásio), 1,77 km² (F2 Pau D'Alho) e 0,80 km² (F3 Cana).

O **Anexo IX** detalha as estações, equipamentos e períodos de monitoramento.

Optou-se pelo monitoramento intensivo especificamente destas três estações pelo fato de retratarem diretamente, na escala adequada, os dois principais usos do solo a serem analisados: cultivo de cana-de-açúcar e mineração.

As estações F1 Diabásio (cabeceiras do Rib. Santa Gertrudes) e F3 Cana (bacia São Bento) têm ocupação predominantemente com cultura de cana-de-açúcar e a estação Pau D'Alho (ou Tubulão) representa a situação atual da área minerada.

Existe também uma outra diferença hidrológica importante entre as duas bacias de cana: enquanto a bacia Diabásio, situada na área nordeste da região estudada, apresenta-se com significativa porção de mata ciliar em sua APP, o mesmo não ocorre na bacia Cana, onde a área de APP não apresenta mais cultura de cana, mas ainda não tem mata ciliar implantada.



Deve-se lembrar, adicionalmente, que há afloramentos de diabásio na bacia Diabásio, situada fora da área minerada. As características dessa bacia relativamente ao aspecto infiltração de água no solo podem ser diferentes daquelas observadas nas bacias de Cana e Pau D'Alho. Esta característica pode alterar os valores de balanço hídrico, quando usada para efeito de comparação com as outras duas.

O monitoramento de níveis d'água nestes 3 pontos foi feito com a utilização de sensores de pressão conectados a registradores eletrônicos, com registro das informações a cada 10 minutos, permitindo coordenar as informações de precipitação ocorridas nas bacias com aquelas relativas às vazões escoadas. Desta forma foi possível determinar adequadamente as relações chuva-vazão nessas bacias.

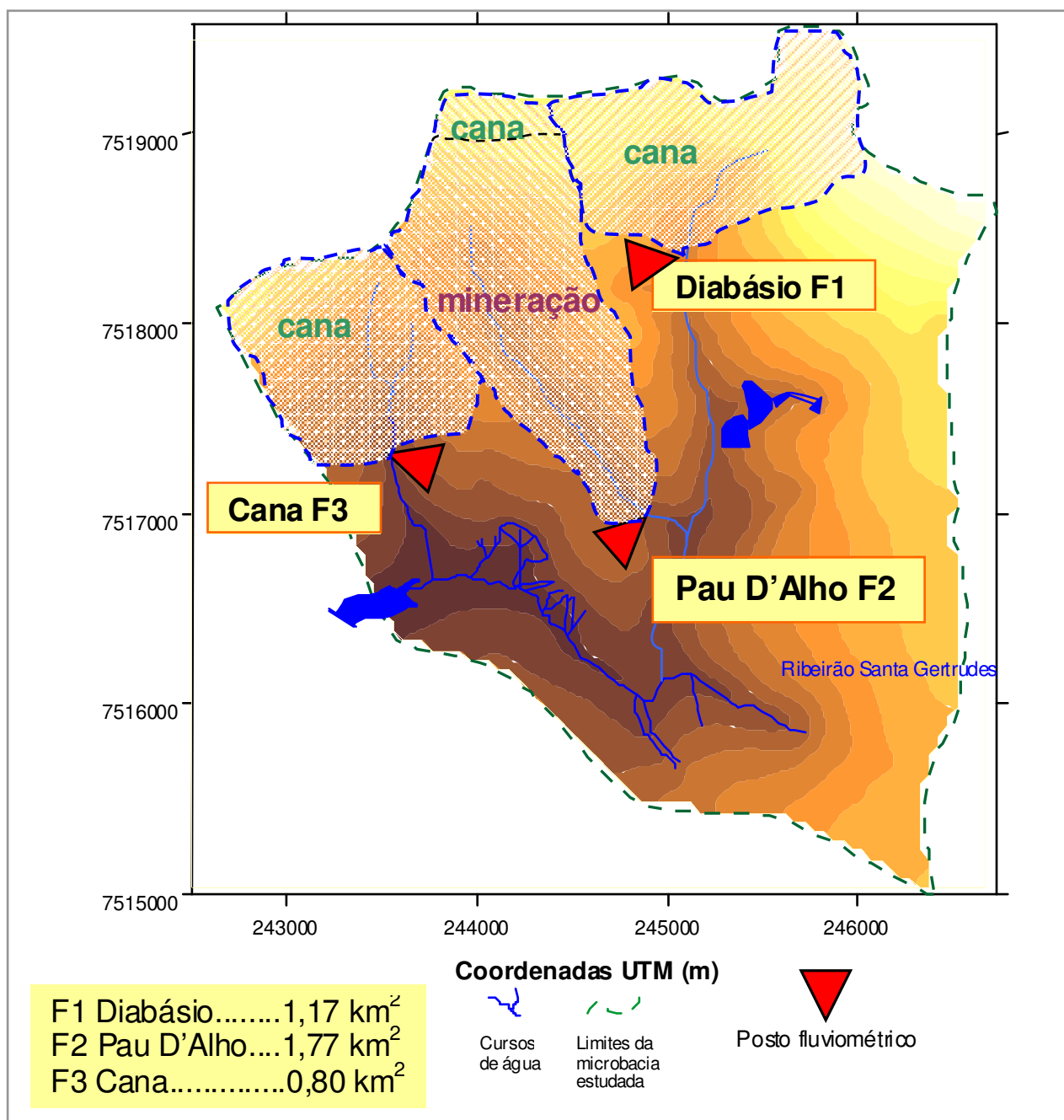


Figura 7.1.9.2-3 – Postos fluviométricos principais monitorados em 2007



Foto 7.1.9.2-7 Posto
fluviométrico F1 Diabásio.



Foto 7.1.9.2-8 Posto
fluviométrico F2 Pau D'Alho.



Foto 7.1.9.2-9: Posto
fluviométrico F3 Cana.

7.1 – DIAGNÓSTICO AMBIENTAL-MEIO FÍSICO

EIA/RIMA Complexo Argileiro de Santa Gertrudes



Consistência dos dados

Como todos os serviços que envolvem medidas ambientais, os dados hidrológicos, obtidos em campo são sujeitos a erros, tanto de leitura, para o caso de leitura manual, quanto de calibragem, regulagem e outros tipos de interferência, para o caso de registradores automáticos. No caso específico de bacias de pequeno porte esses erros precisam ser minimizados e muito bem conhecidos, pois as simplificações executadas levam a modelagens e extrapolações erradas, com desvios significativos em seus resultados finais.

Os dados hidrológicos consistidos (pluviométricos e fluviométricos) do período monitorado em 2007 apresentaram as seguintes características gerais:

- a) as precipitações foram praticamente uniformes nas três pequenas sub-bacias monitoradas, com variações em torno de menos de 10% em sua maior parte;
- b) os níveis d'água registrados nos três vertedores apresentaram incertezas máximas de cerca de 2 cm, com a maioria dos dados apresentando incertezas de apenas 1 cm;
- c) as equações de vazão dos vertedores apresentam incertezas nominais de 3 a 5 %, de acordo com as normas e estudos em que foram baseados (British Standards Institution-1965,1969; Kindsvater, Carter-1957 e outros), levando à obtenção de uma incerteza prática final de cerca de 10 % nas vazões.

• **Pluviométricos**

As medidas nos postos pluviométricos foram realizadas manualmente por observador treinado (pluviômetros) e por registros eletrônicos (pluviógrafos). Os dados obtidos destas duas formas em cada um dos três pontos foram comparados entre si, evento a evento, de forma a se obter dados fidedignos para aplicação na modelagem hidrológica.

Os resultados das precipitações em 2007 estão consubstanciados no **Quadro 7.1.9.2-4. Os relatórios 3 a 7 do Anexo IX** mostram mais detalhadamente os valores diários de todo o período monitorado (dezembro de 2006 a abril de 2007).

Quadro 7.1.9.2-4: Totais e desvios das precipitações 2007

Sensor		13 a 31 janeiro		fevereiro		março		abril	
		total	Desvio	total	desvio	total	desvio	total	desvio
		mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
1	PL1 Paulista	225	-1	205	1	73	7	71	15
2	PL1 Davis	221	-3	198	-2	65	-5	63	2
3	PL2 Cunha	228	0	205	1	59	-14	67	8
4	PL2 Davis	227	0	196	-3	69	1	61	-2
5	PL3 Cunha	252	11	209	3	73	8	66	6
6	PL3 Davis	220	-3	187	-8	69	2		
7	PL4 Cunha			210	4	66	-4	64	3
8	PL5 Cunha	220	-3	197	-3	61	-10	58	-7
9	PL5 Davis	220	-3	191	-6	61	-10	58	-7
10	PL6 Cunha	220	-3	195	-4	79	15	67	7
11	PL6 Davis	248	9	226	11	84	23	72	15
MÉDIA		227	0	202	0	68	0	62	0

A **figura 7.1.9.2-4** ilustra os valores dos desvios em relação à média, mostrando que os valores obtidos foram de boa qualidade. Somente a estação 11 (PL6) apresentou regularmente dados com valores um pouco acima dos outros, provavelmente por algum defeito mecânico.

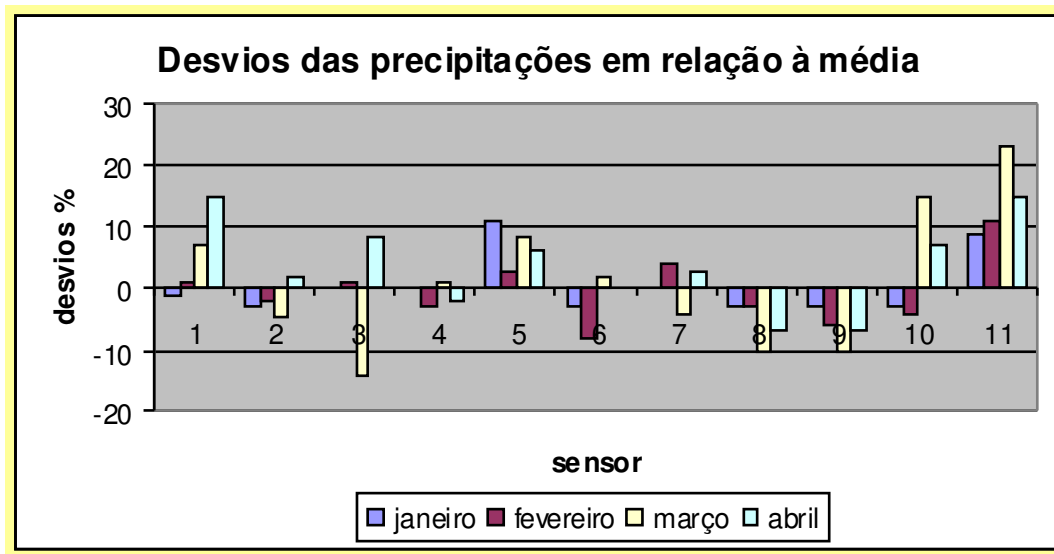


Figura 7.1.9.2-4 – Desvios das precipitações 2007

Consistidos os dados de precipitações, pode-se aplicar os registros dos pluviógrafos assim validados como dados de entrada da modelagem hidrológica chuva x vazão.



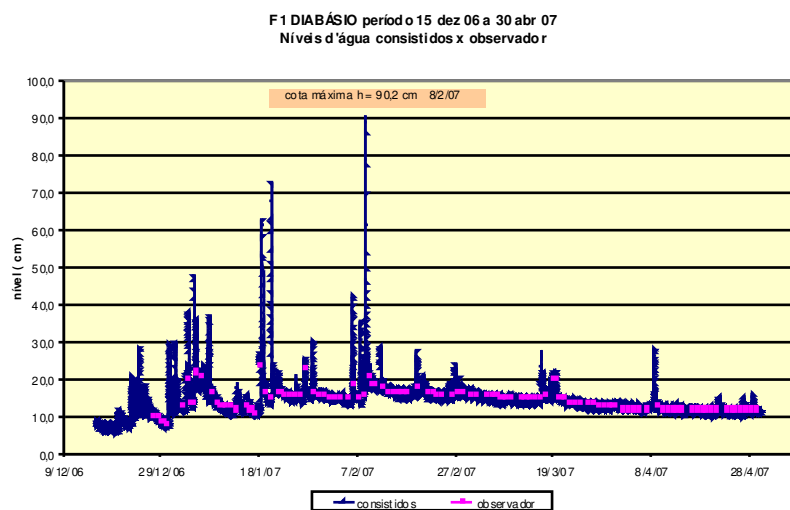
- **Fluviométricos**

De modo similar ao executado nas medições de precipitação, foram feitas leituras de nível d'água nas réguas de modo manual, através de observador treinado, e também foram feitos registros de nível d'água por meio de equipamentos registradores eletrônicos instalados junto às réguas. A equipe de hidrometria também fez leituras de nível d'água nas réguas, embora com periodicidade menor, com o mesmo objetivo.

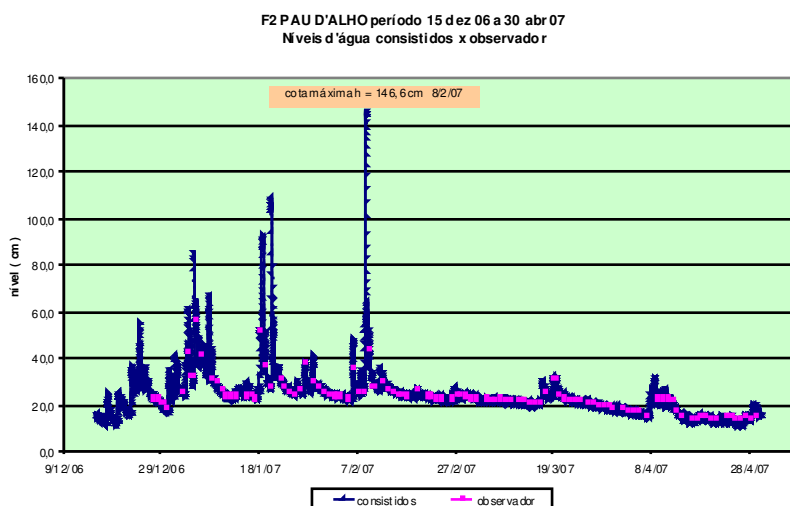
Os dados dos registros manual e digital dos três postos F1 Diabásio, F2 Pau D'Alho (Tubulão) e F3 Cana foram comparados entre si para definição dos valores finais. Os gráficos da **Figura 7.1.9.2-5** apresentada a seguir mostram a relação entre os valores medidos para cada um dos postos.

O evento de 8 de fevereiro foi o maior do período monitorado em 2007, devendo-se ressaltar a ocorrência nesse evento de um rompimento dos encontros (margens) do vertedor da estação F3 Cana, prontamente recuperado em cerca de uma semana.

Os **relatórios 8 a12** do **anexo IX** mostram mais detalhadamente os valores diários de todo o período monitorado (dezembro de 2006 a abril de 2007). O arquivo "Níveis d'água 10 min consistidos" (**relatório 13** do **anexo IX**, em meio digital) mostra as séries consistidas de níveis d'água de 10 em 10 minutos.

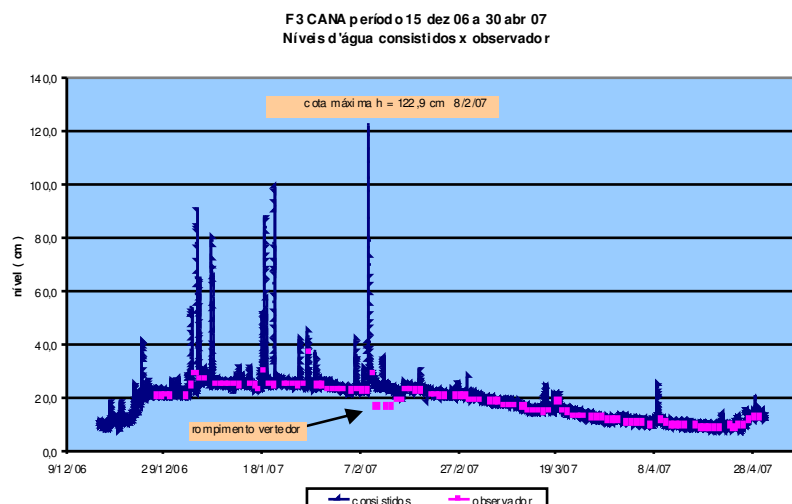


F1 Diabásio



F2 Pau D'Alho

Figura 7.1.9.2-5 Consistência de níveis d'água



F3 Cana

Figura 7.1.9.2-5 Consistência de níveis d'água (continuação)

Resultados

- **Precipitações**

As precipitações médias observadas na bacia do ribeirão Santa Gertrudes no período de 20 de dezembro de 2006 a 30 de abril de 2007 são apresentadas na **Figura 7.1.9.2-6**.

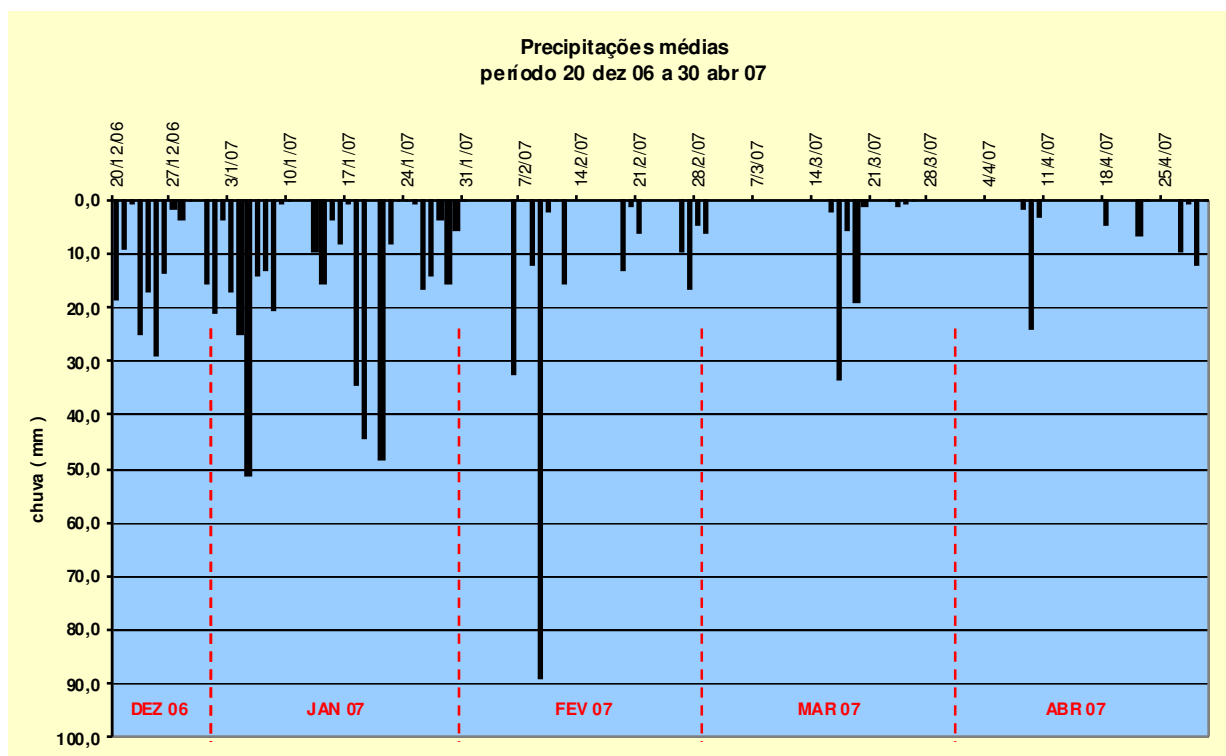
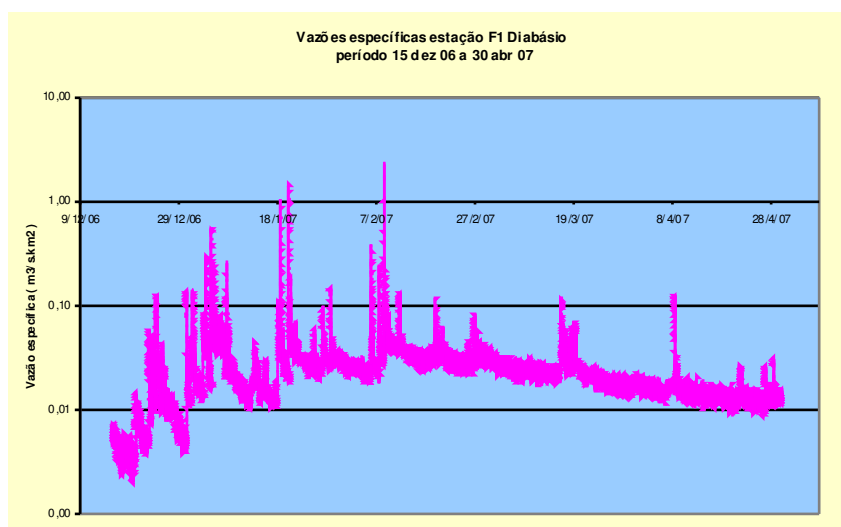


Figura 7.1.9.2-6 Precipitações médias observadas

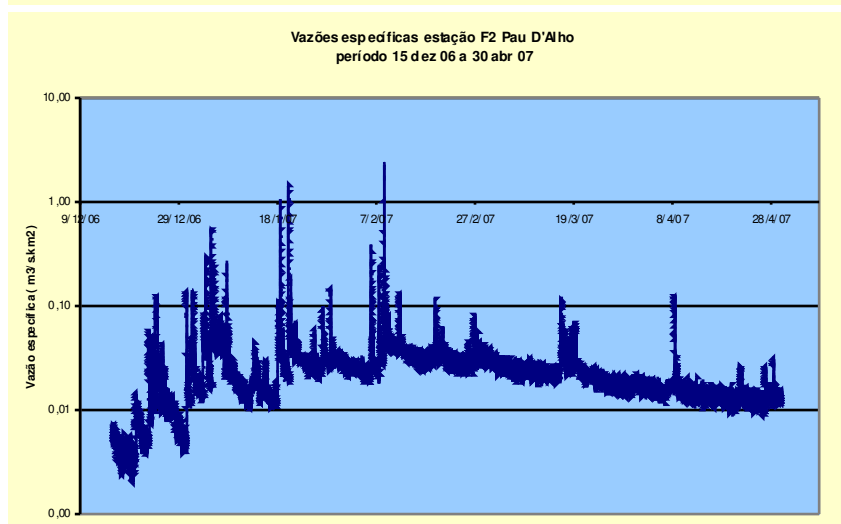
- **Vazões superficiais**

As séries finais de vazões líquidas consistidas para cada uma das bacias monitoradas, podem ser visualizadas nos gráficos da **Figura 7.1.9.2-7** e **relatório 14 do Anexo IX** (em meio digital).

A **Figura 7.1.9.2-8** mostra, para efeito de comparação dos comportamentos hidrológicos de cada uma das bacia, os valores observados, que foram divididos pelas respectivas áreas de drenagem, de modo a obter as vazões por unidade de área (ou seja, vazões em m^3/s observadas por km^2 de bacia). Assim, para análise da situação hidrológica em áreas diferentes (de mesma ordem de grandeza), basta multiplicar os resultados obtidos nestas pela área de drenagem da bacia estudada.

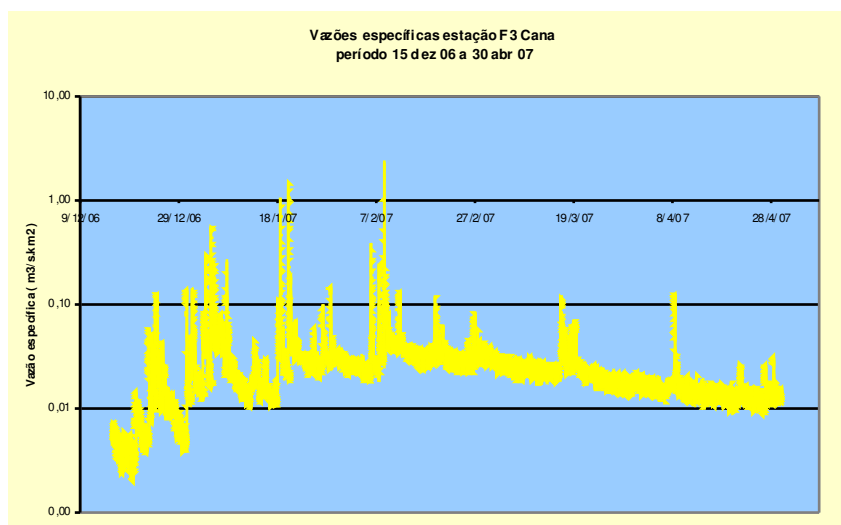


F1 Diabásio



F2 Pau D'Alho

Figura 7.1.9.2-7 Hidrogramas dos postos monitorados



F3 Cana

Figura 7.1.9.2-7 Hidrogramas dos postos monitorados (continuação)

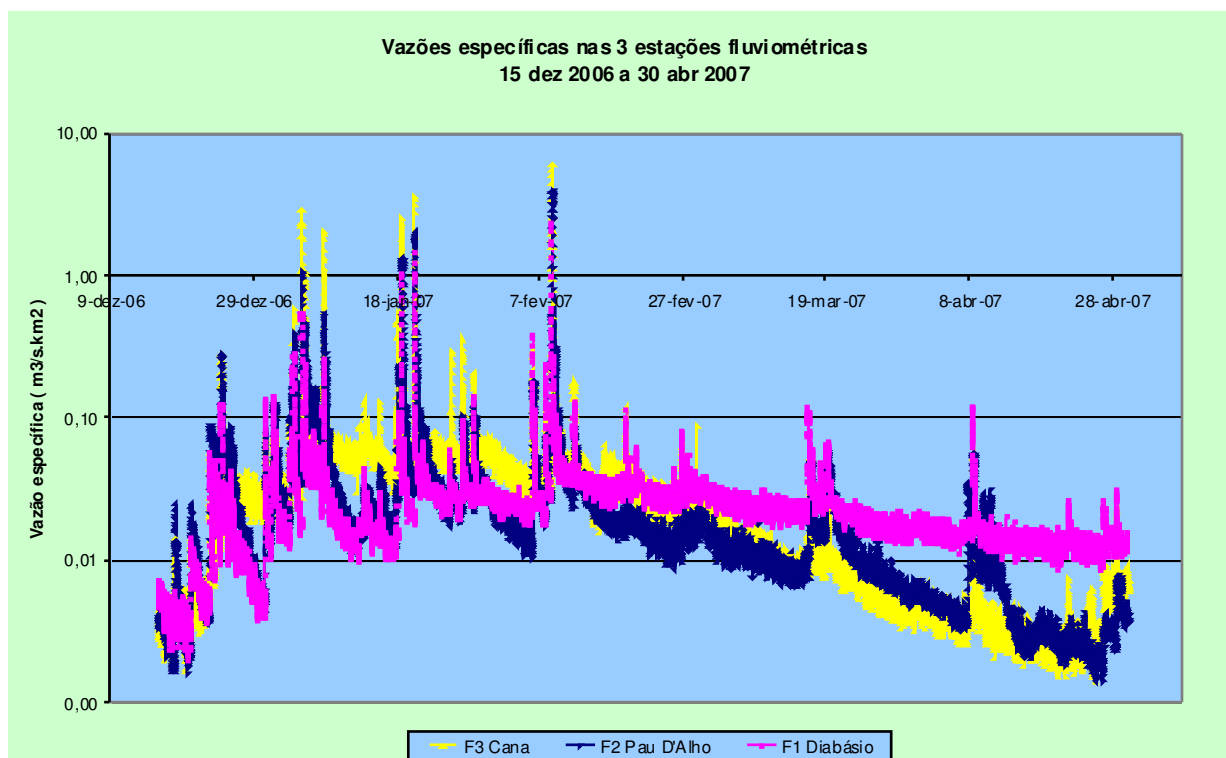


Figura 7.1.9.2-8 Vazões específicas líquidas nas 3 estações

A análise hidrológica (escoamento superficial líquido) das áreas mineradas pode ser feita com base na comparação das 3 pequenas bacias hidrográficas monitoradas:

a) bacia de cana 1: Diabásio (cabeceras do ribeirão Santa Gertrudes);



- b) bacia de cana 2: Cana (afluente de MD, que passa pela Faz. São Bento);
- c) bacia de mineração: Pau D'Alho ou Tubulão.

As duas primeiras têm ocupação de cana, situação típica na região, enquanto a terceira apresenta similaridades com estas tais como mesmo tipo de solo, declividades, dimensões, clima e outros fatores, diferindo delas na sua ocupação e uso. Deve-se observar que a bacia Diabásio apresenta afloramento de diabásio e isto, em princípio, pode indicar que ela apresente um balanço hídrico um pouco diferente daquele das bacias de Cana e Pau D'Alho.

Deve-se lembrar também que a bacia do Diabásio apresenta mata ciliar em boa extensão, ao contrário da situação da bacia da Cana, onde não há mais plantio de cana em sua região da APP, mas, por outro lado, apresenta-se ainda com solo exposto nessa área de APP.

Uma observação adicional é a de que as bacias de Diabásio e Cana apresentam manejos similares, tradicionais em culturas de cana, com solo exposto no período de entressafra entre novembro e fevereiro, que é aproximadamente aquele em que ocorrem as maiores precipitações mensais conforme pode ser visto nas Figura 7.1.9.2-6 Precipitações médias observadas e na Figura 7.1.9.2-1 Hidrografia do ribeirão Santa Gertrudes e Pontos de Monitoramento Fluviométrico (baseado em UNESP, 2006).

Desta forma, a tendência é a de ocorrência de maiores picos de cheia na bacia de Cana do que na de Diabásio (**Figura 7.1.9.2-9**). A comparação é feita por unidade de área de drenagem das bacias.

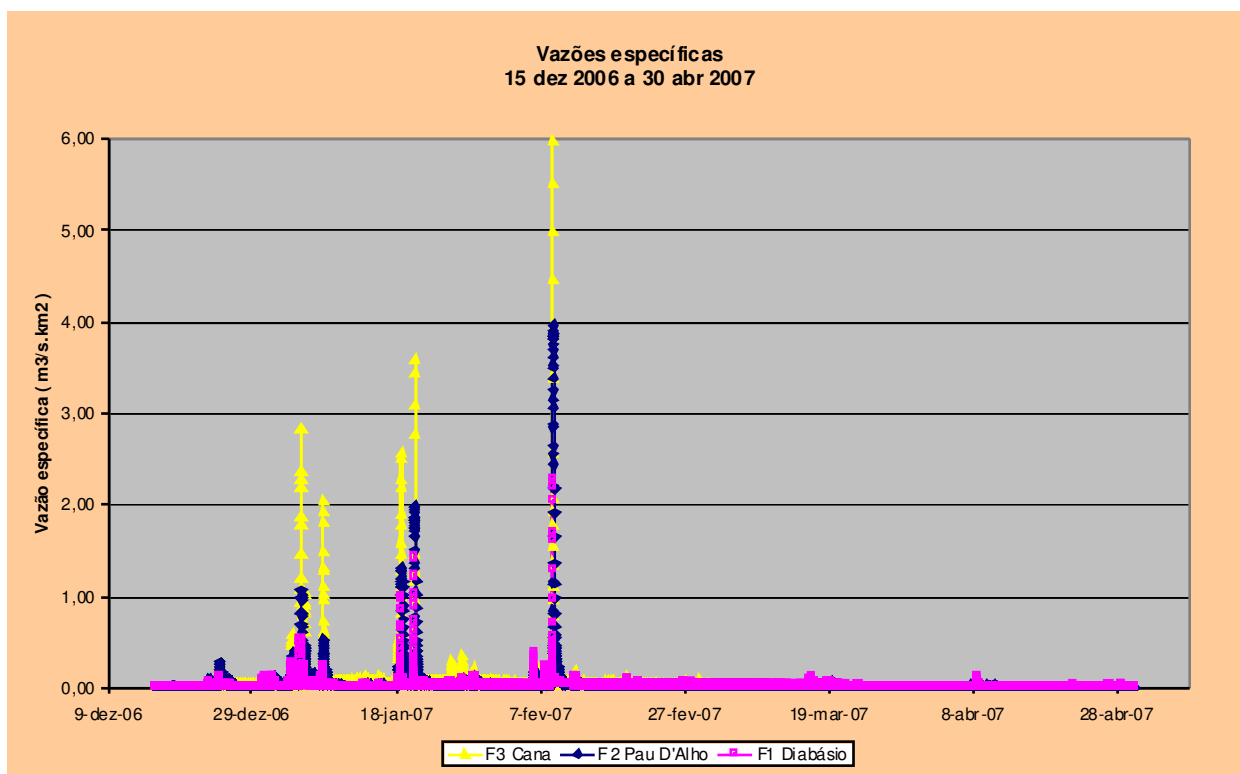


Figura 7.1.9.2-9– Picos de vazão nas três bacias monitoradas

A bacia de mineração (Pau D'Alho) apresenta uma pequena área de cana em suas cabeceiras.

Analisando as três bacias, os objetivos podem ser definidos como:

- determinar o comportamento hidrológico delas comparado com a situação típica da região (regionalização DAEE);
- determinar o comportamento hidrológico da bacia de mineração (Pau D'Alho) comparado com as outras duas, tomadas como referências locais.

Dada a inexistência de séries históricas longas nas bacias hidrográficas em estudo, a situação hidrológica típica da região é aquela dada pelas equações de regionalização utilizadas pelo DAEE (www.dae.sp.gov.br). Assim, a comparação dos valores regionalizados com os obtidos localmente mostra se essas bacias seguem ou não o padrão regional. O valor de $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e 10 anos de período de retorno) é o valor utilizado como padrão regional (referência de vazões mínimas nos processos quantitativos).

A aplicação de dados monitorados localmente a modelos matemáticos hidrológicos pode permitir a calibração e definição do funcionamento hidrológico das três bacias. O modelo matemático utilizado neste estudo foi o Tupi-SSARR (**relatório 19 do Anexo IX**).



Cálculos de $Q_{7,10}$ e Modelagem das Bacias

Cálculo do $Q_{7,10}$ regional

Utilizando a metodologia DAEE (DAEE, 1994), pode-se definir o seguinte equacionamento:

$$Q_{d,T} = C_{7,m} * X_T * Q * (A + B)$$

A vazão específica média plurianual Q_{esp} é dada por

$$Q_{esp} = (a + b) * P$$

onde

$$a = -26,23$$

$$b = 0,0278$$

$$P = 1350 \text{ mm (precipitação média anual – www.daee.sp.gov.br)}$$

Portanto,

$$Q_{esp} = 11,3 \text{ l/s.km}^2$$

Para uma bacia de 1 km^2 de área de drenagem **A**, a vazão média anual Q é dada por

$$Q = Q_{esp} * A = 11,3 * 1 = 11,3 \text{ l/s}$$

Por outro lado, para a região de Rio Claro / Santa Gertrudes, os valores de A , B , X_T e $C_{7,m}$ são

$$A = 0,4089$$

$$B = 0,0332$$

$$X_T = 0,632 \text{ (} T = 10 \text{ anos)}$$

$$C_{7,m} = 0,80$$

Portanto,

$$Q_{7,10} = 0,80 * 0,632 * 11,3 * (0,4089 + 0,0332) = 2,53 \text{ l/s.km}^2$$

Uma relação importante é a razão entre a vazão específica e a vazão de $Q_{7,10}$ específica, que é:

$$Q_{esp} / Q_{7,10} = 11,3 / 2,53 = 4,4$$



Assim, o valor da vazão específica média de longo prazo nesta região é cerca de 4 vezes o valor de $Q_{7,10}$ específica, ou seja, uma área de captação de 1 km² pode suprir, em média, a demanda de $Q_{7,10}$ de uma área 4,4 vezes maior.

Resultados da modelagem das bacias

O modelo chuva-deflúvio TUPI-SSARR, utilizado na calibração das bacias do presente estudo, faz uso de uma série de parâmetros cujos valores finais são obtidos por tentativas através de um critério de otimização que minimiza os desvios entre a vazão calculada e a observada em um determinado ponto do curso d'água.

Este modelo utiliza como entrada, os dados de chuva e vazão observados em um determinado período. Os intervalos de aquisição destes dados dependem do sistema de monitoramento utilizados. Para as três bacias, o período de aquisição (intervalo entre leituras) foi de 10 minutos, período este também utilizado pelo TUPI para cálculos internos.

É necessário também dados de evapotranspiração potencial mensal, que podem ser obtidos pela aquisição de dados de Tanque Classe A, corrigidos pelo coeficiente de tanque, ou indiretamente pela evapotranspiração efetiva que, conforme constata SETZER (1976), apresenta valores similares ao método de Thornthwaite. Este último método, ainda conforme o referido trabalho pode ser correlacionado com resultados do Tanque Classe A.

A evapotranspiração potencial é entendida como a máxima capacidade de água capaz de ser perdida como vapor, em uma dada condição climática, por um meio contínuo de vegetação que cobre toda a superfície do solo, estando este na capacidade de campo ou acima desta. Desta maneira, inclui a evaporação do solo e transpiração de uma vegetação de uma região específica em um dado intervalo de tempo, pressupondo que o suprimento de água seja ilimitado. Observa-se que a evapotranspiração potencial é função da disponibilidade de energia existente, ou seja, da capacidade do sistema em absorver esse vapor ou converter o seu calor armazenado em calor latente.

Para o presente estudo, foram obtidos apenas valores das medidas de Tanque Classe A, para os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril. Para estes meses, então, foi encontrado um coeficiente de proporcionalidade para transposição dos dados de Evapotranspiração Efetiva para Evapotranspiração Potencial, mês a mês, necessários como input no modelo TUPI. Os dados de evapotranspiração potencial obtidos podem ser vistos no **Quadro 7.1.9.2-4** e na **Figura 7.1.9.2-10** a seguir.

Quadro 7.1.9.2.-4 – Dados de evapotranspiração potencial

Mês	Tanque	Tanque		
	Dados Brutos	Dados Corrigidos		Coef = 1,74
		EVP	EVE - SETZER	EVP - SETZER
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Janeiro	146,3	109,7	93,0	161,7
Fevereiro	214,4	160,8	79,0	137,3
Março	218,2	163,7	84,0	146,0
Abril	169,0	126,8	72,0	125,2
Maio			56,0	97,3
Junho			49,0	85,2
Julho			53,0	92,1
Agosto			67,0	116,5
Setembro			81,0	140,8
Outubro	208,6	156,5	90,0	156,5
Novembro	211,7	158,8	95,0	165,1
Dezembro	198,5	148,9	97,0	168,6
	Coeficiente do tanque = 0,75		Total Anual =	1592,3

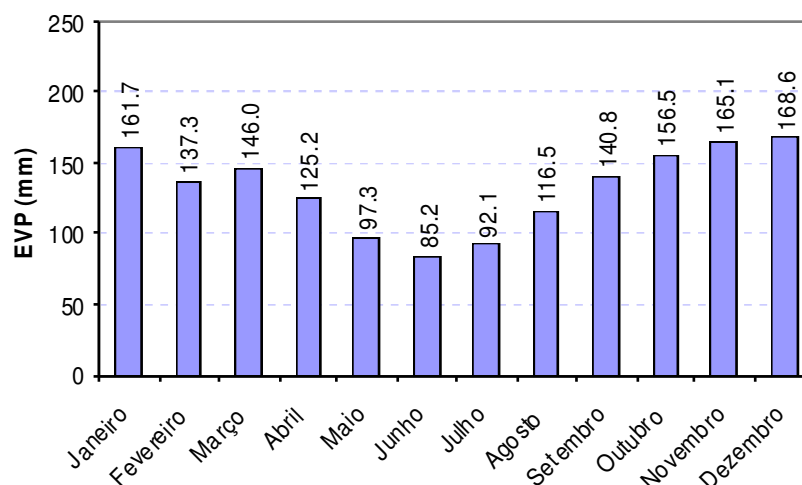


Figura 7.1.9.2-10 – Evapotranspiração potencial

As áreas de drenagem de cada sub-bacia foram as seguintes: Diabásio – 1,17 km², Cana – 0,80 km², Pau D’Alho – 1,77 km², Área Total = 3,74 km². A chuva precipitada, em uma primeira sub-divisão, se transforma em escoamento (“run-off”), descontando as perdas por evapotranspiração e variação da umidade do solo. A parcela de escoamento é então dividida em escoamento superficial, subsuperficial e subterrâneo, cada qual se propagando com tempos de “routing” típicos, até atingir o curso d’água, onde é submetido a um outro “routing” de canal. Para cálculo destas propagações, o



modelo TUPI utiliza a teoria dos “reservatórios lineares”, com o armazenamento dependendo das vazões de saída no trecho.

Para a sub-bacia denominada Diabásio, foram obtidos dados de chuva e de vazão, em dois períodos distintos, a saber:

Período 1 - 22/01/2005 a 07/11/2005, totalizando 289 dias, com período de aquisição e de cálculo de 1440 minutos (1 dia).

Período 2 - 01/01/2007 a 31/03/2007, totalizando 89,5 dias, com período de aquisição e de cálculo de 10 minutos.

Para as demais sub-bacias, ou seja, Cana e Pau D’Alho somente foram utilizados dados adquiridos no Período 2.

As figuras seguintes mostram as vazões observadas e geradas pelo modelo TUPI para cada sub-bacia. Importante salientar que as calibrações se preocuparam em ajustar as vazões geradas às vazões observadas, através de uma otimização dos mais variados parâmetros considerados no modelo TUPI, visando um menor desvio possível entre as referidas vazões.

Segue-se a estas figuras, um conjunto de 4 (quatro) gráficos dos índices típicos obtidos na calibração, a saber.

ROP x SMI - Porcentagem de “Run-off” x Índice de Umidade do Solo.

BFP x BIII - Porcentagem de Escoamento de Base x Índice de Infiltração do Escoamento de Base.

RST x RGS - Escoamento Superficial x Escoamento Superficial + Escoamento Sub-superficial.

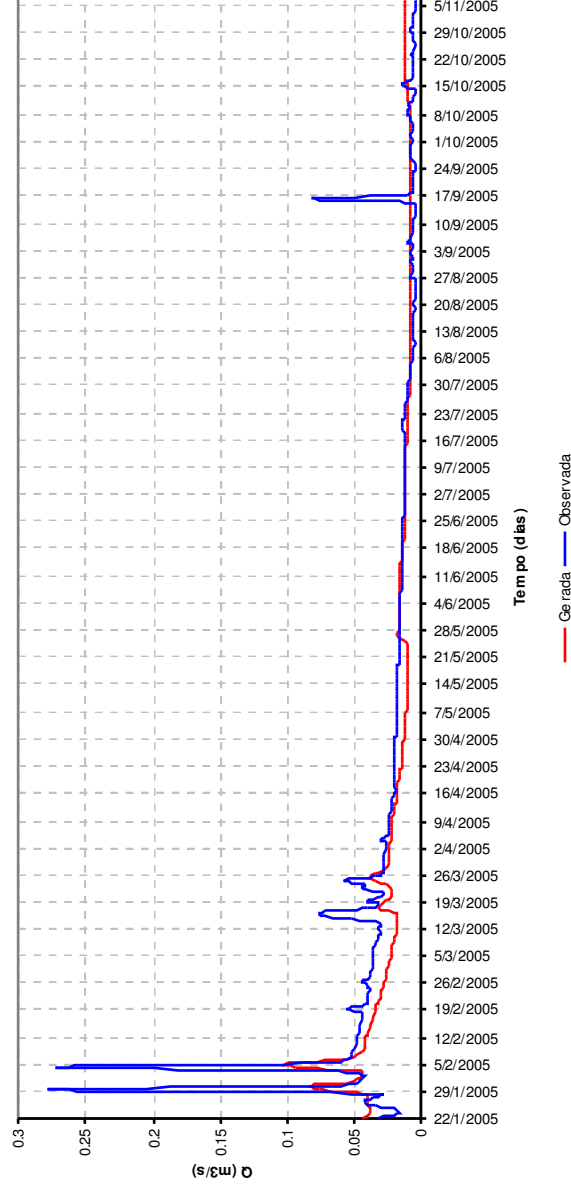
KET x WPT - Eficiência da Evapotranspiração x Precipitação.

Para efeito comparativo, em cada um desses gráficos, foram colocadas as curvas de calibração das três sub-bacias consideradas utilizando somente o Período 2, ou seja, dados de 10 em 10 minutos, de janeiro a março de 2007.

A comparação entre os dois períodos pôde ser realizada somente para a sub-bacia Diabásio, através de um outro conjunto dos mesmos 4 gráficos que se seguem aos anteriores e que apresentam a calibração realizada com o Período 1 (dados diários, de janeiro a novembro de 2005).

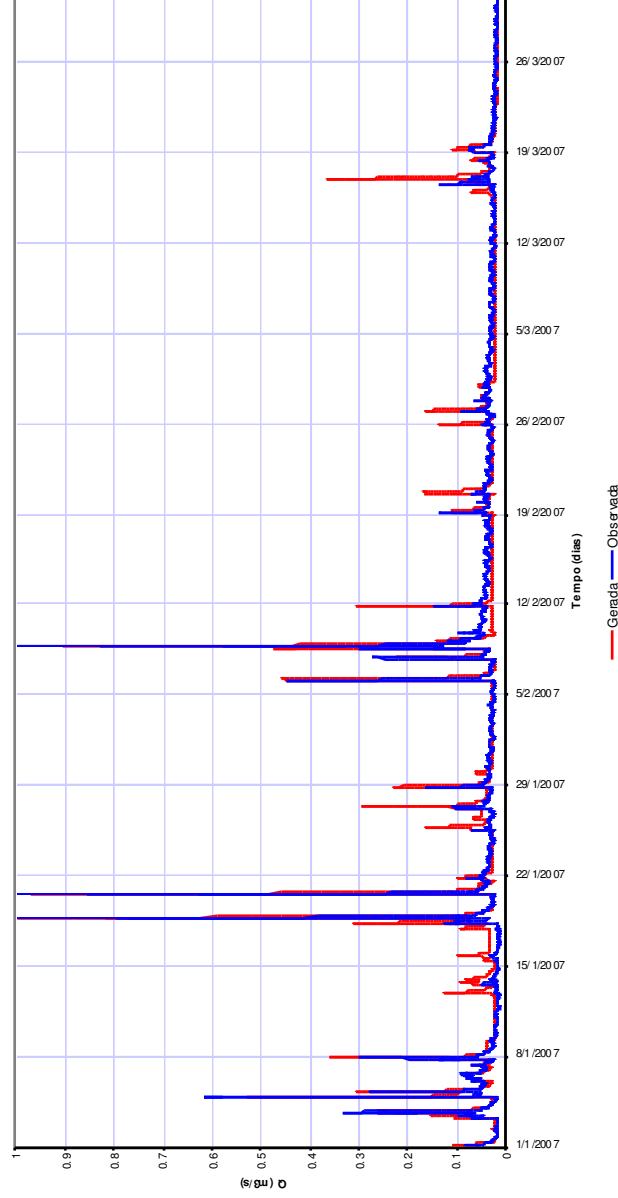


Diabásio - Hidrograma - Vazões Geradas e Observadas
Período = 1 dia



1
dia

Diabásio - Hidrograma - Vazões Geradas e Observadas
Período = 10 minutos



10
min

Figura 7.1.9.2-11 Vazões geradas e observadas em Diabásio