

Sumário

Apresentação I	19
Apresentação II	23
Apresentação III	29
Prefácio	35
Capítulo 1	
Introdução	37
Capítulo 2	
Bacia hidrográfica como Unidade de Planeamento	47
Capítulo 3	
Localização geográfica	55
Capítulo 4	
Domínios geoambientais	59
4.1 Áreas de planície aluvial – domínio 1A	61
4.1.1 Aspectos.....	62
4.1.2 Potencial mineral.....	63
4.1.3 Recomendações de uso, ocupação e gestão ambiental	63
4.2 Áreas de cobertura sedimentar e geologia recente – domínio 2.....	64
4.2.1 Áreas com solos arenosos e/ou arenoargilosos – subdomínio 2A3.....	65
4.2.1.1 Aspectos	65
4.2.1.2 Potencial mineral	66

4.2.1.3	Recomendações de uso, ocupação e gestão ambiental.....	66
4.2.2	Áreas com solo argiloso e/ou argilo-siltico-arenoso – subdomínio 2B2	66
4.2.2.1	Aspectos	66
4.2.2.2	Potencial mineral	67
4.2.2.3	Recomendações de uso, ocupação e gestão ambiental.....	67
4.3	Áreas formadas por rochas magmáticas – domínio 4.....	67
4.3.1	Áreas com rochas intrusivas alcalinas	68
4.3.1.1	Áreas de relevo ondulado – subdomínio 4A5.....	68
4.3.1.2	Áreas de relevo forte ondulado a montanhoso – subdomínio 4A8 ...	70
4.3.2	Áreas com rochas magmáticas intrusivas (diabásios) – domínio 4C.....	72
4.3.2.1	Áreas de relevo suave ondulado – subdomínio 4C4	73
4.3.2.2	Áreas de relevo ondulado – subdomínio 4C5.....	74
4.4	Áreas de solos da formação botucatu e piramboia – domínio 5.....	75
4.4.1	Áreas de relevo ondulado – subdomínio 5A	76
4.4.1.1	Aspectos	77
4.4.1.2	Potencial mineral	77
4.4.1.3	Recomendações de uso, ocupação e gestão ambiental.....	77
4.4.2	Áreas de relevo forte ondulado – subdomínio 5B.....	78
4.4.2.1	Aspectos	78
4.4.2.2	Potencial mineral	79
4.4.2.3	Recomendações de uso, ocupação e gestão ambiental.....	79
4.5	Terrenos com solos da formação aquidauana/grupo itararé – domínio 9	79
4.5.1	Áreas com solos de pedogênese avançada/homogênea – domínio 9A	80
4.5.1.1	Áreas de relevo quase plano – subdomínio 9A1.....	80
4.5.1.2	Áreas de relevo suave ondulado – subdomínio 9A3	82
4.5.1.3	Áreas de relevo ondulado – subdomínio 9A5.....	83
4.5.2	Áreas com solos de pedogênese heterogênea – domínio 9B	85
4.5.2.1	Áreas de relevo suave ondulado – subdomínio 9B3.....	86
4.5.2.2	Áreas de relevo suave ondulado a ondulado – subdomínio 9B4.....	88
4.5.2.3	Áreas de relevo ondulado – subdomínio 9B5	90
4.6	Terrenos com rochas granito-gnáissico-migmatíticas – domínio 10.....	92
4.6.1	Áreas de relevo suave ondulado a montanhoso – domínio 10F.....	92
4.6.1.1	Áreas de relevo suave ondulado – domínio 10F3.....	93
4.6.1.2	Áreas de relevo suave ondulado a ondulado – domínio 10F4	95
4.6.2	Áreas com relevo suave ondulado a ondulado – domínio 10G.....	97
4.6.2.1	Áreas dos subdomínios 10G4 e 10G5	97

Capítulo 5

Ocupação do solo e uso agrícola na Bacia do Rio Jaguari Mirim 101

Capítulo 6

Características físicas da bacia.....	107
6.1 Área	107
6.2 Forma da bacia	108
6.3 Declividade da bacia	110
6.4 Declividade do álveo ou do canal principal do rio	120
6.4.1 Dobro da relação (CM.L/L).....	124
6.4.2 Cota máxima com base na declividade média (CM _{ax}).....	124
6.4.3 Declividade média do álveo	124

Capítulo 7

Clima	127
7.1 Classificação climática.....	129
7.2 Temperatura, pressão atmosférica e umidade relativa	131
7.3 Evaporação	132
7.4 Transpiração.....	132
7.5 Evapotranspiração.....	133
7.5.1 Evapotranspiração Potencial de Referência (ET _o)	133
7.5.2 Evapotranspiração Potencial de Referência de Projeto	160
7.5.3 ET _o de projeto para Casa Branca e Vargem Grande do Sul	168
7.5.4 Evapotranspiração da cultura (ET _c).....	168
7.6 Precipitação.....	176
7.6.1 Postos pluviométricos existentes na Bacia do Rio Jaguari Mirim.....	177
7.6.2 Totais mensais e anuais de precipitação.....	180
7.6.3 Distribuição espacial da precipitação	186
7.6.4 Distribuição temporal da precipitação ou hietograma.....	187
7.6.5 Precipitação máxima – intensidade de chuva.....	188
7.6.5.1 Relação entre intensidade, duração e período de retorno para Leme	192
7.6.5.2 Relação entre intensidade, duração, período de retorno para São José do Rio Pardo	192
7.6.6 Precipitação Efetiva (PE)	193
7.6.6.1 Fatores que influenciam a precipitação efetiva	195
7.6.6.2 Determinação da precipitação efetiva	196
7.6.6.3 Frequência da precipitação efetiva.....	206
7.6.6.4 Frequência da precipitação efetiva de abril a setembro (estiagem).....	206
7.6.6.5 Frequência da precipitação efetiva de outubro a março (chuvas) ..	211
7.6.6.6 PE de projeto	217
7.6.7 Ações antrópicas	220

Capítulo 8	
Quantificação dos recursos hídricos.....	223
Capítulo 9	
Vazão, risco de falha e período de retorno	225
9.1 Vazão.....	225
9.1.1 Estações fluviométricas e séries hidrológicas.....	226
9.1.2 Estudo das vazões na Bacia do Rio Jaguari Mirim.....	231
9.2 Risco de falha de projeto e período de retorno	233
Capítulo 10	
Vazão média.....	241
10.1 Vazão média de longo período – Rio Jaguari Mirim.....	241
10.2 Relação entre a vazão média anual e a chuva na Bacia do Rio Jaguari Mirim.....	243
10.3 Curva de permanência – vazão média	249
10.3.1 Curva de permanência da vazão média anual.....	250
10.3.2 Curva de permanência de vazão média mensal de 12 meses	252
10.4 Vazão mínima da média anual.....	260
10.5 Variação temporal da vazão mínima da média anual	261
10.6 Curva de permanência da vazão mínima da média anual durante o período de estiagem (agosto a outubro).....	262
10.7 Ajuste da vazão mínima da média anual pela distribuição de Gumbel.....	265
Capítulo 11	
Vazão máxima – Rio Jaguari Mirim	269
11.1 Vazão máxima	270
11.1.1 Ano hidrológico.....	271
11.1.2 Seleção de vazão.....	271
11.1.3 Série estacionária e amostra representativa	271
11.1.4 Ajuste da Distribuição Estatística.....	274
11.1.4.1 Distribuição de Extremos Tipo I ou Distribuição de Gumbel.....	274
11.1.4.2 Distribuição Log-Pearson Tipo III	281
11.2 Curva de permanência da vazão máxima anual	287
Capítulo 12	
Hidrograma de vazão máxima – Rio Jaguari Mirim.....	291
12.1 Determinação do ponto c	294
12.2 Separação dos escoamentos.....	296
12.3 Hidrogramas de vazão máxima do Rio Jaguari Mirim	297

12.3.1 Determinação da chuva média ponderada total na bacia.....	302
12.3.2 Determinação da chuva efetiva geradora do escoamento superficial...302	
12.3.3 Determinação do coeficiente de escoamento (C)	303
12.3.4 Uso do coeficiente de escoamento (coeficiente C)	305

Capítulo 13

Vazão mínima – Rio Jaguari Mirim.....	313
13.1 Vazão mínima mensal e anual.....	314
13.2 Vazão mínima anual de um mês (Q_m).....	320
13.3 Curva de permanência da vazão mínima do trecho médio-alto	321
13.4 Vazão mínima de sete dias consecutivos	324
13.4.1 Determinação dos parâmetros estatísticos básicos.....	327
13.4.2 Variação temporal da vazão mínima de sete dias consecutivos	327
13.4.3 Relação chuva <i>versus</i> vazão mínima de sete dias consecutivos.....	328
13.5 Determinação da vazão mínima de sete dias consecutivos.....	333
13.5.1 Distribuição de Extremos Tipo I ou de Gumbel	333
13.5.2 Vazão mínima de sete dias obtida pela Distribuição de Gumbel.....	334
13.5.3 Distribuição de Extremos Tipo III ou de Weibull.....	336
13.5.4 Vazão mínima de sete dias obtida pela Distribuição de Weibull	338
13.6 Vazão mínima e regiões hidrológicas semelhantes.....	340
13.6.1 Vazão mínima de sete dias obtida a partir de regiões semelhantes	341
13.7 Vazão de referência	342
13.7.1 Vazão de referência para o médio-alto Rio Jaguari Mirim	343
13.7.2 Vazão específica mínima para o médio-alto Rio Jaguari Mirim	343
13.8 Considerações sobre vazão mínima do trecho médio-alto	344
13.9 Vazão ecológica do médio-alto Rio Jaguari Mirim.....	345

Capítulo 14

Vazão do Ribeirão dos Cocais	351
14.1 Vazão média anual	352
14.2 Vazão média do Ribeirão dos Cocais	352
14.3 Variação temporal da vazão mínima da média anual	354
14.4 Ajuste da vazão mínima da média anual – distribuição de Gumbel.....	355
14.5 Curva de permanência do Ribeirão dos Cocais.....	358
14.5.1 Curva de permanência de 12 meses (durante o ano todo)	359
14.5.2 Curva de permanência no período de estiagem (6 meses).....	362
14.6 Vazão mínima do Ribeirão dos Cocais	364
14.6.1 Determinação dos parâmetros estatísticos básicos.....	366
14.6.2 Variação temporal dos dados de vazão mínima.....	366
14.6.3 Vazão mínima de 7 dias consecutivos – Distribuição de Weibull	367

14.6.4 Vazão mínima de 7 dias obtida a partir de regiões semelhantes.....	369
14.6.5 Obtenção de $C_{7,m}$ e X_T específicos para Ribeirão dos Cocais.....	371
14.7 Vazão de referência para o Ribeirão dos Cocais	372
14.8 Vazão específica mínima para o Ribeirão dos Cocais	373
14.9 Vazão ecológica do Ribeirão dos Cocais.....	374
14.10 Curva de permanência da vazão mínima mensal – Ribeirão dos Cocais ..	376

Capítulo 15

Vazão mínima de sete dias dos afluentes do Rio Jaguari Mirim	381
15.1 Vazão mínima de sete dias consecutivos dos afluentes do vale médio-alto do Rio Jaguari Mirim.....	382
15.2 Vazão mínima de sete dias consecutivos dos afluentes do vale médio-baixo do Rio Jaguari Mirim.....	382
15.3 Vazão mínima de sete dias consecutivos dos afluentes do vale baixo do Rio Jaguari Mirim	383
15.4 Vazão mínima de sete dias consecutivos dos afluentes com sub-bacias menores e sem denominação (ASMSD)	383
15.5 Vazão mínima de sete dias consecutivos com Tr de 10 anos ($Q_{7,10}$) em toda a Bacia do Rio Jaguari Mirim	384
15.6 Vazão mínima de sete dias consecutivos do Córrego da Cachoeirinha	388

Capítulo 16

Vazão para toda a Bacia do Rio Jaguari Mirim	391
16.1 Vazão no trecho médio-alto da Bacia do Rio Jaguari Mirim	391
16.1.1 Vazão média anual.....	391
16.1.2 Vazão média mensal.....	392
16.1.3 Vazão mínima da média anual	392
16.1.4 Vazão mínima da média anual com 95% de chance de ser superada...393	
16.1.5 Vazão mínima da média anual com 50% de chance de ser superada...393	
16.1.6 Vazão mínima anual de um mês (Q_m)	394
16.1.7 Vazão mínima anual de sete dias consecutivos (Q_7).....	395
16.1.8 Vazão mínima de sete dias consecutivos e Tr de 10 anos ($Q_{7,10}$)	395
16.2 Vazão do Ribeirão dos Cocais – trecho médio-baixo da Bacia do Rio Jaguari Mirim.....	396
16.2.1 Vazão média anual do Ribeirão dos Cocais	396
16.2.2 Vazão média mensal Ribeirão dos Cocais.....	396
16.2.3 Vazão mínima da média anual do Ribeirão dos Cocais	397
16.2.4 Vazão mínima da média anual com 95% – Ribeirão dos Cocais.....	397
16.2.5 Vazão mínima da média anual com 50% – Ribeirão dos Cocais.....	398
16.2.6 Vazão mínima anual de um mês (Q_m)	398

16.2.7 Vazão mínima anual de sete dias consecutivos (Q_7).....	398
16.2.8 Vazão mínima de sete dias consecutivos e período de retorno de 10 anos do Ribeirão dos Cocais ($Q_{7,10}$).....	399
16.3 Vazão em toda a Bacia do Rio Jaguari Mirim	399
16.3.1 Vazão média anual em toda a Bacia do Rio Jaguari Mirim	400
16.3.2 Vazão média mensal com 95% em toda a Bacia do Rio Jaguari Mirim	401
16.3.3 Vazão mínima da média anual em toda a Bacia do Rio Jaguari Mirim	401
16.3.4 Vazão mínima da média anual com 95% em toda a bacia.....	402
16.3.5 Vazão mínima da média anual com 50% em toda a bacia.....	402
16.3.6 Vazão mínima anual de um mês para toda a Bacia do Rio Jaguari Mirim	403
16.3.7 Vazão mínima de sete dias para toda a Bacia do Rio Jaguari Mirim....	403
16.3.8 Vazão mínima de sete dias consecutivos e tempo de retorno de 10 anos para toda a Bacia do Rio Jaguari Mirim.....	404
16.3.9 Vazão mínima de sete dias consecutivos com T_r de 10 anos ($Q_{7,10}$) em toda a Bacia do Rio Jaguari Mirim, com base em todos os afluentes.....	405
16.4 Curva de permanência da $Q_{7,10}$ para toda a bacia.....	405
16.5 Resumo das vazões calculadas	408

Capítulo 17

Indicadores regionais hidrológicos	411
17.1 Relação da vazão da curva de permanência	412
17.1.1 Relação $R_{cp_{95}}$	412
17.1.2 Relação $R_{cp_{50}}$	413
17.2 Índices de vazão mínima.....	414
17.2.1 Índice $R_{7,10}$	414
17.2.2 Índice R_m	415
17.3 Índices de vazão ecológica (Q_{eco})	416
17.3.1 Índice $R_{eco(1)}$	416
17.3.2 Índice $R_{eco(2)}$	417

Capítulo 18

A irrigação na Bacia do Rio Jaguari Mirim	419
18.1 Área irrigada na regional de São João da Boa Vista – IBGE.....	419
18.2 Área irrigada nos municípios integrantes da Bacia do Rio Jaguari Mirim ..	421
18.2.1 Irrigação com aspersão convencional, autopropelido e localizada.....	422
18.2.2 Irrigação com pivô central	426

18.3 Área irrigada na Bacia do Rio Jaguari Mirim – imagens de satélites.....	427
18.3.1 Irrigação com aspersão convencional, autopropelido e localizada.....	428
18.3.2 Pivô central.....	428
18.3.3 Áreas irrigadas nas principais sub-bacias	431
18.3.3.1 Distribuição dos pivôs no trecho médio-alto da bacia	450
18.3.3.2 Distribuição dos pivôs no trecho médio-baixo da bacia	450
18.3.3.3 Distribuição dos pivôs no trecho baixo da bacia	451
18.4 Evolução das áreas irrigadas com pivô central.....	451
18.5 Vazão retirada para irrigação	452
18.6 Balanço da retirada de água na Bacia do Rio Jaguari Mirim	457
18.6.1 Balanço da água usada para pivôs centrais	457
18.6.2 Balanço da água usada para as unidades de aspersão convencional	458
18.6.3 Balanço da água usada para pivô central e aspersão convencional	458
18.6.4 Balanço da retirada de água nas sub-bacias do Rio Jaguari Mirim	460

Capítulo 19

Algumas culturas irrigadas na bacia.....	467
19.1 Batata-inglesa.....	467
19.1.1 Ciclo da cultura e estádios de desenvolvimento.....	469
19.1.2 Desenvolvimento do sistema radicular	471
19.1.3 Necessidade de água da batata.....	472
19.1.4 Evapotranspiração e consumo de água da batata.....	473
19.1.5 Coeficientes culturais da batata	475
19.1.6 Manejo de água e comportamento ao <i>deficit</i> hídrico	481
19.1.7 Comportamento da batata em relação ao excesso de água.....	485
19.1.8 Função de produção e produtividade da batata irrigada	486
19.2 Feijoeiro.....	489
19.2.1 Épocas de produção da cultura.....	490
19.2.2 Ciclo da cultura e estádios de crescimento	492
19.2.3 Desenvolvimento do sistema radicular	494
19.2.4 Necessidade de água do feijoeiro.....	495
19.2.5 Evapotranspiração e consumo de água do feijoeiro.....	498
19.2.6 Coeficientes culturais do feijoeiro.....	502
19.2.7 Comportamento do feijoeiro em relação ao <i>deficit</i> hídrico	508
19.2.8 Função de produção do feijoeiro.....	510
19.2.9 Produtividade do feijoeiro irrigado	513
19.2.10 Doses de nitrogênio e produtividade do feijoeiro irrigado	516

Capítulo 20

Usos múltiplos de água.....	521
------------------------------------	------------

20.1 Usos consuntivos.....	523
20.1.1 Abastecimento de água	523
20.1.2 Abastecimento industrial	524
20.1.3 Irrigação.....	524
20.2 Usos não consuntivos	526
20.2.1 Geração de energia elétrica	526
20.2.2 Navegação fluvial.....	526
20.2.3 Recreação e harmonia paisagística.....	527
20.2.4 Pesca	527
20.2.5 Diluição, assimilação e transporte de esgoto e resíduos líquidos.....	527
20.2.6 Preservação.....	527
20.3 Pressões sobre os usos dos recursos hídricos.....	528
20.4 Uso adequado da água.....	531

Capítulo 21

Usos múltiplos e demanda de água na Bacia do Rio Jaguari Mirim	535
21.1 Projeções e cenários	535
21.2 Uso de água para abastecimento público	536
21.2.1 População existente na área estudada	536
21.2.2 Vazão usada para abastecimento público.....	537
21.3 Vazão usada pelo setor industrial	539
21.4 Vazão retirada para uso da aquicultura.....	540
21.5 Áreas irrigadas e vazão retirada para irrigação.....	540

Capítulo 22

Disponibilidade hídrica	545
22.1 Disponibilidade hídrica social (<i>per capita</i>).....	548
22.2 Disponibilidade hídrica social para toda a bacia.....	549
22.3 Disponibilidade hídrica social para o trecho médio-alto da bacia.....	550
22.4 Disponibilidade hídrica superficial sustentável	554
22.4.1 Determinação da disponibilidade hídrica superficial sustentável	556
22.4.2 Disponibilidade hídrica superficial (com base na Lei SP 9.034/1994)	557
22.4.3 Disponibilidade hídrica sustentável – área de 2.175,63 km ² – Cenário 1	558
22.4.4 Disponibilidade hídrica sustentável – área de 2.175,63 km ² – Cenário 2.....	560
22.4.5 Disponibilidade hídrica sustentável – área de 2.175,63 km ² – Cenário 3.....	562

Capítulo 23**Gerenciamento de recursos hídricos 567**

23.1 Gerenciamento no Estado de São Paulo569

23.2 Gerenciamento no Brasil.....572

Capítulo 24**Programação da irrigação das culturas 577****Referências..... 581**