

As vazões máximas de cheias “Qp” foram estimadas a partir da fórmula do método Racional em cada uma das sub-bacias, e a metodologia aplicada utilizou a delimitação das áreas contribuintes “Ad”, o tempo de concentração da chuva “tc”, a intensidade pluviométrica “I” da região em estudo, o coeficiente de escoamento superficial “C” do terreno e considerando o tempo de recorrência **T = 100 anos**.

Na fórmula citada, duas alternativas foram adotadas para o cálculo do coeficiente de escoamento superficial - vazões de pico - quais sejam:

- ✓ Situação atual - **C = 0,245** - considera a cobertura do solo atual - pastagem
- ✓ Situação futura - **C = 0,465** - ocupação do solo prevista para o futuro impermeabilizada.

Os valores adotados para o cálculo do Coeficiente de Escoamento Superficial do Loteamento Residencial Sete Lagos, estão descritos no Quadro 5.6.2-3 a seguir.

O Quadro 5.6.2-3 – Valores adotados para o cálculo do Coeficiente de Escoamento Superficial, Loteamento Residencial Sete Lagos, Itatiba, SP

Terreno	Situação Atual			Situação Futura- Impermeabilizada		
	% ocupação	CI	Média pond.	% ocupação	C2	Média pond.
Uso do solo						
Parc. urbanizada	5	0,35	0,245	50	0,70	0,465
Pastos/gramados	85	0,25		40	0,25	
Matas	10	0,15		10	0,15	

Fonte: P A BRASIL, 2009

Os valores hidrológicos obtidos destes estudos estão demonstrados no Quadro 5.6.2-4 a seguir.

Quadro 5.6.2-4: Resumo das Vazões de Cheia para diferentes coeficientes de escoamento superficial na área do Loteamento Residencial Sete Lagos, Itatiba, SP.

Sub bacias	C=0,245 Natural				C= 0,465 Impermeabilizada			
	Q p.	Q' p	Q sm	Q s	Qp _I	Q' p _I	Qsm _I	Qs _I
	(m3/s)		(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)		(m3/s)	(m3/s)
B.1.5	16,42		4,22	12,20	31,17		4,22	26,95
B.1.6	3,2		0,56	2,64	6,09		0,56	5,54
				=14,84				
B.1.4	10,56	25,40	-135,75	-113,09	20,88	53,37	-135,75	-82,38
B.1.3	3,47		32,53	-29,06	6,59		32,53	-25,94
B.1.2	12,98		130,30	-117,32	24,65		130,30	-130,20
B2.3	4,17		8,6	-4,43	7,91		8,6	1,46
B.2.2	5,43		17,13	-11,70	10,31	+11,77	17,13	-5,36

Fonte: P A BRASIL, 2009

A evolução da ocupação do solo ou índice de urbanização evita que as vazões de projeto se tornem sub dimensionadas a curto e médio prazo, portanto, não considerar as condições futuras de ocupação do solo da bacia hidrográfica analisada, poderá em pouco tempo tornar obsoleta as obras hidráulicas projetadas.

Assim, a localização dos maciços foi considerada como a seção mais á jusante, e tomada como base para o traçado do contorno das sub-bacias, sendo estes considerados os pontos de intersecção do eixo da barragem com o córrego.

A localização das áreas de contribuição (sub- bacias) nos pontos à jusante dos barramentos é detalhada no quadro 5.6.2-

5.6.3- Estudo da Disponibilidade Hídrica.

A metodologia adotada está apresentada na Revista Água e Energia Elétrica, Ano 5, nº14,1988, referente a Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo e no Manual de Cálculo de Vazões Máximas,Médias e Mínimas nas Bacias Hidrográficas do Estado de São Paulo.

5.6.3.1 - Vazão média específica

A vazão média específica $q_{esp.}$ em $l/s \cdot K_m$, é estimada através da equação 1 :

$$q_{esp.} = a + b * P_m$$

onde:

a e b : parâmetros regionais

P_m : pluviosidade média anual (mm).

A precipitação média anual normal (Pm) no município de Itatiba, é de **1.331 mm/ano**, conforme dados da normas climatológicas extraído do site www.esalq.usp.br/departamentos/cienciasexatas/ sob a responsabilidade do Departamento de Ciências Exatas ,setor de Física e Metereologia Agrícola da ESALQ/USP .

O local em estudo compreende a região hidrológica **K**, **segundo LIASI ET ali ,1994 portanto tem-se os seguintes parâmetros** regionais:

$$a = -26,23$$

$$b = 0,0276.$$

5.6.3.2 - Vazão média plurianual. (q_m)

Multiplicando-se a vazão média específica pela área de contribuição da bacia ,obtem-se a vazão média plurianual (qm),conforme a equação a seguir:

$$q_m = q_{esp.} * Ad.$$

Onde:

Ad = área de contribuição da bacia.

5.6.3.3 - Vazão Mínima natural mensal ($Q_{30,d}$)

A vazão mínima natural (L/s) para um mês de duração e período de retorno de 10 anos é calculada pela seguinte equação:

$$q_{30,10} = X_{10} * q_m * (A + B * d)$$

onde:

A, B e X_d : parâmetros regionais obtidos em LIASI ET ali (1994)

d : duração em meses.

Assim, a área de estudo está situada na região hidrológica Y para o parâmetro X_{10} , logo os valores são:

$$A = 0,4951$$

$$B = 0,0279$$

$$X_{10} = 0,689$$

$$X_{20} = 0,639.$$

5.6.3.4 - Vazão Mínima natural ($Q_{7,d}$)

A vazão mínima natural é calculada pela equação a seguir e compreende a vazão mínima para 7 dias consecutivos de duração e período de retorno de 10 anos e 20 anos

$$q_{7,d} = q_{30,d} * C_{7,d}$$

onde:

$C_{7,d}$: coeficiente regional.

Itatiba está inserida na região hidrográfica K para o parâmetro $C_{7,d}$ segundo LIASI et ali (1994), logo **$C_{7,1m} = 0,80$**

5.6.3.5 - Vazão mínima natural para 95% de permanência

A vazão **$Q_{95\%}$** de permanência é obtida pela equação a seguir:

$$Q_{95\%} : Q'_{95\%} * q_m$$

onde:

$q'_{95\%}$ parâmetro regional.

Segundo LIASI et ali (1994) para a região Y , $q_{95\%} = 0,363$.

5.6.3.6 - Resumo do Estudo Hidrológico

T = 10 anos		Vazão					
		B1		B2		B3	
		l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h
Vazão Média específica	Q'_m	10,77	38,78	10,77	38,78	10,77	38,38
Vazão Média plurianual	Q_m	40,40	145,44	8,96	32,24	4,04	14,54
Vazão Mínima natural mensal	$Q_{30,10}$	14,56	52,41	3,23	11,62	1,46	5,24
Vazão Mínima natural	$Q_{7,10}$	11,65	41,93	2,58	9,30	1,16	4,19
Mínima para 95% de perman.	Q'_{95}	17,53	63,12	3,89	13,99	1,75	6,31

T = 20 anos		Vazão					
		B1		B2		B3	
		l/s	m3/h	l/s	m3/h	l/s	m3/h
Vazão Média específica	Q'_m	10,77	38,78	10,77	38,78	10,77	38,77
Vazão Média plurianual	Q_m	40,40	145,44	8,96	32,24	4,04	14,54
Vazão Mínima natural mensal	$Q_{30,20}$	13,50	48,61	2,99	10,78	1,35	4,86
Vazão Mínima natural	$Q_{7,20}$	10,80	38,88	2,39	8,62	1,08	3,89
Mínima para 95% de perman.	Q'_{95}	17,53	63,12	3,89	13,99	1,75	6,31

5.6.4- Vazão Máxima de Projeto.

Para a estimativa das vazões máximas foi empregado o método Racional, uma vez as áreas de contribuição dos barramentos são inferiores à 2km². Para fins deste estudo foi considerado o período de retorno de **100 anos**, sendo o amortecimento de pico de cheia em seus respectivos reservatórios de acumulação.

Observa-se que a exceção dos lagos **L4, L5 e L7**, todos os demais tem capacidade de amortecimento suficiente para suportar as vazões máximas de pico.

5.6.5- Determinação do Tempo de Concentração.

5.6.5.1 - Declividade Equivalente.

A declividade equivalente (S, m/Km) é calculada pela equação 6.

$$S = 10^3 * [L / \sum (l/i^{0,5})]^2$$

Onde:

- L:** distancia entre trechos (m)
- L:** comprimento do talvegue (m).
- l:** declividade em cada trecho considerado (m/m).
- n:** quantidade de trechos.

5.6.5.2 - Tempo de Concentração

O tempo de concentração (tc) em minutos é obtido pela seguinte equação:

$$t_c = 57 * (L^2/S)^{0,385}$$

Onde :

L: comprimento do talvegue (Km)

S: declividade equivalente (m/Km).

O quadro 5.6.5.2-I- apresenta os dados utilizados para as sub bacias no cálculo do tempo de concentração:

Quadro 5.6.5.2-I- Dados utilizados para as sub bacias no cálculo do tempo de concentração, Loteamento Residencial Sete Lagos, Itatiba, SP.

Denominação	L (km)	S (m/km)	Tc (min.)
B.I.2	0,452	82,45	5,67
B.I.3	0,317	83,70	4,28
B.I.4	0,368	162,02	3,72
B.I.5	2,020	28,72	27,08
B.I.6	0,656	0,8045	7,51
B6	0,310	102,26	3,89
B7	0,542	105,84	5,77

PA BRASIL, 2009.

5.6.6- Intensidade da Chuva Máxima.

A intensidade da Chuva máxima é obtida através da equação a seguir para o município de Elias Fausto, de acordo com Vieira Brasil 1986, UNICAMP.

$$I_{t_c,T} = 2524,86 * T^{0,139} / (20 + t_c)^{0,9486} * T^{-0,007}$$

onde:

I_{t_c,T} = intensidade da chuva(mm/h) ,para duração igual a tc(minutos) e período de retorno T (anos)

5.6.7- Coeficiente de Escoamento Superficial.

A determinação do Coeficiente de Escoamento Superficial conforme quadro 5.6.7-I a seguir, indicou os seguintes valores para as diferentes situações de ocupação da gleba:

- ✓ **C = 0,245** cobertura do solo na condição atual.
- ✓ **C = 0,465** – devido a ocupação futura de impermeabilização.

Quadro 5.6.7-1- Coeficiente de Escoamento Superficial para diferentes situações de ocupação da gleba do loteamento residencial Sete Lagos.

Situação do Terreno	Atual			Impermeabilizada		
Uso do solo	% ocupação	CI	Média pond.	% ocupação	C2	Média pond.
Parc. urbanizada	5	0,35	0,245	50	0,70	0,465
Pastos/gramados	85	0,25		40	0,25	
Matas	10	0,15		10	0,15	

PA BRASIL, 2009.

5.6.8- Coeficiente de Distribuição de Chuva. (D).

$$D = 1 - 0,009 * (LH_2O/2).$$

Sendo

L H₂O :comprimento do talvegue(Km).

5.6.9- Vazão de máxima esperada.

A vazão máxima esperada (vazão de pico) foi estimada a partir da fórmula racional ,a qual é recomendada para bacias menores que 2 Km².

$$Q_p = 0,2778. C. I. Ad \text{ (m}^3\text{/s)}$$

Onde:

I é a intensidade da chuva (mm/h)

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Ad é área de contribuição da bacia de drenagem em Km²

A vazão de cheia, para o período de retorno considerado, é a somatória da vazão superficial Q_p (m³/s) oriundo do evento chuva e da vazão de base do rio (Q_b).

Devido a dificuldade de se estimar a vazão de base do rio, considerou-se como um percentual da vazão superficial, sendo o valor 8%.

Logo pode-se estimar a vazão de pico pelo desenvolvimento abaixo apresentado:

$$Q'_p = Q_p + Q_b$$

Sendo:

$$Q_p = 1,08 * Q_p.$$

Logo:

$$Q_p = 1,08 * 0,2778 * C * I * A_d$$

Quadro 5.6.9-I - Resumo das Vazões de Cheia para diferentes coeficientes de escoamento superficial na gleba do Loteamento Residencial Sete Lagos, Itatiba, SP

Sub bacias	Atual C = 0,245				Impermeabilizada C= 0,465			
	Q p.	Q' p	Q sm	Q s	QpI	Q 'pI	QsmI	QsI
	m3/s							
B.1.5	16,42		4,22	12,20	31,17		4,22	26,95
B.1.6	3,2		0,56	2,64	6,09		0,56	5,54
				=14,84				
B.1.4	10,56	25,40	-135,75	-113,09	20,88	53,37	-135,75	-82,38
B.1.3	3,47		32,53	-29,06	6,59		32,53	-25,94
B.1.2	12,98		130,30	-117,32	24,65		130,30	-130,20
B2.3	4,17		8,6	-4,43	7,91		8,6	1,46
B.2.2	5,43		17,13	-11,70	10,31	+11,77	17,13	-5,36

PA BRASIL, 2009.

Onde:

terreno atual C =0,245

Qp vazão á montante do barramento

Qsm vazão amortecida á montante.

Qs vazão que passa pelo vertedor.

$$Q'p = Qs + Qp \text{ de jusante}$$

terreno impermeabilizado: C= 0,465

QpI vazão á montante do barramento

QsmI vazão amortecida á montante.

QsI vazão que passa pelo vertedor.

$$Q'pI = QsI + QpI \text{ de jusante.}$$

Observa-se que o cálculo da vazão de pico foi efetuado de maneira progressiva, ou seja a vazão de pico do barramento da bacia de jusante é a somatória da vazão amortecida do barramento

á montante e da vazão de pico para tempo de concentração(t_c) e área de drenagem(A_d), desta sub bacia de jusante.

$$Q_p^{(i+1)} = Q_{sm(i)} + Q'_p^{(i+1)}$$

5.6.10-Amortecimento da Vazão de Cheia

A metodologia de cálculo adotada define que tanto o hidrograma de cheia quanto o de saída são triangulares. Considerando que parte do volume que chega até o barramento é armazenada e a outra sai através do vertedouro. Esta vazão amortecida (Q_{sm}) é a vazão considerada para dimensionamento e ou verificação dos vertedouros.

$$Q_{sm} = Q_p - (2 * S_{a\grave{c}ude} * h) / 3 * t_c$$

Onde:

T_b: tempo de base (3 * t_c)

t_c: o tempo de concentração (seg)

A_{açude}: área de superfície do lago, antes da cheia (m²)

h_m: elevação de nível considerado (carga sobre o vertedouro, m)

5.6.11-Capacidade de descarga dos vertedouros

No estudo da capacidade de vazão dos vertedouros, utilizou-se a formula da soleira espessa, aplicando as medidas de forma a verificar se suporta a vazão máxima (Q_{sm}) esperada .

$$q = C_d * L * h^{1,5}$$

onde:

C_d: coeficiente de descarga ($C_d = 1,71$)

L: Largura da soleira.(m)

H: altura do nível de água considerada.(m)

Para situação de hoje com $C = 0,245$ -, o vertedouro da barragem BR 4 deveria estar dimensionado para receber a somatória das vazões de cheia da sub bacia **B1.5 = 12.20m³/s** de da sub-bacia **B1.6 = 2,64m³/s**, já descontadas as vazões de amortecidas nos respectivos reservatórios ou seja, **14,84m³/s**.

O grau de erosionamento no talude de montante, evidencia o sub-dimensionamento e as condições precárias do vertedouro existente.

5.7 - Qualidade das Águas Superficiais

As características originais das águas superficiais podem ser prejudicadas pela ação antrópica devido à descarga de poluentes diretamente ou indiretamente.

A poluição das águas pode ser classificada conforme a sua origem como: poluição difusa (agrotóxicos e esgotos clandestinos) e poluição pontual (emissores de esgoto doméstico e efluentes industriais).

Para assegurar a qualidade das águas superficiais ao longo do tempo foram criados diversos instrumentos normativos para este fim, desde 1976, com a Portaria G.M. 13 e a Portaria 536 do Ministério do Interior, sendo aprimorados através de estudos e grupos de trabalho específicos, resultando na legislação que se encontra em vigor, a se destacar a Resolução CONAMA nº 357/2005 que estabelece os limites para diversos parâmetros físico-químicos e biológicos permitindo através destes limites o enquadramento dos corpos d'água nas classes de uso preponderante.

Dessa maneira a qualidade das águas superficiais de uma região pode ser avaliada através da comparação entre os valores dos parâmetros físico-químicos e biológicos obtidos nos resultados analíticos e os parâmetros estabelecidos na legislação citada.

O presente diagnóstico da qualidade das águas superficiais da área de influência do empreendimento Loteamento Sete Lagos permite documentar a situação atual dos corpos d'água da região antes da intervenção do empreendimento em questão, em suas fases de implantação e operação.

Dessa forma é possível avaliar os possíveis impactos do empreendimento à qualidade das águas superficiais da região e assim sugerir ações mitigadoras e minimizadoras de tais impactos resguardando a qualidade das águas da região para seu uso coletivo e racional.

5.7.1 - Diagnóstico da Qualidade das Águas Superficiais na Área de Influência Indireta (AII)

O município de Itatiba, onde se localizará o futuro Loteamento Sete Lagos, pertence a UGRHI 5 – Unidade de Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do Capivari, Jundiá e Piracicaba.

A população residente nesta UGRHI - 5 corresponde a 11 % da população do Estado de São Paulo, e assim como o restante do estado, apresenta um grande déficit no saneamento básico apresentando tratamento de apenas 42 % do esgoto coletado.

Apesar disso, o Rio Atibaia destaca-se pela boa qualidade de suas águas e o baixo custo de seu tratamento para o abastecimento humano. Suas águas são exportadas para a Região Metropolitana de São Paulo através do Sistema Cantareira que abastece mais de 50 % da população dessa região, além disso, suas águas também são exportadas para o Rio Jundiá - Mirim que abastece o município de Jundiá e para as Bacias do Capivari e Piracicaba através do sistema de abastecimento de Campinas, por fim o Rio Atibaia recebe as águas do Rio Jaguari para que ambos deságüem no Rio Piracicaba. Isso ilustra a grande importância do Rio Atibaia para algumas das cidades mais populosas do estado.

A CETESB mantém uma rede de monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais em 411 pontos espalhados pelo Estado de São Paulo, resultando em relatórios anuais disponibilizados através da internet.

Para facilitar a análise dos resultados dos diversos parâmetros físico-químicos e biológicos que definem a qualidade das águas, a CETESB criou índices próprios que integram alguns destes parâmetros facilitando a comparação entre os pontos e a interpretação dos resultados, são eles: o Índice de Qualidade das Águas para a Proteção da Vida Aquática (IVA), o Índice de Qualidade das Águas (IQA), o Índice Estado Trófico (IET), o Índice de Qualidade das Águas para Abastecimento Público (IAP) e o Índice de Balneabilidade (IB).

De acordo com o último relatório de Qualidade das Águas da CETESB que contém informações relativas ao ano de 2008 o município de Itatiba que possui 97.462 habitantes, apresenta coleta de 80 % de seu esgoto doméstico. Todo esgoto coletado é tratado através de um sistema que apresenta 80 % de eficiência. A carga poluidora remanescente representada por 1.880 kg DBO/dia é despejada no Ribeirão Jacarezinho e no Rio Atibaia (CETESB, 2009).

Para análise da qualidade das águas na região da Bacia do Rio Atibaia foram considerados 3 pontos de monitoramento da CETESB no Rio Atibaia, o ATIB 2010 localizado à montante do empreendimento no município de Atibaia, o ATIB 02030 localizado no município de Itatiba no Rio Atibaia e o ATIB 2035 localizado no Rio Atibaia no município de Valinhos, nesses locais ocorre a captação de água para o abastecimento dos respectivos municípios, conforme mapa à seguir (figura 5.7.1-1).

De maneira geral, de acordo com o último Relatório da Qualidade das Águas Superficiais da CETESB relativo ao ano de 2008, houve uma ligeira melhora na qualidade da água do Rio Atibaia em relação a média histórica (entre 2003 e 2007) de acordo com alguns parâmetros como o Oxigênio Dissolvido e DBO.

Esta melhora, provavelmente, está associada ao aumento na porcentagem de atendimento da coleta e tratamento de esgoto doméstico, principalmente no município de Paulínia.

Também houve uma sensível melhora no índice de Qualidade de Água (IQA) no ponto de coleta do Rio Atibaia (ATIB 02030) passando de 53 em 2007 para 60 em 2008, com estes valores a classificação do IQA manteve-se como BOA.

O IQA médio anual de 2008 também é considerado BOM para os pontos de monitoramento do Rio Atibaia à montante (ATIB 02010) e à jusante (ATIB 02035) do ponto localizado em Itatiba (ATIB 02030). Este índice baseia-se nos seguintes parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduos totais e turbidez (CETESB, 2009).

A média do Índice de Estado Trófico (IET) do ponto ATIB 02030 para o ano de 2008 foi de 59,07 enquadrando-o como mesotrófico. No ponto de monitoramento à montante de Itatiba, o ATIB 02010, no local de captação de água do município de Atibaia, o IET é ultraoligotrófico, e à jusante encontra-se o ponto ATIB 02035, na captação de Valinhos, o qual apresenta índice eutrófico, ou seja, a quantidade de matéria orgânica acumula-se ao longo do curso do Rio Atibaia, conforme este vai recebendo os esgotos domésticos das cidades por onde passa.