



SUDERHSA

8 SÍNTESE DO DIAGNÓSTICO

8 SÍNTESE DO DIAGNÓSTICO

8.1 A Concentração Urbana e os Impactos sobre os Recursos Hídricos na RMC

A expansão urbana da RMC ocorreu de duas formas complementares, sendo a mais perceptível aquela que pode ser observada a partir da ampliação da mancha urbana e a ocupação progressiva de áreas adjacentes ao núcleo urbano. Uma segunda dimensão da expansão urbana se reflete na concentração populacional, ou seja, no aumento da densidade de habitantes por unidade de área dentro do espaço de expansão. Enquanto que o primeiro movimento, o do crescimento progressivo da mancha urbana, se dá de forma natural e pode ser observado quase que universalmente em todas as aglomerações urbanas que crescem, o segundo, a concentração, é um fenômeno associado a fortes centralizações políticas e/ou econômicas, e que nos últimos 200 anos tem sido relacionado em todo o mundo com a forma característica das metrópoles industriais modernas. Não é por acaso que as densidades populacionais de Curitiba começaram a se tornar importantes a partir da década de 60, e mais fortemente nos anos 70 e 80, a partir da transformação da agricultura paranaense no que se convencionou chamar de “agroindústria”, do êxodo rural e da criação dos distritos industriais de Curitiba (CIC) e de Araucária (CIAR), todos fomentados por pesados investimentos públicos em infraestrutura, como foi visto.

O aumento das densidades urbanas segue uma lógica de otimização econômica da infraestrutura urbana, dentro de um conjunto de fatores que proporcionam economias de escala trazidas com a concentração. O melhor exemplo disto são as redes de transporte coletivo, que se tornam mais econômicas na medida em que possam servir a um número maior de passageiros na menor distância de deslocamento. O mesmo raciocínio vale para outras redes, como as de energia elétrica e de abastecimento de água: é geralmente mais barato utilizar a rede existente do que construir uma nova.

Um outro fenômeno da expansão urbana moderna que se observa principalmente em regiões economicamente mais desenvolvidas, e que aparentemente contradiz esta tendência, é a suburbanização⁽¹⁾. No Brasil, e na RMC, tem sido caracterizado por condomínios residenciais de alto padrão em áreas periféricas ou até rurais próximas à metrópole. Na realidade esse tipo de expansão urbana segue ainda a mesma lógica das economias de escala de adensamento ao se beneficiar da infraestrutura implantada, só que numa dinâmica diferente da tradicionalmente conhecida como “urbana”, ao utilizar a rede viária rural existente. Nos países em que esse fenômeno tem ocorrido já se percebe uma reação, associada principalmente aos custos públicos mais altos que tais empreendimentos exigem, reação essa acompanhada por uma revalorização dos centros urbanos mais densos⁽²⁾.

(1) O termo mais empregado na literatura é *urban sprawl*, ou “espalhamento urbano”, característico das sociedades mais afluentes na Europa e Estados Unidos.

(2) Tais movimentos são conhecidos na literatura como *Smart Growth* (“crescimento esperto”), ou simplesmente de crescimento sustentável, ou “cidade sustentável”.

No entanto, como pode ser depreendido das informações levantadas neste Diagnóstico, a variável que melhor expressa a relação entre a expansão urbana e os impactos diretos e indiretos sobre a disponibilidade quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos é sem dúvida a densidade populacional em cada bacia. Quanto maior a densidade populacional, maior também a demanda por abastecimento daquela população, maior o volume de resíduos e efluentes gerados, maior o impacto sobre a cobertura natural existente e maior a impermeabilização do solo, reduzindo a recarga local dos aquíferos subterrâneos e aumentando a intensidade das cheias. As economias de escala trazidas com a concentração são sempre confrontadas com “deseconomias de escala”, manifestadas como “problemas ambientais” (que geralmente são externalizados), e custos crescentes de despoluição, de criação e manutenção de aterros sanitários cada vez mais exíguos, de obras de captação de água para abastecimento cada vez maiores e mais distantes e de perdas com inundações, entre outros. Tais confrontos apresentam uma tendência a se manifestar de uma forma socialmente injusta na medida em que, de forma geral, os benefícios trazidos pela concentração e os custos ambientais associados não ocorrem no mesmo local nem afetam a mesma parcela da população. Justamente por esta razão é que as concentrações urbanas contemporâneas continuam a crescer.

Sendo assim, a evolução das densidades populacionais nas bacias e sub-bacias e de como tais densidades se relacionam com os impactos sobre a disponibilidade de recursos hídricos adquire uma importância muito grande, não só como indicador de qualidade ambiental, mas também como instrumento de gestão dessas bacias e sub-bacias.

8.2 Bacias e Sub-Bacias do Plano

Para inspeção das densidades atualmente existentes na área de abrangência do Plano da Bacia foi necessário recorrer a uma divisão das bacias do Plano (Alto Iguaçu, Açungui, Capivari e Várzea) em um número adequado de sub-bacias. Procurou-se adotar uma resolução espacial que tornasse possível a inspeção da problemática dos conflitos entre a expansão/adensamento urbano e disponibilidade de recursos hídricos em um nível compatível com os instrumentos de gestão que serão utilizados no Plano, contemplando as características de representatividade do Comitê da Bacia.

Os PDI (COMEC 2002 e 2006) contemplam subdivisões das bacias de acordo com zonas de ocupação e uso do solo definidas principalmente segundo critérios urbanísticos e de dinâmica econômica regional, tendo a questão de recursos hídricos como fator condicionante. Vários estudos abordados neste Diagnóstico, por outro lado, tratam sobre diferentes aspectos da gestão dos recursos hídricos de outra forma. Cada um deles se utilizou de uma subdivisão particular das bacias hidrográficas do Alto Iguaçu e afluentes do Alto Ribeira em áreas estratégicas de gestão dos recursos hídricos de acordo com os diferentes temas avaliados, como por exemplo mananciais destinados ao abastecimento público, qualidade da água, drenagem urbana, disponibilidade e demanda hídrica. Em tais estudos a subdivisão foi definida em função de critérios físicos e

fisiográficos de forma determinante, considerando as inter-relações com os usos e ocupação do solo, em termos quantitativos e qualitativos, como condicionantes:

- Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH/PR (Suderhsa, 2000);
- Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu (Suderhsa, 2000);
- Plano Diretor de Drenagem da Região Metropolitana de Curitiba (Suderhsa, 2001);
- Decreto Estadual nº 6.390/2006;
- Projeto Bacias Críticas - Bases Técnicas para Definição de Metas Progressivas e a sua Integração com os Demais Instrumentos de Gestão (USP-UFPR, 2007).

A partir da análise das subdivisões definidas em cada um dos trabalhos mencionados, avaliou-se a sua adequação ao objeto de estudo do Plano de Bacia, definindo a divisão das bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira em 60 sub-bacias. Foram também incluídas outras **5 bacias**, relativas aos rios da Várzea, Ribeirão Claro, Estiva, Calixto e Cachoeira. Estas bacias representam áreas de fundamental importância para o futuro abastecimento público da Região Metropolitana de Curitiba.

Desta forma, o presente Diagnóstico definiu um total de 65 sub-bacias que se constituem no nível de resolução julgado adequado para os estudos e resultados obtidos no desenvolvimento do Plano da Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira. Essas sub-bacias são agregadas em diversos níveis de forma a compatibilizar os resultados obtidos com outros estudos que foram desenvolvidos contemplando outros níveis de resolução.

O Mapa D.11 mostra a localização das 65 sub-bacias definidas, enquanto que a Figura 8.1 mostra o diagrama topológico correspondente, evidenciando a hierarquização por bacia e por seções de controle previstas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos. Os estudos de Cenários e o Plano de Bacia propriamente dito utilizarão essas 65 sub-bacias como elementos de análise, agregadas conforme a necessidade e conveniência de cada tema.

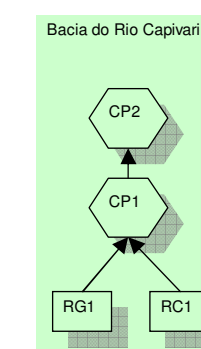
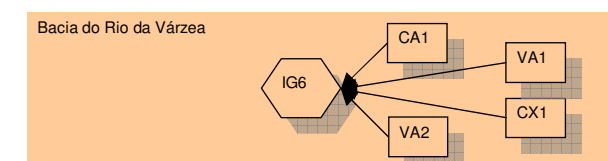
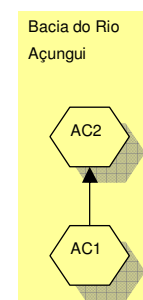
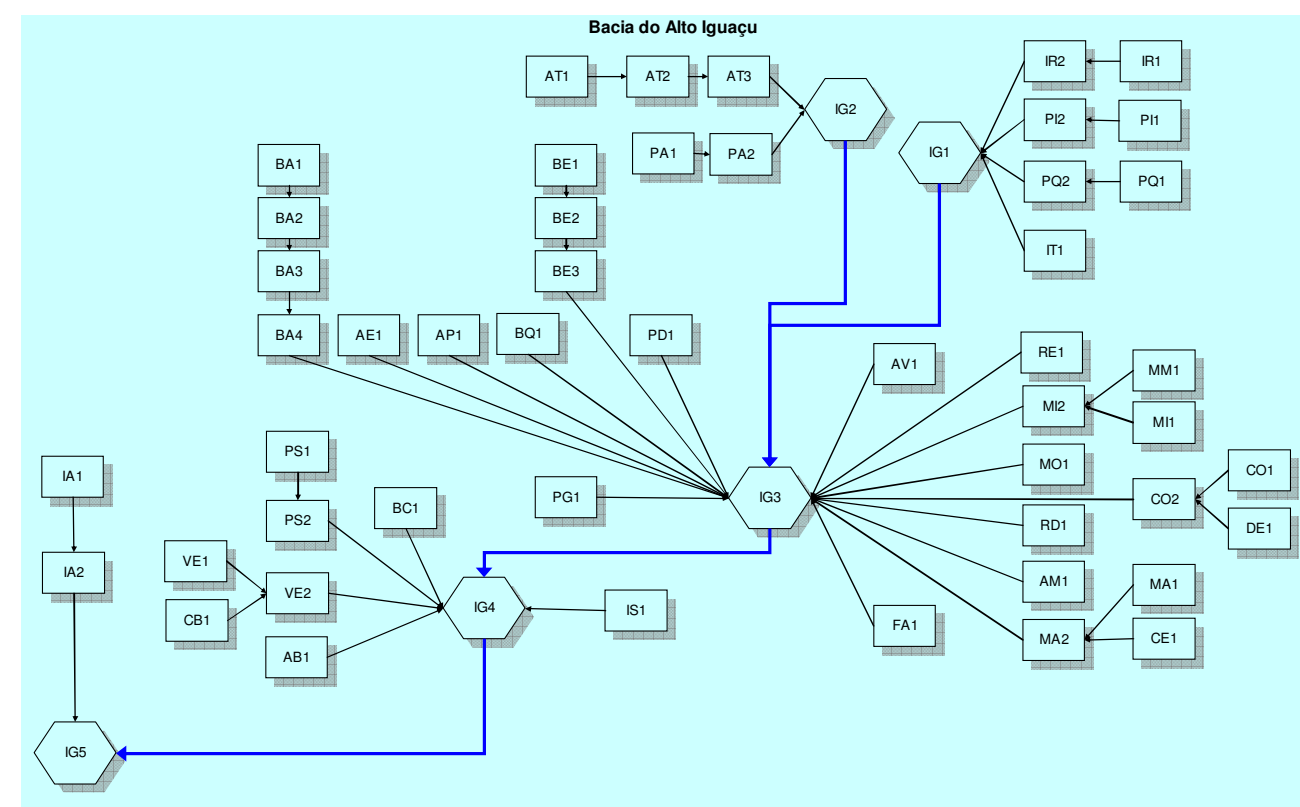


Figura 8.1 – Diagrama Topológico das Sub-bacias Definidas nos Estudos de Diagnóstico

8.3 Indicadores de Síntese do Diagnóstico

8.3.1 Definição dos Indicadores

Um dos objetivos deste Diagnóstico é o de mostrar um panorama geral sobre a situação dos recursos hídricos na área do Plano, de tal forma que permita identificar condições mais críticas ou menos críticas

quanto à disponibilidade quantitativa e qualitativa, ou identificar pontos que mereceriam maior atenção e exigiriam pesquisas mais aprofundadas por informações. Uma das dificuldades encontradas é que o detalhe ou a precisão das informações existentes não são uniformes em toda a área de abrangência do Plano: em geral, a bacia do Alto Iguaçu concentra a maior parte da informação disponível, enquanto que as demais bacias tem sido estudadas com um grau de detalhe menor. Um outro aspecto é que ainda são necessários estudos mais específicos em algumas áreas essenciais, como por exemplo os bancos de dados de outorgas e maior detalhamento sobre as condições de exploração dos aquíferos subterrâneos, entre outros. Essas limitações já foram discutidas anteriormente.

Procurando uniformizar o enfoque sobre toda a área, levando em consideração os condicionantes descritos, a metodologia utilizada neste Diagnóstico para a inspeção do impacto do uso e ocupação do solo sobre a qualidade ambiental na área de abrangência do Plano definiu um conjunto de indicadores. Estes indicadores, chamados de “Indicadores do Diagnóstico”, procuram identificar condições desfavoráveis ou críticas de qualidade da água, balanço hídrico superficial e subterrâneo e agravamento de inundações, e possuem um caráter de síntese: foram calculados com critérios uniformes e simplificados, contrastando portanto com estudos específicos realizados por diversas organizações em algumas regiões na área de abrangência do Plano. Os Indicadores do Diagnóstico não substituem tais análises específicas e nem os monitoramentos quantitativos e qualitativos feitos em campo, mas foram desenhados com a finalidade de permitir comparações entre as diferentes sub-bacias, e ainda evidenciar situações que exigiriam um tratamento mais detalhado e com maior precisão.

A determinação dos Indicadores do Diagnóstico foi feita com a utilização dos dados de demanda provenientes dos bancos de dados de outorgas, das curvas de duração das vazões específicas nas sub-bacias do Plano e da densidade populacional estimada para cada sub-bacia. Foram calculados oito Indicadores do Diagnóstico:

- Indicadores de Qualidade da Água

- INDICADOR 1 – Probabilidade de ocorrência de Classe 25 (%) – Para efeito de consideração das condições mínimas de qualidade ambiental que poderia ser ainda considerada razoável a que a população de uma bacia poderia estar sujeita, foi aqui definida a “Classe 25”, que corresponderia a uma concentração de DBO de 25 mg/L. Este indicador indica o tempo de permanência da vazão natural necessária para a diluição da carga orgânica gerada na bacia deixando uma concentração máxima de 25 mg/l DBO. Quanto mais alto este indicador, melhor deveria estar a qualidade da água. Por exemplo, uma permanência em Classe 25 de 90% significa que pelo menos em 90% do tempo aquele corpo d’água teria vazão suficiente para diluir sua carga até uma concentração de 25 mg/l, e em 10% do tempo não haveria vazão suficiente. Note-se que esta faixa fictícia de 25 mg/l DBO já representa condições de alta poluição, mas a realidade observada na bacia leva a usar tal indicador.
- INDICADOR 2 – Probabilidade de trecho de rio Fora da Classe atual (%) – Este indicador é uma estimativa da probabilidade do trecho de rio da sub-bacia não estar enquadrado na Classe prevista

na legislação, e funciona como um segundo indicador da qualidade da água na sub-bacia. Quanto maior o seu valor, tanto mais a qualidade da água na sub-bacia considerada estará distante de sua classe de enquadramento prevista. Este indicador será útil como apoio aos estudos de reenquadramento da bacia.

- Indicadores de Disponibilidade Superficial

- INDICADOR 1 – Relação entre o total da vazão superficial outorgada, excluindo as outorgas para abastecimento público (SANEPAR) e o valor da vazão específica com permanência de 95% do tempo, calculado para cada uma das bacias do Plano a partir das respectivas curvas de duração. Este indicador tem por finalidade a comparação entre a disponibilidade hídrica superficial mínima natural com a demanda existente em cada sub-bacia, e exclui as grandes captações destinadas ao abastecimento público.
- INDICADOR 2 – Estimativa da permanência da soma das vazões outorgadas com a finalidade de abastecimento público (SANEPAR) em cada sub-bacia. Este valor foi calculado com base nas curvas de duração das sub-bacias e deve ser tomado com cautela, uma vez que as principais captações para abastecimento público existentes e previstas levam em consideração os volumes dos reservatórios de regularização, e que podem estar localizados em sub-bacias diferentes daquelas analisadas. O indicador a ser inspecionado, nesses casos, deve ser aquele que agrega toda a bacia de contribuição, incluindo as sub-bacias aonde se localizam os reservatórios. No entanto, nesses casos também deve ser levado em consideração os limites de precisão do cálculo dos indicadores, discutidos na Seção 8.3.2.

- Indicadores de Disponibilidade Subterrânea

- INDICADOR 1 - Capacidade Nominal de Bombeamento Específica / Potencial Hidrogeológico – Indicador do grau de utilização dos aquíferos subterrâneos em cada sub-bacia, apresentado como uma relação entre a Capacidade Nominal de Bombeamento de Poços, que é a capacidade máxima das instalações de bombeamento, conforme o que consta nos Bancos de dados da SANEPAR e da SUDERHSA, e o potencial hidrogeológico, valor determinado por cruzamento de informações georreferenciadas, cujas premissas e metodologia são apresentadas na Seção 6.3.8. O valor da Capacidade Nominal de Bombeamento difere da vazão bombeada uma vez que, na maioria dos casos, o tempo de operação das instalações de bombeamento não é contínuo.
- INDICADOR 2 - Capacidade Nominal de Bombeamento Específica / Q95 Específica – Idem acima, mas em relação à vazão específica superficial com permanência de 95% do tempo;
- INDICADOR 3 - Vazão Captação Subterrânea Outorgada Específica (SUDERHSA) / Q95 – Indicador do grau de utilização dos aquíferos subterrâneos em cada sub-bacia, comparando as vazões outorgadas (banco de dados da SUDERHSA (2007) com a vazão específica superficial com permanência de 95% do tempo. Este indicador serve também como balizador dos Indicadores 1 e 2, pois avalia a demanda com critérios e informações providas de outra fonte.

- Indicador de Agravamento de Inundações

- **INDICADOR 1 - Indicador de Agravamento de Inundações** – Calculado como sendo a variação da chuva efetiva causada pela impermeabilização da bacia em relação a uma situação de referência sem ocupação urbana. A situação de referência considera uma precipitação efetiva causada por uma chuva com tempo de duração de 120 minutos, período de retorno de 25 anos e CN (*Curve Number*) médio no valor de 60, equivalente à cobertura típica de zona rural, sem adensamento urbano, que produziria uma chuva efetiva no valor de 16,83 mm.

8.3.2 Limites de Aplicação dos Indicadores

Com exceção do indicador de Agravamento das Inundações e do primeiro indicador de disponibilidade subterrânea, que compara a capacidade nominal de bombeamento registrada com o potencial hidrogeológico, todos os demais indicadores utilizam de alguma forma as curvas de duração regionalizadas adotadas neste Diagnóstico (Seção 6.1.1 - Curvas de Permanência: Estimativa da Disponibilidade Hídrica Superficial). Como é descrito na Seção 6.1.1, as curvas de duração aqui utilizadas foram determinadas para bacias menores que 1.000 km², onde o estudo pretendeu se concentrar.

A Figura 8.2 mostra a distribuição das áreas das sub-bacias determinadas no Diagnóstico, onde pode se observar que a maior parte delas, principalmente no Alto Iguaçu, possuem área inferior a 1.000 km², portanto as curvas de duração são adequadas a análises nessa escala. As bacias que excedem 1.000 km² estão localizadas no rio Açungui e rio da Várzea, e foram levadas em consideração principalmente nos estudos de disponibilidade dos futuros mananciais de abastecimento superficial.

No entanto, quando se consideram agregações de bacias cujo total de área excede os 1.000 km², as curvas de duração aqui utilizadas, bem como os indicadores que nelas são fundamentados, apresentam uma imprecisão que é tanto maior quanto maior for a área total analisada. A Figura 8.3 mostra o erro médio da estimativa calculada pela curva de duração das vazões específicas, de acordo com os dados apresentados no relatório **"Bacias Críticas: bases técnicas para a definição de metas progressivas para seu enquadramento e a integração com os demais instrumentos de gestão; Relatório Parcial nº 10; meta física 5 – critérios para a definição de vazões críticas para enquadramento"** para as bacias do Alto Iguaçu.

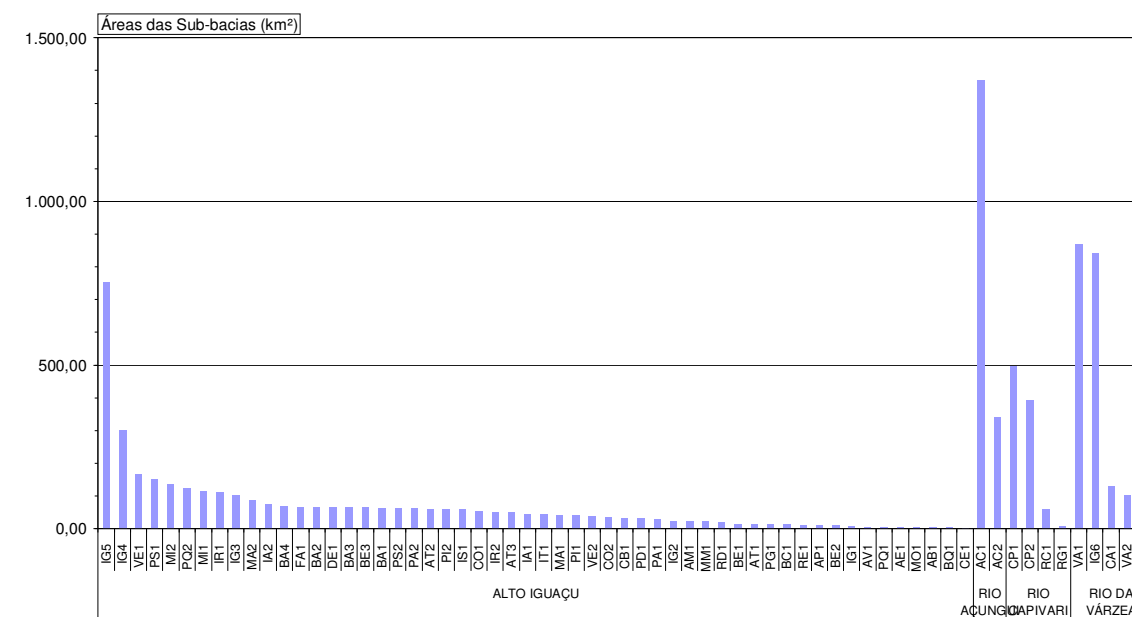


Figura 8.2 – Distribuição das Áreas das Sub-bacias

Fica claro que a metodologia aqui empregada, apesar de apresentar um resultado aceitável para a maior parte das sub-bacias, se torna mais imprecisa quando se analisam sub-bacias (ou agregações de sub-bacias) maiores que 500 km². Esse erro pode ser significativo nos seguintes casos:

- nos indicadores relativos à disponibilidade de água superficial em que são consideradas grandes bacias ou conjuntos de sub-bacias como mananciais para o abastecimento público;
- idem acima, quando nas sub-bacias de montante existirem reservatórios de regularização. Neste caso, os indicadores devem ser tomados como estimativas do grau de regularização necessário para que a demanda seja garantida;
- nos indicadores de qualidade de água, quando se avalia a qualidade da água em trechos de jusante que incorporam diversas sub-bacias, como no rio Iguaçu a partir da Seção de Controle IG3, onde a área de contribuição é superior a 1.000 km²;

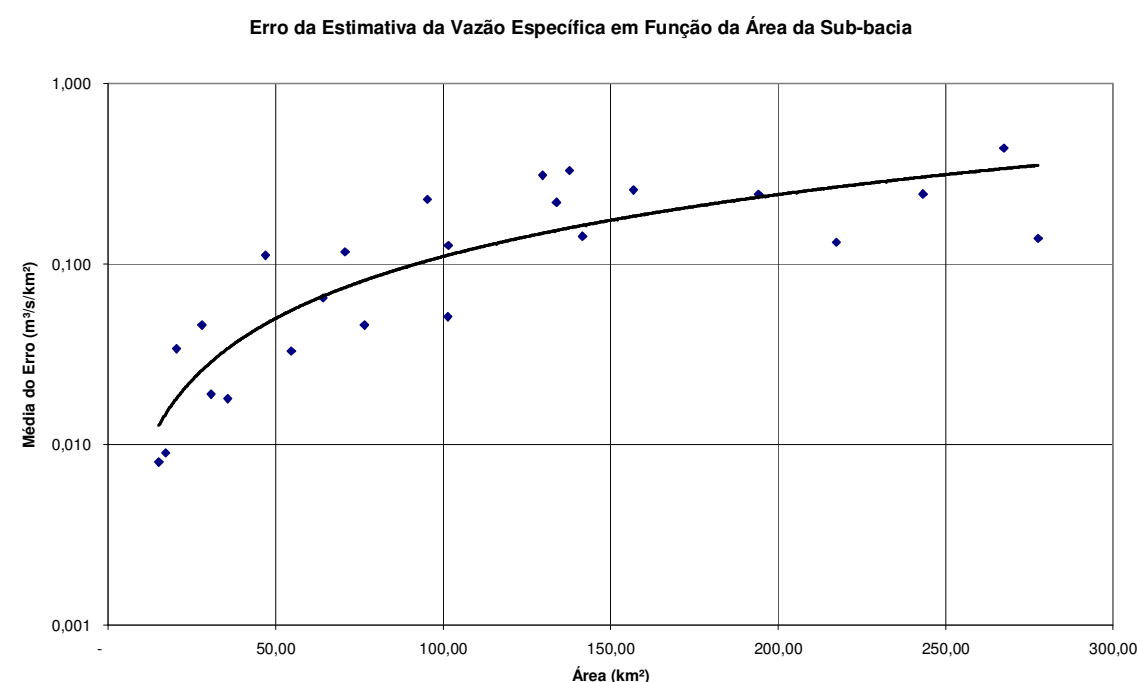


Figura 8.3 – Erro da Estimativa da Vazão Específica em Função da Área da Sub-bacia

Sendo assim, como já foi dito acima, os Indicadores do Diagnóstico devem ser tomados como um instrumento de síntese e comparação rápida entre as sub-bacias que foram desenhados para auxílio aos tomadores de decisão, mas não substituem estudos mais precisos e específicos. Em princípio, sempre que algum dos indicadores estiver apontando uma situação crítica ou próximo da crítica em uma dada sub-bacia, isto significa que aquela sub-bacia deveria merecer atenção quanto ao aspecto identificado pelo indicador. Os indicadores não são, em si só, instrumentos de gestão, mas auxiliam a orientar esses instrumentos para a sua aplicação mais eficaz.

8.4 Demografia, Uso e Ocupação do Solo

Para cada uma das sub-bacias definidas anteriormente, foi estimada a densidade populacional para a situação demográfica retratada no censo de 2.000. Tal estimativa baseou-se nas informações demográficas do IBGE, determinadas no nível municipal, e nas informações georeferenciadas levantadas pelo PDI/2002 (COMEC 2002), que identificou as áreas ocupadas pela população urbana em toda a RMC. O cálculo da população em cada sub-bacia foi feito por proporcionalidade de áreas entre as informações do censo municipal e o cruzamento das informações geográficas correspondentes.

O Quadro 8.1 apresenta a estimativa da população nas diversas classes de uso e ocupação do solo que foram identificadas através dos estudos de cruzamento das informações georeferenciadas. De acordo com esses estudos, a população residente em área urbana nas bacias do Plano no censo de 2000 chegava a 2,45

milhões de pessoas, cerca de 91% da população total de 2,7 milhões, com 2,41 milhões de pessoas na bacia do Alto Iguaçu. Também se estimou que perto de 81 mil pessoas estão localizadas sobre o Karst, das quais 67 mil em áreas urbanas, e que 132 mil pessoas estariam localizadas em áreas de mananciais ou em áreas de proteção ambiental.

O Quadro 8.2 apresenta algumas estatísticas demográficas das áreas dessas 65 sub-bacias, agregadas por bacias de rios, seções de controle do plano Estadual de Recursos Hídricos e bacias do Plano. Uma das mais importantes, e que está relacionada com a maior parte dos impactos sobre a disponibilidade qualitativa e quantitativa de recursos hídricos é sem dúvida a densidade populacional. Com uma densidade populacional média de 3,26 hab/ha na área de abrangência dos estudos, a gama de densidades estimadas nas sub-bacias variou desde 0,12 hab/ha (ribeirão Claro e rio da Estiva, na bacia do rio da Várzea), até 51,29 hab/ha, no trecho médio do rio Belém, na bacia do Alto Iguaçu.

Como já citado anteriormente, altas densidades demográficas levam a economias de escala na infraestrutura urbana como redes de transportes, serviços de saúde, rede de energia e saneamento. Entretanto, a partir de um dado limite podem levar a problemas de sustentabilidade ambiental. Por exemplo, mesmo uma sub-bacia que tenha todos seus efluentes domésticos coletados e tratados, a carga remanescente, se lançada em um corpo d'água de pequena vazão mínima, poderá comprometer tal curso d'água. Esta é a realidade de boa parte da bacia do Alto Iguaçu, uma bacia de cabeceiras, com vazões mínimas de pouca magnitude.

Quadro 8.1 – Estimativa da População das Sub-bacias em Tipos de Ocupação e Uso do Solo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
BACIA	SEÇÃO DE CONTROLE	RIO	SUB-BACIA	População em Malha Urbana Atual	População em Malha Urbana Atual sobre Karst	População em Zona Rural	População em Zona Rural Sobre Karst	População em Mananciais Superficiais de Abastecimento	População em Mananciais Superficiais de Abastecimento sobre Karst	População em Áreas de Preservação Ambiental	População Total Estimada (Censo 2000)		
ALTO IGUAÇU	IG1	RIO IRAI	IR1	37.868				5.950		1.138	44.957		
			IR2	22.996				3.724		4.343	31.063		
		RIO PEQUENO	RIO IRAI Total	60.864				9.674		5.481		76.020	
			PQ1					207				207	
		RIO ITAQUI	RIO PEQUENO Total	36.728		1.090		503			1.077	39.399	
			IT1	36.728		1.090		711			1.077	39.606	
		RIO PIRAQUARA	RIO PEQUENO Total	PI1	27.913		29					1.046	30.833
				PI2	1.873				5.455		2.080		7.535
		CANAL SANEPAR	RIO PIRAQUARA Total	PI1	1.873				6.726		4.302		12.900
				PI2	1.873				12.180		6.382		20.435
			IG1	7.017				962		16	7.995		
			IG1 Total	134.395		1.119		25.372		14.003	174.889		
ALTO IGUAÇU	IG2	RIO ATUBA	AT1	124	9.530	73	390		2		10.120		
			AT2	199.844	1.720	696	25					202.284	
			AT3	251.035								251.035	
		RIO PALMITAL	RIO ATUBA Total	451.004	11.249	769	415			2		463.440	
			PA1	4.648	5.000	34	1.250			157		11.090	
		RIO IGUAÇU	RIO PALMITAL Total	114.904	5.000	316	0	1.651				116.871	
			IG2	119.552	5.000	317	34	2.901		157		127.961	
					IG2	19.036		4	1.159		280		20.479
					IG2 Total	589.592	16.250	1.090	449	4.061	159	280	611.880
		ALTO IGUAÇU	IG3	RIO BARIGUI	BA1	16.342	9.632	272	914		5		27.215
BA2	167.313				262	4	98	17		9		168.150	
BA3	318.153						4	5				318.161	
BA4	172.276					212		2				172.490	
RIO BELÉM	RIO BARIGUI Total			674.084	9.893	939	1.011	23		65		686.017	
	BE1			73.987		0						73.987	
RIO BELÉM	BE2			49.687		0						49.687	
	BE3			325.516		0				0		325.516	
RIBEIRÃO PADILHA	RIO BELÉM Total			449.190		0				0		449.190	
	PD1			129.274		0				0		129.274	
RIO IGUAÇU	IG3	71.664		584		19		696		72.963			
	RE1	41.097		31		0		41.129		41.129			
ARROIO MASCATE	AM1	26.342		586		34		18		26.869			
	RD1	25.957		453		4		3		26.417			
RIO MIRINGUAVA	MI1	1.143		982		1.314		3.850		6.309			
	MI2	18.870		2.058		33		1.026		21.986			
RIO AVARIÚ	RIO MIRINGUAVA Total	20.013		2.468		1.015		2.341		25.836			
	AV1	19.084		30		5		5		19.119			
RIO ALTO BOQUEIRÃO	BQ1	16.268		0		0		0		16.268			
	PG1	14.653		0		0		0		14.654			
RIO MAURÍCIO	MA1			32		1.256				1.287			
	MA2	5.051		2.103		298		17		7.470			
RIO DESPIQUE	RIO MAURÍCIO Total	5.051		2.135		1.554		17		8.757			
	DE1	1.370		83		3.277		0		3.277			
ARROIO DA PRENSA	AP1	2.509		0		2.509		0		2.509			
	CO1			17		1.047		164		1.228			
RIO COTIA	RIO COTIA Total			323		587		16		926			
	CO2			339		1.634		180		2.154			
RIO FAXINAL	FA1			56		1.206		0		1.261			
	AE1			0		0		0		0			
ARROIO ESPIGÃO	MM1	702		263		64		183		702			
	MO1			166		0		33		199			
RIO CURRAL DAS ÉGUAS	CE1			111		111				111			
			IG3 Total	1.497.158	9.893	8.134	1.011	7.488	65	3.476	1.527.226		
ALTO IGUAÇU	IG4	RIO PASSAUNA	PS1	49.856		28	27	2.536		1.497	53.944		
			PS2	21.612		915		94		13	22.635		
		RIO CAMBUI	RIO PASSAUNA Total	71.468		943	27	2.631		1.497		76.579	
			CB1	21.912	1	274		26				22.214	
		RIO DA CACHOEIRA	IG4	18.481		113						18.593	
			IG4	10.931		2.790		1.910		980		16.611	
		RIO VERDE	VE1	5.795		91		2.327		911		9.132	
			VE2			614		7		0		711	
		RIO ISABEL ALVEZ	RIO VERDE Total	5.795		705	7	2.327		911		9.842	
			IS1	5.821		1.083		121		21		7.045	
ARROIO DOS BIAZES	AB1	14		21		78		114		114			
			IG4 Total	134.423	1	5.929	34	7.014	2.408	1.190	150.998		
ALTO IGUAÇU	IG5	RIO IGUAÇU	IG5	28.883		9.479		0		22	38.384		
			IA1	10.305	2.106	8	18	110	364		12.911		
		RIO ITAQUI (CAMPO LARGO)	IA2	11.515		1.275	0	13	6	4		12.813	
			RIO ITAQUI (CAMPO LARGO) Total	21.820	2.106	1.283	18	123	370	4		25.723	
			IG5 Total	50.703	2.106	10.762	18	123	370	25	64.107		
			ALTO IGUAÇU Total	2.406.270	28.249	27.034	1.513	44.058	3.002	18.973	2.529.100		
RIO AÇUNGUI	AC1	RIO AÇUNGUI	AC1	24.666	34.528	64	47	21.592	5.963		86.860		
			AC2	1.963				3.580			5.543		
			RIO AÇUNGUI Total	26.629	34.528	64	47	25.172	5.963		92.404		
RIO CAPIVARI	CP1	RIO CAPIVARI	CP1	620	2.217	1	144	5.120	3.393	9	11.503		
			RC1	5.380				686		56	6.121		
		RIO DO ENGENHO	RG1	4.029				138				4.167	
			CP1 Total	10.029	2.217	1	144	5.943	3.393	65		21.792	
			CP2	RIO CAPIVARI	CP2	2.274	2.964	490	14		5.741		
			RIO CAPIVARI Total	10.029	4.492	2.964	144	6.433	3.406	65	27.533		
RIO DA VÁRZEA	IG6	RIO DA VÁRZEA	IG6	5.511		13.224				0	18.735		
			VA1	5.473				21.509			26.983		
		CACHOEIRA	RIO DA VÁRZEA Total	10.984		13.224		21.509		0		45.717	
			CA1					3.184				3.184	
		RIBEIRÃO CLARO e RIO ESTIVA	VA2	338		889						1.227	
			CX1	276		334						610	
			IG6 Total	11.597		14.447		24.694		0	50.738		
			RIO DA VÁRZEA Total	11.597		14.447		24.694		0	50.738		
			TOTAL GERAL	2.454.525	67.269	44.509	1.704	100.357	12.372	19.037	2.699.774		

Quadro 8.2 – População e Densidades Populacionais nas Sub-bacias

1	2	3	4	5	6	7	8	9		
BACIA	SEÇÃO DE CONTROLE	RIO	SUBBACIA	Área (km²)	% da Área Total	População Estimada (Censo 2000)	% da População Total	Densidade Populacional Estimada - 2000 (hab/ha)		
ALTO IGUAÇU	IG1	RIO IRAI	IR1	112	1,3%	44.957	1,7%	4,02		
			IR2	52	0,6%	31.063	1,2%	5,94		
		RIO PEQUENO	RIO IRAI Total	164	2,0%	76.020	2,8%	4,63		
			PQ1	7	0,1%	207	0,0%	0,32		
		RIO ITAQUI	RIO PEQUENO Total	124	1,5%	39.399	1,5%	3,19		
			IT1	130	1,6%	39.606	1,5%	3,04		
		RIO PIRAQUARA	PI1	44	0,5%	30.833	1,1%	7,05		
			PI2	41	0,5%	7.535	0,3%	1,83		
		CANAL SANEPAR	RIO PIRAQUARA Total	61	0,7%	12.900	0,5%	2,12		
			IG1	102	1,2%	20.435	0,8%	2,00		
			IG1 Total	448	5,4%	174.889	6,5%	3,90		
ALTO IGUAÇU	IG2	RIO ATUBA	AT1	14	0,2%	10.120	0,4%	7,31		
			AT2	61	0,7%	202.284	7,5%	32,93		
			AT3	51	0,6%	251.035	9,3%	49,57		
		RIO PALMITAL	RIO ATUBA Total	126	1,5%	463.440	17,2%	36,80		
			PA1	29	0,4%	11.090	0,4%	3,77		
		RIO IGUAÇU	RIO PALMITAL Total	62	0,8%	116.871	4,3%	18,78		
			IG2	92	1,1%	127.961	4,7%	13,96		
					IG2 Total	25	0,3%	20.479	0,8%	8,26
					IG2 Total	242	2,9%	611.880	22,7%	25,25
		ALTO IGUAÇU	IG3	RIO BARIGUI	BA1	64	0,8%	27.215	1,0%	4,27
BA2	67				0,8%	168.150	6,2%	24,92		
BA3	66				0,8%	318.161	11,8%	48,56		
BA4	68				0,8%	172.490	6,4%	25,29		
RIO BELÉM	RIO BARIGUI Total			265	3,2%	686.017	25,4%	25,90		
	BE1			15	0,2%	73.987	2,7%	48,79		
RIBEIRÃO PADILHA	BE2			10	0,1%	49.687	1,8%	51,29		
	BE3			65	0,8%	325.516	12,1%	50,33		
ARROIO MASCATE	RIO BELÉM Total			90	1,1%	449.190	16,6%	50,17		
	IG3			32	0,4%	129.274	4,8%	40,68		
RIO DA RESSACA	IG3	103	1,2%	72.963	2,7%	7,06				
	RE1	13	0,2%	41.129	1,5%	32,75				
RIO MIRINGUAVA	AM1	24	0,3%	26.880	1,0%	11,17				
	RD1	19	0,2%	26.417	1,0%	13,79				
RIO AVARIÚ	MI1	116	1,4%	3.850	0,1%	0,33				
	MI2	138	1,7%	21.986	0,8%	1,59				

8.5 Qualidade da Água e Enquadramento Atual

A avaliação da qualidade da água em cada uma das bacias foi feita utilizando a carga orgânica como parâmetro. Os dados levantados no Capítulo 7 – Demandas - sobre a carga orgânica bruta gerada, os percentuais de coleta e tratamento de esgotos, bem como os dados sobre as ETEs existentes (capacidade nominal, eficiência, localização) foram georeferenciados de modo a poder localizá-los nas sub-bacias aqui determinadas. Para efeito de comparação, foram definidos dois índices de qualidade de água para as sub-bacias. Essas informações estão mostradas no Quadro 8.3, cujas colunas estão descritas abaixo.

- Coluna 1 - BACIA – Agregação das informações no nível das grandes bacias do Plano: Alto Iguaçu, Açungui, Capivari e Várzea;
- Coluna 2 - SEÇÃO DE CONTROLE – Agregação das informações no nível das seções definidas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, dentro de cada bacia;
- Coluna 3 – RIO – Agregação das diversas sub-bacias que compõe bacias de rios com o mesmo nome;
- Coluna 4 - SUBBACIA – É o nível de resolução maior das informações, e se refere às sub-bacias do plano, definidas anteriormente;
- Coluna 5 - População Estimada (Censo 2000) - População estimada existente em cada sub-bacia no ano de 2.000;
- Coluna 6 - Área (km²) – Área da sub-bacia, em km², com base nos estudos de georeferenciamento;
- Coluna 7 - Densidade Populacional (hab/ha) – Densidade populacional (base censo 2000) em cada sub-bacia determinada pela divisão da população pela área em hectares;
- Coluna 8 - Carga Orgânica Bruta (t DBO/dia) – Estimativa da carga orgânica em cada sub-bacia, calculada pelo produto da população por uma carga per capita de 54 g DBO/hab.dia;
- Coluna 9 - Carga Direta (Sem Coleta e Tratamento) (t DBO/dia) – Estimativa da carga orgânica que não é coletada ou tratada, com base nos dados da Tabela 7.6, organizados por sub-bacias a partir de proporcionalidade com a estimativa populacional em cada município, calculada pelas análises de geoprocessamento realizadas neste Diagnóstico;
- Coluna 10 - No. de ETEs na bacia – com base na Tabela 7.7, com dados organizados por sub-bacias;
- Coluna 11 - Soma da Capacidade Nominal de Projeto das ETEs (t DBO/dia) – idem acima;
- Coluna 12 - Carga Rem. das ETEs (t DBO/dia) – Carga Remanescente das ETEs – idem acima;
- Coluna 13 - Carga Rem. Total (t DBO/dia) – Carga remanescente total, soma das colunas 9 e 12;
- Coluna 14 - Probab. Classe I (%) – Probabilidade de enquadramento em Classe I – Tempo de permanência da vazão natural necessária para diluição da carga orgânica remanescente total (Coluna 13) em cada sub-bacia, de forma a poder enquadrar o trecho de rio correspondente na Classe I (3 mg/l), ou melhor. É um indicador da probabilidade de enquadramento de cada sub-bacia na Classe I;
- Coluna 15 - Probab. Classe II (%) – Idem acima, para a Classe II (5 mg/l);

- Coluna 16 - Probab. Classe III (%) – Idem acima, para a Classe III (10 mg/l);
- Coluna 17 – INDICADOR 1 - Probab. Classe 25 (%) – Probab. Classe 25 – Para efeito de consideração das condições mínimas de qualidade ambiental que poderia ser ainda considerada razoável a que a população de uma bacia poderia estar sujeita, foi aqui definida a “Classe 25”, que corresponderia a uma concentração de DBO de 25 mg/l. Esta coluna indica o tempo de permanência da vazão natural necessária para a diluição da carga orgânica gerada, da mesma forma que os itens anteriores, e foi considerada como um dos indicadores de qualidade de água. Vale notar que este valor indica a probabilidade do trecho de rio correspondente se situar na “classe 25” ou melhor. Quanto mais alto este valor, melhor deveria estar a qualidade da água. As cores das células indicam graus de comprometimento da qualidade da água por poluição orgânica em cada uma das sub-bacias;
- Coluna 18 - Valor Esperado População <= Classe 25 – De modo a se avaliar a população que estaria sujeita a condições ambientais inadequadas, refletidas pelo não-enquadramento na “Classe 25”, esta coluna mostra a expectativa do número de habitantes da sub-bacia sujeitos a essas condições, produto do valor da Coluna 17 pela população da sub-bacia (Coluna 5). Na bacia do Alto Iguaçu a expectativa da população que estaria sujeita a condições inferiores à “Classe 25” seria de aproximadamente 1,9 milhões de pessoas, 83% da população total estimada em 2000;
- Coluna 19 - Classe de Enquadramento Atual (2006) – Classe de enquadramento dos trechos de rio nas sub-bacias de acordo com a legislação vigente. Nos casos em que o enquadramento não estava determinado, considerou-se a classe de enquadramento correspondente ao rio a jusante da sub-bacia;
- Coluna 20 – INDICADOR 2 - Probab. Fora da Classe (%) – Estimativa da probabilidade do trecho de rio da sub-bacia não estar enquadrado na Classe prevista na legislação, mostrada na Coluna 19. É calculado subtraindo-se de 100 o valor correspondente mostrado nas colunas 14, 15 e 16, dependendo da classe. Este valor foi também considerado como um segundo indicador da qualidade da água na sub-bacia, e quanto maior o seu valor, mais distante estará a qualidade da água na sub-bacia considerada de sua classe de enquadramento.

No Quadro 8-3 as células do Indicador 1 são coloridas para ressaltar condições que merecem atenção, em cada sub-bacia. O critério de cores é o seguinte:

- amarelo, se o valor do indicador estiver situado entre 50 e 60;
- laranja, se o valor do indicador estiver situado entre 38 e 50
- vermelho, se o valor for maior que menor que 38.

Já o critério de cores para as células do Indicador 2 é o seguinte:

- amarelo, se o valor do indicador estiver situado entre 40 e 60;
- laranja, se o valor do indicador estiver situado entre 60 e 80;
- vermelho, se o valor for maior que 80.

Como pode ser observado no Quadro 8.3, com exceção dos trechos de nascente dos rios Pequeno, Miringuava e Maurício, e das bacias dos rios Despique, Arroio da Prensa, Cotia, Faxinal, Arroio Espigão, Miriguava Mirim, Moinho e Curral das Éguas, todas as outras sub-bacias do Alto Iguaçu estão com um alto comprometimento da qualidade de suas águas. Estão também se aproximando das condições críticas as bacias dos rios Passaúna e da Cachoeira. Para essas sub-bacias o risco de não-enquadramento é considerado alto, bem como a probabilidade da ocorrência da “Classe 25”. Nas bacias do rio Açungui e do rio Capivari, com exceção do rio do Engenho, o risco de não-enquadramento ainda é aceitável.

Estes resultados não chegam a surpreender. No âmbito do Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu foram construídos cenários em termos de alternativas de situações futuras, no que tange à proposição de ações e a conseqüente redução do nível de poluição da águas, para o período entre 2000 e 2020. Entre eles destaca-se o “cenário D”, que previu a execução de obras de saneamento para cobrir o déficit existente do sistema de esgoto e medidas complementares, abrangendo ações estruturais e não-estruturais, visando ao atendimento das necessidades futuras, ao longo do período de planejamento. Para este cenário foram consideradas medidas adicionais àquelas definidas no programa PARANASAN e foram propostas também ações de controle de uso do solo, de fontes pontuais e difusas de poluição hídrica, de educação ambiental.

Contudo, os resultados das simulações de qualidade da água mostraram que mesmo com a implementação do cenário D, cujo custo de intervenções está estimado em R\$ 700 milhões de reais (em valores de 2000) ao longo de 20 anos de horizonte de projeto, o rio Iguaçu fica aquém dos padrões críticos admissíveis de qualidade da água, considerando-se como vazão de referência a vazão de 95% de permanência.

Em linhas gerais, estes resultados foram confirmados pelo Projeto Bacias Críticas, que mostra que o nível necessário de remoção de carga, em termos de matéria orgânica, para se alcançar os padrões de qualidade da água exigidos pelo enquadramento atual (Classe 2) ao longo de toda a extensão do rio Iguaçu é da ordem de 95%.

Quadro 8.3 – Indicadores do Diagnóstico de Qualidade de Água e Enquadramento

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
BACIA	SEÇÃO DE CONTROLE	RIO	SUBBACIA	População Estimada (Censo 2000)	Área (km²)	Densidade Populacional (hab/ha)	Carga Orgânica Bruta (t DBO/dia)	Carga Direta (Sem Coleta e tratamento) (t DBO/dia)	No. de ETES na bacia	Soma da Capacidade Nominal de Projeto das ETES (t DBO/dia)	Carga Rem. das ETES (DBO t/dia)	Carga Rem. Total (t DBO/dia)	Probab. Classe I (%)	Probab. Classe II (%)	Probab. Classe III (%)	Probab. Classe 25 (%)	Valor Esperado População <= Classe25	Classe de Enquadramento Atual (2006)	Probab. Fora da Classe (%)
ALTO IGUAÇU	IG1	RIO IRAI	IR1	44.957	112	4,02	2,43	1,68	0	0,00	0,00	1,68	4,29	15,83	42,12	75,77	10.895	2	84,17
			IR2	31.063	52	5,94	1,68	2,23	5	1,42	0,42	1,64	0,12	1,88	14,51	49,47	15.697	2	98,12
		RIO PEQUENO	PQ1	207	7	0,32	0,01	0,01	0	0,00	0,00	0,01	80,86	92,14	100,00	100,00	0	2	7,86
			PQ2	39.399	124	3,19	2,13	1,87	1	0,06	0,24	2,11	2,79	12,22	37,00	71,94	11.054	2	87,78
			RIO PEQUENO Total	39.606	130	3,04	2,14	1,88	1	0,06	0,24	2,12					11.054		
			RIO ITAQUI	30.833	44	7,05	1,67	0,99	1	0,75	0,06	1,05	0,62	4,94	23,53	60,02	12.326	2	95,08
			RIO PIRAQUARA	7.535	41	1,83	0,41	0,41	0	0,00	0,00	0,41	13,19	31,04	58,98	86,69	1.003	2	68,96
			PI2	12.900	61	2,12	0,70	0,70	0	0,00	0,00	0,70	9,38	25,31	53,26	83,22	2.165	2	74,69
			RIO PIRAQUARA Total	20.435	102	2,00	1,10	1,10	0	0,00	0,00	1,10					3.167		
			CANAL SANEPAR	7.995	8	9,65	0,43	0,31	0	0,00	0,00	0,31	0,04	0,92	10,17	42,91	4.564	2	94,08
			IG1 Total	174.889	448	3,90	9,44	7,19	7	2,23	0,71	7,90					57.704		
	IG2	RIO ATUBA	AT1	10.120	14	7,31	0,55	0,23	1	0,65	0,06	0,28	1,37	7,97	29,88	66,04	3.436	2	92,03
			AT2	202.284	61	32,93	10,92	4,53	1	0,05	0,22	4,75	0,00	0,00	0,74	15,03	171.891	2	100,00
			RIO ATUBA Total	463.440	126	36,80	25,03	10,37	2	0,70	0,27	10,65					410.660		
			RIO PALMITAL	11.090	29	3,77	0,60	0,47	0	0,00	0,00	0,47	3,47	13,94	39,53	73,87	2.998	2	85,08
			PA2	116.871	62	18,78	6,31	4,97	2	2,19	0,32	5,29	0,00	0,45	12,30	102.501	2	100,00	
			RIO PALMITAL Total	127.961	92	13,96	6,91	5,44	2	2,19	0,32	5,76				105.399			
			RIO IGUAÇU	20.479	25	8,26	1,11	0,51	0	0,00	0,00	0,51	1,34	7,88	29,71	65,90	6.984	2	92,12
			IG2 Total	611.880	242	25,25	33,04	16,32	4	2,89	0,59	16,91				523.044			
	IG3	RIO BARIGUI	BA1	27.215	64	4,27	1,47	0,72	0	0,00	0,00	0,72	9,79	25,95	53,93	83,64	4.452	2	74,05
BA2			168.150	67	24,92	9,08	4,42	1	2,19	0,02	4,44	0,00	0,02	1,55	20,20	134.182	3	96,43	
			BA3	318.161	66	48,56	17,18	8,37	1	10,69	0,07	8,44	0,00	0,00	0,03	3,93	305.670	3	99,97
			BA4	172.490	68	25,29	9,31	4,54	1	17,98	0,11	4,64	0,00	0,02	1,34	19,08	139.584	3	98,66
			RIO BARIGUI Total	686.017	265	25,90	37,04	18,05	3	30,86	0,20	18,25				583.888			
			RIO BELÉM	73.987	15	48,79	4,00	1,80	0	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	0,05	5,15	70.174	3	99,95
			BE2	49.687	10	51,29	2,68	1,21	0	0,00	0,00	1,21	0,00	0,00	0,00	4,40	47.500	3	99,97
			BE3	325.516	65	50,33	17,58	7,90	0	0,00	0,00	7,90	0,00	0,00	0,04	4,68	310.292	3	99,96
			RIO BELÉM Total	449.190	90	50,17	24,26	10,90	0	0,00	0,00	10,90				427.966			
			RIBEIRÃO PADILHA	129.274	32	40,68	6,98	5,06	0	0,00	0,00	5,06	0,00	0,00	0,00	1,78	126.968	2	100,00
			RIO IGUAÇU	72.963	103	7,06	3,94	1,91	6	73,50	0,67	2,58	0,50	4,37	22,13	58,57	30.228	2	95,63
			RIO DA RESSACA	41.129	13	32,75	2,22	1,96	0	0,00	0,00	1,96	0,00	0,00	0,00	1,83	40.335	2	100,00
			ARROIO MASCATE	26.880	24	11,17	1,45	1,45	0	0,00	0,00	1,45	0,00	0,04	2,22	23,35	20.604	2	99,98
			RIBEIRÃO DA DIVISA	26.417	19	13,79	1,43	1,43	1	0,07	0,10	1,52	0,00	0,00	0,63	14,85	22.684	2	98,99
			RIO MIRINGUAVA	3.850	116	0,33	0,40	0,19	0	0,00	0,00	0,19	78,64	90,61	100,00	100,00	0	2	9,39
			MI2	21.986	138	1,59	1,19	1,08	0	0,00	0,00	1,08	20,56	40,52	67,38	91,43	1.883	2	59,48
			RIO MIRINGUAVA Total	25.836	254	1,02	1,40	1,27	0	0,00	0,00	1,27				1.883			
			RIO AVARIÚ	19.119	7	28,44	1,03	0,61	1	0,11	0,27	0,89	0,00	0,00	0,02	3,65	18.422	2	100,00
			RIO ALTO BOQUEIRÃO	16.268	5	34,03	0,88	0,17	0	0,00	0,00	0,17	0,04	0,99	10,52	43,49	9.193	2	99,01
			RIBEIRÃO PONTA GROSSA	14.654	13	10,88	0,79	0,31	0	0,00	0,00	0,31	0,72	5,42	24,65	61,15	5.692	2	94,58
		MA1	1.287	42	0,31	0,07	0,07	0	0,00	0,00	0,07	79,61	91,28	100,00	100,00	0	2	8,72	
		MA2	7.470	90	0,83	0,40	0,38	1	0,07	0,34	0,72	19,80	39,61	66,63	91,02	671	2	60,39	
		RIO MAURÍCIO Total	8.757	131	0,67	0,47	0,45	1	0,07	0,34	0,78				671				
		RIO DESPIQUE	3.277	66	0,50	0,18	0,18	0	0,00	0,00	0,18	62,48	78,93	94,05	100,00	0	2	21,07	
		ARROIO DA PRENSA	2.509	10	2,48	0,14	0,03	0	0,00	0,00	0,03	63,05	79,36	94,31	100,00	0	2	20,64	
		CO1	1.228	52	0,23	0,07	0,07	0	0,00	0,00	0,07	85,20	95,07	100,00	100,00	0	2	4,93	
		CO2	926	36	0,26	0,05	0,05	0	0,00	0,00	0,05	83,05	93,63	100,00	100,00	0	2	6,37	
		RIO COTIA Total	2.154	89	0,24	0,12	0,12	0	0,00	0,00	0,12				0				
		RIO FAXINAL	1.261	68	0,19	0,07	0,07	0	0,00	0,00	0,07	90,10	98,32	100,00	100,00	0	2	1,68	
		ARROIO ESPÍGÃO	702	6	1,10	0,04	0,01	0	0,00	0,00	0,01	86,75	96,11	100,00	100,00	0	2	3,89	
		RIO MIRINGUAVA MIRIM	509	22	0,23	0,03	0,03	0	0,00	0,00	0,03	85,20	95,07	100,00	100,00	0	2	4,93	
		RIO DO MOINHO	199	5	0,36	0,01	0,01	0	0,00	0,00	0,01	73,45	86,97	98,73	100,00	0	2	13,03	
		RIO CURRAL DAS ÉGUAS	111	4	0,30	0,01	0,01	0	0,00	0,00	0,01	82,64	93,34	100,00	100,00	0	2	6,66	
		IG3 Total	1.527.226	1.225	12,47	82,47	44,01	12	104,60	1,57	45,59				1.288.532				
IG4	RIO PASSAÚNA	PS1	53.944	153	3,52	2,91	2,18	0	0,00	0,00	2,18	5,15	17,65	44,47	77,43	12.173	2	83,39	
		PS2	22.635	64	3,56	1,22	0,91	0	0,00	0,00	0,91	5,00	17,35	44,10	77,17	5.168	2	82,65	
		RIO PASSAÚNA Total	76.579	217	3,53	4,14	3,09	0	0,00	0,00	3,09				17.341				
		RIO CAMBUI	22.214	34	6,57	1,20	0,24	1	1,62	0,03	0,27	19,49	39,24	66,31	90,85	2.033	3	33,69	
		RIO DA CACHOEIRA	18.593	13	13,93	1,00	0,70	0	0,00	0,00	0,70	0,00	0,12	3,69	28,61	13.274	2	99,88	
		RIO IGUAÇU	16.611	301	0,55	0,90	0,90	2	2,85	0,10	0,99	54,84	72,98	90,44	100,00	0	2	27,02	
		RIO VERDE	9.132	167	0,55	0,49	0,10	0	0,00	0,00	0,10	98,58	100,00	100,00	100,00	0	2	0,00	
		VE1	711	38	0,19	0,04	0,04	0	0,00	0,00	0,04	90,79	98,77	100,00	100,00	0	2	1,23	
		VE2	8.421	205	0,48	0,53	0,14	0	0,00	0,00	0,14								
		RIO ISABEL ALVEZ	7.045	58	1,21	0,38	0,38	0	0,00	0,00	0,38	27,19	47,91	73,28	94,55	384	2	52,09	
		ARROIO DOS BIAZES	114	5	0,24	0,01	0,01	0	0,00	0,00	0,01	89,31	97,80	100,00	100,00	0	2	2,20	
		IG4 Total	150.998	833	1,81	8,15	5,45	3	4,47	0,13	5,58				33.032				
IG5	RIO IGUAÇU	IG5	38.384	754	0,51	2,07	1,28	3	1,32										

8.6 Análise do Balanço Hídrico

O balanço hídrico é um dos aspectos críticos do objetivo de compatibilização do “trinômio crescimento da demanda x disponibilidade hídrica x qualidade da água”, que se torna o foco do Plano da Bacia do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira neste momento. Se por um lado a disponibilidade hídrica natural está, em grande medida, determinada por condições geográficas e fisiográficas, o problema da poluição dos corpos hídricos reflete a perda de qualidade ambiental de uma região.

O presente diagnóstico realizou uma análise abrangente das diversas variáveis envolvidas nas questões acima, utilizando as sub-bacias aqui definidas e as densidades populacionais correspondentes. A análise foi realizada com um nível aproximado de precisão e não pretende substituir os estudos mais detalhados e específicos relativos a cada uma das áreas. A determinação de indicadores de balanço hídrico tem por objetivo apresentar uma comparação entre as diversas sub-bacias partindo de um conjunto único de critérios e métodos de cálculo.

A avaliação da situação atual do balanço entre disponibilidade e demanda foi realizada com base no banco de dados de outorgas da SUDERHSA e dos poços de captação subterrânea da SANEPAR, atualizado até março/2007. Procurou-se identificar o nível de risco com o qual o sistema de abastecimento de água da RMC operava nessa data, tendo em vista as disponibilidades. A análise contemplou separadamente o risco dos mananciais superficiais e subterrâneos e utilizou as sub-bacias determinadas segundo a metodologia descrita anteriormente, de forma a se identificar a situação de risco de abastecimento em cada uma delas, bem como nas Seções de Controle determinadas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos.

8.6.1 Indicadores do Diagnóstico de Disponibilidade dos Mananciais Superficiais

Foram determinados dois conjuntos de indicadores, tendo em vista a diferença de magnitude entre as vazões outorgadas para abastecimento público (classificadas como “saneamento” no banco de dados da SUDERHSA) e as demais demandas. Um indicador exclui as outorgas de abastecimento público e compara o total das demais com a Q95, de modo a avaliar a situação em cada sub-bacia com critério semelhante ao de outorgas. O segundo indicador analisa exclusivamente as vazões outorgadas para abastecimento público e estima a permanência da vazão outorgada específica, com base nas curvas de duração particularizadas para cada bacia do Plano.

Os dois indicadores de disponibilidade superficial, bem como as informações que basearam seu cálculo, estão mostrados no Quadro 8.4 – Indicadores do Diagnóstico de Disponibilidade Hídrica Superficial. Os valores apresentados em cada coluna estão descritos abaixo:

- Coluna 1 - BACIA – Agregação das informações no nível das grandes bacias do Plano: Alto Iguaçu, Açungui, Capivari e Várzea;
- Coluna 2 - SEÇÃO DE CONTROLE – Agregação das informações no nível das seções definidas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, dentro de cada bacia;
- Coluna 3 – RIO – Agregação das diversas sub-bacias que compõe bacias de rios com o mesmo nome;
- Coluna 4 - SUBBACIA – É o nível de resolução maior das informações, e se refere às sub-bacias do plano, definidas anteriormente;
- Coluna 5 - População Estimada (Censo 2000) - População estimada existente em cada sub-bacia no ano de 2.000;
- Coluna 6 - Área (km²) – Área da sub-bacia, em km², com base nos estudos de georeferenciamento;
- Coluna 7 - Densidade Populacional (hab/ha) – Densidade populacional (base censo 2000) em cada sub-bacia determinada pela divisão da população pela área em hectares;
- Coluna 8 - Demanda Populacional Teórica (L/s) – Estimativa da demanda populacional em cada sub-bacia obtida pelo produto da população estimada em cada bacia pelo valor de 300 L/hab.dia (este calculado a partir dos valores observados no banco de dados de outorgas da SUDERHSA). Este valor é apresentado aqui como referência;
- Coluna 9 - Vazão Outorgada Superficial Abastecimento (L/s) – Vazão outorgada em cada sub-bacia para a finalidade de abastecimento público, obtida do banco de dados de outorgas da SUDERHSA;
- Coluna 10 - Vazão Outorgada Superficial Indústria (L/s) – idem acima, para a finalidade industrial;
- Coluna 11 - Vazão Outorgada Superficial Agropecuária (L/s) – idem acima, para a finalidade agropecuária;
- Coluna 12 - Vazão Outorgada Superficial Comércio / Serviço (L/s) – Idem acima, para a finalidade de comércio e serviços;
- Coluna 13 - Vazão Outorgada Superficial Outros (L/s) – Idem acima, para finalidades não-classificadas nos itens anteriores;
- Coluna 14 - Total Outorgas 2007 Captação Superficial (L/s) – Soma das colunas 9, 10, 11, 12 e 13;
- Coluna 15 - Total Parcial Vazão Outorgada Superficial Excluindo Abastecimento (L/s) – Soma das colunas 10, 11, 12 e 13, para possibilitar a análise mais precisa das outorgas locais, relativas à própria sub-bacia;
- Coluna 16 - Total Parcial Específica (L/s.km²) – Valor da Coluna 15 dividido pela área da sub-bacia (Coluna 6);
- Coluna 17 - Q95 Específica (L/s.km²) – Valor da vazão específica com permanência de 95% do tempo, calculado para cada uma das bacias do Plano a partir das respectivas curvas de duração;
- Coluna 18 - INDICADOR 1 Total Parcial/Q95 – Divisão dos valores da Coluna 16 pelos da Coluna 17;
- Coluna 19 - Vazão Outorgada Abastecimento Específica (L/s.km²) – Valor da Coluna 9 dividido pela área da sub-bacia (Coluna 6);
- Coluna 20 - INDICADOR 2 Permanência Vazão Outorgada Abastecimento – Estimativa da permanência do valor da Coluna 19 utilizando as curvas de duração das respectivas bacias.

No Quadro 8-4 as células do Indicador 1 são coloridas para ressaltar condições que merecem atenção, em cada sub-bacia. O critério de cores é o seguinte:

- amarelo, se o valor do indicador estiver situado entre 0,3 e 0,5;
- laranja, se o valor do indicador estiver situado entre 0,5001 e 1,0
- vermelho, se o valor for maior que 1,0.

Já o critério de cores para as células do Indicador 2 é o seguinte:

- amarelo, se o valor do indicador estiver situado entre 0,60 e 0,95 (faixa de regularização considerada teoricamente factível com a utilização de reservatórios);
- laranja, se o valor do indicador estiver situado entre 0,38 e 0,60 (acima da faixa considerada factível de regularização);
- vermelho, se o valor for menor que 0,38 (permanência da vazão média).

Do Quadro 8.4 pode se depreender que, com exceção das outorgas de captação para o abastecimento público, se apresentam em condições de limite as bacias dos rios Barigui, Divisa, Prensa, Passaúna e Verde. Via de regra, as outorgas mais importantes nessas bacias estão relacionadas a concentrações industriais ou grandes empresas. Em algumas dessas bacias, como por exemplo, no Verde, as outorgas para os atuais usos podem vir a conflitar com futuras demandas para abastecimento público.

No que tange ao indicador que contempla as outorgas para abastecimento público (Indicador 2), a permanência da vazão outorgada agregada no nível da Seção de Controle IG1 já se aproxima do limite factível de ser regularizada com o auxílio de reservatórios. Com menor grau de importância, mas ainda assim indicando a necessidade de estudos mais detalhados, vem a bacia do rio Passaúna. O rio Verde também merece atenção, uma vez que o reservatório ali existente serve tanto ao abastecimento público como à refinaria da Petrobras em Araucária. A discussão da capacidade de regularização dos reservatórios para o abastecimento público nos mananciais é feita na Seção 8.5.3, com maior detalhe.

Quadro 8.4 – Indicadores de Disponibilidade Hídrica Superficial

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
BACIA	SEÇÃO DE CONTROLE	RIO	SUBBACIA	População Estimada (2000)	Área (km²)	Densidade Populacional Estimada (2000) (hab/ha)	Demanda Populacional Teórica (L/s)	Vazão Outorgada Superficial (L/s)	Vazão Outorgada Superficial Indústria (L/s)	Vazão Outorgada Superficial Agropecuária (L/s)	Vazão Outorgada Superficial Comércio / Serviço (L/s)	Vazão Outorgada Superficial Outros (L/s)	Total Outorgas 2007 Captações Superficiais (L/s)	Total Parcial Vazão Outorgada Superficial Excuindo Abastecimento (L/s)	Total Parcial Específica (L/s.km²)	Q95 Específica (L/s.km²)	INDICADOR 1 Parcial/Q95	Vazão Outorgada Específica (L/s.km²)	Permanência Vazão Outorgada Abastecimento				
ALTO IGUAÇU	IG1	RIO IRAI	IR1	44.957	112	4,02	156,10	3.005,64	17,36	0,53	2,78	3,75	3.030,06	24,42	0,22	2,94	0,07	26,89	100%				
			IR2	31.063	52	5,94	107,86	0,00	0,08	0,00	0,14	2,64	0,00	2,66	0,05	2,94	0,02	0,00	0,00				
		RIO PEQUENO	PQ1	207	7	0,32	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,00	0,00	100%		
			PQ2	39.399	124	3,19	136,80	126,67	1,00	9,51	0,00	16,76	153,94	27,27	0,22	2,94	0,08	1,02	2,94	0,08	100%		
		RIO ITAQUI	IT1	30.833	44	7,05	107,06	0,00	0,00	10,03	0,56	3,47	14,06	14,06	0,32	2,94	0,11	0,00	0,00	0,00	100%		
			P11	7.535	41	1,83	26,16	60,00	0,00	1,11	0,00	1,53	62,54	2,64	0,06	2,94	0,02	1,46	2,94	0,02	1,46	100%	
		RIO PIRAQUARA	P12	12.900	61	2,12	44,79	50,00	0,00	7,64	0,00	6,11	63,75	13,75	0,23	2,94	0,08	0,82	2,94	0,08	0,82	100%	
			IG1	20.435	102	2,00	70,96	110,00	0,00	8,75	0,00	7,64	126,39	16,39	0,16	2,94	0,05	1,08	2,94	0,05	1,08	100%	
		CANAL SANEPAR	IG1	7.995	8	9,65	27,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,00	0,00	100%		
		IG1 Total				174.889	448	3,90	607,25	3.242,31	18,44	31,46	3,33	31,76	3.327,30	84,99	0,19	2,94	0,06	7,23	72%		
		IG2	RIO ATUBA	AT1	10.120	14	7,31	35,14	0,00	0,00	0,28	0,00	0,28	0,00	3,06	3,33	0,24	2,94	0,08	0,00	0,00	100%	
				AT2	202.284	61	32,93	702,38	0,00	5,60	0,69	0,00	1,72	8,02	8,02	0,13	2,94	0,04	0,00	0,00	0,00	100%	
		RIO PALMITAL	PA1	11.090	29	3,77	38,51	0,00	0,14	0,28	0,00	1,25	1,67	1,67	0,06	2,94	0,02	0,00	0,00	0,00	100%		
			PA2	116.871	62	18,78	405,80	45,83	0,42	0,00	0,42	1,94	48,61	2,78	0,04	2,94	0,02	0,74	2,94	0,02	0,74	100%	
		RIO IGUAÇU	IG2	127.961	92	13,96	444,31	45,83	0,56	0,28	0,42	3,19	50,28	4,44	0,05	2,94	0,02	0,50	2,94	0,02	0,50	100%	
			IG2	20.479	25	8,26	71,11	750,00	0,00	4,72	0,00	11,11	765,83	15,83	0,64	2,94	0,22	30,25	2,94	0,22	30,25	20%	
		IG2 Total				611.880	242	25,25	2.124,58	795,83	6,16	5,97	0,42	19,08	827,46	31,63	0,13	2,94	0,04	3,28	90%		
		IG3	RIO BARIGUI	BA1	27.215	64	4,27	94,50	173,50	0,93	5,69	1,11	1,53	182,78	9,26	0,15	2,94	0,05	2,73	2,94	0,05	2,73	93%
				BA2	168.150	67	24,92	583,86	0,00	57,13	1,53	0,35	1,28	60,28	60,28	0,89	2,94	0,30	0,00	0,00	0,00	100%	
		RIO BELÉM	BE1	318.161	66	48,56	1.104,73	0,00	0,00	0,00	0,00	3,61	3,61	3,61	0,06	2,94	0,02	0,00	0,00	0,00	100%		
BE2	172.490		68	25,29	598,92	0,00	138,89	2,78	0,00	166,67	308,33	308,33	4,52	2,94	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
RIO BELÉM	BE3	686.017	265	25,90	2.382,00	173,50	196,94	10,00	0,00	173,08	554,99	381,49	1,44	2,94	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
	BE3	73.987	15	48,79	256,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,27	0,27	0,02	2,94	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
RIO BELÉM	BE3	129.274	19	67,59	172,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,00	0,00	0,00	100%			
	BE3	325.516	65	50,33	1.130,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,00	0,00	0,00	100%			
RIO BELÉM	BE3	449.190	90	50,17	1.559,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,27	0,27	0,00	2,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
	BE3	129.274	32	40,68	448,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,00	0,00	0,00	100%			
RIO IGUAÇU	IG3	72.963	103	7,06	253,35	0,00	0,00	7,22	0,00	17,22	24,44	24,44	0,24	2,94	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
	IG3	41.129	13	32,75	142,81	0,00	0,12	0,00	8,33	0,00	8,45	8,45	0,67	2,94	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
RIO DA RESSACA	RE1	26.880	24	11,17	93,33	0,00	0,00	13,61	0,00	0,42	14,03	14,03	0,58	2,94	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
	RE1	23.117	19	13,79	13,79	0,00	0,00	13,79	0,00	1,11	23,92	23,92	1,25	2,94	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
ARRIOIO MASCATE	AM1	3.850	116	0,33	13,37	565,14	0,00	3,24	0,00	6,49	574,87	9,73	0,08	2,94	0,03	4,88	2,94	0,03	4,88	83%			
	AM1	21.986	138	1,59	76,34	30,00	11,72	10,35	8,89	15,10	76,06	46,06	0,33	2,94	0,11	0,22	2,94	0,11	0,22	100%			
RIO MIRINGUAVA	MI1	25.836	254	1,02	89,71	595,14	11,72	13,59	8,89	21,60	650,94	55,80	0,22	2,94	0,07	2,34	2,94	0,07	2,34	95%			
	MI2	19.119	7	28,44	66,39	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,09	0,09	0,01	2,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
RIO AVARIÚ	AV1	16.268	5	34,03	56,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,00	0,00	0,00	100%			
	AV1	14.854	13	10,88	50,88	0,00	0,00	1,11	0,00	0,28	1,39	1,39	0,10	2,94	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
RIO ALTO BOQUEIRÃO	BO1	1.287	89	0,31	4,47	0,00	0,00	1,94	0,00	1,287	4,47	4,47	0,18	2,94	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
	BO1	7.470	90	0,83	25,94	193,06	0,00	24,15	0,00	7,25	224,46	31,40	0,35	2,94	0,12	2,16	2,94	0,12	2,16	96%			
RIO ALTO BOQUEIRÃO	BO1	8.757	131	0,67	30,41	193,06	0,00	26,10	0,00	12,81	231,96	38,90	0,30	2,94	0,10	1,47	2,94	0,10	1,47	100%			
	BO1	3.277	66	0,50	11,38	98,41	0,00	98,41	0,00	0,69	101,75	3,33	0,05	2,94	0,02	1,50	2,94	0,02	1,50	100%			
ARRIOIO DA PRENSA	AP1	2.509	10	2,48	8,71	0,00	0,00	13,33	0,00	0,28	13,61	13,61	1,35	2,94	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
	AP1	1.228	52	0,23	4,26	76,44	0,06	4,72	0,00	5,14	86,36	9,92	0,19	2,94	0,06	1,46	2,94	0,06	1,46	100%			
RIO COTIA	CO1	926	36	0,26	3,22	0,00	0,00	5,53	4,58	0,83	11,94	11,94	0,33	2,94	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
	CO2	2.154	89	0,24	7,48	76,44	0,06	11,25	4,58	0,28	14,86	14,86	0,25	2,94	0,08	0,86	2,94	0,08	0,86	100%			
RIO FAXINAL	FA1	1.261	68	0,19	4,38	83,33	0,00	11,22	0,00	0,69	95,25	11,92	0,18	2,94	0,06	1,23	2,94	0,06	1,23	100%			
	FA1	702	6	1,10	2,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,14	0,14	0,02	2,94	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
ARRIOIO ESPIGÃO	AE1	509	22	0,23	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	0,00	0,00	0,00	0,00	100%			
	AE1	199	5	0,36	0,69	2,25	2,69	0,00	0,00	0,00	4,94	2,69	0,49	2,94	0,17	0,41	2,94	0,17	0,41	100%			
RIO MIRINGUAVA MIRIM	MM1	111	4	0,30	0,39	5,00	0,00	0,00	0,00	1,11	6,11	1,11	0,30	2,94	0,10	1,36	2,94	0,10	1,36	100%			
	MM1	111	4	0,30	0,39	5,00	0,00	0,00	0,00	1,11	6,11	1,11	0,30	2,94	0,10	1,36	2,94	0,10	1,36	100%			
IG3 Total				1.527.226	1.225	12,47	5.302,87	1.227,14	224,59	117,19	27,10	234,56	1.830,57	603,43	0,49	2,94	0,17	1,00	100%				
IG4	RIO PASSALINA	PS1	53.944	153	3,52	187,31	2.102,41	5,89	9,07	17,41	4,44	2.139,23	36,82	0,24	2,94	0,08	13,74	2,94	0,08	13,74	50%		
		PS2	22.635	64	3,56	78,59	0,00	148,98	0,56	0,00	9,19	158,73	158,73	2,49	2,94	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	100%		
RIO PASSAÚNA	PA1	76.579	217	3,53	265,90	2.102,41	154,87	9,63	17,41	13,64	2.297,96	195,55	0,90	2,94	0,31	9,70	2,94</						

8.6.2 Mananciais Futuros

Estudos realizados desde a década de 90 já apontavam para riscos crescentes para o abastecimento de água da RMC a partir do início do Século XXI. As previsões do PDA - Plano Diretor do Sistema de Água de Curitiba e Região Metropolitana (SANEPAR - 1992) indicavam que a demanda total, que contempla principalmente o consumo residencial e as indústrias servidas pelo sistema público, poderia ser atendida com baixos graus de risco com as captações superficiais já previstas naquela época. O PDA considerava, para efeito da expansão do sistema produtor, somente as demandas previstas para a “Grande Curitiba”, propondo para tanto a exploração do potencial hídrico disponível da sub-bacia do Alto Iguaçu visando suprimento de água até 2020.

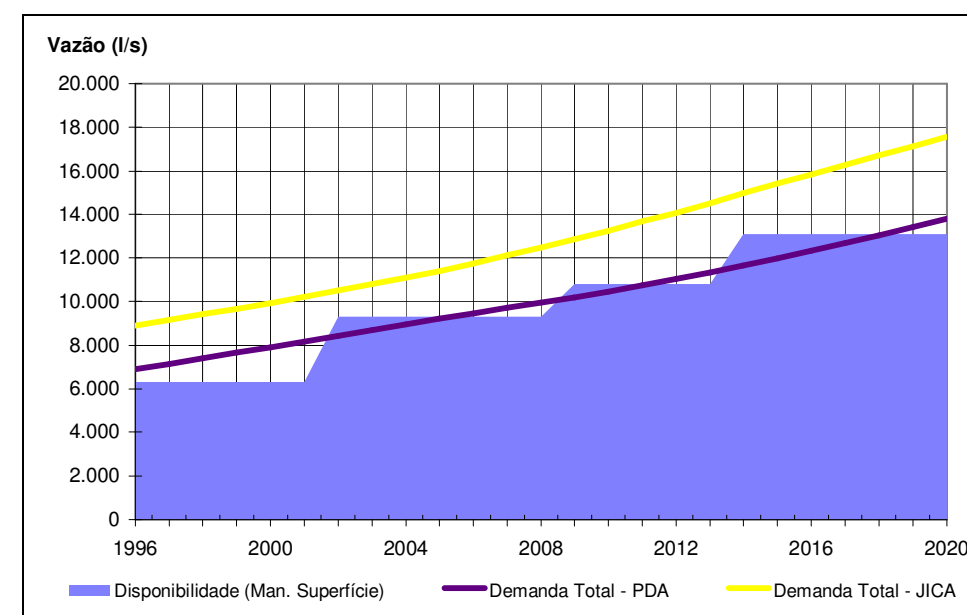
Deve ser salientado que os demais municípios que integram a RMC já se abastecem isoladamente desta sub-bacia, e um considerável número de empresas de porte também o fazem com captações particulares, reduzindo assim a disponibilidade estimada anterior. O PDA analisava as demandas totais de água doméstica e industrial até o ano 2020, desconsiderando o consumo para agricultura por ser insignificante no contexto, e não considerava o aquífero Cárstico como manancial de abastecimento.

O projeto JICA/SEDU - Estudo do Plano Diretor sobre a Utilização dos Recursos Hídricos no Estado do Paraná, embora trabalhando com previsões menores para as demandas domésticas do que o PDA, não se distanciou muito daquelas. Por ter se aprofundado mais no estudo da demanda industrial de água, detectou um consumo de 3.324 L/s em 1993, projetando 4.700 L/s para 2005 e 6.000L/s para 2015 naquele setor, uma demanda industrial muito superior à prevista pelo PDA, trazendo à tona a necessidade da utilização a curto prazo dos mananciais subterrâneos, principalmente o aquífero Karst. A Figura 8.4 resume e compara as projeções dos dois estudos.

Mais recentemente, em 2002, o Plano de Desenvolvimento Integrado - Plano de Proteção Ambiental e Reordenamento Territorial - PDI/PPART avaliou a expansão populacional da RMC, considerando não apenas a variação populacional, mas também as distribuições espaciais dessas populações, e os aspectos econômicos decorrentes. A avaliação espacial foi feita na forma de cenários de ocupação, com base em projeções urbanísticas de uso e ocupação do solo. Estes estudos também levam em consideração o aproveitamento de mananciais mais distantes, como o Açungui, Várzea e Capivari, que deverão ser utilizados de acordo com tendência espacial de ocupação populacional. Assim, para a hierarquização dos aproveitamentos, as estimativas do custo de água aduzida levam também em consideração a distância das captações aos núcleos populacionais, abordando a questão da distância entre os “centros de massa” do consumo e dos pólos de produção.

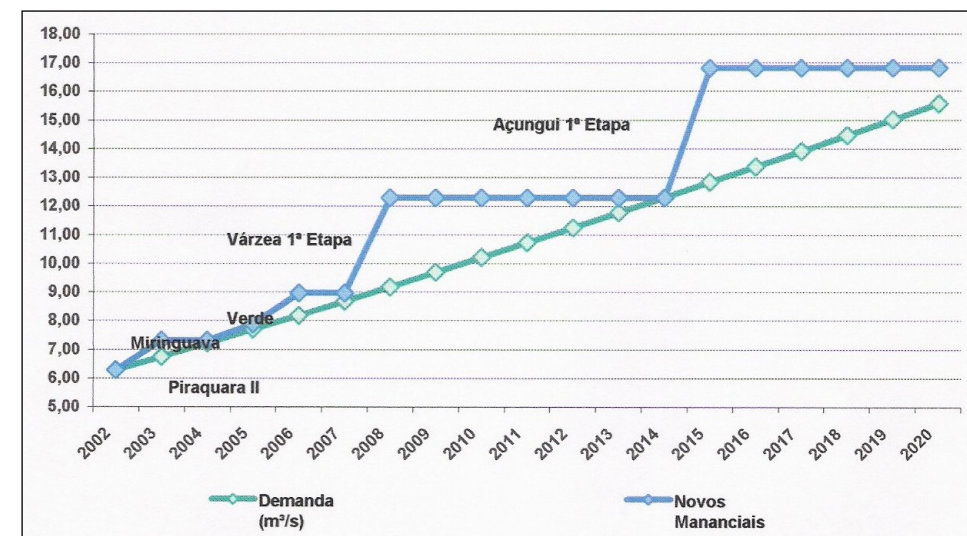
O PPART concluiu com a definição de um conjunto de “estratégias” para o abastecimento da RMC, articulando prioridades diferentes de preservação de mananciais e diferentes esquemas de uso e ocupação

do solo metropolitano, bem como diversas projeções de demanda, com base em projeções populacionais. Segundo o PPART, mananciais mais distantes como o Rio da Várzea, Açungui e Capivari começariam a ser explorados até 2010, em virtude da ocupação de mananciais mais próximos. A Figura 8.5 mostra uma das alternativas de aproveitamento dos mananciais definidas pelo PPART (Alternativa 05 – Potencialização, Nuclearização e Linearização).



Fonte: Universidade Livre do Meio Ambiente, 1996

Figura 8.4 - Comparação entre Projeções de Demanda e Disponibilidade de Água nos Mananciais Superficiais da RMC – Projeto JICA/SEDU

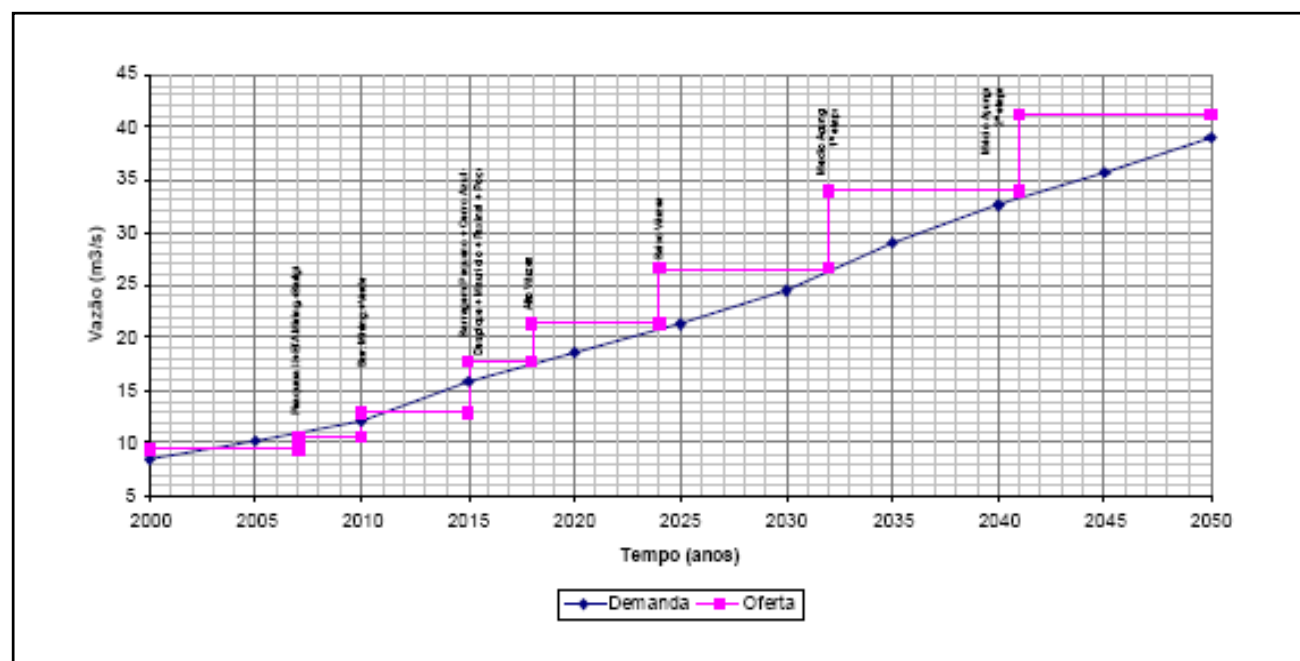


Fonte: PPART, 2002

Figura 8.5 - Alternativa de Aproveitamento dos Mananciais Superficiais

Em 2005 a SANEPAR desenvolveu novos estudos de oferta hídrica ao considerar a expansão do consumo até o ano de 2050. A questão da distância entre os “centros de massa” do consumo e dos pólos de produção não foi abordada diretamente, e não foi realizada uma análise de cenários como no PPART. No entanto, o diagnóstico da SANEPAR utilizou uma projeção populacional com maiores taxas de crescimento das demandas e de redução de perdas, definindo uma estratégia de aproveitamento dos mananciais que já leva em consideração o Decreto Estadual nº 6390, de 05.04.2006. Este decreto adota uma postura muito mais conservadora em relação à proteção dos mananciais existentes e aposta na capacidade do estado para a gestão adequada dos recursos hídricos.

Segundo o diagnóstico da SANEPAR (2005), os mananciais do Várzea e Açungui só começariam a ser explorados entre 2015 e 2020. A Figura 8.6 mostra uma das projeções do diagnóstico da SANEPAR para uma situação de vazões máximas.



Fonte: SANEPAR, 2005

Figura 8.6 - Prognóstico Vazões Máximas - SANEPAR

8.6.3 Pólos de Produção de Abastecimento Público

Algumas das bacias identificadas no Decreto 6390/06 já vem sendo utilizadas pela SANEPAR e outras fazem parte de planos de expansão da empresa, organizadas em “Pólos de Produção” definidos em função das dimensões do sistema integrado de abastecimento de água da RMC. Algumas bacias têm sido também desconsideradas como mananciais em virtude da degradação da qualidade da água trazida com a

urbanização. Além de uma série de transposições de bacias com vazões significativas, também estão previstos diversos reservatórios de regularização.

Pólos de Produção já existentes:

- O Pólo de Produção P1 é ligado à captação Iraí, sendo alimentado pelos reservatórios Iraí (formado pelos rios Cangüiri, Timbu, Curralinho e Cerrado) e Piraquara I (Caiquava), e pelos rios Iraizinho e Piraquara (margem esquerda). A barragem Piraquara II está em fase obras e se situa logo a jusante de Piraquara I.
- O Pólo de Produção P2 é ligado à captação Iguaçu, que é alimentada pelas sobras da captação Iraí, mais os rios Itaqui e Pequeno (margem esquerda). Com o avanço da urbanização sobre os mananciais da margem direita, os rios Atuba, Palmital e do Meio foram descartados, devido à degradação de sua qualidade. O rio Atuba foi desviado para jusante da captação, através de um trecho variante no seu final. O descarte do Palmital só foi possível após a construção do chamado Canal Extravasor pela Suderhsa. Ele se inicia próximo à captação Iraí e segue paralelo ao rio Iguaçu. Sua finalidade principal é amortizar as enchentes na região. Na captação Iraí as sobras são desviadas para o Canal Extravasor (também conhecido como Canal de Água Limpa), com exceção de 200 L/s, que seguem pelo rio Iraí para manter a fauna aquática até a foz do Palmital, conforme exigência da Suderhsa. Após receber os rios Itaqui e Pequeno, as águas do canal passam, através de um sifão, por baixo do leito do rio Iguaçu (que passa a receber este nome após a foz do Atuba) sendo dirigidas diretamente ao poço de sucção da captação Iguaçu. O rio do Meio foi desviado para as cavas da região e deságua hoje no rio Iraí, a jusante da ETA. A implantação do reservatório no rio Pequeno é dificultada pela existência de um oleoduto com cerca de 2 km e um trecho com cerca de 7 km de ferrovia prevista, que já tem algumas obras de arte executadas.
- O Pólo de Produção P3 é alimentado pelo reservatório do Passaúna, que é formado pelo rio Passaúna e seus afluentes, num ponto que delimita uma bacia de 145 km², a montante do Distrito de Tomaz Coelho.

Pólos de Produção Previstos:

- O Pólo de Produção P4 é conhecido como “Barro Preto” e é composto pelas bacias dos rios Miringuava, Miringuava Mirim, Cotia e Despique e deve iniciar sua operação a partir de 2008.
- O Pólo P5 é composto pelas bacias do rio Maurício, Curral das Éguas e pela transposição do rio da Várzea em seu trecho de montante (Alto Várzea).
- O Pólo P6 é composto pelas bacias do rio Faxinal, Estiva, Cachoeira (rio do Poço), Calixto e Ribeirão Claro, e deverá receber a transposição do Baixo Várzea.
- O Pólo P7 prevê a captação do rio Açungui e sua transposição em duas etapas: Médio Açungui, que prevê uma grande contribuição de 14,6 m³/s e Baixo Açungui, onde uma barragem deverá fornecer uma vazão regularizada ao redor de 5,8 m³/s.

A Tabela 8.1 apresenta as características principais dos Pólos de Produção identificados e as vazões regularizadas de acordo com os estudos da SANEPAR. Na tabela são também mostradas as vazões médias e as permanências das vazões regularizadas baseadas nas curvas de duração determinadas na Seção 5.1.1, considerando as áreas de bacias de drenagem computadas pelos estudos da SANEPAR.

Tabela 8.1 – Características dos Pólos de Produção da SANEPAR na Área de Abrangência do Plano

Pólos de Produção	Área das Bacias que Compõem o Polo - SANEPAR (km ²)	Volume dos Reservatórios Previstos (m ³)	Área dos Reservatórios (km ²)	Vazão Específica Média (m ³ /s/km ²)	Vazão Média (m ³ /s)	Vazão Regularizada - SANEPAR (m ³ /s)	Permanência (% do tempo)
Sistema Atual (1997)							
P1 - Iraí	294,20	75.000.000	16,35	0,0193	5,66	3,42	58,37
P2 - Iguaçu	179,80	-	-	0,0193	3,46	1,80	63,90
P3 - Passaúna	145,00	48.000.000	8,98	0,0193	2,79	2,00	51,64
Rio Verde	167,00	30.000.000	6,48	0,0193	3,22	0,75	87,08
Total	786,00	153.000.000	31,80			7,96	
Sistema Futuro							
P1 - Iraí	294,20	95.300.000	23,03	0,0193	5,66	4,02	52,05
P2 - Iguaçu	179,80	33.100.000	6,52	0,0193	3,46	1,89	62,15
P3 - Passaúna	145,00	48.000.000	8,98	0,0193	2,79	2,00	51,64
P4 - Barro Preto	183,10	76.300.000	9,86	0,0193	3,53	3,04	44,12
P5 - Alto Várzea	235,00	35.500.000	6,47	0,0193	4,52	4,19	41,16
P6 – Baixo Várzea	480,30	125.000.000	59,05	0,0193	9,25	7,90	44,48
P7 - Açungui	1.723,00	90.340.000	19,18	0,0170	29,28	20,43	56,73
Rio Capivari	963,00	156.000.000	14,90	0,0236	22,77	2,00	100,00
Rio Verde	166,70	30.000.000	6,48	0,0193	3,21	0,75	87,04
Rio Barigüi	63,67	-	-	0,0193	1,23	0,17	96,20
Total	4.433,76	689.540.000	154,48		85,70	46,38	

Da Tabela 8.1 pode-se depreender que os mananciais que compõem os Pólos de Produção do Sistema Integrado atual (P1 – Iraí, P2 – Iguaçu, P3 – Passaúna, e incluindo o Rio Verde) possuiriam uma capacidade de regularização entre 7 e 8 m³/s, incluindo os reservatórios atuais. A permanência das vazões regularizadas em cada bacia chegaria a 50% do tempo, valor considerado otimista. Ao se somar os mananciais futuros já identificados para abastecimento público pela SANEPAR, e considerando o planejamento existente, os sistemas de gestão atuais e o nível de tecnologia convencional de adução e tratamento já dominada pela SANEPAR, a vazão regularizada poderá chegar até algo em torno de 12 m³/s. Esta vazão, em princípio,

poderá ser fornecida pelos Pólos de Produção P1, P2, P3, P4 e rio Verde, desde que a qualidade da água desses mananciais permaneça estável, o que implica um controle eficaz da expansão urbana sobre essas áreas.

A partir de 12 m³/s há uma série de fatores já identificados que impõem condicionantes mais restritivos à expansão dos Pólos de Produção e do Sistema Integrado:

Pólos P5 e P6

- A adução das vazões do Pólo P5 (Alto Várzea), distante cerca de 35 km, implicaria alturas manométricas de 120 m e condutos de grande capacidade. Já o Pólo P6 (Baixo Várzea) se situa a cerca de 53 km da área de consumo e o recalque terá uma altura manométrica ao redor de 310 m, com vazões acima de 5 m³/s, impondo custos operacionais significativamente maiores. Ademais, a bacia do rio da Várzea é uma área importante de produção agropecuária, com impactos sobre a qualidade da água e riscos de eutrofização dos reservatórios ali previstos;
- A permanência das vazões regularizadas na bacia do Alto Várzea chega a pouco mais de 40%, próximo à vazão média da bacia, um valor considerado otimista, dependendo de uma operação muito precisa dos reservatórios e sincronizada com previsões de disponibilidade em tempo real;

Pólo P7

- No que se refere ao Pólo P7 (rio Açungui), as dificuldades técnicas e os custos operacionais deverão ser ainda maiores que no rio da Várzea, com vazões acima de 14 m³/s, distâncias entre 50 e 75 km e alturas manométricas ao redor de 582 m (primeira etapa), chegando a 800 m (segunda etapa);
- Os reservatórios do rio Açungui deverão ser de uso múltiplo, uma vez que já existe interesse explícito e estudos desenvolvidos para abastecimento municipal e para o aproveitamento hidrelétrico da bacia. Isso implica o compartilhamento de investimentos e de operação do sistema, que são inovações de gestão para o Sistema Integrado;
- A dimensão dos reservatórios do rio Açungui, como identificados preliminarmente pela SANEPAR, implicarão grandes impactos ambientais e sociais. Da mesma forma, devido à topografia acidentada e vales profundos, com intensa vegetação, existe ainda a tendência à estratificação e eutrofização desses reservatórios. Caso estes sejam adequados e sua área de inundação reduzida, a vazão regularizada poderá ser significativamente menor que a atualmente prevista;

Rio Capivari

- Apesar de representar um potencial entre 15 e 17 m³/s e ser atraente pela qualidade da água e pela proximidade ao centro de demanda através da reversão para o Pólo Iraí, a utilização das vazões regularizadas pelo reservatório da hidrelétrica Governador Parigot de Souza dependerá de uma intensa negociação com a COPEL. Estimativas da SANEPAR indicam que a cada 0,62 m³/s de água retirada corresponderá uma perda de geração da ordem de 1 kwh (SANEPAR 2005). Da mesma

forma que os reservatórios do rio Açungui, esta alternativa implica um grande avanço para a gestão do Sistema Integrado de abastecimento, uma vez que envolve usos múltiplos e compartilhamento de investimentos e compensações significativos.

8.6.4 Indicadores do Diagnóstico de Disponibilidade dos Mananciais Subterrâneos

A determinação de indicadores de disponibilidade para os mananciais subterrâneos esbarra em diversas dificuldades metodológicas. Em primeiro lugar, determinar a disponibilidade no nível de detalhamento por pequenas sub-bacias, como foi feito neste Diagnóstico, exige a definição do potencial hidrogeológico também nesse nível, o que face ao atual estágio de conhecimento da hidrogeologia local leva a uma aproximação com base no cruzamento das áreas aflorantes de cada aquífero com as áreas das sub-bacias (ver Seção 6.3 – Disponibilidade Hídrica dos Mananciais Subterrâneos).

A Tabela 8.2 apresenta uma síntese com as principais características das unidades aquíferas presentes nas bacias do Plano, com destaque para as elevadas vazões por poço do Karst e para a grande extensão do Cristalino.

Tabela 8.2 – Características das principais unidades aquíferas presentes nas bacias do Plano

Aquífero	Tipo de Porosidade	Acesso ao Recurso Hídrico (m)	Valores Indicativos de Vazão de Exploração por poço (m ³ /h)	Potencial hidrogeológico (L/s.km ²)	% de área aflorante (completar da Tabela)
Aluvião	Intergranular	5	20	3,53	9,97
Guabirota	Intergranular	Até 80	5-8	3,53 a 15	8,20
Karst	Cárstico-fissural	10-150	100-160	8,29 a 12	12,98
	Fissural	60-200	4		
Cristalino	Fissural	60-200	Até 12	3,53 a 5,60	54,63
Paleozóico Médio-Superior	Intergranular	154	1-6; 12 ⁴	4,69 a 5,60	11,66
Paleozóico Inferior	Intergranular	202	15-20	3,60	2,67

A segunda dificuldade metodológica diz respeito às estimativas das vazões já captadas dos mananciais subterrâneos, uma vez que a estimativa da disponibilidade efetiva leva em consideração não só o potencial hidrogeológico, mas também aquilo que já é utilizado. A determinação do volume real atual de exploração dos aquíferos das bacias do Plano também levou a aproximações, uma vez que existem bases de dados não totalmente compatíveis entre si e que demandam ainda um trabalho maior de consistência que foge ao escopo do presente Diagnóstico, como por exemplo, entre o banco de dados de outorgas e os registros nos poços para abastecimento público.

À luz das ressalvas observadas no Capítulo 6.3.8, e visando à obtenção de indicadores que refletissem essa realidade, bem como para subsidiar as fases seguintes do Plano de Bacias, foi feito um estudo preliminar de consistência dessas informações sobre as captações de águas através de poços com base nos dados fornecidos pelo órgão gestor (SUDERHSA, 2007 – atualizados até maio de 2007) e da principal concessionária de abastecimento (SANEPAR, 2007 - atualizados até junho de 2007). Esses dados foram tratados da seguinte forma:

- nos casos em que não havia localização (coordenadas) ou que os poços localizavam-se fora da área objeto do Plano de Bacias (erro nas coordenadas), os mesmos foram desconsiderados;
- devido à não uniformidade de informações em relação ao tempo de operação (h/dia) e estado atual (ativo, inoperante etc. – lembrando que alguns dados não apresentavam valor de vazão), foram considerados os valores da capacidade nominal de bombeamento (m³/h), também definida como “vazão registrada”;
- os dados aproveitados foram, então, somados em uma única base de dados (SUDERHSA + SANEPAR), em SIG, e tratados segundo análise por unidade aquífera, uso (finalidade), bacia hidrográfica principal, sub-bacias e municípios;
- para não haver sobreposição de informações, em relação aos poços da SANEPAR, foram considerados os dados fornecidos pela própria e não aqueles da base da SUDERHSA;
- devido à falta de uniformidade de informações, as categorias “saneamento”, “administração pública” e uso não definido foram somadas à categoria “outros”; e “abastecimento público” incluiu dados da SANEPAR (base de dados da SANEPAR) e Rio Branco do Sul (bases de dados da SUDERHSA).

Com base nesta avaliação específica de consistência, a Tabela 8.3 apresenta os dados por uso (finalidade), bem como a totalização de informações para as bacias do Plano. O Mapa D.10 apresenta a distribuição dos poços das bases de dados da SANEPAR e da SUDERHSA. Na Tabela 8.3 pode-se observar que:

- Quanto ao número de poços, predomina o uso industrial (40,5%), seguido de comércio e serviços (23,7%), sendo abastecimento público equivalente a menos de 10% (8,5%);
- Quanto às vazões (totais e média por poço), este quadro se altera, predominando maiores vazões para abastecimento público (média por poço de 48,7m³/h e 43,1% do total de vazões) quando comparadas a uso industrial (média por poço de 7,9m³/h e 33,2% do total) e comércio e serviços (média por poço de 4,4m³/h e 10,8% do total)
- Esses dados indicam ainda vazão total de 3,043 m³/s para as bacias do Plano, sendo: 1,313 m³/s para abastecimento público (maior usuário, em termos de finalidade do uso); 1,010 m³/s para uso industrial; e 0,721 m³/s para todos os demais usos reunidos.

Tabela 8.3 – Dados de poços segundo uso (finalidade).

Tipo de uso	No. de poços	% No. de poços	Vazão (m ³ /h)	Vazão (m ³ /s)	% vazão por uso	Vazão/poço (m ³ /h)
Abastecimento público	97	8,54	4.725,7	1,313	43,13	48,7
Agropecuária	29	2,55	162,0	0,045	1,48	5,6
Comércio / serviço	269	23,68	1.185,0	0,329	10,82	4,4
Indústria	460	40,49	3.635,0	1,010	33,18	7,9
Outros	281	24,74	1.248,0	0,347	11,39	4,4
Total geral	1.136	100	10.955,7	3,043	100	9,6

Fonte de dados: SANEPAR (2007), SUDERHSA (2007).

A Tabela 8.4 apresenta os dados resultantes da análise de consistência por unidade aquífera, observando-se as seguintes características: a) quanto ao número de poços, predomina amplamente o Cristalino (80,1%), seguido do Karst (7,8%); b) quanto às vazões, o maior volume ainda é do Cristalino (1,48 m³/s, ou 48,7% da vazão total), mas também se destaca o Karst (1,16m³/s ou 38,1% da vazão total); quanto às vazões médias por poço, predomina amplamente o Karst (com 47,4m³/h por poço), em relação ao Cristalino (5,9 m³/h por poço). Somados, os dados registrados dos aquíferos Cristalino e Karst equivalem a quase 90% do número de poços e das vazões registradas.

Tabela 8.4 – Captações em Poços por Unidade Aquífera

Unidade aquífera	Número de poços	% Número de poços	Vazão (m ³ /h)	Vazão (m ³ /s)	% Vazão	Vazão/poço (m ³ /h)
Aluvião	2	0,18	5,0	0,001	0,05	2,5
Guabirota	38	3,35	306,0	0,085	2,79	8,1
Itararé	15	1,32	399,5	0,111	3,65	26,6
Furnas	14	1,23	53,0	0,015	0,48	3,8
Karst	88	7,75	4.174,8	1,160	38,11	47,4
Cristalino	910	80,11	5.338,5	1,483	48,73	5,9
Não definido	69	6,07	679,0	0,189	6,20	9,8
Total Geral	1.136	100	10.955,7	3,043	100	9,6

Fonte de dados: SANEPAR (2007), SUDERHSA (2007).

A Tabela 8.5 apresenta os dados por bacia hidrográfica, observando-se as seguintes características: a) quanto ao número de poços, predomina amplamente o Alto Iguaçu (89,4%) – este número é explicado pelo fato que esta bacia apresenta a maioria dos poços do Cristalino e ainda muitos dos poços do Karst utilizados para abastecimento público; b) quanto às vazões, o Alto Iguaçu ainda predomina (2,2m³/s ou 72,3% da vazão); c) quanto às vazões médias, o valor do Alto Iguaçu (7,8m³/h por poço) tem seu valor comparativamente mais baixo, devido à menor média por poço do Cristalino observada na Tabela 8.4.

Tabela 8.5 – Captações em Poços por Bacia Hidrográfica

Bacia	Número de poços	% Número De poços	Vazão (m ³ /h)	Vazão (m ³ /s)	% Vazão	Vazão/poço (m ³ /h)
Açungui	38	3,35	1.127,7	0,313	10,29	29,7
Alto Iguaçu	1.015	89,35	7.924,5	2,201	72,33	7,8
Capivari	64	5,63	1.671,5	0,464	15,26	26,1
Várzea	19	1,67	232,0	0,064	2,12	12,2
Total	1.136	100,00	10.955,7	3,043	100,00	9,6

Na análise por municípios, há a seguinte situação: a) quanto aos dados de abastecimento público, as maiores vazões totais estão em Almirante Tamandaré (0,38m³/s, totalmente pelo aquífero do Karst), Colombo (0,31m³/s, totalmente pelo aquífero do Karst), Campo Largo (0,17m³/s, com predomínio do Karst) e Lapa (0,10m³/s, com predomínio do aquífero Itararé); b) quanto aos dados de demais usos, as maiores vazões são: Curitiba (0,69 m³/s, com predomínio do Cristalino), seguido de São José dos Pinhais (0,20 m³/s, com predomínio do Cristalino), Rio Branco do Sul (0,15 m³/s, com predomínio do Karst) e Almirante Tamandaré (0,15 m³/s, entre Karst e Cristalino, mas com maiores vazões pelo Karst). Estes dados indicam ainda que Curitiba é o maior usuário das bacias do Plano, com 22,6% do total da vazão explorada, predominando, neste município, os usos industrial, em condomínios e comércio e serviços.

De forma geral, esses dados, mesmo com as ressalvas observadas quanto às bases de informações, evidenciam a importância das águas subterrâneas no cômputo geral do uso das águas nas bacias do Plano, notadamente para fins de uso industrial e abastecimento público. Também evidencia a importância preponderante dos aquíferos Cristalino e do Karst, tanto no número de captações, quanto nas vazões exploradas.

A Tabela 8.6 apresenta a comparação entre vazões registradas para os diversos usos e a disponibilidade hídrica de cada unidade aquífera.

Tabela 8.6 – Comparação entre Demandas Registradas e Disponibilidade Hídrica por Unidade Aquífera.

Unidade aquífera	Vazão registrada (m ³ /s)	Disponibilidade hídrica (m ³ /s)	%
Aluvião	0,001	2,915	< 0,1
Guabirota	0,085	2,398	3,5
Itararé	0,111	4,533	2,4
Furnas	0,015	0,796	1,9
Karst	1,160	8,914	13,0
Cristalino	1,483	15,948	9,3
Não definido	0,189	-	-
Total geral	3,043	35,504	8,6

Fonte de dados: SANEPAR (2007), SUDERHSA (2007), dados obtidos neste Plano de Bacias.

Estes dados indicam que em termos gerais, as demandas correspondem a menos de 9% da disponibilidade das águas subterrâneas, com variações entre os aquíferos desde menos de 0,1% no Aluvião até 13% no aquífero Karst. Deve ser levado em consideração também que os métodos disponíveis são conservadores, pois levam em conta que as reservas exploráveis de um aquífero são constituídas apenas por uma parte das reservas reguladoras (ou renováveis), e não levam em conta fluxos profundos, nem relações entre bacias. Sendo assim, em termos gerais, a atual situação com respeito às demandas dos aquíferos subterrâneos parece ser confortável, com a ressalva já feita de que o conhecimento atual sobre a disponibilidade das águas subterrâneas ainda é bastante insuficiente e os dados de demandas apresentam limitações.

No entanto, esta situação aparentemente confortável altera-se significativamente em uma análise por sub-bacia, indicando alguns casos mais críticos, como se nota no Quadro 8.5. As situações que merecem atenção, e que praticamente são as mesmas nos dois indicadores calculados com algumas exceções, estão localizadas nas bacias dos rios Barigui, Belém, Atuba, Palmital, Moinho e Curral das Éguas. Estas situações podem ser ainda piores considerando que a base de dados existente pode estar subestimada.

Devido à complexidade das formações geológicas (refletindo-se nas unidades aquíferas) e a inexistência de um nível de detalhe de dados e informações que permita a elaboração de um modelo matemático de fluxo subterrâneo integrado ao ciclo hidrológico local e às interações antrópicas (captações, usos diversos, lançamentos etc.), não é possível produzir uma informação que simplesmente restrinja prontamente o uso de água subterrânea nas sub-bacias em que estes indicadores sejam mais críticos. No entanto, certamente em paralelo ao prosseguimento de estudos de cada uma das unidades aquíferas, deve-se eleger estas sub-bacias como prioritárias para estudos mais aprofundados, bem como órgão gestor deve estar atento quando de novas solicitações de outorgas nestes locais. Ademais, aspectos qualitativos observados nos capítulos anteriores devem ser igualmente considerados.

- Coluna 1 - BACIA – Agregação das informações no nível das grandes bacias do Plano: Alto Iguaçu, Açungui, Capivari e Várzea;
- Coluna 2 - SEÇÃO DE CONTROLE – Agregação das informações no nível das seções definidas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, dentro de cada bacia;
- Coluna 3 – RIO – Agregação das diversas sub-bacias que compõe bacias de rios com o mesmo nome;
- Coluna 4 - SUBBACIA – É o nível de resolução maior das informações, e se refere às sub-bacias do plano, definidas anteriormente;
- Coluna 5 - População Estimada (Censo 2000) - População estimada existente em cada sub-bacia no ano de 2.000;

- Coluna 6 - Área (km²) – Área da sub-bacia, em km², com base nos estudos de georeferenciamento;
- Coluna 7 - Densidade Populacional (hab/ha) – Densidade populacional (base censo 2000) em cada sub-bacia determinada pela divisão da população pela área em hectares;
- Coluna 8 - Demanda Populacional Teórica (L/s) – Estimativa da demanda populacional em cada sub-bacia obtida pelo produto da população estimada em cada bacia pelo valor de 300 L/hab.dia (este calculado a partir dos valores observados no banco de dados de outorgas da SUDERHSA). Este valor é apresentado aqui como referência;
- Coluna 9 – Vazão Captação Subterrânea Outorgada (SUDERHSA 2007) (L/s) – Vazão outorgada total para captação subterrânea em cada sub-bacia de acordo com as informações contidas no banco de dados de outorgas da SUDERHSA (2007);
- Coluna 10 - Número de Poços (SANEPAR 2007) – número total de poços em cada sub-bacia de acordo com as informações contidas no banco de dados de outorgas da SANEPAR (2007) (ver Seção 7.2.2 - Captações Através de Poços);
- Coluna 11 - Número de Poços (SUDERHSA 2007) – número total de poços em cada sub-bacia de acordo com as informações contidas no banco de dados de outorgas da SUDERHSA (2007) (ver Seção 7.2.2 - Captações Através de Poços);
- Coluna 12 - Número Total de Poços (SANEPAR + SUDERHSA 2007) (ver Seção 7.2.2 - Captações Através de Poços);
- Coluna 13 - Capacidade Nominal de Bombeamento de Poços (SANEPAR 2007) (L/s) – Este valor, que corresponde no texto ao valor da “vazão registrada”, é a capacidade máxima das instalações de bombeamento conforme o que consta nos Bancos de dados da SANEPAR. O valor difere da vazão bombeada uma vez que, na maioria dos casos, o tempo de operação das instalações de bombeamento não é contínuo;
- Coluna 14 - Capacidade Nominal de Bombeamento de Poços (SUDERHSA 2007) (L/s) – idem acima, porém com dados provindos do banco de dados de outorgas da SUDERHSA;
- Coluna 15 - Capacidade Nominal de Bombeamento Total (SANEPAR + SUDERHSA) (L/s) – Soma das colunas 13 e 14;
- Coluna 16 - Densidade de Poços (n. de poços/km²) – valor da Coluna 12 dividido pela área da sub-bacia;
- Coluna 17 - Capacidade Nominal de Bombeamento Específica (L/s.km²) – Valor da Coluna 14 dividido pela área da sub-bacia;
- Coluna 18 - Potencial Hidrogeológico na Sub-bacia (L/s.km²) – Valor determinado por cruzamento de informações georreferenciadas, cujas premissas e metodologia são apresentadas na Seção 6.3.8;
- Coluna 19 - INDICADOR 1 Capacidade Nominal de Bombeamento Específica / Potencial Hidrogeológico – Indicador do grau de utilização dos aquíferos subterrâneos em cada sub-bacia em comparação com o potencial hidrogeológico, obtido pela divisão do valor da Coluna 17 pelo da Coluna 18;

- Coluna 20 - Q95 Superficial Específica (L/s.km²) – Vazão específica superficial com permanência de 95% do tempo de cada sub-bacia, calculada com base nas curvas de duração adotadas neste diagnóstico;
- Coluna 21 - INDICADOR 2 Capacidade Nominal de Bombeamento Específica / Q95 Específica – Indicador do grau de utilização dos aquíferos subterrâneos em cada sub-bacia em comparação com a vazão específica superficial com permanência de 95% do tempo, obtido pela divisão do valor da Coluna 17 pelo da Coluna 20;
- Coluna 22 - INDICADOR 3 Vazão Captação Subterrânea Outorgada Específica (SUDERHSA) / Q95 – Indicador do grau de utilização dos aquíferos subterrâneos em cada sub-bacia, comparando as vazões outorgadas (banco de dados da SUDERHSA (2007) com a vazão específica superficial com permanência de 95% do tempo, obtido pela divisão do valor da Coluna 9 pelo da Coluna 20. Este indicador serve também como balizador dos Indicadores 1 e 2, pois avalia a demanda com critérios e informações provindas de outra fonte.
- Coluna 23 - Observações em relação a municípios, principais usos/finalidade e aquíferos com maior exploração para Abastecimento Público;
- Coluna 24 - Observações em relação a municípios, principais usos/finalidade e aquíferos com maior exploração com respeito aos demais usos.

No Quadro 8-5 as células dos Indicadores 1, 2 e 3 são coloridas para ressaltar condições que merecem atenção, em cada sub-bacia. O critério de cores é o seguinte:

- amarelo, se o valor do indicador estiver situado entre 0,5 e 1,0;
- laranja, se o valor for maior que 1,0.

Quadro 8.5 – Indicadores do Diagnóstico de Disponibilidade dos Mananciais Subterrâneos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
MACROBACIA	SEÇÃO DE CONTROLE	BACIA	SUBBACIA	População Estimada (2000)	Área (km²)	Densidade Populacional Estimada (2000) (hab/km²)	Demanda Populacional Teórica (L/s)	Vazão Subterrânea Outorgada (SUDEHSA 2007) (L/s)	Número de Poços (SANEPAR 2007)	Número de Poços (SUDEHSA 2007)	Capacidade Nominal de Bombeamento de Poços (SANEPAR 2007) (L/s)	Capacidade Nominal de Bombeamento de Poços (SUDEHSA 2007) (L/s)	Capacidade Nominal de Bombeamento Total (SANEPAR + SUDEHSA) (L/s)	Densidade de Poços (n. de poços/km²)	Capacidade Nominal de Bombeamento Específica (L/s.km²)	Potencial Hidrogeológico na Sub-bacia (L/s.km²)	INDICADOR 1 Capacidade Nominal de Bombeamento Específica / Potencial Hidrogeológico	INDICADOR 2 Q95 Superficial Específica / Q95 Específica	INDICADOR 3 Vazão Subterrânea Outorgada Específica (SUDEHSA) / Q95	Observações: Abastecimento Público	Observações: Demais Usos							
ALTO IGUAÇU	IG1	RIO IRAI	IR1	44.557	112	4,02	156,10	75,61	5,00	25	30	34,44	31,39	65,83	0,27	0,59	3,53	0,17	2,94	0,20	0,23	Pinhais; Guabiruba	Colombo; Quatro Barras; industrial					
			IR2	31.063	52	5,94	107,86	3,64	0,00	4	4	0,00	5,83	5,83	0,08	0,11	3,53	0,03	2,94	0,04	0,02							
			RIO IRAI Total			76.020	164	4,63	263,96	79,25	5,00	29	34	34,44	37,22	71,67	0,34	0,44	3,53	0,04	2,94	0,15	0,16					
			RIO PEQUENO	PO1	207	7	0,32	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53	0,00	2,94	0,00	0,00					
				PO2	39.399	124	3,19	136,80	22,67	0,00	30	30	0,00	52,50	52,50	0,24	0,42	3,53	0,12	2,94	0,14	0,06	0,14	0,06	S.J.Pinhais; ind.; Cristalino			
			RIO PEQUENO Total			39.606	130	3,04	137,52	22,67	0,00	30	30	0,00	52,50	52,50	0,24	0,40	3,53	0,12	2,94	0,14	0,06					
			RIO ITAQUI	IT1	7.535	41	1,83	26,16	1,53	0,00	0	0	0,00	8,61	31,67	0,32	0,72	3,53	0,21	2,94	0,25	0,32	S.J.Pinhais; Cristalino	S.J.Pinhais; ind., dom. (condom.); Cristalino				
				PI2	12.900	61	2,12	44,79	6,31	0,00	5	5	0,00	6,11	6,11	0,08	0,10	3,53	0,03	2,94	0,03	0,04						
			RIO PIRAQUARA	PI1	20.435	102	2,00	70,96	7,84	0,00	5	5	0,00	6,11	6,11	0,08	0,06	3,53	0,03	2,94	0,02	0,03						
				PI2	7.995	8	9,65	27,76	0,28	0,00	1	1	0,00	0,56	0,56	0,12	0,07	3,53	0,02	2,94	0,02	0,01						
			RIO PIRAQUARA Total			28.430	110	2,56	98,72	8,12	0,00	6	6	0,00	12,28	12,28	0,09	0,13	3,53	0,05	2,94	0,05	0,04					
			CANAL SANEPAR			7.995	8	9,65	27,76	0,28	0,00	1	1	0,00	0,56	0,56	0,12	0,07	3,53	0,02	2,94	0,02	0,01					
			IG1 Total			174.889	448	3,90	607,25	151,45	10,00	74	84	57,50	105,00	162,50	1,11	0,36	3,53	0,02	2,94	0,12	0,11					
			IG2	RIO ATUBA	AT1	AT1	10.120	14	7,31	35,14	69,44	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,29	0,00	2,94	0,00	1,71				
						AT2	202.284	61	32,93	702,38	19,50	1,00	38	39	4,00	37,50	41,50	0,63	0,68	4,25	0,16	2,94	0,23	0,11				
						AT3	251.035	51	49,57	871,65	34,50	0,00	45	45	0,00	67,22	67,22	0,89	1,33	3,53	0,38	2,94	0,45	0,23				
						RIO ATUBA Total			463.440	126	36,80	1.609,17	123,45	1,00	83	84	4,00	104,72	108,72	1,52	0,86	4,00	0,29	2,94	0,29	0,33		
						RIO PALMITAL	PA1	11.090	29	3,77	38,51	116,95	5,00	1	1	65,03	2,22	87,25	0,20	2,97	4,73	0,63	2,94	1,01	1,35	Colombo; Karst		
							PA2	116.871	62	18,78	405,80	13,75	0,00	21	21	0,00	36,67	36,67	0,34	0,59	3,77	0,16	2,94	0,20	0,08			
						RIO PALMITAL Total			127.961	92	13,36	444,31	130,69	5,00	22	22	65,03	38,99	123,92	0,54	0,54	4,46	0,22	2,94	0,46	0,48		com./serv. ind., condom.; Guabiruba=Colombo; Cristalino=Pinhais e Colombo; Karst=Colombo
						RIO IGUAÇU			20.479	25	8,26	71,11	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53	0,00	2,94	0,00	0,00		
						IG2 Total			611.880	242	25,25	2.124,58	254,14	6,00	105	111	89,03	143,61	232,64	2,06	0,96	3,53	0,00	2,94	0,33	0,36		
						IG3	RIO BARIGUI	BA1	BA1	27.215	64	4,27	94,50	418,90	11,00	4	15	304,58	12,50	317,08	0,24	4,98	8,24	0,60	2,94	1,69	2,24	Almirante Tamandaré; Karst
			BA2	168.150	67				24,92	583,86	119,45	2,00	39	41	73,61	120,83	194,44	0,61	2,88	4,86	0,59	2,94	0,98	0,60	Almirante Tamandaré; Karst			
			BA3	318.181	66				48,56	1.104,73	69,90	0,00	114	114	0,00	133,61	133,61	1,74	2,04	3,53	0,58	2,94	0,68	0,36		Cunilba; dom. (condom.); ind., com./serviços; Cristalino		
BA4	172.490	68	25,29	598,92	65,21				0,00	84	84	0,00	134,44	134,44	1,23	1,97	3,53	0,56	2,94	0,67	0,33		Cunilba e Araucária; ind., com./serviços; Cristalino					
RIO BARIGUI Total			666.017	265	25,90				2.382,00	672,46	13,00	241	254	378,19	401,39	779,58	3,81	2,94	2,94	1,00	0,86							
RIO BELÉM	BE1	73.987	15	48,79	256,90				14,55	0,00	14	14	0,00	22,22	22,22	0,92	1,47	3,53	0,42	2,94	0,50	0,33		Cunilba; uso variado; Cristalino				
	BE2	49.687	10	51,29	172,52				37,78	0,00	73	73	0,00	79,72	79,72	7,54	8,23	3,53	2,33	2,94	2,80	1,33		Cunilba; dom. (condom.); com./serviços; Cristalino				
	BE3	325.516	65	50,33	1.130,26				98,97	0,00	159	159	0,00	184,44	184,44	2,46	2,85	3,53	0,81	2,94	0,97	0,52		Cunilba; dom. (condom.); com./serviços; Cristalino				
RIO BELÉM Total			448.190	90	50,17				1.359,69	151,30	0,00	246	246	0,00	289,39	289,39	10,92	10,92	3,53	1,68	2,94	1,68	0,57		Cunilba; dom. (condom.); com./serviços; Cristalino			
RIBEIRÃO PADILHA	PD1	129.274	32	40,68	448,87				21,21	0,00	18	18	0,00	34,44	34,44	0,57	1,08	3,53	0,31	2,94	0,37	0,23		Cunilba; industrial; Cristalino				
	IG3	72.963	103	7,06	253,35				34,13	1,00	36	37	1,53	66,39	67,92	0,36	0,66	3,53	0,19	2,94	0,22	0,11		Cunilba; S.J.Pinhais; industrial				
RIO DA RESSACA	RE1	41.129	13	32,75	142,81				7,28	0,00	13	13	0,00	17,78	17,78	1,04	1,42	3,53	0,40	2,94	0,48	0,20		S.J.Pinhais; ind., com./serviços e dom. (condom.)				
ARROIO MASCATE	AM1	26.880	24	11,17	93,33				5,56	0,00	1	1	0,00	1,39	1,39	0,04	0,06	3,53	0,02	2,94	0,02	0,08						
RIBEIRÃO DA DIVISA	RD1	26.417	19	13,79	91,73				6,60	0,00	7	7	0,00	16,67	16,67	0,37	0,87	3,53	0,25	2,94	0,30	0,12		Faz. Rio Grande; ind., com./serv.; Cristalino				
RIO MIRINGUAVA	MI1	3.850	116	0,33	13,37				2,95	1,00	2	2	2,06	1,67	3,72	0,03	0,03	3,53	0,01	2,94	0,01	0,01		S.J.Pinhais; ind., com./serviços e dom. (condom.)				
MI2	21.986	138	1,59	76,34	45,57				1,00	48	49	9,86	66,06	77,92	0,35	0,56	3,53	0,16	2,94	0,19	0,11							
RIO MIRINGUAVA Total			25.836	254	1,02				89,71	48,52	2,00	50	52	11,92	69,72	81,64	0,38	0,32	3,53	0,17	2,94	0,11	0,07					
RIO AVARIÚ	AV1	19.119	7	28,44	66,39				0,54	0,00	3	3	0,00	1,67	1,67	0,45	0,25	3,53	0,07	2,94	0,08	0,03						
RIO ALTO BOQUEIRÃO	BO1	16.268	5	34,03	56,49				0,35	0,00	1	1	0,00	0,83	0,83	0,21	0,17	3,53	0,05	2,94	0,06	0,02						
RIBEIRÃO PONTA GROSSA	PG1	14.654	13	10,88	50,88				4,61	0,00	5	5	0,00	9,72	9,72	0,37	0,72	3,53	0,20	2,94	0,25	0,12		Cunilba; com./serviços; Cristalino				
RIO MAURIÇO	MA1	1.287	42	0,31	4,47				2,94	0,00	3	3	0,00	4,44	4,44	0,07	0,11	3,53	0,03	2,94	0,04	0,02						
MA2	7.470	90	0,83	25,94	25,38				1,00	4	4	11,11	5,28	16,39	0,06	0,06	3,53	0,05	2,94	0,05	0,10							
RIO MAURIÇO Total			8.757	131	0,67				30,41	29,33	1,00	7	8	11,11	9,72	20,83	0,13	0,16	3,53	0,05	2,94	0,05	0,08					
RIO DESPIQUE	DE1	3.277	66	0,50	11,38				0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53	0,00	2,94	0,00	0,00						
ARROIO DA PRENSA	AP1	2.509	10	2,48	8,71				5,60	0,00	11	11	0,00	7,22	7,22	1,09	0,71	3,53	0,20	2,94	0,24	0,19		Cunilba; industrial; Cristalino				
RIO COTIA	CO1	1.228	52	0,23	4,26	0,28	0,00	1	1	0,00	0,83	0,83	0,02	0,02	3,53	0,00	2,94	0,01	0,00									
CO2	926	36	0,26	3,22	0,69	0,00	1	1	0,00	1,39	1,39	0,03	0,04	3,53	0,01	2,94	0,01	0,01										
RIO COTIA Total			2.154	89	0,24	7,49	0,97	0,00	2	2	0,00	2,22	2,22	0,05	0,05	3,53	0,01	2,94	0,01	0,00								
RIO FAXINAL	FA1	1.261	68	0,19	4,38	3,27	0,00	2	2	0,00	3,61	3,61	0,03	0,05	3,53	0,02	2,94	0,02	0,02									
ARROIO ESPILÃO	AE1	702	6	1,10	2,44	0,56	0,00	1	1	0,00	0,83	0,83	0,16	0,13	3,53	0,04	2,94	0,04	0,03									
RIO MIRINGUAVA MIRIM	MM1	509	22	0,23	1,77	0,98	0,00	4	4	0,00	3,06																	

8.7 Agravamento das Inundações

A questão do agravamento das inundações, conseqüência da impermeabilização do solo, passa a ser mais uma variável a considerar num quadro complexo de conflitos entre a expansão urbana e seus impactos sobre a base de recursos hídricos.

Da mesma forma que para a qualidade da água e para o balanço hídrico nas bacias do Plano, foi calculado também um indicador para o agravamento das condições de escoamento de cheias. A sua determinação foi baseada na metodologia empregada pelos estudos do Plano Diretor de Drenagem para a avaliação dos impactos do desenvolvimento urbano sobre as condições de escoamento das cheias, que identifica as modificações no comportamento das cheias devido a dois fatores diferentes: a impermeabilização da bacia trazida com a mudança do uso do solo e com o aumento da densidade urbana. A diferenciação entre esses efeitos é importante na medida em que permite uma melhor avaliação das diversas conseqüências da expansão urbana da RMC a longo prazo, objeto do Plano da Bacia.

O indicador do agravamento das inundações aqui determinado é correspondente à variação do volume da chuva efetiva causada pela impermeabilização da bacia. A metodologia utilizada para a quantificação do volume de chuva efetiva no Plano de Drenagem foi a do *Soil Conservation Service*, que calcula o volume VE conforme a seguinte equação:

$$VE = (VP - 5080 / CN + 50,8)^2 / (VP + 20320 / CN - 203,2)$$

Onde:

VE = volume da chuva efetiva (mm);

VP = volume de precipitação (mm);

CN = *Curve Number*, que encerra em si todos os fatores produtores do deflúvio. CN varia de acordo com o uso do solo e a tipologia hidrológica do solo, e quanto maior for, maior a chuva efetiva produzida. Os CNs de bacias não urbanizadas são em geral menores que os CNs de bacias urbanizadas.

O valor do volume de precipitação (VP) adotado para o cálculo do indicador de agravamento das inundações foi igual a 96,32 mm, correspondente a uma chuva com tempo de duração de 120 minutos e período de retorno de 25 anos. Para a determinação do VP Utilizou-se a mesma equação intensidade x duração x frequência para a estação Prado Velho que foi utilizada no Plano de Drenagem.

Para a determinação dos CNs de áreas urbanizadas o Plano Diretor estabeleceu a seguinte relação com a taxa de impermeabilização de uma área:

$$CN_{\text{Nau}} = 1/100 (98 \cdot AI + (100 - AI) \cdot (CN_{\text{A}} \cdot A + CN_{\text{B}} \cdot B + CN_{\text{C}} \cdot C + CN_{\text{D}} \cdot D + CN_{\text{E}} \cdot E))$$

Onde:

CN_{Nau} = CN da área urbanizada;

AI = taxa de impermeabilização de uma área (%)

98 = CN adotado para uma área totalmente impermeável

CN_A, CN_B, CN_C, CN_D, CN_E = são os CNs correspondentes a cada grupo hidrológico de solo para a cobertura ou uso do solo local.

Para a bacia do Alto Iguaçu o Plano Diretor de Drenagem trabalhou com 6 categorias de uso do solo identificadas a partir de imagem de satélite, mostrados na Tabela 8.7, e da distribuição dos grupos hidrológicos de solo presentes em cada local analisado. Foram identificados 16 tipos hidrológicos de solo, o que resultou em 96 classes de uso do solo combinados com grupos hidrológicos.

Tabela 8.7 – CNs das Categorias de Uso do Solo Utilizadas no plano de Drenagem

Tipo de Cobertura	CNa	CNb	CNc	CNd	CNe	Média
Água	99	99	99	99	99	99,00
Campo	45	66	77	83	83	70,80
Cultura	62	71	78	81	81	74,60
Mata	25	55	70	77	77	60,80
Solo Exposto	68	79	86	89	89	82,20
Urbano	74	80	86	90	92	84,40

Fonte: Plano de Drenagem, 2002

Neste Diagnóstico utilizou-se um processo simplificado, onde o CN de cada sub-bacia foi determinado a partir da ponderação dos CNs médios das áreas classificadas de acordo com as tipologias de uso do solo identificadas por georeferenciamento (mostradas no Quadro 8.1), conforme a Tabela 8.8.

Tabela 8.8 – CNs Médios para as Tipologias de Classificação das Áreas na Sub-bacias

Tipologia de Classificação	CN médio
Malha Urbana Atual	85,00
Malha Urbana Atual sobre Karst	85,00
Zona Rural	60,00
Zona Rural sobre Karst	60,00
Mananciais Superficiais de Abastecimento	60,00
Mananciais Superficiais de Abastecimento sobre Karst	60,00
Preservação Ambiental	60,00

A avaliação da taxa de impermeabilização das áreas urbanas baseou-se também na metodologia do Plano Diretor de Drenagem, que utilizou a seguinte relação, função da densidade populacional das bacias:

- Para $14 \text{ hab/ha} < D < 128 \text{ hab/ha}$: $AI = 0,57 \cdot D - 8$
- Para $D > 128 \text{ hab/ha}$ $AI = 65\%$

Finalmente, com base nos parâmetros e funções acima, foi calculado o indicador de agravamento de inundações, como sendo a variação da chuva efetiva causada pela impermeabilização da bacia em relação a uma situação de referência com CN médio no valor de 60, equivalente à cobertura típica de zona rural, sem adensamento urbano, que produziria uma chuva efetiva no valor de 16,83 mm. Os resultados estão apresentados na Quadro 8.6. O valor do indicador é mostrado em uma escala de cores que ressalta a sua importância.

- Coluna 1 - BACIA – Agregação das informações no nível das grandes bacias do Plano: Alto Iguaçu, Açungui, Capivari e Várzea;
- Coluna 2 - SEÇÃO DE CONTROLE – Agregação das informações no nível das seções definidas pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos, dentro de cada bacia;
- Coluna 3 – RIO – Agregação das diversas sub-bacias que compõe bacias de rios com o mesmo nome;
- Coluna 4 - SUBBACIA – É o nível de resolução maior das informações, e se refere às sub-bacias do plano, definidas anteriormente;
- Coluna 5 - População Estimada (Censo 2000) - População estimada existente em cada sub-bacia no ano de 2.000;
- Coluna 6 - Área (km²) – Área da sub-bacia, em km², com base nos estudos de georeferenciamento;
- Coluna 7 - Densidade Populacional (hab/ha) – Densidade populacional (base censo 2000) em cada sub-bacia determinada pela divisão da população pela área em hectares;
- Coluna 8 - CN médio – Valor da *Curve Number* médio da sub-bacia (com base nos valores apresentados na Tabela 8-8);
- Coluna 9 - % impermeab. - % da área da sub-bacia impermeabilizada pela ocupação urbana, estimada a partir da densidade populacional, de acordo com a metodologia adotada no Plano Diretor de Drenagem;
- Coluna 10 - CN médio + efeito impermeab. – Valor da *Curve Number* da sub-bacia levando em consideração a impermeabilização trazida com a densidade populacional estimada na Coluna 9;
- Coluna 11 - Chuva Efetiva (mm) – Precipitação efetiva causada por uma chuva com tempo de duração de 120 minutos e período de retorno de 25 anos e considerando o CN apresentado na Coluna 10;
- Coluna 12 - Indicador de Agravamento de Inundações – Calculado como sendo a variação da chuva efetiva causada pela impermeabilização da bacia em relação a uma situação de referência com CN

médio no valor de 60, equivalente à cobertura típica de zona rural, sem adensamento urbano, que produziria uma chuva efetiva no valor de 16,83 mm

- Coluna 13 - Há Medidas Previstas? (PDD 2002) – identificação de intervenções na sub-bacia já previstas no Plano Diretor de Drenagem, como é apresentado no Mapa D.12 – Pontos de Inundações.

No Quadro 8-6 as células do Indicador de Agravamento de Inundações são coloridas para ressaltar condições que merecem atenção, em cada sub-bacia. O critério de cores é o seguinte:

- amarelo, se o valor do indicador estiver situado entre 0,5 e 1,0;
- laranja, se o valor estiver situado entre 1,0 e 2,0;
- vermelho, se o valor do indicador for maior que 2,0.

Como seria de se esperar, o Quadro 8.6 mostra que os maiores problemas de agravamento das inundações estão concentrados nas bacias com maior densidade de ocupação, notadamente os rios Atuba, Barigui e Belém. Existem problemas de cheias também em outras bacias que vem apresentando adensamento populacional pronunciado, como as dos rios Ressaca, Padilha, Avariú, Alto Boqueirão e Cachoeira.

É ainda importante notar que, como previsto no Plano Diretor de Drenagem, a gestão dos problemas com agravamento de inundações deve ser realizada no nível de sub-bacias. Uma inspeção cuidadosa do Quadro 8.6 mostra que os problemas de cheias podem estar sendo causados a montante dos locais onde se observam inundações, como no caso dos rios Atuba, Barigui e Belém.

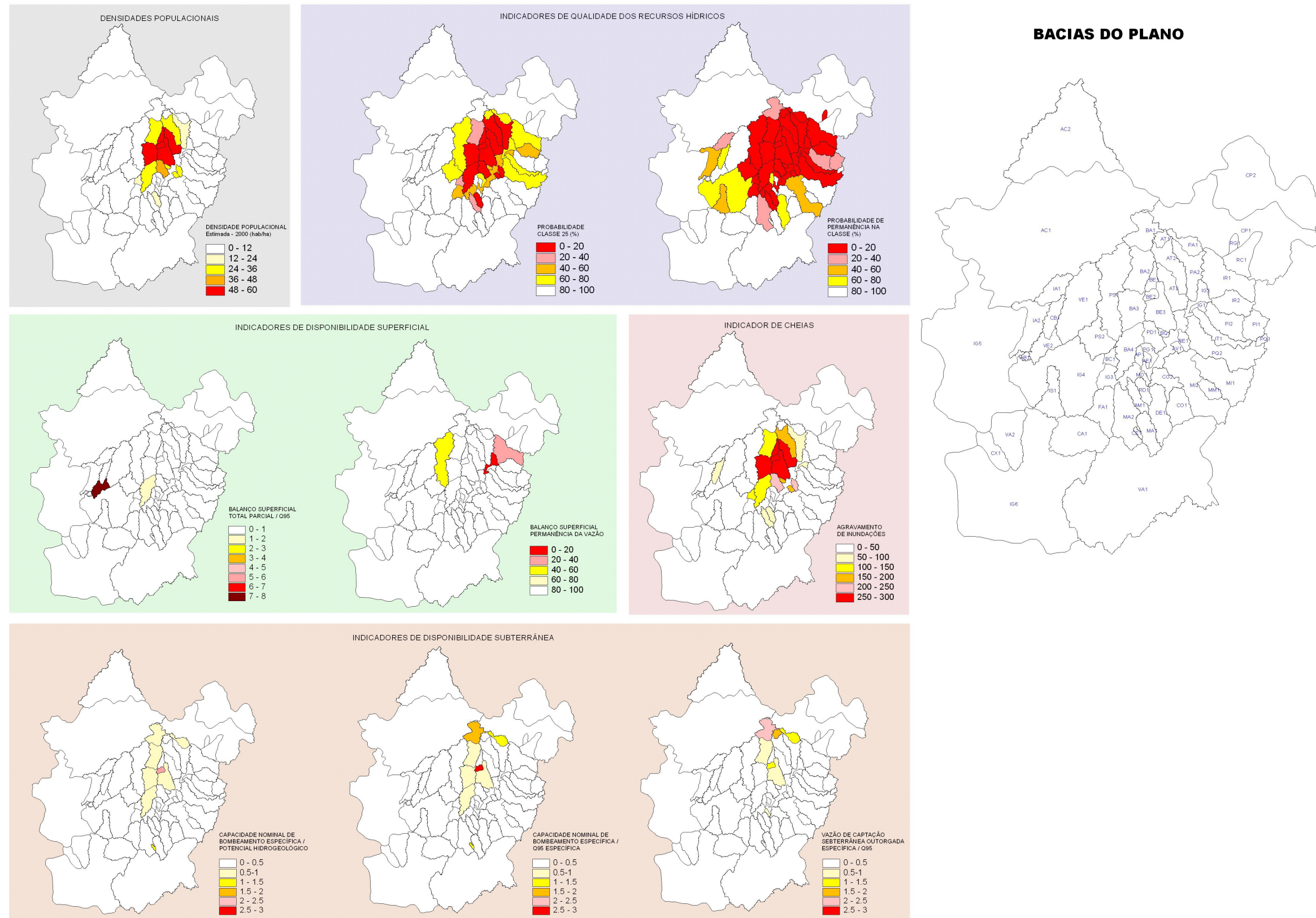
Quadro 8.6 – Indicador do Diagnóstico do Agravamento das Inundações

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
BACIA	SEÇÃO DE CONTROLE	RIO	SUBBACIA	População Estimada (Censo 2000)	Área (km²)	Densidade Populacional Estimada (2000) (hab/ha)	CN médio	% impermeab.	CN médio + efeito impermeab.	Chuva Efetiva (mm)	Indicador de Agravamento de Inundações	Há Medidas Previstas? (PDD 2002)		
ALTO IGUAÇU	IG1	RIO IRAI	IR1	44.957	112	4,02	62,16	0,00	62,16	19	15%	não		
			IR2	31.063	52	5,94	63,93	0,00	63,93	22	29%	não		
		RIO PEQUENO	RIO IRAI Total		76.020	164	4,63							
			PO1	207	7	0,32	60,00	0,00	60,00	17	0%	não		
		RIO PEQUENO Total	PO2	39.399	124	3,19	62,03	0,00	62,03	19	15%	sim		
			IT1	39.606	130	3,04								
		RIO ITAQUI	IT1	30.833	44	7,05	64,36	0,00	64,36	22	32%	sim		
		RIO PIRAQUARA	PI1	7.535	41	1,83	60,00	0,00	60,00	17	0%	não		
		RIO PIRAQUARA Total	PI2	12.900	61	2,12	60,27	0,00	60,27	17	2%	sim		
			IG1	20.435	102	2,00								
	CANAL SANEPAR	IG1	7.995	8	9,65	67,55	0,00	67,55	27	58%	não			
	IG1 Total				174.889	448	3,90							
	IG2	RIO ATUBA	AT1	10.120	14	7,31	63,93	0,00	63,93	22	29%	não		
			AT2	202.284	61	32,93	77,43	10,77	79,64	47	178%	não		
			AT3	251.035	51	49,57	85,00	20,25	87,63	64	278%	sim		
		RIO ATUBA Total		463.440	126	36,80								
		RIO PALMITAL	PA1	11.090	29	3,77	61,85	0,00	61,85	19	13%	não		
			PA2	116.871	62	18,78	70,73	2,70	71,47	33	94%	sim		
		RIO PALMITAL Total		127.961	92	13,96								
		RIO IGUAÇU	IG2	20.479	25	8,26	65,02	0,00	65,02	23	38%	não		
		IG2 Total				611.880	242	25,25						
		IG3	RIO BARIGUI	BA1	27.215	64	4,27	62,09	0,00	62,09	19	15%	não	
	BA2			168.150	67	24,92	72,22	6,21	73,82	36	116%	não		
	BA3			318.161	66	48,56	83,68	19,68	86,50	61	263%	não		
	BA4			172.490	68	25,29	74,20	6,41	75,73	40	136%	sim		
	RIO BARIGUI Total		686.017	265	25,90									
	RIO BELÉM		BE1	73.987	15	48,79	83,78	19,81	86,60	61	264%	não		
			BE2	49.687	10	51,29	85,00	21,24	87,76	64	280%	não		
			BE3	325.516	65	50,33	84,53	20,69	87,32	63	274%	sim		
	RIO BELÉM Total		449.190	90	50,17									
	RIBEIRÃO PADILHA		PD1	129.274	32	40,68	79,83	15,19	82,59	53	243%	sim		
	RIO IGUAÇU		IG3	72.963	103	7,06	64,46	0,00	64,46	22	33%	não		
	RIO DA RESSACA		RE1	41.129	13	32,75	82,36	10,67	84,03	56	231%	sim		
	ARROIO MASCATE		AM1	26.880	24	11,17	66,86	0,00	66,86	26	53%	sim		
	RIBEIRÃO DA DIVISA		RD1	26.417	19	13,79	68,53	0,00	68,53	28	67%	sim		
	RIO MIRINGUAVA		MI1	3.850	116	0,33	60,07	0,00	60,07	17	0%	não		
			MI2	21.986	138	1,59	60,93	0,00	60,93	18	7%	sim		
	RIO MIRINGUAVA Total		25.836	254	1,02									
	RIO AVARIÚ		AV1	19.119	7	27,44	79,39	8,21	80,92	49	193%	sim		
	RIO ALTO BOQUEIRÃO		BO1	16.268	5	34,03	76,59	11,40	79,03	46	171%	sim		
	RIBEIRÃO PONTA GROSSA		PG1	14.654	13	10,88	65,30	0,00	65,30	24	40%	sim		
	RIO MAURÍCIO		MA1	1.287	42	0,31	60,00	0,00	60,00	17	0%	não		
	RIO MAURÍCIO Total		MA2	7.470	90	0,83	61,65	0,00	61,65	19	12%	sim		
			DE1	8.757	131	0,67								
	RIO DESPIQUE		DE1	3.277	66	0,50	60,14	0,00	60,14	17	1%	não		
	ARROIO DA PRENSA		AP1	2.509	10	2,48	61,21	0,00	61,21	18	9%	sim		
	RIO COTIA		CO1	1.228	52	0,23	60,00	0,00	60,00	17	0%	não		
	RIO COTIA Total		CO2	926	36	0,26	60,00	0,00	60,00	17	0%	sim		
			FA1	2.154	89	0,24								
	RIO FAXINAL		FA1	1.261	68	0,19	60,00	0,00	60,00	17	0%	não		
	ARROIO ESPIGÃO		AE1	702	6	1,10	60,54	0,00	60,54	17	4%	sim		
	RIO MIRINGUAVA MIRIM	MM1	509	22	0,23	60,00	0,00	60,00	17	0%	não			
	RIO DO MOINHO	MO1	199	5	0,36	60,00	0,00	60,00	17	0%	sim			
	RIO CURRAL DAS ÉGUAS	CE1	111	4	0,30	60,00	0,00	60,00	17	0%	não			
	IG3 Total				1.527.226	1.225	12,47							
	IG4	RIO PASSAÚNA	PS1	53.944	153	3,52	62,20	0,00	62,20	19	16%	não		
			PS2	22.635	64	3,56	63,35	0,00	63,35	21	24%	sim		
		RIO PASSAÚNA Total		76.579	217	3,53								
		RIO CAMBUÍ	CB1	22.214	34	6,57	67,77	0,00	67,77	27	60%	sim		
		RIO DA CACHOEIRA	BC1	18.593	13	13,93	73,65	0,00	73,65	36	119%	sim		
		RIO IGUAÇU	IG4	16.611	301	0,55	60,37	0,00	60,37	17	3%	não		
		RIO VERDE	VE1	9.132	167	0,55	60,42	0,00	60,42	17	3%	não		
		RIO VERDE Total	VE2	711	38	0,19	60,00	0,00	60,00	17	0%	sim		
			IS1	9.842	205	0,48								
		RIO ISABEL ALVEZ	IS1	7.045	58	1,21	61,47	0,00	61,47	19	10%	não		
	ARROIO DOS BIAZES	AB1	114	5	0,24	60,21	0,00	60,21	17	1%	não			
	IG4 Total				150.998	833	1,81							
	IG5	RIO IGUAÇU	IG5	38.384	754	0,51	60,78	0,00	60,78	18	5%	não		
		RIO ITAQUI (CAMPO LARGO)	IA1	12.911	45	2,87	63,31	0,00	63,31	21	24%	não		
		IA2	12.813	76	1,69	61,95	0,00	61,95	19	14%	sim			
	RIO ITAQUI (CAMPO LARGO) Total		25.723	121	2,13									
	IG5 Total				64.107	875	0,73							
	ALTO IGUAÇU Total				2.529.100	3.624	6,98							
	RIO AÇUNGUI	AC1	RIO AÇUNGUI	AC1	86.860	1.370	0,63	60,38	0,00	60,38	17	3%	não	
		AC2	RIO AÇUNGUI	AC2	5.543	342	0,16	60,05	0,00	60,05	17	0%	não	
	RIO AÇUNGUI Total				92.404	1.712	0,54							
	RIO CAPIVARI	CP1	RIO CAPIVARI	CP1	11.503	497	0,23	60,04	0,00	60,04	17	0%	não	
			RIO DO CERNE	RC1	6.121	60	1,03	60,58	0,00	60,58	18	4%	sim	
			RIO DO ENGENHO	RG1	4.167	10	4,34	62,65	0,00	62,65	20	19%	sim	
	CP1 Total		21.792	566	0,38									
	CP2	RIO CAPIVARI	CP2	5.741	394	0,15	60,06	0,00	60,06	17	0%	não		
	RIO CAPIVARI Total				27.533	961	0,29							
	RIO DA VARZEA	IG6	RIO DA VARZEA	IG6	18.735	844	0,22	60,19	0,00	60,19	17	1%	não	
			VA1	26.983	868	0,31	60,14	0,00	60,14	17	1%	não		
			RIO DA VARZEA Total		45.717	1.713	0,27							
		CACHOEIRA	CA1	3.184	132	0,24	60,00	0,00	60,00	17	0%	não		
		RIBEIRÃO CLARO e RIO ESTIVA	VA2	1.227	105	0,12	60,04	0,00	60,04	17	0%	não		
	RIO CALIXTO	CX1	610	39	0,15	60,09	0,00	60,09	17	1%	não			
	IG6 Total				50.738	1.989	0,26							
	RIO DA VARZEA Total				50.738	1.989	0,26							
	TOTAL GERAL				2.699.774	8.285	3,26							

Quadro 8.7 – Síntese dos Indicadores do Diagnóstico

1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17	
BACIA	SEÇÃO DE CONTROLE	RIO	SUBBACIA	Área (km²)	% da Área Total	População Estimada (Censo 2000)	% da População Total	Densidade Populacional Estimada - 2000 (hab/ha)	Indicadores de Qualidade da Água		Indicadores de Disponib. Superficial		Indicadores de Disponibilidade Subterrânea		Indicador de Agravamento de Inundações																		
									INDICADOR 1 Probab. Classe 25 (%)	INDICADOR 2 Probab. Classe da Classe (%)	INDICADOR 1 Total Parcial/Q95	INDICADOR 2 Permanência Vazão Outorgada Saneamento	INDICADOR 1 Capacidade Nominal de Bombeamento Específica / Potencial Hidrogeológico	INDICADOR 2 Capacidade Nominal de Bombeamento Específica / Q95 Específica		INDICADOR 3 Vazão Captada Subterrânea Outorgada Específica (SUDERHISA) / Q95																	
ALTO IGUAÇU	IG1	RIO IRAI	IR1	112	1,3%	44.957	1,7%	4,02	75,77	84,17	0,07	24%	0,17	0,20	0,23	15%																	
			IR2	52	0,6%	31.063	1,2%	5,94	49,47	98,12	0,02	100%	0,03	0,04	0,02	29%																	
		RIO PEQUENO	PO1	164	2,0%	76.020	2,8%	4,63	100,00	7,86	0,06	100%	0,00	0,15	0,16	0%																	
			PO2	7	0,1%	207	0,0%	0,32	100,00	0,00	0,00	100%	0,00	0,00	0,00	0%																	
		RIO PEQUENO Total	IT1	124	1,5%	39.399	1,5%	3,19	71,94	87,71	0,08	100%	0,12	0,14	0,06	15%																	
			PI1	130	1,6%	39.606	1,5%	3,04	100,00	0,07	0,07	100%	0,00	0,14	0,06	0%																	
		RIO ITAQUI	PI2	44	0,5%	30.833	1,1%	7,05	60,02	95,06	0,11	100%	0,21	0,25	0,32	32%																	
			PI3	41	0,5%	7.535	0,3%	1,83	86,69	68,96	0,02	100%	0,00	0,00	0,01	0%																	
		RIO PIRAQUARA	PI4	61	0,7%	12.900	0,5%	2,12	83,22	74,69	0,08	100%	0,03	0,03	0,04	2%																	
			PI5	102	1,2%	20.435	0,8%	2,00	100,00	9,65	0,05	100%	0,00	0,02	0,03	0%																	
		CANAL SANEPAR	IG1	8	0,1%	7.995	0,3%	9,65	42,91	99,05	0,00	100%	0,02	0,02	0,01	58%																	
			IG1 Total	448	5,4%	174.889	6,5%	3,90	0,06	72%	0,06	72%	0,12	0,11																			
		IG2	IG2	RIO ATUBA	AT1	14	0,2%	10.120	0,4%	7,31	66,04	92,03	0,08	100%	0,00	0,00	1,71	29%															
					AT2	61	0,7%	202.284	7,5%	32,93	15,03	100,00	0,04	100%	0,16	0,23	0,11	178%															
					AT3	51	0,6%	251.035	9,3%	49,57	8,26	100,00	0,00	100%	0,38	0,45	0,23	278%															
				RIO PALMITAL	PA1	126	1,5%	463.440	17,2%	36,80	73,87	96,04	0,03	100%	0,63	0,29	0,33	13%															
					PA2	29	0,4%	11.090	0,4%	3,77	100,00	1,01	0,02	100%	0,16	0,20	0,08	94%															
					PA3	62	0,8%	116.871	4,3%	18,78	12,30	100,00	0,02	100%	0,02	0,16	0,46	0,48															
				RIO IGUAÇU	IG2	92	1,1%	127.961	4,7%	13,96	65,90	92,12	0,22	100%	0,00	0,00	0,00	38%															
					IG2 Total	242	2,9%	611.880	22,7%	25,25	0,04	90%	0,04	90%	0,33	0,36																	
				IG3	IG3	RIO BARIGUI	BA1	64	0,8%	27.255	1,0%	4,27	83,64	74,08	0,05	93%	0,60	0,05	1,68	15%													
							BA2	67	0,8%	166.150	6,2%	24,92	30,20	96,45	0,30	100%	0,60	0,59	0,60	116%													
							BA3	66	0,8%	318.161	11,8%	48,56	3,93	99,97	0,02	100%	0,58	0,69	0,36	263%													
							BA4	68	0,8%	172.490	6,4%	25,29	19,08	98,66	1,54	100%	0,56	0,67	0,33	136%													
RIO BELÉM	BE1	265	3,2%			686.017	25,4%	25,90	0,49	100%	0,01	100%	1,00	0,86	0,86																		
	BE2	15	0,2%			73.987	2,7%	48,79	5,15	99,95	0,01	100%	0,42	0,50	0,33	264%																	
	BE3	10	0,1%			49.687	1,8%	51,29	4,40	99,97	0,00	100%	2,33	2,80	1,33	280%																	
RIO BELÉM Total	BE3	65	0,8%			325.516	12,1%	30,33	4,68	99,96	0,00	100%	0,81	0,97	0,52	274%																	
	BE4	90	1,1%			449.190	16,6%	50,17	1,11	100%	0,00	100%	1,09	1,09	0,57																		
	BE4 Total	32	0,4%			129.274	4,8%	40,68	1,78	100,00	0,00	100%	0,31	0,37	0,23	212%																	
RIO IGUAÇU	IG3	103	1,2%			72.963	2,7%	7,06	58,57	95,63	0,08	100%	0,19	0,22	0,11	33%																	
	IG3 Total	13	0,2%			41.129	1,5%	32,75	1,93	100,00	0,23	100%	0,40	0,48	0,20	231%																	
ARROIO MASCATE	AM1	24	0,3%			26.880	1,0%	11,17	23,35	99,96	0,20	100%	0,02	0,02	0,08	53%																	
	AM2	19	0,2%			26.417	1,0%	13,79	14,43	100,00	0,42	100%	0,25	0,30	0,12	67%																	
RIO MIRINGUAVA	MI1	116	1,4%			3.850	0,1%	0,33	100,00	9,39	0,03	89%	0,01	0,01	0,01	0%																	
	MI2	138	1,7%			21.986	0,8%	1,59	91,43	59,48	0,11	100%	0,16	0,19	0,11	7%																	
RIO MIRINGUAVA Total	AV1	254	3,1%			25.836	1,0%	1,02	100,00	0,00	0,07	95%	0,07	0,11	0,07																		
	AV2	7	0,1%			19.119	0,7%	28,44	3,65	100,00	0,00	100%	0,05	0,06	0,02	193%																	
RIO ALTO BOQUEIRÃO	BO1	5	0,1%			16.268	0,6%	34,03	43,49	99,01	0,00	100%	0,05	0,06	0,02	171%																	
	BO2	13	0,2%			14.654	0,5%	10,88	61,15	94,58	0,04	100%	0,20	0,25	0,12	40%																	
RIO MAURICIO	MA1	42	0,5%			1.287	0,0%	0,31	100,00	8,72	0,06	100%	0,03	0,04	0,02	0%																	
	MA2	90	1,1%			7.470	0,3%	0,83	91,02	60,38	0,10	100%	0,05	0,06	0,10	12%																	
RIO MAURICIO Total	DE1	131	1,6%			8.757	0,3%	0,67	100,00	0,00	0,10	100%	0,05	0,05	0,08																		
	DE2	66	0,8%			3.277	0,1%	0,50	100,00	21,07	0,02	100%	0,00	0,00	0,00	1%																	
ARROIO DA PRENSA	AP1	10	0,1%	2.509	0,1%	2,48	100,00	20,64	0,46	100%	0,20	0,24	0,19	9%																			
	AP2	52	0,6%	1.228	0,0%	0,23	100,00	4,93	0,06	100%	0,00	0,01	0,00	0%																			
RIO COTIA	CO1	36	0,4%	926	0,0%	0,26	100,00	6,37	0,11	100%	0,01	0,01	0,01	0%																			
	CO2	89	1,1%	2.154	0,1%	0,24	100,00	0,08	0,08	100%	0,01	0,01	0,00																				
RIO FAXINAL	FA1	68	0,8%	1.261	0,0%	0,19	100,00	1,68	0,06	100%	0,02	0,02	0,02	0%																			
	FA2	6	0,1%	702	0,0%	1,10	100,00	3,89	0,01	100%	0,04	0,04	0,03	4%																			
ARROIO ESPIGÃO	MM1	22	0,3%	509	0,0%	0,23	100,00	4,93	0,00	100%	0,04	0,05	0,02	0%																			
	MM2	5	0,1%	199	0,0%	0,36	100,00	13,03	0,17	100%	0,29	0,35	0,62	0%																			
RIO DO MOINHO	MO1	4	0,0%	111	0,0%	0,30	100,00	6,66	0,10	100%	1,07	1,28	0,00	0%																			
	MO2	4	0,0%	111	0,0%	0,30	100,00	6,66	0,10	100%	1,07	1,28	0,00	0%																			
RIO CURRAL DAS ÉGUAS	CE1	131	1,6%	8.757	0,3%	0,67	100,00	0,00	0,10	100%	0,05	0,05	0,08																				
	CE2	66	0,8%	3.277	0,1%	0,50	100,00	21,07	0,02	100%	0,00	0,00	0,00	1%																			
ARROIO DA PRENSA	AP1	10	0,1%	2.509	0,1%	2,48	100,00	20,64	0,46	100%	0,20	0,24	0,19	9%																			
	AP2	52	0,6%	1.228	0,0%	0,23	100,00	4,93	0,06	100%	0,00	0,01	0,00	0%																			
RIO COTIA	CO1	36	0,4%	926	0,0%	0,26	100,00	6,37	0,11	100%	0,01	0,01	0,01	0%																			
	CO2	89	1,1%	2.154	0,1%	0,24	100,00	0,08	0,08	100%	0,01	0,01	0,00																				
RIO FAXINAL	FA1	68	0,8%	1.261	0,0%	0,19	100,00	1,68	0,06	100%	0,02	0,02	0,02	0%																			
	FA2	6	0,1%	702	0,0%	1,10	100,00	3,89	0,01	100%	0,04	0,04	0,03	4%																			
ARROIO ESPIGÃO	MM1	22	0,3%	509	0,0%	0,23	100,00	4,93	0,00	100%	0,04	0,05	0,02	0%																			
	MM2	5	0,1%	199	0,0%	0,36	100,00	13,03	0,17	100%	0,29	0,35	0,62	0%																			
RIO DO MOINHO	MO1	4	0,0%	111	0,0%	0,30	100,00	6,66	0,10	100%	1,07	1,28	0,00	0%																			
	MO2	4	0,0%	111	0,0%	0,30	100,00	6,66	0,10	100%	1,07	1,28	0,00	0%																			
RIO CURRAL DAS ÉGUAS	CE1	131	1,6%	8.757	0,3%	0,67	100,00	0,00	0,10	100%	0,05	0,05	0,08																				
	CE2	66	0,8%	3.277	0,1%	0,50	100,00	21,07	0,02	100%	0,00	0,00	0,00	1%																			
ARROIO DA PRENSA	AP1	10	0,1%	2.509	0,1%	2,48	100,00	20,64	0,46	100%	0,20	0,24	0,19	9%																			
	AP2	52	0,6%	1.228	0,0%	0,23	100,00	4,93	0,06	100%	0,00	0,01	0,00	0%																			
RIO COTIA	CO1	36	0,4%	926	0,0%	0,26	100,00	6,37	0,11	100%	0,01	0,01	0,01	0%																			
	CO2	89	1,1%	2.154	0,1%	0,24	100,00	0,08	0,08	100%	0,01	0,01	0,00																				
RIO FAXINAL	FA1	68	0,8%	1.261	0,0%	0,19	100,00	1,68	0,06	100%	0,02	0,02	0,02	0%																			
	FA2	6	0,1%	702	0,0%	1,10	100,00	3,89	0,01	100%	0,04	0,04	0,03	4%																			
ARROIO ESPIGÃO	MM1	22	0,3%	509	0,0%	0,23	100,00	4,93	0,00	100%	0,04	0,05	0,02	0%																			
	MM2	5	0,1%	199	0,0%	0,36	100,00	13,03	0,17	100%	0,29	0,35	0,62	0%																			
RIO DO MOINHO	MO1	4	0,0%	111	0,0%	0,30	100,00	6,66	0,10	100%	1,07	1,28	0,00	0%																			
	MO2	4	0,0%	111	0,0%	0,30	100,00	6,66	0,10	100%	1,07	1,28	0,00	0%																			
RIO CURRAL DAS ÉGUAS	CE1	131	1,6%	8.7																													

Figura 8.7 – Síntese dos Indicadores do Diagnóstico



9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - Agência Nacional de Águas (2002) Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Agência Nacional da Água. Brasília: 2005. 134 p.
- ANA - Agência Nacional de Águas (2005) Diagnóstico da outorga de direito de uso de recursos hídricos no país - Diretrizes e prioridades. Agência Nacional da Água. Brasília, 2005. 67 p. + Anexos.
- BONACIM, E.A. (1996) Dinâmica do sistema hidrogeológico cárstico na área de Tranqueira. Tese de Mestrado. UFPR, 210p. Curitiba - UFPR.
- CAMPOS, H.C.N.S. (1993) Caracterização e cartografia das províncias hidrogeológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, Tese (Doutorado), IGc - USP. 177p.
- CAVICHIOLO, G. R. **Estudo da qualidade da água, com especialização através da aplicação de sistema de informação geográfica – SIG**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.
- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (1999). Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. Projeto CETESB – GTZ. Cooperação técnica Brasil – Alemanha. São Paulo, 385 p., 1999. Obs.: este manual está em contante atualização e capítulos ou versões mais atualizadas podem ser acessadas pelo sítio: <http://www.cetesb.sp.gov.br>.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo (2001). Valores orientadores para solos e águas subterrâneas do Estado de São Paulo. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/solo_geral.asp.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo (2005a). Inventário das áreas contaminadas do Estado de São Paulo - novembro de 2005. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo (2005b). Valores orientadores para solos e águas subterrâneas do Estado de São Paulo – atualização – novembro/2005. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf.
- COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (2002) Plano de Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo da Região do Karst na Região Metropolitana de Curitiba. Relatórios Finais 1 a 3. Curitiba, dezembro de 2002.
- COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (2007) PDI - Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Curitiba – minuta.
- CONEJO LOPES, M.F. (1994) Condições de ocorrência de água subterrânea nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari. Dissertação de Mestrado, UNICAMP.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (1989) Projeto levantamentos geológicos básicos do Brasil. São Paulo : DNP/CPRM, 1989. 25 cartas geológicas de compilação. Escala 1:50.000.
- EPA - Environmental Protection Agency (1998) NATO/CCMS Pilot Study – Evaluation of Demonstrated and Emerging Technologies for the Treatment and Clean Up of Contaminated Land and Groundwater. Phase II, Final Report, n. 219. EPA 542-R-98-001a. EPA, EUA. Disponível em: www.clu-in.com.
- ESSENCIS (2007) Informações sobre Central de Tratamento de Resíduos - CTR - Cidade Industrial de Curitiba. Obtidas em: http://www.essencis.com.br/quem_un_PR.asp. Curitiba, 2007.
- FERNANDES, C. V. S. et al. Bacias Críticas: Bases Técnicas para a definição de Metas Progressivas para seu Enquadramento - Relatório Parcial 10. 2006.
- FIORI, A.P. (1990) Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui a norte de Curitiba. Tese de livre docência. IG/USP - São Paulo. 261p. Ilust.
- FIORI, A.P. (1992) Tectônica e estratigrafia do Grupo Açungui – PR. Boletim IG-USP, Série Científica, 23:55-74.
- FIORI, A.P. (1994) Evolução geológica da Bacia Açungui. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, 42:1-27.
- FOSTER. S. S. D.; HIRATA, R.C.A. (1988) Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988. 78 p.
- HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; COIMBRA, A.M. (1975) The Ribeira Folded Belt. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo, 5(4): 257-66.
- IAP - Instituto Ambiental do Paraná (2007a) Situação atual da disposição final de resíduos sólidos municipais - municípios do Plano de bacias. Tabela com dados fornecida pelo IAP através da SUDERHSA.
- IAP - Instituto Ambiental do Paraná (2007b) Locais de disposição de resíduos sólidos diversos, atuais e desativados, nos municípios do Plano de Bacias. Tabela com dados fornecida pelo IAP através da SUDERHSA.
- IAP - Instituto Ambiental do Paraná. **Monitoramento de qualidade das águas dos reservatórios do estado do Paraná, no período de 1999 a 2004**. Curitiba, 2004. 13p + anexos.
- IAP - Instituto Ambiental do Paraná. **Monitoramento de qualidade das águas dos rios da região metropolitana de Curitiba, no período de 1999 a 2005**. Curitiba, 2005. p.79.
- JICA - Japan International Cooperation Agency. (1995) The Master Plan Study on the Utilization of Water Resources in Paraná State.
- JOANNEUM RESEARCH INSTITUT (2002) Relatório Conclusivo Final – Projeto Carste, SUDERHSA, Curitiba, agosto de 2002.
- LISBOA, A. A. (1997) Proposta de metodologia para Avaliação Hidrogeológica do Aquífero Cárstico, Compartimento de S. Miguel- Almirante Tamandaré- Curitiba, 141 p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/UFPR).
- LISBOA, A.A.; BONACIM, E.A. (1995) Sistema aquífero Cárstico. Reservatório elevado da Região Metropolitana de Curitiba. R. Técnica da SANEPAR, Curitiba, v.4, n.4, p. 26-30, abr/mai/jun. 1995.
- MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A. (2004) Plano Diretor de Mineração da Região Metropolitana de Curitiba (v.1) e Mapa geológico em escala 1:250.000 (v.2). Curitiba, 2004.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A. (2006a) Mapa geológico da Folha Curitiba. Curitiba, 2006. Escala 1:250.000.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A. (2006b) Mapa geológico da Folha Ponta Grossa. Curitiba, 2006. Escala 1:250.000.

- MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A. (2006c) Mapa geológico da Folha Mafra. Curitiba, 2006. Escala 1:250.000.
- MINEROPAR – Minerais do Paraná S.A.; COMEC - Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (1994) Mapeamento Geológico-Geotécnico na Região do Alto Iguaçu – Convênio Mineropar/Comec 04/93.
- PERH-PR - Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Paraná (2007) Diagnóstico das disponibilidades hídricas subterrâneas – parte B (Relatório Parcial de Andamentos). Curitiba, janeiro de 2007.
- PPART – Plano de Proteção Ambiental e Reordenamento Territorial. Curitiba, 2002.
- ROCHA, A. E. (1996). Hidrogeologia da Bacia Hidrográfica do Rio Pequeno. Tese de mestrado. UFPR. 156 p. Curitiba.
- ROSA FILHO et al. (1996) Considerações sobre aspectos físicos e hidráulicos da Formação Guabirotuba. Boletim Paranaense de Geociências. Curitiba, 1996.
- ROSA FILHO et al. (2002) Os aquíferos que contribuem no abastecimento da cidade de Curitiba-Paraná. Revista Águas Subterrâneas, n. 16, maio/2002. 6p.
- SANEPAR - COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ (1996) Estudos de Impacto Ambiental – EIA da Exploração do Aquífero Karst. Consórcio Dalcon-Proensi, Curitiba, novembro de 1996.
- SANEPAR – COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ (2005) Diagnóstico Preliminar dos Mananciais atuais e futuros do sistema integrado de abastecimento de água da região metropolitana de Curitiba, 2005.
- SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná (2007) Dados sobre condições de exploração de águas subterrâneas na Região Metropolitana de Curitiba e arredores. Tabelas com dados fornecidas, com dados de maio de 2007.
- SIEDLECKI, K. N. (1999) Perfil da indústria de rochas ornamentais. Curitiba : MINEROPAR, 1999. 37p , anexos.
- SIGRH - SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS (2001) Situação atual dos recursos hídricos das UGRHs do Estado de São Paulo. Site: <www.sigrh.sp.gov.br>
- SILVA, R. (2001) Identificação das áreas de recarga e descarga do aquífero carste na bacia do ribeirão da Onça e sua relação com o manancial de superfície, no município de Colombo-PR. (Dissertação de Mestrado – Ciências agrárias/UFPR).
- SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (1998) Atlas de Recursos Hídricos do Estado do Paraná. Curitiba: SUDERHSA, 1998.32 p.
- SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2006) Águas subterrâneas – encarte informativo. Série: Bacias hidrográficas do Paraná: uma série histórica. Curitiba: SUDERHSA.
- SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2007) Banco de dados de poços do Estado do Paraná. Tabela em Excel. Curitiba, maio de 2007.
- SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL - SUDERHSA. **Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu**. Curitiba, 2000.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. **Projeto Bacias Críticas** – Relatório parcial n° 10/2006. Curitiba, 2007.