



ESTUDO SÓCIO-ECONÔMICO

Projeto Piloto Ribeirão Preto – Brasil

1º. Relatório de Consultoria

PO # 169981

Henrique M. Leite Chaves
Consultor

Janeiro de 2008





Índice

1.	INTRODUÇÃO	03
2.	LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES E MARCOS PERTINENTES PARA O PRESENTE ESTUDO	05
	2.1. Plano de Gestão Local (PGL)	07
	2.2. Análise de Diagnóstico Trans-fronteiriço (ADT)	07
	2.3. Plano de Ação Local do Projeto Piloto (PALp)	08
	2.4. Marcos Legais, Administrativos e Institucionais na Área de Abrangência do Projeto Piloto	08
	2.5. Mapas Temáticos da Área do Piloto na Escala de 1:50.000	09
3.	ANÁLISE ECONÔMICA DO ESGOTAMENTO DE RECURSOS NÃO-RENOVÁVEIS	12
	3.1 Análise Intertemporal do Recurso	12
	3.2. Uso “Ótimo” do Recurso Não Renovável sob Concorrência Perfeita	13
	3.3 Uso Sustentável de um Recurso Parcialmente Renovável	15
	3.4 Implicações para a Gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos na Área do Projeto-Piloto SAG-R. Preto	17
4.	ESTIMANDO OS BENEFÍCIOS SOCIAIS ATRAVÉS DO PRINCÍPIO DO EXCEDENTE DO CONSUMIDOR (MARSHALL)	19
	4.1. Princípio do Excedente do Consumidor Marshalliano	19
	4.2. Excedente do Consumidor no Mercado de Abastecimento de Água	20
	4.3 O Excedente do Consumidor como Critério de Eficiência de Gestão de Abastecimento de Água	21
5.	O TRADE-OFF DE PARETO E SUA APLICAÇÃO NA OTIMIZAÇÃO A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	23





6.	DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO MULTI-CRITÉRIO PARA GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA ÁREA PILOTO R. PRETO.....	25
6.1.	Definição do Problema e Função Objetiva.....	25
6.2.	Minimização da Função Objetiva F.....	24
6.3.	Aplicação de Restrições aos Critérios.....	28
6.4.	Detalhamento dos Critérios da Função Objetiva do Modelo.....	29
6.5.	Normalização dos Critérios do Modelo.....	33
6.6.	Riscos e Incertezas do Modelo Multi-critério.....	34
7.	CENÁRIOS E HORIZONTES DO ESTUDO SÓCIO-ECONÔMICO.....	35
8.	ESTRATÉGIA PARA AS PRÓXIMAS ETAPAS DO ESTUDO SÓCIO-ECONÔMICO.....	36
9.	REFERÊNCIAS.BIBLIOGRÁFICAS.....	40
	ANEXO 1 – DEMONSTRATIVO DE GASTOS.....	41
	ANEXO 2 – COMPROVAÇÃO DE GASTOS.....	42





1. INTRODUÇÃO

Este é o 1º. Relatório Mensal de Consultoria do Estudo Sócio-Econômico do Projeto Piloto SAG-Ribeirão Preto (PO #169981), cujo objetivo principal é *“analisar com detalhe as dimensões sociais e econômicas das medidas de gerenciamento hídrico a serem implementadas para proteger as zonas de recarga do SAG, ameaçadas pela expansão urbana, agricultura intensiva e outras atividades que possam gerar riscos de sobre-exploração e contaminação da água subterrânea”*.

O Projeto Piloto R. Preto cobre uma área de 2.500 km² no nordeste do Estado de São Paulo, onde em cujo centro está a cidade de Ribeirão Preto, abrangendo outros 5 municípios vizinhos. Trata-se de uma região representativa do SAG no Estado de São Paulo e no Sudeste-Sul do Brasil, a qual apresenta um grande crescimento econômico e social, gerando impactos significativos para o aquífero Guaraní a ela subjacente. A estratégia do Projeto Guaraní é que os resultados obtidos nesse e em outros Estudos realizados na Área Piloto possam ser utilizados nas outras regiões do SAG (SG-Guarani, 2007).

Seguindo as orientações dos Termos de Referência do Estudo, bem como os marcos do Plano de Trabalho do consultor, serão apresentados, neste 1º. Relatório Mensal de Consultoria, os produtos parciais realizados no 1º. mês do Estudo.

Nesse sentido, neste 1º. Relatório foram revisados os principais documentos legais, técnicos, administrativos e institucionais relativos Área Piloto do Projeto, estabelecidos alguns cenários para a análise, desenvolvida uma análise econômica sobre a exploração de recursos esgotáveis, e proposto um modelo multi-critério sócio-econômico-ambiental, que permitirá uma análise de viabilidade de medidas propostas, visando o uso sustentável das águas subterrâneas do SAG na área do Projeto Piloto.

Procurou-se, nesse 1º. Relatório, dar ênfase à essas duas últimas atividades, pois delas dependerão uma série de outras atividades e produtos, havendo assim tempo hábil para obtenção do devido feedback dos interessados e os aperfeiçoamentos necessários a metodologia.

No presente momento, estão sendo levantadas as informações e mapas temáticos georreferenciados relativos à geologia, solos, topografia, uso da terra da área do Projeto Piloto, que permitirão a análise diagnóstica das áreas de recarga do SAG, bem como a proposição de um ordenamento territorial apropriado. Entretanto, em função do prazo necessário para levantá-las e compatibiliza-las, essas informações serão apresentadas nos Relatórios seguintes.





A participação do consultor na Reunião do PALp, em Novembro de 2007, na sede do DAEE de Ribeirão Preto, foi de grande utilidade para o levantamento preliminar dos principais problemas, impactos e possíveis alternativas para aumentar a sustentabilidade do uso do SAG na Área Piloto, e as principais conclusões dessa Reunião serão apresentadas nesse 1º. Relatório.

Nos próximos Relatórios também serão aprofundadas as análises relativas aos instrumentos legais, administrativos e institucionais, existentes e propostos, que possam assegurar a conservação da qualidade e quantidade do SAG na área do Projeto.

2. LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES E MARCOS PERTINENTES PARA O PRESENTE ESTUDO

No presente Relatório, foi feito uma compilação dos principais documentos e informações que servirão para o Estudo sócio-econômico e ambiental da área do Projeto Piloto R. Preto. O diagnóstico em si, entretanto, será objeto do 2º. Relatório, a ser elaborado oportunamente.

No tocante às informações relevantes para o presente Estudo, há dois grupos principais: aquele relativo estudos realizados no âmbito do Projeto Piloto R. Preto, tais como o Plano de Gestão Local (PGL) e a Análise de Diagnóstico Trans-fronteiriço (ADT), e aquele relativo aos marcos legais, institucionais e administrativos, tais como Leis, Decretos, Resoluções, Planos de Bacia etc. Esses documentos são apresentados a seguir.

2.1. Plano de Gestão Local (PGL)

Neste Plano, foi feito um diagnóstico preliminar da situação sócio-econômica e ambiental da área do Projeto Piloto, identificando os principais impactos relativos a quantidade e qualidade da água do aquífero, bem como as características sócio-econômicas da região.

Dentre as principais conclusões desse Estudo, destacam-se as seguintes (SG-Guarani, 2007):

- Existe uma numerosa quantidade de poços em exploração nos arenitos e basalto sobrejacente, onde já se evidenciam problemas de interferência entre os cones de depleção, incluindo rebaixamentos importantes nos níveis de alguns poços no centro da área urbana;
- Ao mesmo tempo, observa-se um aumento do risco de contaminação das águas subterrâneas por incremento de fontes potencialmente poluidoras instaladas sobre o aquífero;





- Dados da região piloto evidenciam exploração de vazões da ordem de $95.700.000 \text{ m}^3/\text{ano}$, 13 vezes superior à recarga direta de chuva ($7.168.127 \text{ m}^3$). De acordo com as informações atuais, o uso de água é de 348 l/habitante.dia, o que é considerado elevado;
- Houve um significativo rebaixamento da superfície piezométrica nos últimos 20 anos, com a formação de um cone de depressão sob a região central do perímetro urbano do Ribeirão Preto de cerca de 60 m de profundidade;
- Existe uma quantidade substancial de informação quantitativa dos recursos hídricos subterrâneos desde os anos 70, alguns dispersos entre as várias organizações;
- Dos cerca de 800 poços profundos na área do Projeto Piloto, 370 estão na cidade de Ribeirão Preto, sendo muitos deles poços sem a devida outorga de uso;
- A Lei Estadual de Recursos Hídricos, apoiada pela Política Nacional de Recursos Hídricos, resoluções especiais do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e decretos municipais de Ribeirão Preto, estabelecem diversas orientações para o gerenciamento e proteção do recurso hídrico subterrâneo. Porém, observa-se que é necessária uma cooperação institucional mais ampla para a integração, uso e aplicação de um processo efetivo de gestão.

Em relação a iniciativas locais visando uma gestão mais holística e integrada, o PGL menciona as seguintes (SG-SAG, 2007):

- O Comitê de Bacia do rio Pardo (CBHP) está desenvolvendo ações para promover a gestão da demanda de água para abastecimento urbano, aumento da eficiência no uso industrial da água utilizada, visando reduzir a carga de poluentes no sistema da bacia do rio Pardo.
- A Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SMA/SP) (em cooperação técnica com Estado da Baviera, Alemanha) desenvolveram proposta de delimitação de zonas de proteção dos poços e das fontes de poluição e estruturou um sistema unificado de informações hidrogeológicas na zona de Ribeirão Preto.
- Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) mantém uma rede de monitoramento limitada, que fiscaliza os níveis e a qualidade da água subterrânea e que abrange 6 perfurações para produção no aquífero Guaraní dentro da área de Ribeirão Preto. Há uma necessidade de ampliar esta rede e desenvolver maneiras de assegurar que a água





subterrânea mais profunda, que está armazenada no aquífero, e as águas que ingressam por recarga sejam adequadamente monitoradas.

2.2. Análise de Diagnóstico Trans-fronteiriço (ADT)

As conclusões do ADT são semelhantes às aquelas do PGL, tais como (SG-Guarani, 2007b):

- Diminuição do nível freático em 60m, sendo praticamente eliminadas em algumas áreas a descarga natural para as correntes superficiais de água;
- Alguns cursos d'água que anteriormente eram efluentes, agora são afluentes;
- A extração de água subterrânea excede a recarga local atual do aquífero;
- Aumento progressivo dos custos de operação dos poços;
- Diminuição da produtividade dos poços;
- Perda do confinamento da água subterrânea em alguns poços.

A ADT também fez proposições para ações futuras, dentre as quais se destacam (SG-Guarani, 2007):

- Promover o planejamento do uso do solo em área de recarga;
- Avaliar os riscos que as atividades de saneamento, industriais e agrícolas representam para a água subterrânea,
- Identificar medidas para diminuir a demanda de água em 20-30%;
- Produzir água subterrânea nas áreas confinadas para substituir as fontes com risco elevado de contaminação e para atender a crescente demanda de água;
- Desenvolvimento de modelo numérico para integrar dados existentes;
- Necessidade de pesquisa e monitoramento;
- Avaliar possíveis cenários de exploração e gestão;
- Facilitar o diálogo entre grupos interessados e autoridades.





2.3. Plano de Ação Local do Projeto Piloto (PALp)

Um dos subprodutos mais importantes do PGL é aquele representado pelo PALp (Plano de Ação Local do Piloto). O PALp é formado por representantes dos governos federal, estadual e local, gestores, usuários de água, sociedade civil, e visa estabelecer critérios e prioridades de ação para a gestão da água do SAG na área do Projeto Piloto.

O PALp é elaborado e coordenado pela Comissão de Ações Locais do Piloto, a qual realiza reuniões periódicas com os stakeholders locais, buscando aperfeiçoar o processo de gestão do SAG na área do Piloto.

2.4. Marcos Legais, Administrativos e Institucionais na Área de Abrangência do Projeto Piloto

Dentre os marcos legais, administrativos e institucionais que abrangem a área do Projeto Piloto R. Preto, e que nortearão ações e medidas de gestão para atender os objetivos supramencionados, estão os seguintes:

- Constituição Federal: Em seus artigos 20-22, trata da propriedade da água (pública) e da dominialidade dos recursos hídricos;
- Lei 9.433/97: Estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos), regulamentando a Constituição Federal, e estabelece diretrizes, objetivos, e instrumentos de gestão, destacando-se a outorga e a cobrança pelo uso de água bruta e pelo lançamento de efluentes;
- Constituição do Estado de São Paulo (1989): Em seus artigos 205-213, estabelece diretrizes e instrumentos visando a conservação dos recursos hídricos estaduais, incluindo a conservação e proteção das águas subterrâneas;
- Política Estadual de Recursos Hídricos de S. Paulo: estabelecida pelas Lei No. 7.663/91, (PERH), Lei No.12.183/05 e Decreto No. 50.667/06 (Cobrança do uso da água), Decreto No. 36.787/93 (Conselho Estadual de R. Hídricos); e Decreto No. 48.896/04 (Fundo Estadual de R. Hídricos).
- Lei Estadual 6.134/88 e Decreto Estadual nº 32.955/91: estabelece critérios e normas de delimitação de áreas de restrição e controle
- Resolução CRH Nº 52/2005: define diretrizes e procedimentos para implantação áreas de Restrição e Controle de aquíferos
- Plano Diretor Municipal de Ribeirão Preto/1995 e Código do Meio Ambiente do Município de Ribeirão Preto/2004: estabelecem diretrizes para a gestão do uso do solo





- Decreto Municipal No. 117/07: Estabelece as tarifas de água e esgoto em R. Preto, de acordo com o tipo de uso (residencial, industrial, comercial e público), e em função do consumo de água (m³/mês).
- Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (UGRHI-4): Diagnóstico e plano de gestão de recursos hídricos superficiais e subterrâneos da bacia do R. Pardo, que abrange a área do Projeto Piloto R. Preto.
- Resoluções do CBH-Pardo: Resoluções aprovadas pelo plenário do CBH-Pardo que têm implicações importantes para a sustentabilidade da água do SAG, na área do Projeto. Dentre essas, destaca-se a
- Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de SP: Diagnóstico das disponibilidades e demandas de água no Estado, análise de vulnerabilidade dos recursos hídricos à degradação, proposição de unidades de conservação e áreas de proteção de mananciais, metas e programa de investimentos, indicadores e diretrizes futuras;
- Deliberação CRH No. 65/2006: estabelece zonas de restrição de perfuração de poços na cidade de Ribeirão Preto.

Além dos documentos acima, há uma série de informações técnicas, científicas e administrativas, tais como o cadastro de poços profundos do DAEE e do DAERP, teses de mestrado e doutorado, papers etc. que contém informações relevantes sobre os recursos hídricos e sobre os aspectos técnicos, econômicos e sociais da área piloto.

2.5. Mapas Temáticos da Área do Piloto na Escala de 1:50.000

Alguns mapas temáticos serão fundamentais para a análise diagnóstica georreferenciada do risco das áreas de recarga do SAG, na área do Projeto Piloto. O risco de poluição das áreas de recarga será feito através da metodologia de Foster et al. (2002), e envolverá o cruzamento da vulnerabilidade do aquífero com o impacto potencial (vide item 6.4 abaixo).

Dentre esses estão as cidades, o tipo de uso do solo, incluindo as fontes de poluição, as infra-estruturas de edificação e estradas, as curvas de nível do terreno, a pedologia, a geologia e o mapa do nível piezométrico da água subterrânea.

Excetuando-se os três últimos (geologia, solos e piezometria) os mapas foram disponibilizados em formato *shape* pela Secretaria do Projeto Guaraní. Espera-se que eles sejam disponibilizados nos próximos meses.

Alguns desses mapas são apresentados a seguir.



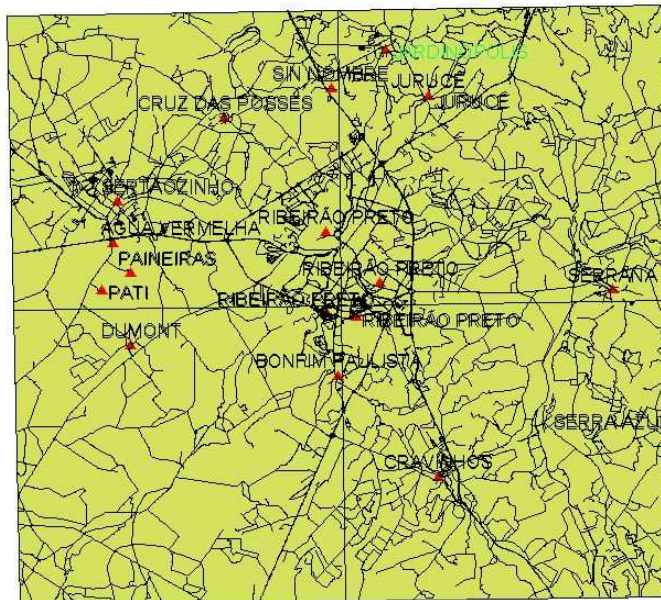


Figura 1. Área do Projeto Piloto R. Preto, mostrando a infra-estrutura viária e as cidades.

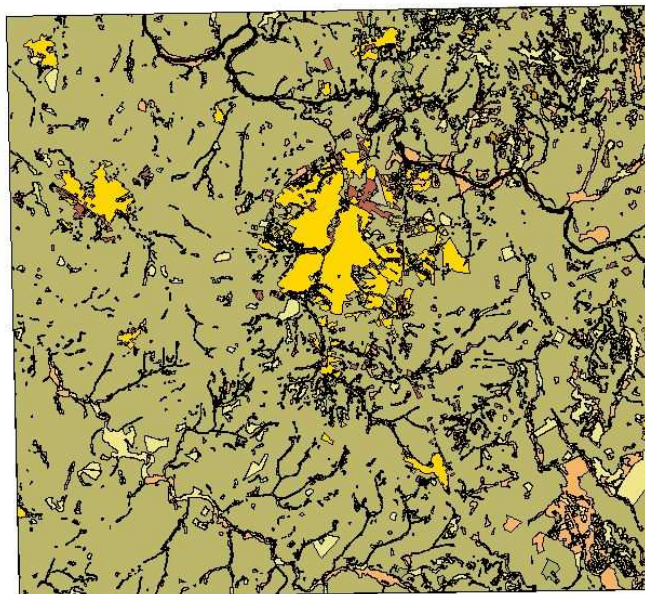


Figura 2. Área do Projeto Piloto R. Preto, mostrando o tipo de uso do solo.



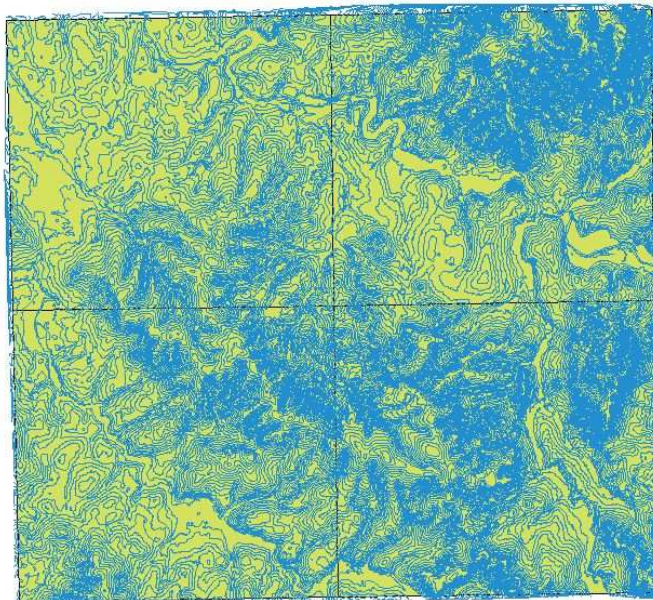


Figura 3. Área do Projeto Piloto R. Preto, mostrando as curvas de nível do terreno.

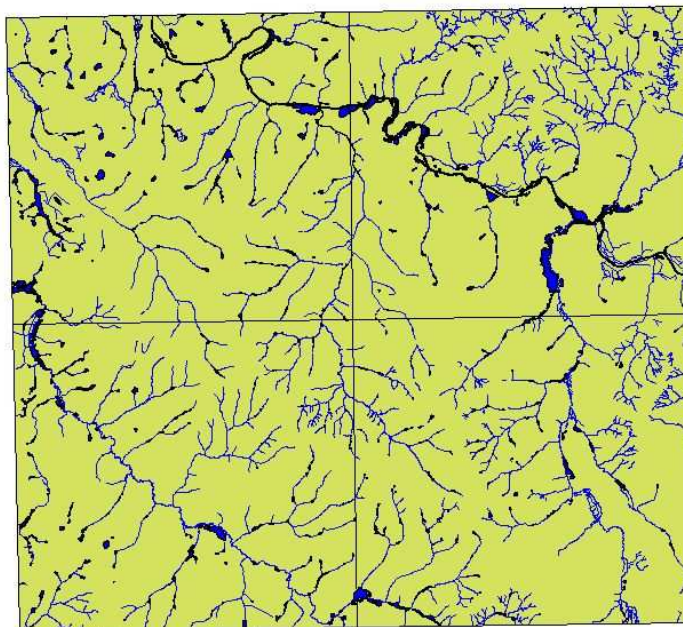


Figura 4. Área do Projeto Piloto R. Preto, mostrando hidrografia.





3. ANÁLISE ECONÔMICA DO ESGOTAMENTO DE RECURSOS NÃO-RENOVÁVEIS

Neste item, que juntamente com o modelo multi-critério é o tema central desse Relatório, é feita uma análise sócio-econômica da água subterrânea, para posterior desenvolvimento da análise de viabilidade das medidas de gestão propostas para a área do Projeto Piloto.

Inicialmente, é feita uma análise intertemporal de recursos não renováveis, seguido da estimativa de benefícios sociais de medidas, e finalmente de um modelo multi-critério para a área do Projeto.

3.1. Análise Intertemporal do Recurso

Considerando-se que a recarga anual da água subterrânea na área do Projeto Piloto SAG-R. Preto representa somente 1/13 do volume explotado anualmente (Campos, 2006), e que a idade da água do SAG na área ultrapassa os mil anos, e tendo em vista que os reflexos dessa exploração não sustentável (tais como o rebaixamento do nível potenciométrico do SAG na região urbana de R. Preto) já são notórios, não seria incorreto tratar o problema da água subterrânea da Área Piloto como o de esgotamento de recursos não (ou parcialmente) renováveis.

Na Economia Ambiental, o tratamento desse tipo de recurso é feito através de uma análise intertemporal, avaliando as implicações futuras do uso atual do recurso.

Em situações de recursos não ou parcialmente renováveis, a fronteira de produção intertemporal aparecerá como mostra a Figura 5 abaixo. O acervo total do recurso, $Q=ab$, poderia ser usado no período atual (geração atual), ou no futuro (futuras gerações). A disponibilidade futura do recurso (Q_{t+1}) será sempre igual ao acervo total (Q) menos o uso atual (Q_t), ou seja (Pearce, 1985):

$$Q_{t+1} = Q - Q_t \quad [1]$$



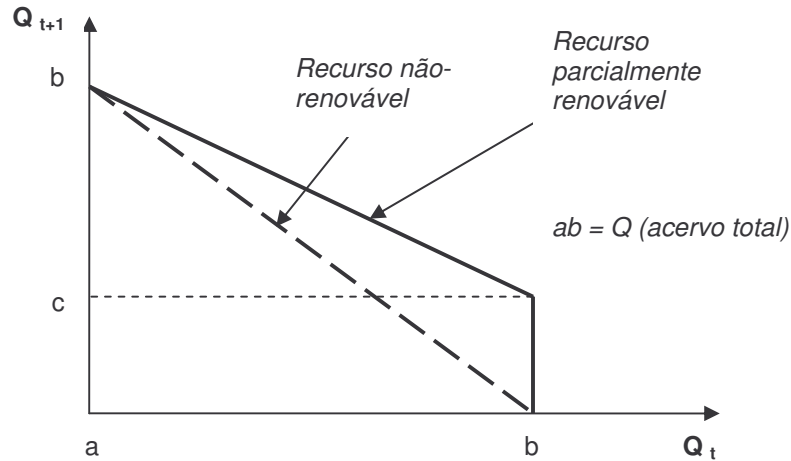


Figura 5. Fronteiras de produção intertemporal de recursos não ou parcialmente renováveis (adaptado de Pearce, 1985).

No caso do recurso parcialmente renovável, haverá uma quantidade ac , que permanece disponível para o período seguinte. A transferência intertemporal do recurso de um ano para outro depende do armazenamento, que pode ser natural ou induzido.

Da equação [1] e da Figura 5, conclui-se que quanto mais recurso for explorado em um dado tempo t , menos recurso restará para o futuro, chegando-se ao esgotamento total do recurso em um tempo finito, T , no caso do recurso não renovável, e à uma quantidade $ac < ab$, no caso de um recurso parcialmente renovável.

3.2. Uso “Ótimo” do Recurso Não Renovável sob Concorrência Perfeita

Seguindo-se a orientação de Pearce (1985), estabeleceremos uma função de bem-estar social intertemporal, que traduz a conveniência relativa da distribuição do consumo do recurso entre diferentes períodos de tempo, a qual permite identificar as quantidades do recurso não renovável que devem ser consumidas em cada período (uso ótimo do recurso).

Trata-se de um problema de maximização restringida da utilidade, com a inclusão do tempo na análise. Se tomarmos as fronteiras de produção do recurso não renovável da Figura 1 e a ela superpusermos uma função de bem-estar social (BS), obteremos o diagrama apresentado pela Figura 6.



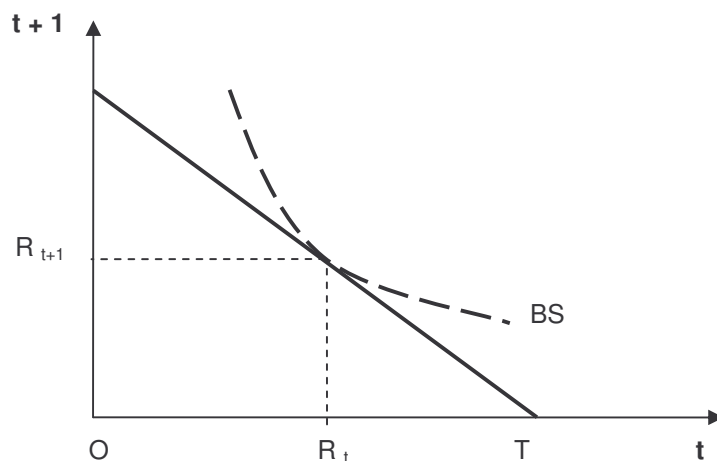


Figura 6. Uso ótimo de um recurso não renovável (adaptado de Pearce, 1985)

Pela Figura 6, observa-se que a distribuição ótima de um recurso durante os períodos de tempo t e $t+1$ é dada pelas quantidades OR_t e OR_{t+1} , respectivamente.

Considerando-se que, sob condições restritivas, uma economia de concorrência perfeita utilizará os recursos de tal forma que se obtenha um ótimo de Pareto¹, mesmo em situações intertemporais. Sob essas condições ideais, e em um mundo onde o futuro seja certo, um produtor (dono dos recursos) será indiferente entre a obtenção de uma unidade de benefício do recurso agora e a obtenção de $(1+r)$ unidades dentro de um ano, sendo r a taxa de juros prevalente na economia. Em outras palavras, ele se interessará pelo valor presente dos benefícios e não por sua magnitude absoluta, independente do momento em que ocorram (Pearce, 1985).

Nessas condições, o benefício B da utilização do recurso ao longo dos anos será dado por:

$$B = (P_0 - C_0) + (P_1 - C_1) / (1+r) + (P_2 - C_2) / (1+r)^2 + \dots + (P_T - C_T) / (1+r)^T \quad [2]$$

¹ Uma situação econômica é ótima no sentido de Pareto se não for possível melhorar a situação, ou, mais genericamente, a utilidade, de um agente sem degradar a situação ou utilidade de qualquer outro agente econômico.





Onde P é o preço do recurso terminado, C é o custo marginal da extração do recurso do ambiente, r é a taxa de juros, a diferença $(P - C)$ é o lucro, e T é o tempo onde se esgota o recurso.

Um dos resultados da maximização da expressão [2] é o seguinte (Pearce, 1985):

$$P_0 - C_0 = (P_1 - C_1) / (1+r) = (P_2 - C_2) / (1+r)^2 = (P_T - C_T) / (1+r)^T \quad [3]$$

Ou seja, sob condições de concorrência perfeita, o valor presente da contribuição marginal do recurso aos benefícios deve ser igual em cada ponto do tempo. Considerando-se que a maximização acima é, por definição, um ótimo de Pareto, e que este ocorre quando se incorpora nos custos de produção o valor da externalidade ambiental, essa condição também atende a utilização socialmente ótima do recurso ao longo do tempo (Pearce, 1985).

No caso de o recurso ser explorado em condições não ideais, como aquela sob monopólio, os monopolistas tenderiam a restringir a produção e manter os preços mais altos do que aqueles sob condições de concorrência perfeita. Nesse caso, o grau de uso dos recursos sob monopólio (ou oligopólio) seria inferior ao ótimo sob condições de concorrência perfeita.

Em qualquer caso, entretanto, um detalhe muito importante que deve ser sempre considerado é o fato de que o tempo T de utilização de recursos não renováveis é finito e, portanto, a quantidade do recurso a ser usada num certo tempo (Q_t) deve ser definida de forma criteriosa, visando maximizar a duração T .

3.3. Uso Sustentável de um Recurso Parcialmente Renovável

No caso de aquíferos com alguma renovação (recarga), porém em níveis inferiores à taxa de exploração, como é o caso da Área Piloto do SAG-R. Preto, não será difícil concluir que, para que haja sustentabilidade de sua utilização ao longo do tempo, é necessário que o uso não ultrapasse a recarga.

Essa taxa de uso é definida na literatura como “*safe yield*” ou produção sustentada de poços (Linsley, et al., 1982), e é obtido através do balanço hídrico da região:

$$G = P - Q_s - E_t + Q_g - \Delta S_g - \Delta S_s \quad [4]$$

Onde G é a produção “sustentável” do poço, P é a precipitação, E_t é a evapotranspiração, Q_g é a contribuição subterrânea, e ΔS_g e ΔS_s são as variações no armazenamento do solo e do aquífero, respectivamente.





Em essência, a equação [4] indica que a taxa de uso sustentável de água subterrânea é igual à recarga efetiva do aquífero. Apesar de essa metodologia ser criticada nos últimos anos (por ser pouco conservadora), ela é ainda usada em vários países. Entretanto, o próprio Theis (1940) reconheceu muito antes que “a *recarga natural menos a descarga natural dos aquíferos é igual a zero*”, ou seja, que a recarga cumpre a importante função de manutenção das vazões dos rios.

A sobre-exploração dos aquíferos dos EUA, em níveis superiores à taxa G , levou a retração de vários cursos d’água no Meio-Oeste, tais como demonstrado pela hidrografia do estado do Kansas, entre 1961 e 1994 (Figura 7):

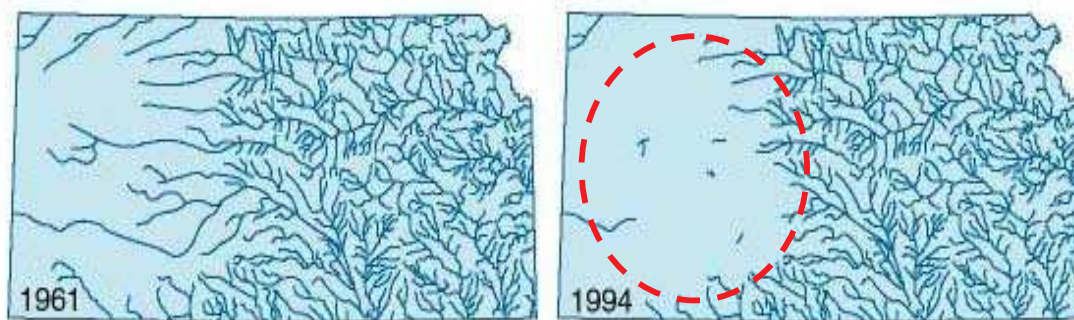


Figura 7. Retração da rede hidrográfica do estado do Kansas entre 1961 e 1994, em função da sobre-exploração dos aquíferos.

Voltando à análise econômica do uso ótimo do recurso parcialmente renovável, como é o caso do aquífero Guaraní na Área Piloto do Projeto R. Preto, deve-se buscar um novo nível de uso ótimo que permita a sustentabilidade do recurso a longo prazo, isto é, permitir apenas um nível de exploração menor ou igual a G (dado pela equação [4]).

Suponhamos inicialmente que um produtor explore o recurso em um nível G . Supondo que o balanço hídrico [4] é válido, o recurso tenderá a ser renovável, sendo o novo uso ótimo igual à sua taxa de renovação. No diagrama da Figura 1, este uso (R'_t), é igual à quantidade ac .

Neste caso, o bem estar social do novo nível de uso ótimo (BS') será inferior ao do bem estar social do uso ótimo anterior (BS), em função de menores taxas de uso do recurso, em um dado tempo t (ou seja, $R'_t < R_t$). Entretanto, essa redução de uso e de bem estar social possibilitará que o recurso seja usado indefinidamente, ao contrário da situação não ou parcialmente renovável (Figura 8).



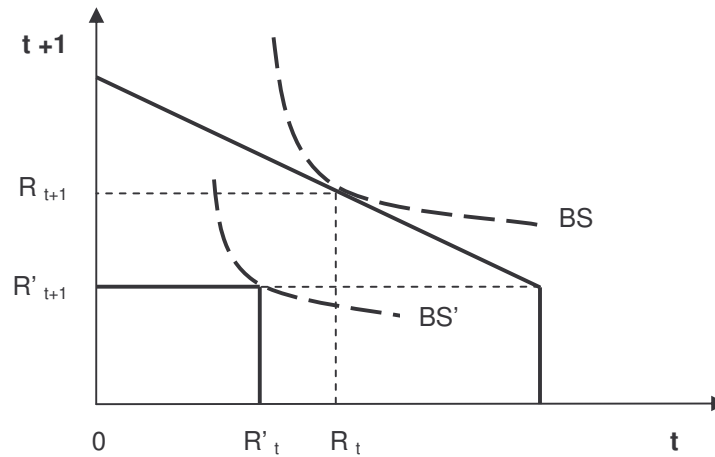


Figura 8. Usos ótimos e níveis de bem estar social (BS e BS') de recursos parcialmente e totalmente renováveis, respectivamente.

Da mesma forma que no caso anterior, e supondo concorrência perfeita, o valor presente da contribuição marginal do recurso aos benefícios será o mesmo, independentemente do tempo. Entretanto, os usos ótimos futuros da situação não renovável (R_{t+1}), que eram decrescentes no caso do recurso não ou parcialmente renovável, serão, no caso renovável (R'_{t+1}), constantes ao longo do tempo.

3.4. Implicações para a Gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos na Área do Projeto-Piloto SAG-R. Preto

As implicações da análise econômica acima para a gestão de recursos hídricos subterrâneos, como os do SAG na área do Projeto Piloto R. Preto, são as seguintes:

- Considerando que a taxa de recarga do SAG na área do Projeto Piloto representa aproximadamente 1/13 dos atuais níveis de exploração do aquífero, este pode ser considerado como um recurso parcialmente renovável;
- Se esse nível de exploração continuar, o recurso será esgotado em um tempo finito T , ainda não definido, pois para isso é necessário conhecer-se valor do acervo total, Q (equação [1]). O significativo rebaixamento do nível potenciométrico na área urbana de Ribeirão Preto nos últimos 20 anos é uma evidência disso;





- Apesar de os benefícios sociais de uma água de alta qualidade, com baixos custos de captação e tratamento e (ainda) relativa abundância serem hoje elevados na área do Projeto Piloto SAG-R. Preto, esses benefícios tenderão a cessar com o esgotamento do recurso;
- Para garantir a sustentabilidade do recurso no futuro, as taxas de exploração devem ser reduzidas ao valor de sua renovação (recarga);
- Essa redução no uso de água subterrânea resultará em uma perda de bem-estar social, que será proporcional à redução do uso. Entretanto, se a exploração for feita numa taxa equivalente à recarga, esse reduzido bem-estar social tende a ser sustentável ao longo do tempo;
- Para atender a demanda de água reprimida com essa redução de uso do aquífero, seria necessária a utilização de outras fontes de água, tais como a superficial. Isso será objeto de uma análise específica, posteriormente;
- Além do enfoque de produção sustentável de poços (*safe yield*, G) ser questionável, não há garantias de que os termos do lado direito da equação [4] serão estacionários no futuro, particularmente no caso de mudanças climáticas. Isso pode levar a uma redução ainda maior do valor de G .





4. ESTIMANDO OS BENEFÍCIOS SOCIAIS ATRAVÉS DO PRINCÍPIO DO EXCEDENTE DO CONSUMIDOR (MARSHALL)

4.1. Princípio do Excedente do Consumidor Marshalliano

Na economia do bem-estar social, o princípio do excedente do consumidor, desenvolvido por A. Marshall, é frequentemente usado como um indicador de eficiência de política econômica (Wikipedia, 2008). Esse excedente é definido como o benefício obtido pelos consumidores de um certo bem comprado a um valor menor do que eles estariam dispostos a pagar (Marshall, 1980).

Graficamente, o excedente do consumidor é a área (sombreada) do triângulo abaixo da curva de demanda e acima do preço de equilíbrio (P_o), em um diagrama oferta-demanda (Figura 9). Nessa Figura, quanto maior a área do triângulo, maior será o excedente (benefício) obtido pelo consumidor, e vice-versa.

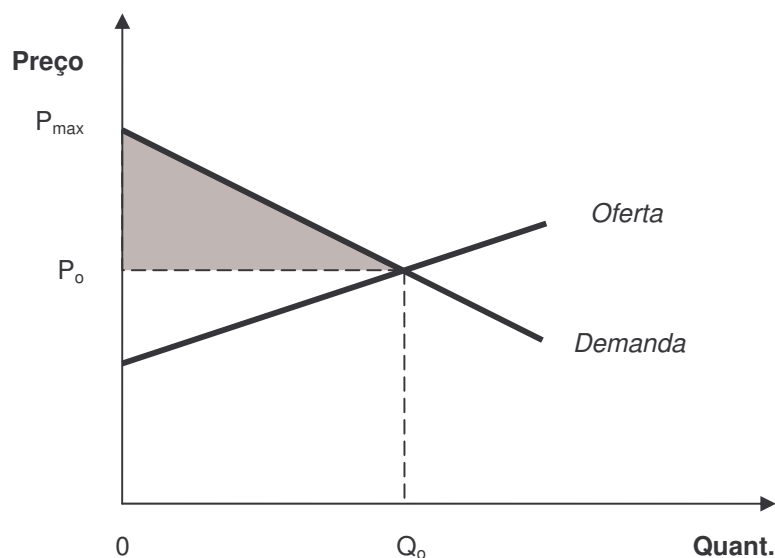


Figura 9. Excedente do consumidor marshalliano (área sombreada) em uma situação de concorrência perfeita.

A Figura 5 representa uma situação de concorrência perfeita, onde há vários consumidores e vários produtores de um certo bem ou serviço, sendo o preço praticado aquele resultante do cruzamento das curvas de oferta e demanda.





Nessa Figura, P_{\max} representa o preço máximo que os consumidores pagariam pelo bem em uma situação de sua escassez absoluta no mercado.

4.2. Excedente do Consumidor no Mercado de Abastecimento de Água

Uma vez que a infra-estrutura de captação, tratamento, armazenamento e distribuição de água tratada requer altos investimentos, e como a água é um serviço indispensável e com demanda elástica (Linsley & Franzini, 1978), a maioria das empresas de abastecimento é pública ou, se privadas, são fortemente reguladas pelo poder público. Isso dificulta ou mesmo impede a entrada de outros fornecedores no mercado, criando condições de monopólio.

Nessa situação, a oferta, em um determinado tempo, é fixa, e o preço da água frequentemente segue a planilha de custos de produção de água, principalmente se a empresa for pública. Entretanto, o excedente do consumidor nessa condição (monopólio) é obtido de maneira semelhante à do caso de concorrência perfeita. A área sombreada da Figura 10 mostra o excedente do consumidor nessa situação, onde a oferta fixa de água, em um determinado tempo, é Q_0 .

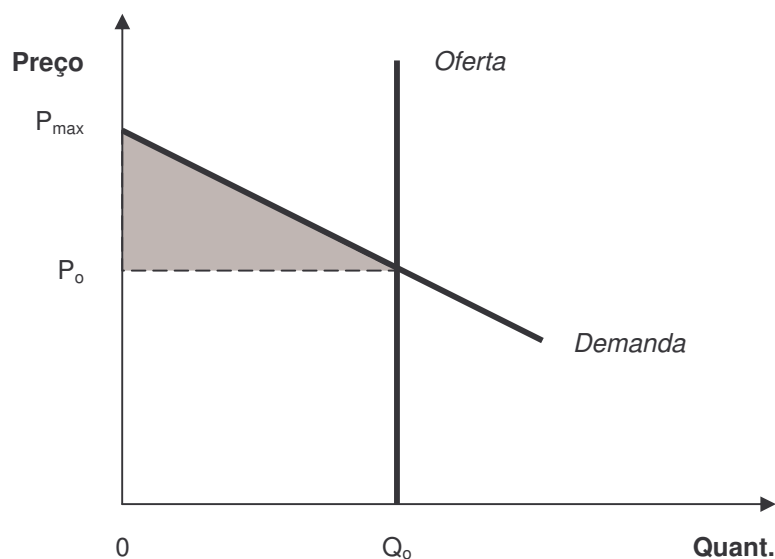


Figura 10. Excedente do consumidor (área sombreada) em uma situação de monopólio, tal como o caso do abastecimento de água de uma cidade.





4.3. O Excedente do Consumidor como Critério de Eficiência de Gestão de Abastecimento de Água

Em uma situação de abastecimento de água de uma cidade, como é o caso de Ribeirão Preto e das cidades vizinhas na região do Projeto Piloto, o excedente do consumidor, que representa o benefício social em uma certa situação, pode ser usado um critério de eficiência de gestão.

No caso específico da água tratada, quanto maior o excedente do consumidor, mais recursos sobrarão para que ele gaste em outros bens e serviços, e vice-versa. Dessa forma, partindo-se da Figura 10, serão examinados alguns cenários de gestão que influenciam o excedente do consumidor (EC), proposto aqui como critério de eficiência de gestão.

A) Variação da Oferta de Água

Primeiramente, se examinará o efeito do aumento da oferta de água para uma cidade, em função da ampliação do sistema ou da redução das perdas. Isso é mostrado na Figura 11 abaixo. Nessa Figura, observa-se que, com o aumento da oferta de água, de Q_0 para Q_1 , há um aumento do excedente do consumidor (ΔEC), representado pela área do trapézio ABP_1P_0 , sendo A e B os pontos de equilíbrio nas ofertas Q_0 e Q_1 , respectivamente. O mesmo raciocínio valeria para uma redução da oferta (de Q_1 para Q_0), ou seja, haveria uma redução do excedente do consumidor, correspondente a ΔEC .

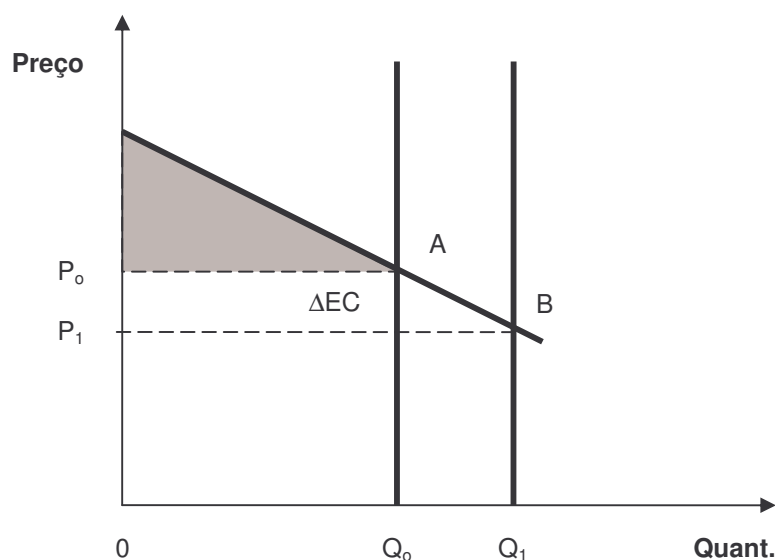


Figura 11. Variação do excedente do consumidor em função da variação da oferta de água.





B) Variação do Preço da Água

No caso de haver um aumento de tarifa de água, resultante de um novo imposto ou taxa, sem que haja uma variação na quantidade de água ofertada, o excedente do consumidor também variará, conforme mostra a Figura 11.

Na Figura 12, a redução do excedente do consumidor (ΔEC), resultado do aumento do preço da água de P_0 para P_1 , é representada pela área do trapézio ABP_0P_1 . Um raciocínio semelhante vale para a redução do preço, ou seja, haverá um aumento do excedente do consumidor e, portanto, do benefício social.

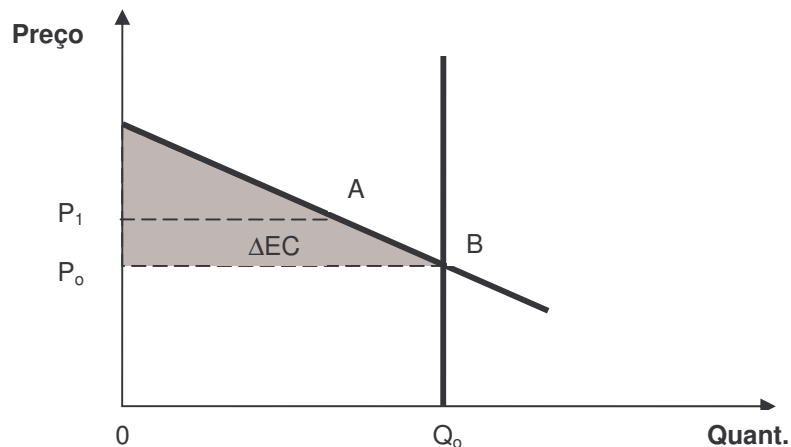


Figura 12. Variação do excedente do consumidor em função do aumento do preço da água.

C) Variação da Demanda de Água

O terceiro caso é aquele relativo à variação da demanda pela água tratada. Nesse caso, a curva de demanda original (D_0), pode aumentar ou diminuir, em função de um aumento de consumo per capita ou de um programa de redução de consumo, respectivamente. A Figura 13 mostra o efeito da variação da demanda de água sobre o excedente do consumidor.



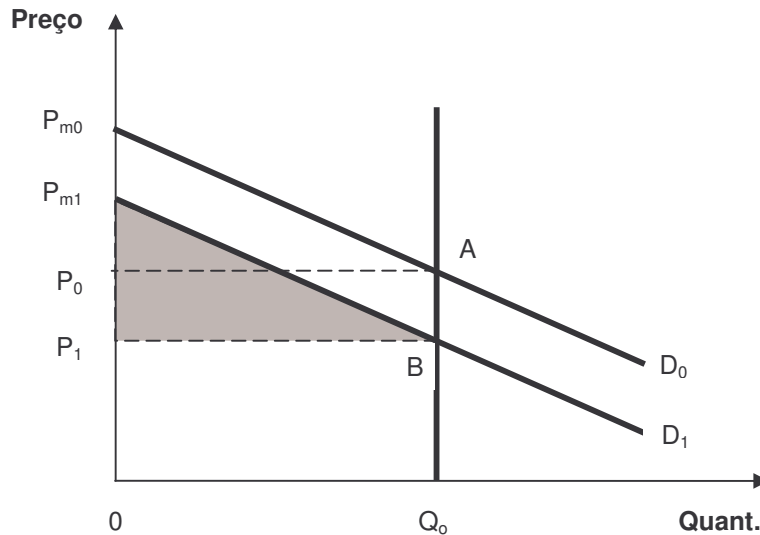


Figura 13. Variação do excedente do consumidor em função da variação da demanda.

Nesse caso, a demanda original, que era D_0 , diminuiu para D_1 , em função de uma campanha educativa, etc. Entretanto, como pode ser visto pela Figura 13, o excedente do consumidor, permaneceu o mesmo em ambos os casos.

Na demanda anterior (D_0), o excedente do consumidor era dado pela área do triângulo AP_0P_{m0} , e na demanda reduzida (D_1), o excedente é dado pela área do triângulo BP_1P_{m1} , igual a do caso anterior. Supôs-se aqui que a curva de demanda reduzida é paralela a curva original, ou seja, apresentando a mesma elasticidade.

5. O TRADE-OFF DE PARETO E SUA APLICAÇÃO NA OTIMIZAÇÃO A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Conforme definido anteriormente, ótimo de Pareto é uma medida de eficiência em problemas de otimização com múltiplos critérios. Esses problemas são aqueles em que há dois ou mais critérios que devem ser maximizados ou minimizados ao mesmo tempo, os quais apresentam diferentes unidades, e não há um fator de conversão que os coloque na mesma medida (Rodrigue, 2007).

No caso da gestão de recursos hídricos, esse tipo de problema é comum nos processos de alocação de água entre diferentes tipos de usuários, de dimensionamento de obras, de seleção de alternativas de projetos etc.





Uma solução é considerada um ótimo de Pareto quando ela não pode ser melhorada sem piorar um dos critérios. Por outro lado, uma solução não é um ótimo de Pareto se um critério puder ser melhorado sem piorar os outros.

O *trade-off* de Pareto pode ser visualizado em um gráfico bidimensional, onde se busca minimizar, simultaneamente, dois critérios diferentes, A e B (Figura 14).

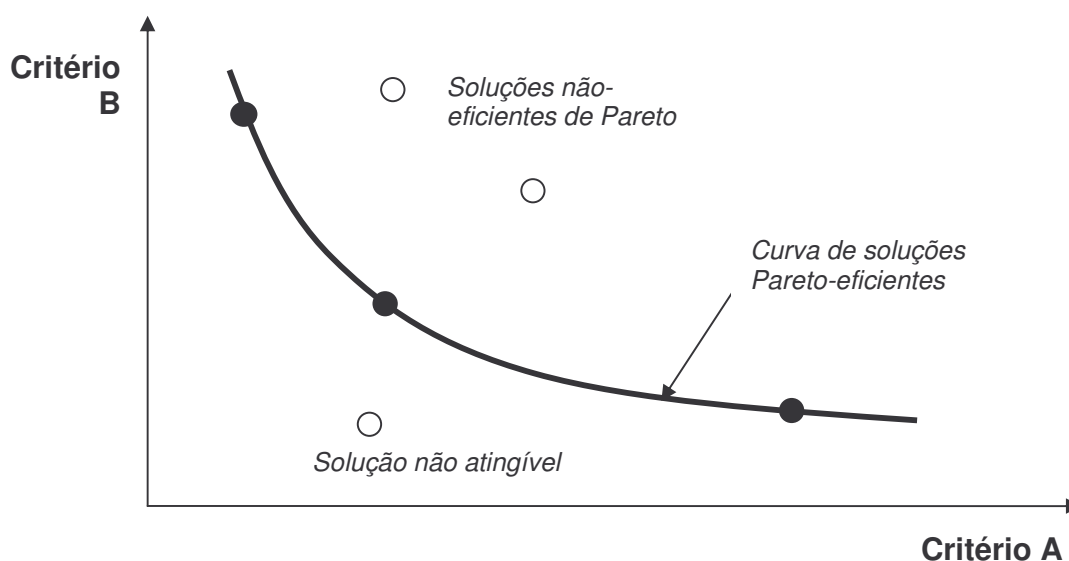


Figura 14. Soluções ótimas e não ótimas de Pareto, em um problema de minimização simultânea de dois critérios (adaptado de Rodrigue, 2007).

Por essa curva, observa-se que, para uma melhoria (redução) no nível do Critério A, ocorre um aumento no Critério B, e vice-versa, sem, entretanto, haver uma piora ou melhora no conjunto dos dois critérios. A curva definida pelos pontos sólidos na Figura 14 é a Pareto-eficiente. Abaixo da curva existe uma solução não atingível, pois ela está abaixo dos valores mínimos possíveis para os critérios. A escolha da solução ideal, ao longo da curva de Pareto, caberá ao analista, depois de considerar os aspectos relativos ao problema (*trade-off*).

Quando há vários critérios a serem otimizados ao mesmo tempo (maximizados ou minimizados), o processo se torna não trivial. Para facilitá-lo, pode-se buscar otimizar um dos critérios, estabelecendo-se restrições para os outros critérios (Lepikult, 1999).





6. DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO MULTI-CRITÉRIO PARA GESTÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA ÁREA PILOTO R. PRETO

Em função dos objetivos do Termo de Referência e da Proposta de Consultoria para o Estudo Sócio-Econômico do Projeto Piloto SAG-R. Preto, bem como das considerações e conclusões acima, buscou-se desenvolver um modelo multi-critério de análise de alternativas de gestão da água na área do Projeto Piloto SAG-R. Preto, o qual poderá ser aplicado a outras regiões semelhantes sob o domínio do Aquífero Guaraní.

Esse modelo visa dar aos usuários, gestores e *stakeholders* da área do Projeto Piloto uma ferramenta que permita a identificação de soluções eficientes para os problemas de gestão da quantidade e qualidade de água do SAG, de uma maneira objetiva e transparente.

Como o modelo deverá ser usado por um público variado, com diferentes capacidades técnicas, ele deve ser suficientemente simples para permitir o seu entendimento e aplicação. Além disso, os critérios e indicadores selecionados devem permitir sua fácil estimativa, serem transparentes e terem significado.

Além disso, o modelo deve permitir que as soluções obtidas, a partir de um elenco de alternativas possíveis, apresentem uma sustentabilidade sócio-econômico-ambiental, pois ela é a condição básica para a gestão de recursos estratégicos, como a água subterrânea.

6.1. Definição do Problema e Função Objetiva

Considerando os aspectos acima, propõe-se aqui um modelo multi-critério para a análise de medidas e alternativas de gestão propostas pelos usuários, gestores e *stakeholders*, que permita o atingimento *simultâneo* dos seguintes objetivos:

- *Minimização* do risco ambiental (R) relativo à quantidade e à qualidade da água do SAG, na área do Projeto Piloto R. Preto;
- *Minimização* dos custos (C) de implantação, operação e manutenção;
- *Maximização* do benefício social (B).

Esses três critérios são frequentemente associados à sustentabilidade, uma vez que, simultaneamente atendidos, eles proporcionarão, em tese, a obtenção de alternativas mais sustentáveis sob o ponto de vista sócio-econômico-ambiental. No caso do presente Estudo, a “sustentabilidade” buscada é aquela relativa à água subterrânea do SAG, na área do Projeto Piloto R. Preto.





Começemos a analisar os critérios de risco ambiental (R) e de custos (C) das alternativas. Sua minimização simultânea busca uma combinação de custo e risco ambiental que seja mínima (Figura 15).

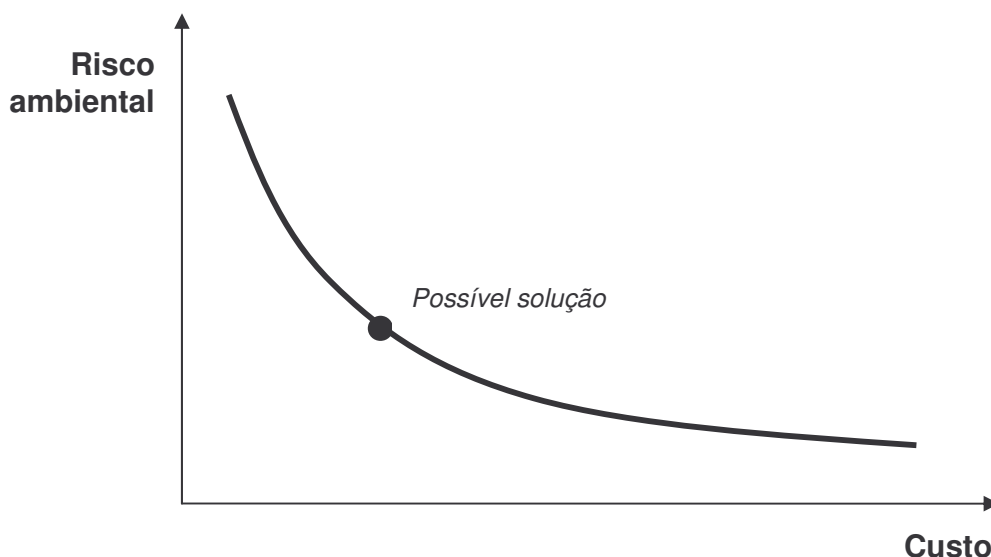


Figura 15. Miminização simultânea dos critérios de custo e de risco ambiental.

Na Figura 15, uma possível solução da minimização está localizada num ponto intermediário da função Pareto-eficiente, onde deslocamentos para esquerda ou direita indicarão *trade-offs* entre custo e risco ambiental, porém gerando soluções eficientes, cuja decisão caberá ao analista ou usuário.

Para a maximização simultânea do benefício social (B), e para que se possa incorporá-la de uma maneira simultânea no processo de otimização, sugere-se que se utilize a sua recíproca, ou seja, o impacto social. Assim, uma medida ou alternativa proposta a ser analisada geraria um impacto social (S) inversamente proporcional ao benefício social (B). Isto pode ser visto através da Figura 16.



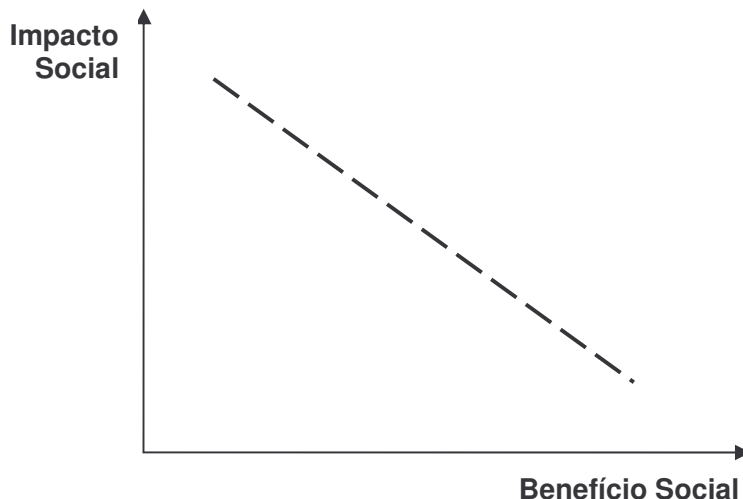


Figura 16. Relação inversa entre o benefício social (B) e o impacto social (I) de uma medida.

Se linear, a função relacionando as variáveis da Figura 16 acima seria:

$$I = -a B + c \quad [5]$$

Onde I é o impacto social, B é o benefício social, e a, c são coeficientes.

Supondo que a relação entre B e I é linear, o problema de maximização de B passa a ser agora um problema de minimização de I. Assim, o problema de otimização simultâneo se tornaria:

- *Minimização* do risco ambiental (R) relativo à quantidade e à qualidade da água do SAG, na área do Projeto Piloto R. Preto, e
- *Minimização* dos custos (C) de implantação, operação e manutenção, e
- *Minimização* do impacto social (I).

Para que a otimização (minimização) simultânea dos 3 critérios acima seja feita de forma transparente e robusta, deve-se buscar uma função objetivo simples. Propõe-se aqui que essa função objetiva (F) seja o produto dos 3 critérios:

$$F = C R I \quad [6]$$





Nota-se que os pesos dos critérios na equação [6] são os mesmos (1,0). Isso se faz necessário pois não se sabe qual dos três critérios (C, R, ou S) é o mais importante. Nessas situações, adota-se o mesmo peso para os critérios (Harr, 1987).

Além disso, o produto $C \cdot R \cdot S$ tem a vantagem de permitir que, havendo uma eventual super ou sub-estimativa em um dos fatores, haverá uma probabilidade significativa de que haja uma compensação (sub ou super-estimativa) em algum dos outros fatores, reduzindo o erro.

6.2 Minimização da Função Objetiva F

De forma a facilitar o entendimento e a utilização do modelo multi-critério pelo maior número de usuários possível, buscou-se combinar processos analíticos, gráficos e tabulares sem, entretanto, perder de vista os princípios e a robustez do processo otimização multi-critério.

No caso da função objetivo, aqui definida pelo produto $F = C \cdot R \cdot I$, essa pode ser representada graficamente pelo volume do paralelepípedo gerado pelo produto das coordenadas $(c_i \cdot r_i \cdot i_i)$, correspondente ao custo, ao risco ambiental e ao impacto social de uma dada alternativa i , respectivamente (Figura 17).

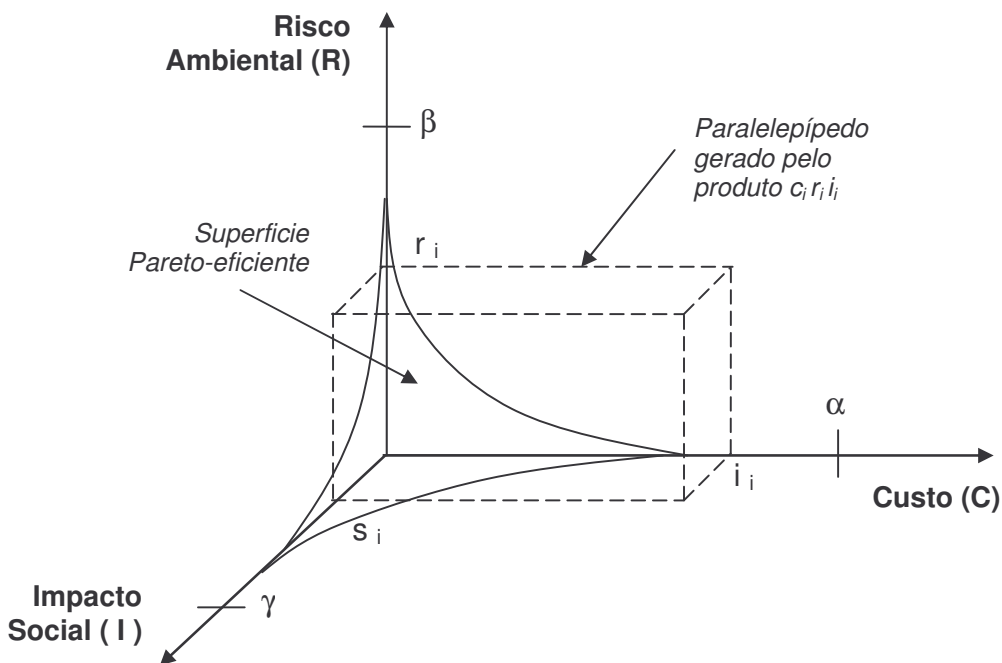


Figura 17. Gráfico da função objetiva $F = c_i r_i i_i$ para uma alternativa i , mostrando o paralelepípedo gerado, superfície Pareto-eficiente, e as restrições α , β , e γ .





A minimização da função F é simples. Depois de obtidos os valores dos critérios C , R e I para cada alternativa ou medida proposta, o produto $C R I$ resultante será comparado aos produtos CRI das outras alternativas. Na Figura 17, a superfície Pareto-eficiente é aquela próxima à origem do gráfico. Idealmente, as soluções mais eficientes serão dadas por paralelepípedos cujos vértices (c , r , s) estejam próximos à superfície de Pareto.

6.3 Aplicação de Restrições aos Critérios

Além da minimização da função objetivo $F=CRI$, é possível restringir o nível dos critérios a limites pré-estabelecidos, de forma a garantir que as soluções obtidas sejam eficientes. Essa restrição é mostrada na Figura 17, através dos limites α , β e γ (a serem definidos pelo usuário), para os critérios Custo, Risco Ambiental e Impacto Social, respectivamente.

Dessa forma o problema de otimização da função objetiva F será agora:

$$\text{Minimizar:} \quad F = C R I$$

$$\text{com as restrições: } C < \alpha, R < \beta, \text{ e } I < \gamma$$

6.4 Detalhamento dos Critérios da Função Objetiva do Modelo

Uma vez identificados os critérios e a função objetiva a ser minimizada, a etapa seguinte é a o detalhamento de cada critério. Esse detalhamento é apresentado a seguir.

A) Critério de Custo

O custo (C) é o critério econômico que representa o investimento necessário para a adoção da alternativa. Ele é o critério mais objetivo e óbvio dos três, pois pode ser quantificado em termos monetários.

O custo de uma alternativa incorpora aqueles relativos ao seu projeto, sua implantação (ou construção), e sua operação e manutenção.

B) Critério de Risco Ambiental

O risco ambiental (R) é aqui definido como o risco de contaminação do aquífero (risco à qualidade), ou o risco de seu esgotamento pelo uso não sustentável (quantidade).





Risco à Qualidade da Água:

No caso do critério risco ambiental relativo à qualidade da água de aquíferos, alguns autores (p.ex., Foster & Hirata, 1988) o definem como o produto entre a vulnerabilidade do sistema (V) e o impacto potencial (P), ou seja:

$$\text{Risco Ambiental} = \text{Vulnerabilidade} \times \text{Impacto Potencial} \quad [6]$$

A *vulnerabilidade* natural do aquífero, por sua vez, é definida por Foster et al (2002) como a combinação entre a inacessibilidade hidráulica e a atenuação de camadas superiores. Já o *impacto ambiental* (fonte contaminante) é definido como a razão entre a carga hidráulica e a concentração do contaminante / mobilidade e persistência do mesmo.

Combinando esses dois indicadores, Foster & Hirata (1993) propuseram então um modelo gráfico que facilita a estimativa do risco de poluição dos aquíferos (Figura 18). Essa ferramenta já foi usada para a avaliação de risco de poluição da água subterrânea no Estado de São Paulo (Meaulo, 2007), e será usada no presente Estudo como o critério de risco ambiental para a qualidade da água.

Fonte: Foster et al., (2002, apud Meaulo, 2004).

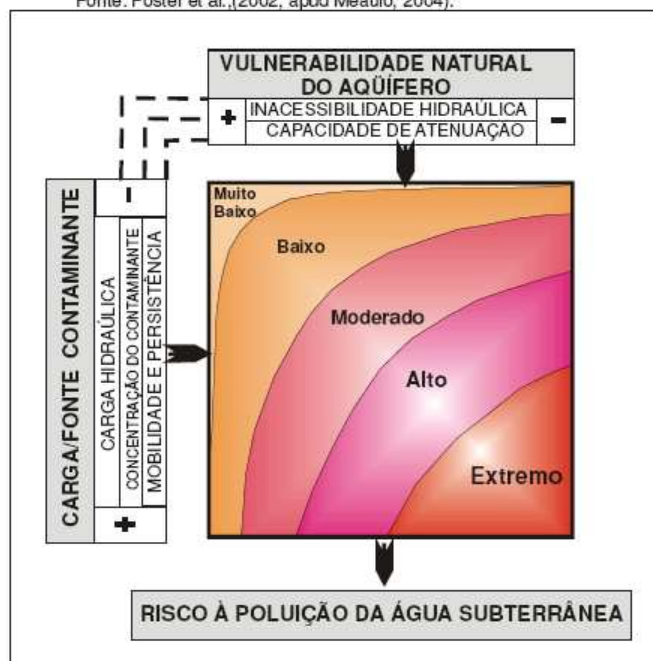


Figura 18. Risco de poluição da água subterrânea (Foster & Hirata, 1993).





- Quantidade de Água:

O risco à sustentabilidade do SAG enquanto recurso não se dá apenas pela poluição, conforme descrito acima, mas também pelo seu esgotamento. Assim, propõe-se como critério de risco ambiental para a quantidade de água a declividade da fronteira de produção de água subterrânea, discutida anteriormente.

A Figura 19 abaixo mostra duas formas de exploração de água subterrânea: uma sustentável, onde a quantidade de água explorada será constante ao longo do tempo (fronteira de produção renovável, horizontal), e uma exploração não sustentável, onde a fronteira de produção é inclinada, esgotável em um tempo T.

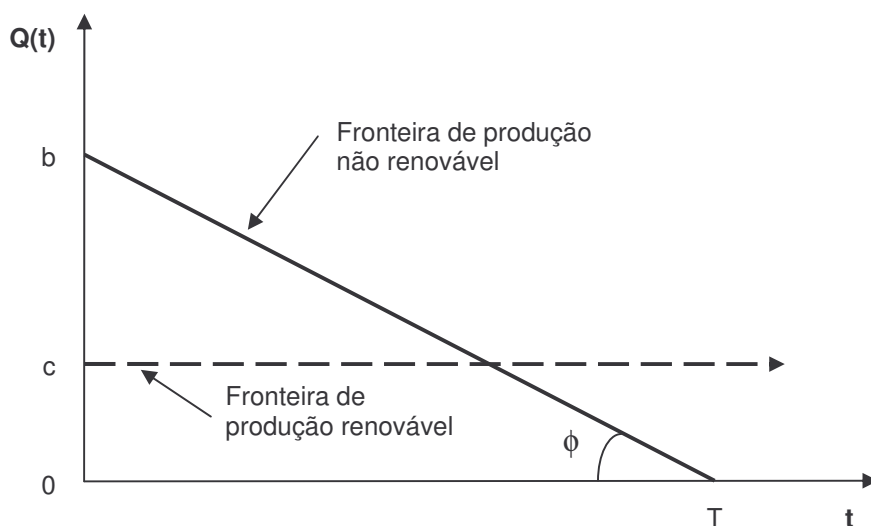


Figura 19. Definição do risco de esgotamento de aquífero, em função da declividade da fronteira de produção (adaptado de Pearce, 1985).

Pela Figura 19, observa-se que, quanto maior for a declividade da fronteira de produção do aquífero (ângulo ϕ), a partir de um estoque inicial $Q = b$, mais rápido se esgotará o recurso, e vice-versa. No caso da fronteira horizontal, a exploração em um nível c será sustentável ($\phi = 0$), uma vez que essa representa a taxa igual ou menor que a taxa de recarga do aquífero.

Assim, quanto maior for a taxa de consumo de água $\Delta Q/\Delta t$, mais rápida será o decréscimo do estoque remanescente, Q_{t+1} . De acordo com a Figura 19, a declividade D da fronteira de produção é dada por:

$$D = \text{tg} (b / T) \quad [7]$$





Onde b é o estoque inicial de água subterrânea e T é o tempo de esgotamento do aquífero, na região de interesse. No caso de o aquífero ser explorado de forma sustentável (taxa de exploração igual à recarga c), o ângulo ϕ será igual a 0, e T será infinito.

Curiosamente, a declividade D da fronteira de produção da Figura 19 incorpora, ao mesmo tempo, a vulnerabilidade natural do aquífero (dada pela sua transmissibilidade e condutividade), bem como o impacto potencial, dado pela taxa de exploração, $\Delta Q/\Delta t$.

Assim, teremos que o risco ambiental R em relação à quantidade de água (ou seja, o risco de esgotamento do aquífero) será função de D , ou seja:

$$R = f(D) = f [tg (b/ T)] \quad [8]$$

O estoque de água num certo tempo, $Q(t)$, pode ser obtido através de levantamentos de níveis piezométricos, e o tempo de esgotamento T obtido através do balanço hídrico (estoque, exploração e recarga)

C) Critério de Impacto Social

Ao contrário do critério de custo (refletindo o aspecto econômico/financeiro da alternativa), que é mais óbvio e objetivo, o critério de impacto social é menos trivial.

Como visto anteriormente, o impacto social (negativo) resultante da adoção de uma alternativa de gestão é inversamente proporcional ao benefício social auferido. O benefício social, por sua vez, tem como um de seus indicadores o excedente do consumidor (EC). Este último pode ser positivo, negativo, ou nulo, dependendo do aumento, redução ou não variação da área do triângulo sombreado, na Figura 9.

Considerando que o excedente do consumidor pode ser positivo, negativo ou nulo (Figuras 10, 11 e 12, respectivamente), uma relação entre o impacto social (I) e o excedente do consumidor (EC), indicador do benefício social, seria a seguinte (Figura 20):



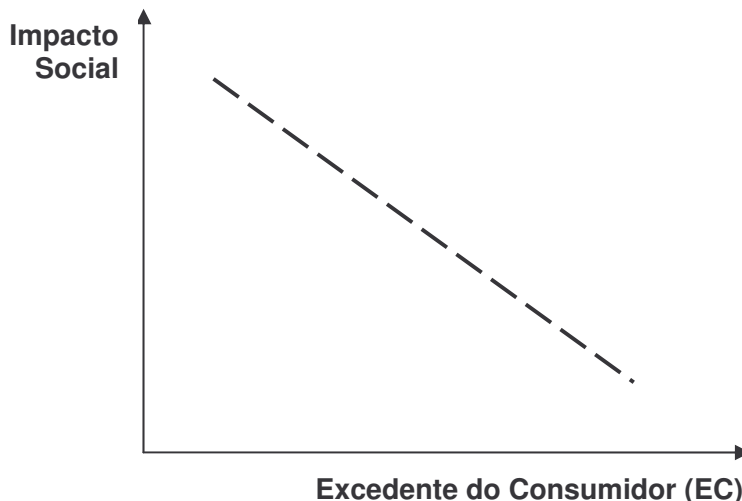


Figura 20. Relação entre o impacto social (negativo) e o excedente do consumidor.

6.5. Normalização dos Critérios do Modelo

De forma a facilitar o cálculo da função objetivo F , pode-se buscar estabelecer um denominador comum para cada um dos critérios. Isso pode ser feito através de normalização, a partir dos valores máximos e mínimos dos três critérios, considerando o elenco das alternativas a serem otimizadas.

Esse processo é feito da seguinte forma: Depois de identificadas, pelos gestores, usuários e *stakeholders*, todas as medidas possíveis de gestão da água subterrânea, e definidos os valores máximos e mínimos para os 3 critérios C , R e I , a normalização de cada um critérios pode ser obtida da seguinte forma (Lepikult, 1999):

$$X' = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad [9]$$

Onde X' (0–1) é o valor normalizado do critério, X é o valor do critério, e X_{\min} e X_{\max} são os valores mínimo e máximo do critério, respectivamente, considerando-se toda a amplitude de alternativas a serem otimizadas.

Assim, suponhamos que, para um certo critério A , o valor máximo seja igual a 200 e o valor mínimo igual a 100. O valor normalizado relativo a um nível de X igual a 120 seria então $X' = (120 - 100) / (200 - 100) = 0,2$ (Figura 21).



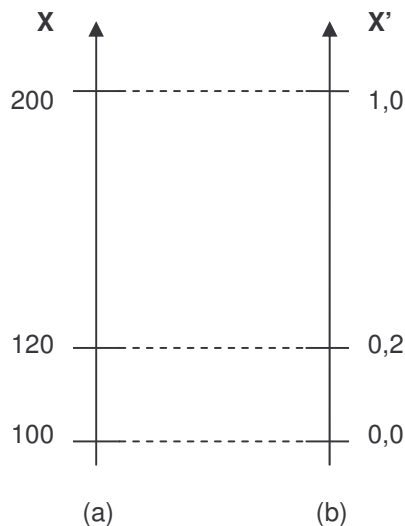


Figura 21. Processo de normalização da variável X: a) X (variável original), b) X' (variável normalizada pela equação [9]).

Dessa forma, os critérios C, R, e I, depois de normalizados, terão uma variação entre 0 e 1, e serão, por definição, adimensionais, o mesmo acontecendo para o produto C R I.

6.6. Riscos e Incertezas do Modelo Multi-critério

Todo processo de seleção de alternativas através de modelos de otimização apresenta riscos e incertezas. As incertezas advêm do fato de que todo modelo é falível, em função da limitação inerente aos critérios e ao modelo, e do erro na estimativa dos parâmetros.

Entretanto, é sempre preferível o uso de modelos mais simples ao uso de modelos mais complexos, desde que ambos atendam ao objetivo proposto². No caso da função objetiva a ser minimizada, $F = C R I$, trata-se de um modelo linear, onde os critérios tem o mesmo peso (1,0). Além disso, havendo uma super ou sub-estimativa em um dos critérios, há uma probabilidade razoável de que o erro possa ser compensado por um dos outros critérios, cancelando ou reduzindo o erro no produto.

O risco pode ser definido como o custo da falha (Harr, 1987). No caso do modelo proposto, um dos riscos possíveis seria a perda causada pela seleção de uma alternativa inferior a outra ideal.

² Princípio da navalha de Occam.





Um outro risco no processo de otimização multi-critério é a possível desconfiança do usuário em relação ao modelo. Nesse caso, as soluções geradas pelo modelo poderiam não ser seguidas pelo usuário, mesmo que elas fossem eficazes e eficientes. Entretanto, considerando que os critérios usados pelo modelo têm significado real, e que o modelo é suficientemente simples e transparente, esse risco é reduzido.

7. CENÁRIOS E HORIZONTES DO ESTUDO SÓCIO-ECONÔMICO

Para que o Estudo Sócio-Econômico do Projeto Piloto Ribeirão Preto possa ser suficientemente amplo que permita um planejamento adequado a médio e longo prazo, propõe-se o estabelecimento de cenários e horizontes que considerem as condições atuais e a evolução futura da população, da economia, dos padrões de consumo de água e de poluição, do uso de fontes alternativas de água, de mudança climática, entre outros.

Nesse sentido propõe-se que sejam examinados no Estudo os seguintes cenários e horizontes:

- Presente (2008), com as condições sócio-econômicas e ambientais atuais;
- Horizonte de Médio-Prazo (2020), considerando os cenários tendencial (*"business as usual"*), otimista e pessimista;
- Horizonte de Longo Prazo (2050), considerando os cenários tendencial, otimista e pessimista.

No Quadro 1 a seguir, são definidos alguns critérios relativos aos três cenários propostos.





Quadro 1. Definição dos cenários tendencial, otimista e pessimista para o Estudo Sócio Econômico, nos horizontes de 2020 e 2050.

Cenário	Características
<u>Tendencial</u> (“Business as usual”)	<ul style="list-style-type: none">• Evolução populacional e econômica seguindo as tendências observadas nos últimos 10 anos;• Evolução do padrão de produção e consumo de água (em valores absolutos e per capita) seguindo as tendências observadas nos últimos 10 anos;• Evolução das áreas protegidas e de restrição seguindo tendências observadas nos últimos 10 anos;• Evolução climática seguindo as tendências observadas nos últimos 10 anos (cenário tendencial do IPCC).
<u>Otimista</u>	<ul style="list-style-type: none">• Cenário onde há um crescimento econômico e social adequado, porém onde boas práticas de planejamento e gestão sócio-econômica e ambiental são implementadas, de forma que permitam a redução dos impactos a quantidade e qualidade da água do SAG na área do Projeto Piloto;• Pequena variação climática, abaixo dos níveis tendenciais (cenário B2 do IPCC).
<u>Pessimista</u>	<ul style="list-style-type: none">• Cenário onde ocorre um crescimento populacional e econômico acelerado, sem que haja preocupações de conservação dos recursos naturais, de forma que haja uma tendência de aumento de impactos a quantidade e qualidade da água do SAG na área do Projeto Piloto, além daqueles observados em um cenário tendencial;• Significativa mudança em variáveis climáticas (p.ex., aumento de P e T) que possam afetar negativamente o balanço hídrico do SAG na área do Projeto (Cenário A2 do IPCC).

Os cenários acima facilitarão a proposição de alternativas e medidas mitigadoras e adaptativas relativas à gestão e conservação da quantidade e qualidade da água do SAG na área do Projeto Piloto, uma vez que eles incorporam a tendência dos últimos anos e as incertezas relativas ao futuro (médio e longo prazo).





8. ESTRATÉGIA PARA AS PRÓXIMAS ETAPAS DO ESTUDO SÓCIO-ECONÔMICO

Considerando-se os produtos e atividades estipulados nos Termos de Referência do Projeto, bem como os resultados obtidos no presente Relatório, propõe-se a seguinte estratégia de ação para as próximas etapas do Estudo Sócio-Econômico do Projeto Piloto R. Preto (Produto 1: Figura 22, Produto 2: Figura 23, Produto 3: Figura 24):

Figura 22. Estratégia e cronograma das atividades do Produto 1.

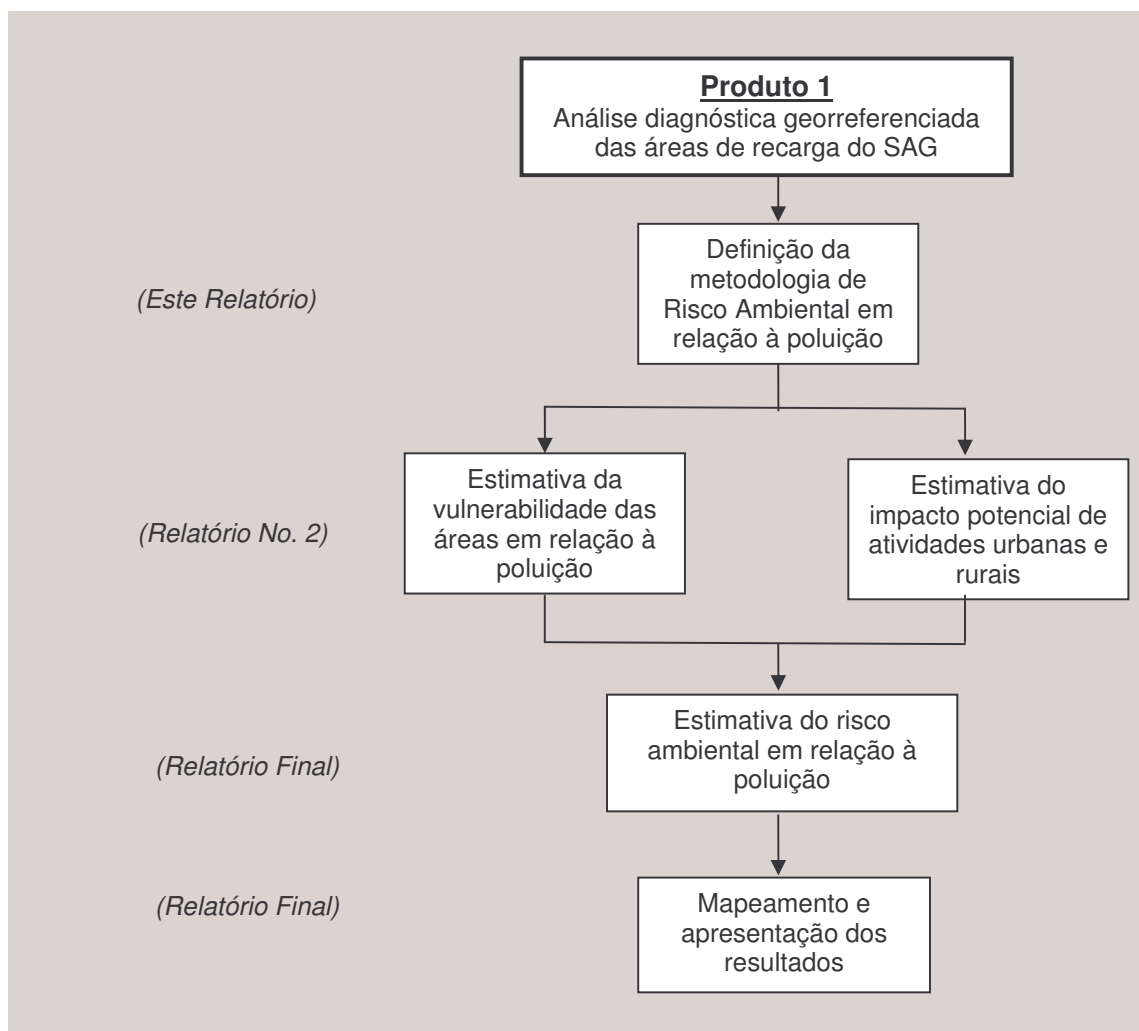




Figura 22. Estratégias e cronograma das atividades do Produto 2.

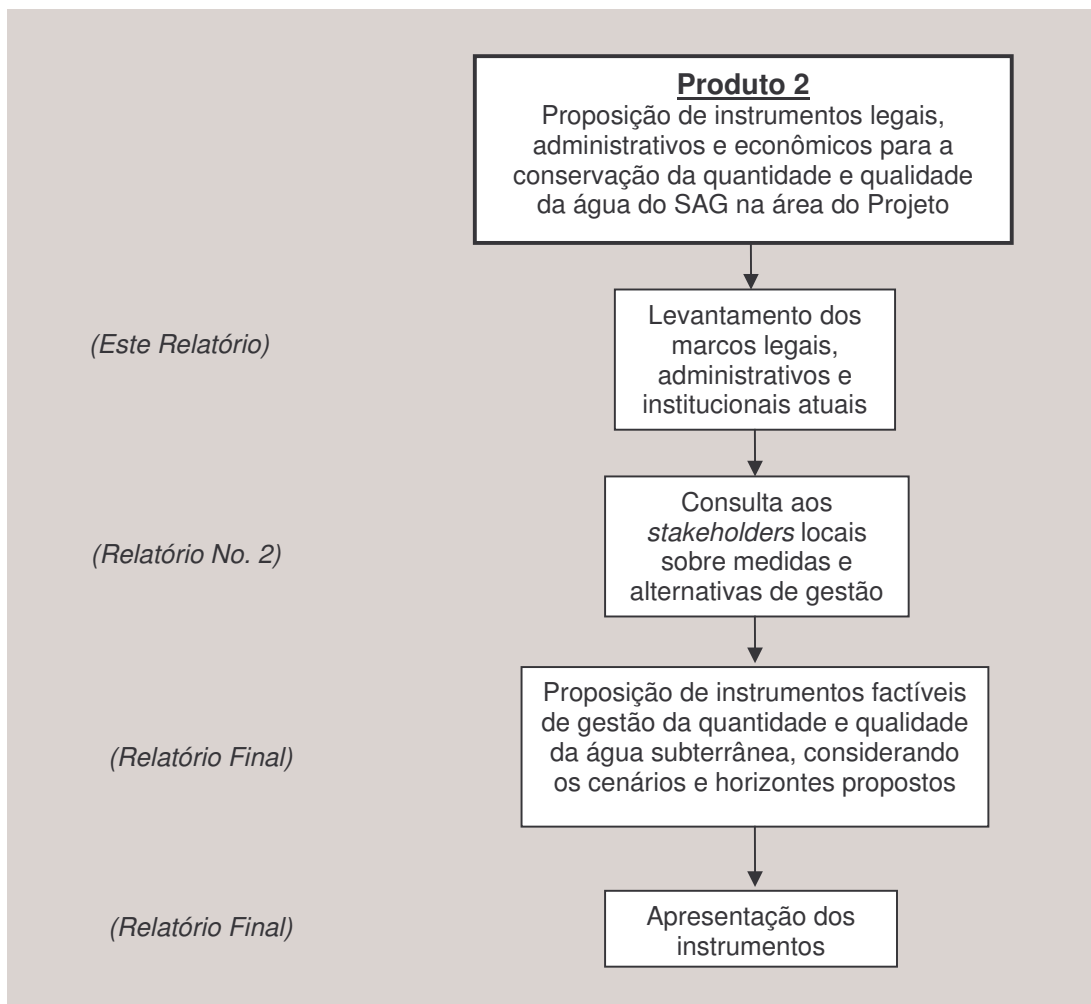
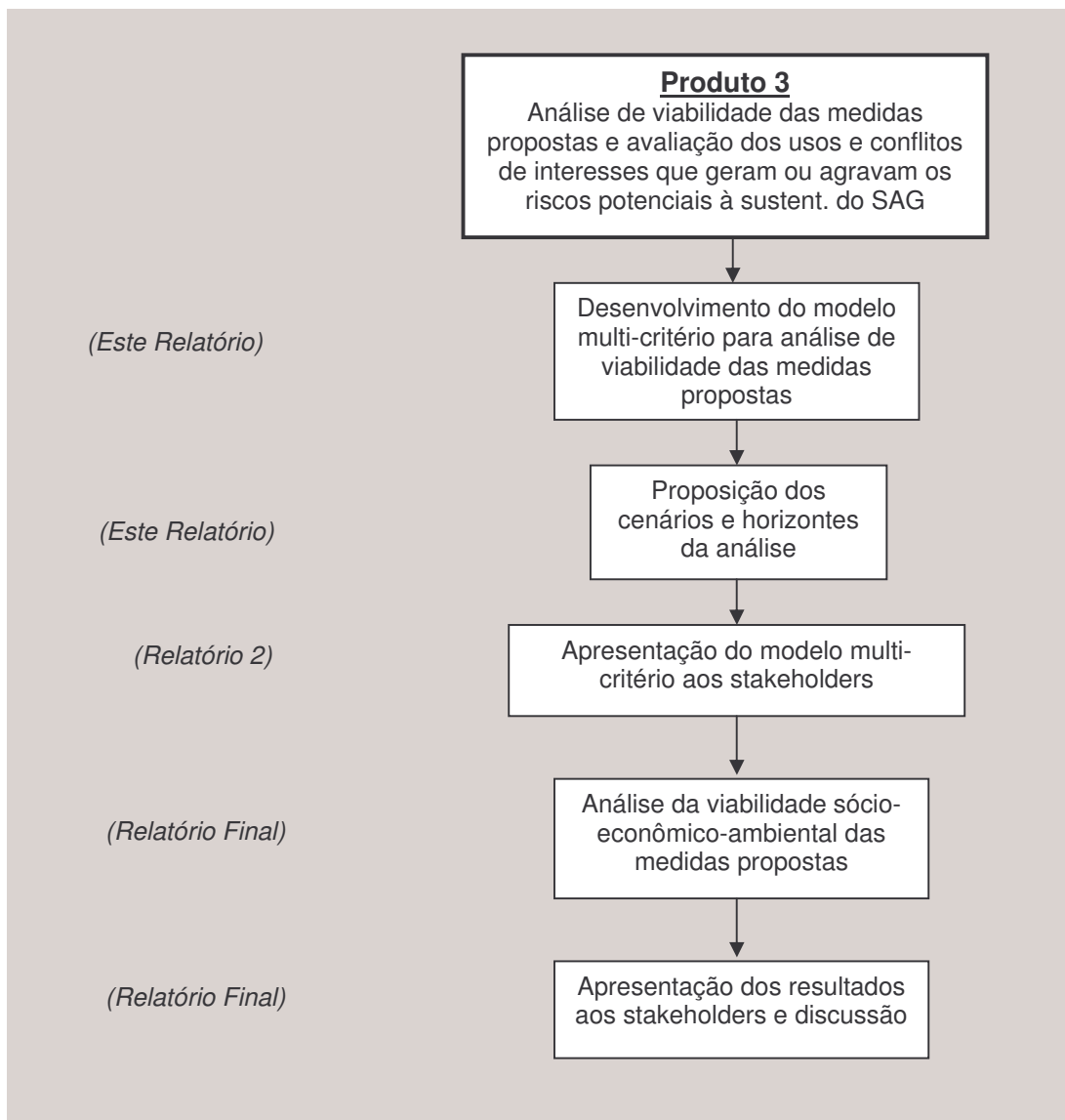




Figura 23. Estratégias e cronograma das atividades do Produto 3.





9. REFERÊNCIAS

- CAMPOS, H. Áreas de Proteção Máxima do SAG -Documento premilinar. R. Preto, 5 p., 2006.
- FOSTER, S. & HIRATA, R. Determinação do risco de contaminação de águas subterrâneas- Um método baseado em dados existentes. Inst. Geológico de SP, 92 p., 1993.
- HARR, M. E. Reliability-based design in civil engineering. McGraw-Hill, N. York, 404 p, 1987.
- LEIPIKULT, T. Multicriterion Optimization. Sitio da internet, 2007.
- LINSLEY, R. K. & J. B. FRANZINI. Engenharia de Recursos Hídricos. McGraw-Hill, SP, 798 p., 1978.
- LINSLEY, R. K., KOHLER, M.A. & PAULHUS, J.L. Hydrology for engineers. McGraw-Hill, N. York, 508 p. 1982.
- MARSHALL, A. Principles of Political Economy, London, 1980.
- PEARCE, D. Economia Ambiental. F. de Cultura Econômica, México, 258 p., 1985.
- RODRIGUE, J. Pareto optimality tradeoff. Sitio na internet. 2007.
- SAO PAULO - CERH. Plano Estadual de Recursos Hídricos 2004-2007 ./ Resumo. São Paulo, 91 p., 2006.
- SECRETARIA GERAL-PROJETO AQUIFERO GUARANI. Plano de Ação Local Inicial para o Projeto Piloto R. Preto., Montevideú, 10 p., 2007.
- SECRETARIA GERAL-PROJETO AQUIFERO GUARANI. Sitio da internet www.sg-guarani.org





Anexo 1 – Demonstrativo de Gastos para o 1º. Relatório

Neste Anexo são apresentados os demonstrativos de gastos realizados durante a confecção do Relatório No. 1, bem como o adiantamento contratual feito pela Contratante.

A1) Gastos realizados pelo Consultor até o Momento:

Os gastos realizados pelo consultor foram aqueles incluindo passagens aéreas, hospedagem, alimentação e transporte terrestre, relativos a viagem para participar da Reunião PALp no final de 2007, no trecho Brasília-São Paulo-Ribeirão Preto-São Paulo-Brasília, e de reuniões com representantes do DAEE e CETESB, em São Paulo, para obtenção de informações relativas ao SAG na região do Projeto Piloto.

Os comprovantes estão apresentados no Anexo 2.

Discriminação	Valor (R\$)	Valor (US\$)*
- Passagem Aérea Brasília-São Paulo	119,62	
- Passagem Aérea São Paulo-R. Preto	198,62	
- Passagem Aérea R. Preto-São Paulo	194,42	
- Passagem Aérea São Paulo- Brasília	298,62	
- Hospedagem em R. Preto	221,00	
- Hospedagem em São Paulo	390,48	
- Taxi	99,00	
- Reprodução Xerox	50,00	
- Alimentação	36,30	
Total	1.608,06	898,35

* US\$ 1,0 = R\$ 1,79

A2) Adiantamento feito pela OEA (Contratual):

O adiantamento contratual feito pela OEA ao consultor foi de US\$ 3.000,00, equivalentes a R\$ 5.370,00 (cambio de 1,79).

A3) Saldo em poder do Consultor

O saldo em poder do consultor é de R\$ 3.761,94 (equivalentes a US\$ 2.101,64) que serão usados durante as próximas atividades contratuais.





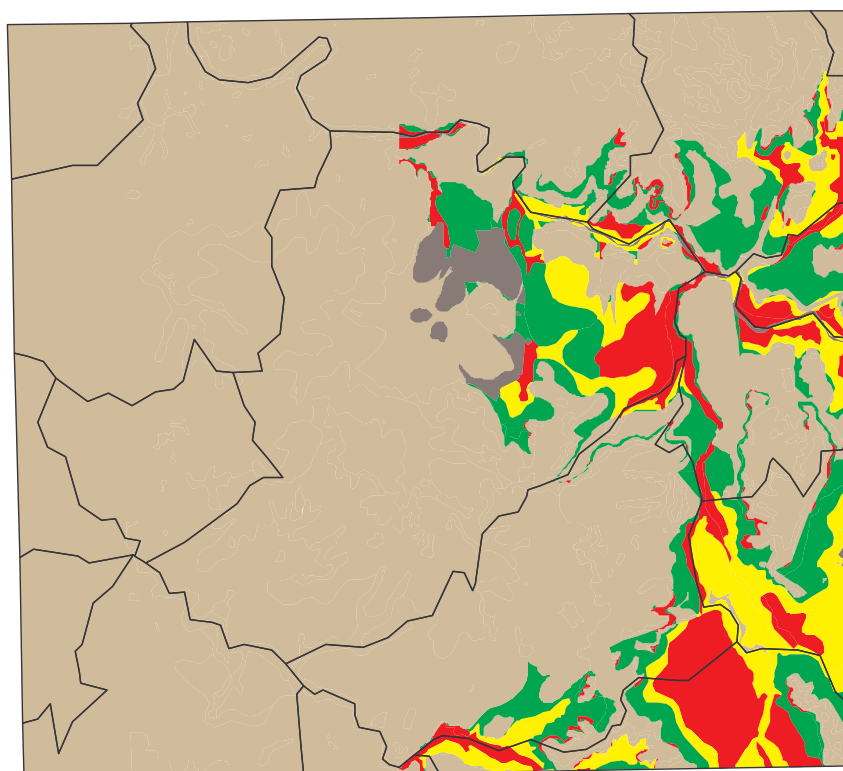
Anexo 2

Comprovantes de Gastos do Consultor até o 1º. Relatório





Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aqüífero Guaraní



ESTUDO SOCIO-ECONÔMICO RIBEIRÃO PRETO

INFORME No. 02



Equipe do Projeto

Responsáveis Nacionais:

Pela Argentina
Pelo Brasil
Pelo Paraguai
Pelo Uruguai

Fabián López
Eustáquio Luciano Zica
Carlos López Dose
Víctor Rossi

Coordenadores Nacionais:

Argentina

Miguel Ángel Giraut
María Josefa Fioritti (Co-coordenadora)
María Santi (Co-coordenadora)

Brasil
Paraguai
Uruguai

João Bosco Senra
Elena Benítez
Lourdes Batista

Representantes da OEA:

Jorge Rucks
Carlos Sténeri

Representantes do Banco Mundial:

Abel Mejía
Douglas Olson
Samuel Taffesse

Secretaria Geral:

Secretário Geral
Coordenador Técnico I y VI
Coordenador Técnico II y V
Coord. Comunicação
Assistente técnico
Auxiliar técnico
Administração
Auxiliar Administrativa
Auxiliar Administrativo
Informática
Secretária Bilingüe

Luis Amore
Jorge N. Santa Cruz
Daniel H. García Segredo
Roberto Montes
Alberto Manganelli
Santiago Ferrero
Luis Reolón
Virginia Vila
Mathias González
Diego Lupinacci
Mariángel Valdés

Facilitadores dos Projetos Piloto:

Concordia – Salto
Riviera – Santana
Itapúa
Ribeirão Preto

Enrique Massa Segui
Achylles Bassedas
Alicia Eisenkölbl
Heraldo Campos



DISCLAIMER

A execução do Projeto para a Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guaraní é possível graças ao acordo de cooperação alcançado entre os governos da Argentina, Brasil, Paraguai y Uruguai, o aporte financeiro do Global Environment Facility (GEF) e outros doadores, a cooperação técnica e financeira do Banco Mundial que é a agência implementadora dos Fundos GEF e a Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos (SG/OEA) em sua condição de agência executora regional.

Dentro da Componente II destinada ao desenvolvimento e instrumentação conjunta de um Marco de Gestão para o Sistema Aquífero Guaraní, se leva adiante o Programa de Fortalecimento Institucional com o objetivo de intercambiar conhecimentos e brindar treinamento a profissionais especializados com atuação nas temáticas técnicas, econômicas, legais, institucionais y sociais dos recursos hídricos com o propósito de desenvolver algum aspecto relevante aplicado ao Sistema Aquífero Guaraní.

Os resultados, interpretações, conclusões, denominações e opiniões colocadas neste informe e a forma em que aparecem são de responsabilidade exclusiva do autor e não implicam juízo algum sobre as condições jurídicas dos países, territórios, cidades ou zonas, ou de atividades diversas, nem em respeito a delimitação de suas fronteiras ou limites, por parte dos países beneficiários, nem a Secretaria Geral da OEA (SG/OEA), nem de a Secretaria Geral do Projeto (SG-SAG).



Estudo Sócio-Econômico Ribeirão Preto

RESUMO EXECUTIVO

Este 2º. Relatório Parcial de Consultoria tem como objetivo apresentar os resultados obtidos nos últimos 30 dias, dando continuidade às atividades iniciadas por ocasião do 1º. Relatório.

Na primeira parte do documento, é apresentada uma metodologia adaptada de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos, pois os dados disponíveis não permitiram a aplicação das metodologias existentes. Aplicada aos dados geológicos e pedológicos da área, foi gerado um mapa de vulnerabilidade à contaminação das áreas de recarga do SAG.

Dos 477 km² de áreas de recarga na região estudada, 29,6% foram consideradas como tendo alta vulnerabilidade à contaminação, 30,9% como média vulnerabilidade, e 39,5% como baixa vulnerabilidade. O município com maior área de alta vulnerabilidade foi o de Ribeirão Preto, com 32,7 km². A maior parte dessa área está localizada na Zona Urbana de Expansão (ZUE) da cidade.

Na segunda etapa do trabalho, foi feita uma análise climática e hidrológica da área do Projeto Piloto, buscando identificar as ofertas de água e as taxas de recarga do SAG, em função do excedente hídrico e de fatores climáticos, como a temperatura. Nesse sentido, foram feitas análises estatísticas das séries de precipitação e de vazões da área do Projeto, e obtiveram-se as taxas de recarga do SAG em diferentes cenários climáticos (tendencial, otimista e pessimista), conforme definidos pelo IPCC, para os anos de 2008, 2020 e 2050. As séries de precipitação e a vazão do rio Pardo foram consideradas estacionárias. No caso da taxa de recarga das áreas não confinadas do aquífero, atualmente de 140 mm/ano, essa seria reduzida em 17,3%, 20,4%, e 23,4% em 2050, nos cenários otimista, tendencial e pessimista, respectivamente.

Na terceira parte do Estudo, foi feito uma análise das tendências de crescimento demográfico e do consumo de água nos municípios do Projeto Piloto, também com 3 cenários: tendencial, otimista e pessimista. Concluiu-se que a população da área do Projeto, que hoje é de 814 mil habitantes, saltaria para 1,33 milhão em 2050, no cenário tendencial. O consumo de água, onde as fontes subterrâneas respondem por 98,3% da demanda, passariam dos atuais 13,4 milhões de m³/mês para 22,6 milhões de m³/mês em 2050 (cenário tendencial).

Na última parte do trabalho, foi feito um estudo detalhado do esgotamento das reservas do SAG na cidade de Ribeirão Preto, nos 3 diferentes cenários propostos. A continuarem os padrões de produção e consumo de água do SAG, as reservas exploráveis do aquífero na cidade de Ribeirão Preto se esgotariam no ano de 2049, 2052 ou 2056, dependendo do cenário (pessimista, tendencial e otimista, respectivamente). Apesar desses resultados serem preocupantes, ainda é possível se buscar uma exploração sustentável do aquífero no futuro, já que cerca de 65% das reservas exploráveis do SAG ainda estão disponíveis.



Índice

1. INTRODUÇÃO	6
2. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DO AQÜÍFERO GUARANI À POLUIÇÃO NA ÁREA DO PROJETO PILOTO R. PRETO.....	7
2.1. Etapas para a Estimativa da Vulnerabilidade do SAG na Área do Projeto Piloto.....	7
2.2. Identificação das áreas de recarga do aquífero Guarani na área do Projeto Piloto.....	8
2.3. Estimativa da Vulnerabilidade dos Solos da Área do Projeto Piloto à Contaminação por Pesticidas e outros Poluentes.....	10
2.4. Mapa de Vulnerabilidade das Áreas de Recarga do Projeto Piloto.....	15
2.5. Conclusões e Implicações	24
3. ANÁLISE CLIMÁTICA E DE OFERTA HÍDRICA NA ÁREA DO PROJETO.....	27
3.1. Análise da Série Histórica de Precipitação.....	27
3.2. Excedente Hídrico na Área do Projeto.....	28
3.3. Recarga dos Aquíferos na Área do Projeto (Presente).....	31
3.4. Análise da Recarga em Cenários Futuros (Mudanças Climáticas).....	32
3.5. Vazões do Rio Pardo na Área do Projeto Piloto.....	42
3.6. Volume Total e Volume Explotável do SAG na Área Piloto.....	44
3.7. Conclusões e Implicações.....	45
4. ANÁLISE DEMOGRÁFICA E DE CONSUMO DE ÁGUA NA ÁREA DO PROJETO.....	47
4.1. Análise Demográfica.....	48
4.2. Aspectos Sócio-econômicos da Área do Projeto Piloto.....	52
4.3. Produção e Consumo de Água (Sup. e Subt.).....	53
4.4. Produção e Consumo de Água Subterrânea	57
4.5. Conclusões e Implicações	60
5. ANÁLISE DO ESGOTAMENTO DAS RESERVAS HÍDRICAS DO SAG NA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO, NOS DIFERENTES CENÁRIOS CLIMÁTICOS E DEMOGRÁFICOS.....	61
5.1. Análise do Esgotamento das Reservas no Cenário Tendencial.....	63
5.2. Análise do Esgotamento das Reservas no Cenário Pessimista	67
5.3. Análise do Esgotamento das Reservas no Cenário Otimista.....	70
5.4. Conclusões e Implicações.....	72
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	73
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
Agradecimentos.....	76
Siglas e Abreviaturas.....	77
ANEXO 1 –Gastos Realizados no Período.....	78
ANEXO 2 – Comprovantes de Gastos.....	79



1. INTRODUÇÃO

O Projeto Piloto Ribeirão Preto cobre uma área de 2.500 km² no nordeste do Estado de São Paulo, em cujo centro está a cidade de Ribeirão Preto, abrangendo outros 12 municípios vizinhos. Trata-se de uma região representativa do SAG no Estado de São Paulo e no Sudeste-Sul do Brasil, a qual apresenta um grande crescimento econômico e social, gerando impactos significativos para o aquífero Guaraní, a ela subjacente.

A estratégia do Projeto Guaraní é que os resultados obtidos nesse e em outros Estudos realizados na Área Piloto possam ser utilizados nas outras regiões semelhantes do SAG (SG-Guarani, 2007).

Seguindo as orientações dos Termos de Referência do Estudo, bem como os marcos do Plano de Trabalho e do 1º. Relatório, são apresentados, neste 2º. Relatório Mensal de Consultoria, os produtos parciais realizados no nos últimos 30 dias (Jan./Fev. 2008).

Neste Relatório, concentrou-se na análise da vulnerabilidade das áreas de recarga do SAG na área do Projeto Piloto e na cidade de Ribeirão Preto, na análise climática e seu efeito sobre a recarga do aquífero, no estudo sócio-econômico do uso da água subterrânea e seu impacto SAG, incluindo as tendências de crescimento demográfico na área do Projeto. Por fim, foi feita uma análise integrada dos efeitos demográficos e de mudança climática sobre as reservas do SAG na cidade de Ribeirão Preto em diferentes cenários demográficos e climáticos (pessimista, tendencial e otimista), para os anos de 2008, 2020 e 2050.

No 3º. e último Relatório de Consultoria, a ser enviado oportunamente, serão apresentados a análise de risco da contaminação das áreas de recarga do SAG na área do Projeto Piloto, bem como os resultados da análise multi-critério de medidas mitigadoras e de adaptação, previamente levantadas, identificando aquelas mais viáveis, com os respectivos custos, benefícios sociais e riscos ambientais.

De forma a obter dados complementares sobre para o Estudo, o consultor fez, entre 16 e 17 de janeiro último, uma segunda visita a cidade de Ribeirão Preto, onde se reuniu com gestores, usuários de água e tomadores de decisão da região.



2. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO GUARANI À POLUIÇÃO NA ÁREA DO PROJETO PILOTO RIBEIRÃO PRETO

Conforme mencionado no 1º. Relatório de Consultoria, a vulnerabilidade das áreas de recarga do aquífero Guaraní na área do Projeto Piloto é uma das duas etapas básicas da avaliação do seu risco de contaminação.

Na literatura, o risco de contaminação é frequentemente considerado como o produto entre a vulnerabilidade das áreas de recarga (V) e a carga contaminante (C), ou seja (Foster & Hirata, 1988):

$$R_a = V \times C \quad [1]$$

Onde: R_a = risco de contaminação do aquífero;
 V = vulnerabilidade do aquífero; e
 C = carga contaminante.

No presente Relatório, foi realizado o estudo de vulnerabilidade à contaminação das áreas do SAG na área do Projeto Piloto, apresentado a seguir. O potencial contaminante de áreas pontuais e difusas e o risco ambiental de contaminação serão apresentados no 3º. e último Relatório de consultoria.

2.1. Etapas para a Estimativa da Vulnerabilidade do SAG na Área do Projeto Piloto

Conforme o cronograma proposto no 1º. Relatório, aqui são apresentados os resultados da análise da vulnerabilidade do SAG na área do Projeto Piloto. A vulnerabilidade é uma característica intrínseca do aquífero e, de acordo com Foster & Hirata (1988), a vulnerabilidade é a razão entre a inacessibilidade hidráulica (dada pela profundidade da água) e a atenuação (dada pelo potencial de retenção do solo).

Entretanto, como não havia informações piezométricas nos 2.500 km² da área do Projeto, suficientes para a aplicação direta do método original de Foster & Hirata (1988), buscou-se uma alternativa através do uso de indicadores físicos do solo, os quais existiam para as áreas de recarga do SAG.

Assim, a vulnerabilidade das áreas de recarga do SAG na área do Projeto Piloto foi obtida através das seguintes etapas:

- a) Identificação das áreas de recarga do aquífero Guaraní na área do Projeto Piloto, em função do mapa geológico disponível, em escala apropriada;



- b) Estimativa da vulnerabilidade dos solos da área do Projeto Piloto à contaminação por pesticidas e outros poluentes, em função de indicadores físicos e hídricos;
- c) Cruzamento no SIG do mapa de solos com o mapa geológico, para obtenção do mapa de vulnerabilidade das áreas de recarga da área do Projeto.

2.2. Identificação das áreas de recarga do aquífero Guaraní na área do Projeto Piloto

Para estimar a vulnerabilidade das áreas de recarga do SAG na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, inicialmente se fez necessário a identificação das áreas de recarga, a partir do mapa geológico (Figura 1).

No presente Estudo, foi usado o mapa geológico de Sinelli (1973), digitalizado pelo Instituto Geológico de São Paulo, pois algumas coberturas (*shapes*) do mapa geológico elaborado pelo Projeto SAG apresentavam problemas insolúveis de leitura.

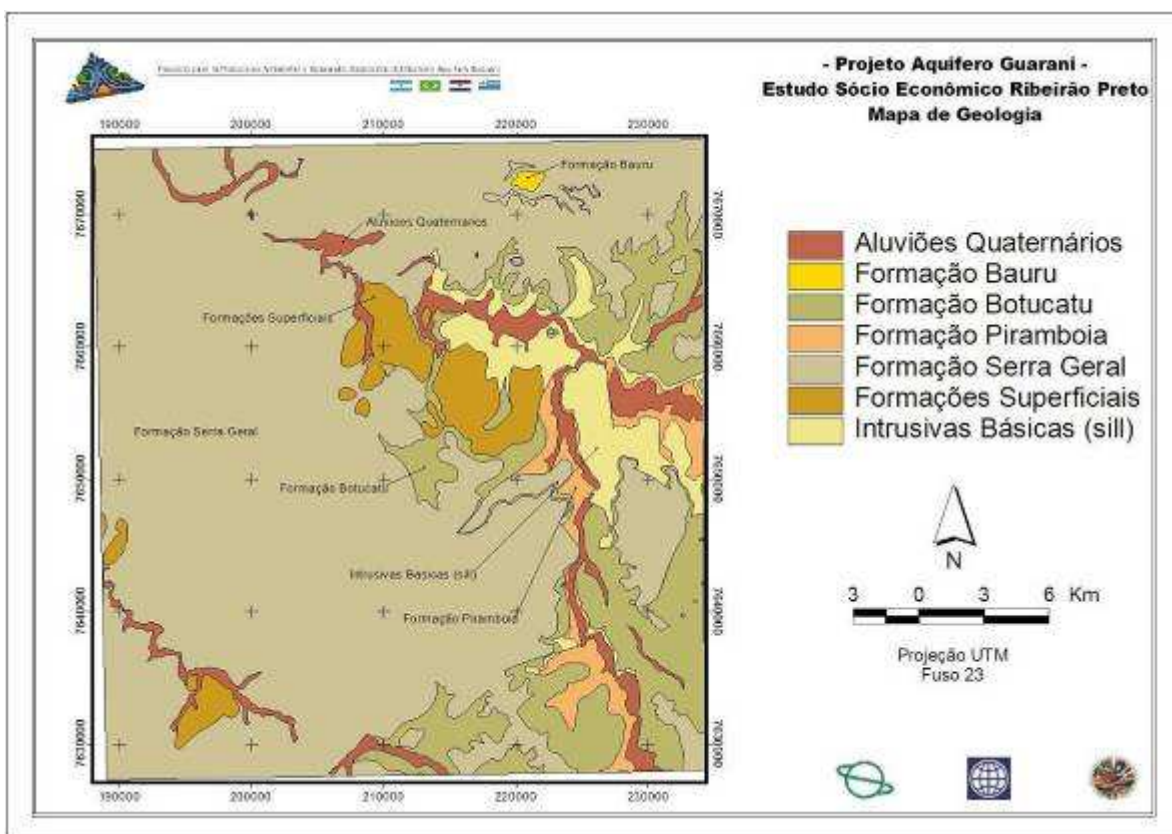


Figura 1. Mapa geológico da área do Projeto Piloto (Fonte: Sinelli, 1973).

Entretanto, como as diferenças entre os mapas geológicos de Sinelli (1973) e do Projeto Guaraní são muito pequenas, os resultados da análise de recarga seriam praticamente os mesmos. Na medida em que a versão final e



corrigida do mapa geológico do Projeto Guarani estiver disponível, o consultor referá a análise com o novo mapa geológico, se isto for necessário.

De acordo com Massoli (comunicação pessoal, 2008), as zonas de recarga do SAG na área do Projeto Piloto compreendem as seguintes áreas:

- As áreas da formação Botucatu;
- As áreas da formação Pirambóia;
- As áreas de aluviões quaternários a leste do meridiano UTM 205.700 (Figura 1);
- As áreas de formações superficiais a leste do meridiano UTM 205.700.

As duas últimas são formações aluviais de pequena espessura, sobrepostas às formações Botucatu e Pirambóia, podendo ser também consideradas como áreas de recarga do aquífero (Massoli, 2008, Comunicação pessoal).

Depois de agrupar e separar as áreas definidas acima no SIG, foi gerado o mapa das áreas de recarga do SAG na área do Projeto Piloto, a qual é apresentada na Figura 2.

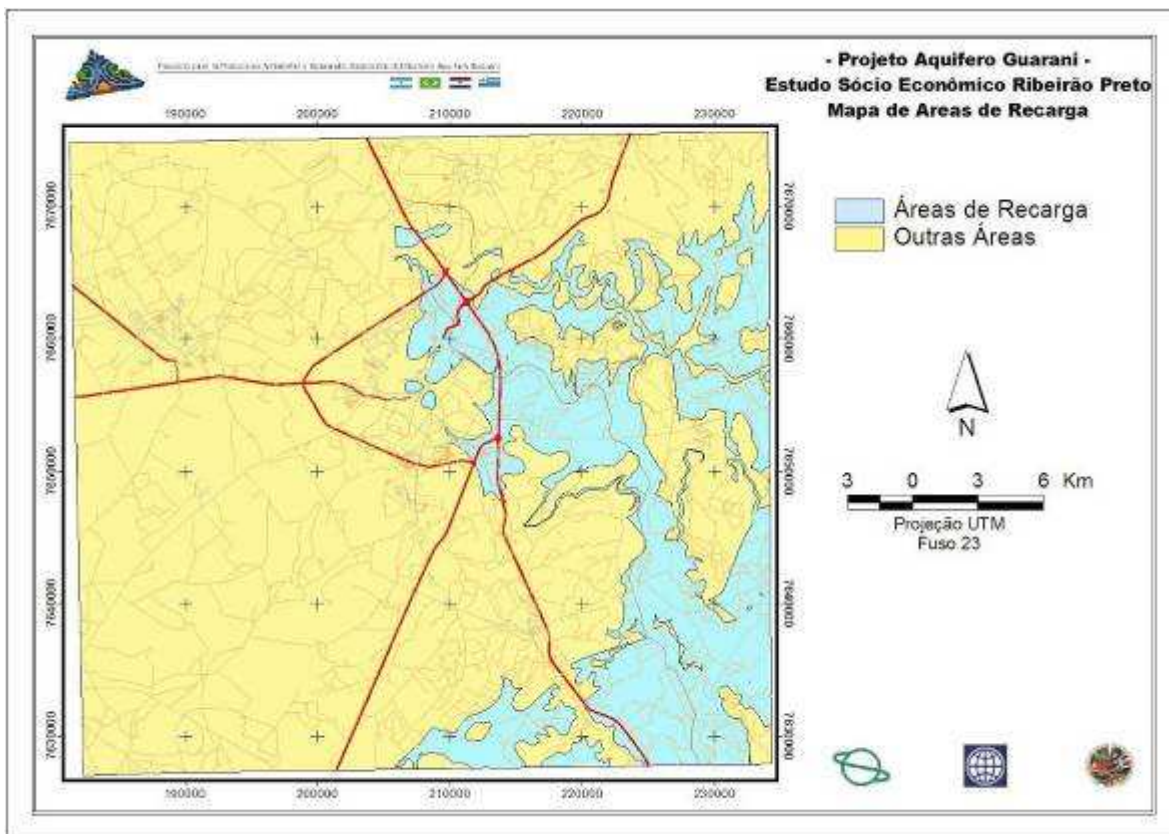


Figura 2. Áreas de recarga do SAG na janela do Projeto Piloto Ribeirão Preto.



Pela Figura 2, observa-se que as áreas de recarga do SAG estão localizadas na parte leste da janela do Projeto Piloto, uma vez que a parte oeste é grandemente recoberta pelos basaltos da Formação Serra Geral.

Em termos percentuais, as zonas de recarga do SAG na Figura 2 representam 19,07% da área total da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto (ou seja, 476,9 km², de um total de 2.500 km²).

A Tabela 1 abaixo apresenta a relação dos municípios da área do Projeto Piloto que estão sobre áreas de recarga do aquífero Guaraní, bem como as áreas de recarga em termos absolutos (em km²) e relativos (em %), estes últimos em relação às áreas municipais.

Tabela 1. Municípios da área Piloto e suas respectivas áreas de recarga.

Município	Área de Recarga (km ²)	Área Relativa* (%)
Altinópolis	28,99	75,44
Brodósqui	58,02	30,49
Cravinhos	60,19	19,30
Jardinópolis	11,74	5,44
Luis Antônio	0,83	3,30
Rib. Preto	110,67	17,00
São Simão	88,76	77,81
Serra Azul	78,05	70,23
Serrana	39,73	34,20
Total	476,98	-

* Em relação à área total municipal no Projeto.

De acordo com a Tabela 1, o município na área do Projeto com a maior área de recarga (em valores absolutos) é Ribeirão Preto, com 110,67 km². Já o município de São Simão é aquele com a maior área relativa, em relação a área municipal (77,81%). FIPAI (1996), estudando as áreas de recarga em Ribeirão Preto, encontrou um valor de 136,7 km², muito próximo dos reportados aqui. A pequena diferença observada (26 km²) entre as duas estimativas pode ter ocorrido em função da área urbana da cidade, encobrendo a geologia (Figura 1).

2.3. Estimativa da Vulnerabilidade dos Solos da Área do Projeto Piloto à Contaminação por Pesticidas e outros Poluentes

Gomes et al. (2002) propuseram que a vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação por poluentes em aquíferos não confinados (como é o caso do



aquífero Guaraní nas áreas de recarga) é dada pela combinação de características físicas do solo e do terreno, tais como a condutividade hidráulica, a declividade do terreno, o potencial de infiltração de água, e a profundidade do lençol freático.

Apesar de qualitativa, essa metodologia se assemelha bastante ao método de Foster & Hirata (1988), uma vez que tanto a profundidade do lençol como a atenuação (indiretamente estimada pela condutividade hidráulica) são usadas no método de Gomes et al (2002).

Cerdeira et al. (2007), aplicando o método de Gomes et al. (2002) na estimativa da vulnerabilidade das áreas de recarga do município de Ribeirão Preto, obteve as seguintes vulnerabilidades para os solos do município (Tabela 2).

Tabela 2. Vulnerabilidade dos solos a contaminação por agroquímicos, no município de Ribeirão Preto (Fonte: Cerdeira et al, 2007).

Classe de Solo	Condutividade Hidráulica	Declividade do Terreno	Potencial Infiltração de Água	Potencial Escoamento de Água	Profundidade do Lençol Freático*	Vulnerabilidade
Latossolos Vermelhos Eutroféricos e Distroféricos argissólicos	Alta	Suave	Médio	Médio	Profundo a muito profundo	<i>Média</i>
Argissolos	Média	Suave ondulado	Médio/Baixo	Médio/Alto	Muito Profundo	<i>Média/Baixa</i>
Nitossolos Vermelhos Eutroféricos latossólicos	Alta	Acentuada	Médio	Médio	Profundo	<i>Média</i>
Latossolos Vermelhos Distróficos psamíticos	Alta/Muito Alta	Suave	Médio/Alto	Médio/Baixo	Profundo a moderadamente profundo	<i>Média/Alta</i>
Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos plínticos	Média	Suave	Médio	Médio	Profundo	<i>Média</i>
Neossolo Quartzarênico	Muito Alta	Suave	Alto	Baixo	Moderadamente profundo	<i>Alta</i>



Partindo-se da definição de vulnerabilidade de contaminação de aquíferos de Gomes et al. (2002), e do mapa de solos da área do Projeto Piloto (Figura 3), classificaram se os solos da área do Projeto em relação a sua vulnerabilidade à contaminação. Como não havia informação suficiente no mapa pedológico para um maior detalhamento, as classes de vulnerabilidade dos solos definidas para este Estudo foram baixa, média e alta, em função das características pedológicas supra citadas.

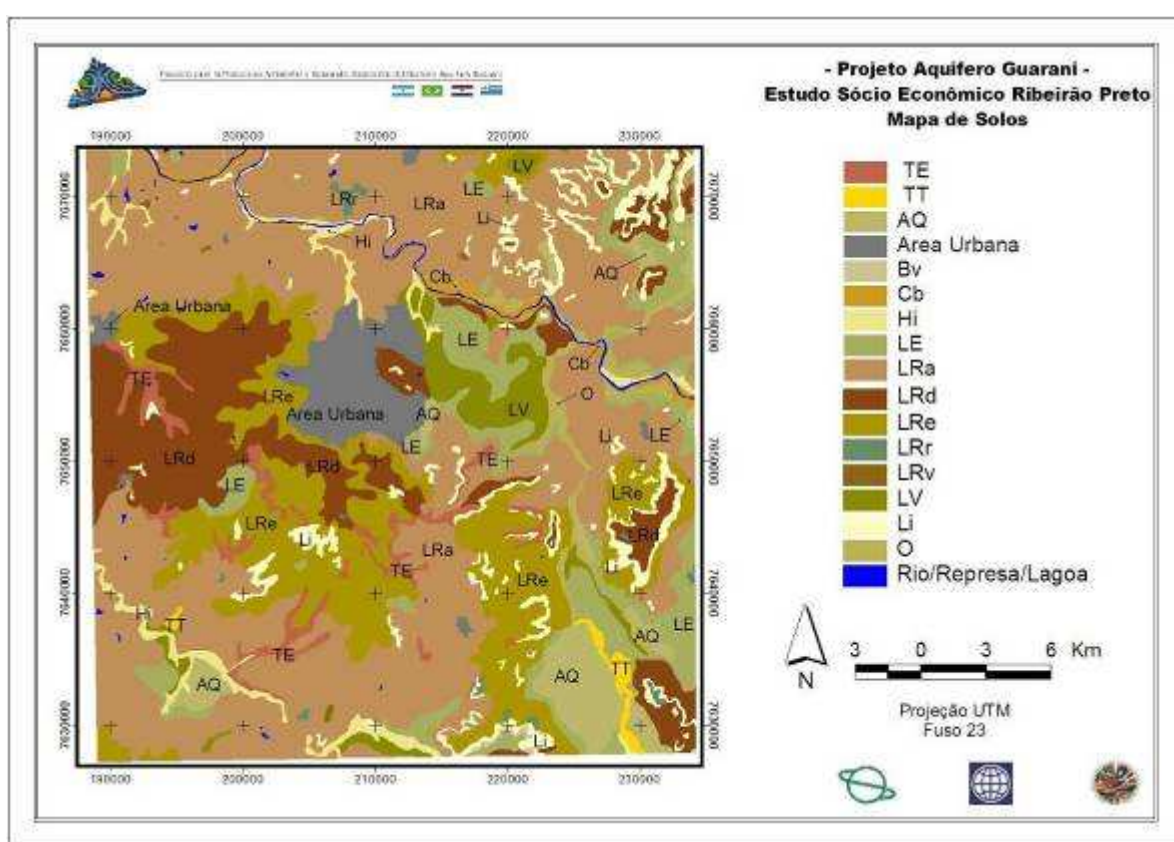


Figura 3. Mapa de solos da área do Projeto Piloto. (Oliveira & Prado, 1987)

Entretanto, como a metodologia de Gomes et al (2002) é subjetiva, propôs-se, aqui, um modelo que mais objetivo que guardasse, ao mesmo tempo, uma semelhança com esse modelo e com o de Foster & Hirata (1988), e que fosse aplicável às condições do Projeto Piloto.

Assim, propôs-se que a vulnerabilidade das áreas de recarga à contaminação por poluentes fosse o produto do conteúdo de argila do solo, da sua permeabilidade e sua profundidade (equação [2]):

$$V = T. Arg. \times Perm. \times Prof. Solo \quad [2]$$



Onde: V = vulnerabilidade à contaminação das áreas de recarga (1-27)
T. arg = Teor de argila do solo;
Perm. = permeabilidade do solo;
Prof. solo = profundidade do solo.

Cada um dos fatores da equação [2] varia de 1 (baixo), 2 (médio) a 3 (alto), dependendo das características físicas do solo (no caso da permeabilidade, a ordem é inversa). Consequentemente, o produto V pode variar de 1 a 27. A Tabela 3 apresenta uma proposta de classificação da vulnerabilidade das áreas de recarga, em função do produto da equação [2].

Na Tabela 3, se houver pelo menos uma combinação de indicadores com valor 3, a vulnerabilidade será média. Dois fatores acima de 2 tornarão a vulnerabilidade alta.

Tabela 3. Classes de vulnerabilidade em função do produto da equação [2].

Produto	Vulnerabilidade
1-2	Baixa
3-8	Média
9-27	Alta

A vantagem da equação [2] é que ela combina a facilidade do método de Gomes et al. (2002) com a objetividade do modelo de Foster & Hirata (1988), permitindo, assim, uma estimativa de da vulnerabilidade em situações onde os dados não estão totalmente disponíveis.

A Tabela 4 mostra as classes de vulnerabilidade dos solos presentes na área do Projeto Piloto, calculadas de acordo com a Equação [2].



Tabela .4 Características físicas e vulnerabilidade das classes de solos da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, calculadas de acordo com a Equação 2.

Classe de Solo	Teor de Argila	Valor (1-3)	Perm.	Valor (1-3)	Prof. do solo	Valor (1-3)	Prod .	Vulnerabil.
Areia quartzosa (Neossolo)	Baixo	3	Alta	3	Alta	1	9	Alta
Brunizém averm. (Chernossolo)	Alto	1	Baixa	1	Média	2	2	Baixa
Cambissolo	Alto	1	Baixa	1	Baixa	3	3	Média
Hidromórfico e Org. (Gleissolo)	Médio	2	Média	2	Baixa	3	12	Alta
Latossolo verm. escuro	Médio	2	Alta	3	Alta	1	6	Média
Latossolo roxo argiloso (eutrof.)	Alto	1	Média	2	Alta	1	2	Baixa
Latossolo verm. amarelo argiloso	Alto	1	Média	2	Alta	1	2	Baixa
Latossolo verm. amar. text. méd.	Médio	2	Média	2	Alta	1	4	Média
Litólico (Neossolo)	Médio	2	Média	2	Baixa	3	12	Alta
Terra roxa estrut.	Alto	1	Média	2	Alta	1	2	Baixa

De acordo com a Tabela 4, os solos que apresentam uma vulnerabilidade à contaminação são as areias quartzosas, os litólicos (ambos Neossolos), e os hidromórficos (Gleissolos), em função de sua baixa espessura (baixa atenuação) e/ou alta condutividade hidráulica. Os solos menos vulneráveis são os latossolos argilosos e terras roxas, em função de seu alto teor de argila e sua grande profundidade.

2.4. Mapa de Vulnerabilidade das Áreas de Recarga do Projeto Piloto

2.4.1. Área do Projeto Piloto

A etapa seguinte foi o cruzamento no SIG do mapa de solos (Figura 3), já classificado de acordo com a sua vulnerabilidade (Tabela 3), com o mapa geológico contendo as áreas de recarga, previamente identificadas (Figura 2). O mapa resultante é o mapa de vulnerabilidade das áreas de recarga da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto (Figura 4).

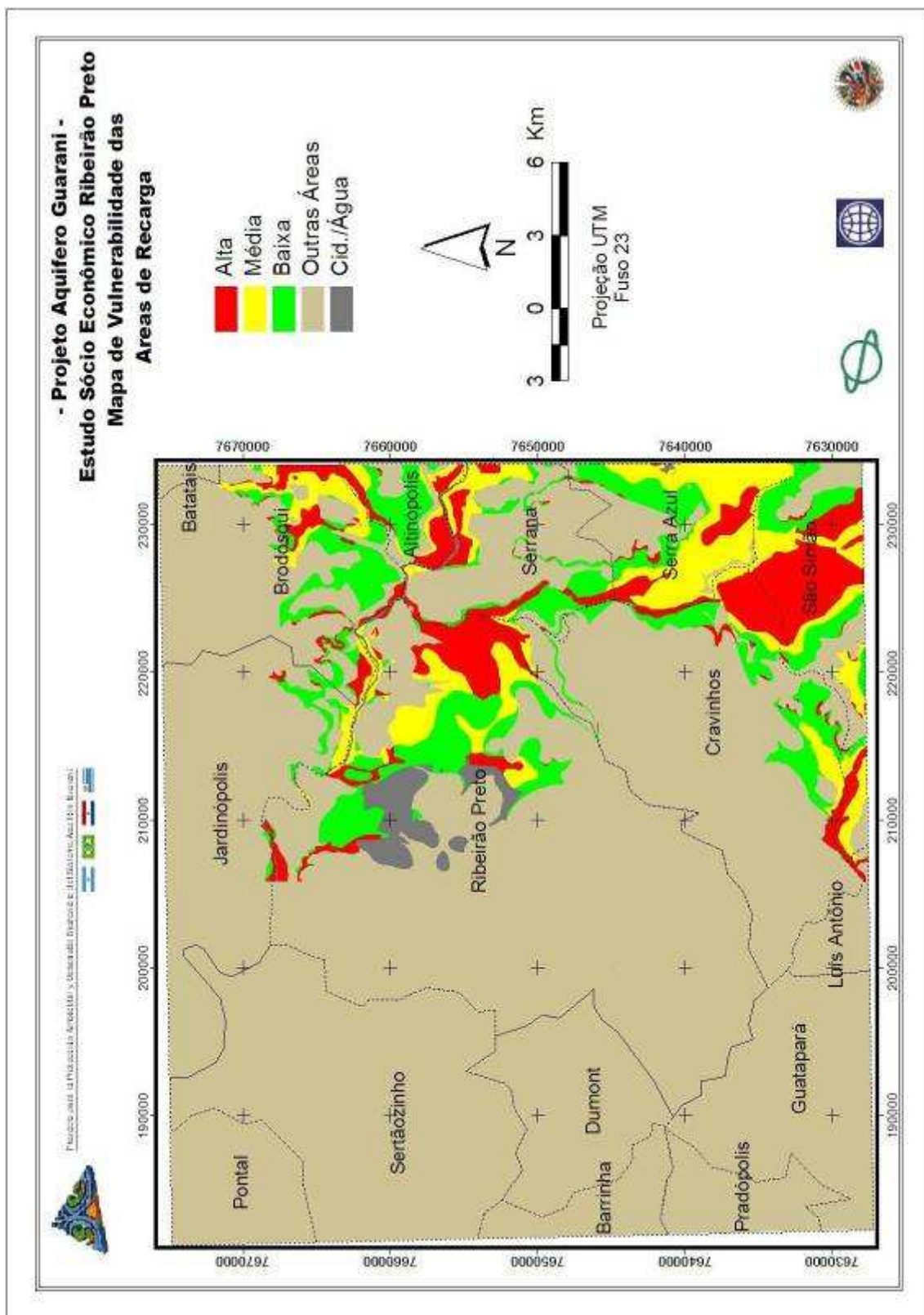


Figura 4. Mapa de Vulnerabilidade das áreas de recarga do Projeto Piloto.



Como mostra a Figura 4, as áreas de recarga apresentam proporções semelhantes de altas, baixas e médias vulnerabilidades. A Tabela 5 abaixo apresenta as áreas absolutas e relativas das três classes de vulnerabilidade à contaminação, identificadas na área do Projeto Piloto.

Tabela 5. Vulnerabilidades das áreas de recarga da área do Projeto Piloto.

Vulnerab.	Área (km²)	%
Alta	141,25	5,65
Média	147,46	5,90
Baixa	188,21	7,53
Sub-total	476,92	19,07
A. Piloto	2.500,47	100,00

De acordo com a Tabela 5, 5,65% da área total do Projeto Piloto apresentam alta vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos, 5,90% apresentam uma média vulnerabilidade, e 7,53% uma baixa vulnerabilidade. Em termos relativos, as áreas de recarga vulneráveis na área do Projeto Piloto (476,9 km²) são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Proporções das diferentes vulnerabilidades das áreas de recarga.

Vulnerab.	Área (km²)	%
Alta	141,25	29,62
Média	147,46	30,92
Baixa	188,21	39,46
Total	476,92	100,00

De acordo com a Tabela 6, as áreas de recarga do Projeto Piloto apresentam 29,62% de zonas de alta vulnerabilidade, 30,92% de média vulnerabilidade e 39,46% de baixa vulnerabilidade.

Somadas, proporção de altas e médias vulnerabilidades resultam em um total de 60,54% das áreas de recarga do SAG na região do Projeto Piloto, indicando que um percentual significativo das áreas de recarga é suscetível a contaminação por poluentes.



2.4.2. Vulnerabilidade das Áreas de Recarga nos Municípios da Área Piloto

Em cada um dos municípios que apresentam área de recarga na região do Projeto Piloto (Tabela 1), foram determinadas as vulnerabilidades à contaminação de aquíferos.

Os percentuais de áreas de alta, média e baixa vulnerabilidade das áreas de recarga em cada município podem ser observados nas Figuras 5 e 6. O município de Ribeirão Preto, devido a sua importância, será apresentado a parte, no item seguinte.

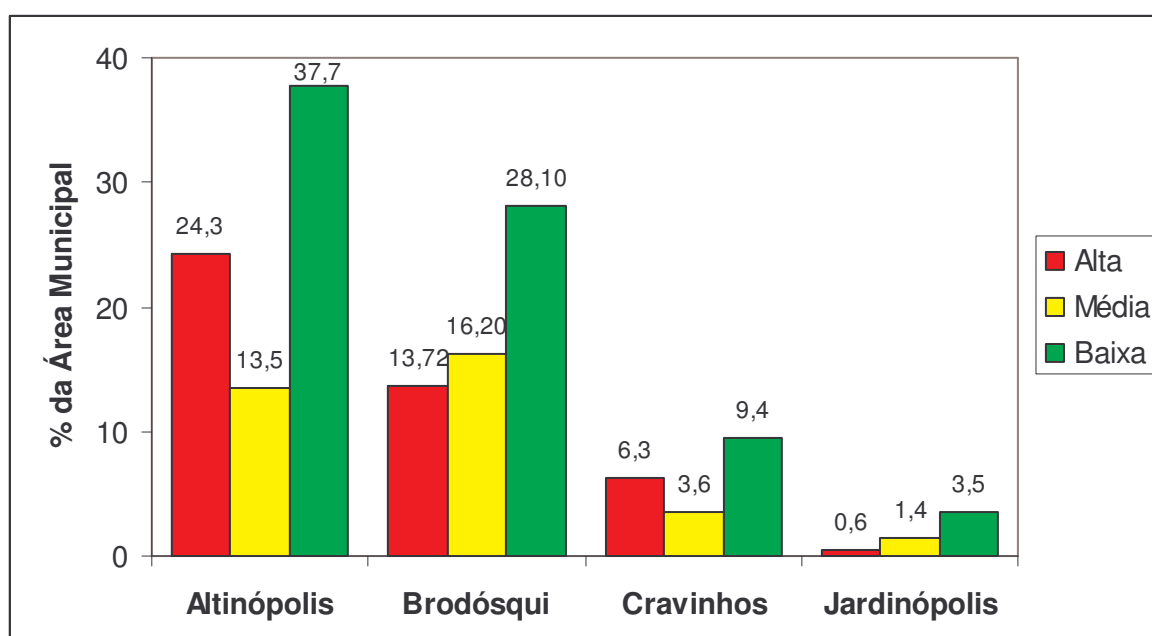


Figura 5. Áreas vulneráveis (em %) da zona de recarga do SAG nos municípios do Projeto.

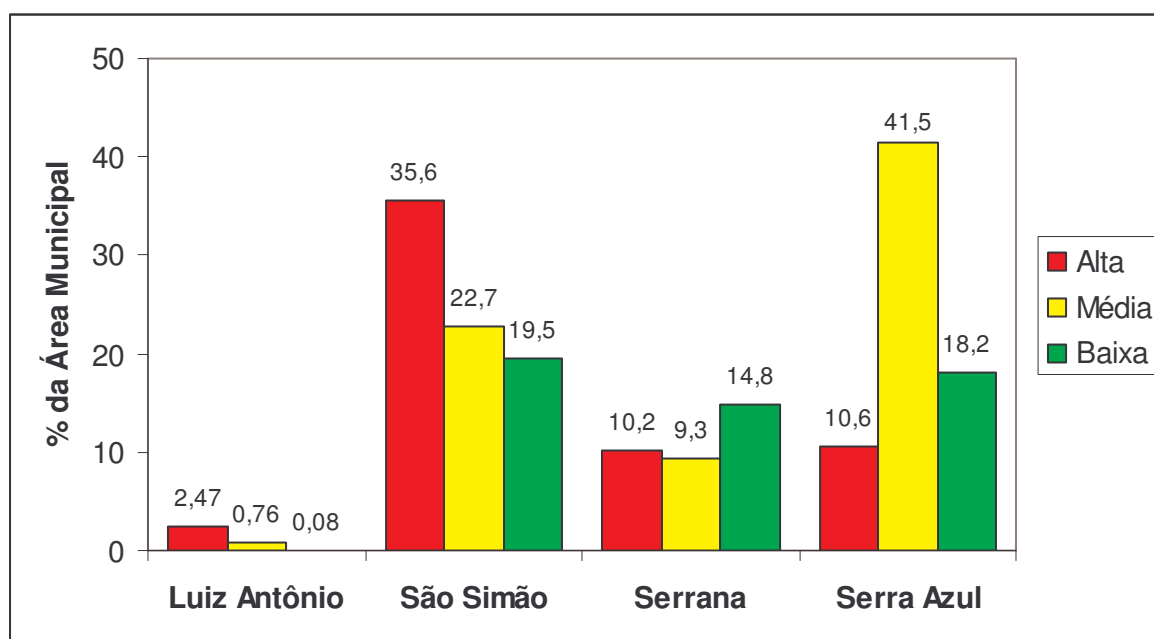


Figura 6. Áreas vulneráveis (em %) da zona de recarga do SAG nos municípios do Projeto.

Pelas Figuras 5 e 6, observa-se que, dos 8 municípios com área de recarga na área do Projeto Piloto (excetuando-se Ribeirão Preto), aqueles que apresentam mais áreas relativas de alta vulnerabilidade à poluição de aquífero são os de São Simão (35,6% da área do município), e Altinópolis (24,3%).

As Figuras 7 e 8 abaixo apresentam as áreas absolutas de alta, média e baixa vulnerabilidade (em km²) em cada um dos 8 municípios com área de recarga na Área Piloto.

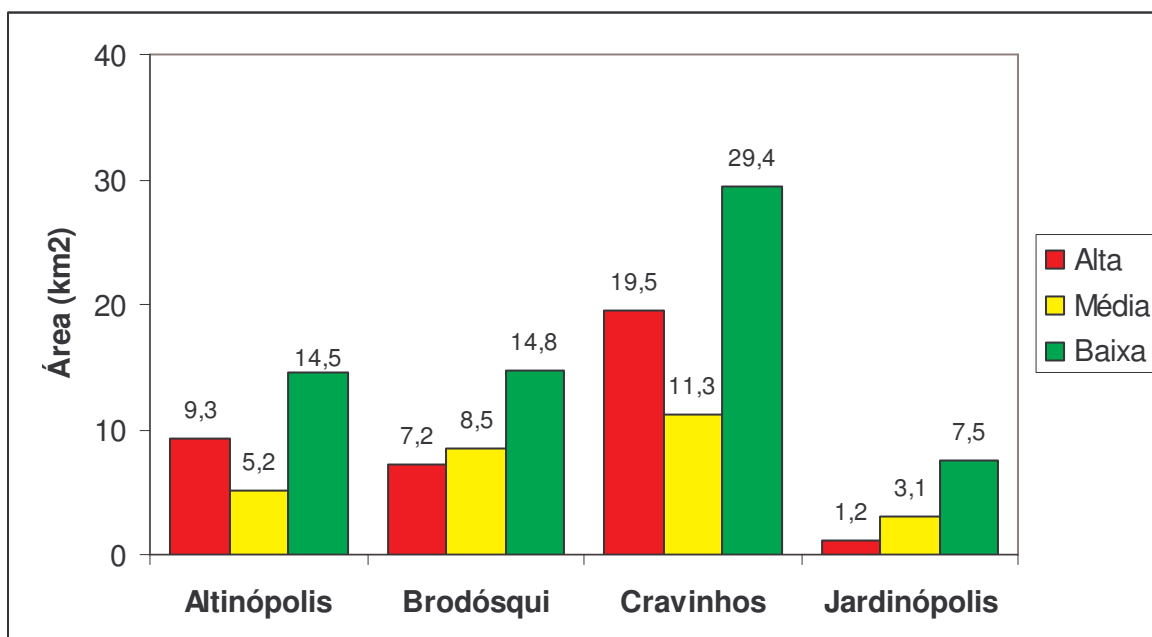


Figura 7. Áreas vulneráveis (em km²) da zona de recarga do SAG nos municípios do Projeto, em km².

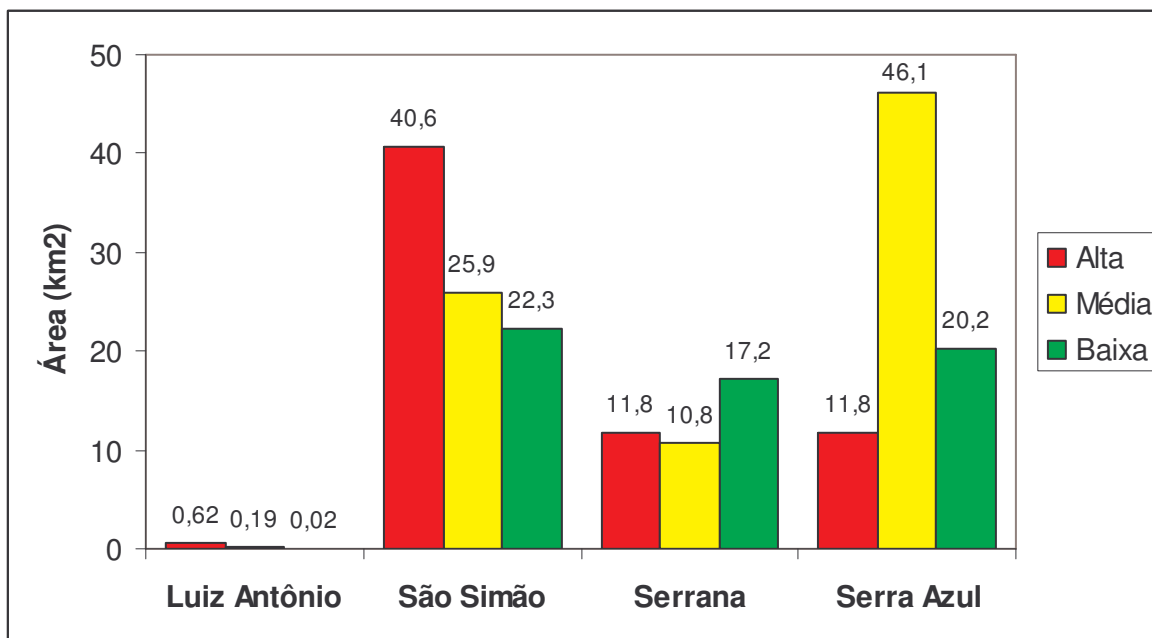


Figura 8. Áreas vulneráveis (em km²) da zona de recarga do SAG nos municípios do Projeto, em km².

De acordo com as Figuras 7 e 8, os municípios com maiores áreas absolutas (em km²) de alta vulnerabilidade são os de São Simão (40,6 km²) e



de Cravinhos (19,6 km²). Aqueles com as menores áreas de alta vulnerabilidade são os de Luis Antônio (0,62 km²) e Jardinópolis (1,2 km²).

2.4.3. Vulnerabilidade das Áreas de Recarga do Município e da Cidade de Ribeirão Preto

Em função de sua importância estratégica na área do Projeto Piloto, as vulnerabilidades do município e da cidade de Ribeirão serão tratadas separadamente neste item.

A Figura 9 apresenta o mapa de vulnerabilidade das áreas de recarga do município de Ribeirão Preto, estimada pelo método proposto. Por esta Figura, observamos que as áreas de recarga estão concentradas na parte leste do município. A área em cinza escuro é a área urbana do município onde não há informação sobre solos e, conseqüentemente, sobre a vulnerabilidade das áreas de recarga.

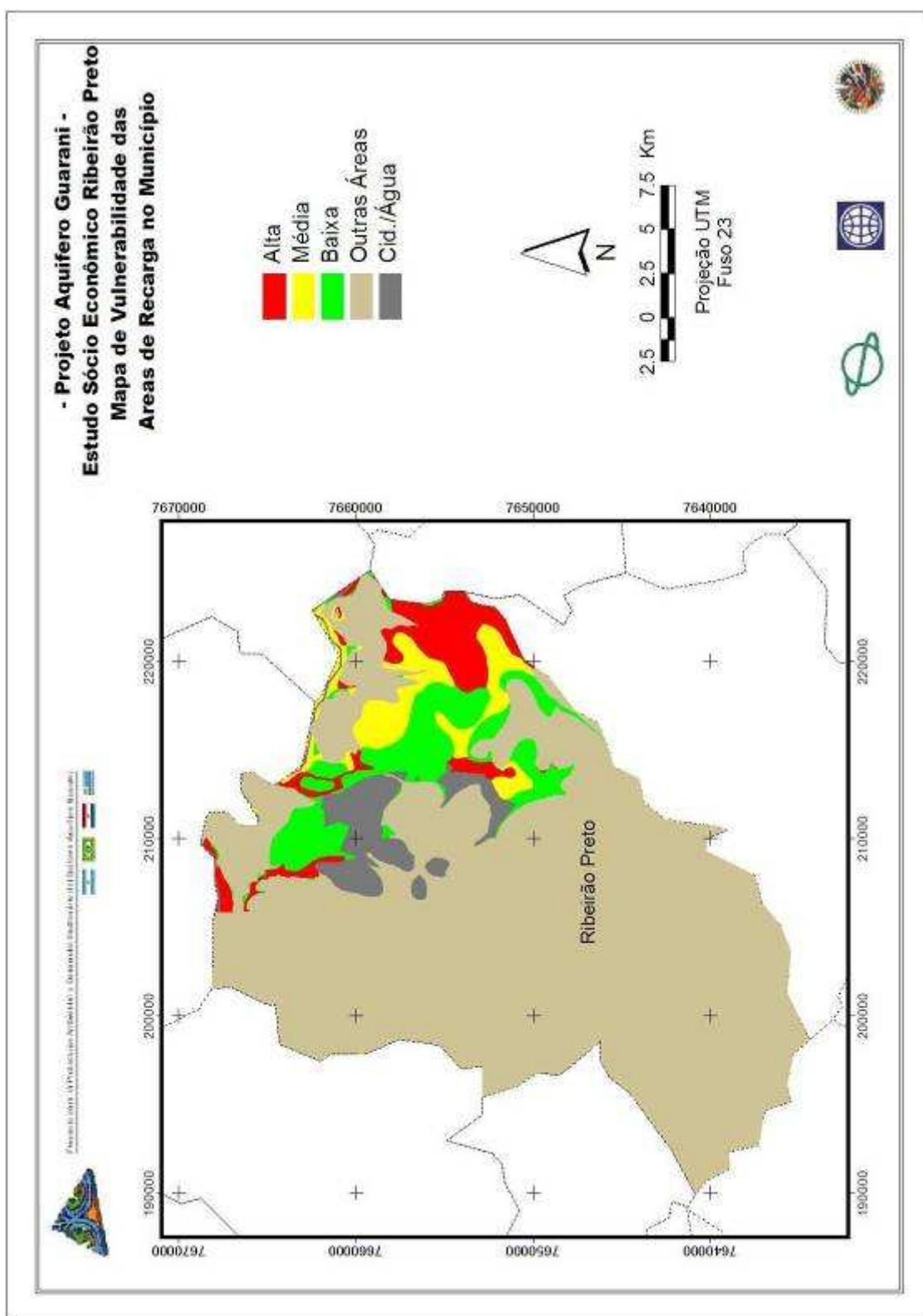


Figura 9. Vulnerabilidade das áreas de recarga do município de Ribeirão Preto.



A Figura 10 apresenta os valores relativos e absolutos das áreas de alta, média e baixa vulnerabilidade do município de Ribeirão Preto, em relação à sua área total. Por essa Figura, observa-se que este município apresenta 32,7 km² de áreas de recarga com alta vulnerabilidade (5,0% da área municipal), a qual está predominantemente localizada na sua porção leste.

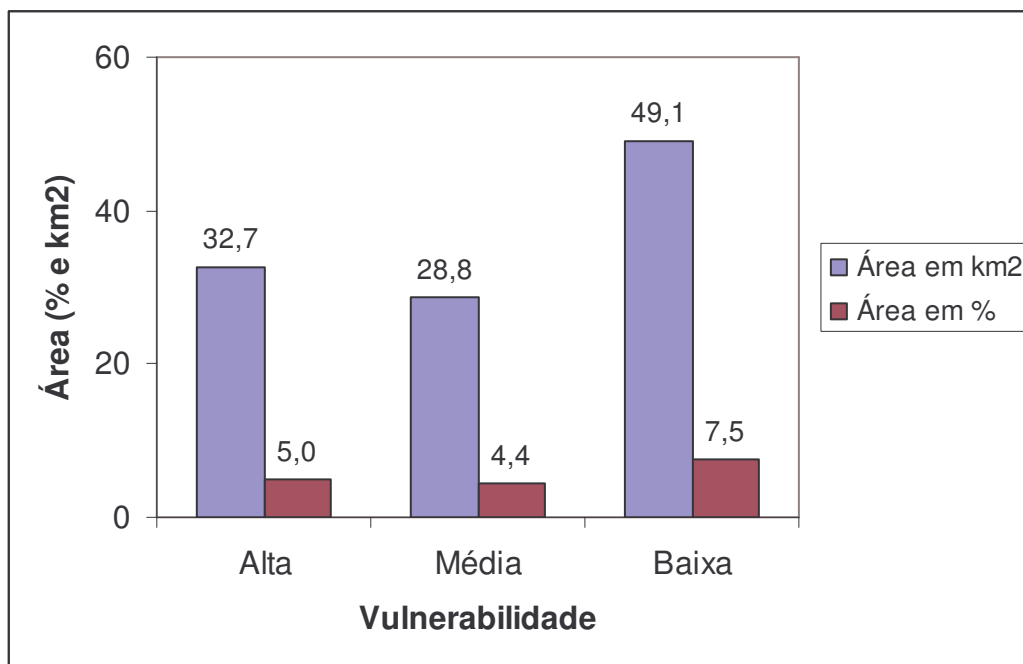


Figura 10. Áreas vulneráveis (absolutas e relativas) das zonas de recarga do município de Ribeirão Preto.

A Figura 11, por sua vez, apresenta as áreas de vulnerabilidade da zona de recarga do SAG na zona urbana de Ribeirão Preto, mostrada de acordo com o zoneamento urbano proposto pela Resolução 065/2006 do Comitê de Bacia do Rio Pardo.

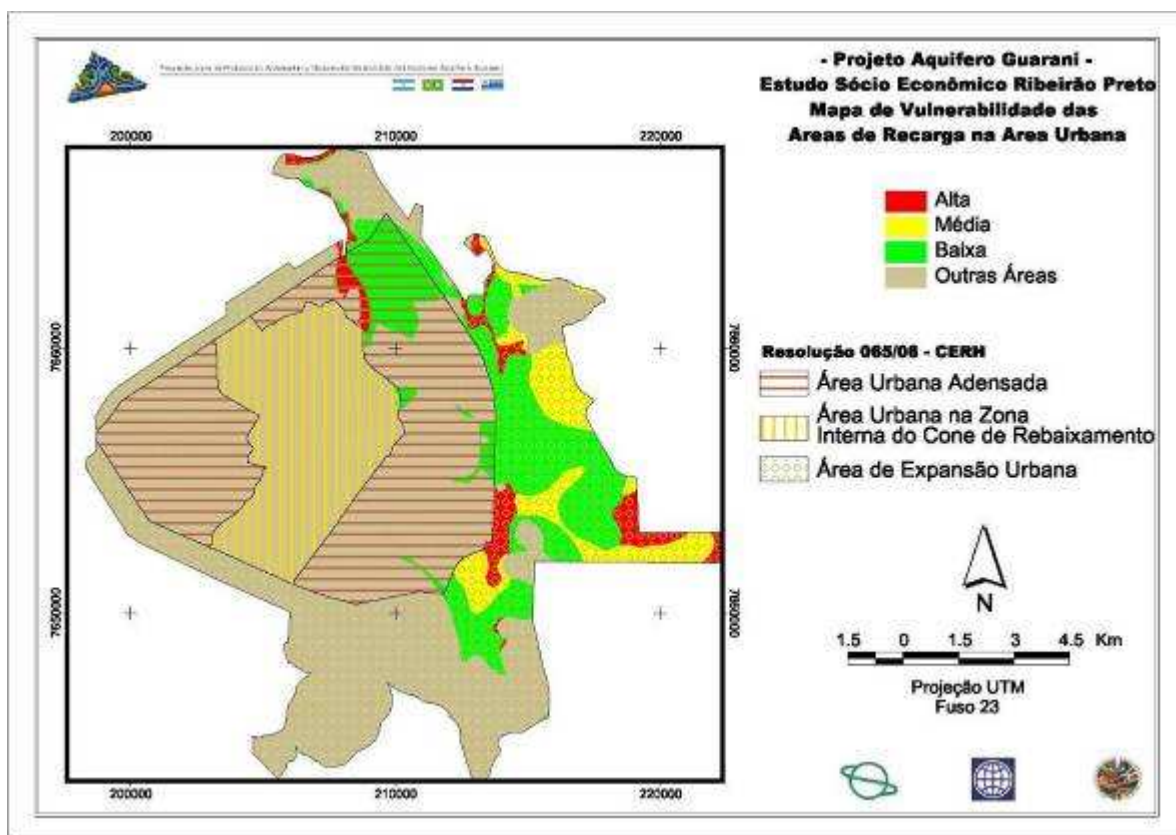


Figura 11. Vulnerabilidade das áreas de recarga do SAG na zona urbana de Ribeirão Preto, sobreposta pelo zoneamento urbano proposto pela Res. 065/2006 CBH-Pardo.

Pela Figura 11, observa-se que as áreas de recarga do SAG estão principalmente concentradas nas zonas de expansão urbana e urbana adensada, com praticamente nenhuma área de recarga na zona urbana interna.

A Figura 12 apresenta as áreas absolutas e relativas de alta, média e baixa vulnerabilidade da zona de recarga na área urbana de Ribeirão Preto. Por essa Figura, observa-se que 3,7% da área urbana (10,3 km²) apresentam alta vulnerabilidade de contaminação das zonas de recarga.

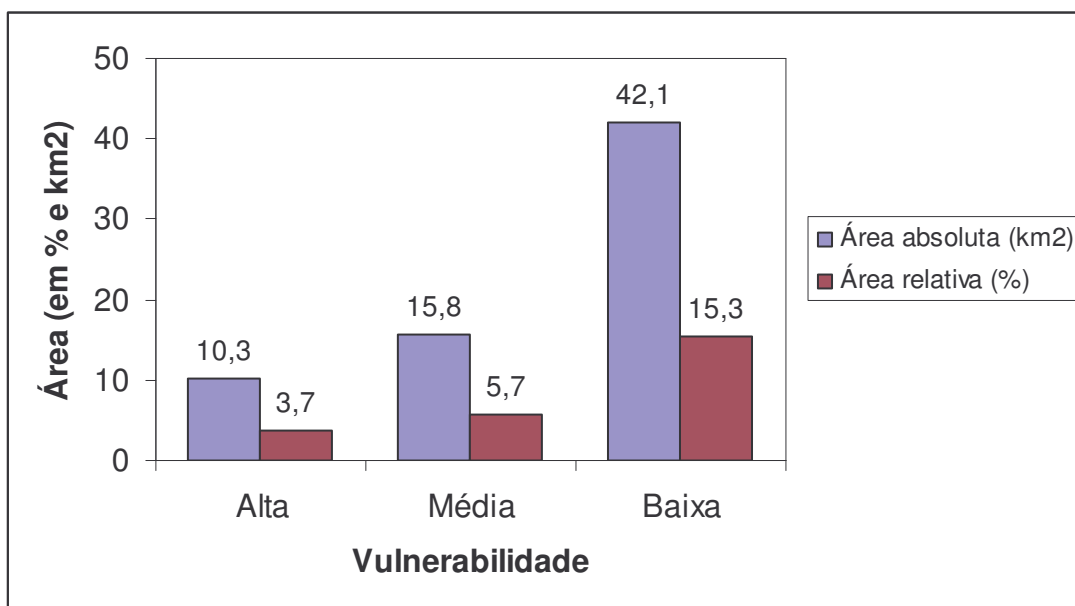


Figura 12. Áreas vulneráveis da zona de recarga do SAG na área urbana de Ribeirão Preto, em termos absolutos e relativos.

Nas Figuras 13 e 14, são apresentadas as áreas relativas (em %) e absolutas (em km²) de alta, média e baixa vulnerabilidade da zona de recarga na área urbana de Ribeirão Preto, em cada uma das zonas estabelecidas pela Res. 065/2006 do CBH-Pardo, respectivamente.

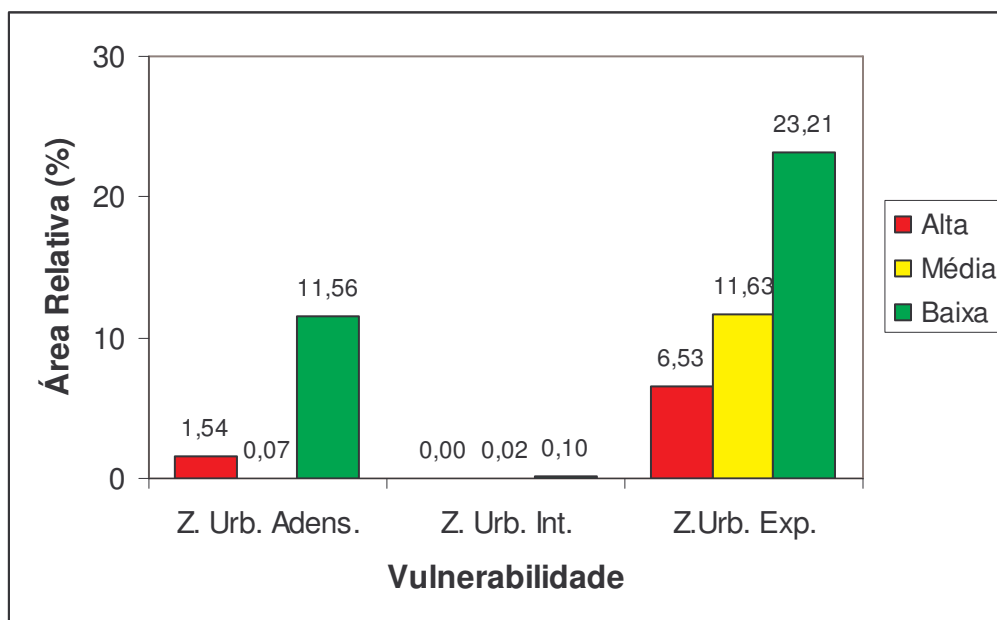


Figura 13. Áreas vulneráveis da zona de recarga da zona urbana de Ribeirão Preto de acordo com o zoneamento proposto pela Res. 065/2006 CBH-Pardo (valores relativos)

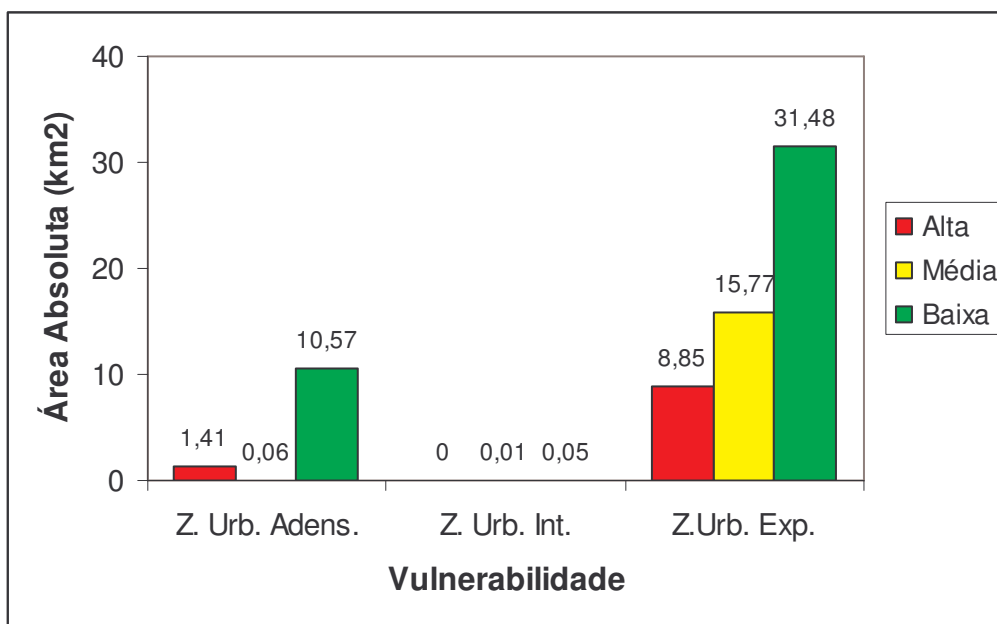


Figura 14. Áreas vulneráveis da zona de recarga da zona urbana de Ribeirão Preto de acordo com o zoneamento proposto pela Res. 065/2006 CBH-Pardo (valores absolutos)

De acordo com as Figuras 12, 13 e 14, observa-se que as áreas de recarga com alta vulnerabilidade estão concentradas nas Zonas Urbanas de Expansão e de Adensamento, principalmente nas primeiras. Este fato poderá ter consequências importantes para futuros zoneamentos urbanos de Ribeirão Preto, principalmente nas atuais áreas de expansão urbana.

Um exame mais detalhado das consequências dos resultados supra citados, bem como medidas mitigadoras e adaptativas correspondentes, serão objeto do próximo Relatório de Consultoria, a ser apresentado oportunamente.

2.5. Conclusões e Implicações relativas à Vulnerabilidade das Áreas de Recarga do Projeto Piloto R. Preto

As principais conclusões do estudo de vulnerabilidade das áreas de recarga do SAG na área do Projeto Piloto são as seguintes:

- 19,07% (ou 476,9 km²) da área total do Projeto Piloto são áreas de recarga do aquífero Guarani;
- Essas áreas de recarga se situam na porção leste da janela do Projeto Piloto, recobertas por 9 municípios;
- Do total das áreas de recarga, 29,6% (141,2 km²) correspondem a áreas de alta vulnerabilidade, 30,9% (147,5 km²) a áreas de média vulnerabilidade, e 39,5% (188,2 km²) a áreas de baixa vulnerabilidade;



- Os municípios com maior área de recarga são Ribeirão Preto (em termos absolutos, com 110,7 km²) e São Simão (em termos relativos, com 77,8% da área municipal);
- No município de Ribeirão Preto, as áreas de alta vulnerabilidade estão concentradas na área definida pela Res. CBH-Pardo No. 065/06 como zona de expansão urbana.

As implicações das conclusões acima, em termos de gestão do uso do solo e da água, são as seguintes:

- As áreas de alta e média vulnerabilidades, identificadas nas Figuras 4 e 6, para a área do Projeto Piloto e para o município de Ribeirão Preto, respectivamente, devem ser protegidas de fontes poluentes pontuais (indústrias, postos de gasolina, lixões, fossas, rodovias etc.), e difusas (agricultura, pecuária, áreas urbanas), sob pena de haver contaminação irreversível do aquífero Guaraní, em sua zona não confinada;
- Na área urbana de Ribeirão Preto, as áreas de recarga de maior vulnerabilidade estão concentradas na Zona Urbana de Expansão (ZUE), o que poderá levar a sérios problemas de contaminação no futuro, se cuidados não forem tomados;
- Apesar de a vulnerabilidade das áreas de recarga ter sido estimada em função das características físicas do solo, por não haver dados suficientes na escala de trabalho usada, os resultados não estariam muito distantes daqueles obtidos pelo modelo de Foster & Hirata (1988), uma vez que indicadores hidráulicos e de atenuação foram usados;
- As áreas de recarga com alta vulnerabilidade à contaminação devem ser protegidas, através de mecanismos eficazes, tais como o pagamento por serviços ambientais, uma vez que o custo da terra é muito elevado na região.

Na última etapa desse Estudo (Relatório No. 3), serão analisados o potencial contaminante das fontes pontuais e difusas, bem como os riscos ambientais oriundos de diferentes cenários e alternativas mitigadoras.



3. ANÁLISE CLIMÁTICA E DE OFERTA HÍDRICA NA ÁREA DO PROJETO

A etapa seguinte do Estudo consistiu de uma análise climática e hidrológica da área do Projeto Piloto, particularmente para a cidade de Ribeirão Preto. Essa análise foi fundamental para a avaliação da oferta de água, dos excedentes hídricos as taxas de recarga dos aquíferos e a oferta de água superficial e subterrânea, e suas tendências futuras. Os dados usados foram, sempre que possível, oriundos de estações climatológicas e hidrológicas oficiais, ou de estudos governamentais.

3.1. Análise da Série Histórica de Precipitação

A análise da precipitação da área do Projeto Piloto considerou a série mais longa e confiável da região, ou seja, aquela da estação pluviométrica de Ribeirão Preto, localizada no centro da Área Piloto (Figura 15).

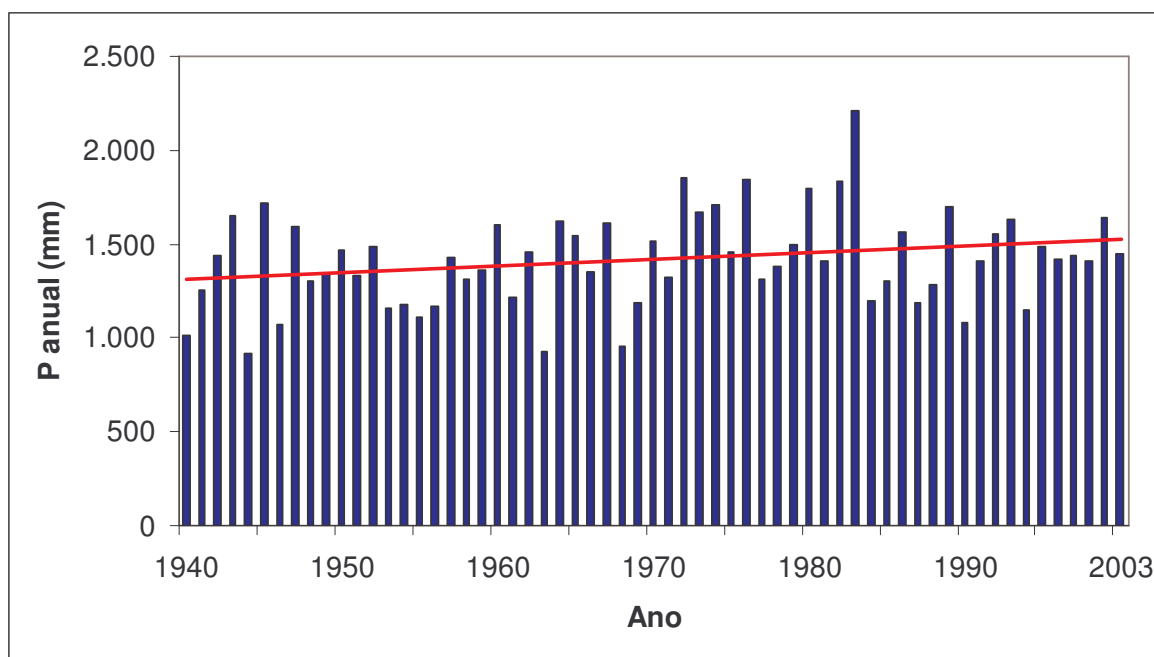


Figura 15. Série de precipitação anual da cidade de Ribeirão Preto entre 1940 e 2003.

O valor médio da precipitação anual dos últimos 63 anos foi de $P=1.417,9$ mm, com um desvio-padrão de $s=251,2$ mm (média variabilidade). De acordo com a Figura 15, houve uma ligeira tendência de aumento da precipitação anual ao longo dos últimos 60 anos. Entretanto, para se avaliar o grau de estacionariedade dessa série pluviométrica, usou-se o teste de Salas (1992). Nesse teste, a série é considerada não-estacionária (com aumento ou diminuição significativa) apenas se:



$$Tc = \left| \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}} \right| \geq T_{1-\alpha/2, v} \quad [3]$$

Onde: Tc = estatística de não-estacionariedade;
 r = coeficiente de correlação entre os anos e a precipitação anual;
 N = número de anos da série;
 $T_{1-\alpha/2, v}$ = valor tabulado da tabela de Student para um nível de probabilidade $\alpha/2$, e v graus de liberdade.

Aplicando-se a equação [3] à série da Figura 15, obteve-se um valor de $r = 0,26$, e $Tc = 2,07$. Para um nível de 99% e $N=63$ anos, o valor tabulado de Student é $T_{1-\alpha/2, v} = 2,38$. Conclui-se daí que $Tc < T_{1-\alpha/2, v}$, ou seja, que a série da Figura 15 é estacionária, a um nível de 99% de probabilidade.

3.2. Excedente Hídrico na Área do Projeto

3.2.1. Análise dos Dados Históricos

A etapa seguinte consistiu da estimativa do excedente hídrico para a área do Projeto Piloto, o qual é usado no cálculo da taxa de recarga dos aquíferos. A Figura 16 apresenta o balanço hídrico médio do solo para Ribeirão Preto, em um período de 30 anos (1961-1990).

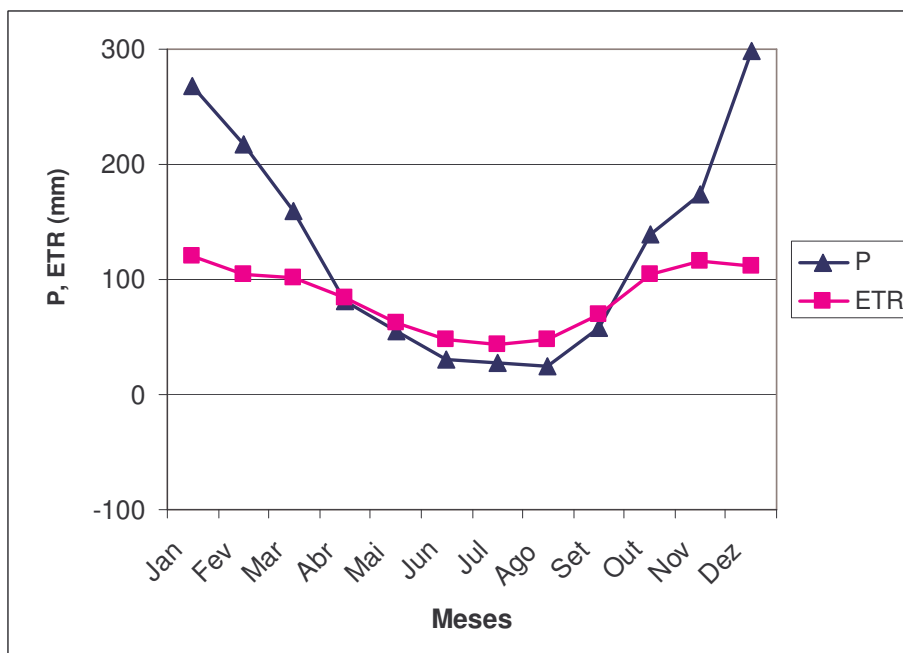


Figura 16. Balanço hídrico do solo (mm/mês) para a cidade de Ribeirão Preto, mostrando a precipitação (P) e a evapotranspiração real (ETR). Adaptado de Galvani (2007).



No balanço hídrico da Figura 16, que pode ser extrapolado para toda a área do Projeto Piloto, em função da homogeneidade do clima na meso-região, observa-se um pequeno déficit hídrico (77 mm/ano) entre os meses de maio e outubro, o qual é mais do que compensado por um excedente hídrico (599 mm/ano) no restante do ano. A Figura 17 apresenta os excedentes e os déficits hídricos na área do Projeto.

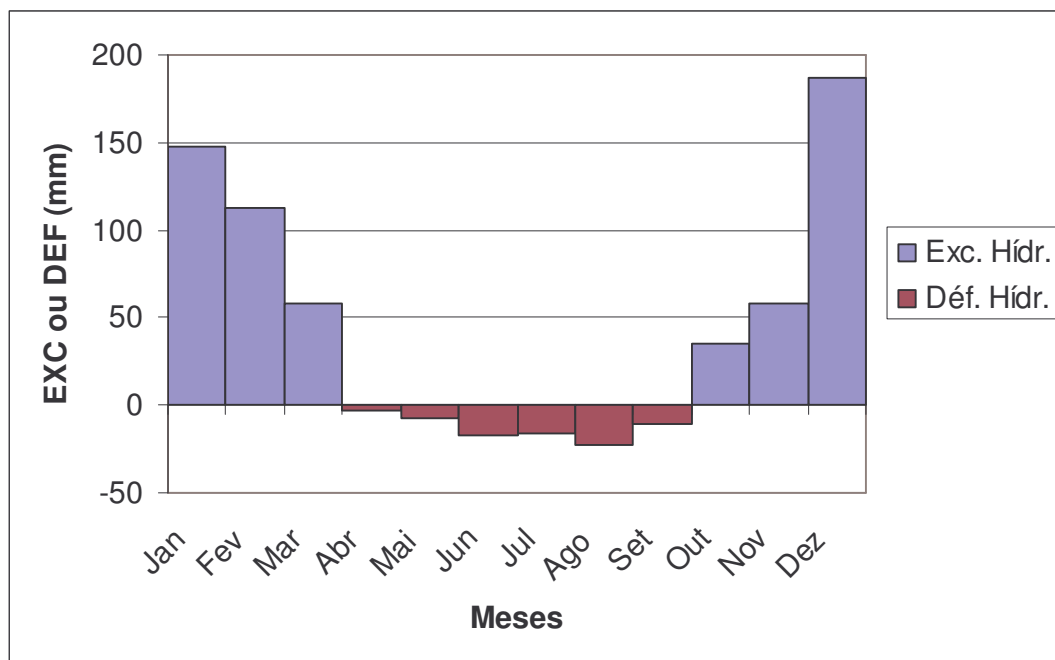


Figura 17. Excedentes e déficit hídrico para a cidade de Ribeirão Preto (fonte: Galvani, 2007).

O excedente hídrico se manifesta através de escoamento superficial e drenagem profunda, a qual contribuirá para a vazão de base dos rios e para a recarga dos aquíferos. O excedente hídrico total anual (diferença entre o excedente e o déficit) é de 522 mm para Ribeirão Preto, o que representa, em média, 34% da precipitação anual.

3.2.2. Cenários Climáticos Futuros

Para estimar o efeito das mudanças climáticas sobre o excedente hídrico e, posteriormente, sobre a recarga dos aquíferos, partiu-se de um estudo de Salati et al, (2007) para a cidade de Piracicaba-SP, situada a cerca de 150 km ao sul de Ribeirão Preto.

De acordo com este autor, o excedente hídrico em Piracicaba seria reduzido em função do aquecimento global, gerado por gases estufa, conforme indica a Figura 18.

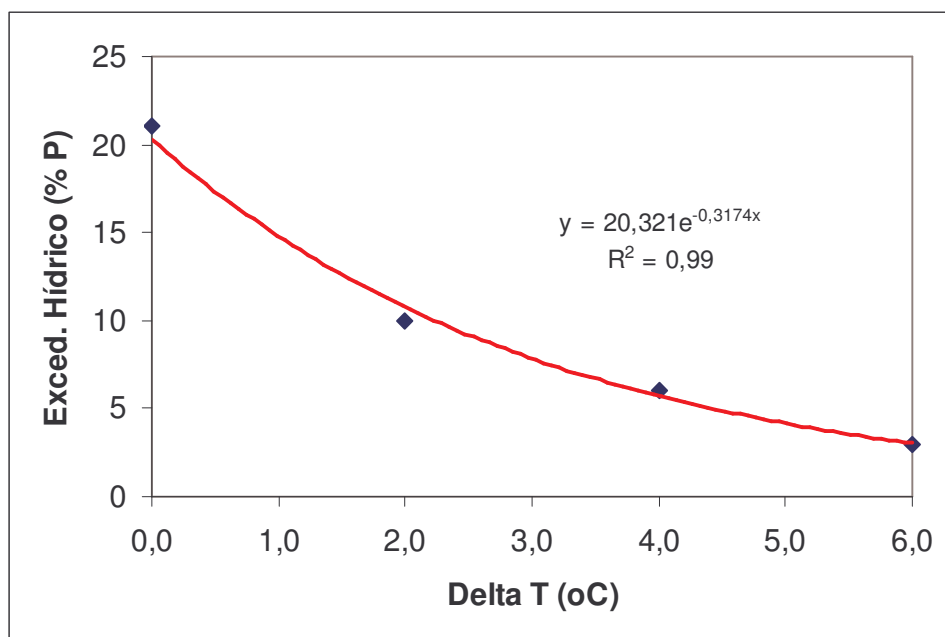


Figura 18. Excedente hídrico da cidade de Piracicaba-SP que ocorreria em função do aumento de temperatura anual. Fonte: Salati et al. (2007).

Supondo-se que o tipo de relação obtida por Salati et al. (2007) para Piracicaba é válida também para Ribeirão Preto, onde o excedente hídrico atual (supondo $\Delta T = 0^\circ\text{C}$) é de 34% da precipitação anual (contra 21% de Piracicaba), a função da Figura 18 para Ribeirão Preto, depois de devidamente ajustada para a cidade, seria aquela mostrada na Figura 19.

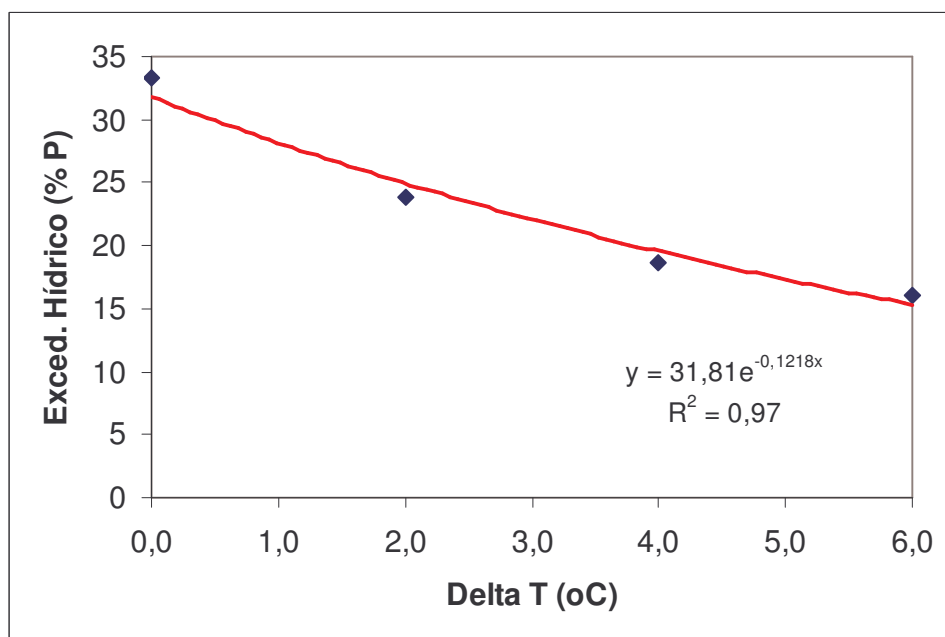


Figura 19. Excedente hídrico estimado para a cidade de Ribeirão Preto, em função do aumento de temperatura anual.



De acordo com a Figura 19, haveria, com o aquecimento global, uma redução significativa do excedente hídrico anual para Ribeirão Preto, passando de 34% de P_{anual} no presente ($\Delta T=0^{\circ}\text{C}$) para 16% da precipitação anual, com um aumento de temperatura de 6°C . Essa redução no excedente hídrico terá importantes implicações para a recarga dos aquíferos, como se verá adiante.

3.3 Recarga dos Aquíferos na Área do Projeto Piloto (Situação atual)

A recarga dos aquíferos é apenas uma parte do excedente hídrico anual, uma vez que há perdas superficiais (*runoff*) e sub-superficiais, na bacia hidrográfica.

Estudando o balanço hídrico na região de Ribeirão Preto, Coplan et al. (2004) concluíram que a taxa média de recarga dos aquíferos nas áreas não confinadas do Guarani (formações Botucatu e Pirambóia) é de 140 mm/ano, o que representa 26,8% do excedente hídrico anual, ou 9,1% da precipitação anual (Figura 20).

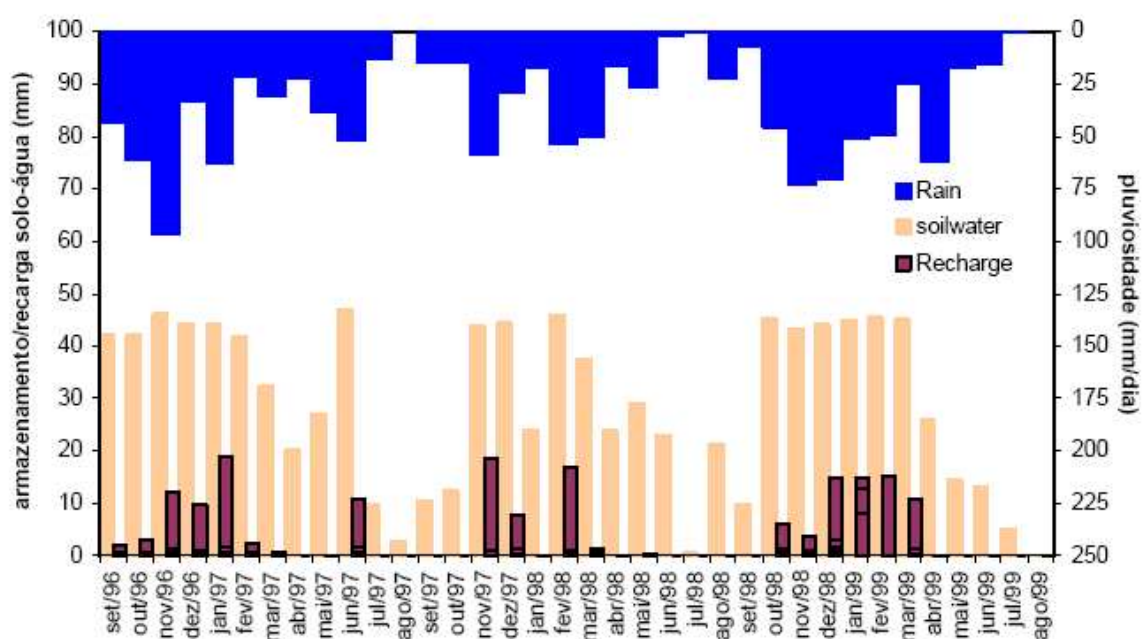


Figura 20. Balanço hídrico (incluindo a recarga do aquífero) da área urbana de Ribeirão Preto (Fonte: Coplan et al., 2004).

Para as áreas confinadas do SAG em Ribeirão Preto, concluiu-se que a recarga seria da ordem de 80 mm/ano (Coplan et al., 2004). Entretanto, considerando que a recarga mais importante do SAG na área do Projeto se dá na zona de afloramento do aquífero Guarani, o valor de 140 mm/ano foi adotado para a recarga anual no presente Estudo.



3.4 Análise da Recarga em Cenários Futuros (Mudanças Climáticas)

Conforme indicado no Relatório de Consultoria No.1, a recarga do aquífero Guaraní foi analisada nos cenários atual (2008) e futuro (2020 e 2050), onde um aumento significativo da temperatura do ar é esperado.

Os cenários de mudança climática examinados serão aqueles definidos pelo IPCC (2007) como otimista (B2, ou de baixa emissão) e pessimista (A2, alta emissão), além do cenário tendencial (intermediário).

A primeira etapa dessa análise foi a estimativa do aumento da temperatura média anual, relativamente à do final do século 20, para os anos 2020 e 2050. Para tanto, foram usadas as estimativas do INPE, realizadas com modelos de circulação global (GCM) e regional (RCM) (Ambrizzi et al, 2007).

Assim, para o cenário otimista (B2, baixa emissão) do IPCC, a Figura 21 apresenta os aumentos de temperatura esperados no de 2080 para o Brasil.

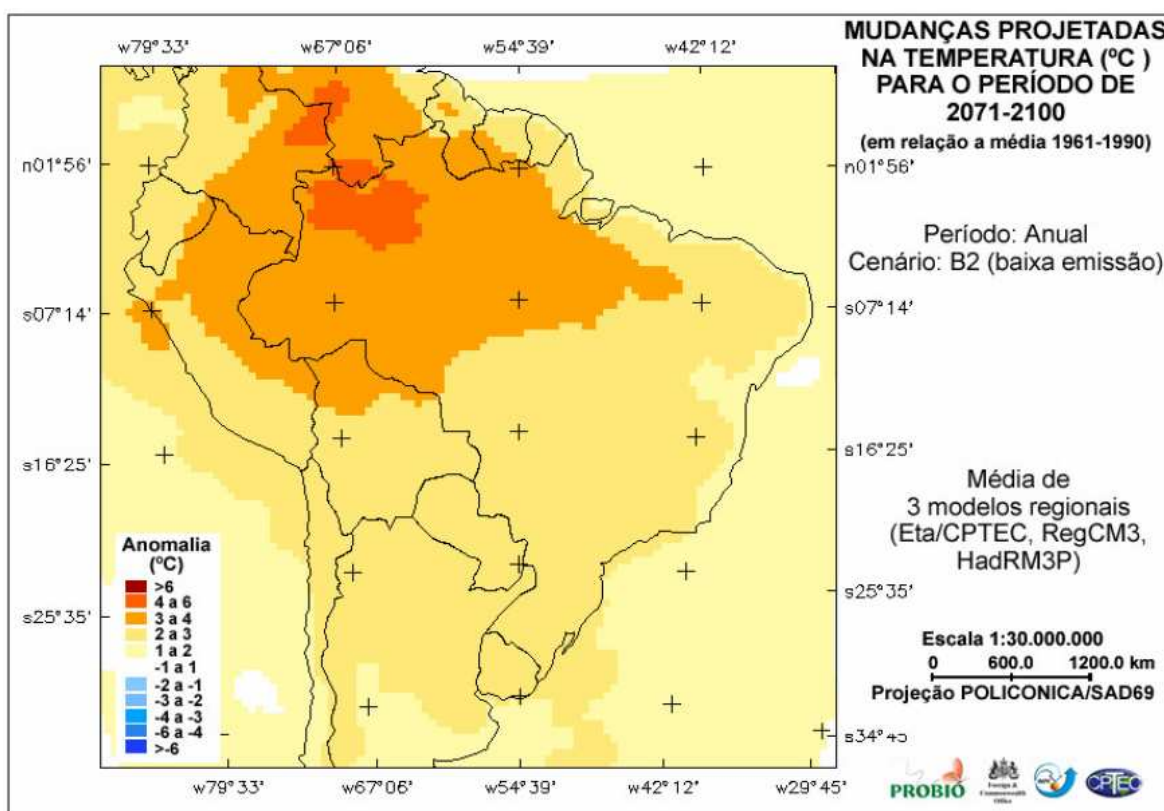


Figura 21. Mudanças esperadas na temperatura média anual para o Brasil no período de 2071-2100 no cenário B2 (baixa emissão). Fonte: Ambrizzi et al (2007).

Pela Figura 21, observa-se que um aumento de 2,5° C é esperado no cenário B2 (otimista) para a área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, por volta de 2080 (tomado como o ano médio entre 2071 e 2100). A Figura 22, por sua vez,



apresenta o aumento médio de temperatura para o cenário pessimista A2 (alta emissão).

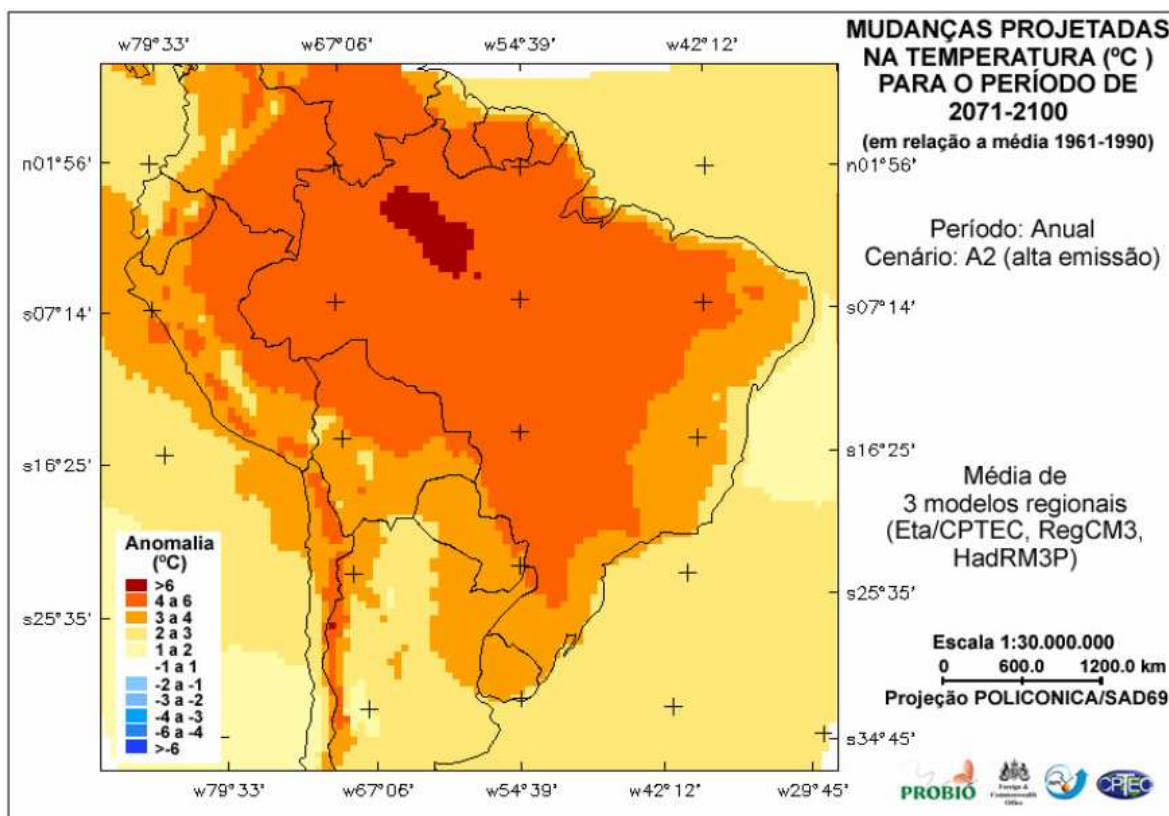


Figura 22. Mudanças esperadas na temperatura média anual para o Brasil no período de 2071-2100 no cenário A2 (alta emissão). Fonte: Ambrizzi et al (2007).

De acordo com a Figura 22, o aumento de temperatura esperado no cenário pessimista (A2) para a área do Projeto Piloto é de 3,5° C. No caso do cenário tendencial, considerou-se um valor médio de T entre os cenários A2 e B2, ou seja, um aumento médio de 3,0° C. A Tabela 7 abaixo apresenta um resumo do aumento de temperatura esperado em 2080 para a área do Projeto Piloto, para os 3 cenários propostos.

Tabela 7. Aumentos de temperatura esperados para a área do Projeto Piloto R. Preto, no ano 2080.

Cenário	ΔT (°C)
Otimista (B2)	2,5
Pessimista (A2)	3,5
Tendencial	3,0



Para a precipitação, os modelos de circulação global e regional não indicaram mudanças significativas para a área do Projeto Piloto em 2080, para os cenários otimista e pessimista (Figuras 23 e 24). Nesse sentido, se considerou que a média histórica de precipitação anual de 1.418 mm prevalecerá em 2020 e em 2050.

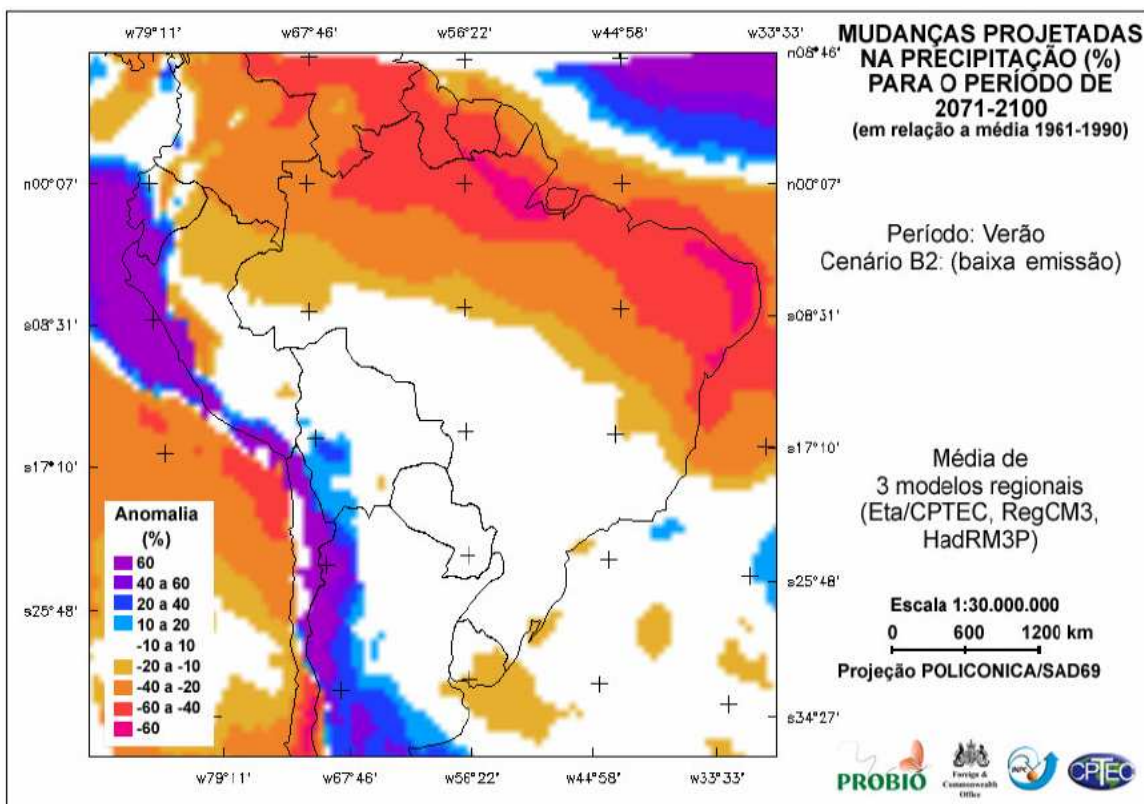


Figura 23. Mudanças esperadas na precipitação média anual para o Brasil no período de 2071-2100 no cenário B2 (baixa emissão). Fonte: Ambrizzi et al (2007).

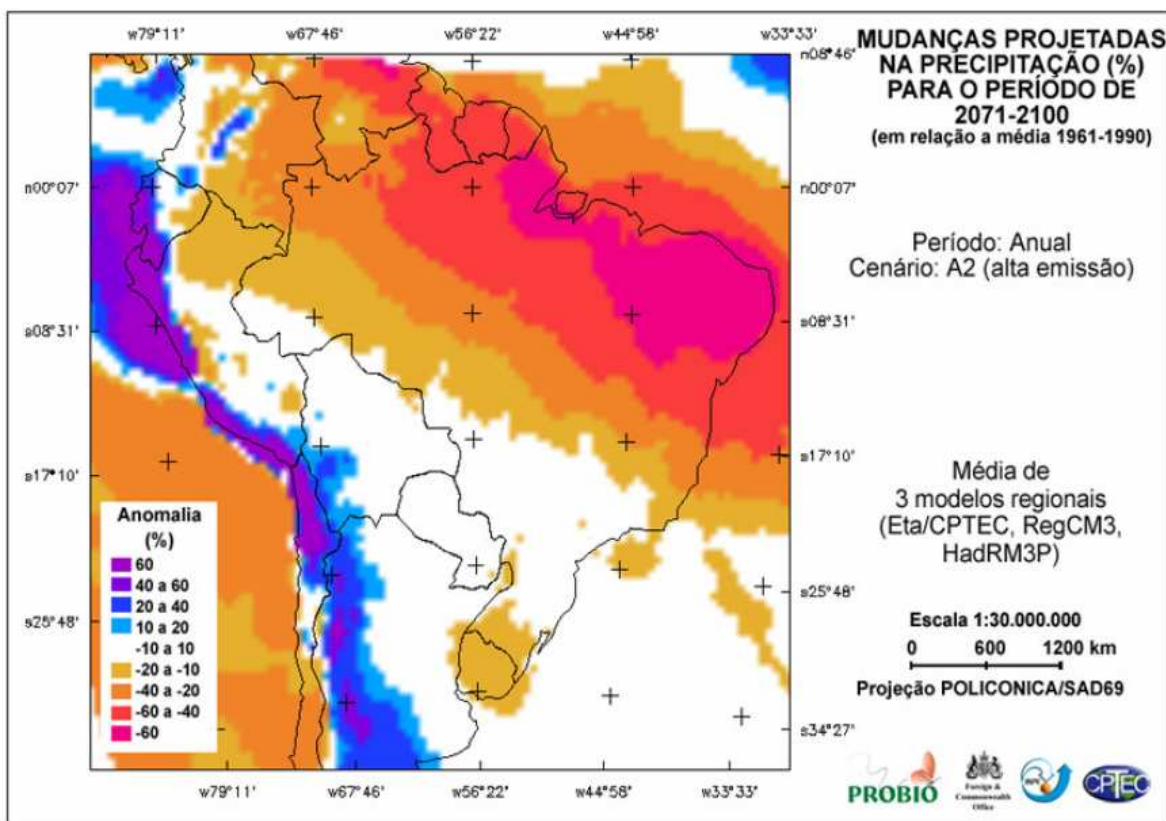


Figura 24. Mudanças esperadas na precipitação média anual para o Brasil no período de 2071-2100 no cenário A2 (alta emissão). Fonte: Ambrizzi et al (2007).

No presente Estudo, considerou-se que a recarga dos aquíferos corresponderia a 26,8% do excedente hídrico ou a 9,1% da precipitação anual, conforme sugerido por Coplan et al. (2004) para a cidade de Ribeirão Preto. Assim, esses coeficientes foram usados para a estimativa dos valores de recarga nos diferentes cenários climáticos analisados.

3.4.1. Recarga dos Aquíferos no Cenário Otimista (B2)

Considerando-se o cenário otimista de emissões (B2), e o aumento de temperatura de 2,5° C esperada para 2080 para a área do Projeto Piloto (Figura 21 e Tabela 7), a etapa seguinte da análise foi definir os aumentos de temperatura esperados para os anos de 2008, 2020, e 2050.

Para tanto, supôs-se que o aumento de temperatura entre 2000 e 2080 fosse linear nos 3 cenários estudados (otimista, pessimista e tendencial). A Figura 25 mostra as tendências de aumento de temperatura global nos diferentes cenários, estimados pelo IPCC (2007). Nesta Figura, observa-se que a suposição de linearidade para o aumento de T nos cenários A2 e B2 após o ano 2000 é aceitável.

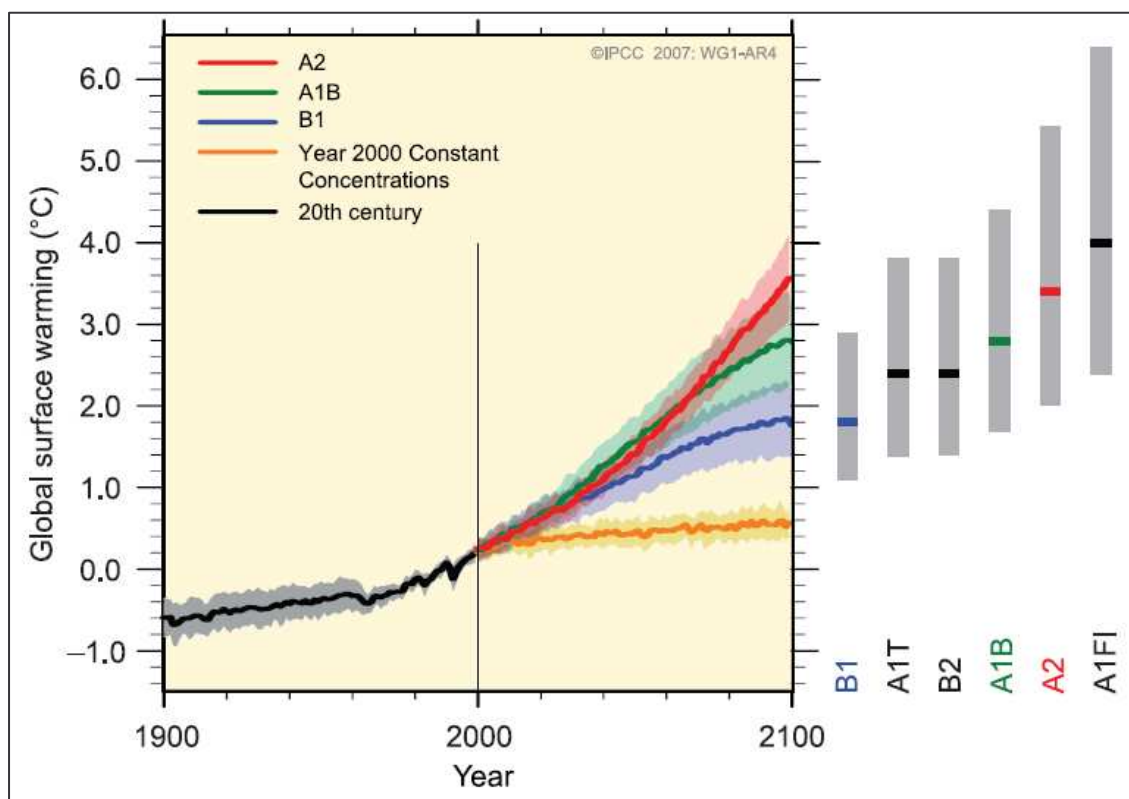


Figura 25. Tendência de aumento de temperatura global, nos vários cenários do IPCC, incluindo o B2 (baixa emissão) e A2 (alta emissão). Fonte: IPCC (2007).

Dessa forma, as recargas no cenário otimista B2 para o período entre 2000 e 2080 (incluindo os anos de 2008, 2020 e 2050), calculadas em função do aumento de temperatura esperado e da função de excedente hídrico, são apresentadas na Tabela 8.

Nesta Tabela, tomou-se o aumento de temperatura como sendo linear entre 2000 ($\Delta T=0^{\circ}\text{C}$) e 2080 ($\Delta T=2,5^{\circ}\text{C}$), sendo o excedente hídrico calculado a partir da função da Figura 19.



Tabela 8. Recargas esperadas no Cenário Otimista (B2) para a área do Projeto Piloto, entre os anos de 2000 e 2080.

Cenário Climático Otimista (B2)						
Ano	ΔT^a (oC)	Exc. Hidr. ^b (% Panual)	%Recar. ^c (% Panual)	Precip. (mm/ano)	Recarga (mm/ano)	Recarga (%)
2000	0	31,8	8,5	1.418	120,9	100,0
2008	0,25	30,9	8,3	1.418	117,3	97,0
2010	0,31	30,6	8,2	1.418	116,4	96,3
2020	0,63	29,5	7,9	1.418	112,0	92,7
2030	0,94	28,4	7,6	1.418	107,8	89,2
2040	1,25	27,3	7,3	1.418	103,8	85,9
2050	1,56	26,3	7,0	1.418	99,9	82,7
2060	1,88	25,3	6,8	1.418	96,2	79,6
2070	2,19	24,4	6,5	1.418	92,6	76,6
2080	2,50	23,5	6,3	1.418	89,2	73,7

a – Supondo aumento linear de T entre 2000 e 2080 (Figura 25).

b – De acordo com a função da Figura 19.

c - Supondo que a recarga anual é 26,8% do excedente hídrico anual (Copal et al, 2004).

De acordo com a Tabela 8, no cenário otimista de mudanças climáticas (B2) a recarga em 2020 seria de 112,0 mm/ano (representando 92,7% do valor em 2000), e de 99,9 mm/ano (equivalente a 82,7% da recarga em 2000).

A Figura 26 mostra a tendência de redução na recarga (relativa) dos aquíferos da área Piloto, para o cenário otimista (B2) de emissões.

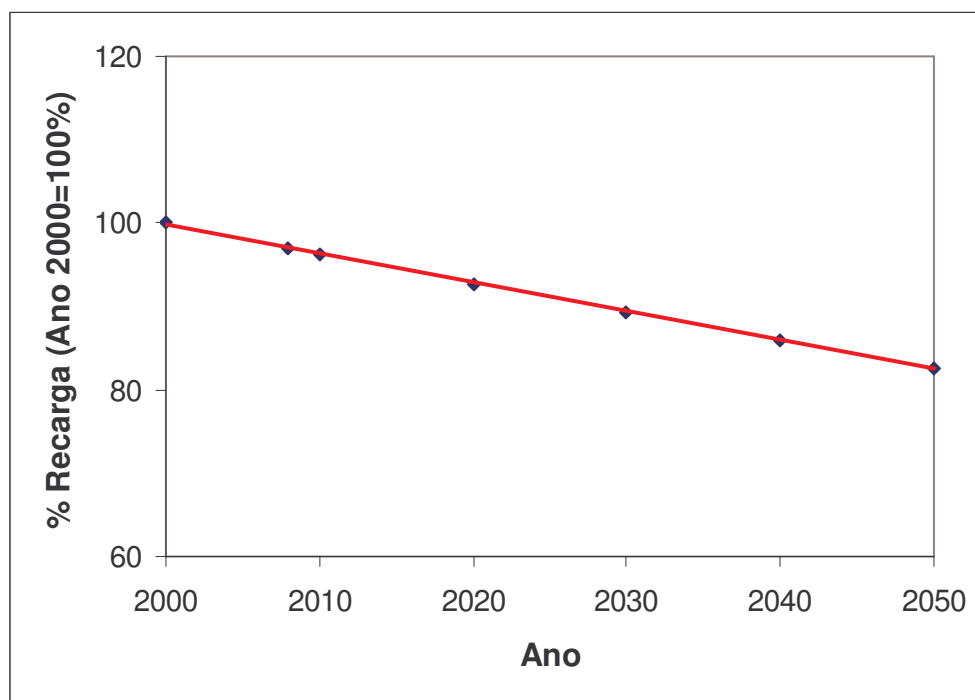


Figura 26. Redução da recarga dos aquíferos na área Piloto, para o Cenário Otimista (B2). Recarga no ano 2000 = 100%.

3.4.2. Recarga dos Aquíferos no Cenário Pessimista (A2)

Para o cenário pessimista de emissões (A2), a recarga dos aquíferos na área do Projeto Piloto foi calculada de maneira análoga à do cenário otimista, sendo que a diferença de temperatura média anual em 2080 seria de 3,5° C, e não de 2,5° C. A

Tabela 9 apresenta os valores de temperatura e recarga anual para o cenário A2 em 2020 e 2050. O aumento de temperatura e o excedente hídrico nessa Tabela foi calculado de maneira análoga ao cenário otimista.



Tabela 9. Recargas esperadas no Cenário Pessimista (A2) para a área do Projeto Piloto, entre os anos de 2000 e 2080.

Ano	Cenário Climático Pessimista (A2)					
	ΔT^a (oC)	Exc.Hidr. ^b (% Panual)	%Recar. ^c (% Panual)	Precip. (mm/ano)	Recarga (mm/ano)	Recarga (%)
2000	0	31,8	8,5	1.418	120,9	100,0
2008	0,35	30,5	8,2	1.418	115,8	95,8
2010	0,44	30,2	8,1	1.418	114,6	94,8
2020	0,88	28,6	7,7	1.418	108,7	89,9
2030	1,31	27,1	7,3	1.418	103,0	85,2
2040	1,75	25,7	6,9	1.418	97,7	80,8
2050	2,19	24,4	6,5	1.418	92,6	76,6
2060	2,63	23,1	6,2	1.418	87,8	72,6
2070	3,06	21,9	5,9	1.418	83,2	68,9
2080	3,50	20,8	5,6	1.418	78,9	65,3

a – Supondo aumento linear de T entre 2000 e 2080 (Figura 25).

b – De acordo com a função da Figura 19.

c - Supondo que a recarga anual é 26,8% do excedente hídrico anual (Copal et al, 2004).

De acordo com a Tabela 9, as recargas anuais esperadas para os aquíferos livres na área do Projeto Piloto em 2020 e em 2050 são de 108,7 mm e 92,6 mm, correspondendo a 89,9% e 76,6% da recarga em 2000, respectivamente, indicando uma redução significativa em relação às recargas no cenário otimista. A Figura 27 apresenta a tendência de redução na recarga (relativa) dos aquíferos da área Piloto, para o cenário pessimista (A2) de emissões.

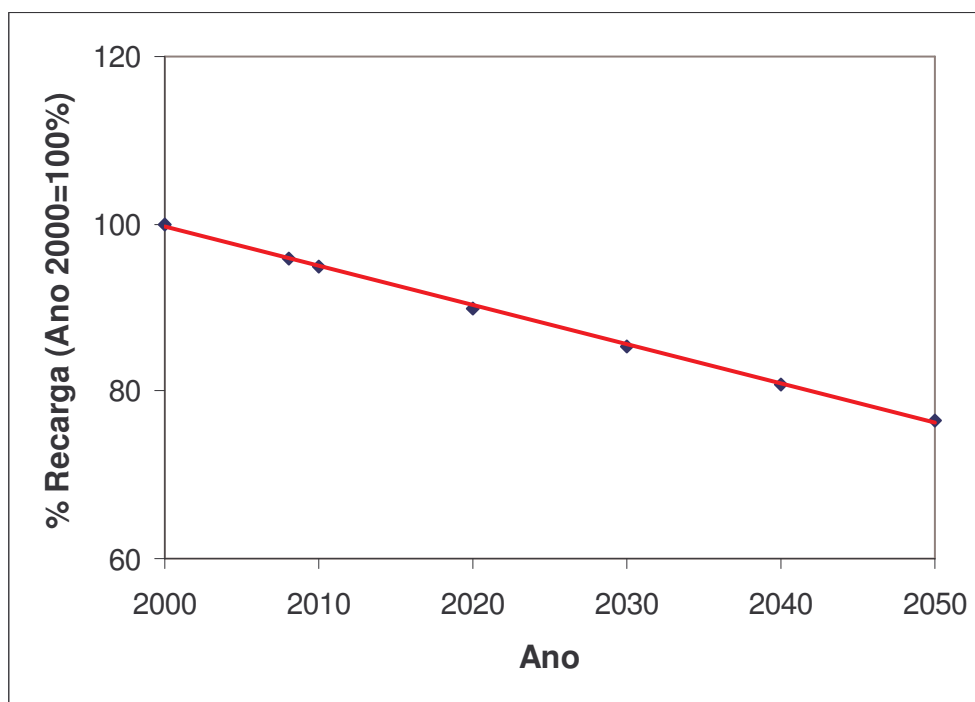


Figura 27. Redução da recarga dos aquíferos na área Piloto, para o Cenário Pessimista (A2). Recarga no ano 2000 = 100%.

3.4.3. Recarga dos Aquíferos no Cenário Tendencial de Emissões

Conforme definido anteriormente, o cenário tendencial é aquele intermediário aos cenários pessimista (A2) e otimista (B2), sendo que o aumento da temperatura esperado para 2080 é a média desses dois cenários, ou seja, $\Delta T = 3,0^{\circ} \text{ C}$.

De forma semelhante aos cenários A2 e B2, as taxas anuais de recarga dos aquíferos da área do Projeto Piloto foram calculadas para o cenário tendencial, para os anos 2008, 2020 e 2050 (Tabela 10).



Tabela 10. Recargas esperadas no Cenário Tendencial para a área do Projeto Piloto, entre os anos de 2000 e 2080.

Cenário Climático Tendencial						
Ano	ΔT^a ($^{\circ}C$)	Exc.Hidr. ^b (% Panual)	%Recar. ^c (% Panual)	Precip. (mm/ano)	Recarga (mm/ano)	Recarga (%)
2000	0,00	31,8	8,5	1.418	120,9	100,0
2008	0,30	30,7	8,2	1.418	116,5	96,4
2010	0,38	30,4	8,1	1.418	115,5	95,5
2020	0,75	29,0	7,8	1.418	110,3	91,3
2030	1,13	27,7	7,4	1.418	105,4	87,2
2040	1,50	26,5	7,1	1.418	100,7	83,3
2050	1,88	25,3	6,8	1.418	96,2	79,6
2060	2,25	24,2	6,5	1.418	91,9	76,0
2070	2,63	23,1	6,2	1.418	87,8	72,6
2080	3,00	22,1	5,9	1.418	83,9	69,4

a – Supondo aumento linear de T entre 2000 e 2080 (Figura 25).

b – De acordo com a função da Figura 19.

c - Supondo que a recarga anual é 26,8% do excedente hídrico anual (Copal et al, 2004).

De acordo com a Tabela 10, as recargas anuais em 2020 e 2050 para o cenário tendencial seriam de 110,3 mm e 96,2 mm, correspondendo a 91,3% e 79,6% da recarga em 2000, respectivamente, indicando uma situação intermediária de recarga relativamente aos cenários A2 e B2. A Figura 28 ilustra a queda da recarga ao longo do tempo no cenário tendencial.

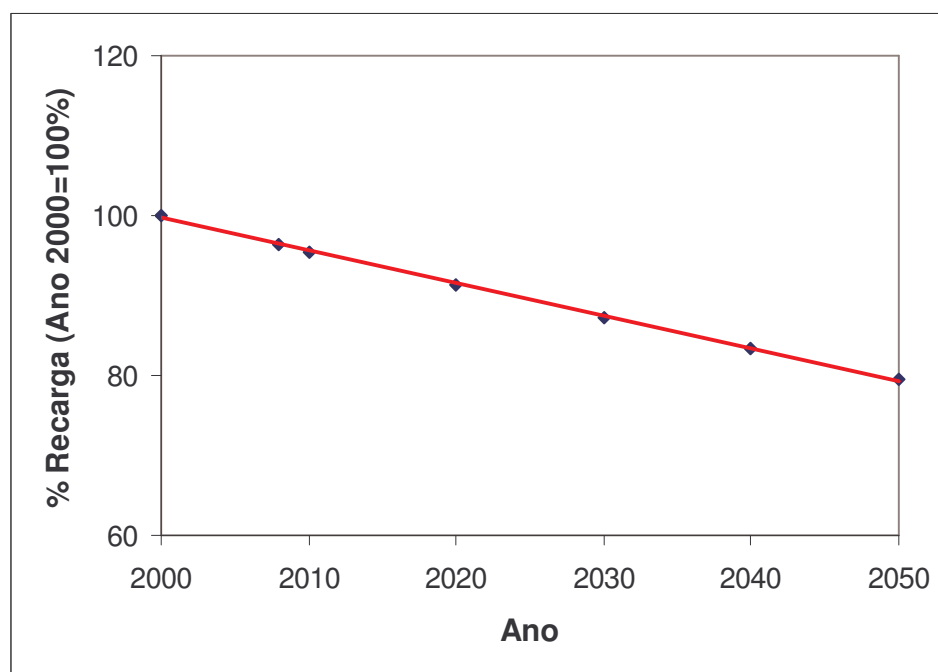


Figura 28. Redução da recarga dos aquíferos na área Piloto, para o Cenário Tendencial (Recarga no ano 2000 = 100%).



3.5. Vazões do Rio Pardo na Área do Projeto Piloto

Nessa etapa, foi estudada a dinâmica das vazões do rio Pardo, principal curso d'água na área do Projeto Piloto, e responsável pela maior oferta de água superficial na região.

A série de vazões estudada foi obtida do posto fluviométrico Clube de Regatas (DAEE), na cidade de Ribeirão Preto (Figura 29).

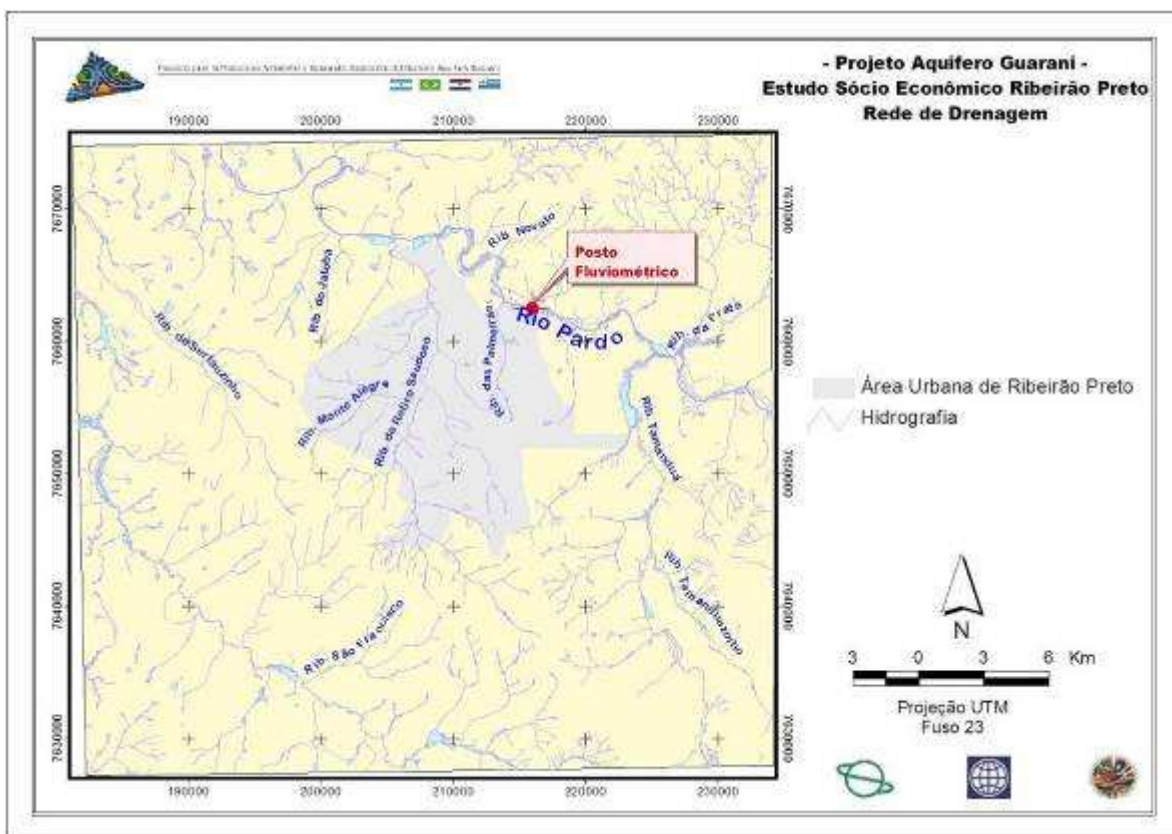


Figura 29. Rede de drenagem na área do Projeto Piloto.

As vazões médias anuais medidas neste posto fluviométrico Clube de Regatas do DAEE, entre os anos de 1975 e 2006, são apresentadas na Figura 30.

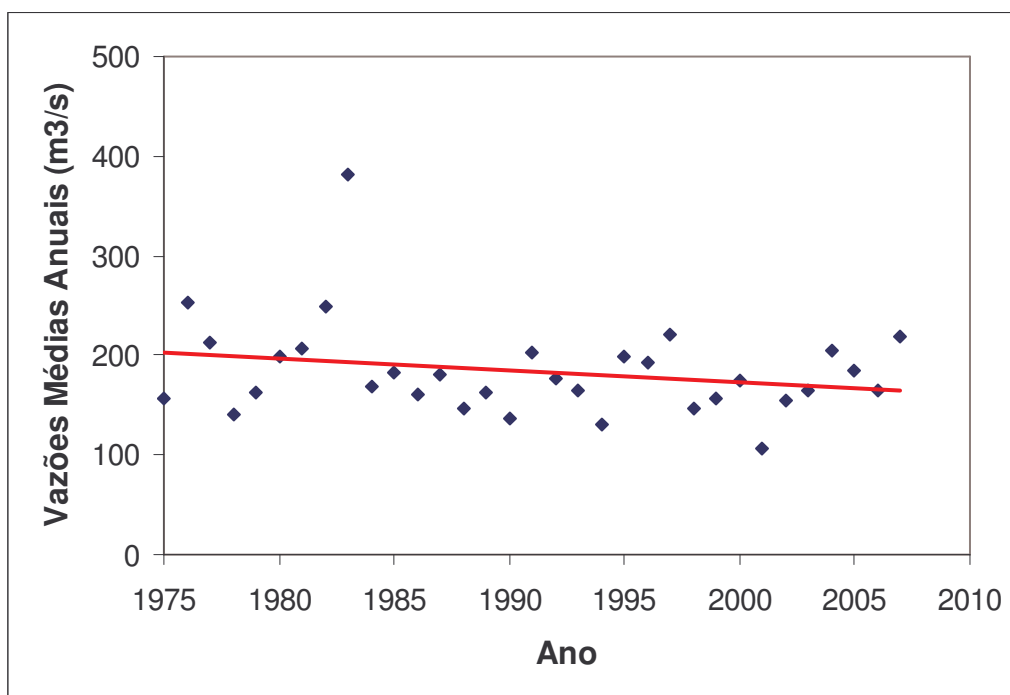


Figura 30. Vazões médias anuais do rio Pardo em Ribeirão Preto, entre 1975 e 2006. Fonte: DAEE (2007).

A média das médias durante o período supra mencionado foi de 183,9 m³/s, com uma mínima de 92,0 m³/s, e um desvio-padrão de 48,3 m³/s. Apesar a Figura 30 indicar que existe uma tendência de queda nas vazões anuais, o valor de Tc (equação [2]) para a série histórica foi de Tc=1,67, ou seja, menor que o valor de t de Student a 99% de probabilidade (t=2,46). Conclui-se, portanto, que a série de vazões médias pode ser considerada estacionária.

A Figura 31 mostra as vazões mensais médias no período entre 1975 e 2006 para o mesmo posto fluviométrico. De acordo com essa Figura, o valor mínimo mensal médio (107,3 m³/s), ocorre no mês de agosto, e o máximo (320,1 m³/s), no mês de fevereiro.

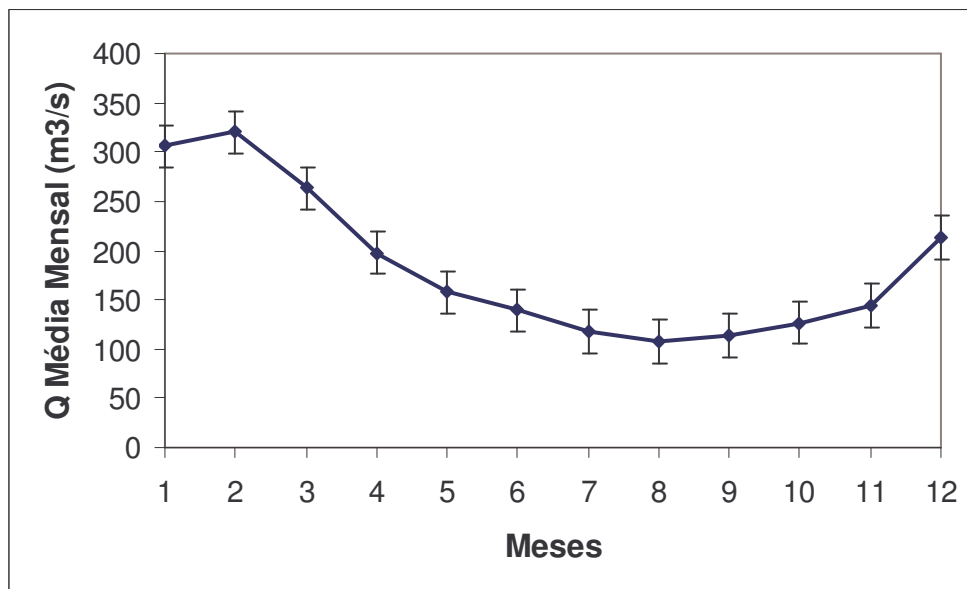


Figura 31. Vazões mensais médias (e seus desvios-padrão) do rio Pardo em Ribeirão Preto, entre 1975 e 2006. Fonte: DAEE (2007).

As Figuras 30 e 31, bem como a relação de mínimas e médias anuais ($Q_{\min}/Q_{\text{med}} = 0,50$) indicam uma amplitude relativamente pequena de vazões anuais e mensais e, portanto, uma oferta de água superficial bastante confiável, localizada bem no centro da área do Projeto Piloto.

Além disso, de acordo com a Res. Conama No. 357/05, a água do rio Pardo no posto fluviométrico do DAEE é considerada como de Classe 2, ou seja, de boa qualidade para abastecimento humano (CBH-Pardo, 2004).

3.6 Volume Total e Volume Explotável do SAG na Área Piloto

Apesar de haver diferentes sistemas aquíferos na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, tais como o Bauru e outros aquíferos superficiais, apenas as formações Botucatu e Pirambóia, que formam o Sistema Aquífero Guaraní na região, serão consideradas nesse Estudo, em função de seus significativos volumes explotáveis e de sua importância estratégica.

De acordo com a FIPAI (1996), o Sistema Aquífero Guaraní na área urbana de Ribeirão Preto apresenta as seguintes características hidrogeológicas:

- Espessura do aquífero: 250 m
- Porosidade efetiva: 0,20
- Reserva permanente: 32.550.000.000 m³
- Volume explotável: 10.761.468.127 m³



Apesar de o SAG em Ribeirão Preto apresentar um volume explotável considerável, as taxas de extração de água subterrânea na cidade são também significativas. Além disso, as taxas de recarga anual representam menos de 10% do volume explorado anualmente (FIPAI, 1996). A Figura 32 apresenta os volumes totais e explotáveis do SAG na cidade de Ribeirão Preto.

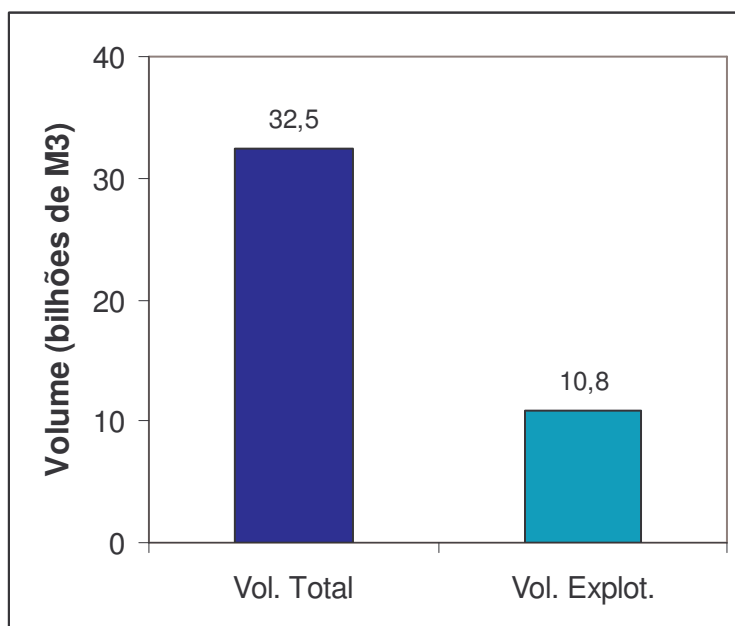


Figura 32. Volumes totais e explotáveis do SAG na cidade de Ribeirão Preto (Fonte: FIPAI, 1996).

De acordo com a Figura 32, apenas 1/3 do volume total do SAG pode ser explotado comercialmente em Ribeirão Preto, em função das características hidrogeológicas do aquífero e de limitações técnicas e econômicas. Somada à reduzida taxa de recarga do aquífero, esses fatores limitam sua exploração, particularmente sob níveis de extração elevados.

3.7. Conclusões e Implicações do Capítulo 3

As principais conclusões e implicações desse Capítulo são as seguintes:

- Apesar de haver uma aparente tendência de aumento de precipitação na área do Projeto Piloto no futuro, ela não é considerada significativa;
- Entretanto, espera-se um aumento significativo de temperatura na área do Projeto até 2050, na faixa de 3,0° C, dependendo do cenário;
- Esse aumento de temperatura tenderá a reduzir o excedente hídrico, hoje na faixa de 120 mm/ano, para 65 mm/ano em 2050, no cenário pessimista;



- A análise da série de vazões do rio Pardo, maior corpo d'água e localizado no centro do Projeto Piloto, indica que ele é uma fonte abundante e segura de água para as cidades da região, a qual é ainda usada de forma incipiente pelos municípios;
- Apesar de ainda apresentar reservas abundantes e produtividades elevadas, o volume de SAG na área do Projeto é limitada, e o volume comercialmente explotável é cerca de 1/3 do volume total.



4. ANÁLISE DEMOGRÁFICA E DE CONSUMO DE ÁGUA NA ÁREA DO PROJETO

Neste Capítulo são apresentados os resultados da análise demográfica e do consumo de água na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto. Conforme estabelecido em documentos prévios, essas análises serão realizadas em diferentes horizontes de tempo (2008-atual, 2020 e 2050), de forma que os resultados possam ser úteis em futuras atividades de planejamento, incluindo o estabelecimento de medidas adaptativas e mitigadoras apropriadas.

Além dos 3 horizontes temporais de análise, esta também considerou 3 cenários futuros: Otimista, pessimista, e tendencial. Nesse sentido, foram considerados os aspectos de demografia, consumo de água e mudanças climáticas. A Tabela 11 apresenta a relação dos horizontes e cenários usados no presente Estudo para a área do Projeto Piloto R. Preto.

Tabela 11. Cenários de simulação demográfica e climática para a área do Projeto Piloto Ribeirão Preto.

Cenário	Demografia	Cons. de Água	Clima
<u>Tendencial</u>	População segue a tendência de crescimento dos últimos 20 anos	Consumo de água segue a tendência de crescimento dos últimos 20 anos	Aumento de temperatura igual à média dos aumentos dos cenários otimista e pessimista
<u>Otimista</u>	População cresce numa taxa de 90% daquela do cenário tendencial	Consumo de água cresce numa taxa de 90% daquela do cenário tendencial	Aumento de temperatura de acordo com o cenário B2 (baixa emissão) do IPCC para a região
<u>Pessimista</u>	População cresce numa taxa de 110% daquela do cenário tendencial	Consumo de água cresce numa taxa de 110% daquela do cenário tendencial	Aumento de temperatura de acordo com o cenário A2 (alta emissão) do IPCC para a região

Os horizontes e cenários serão aplicados a todos os municípios da área do Projeto, sendo que, no de Ribeirão Preto, em função de sua situação estratégica, foi feita uma análise pormenorizada, particularmente no que diz respeito à sustentabilidade da água do SAG.



4.1. Análise Demográfica

4.1.1. Município de Ribeirão Preto

De acordo com o IBGE, o município de Ribeirão Preto apresentava, em 2007, uma população de 547.417 habitantes. Nos últimos 30 anos, o crescimento da cidade foi significativo, conforme mostrado na Figura 33.

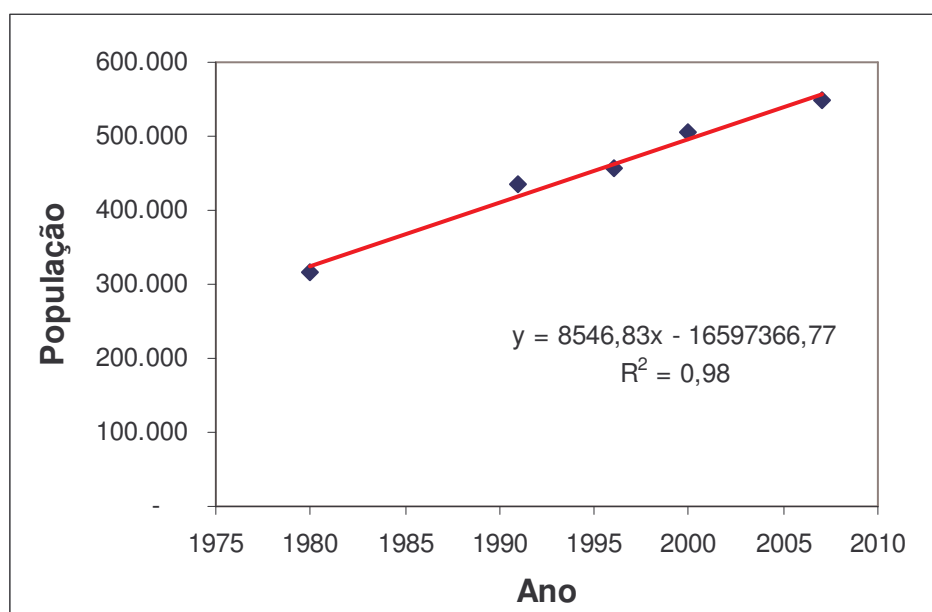


Figura 33. Crescimento demográfico da cidade de Ribeirão Preto. Fonte: IBGE (2007).

A função de crescimento demográfico, indicada na Figura 33, foi usada para definir o cenário tendencial nos anos 2020 e 2050 para a cidade de Ribeirão Preto, bem como os cenários otimista e pessimista. No primeiro, supôs-se que a população cresceria com uma taxa de 90% da taxa tendencial mostrada na Figura 33, e no pessimista com uma taxa de 110% do crescimento tendencial.

Assim, a Tabela 12 abaixo apresenta as populações de Ribeirão Preto nos 3 diferentes cenários, nos anos de 2008 (presente), 2020 e 2050. A Figura 34 mostra a evolução da população, em cada um dos cenários analisados.



Tabela 12. Crescimento demográfico de R. Preto nos diferentes horizontes e cenários analisados

Ano	Cenário		
	Tendencial	Otimista	Pessimista
2008	564.606	564.606	564.606
2020	667.192	660.473	733.911
2050	923.547	831.192	1.015.902

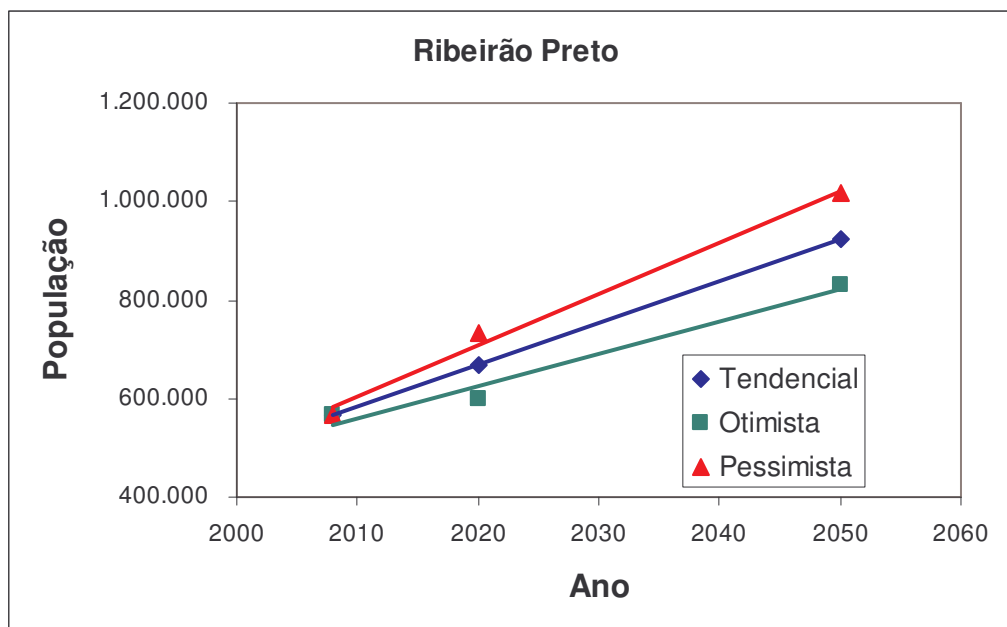


Figura 34. Evolução da população em Ribeirão Preto nos cenários tendencial, otimista e pessimista.

De acordo com a Tabela 12 e com a Figura 34, a população de Ribeirão Preto apresentará um crescimento significativo, quase duplicando em 2050, no cenário pessimista. A forte industrialização e o crescimento econômico proporcionado pelo agro-negócio tendem a manter o crescimento da cidade nos níveis observados nos últimos 30 anos.

4.1.2. Outros Municípios da Área Piloto

A partir de dados censitários do IBGE e do CBH-Pardo para o ano de 2007, estimou-se a evolução demográfica dos municípios da área Piloto usando-se as taxas de crescimento de Ribeirão Preto nos últimos 30 anos (Figura 33). Isso é esperado, pois, em função do crescimento do agro-negócio associado à cana de açúcar, os municípios vizinhos à essa cidade, apesar de



menores em população, têm crescido mais do que em outras regiões do Estado, economicamente menos favorecidas.

As Tabelas 13, 14 e 15 abaixo apresentam a evolução da população dos municípios da área do Projeto Piloto, nos cenários tendencial, otimista e pessimista, respectivamente, estimados em função das taxas de crescimento de Ribeirão Preto.

Como no caso do município de Ribeirão Preto, usou-se, no cenário otimista, uma taxa de crescimento demográfico equivalente a 90% da do cenário tendencial, e no cenário pessimista, uma taxa de 110%. Municípios abaixo de 10.000 habitantes e com zona urbana fora da área do Projeto Piloto não foram incluídos na análise.

Tabela 13. Evolução demográfica dos municípios da área Piloto no Cenário Tendencial

Município	Pop. 2008 (hab)	Pop. 2020 (hab)	Pop. 2050 (hab)
Altinópolis	17.936	21.195	29.339
Cravinhos	35.668	42.149	58.343
Jardinópolis	38.670	45.696	63.254
Rib. Preto	564.606	667.192	923.547
Serrana	44.048	52.051	72.051
Sertãozinho	113.288	133.872	185.309
Área Piloto	814.216	962.155	1.331.844

Tabela 14. Evolução demográfica dos municípios da área Piloto no Cenário Otimista

Município	Pop. 2008 (hab)	Pop. 2020 (hab)	Pop. 2050 (hab)
Altinópolis	17.936	19.075	26.405
Cravinhos	35.668	37.934	52.509
Jardinópolis	38.670	41.127	56.929
Rib. Preto	564.606	600.473	831.192
Serrana	44.048	46.846	64.846
Sertãozinho	113.288	120.485	166.778
Área Piloto	814.216	865.939	1.198.660



Tabela 15. Evolução demográfica dos municípios da área Piloto no Cenário Pessimista

Município	Pop. 2008 (hab)	Pop. 2020 (hab)	Pop. 2050 (hab)
Altinópolis	17.936	23.314	32.273
Cravinhos	35.668	46.363	64.178
Jardinópolis	38.670	50.266	69.580
Rib. Preto	564.606	733.911	1.015.902
Serrana	44.048	57.256	79.256
Sertãozinho	113.288	147.259	203.840
Área Piloto	814.216	1.058.370	1.465.028

A Figura 35 abaixo apresenta a evolução da população na área do Projeto Piloto, nos cenários analisados no Estudo.

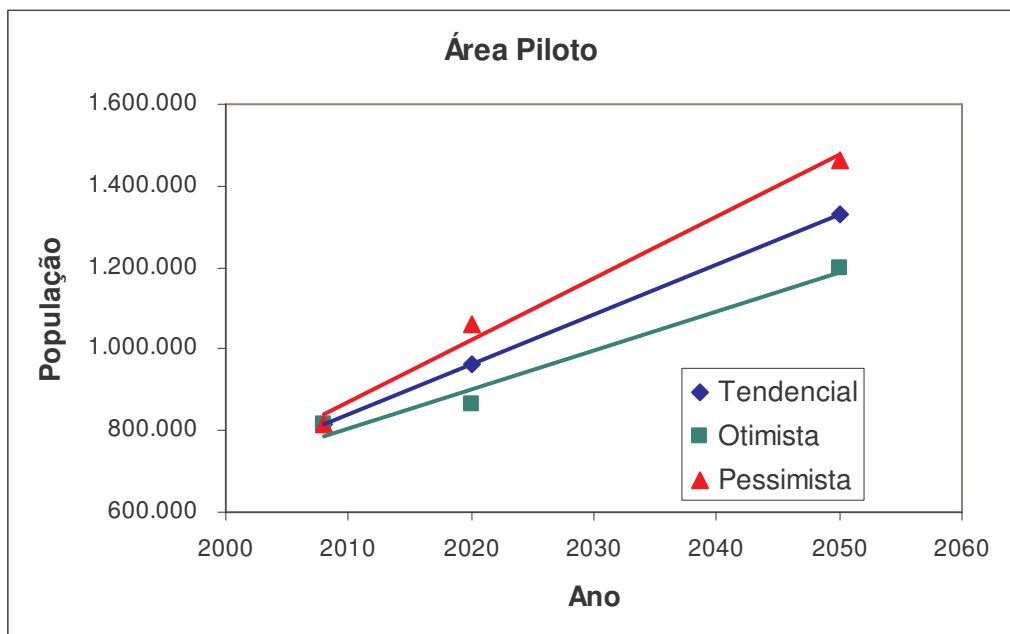


Figura 34. Evolução da população na área do Projeto Piloto, nos cenários tendencial, otimista e pessimista.



4.2. Aspectos Sócio-Econômicos da Área do Projeto Piloto

A área de influência da cidade de Ribeirão Preto é uma das mais ricas do Brasil, em função de suas características geográficas, climáticas e edáficas, o que proporcionou um forte desenvolvimento agrícola e industrial nos últimos 50 anos.

O alto desenvolvimento econômico da região traz benefícios sociais importantes para a população, os quais são refletidos no Índice de Desenvolvimento Humano-IDH. Nesse sentido, Ribeirão Preto apresenta um IDH de 0,855, o 6º. mais alto do Estado de São Paulo, e um dos maiores do Brasil. A Figura 35 apresenta o IDH de alguns municípios da área do Projeto Piloto. Todos eles apresentam índices de desenvolvimento humano considerados elevados (maior que 0,8).

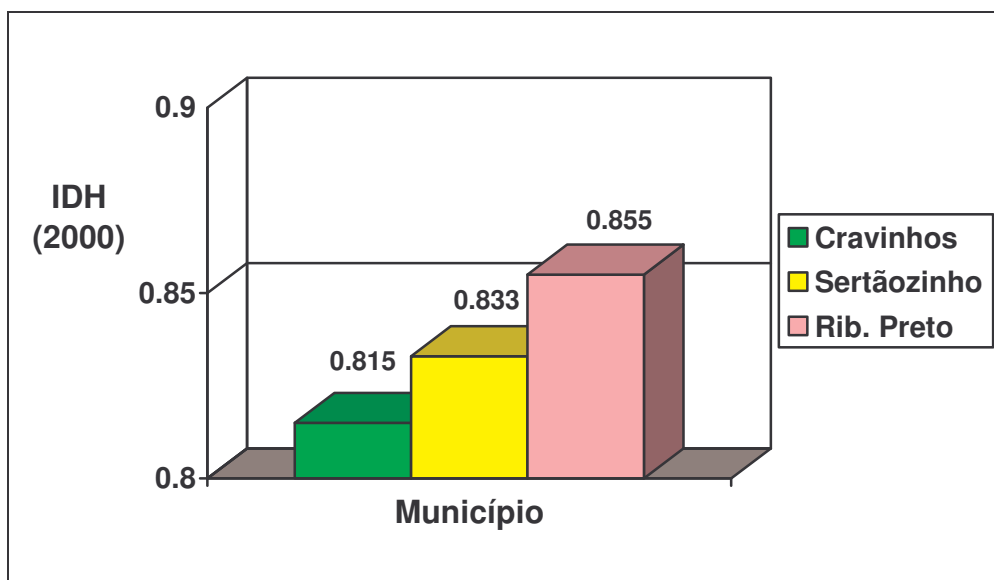


Figura 35. Índice de Desenvolvimento Humano de municípios da região do Projeto.

A região é tradicionalmente produtora de cana de açúcar e seus derivados (álcool e açúcar), além de citrus, soja e gado bovino. Nos últimos 10 anos, com o aumento do preço do açúcar e do álcool, a cana tem dominado a paisagem ao redor de Ribeirão Preto, cobrindo cerca de 85% das terras da região.

Como consequência, o preço das terras tem aumentado consideravelmente, passando de US\$ 6 mil por hectare em 2005, para mais de US \$ 8 mil em 2007 (IEA, 2008). A Figura 36 abaixo apresenta o valor médio das terras na região de Ribeirão Preto, dependendo da qualidade do solo.

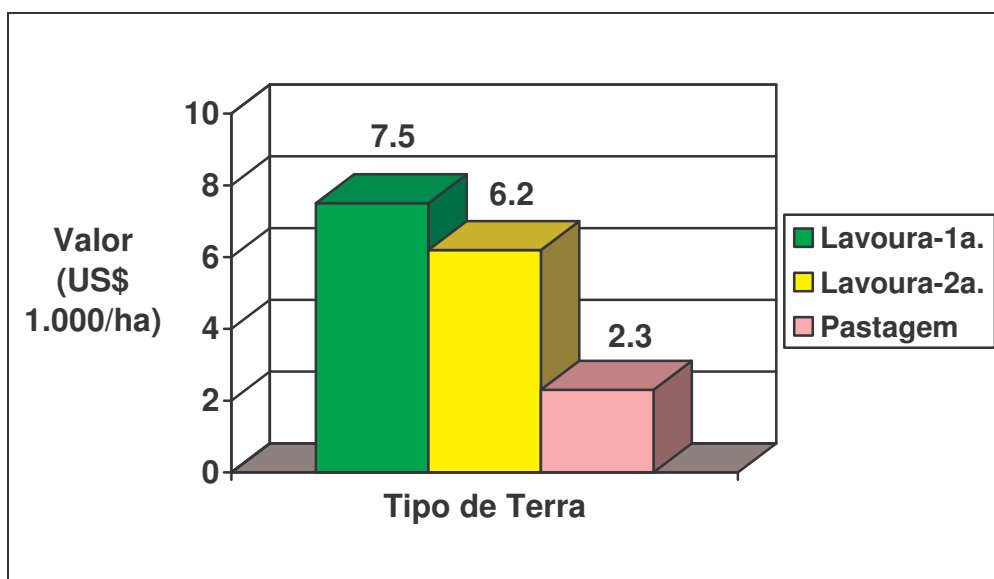


Figura 36. Preço médio da terra na região de Ribeirão Preto. Fonte IEA (2008).

Em termos urbanos, os preços dos terrenos também são elevados, em função do alto poder aquisitivo da população. O elevado custo das terras rurais e urbanas pode dificultar a aplicação de eventuais programas de proteção das áreas de recarga do SAG, os quais serão examinados em detalhe no Relatório de Consultoria No. 03.

4.3. Produção e Consumo de Água (Superficial e Subterrânea)

Nesta etapa, são apresentados os resultados relativos à produção e consumo de água na cidade de Ribeirão Preto e nos outros municípios da área do Projeto Piloto. Os dados foram obtidos do CBH-Pardo, do DAEE e do DAERP, e são apresentados na Tabela 16, para Ribeirão Preto e os outros municípios na área do Projeto Piloto.



Tabela 16. Produção, consumo e perdas de água nos municípios da Área Piloto, em 2007.

Município	Pop. 2007 (hab)	Produção Mensal* (m ³ /mês)	Consumo Mensal (m ³ /mês)	Perdas* (%)	Captaç. Superf.* (%)	Captaç. Subter.* (%)	Consumo per capita* (l/hab.dia)
Altinópolis	17.390	105.000	89.250	15,0	70	30	274
Cravinhos	34.582	362.250	152.569	57,9	20	80	226
Jardinópolis	37.493	636.940	382.104	40,0	10	90	564
Rib. Preto**	547.417	10.116.000	5.887.711	41,8	0	100	348
Serrana	42.707	175.000	101.260	42,1	0	100	132
Sertãozinho***	109.839	2.029.771	1.181.367	41,8	0	100	348
Área Piloto #	789.428	13.424.961	7.794.261	41,9	1,7	98,3	353

* Plano de Bacia do R. Pardo (2003)

** Dados atualizados (IBGE e DAERP)

*** Suposto como proporcional a R. Preto

Perdas, captações e consumo representam valores médios ponderados das produções municipais

Da Tabela 16, conclui-se que grande parte (98,3%) das captações de abastecimento humano da área do Projeto Piloto é subterrânea, principalmente do SAG. Uma exceção é o pequeno município de Altinópolis, cuja captação superficial representa 70% do total captado no município.

A Tabela 16 indica também que as perdas nos sistemas de distribuição de água na área do Projeto Piloto são significativas, com um valor médio ponderado de 41,9%. Considerando-se que a quase totalidade da água usada na área Piloto é de fonte subterrânea, esse elevado valor de perdas impacta, de forma significativa, a sustentabilidade do uso do aquífero Guarani como fonte de abastecimento.

Evidencia-se, também, pela mesma Tabela, um elevado consumo per capita na área do Projeto, com uma média de 353 l/hab.dia, bem superior ao valor necessário para o atendimento das necessidades humanas (200 l/hab.dia).

4.3.1. Cenário Tendencial

A seguir são apresentados os resultados da análise da produção e do consumo de água no Cenário Tendencial, descrito previamente, para os anos de 2008, 2020 e 2050 (Tabelas 17 e 18, respectivamente).

Para os anos 2008, 2020 e 2050, supôs-se que a produção e consumo de água seguiriam a taxa de crescimento populacional da cidade de Ribeirão Preto nos últimos 30 anos (Figura 33).



Tabela 17. Evolução na produção de água nos municípios da área Piloto, no Cenário Tendencial

Produção de Água – Cen. Tendencial			
Município	2008 (m3/mês)	2020 (m3/mês)	2050 (m3/mês)
Altinópolis	108.297	127.974	177.146
Cravinhos	373.625	441.510	611.152
Jardinópolis	656.940	776.302	1.074.581
Rib. Preto	10.433.642	12.329.381	17.066.704
Serrana	180.495	213.290	295.243
Sertãozinho	2.093.506	2.473.885	3.424.427
Área Piloto	13.846.505	16.362.343	22.649.252

Tabela 18. Evolução no consumo de água nos municípios da área Piloto, no Cenário Tendencial

Consumo de Água – Cen. Tendencial			
Município	2008 (m3/mês)	2020 (m3/mês)	2050 (m3/mês)
Altinópolis	92.052	108.778	150.574
Cravinhos	157.360	185.951	257.399
Jardinópolis	394.102	465.708	644.648
Rib. Preto	6.072.585	7.175.942	9.933.157
Serrana	104.440	123.416	170.836
Sertãozinho	1.218.462	1.439.850	1.993.084
Área Piloto	8.039.001	9.499.645	13.149.697

4.3.2. Cenário Otimista

A seguir são apresentados os resultados da análise da produção e do consumo de água no Cenário Otimista, descrito previamente, para os anos de 2008, 2020 e 2050 (Tabelas 19 e 20, respectivamente).

Para os anos 2008, 2020 e 2050, supôs-se que a produção e consumo de água foram iguais a 90% da taxa de crescimento populacional da cidade de Ribeirão Preto nos últimos 30 anos (Figura 33).



Tabela 19. Evolução na produção de água nos municípios da área Piloto, no Cenário Otimista.

Produção de Água – Cen. Otimista			
Município	2008 (m3/mês)	2020 (m3/mês)	2050 (m3/mês)
Altinópolis	108.297	115.177	159.431
Cravinhos	373.625	397.359	550.037
Jardinópolis	656.940	698.672	967.123
Rib. Preto	10.433.642	11.096.443	15.360.033
Serrana	180.495	191.961	265.718
Sertãozinho	2.093.506	2.226.497	3.081.984
Área Piloto	13.846.505	14.726.109	20.384.327

Tabela 20. Evolução no consumo de água nos municípios da área Piloto, no Cenário Otimista

Consumo de Água – Cen. Otimista			
Município	2008 (m3/mês)	2020 (m3/mês)	2050 (m3/mês)
Altinópolis	92.052	97.900	135.516
Cravinhos	157.360	167.356	231.659
Jardinópolis	394.102	419.138	580.183
Rib. Preto	6.072.585	6.458.348	8.939.842
Serrana	104.440	111.074	153.752
Sertãozinho	1.218.462	1.295.865	1.793.776
Área Piloto	8.039.001	8.549.681	11.834.728

4.3.2. Cenário Pessimista

A seguir são apresentados os resultados da análise da produção e do consumo de água no Cenário Pessimista, descrito previamente, para os anos de 2008, 2020 e 2050 (Tabelas 21 e 22, respectivamente).

Para os anos 2008, 2020 e 2050, supôs-se que a produção e consumo de água foram iguais a 110% da taxa de crescimento populacional da cidade de Ribeirão Preto nos últimos 30 anos (Figura 33).



Tabela 21. Evolução na produção de água nos municípios da área Piloto, no Cenário Pessimista.

Produção de Água – Cen. Pessimista			
Município	2008 (m3/mês)	2020 (m3/mês)	2050 (m3/mês)
Altinópolis	108.297	140.771	194.860
Cravinhos	373.625	485.661	672.267
Jardinópolis	656.940	853.933	1.182.040
Rib. Preto	10.433.642	13.562.319	18.773.374
Serrana	180.495	234.619	324.767
Sertãozinho	2.093.506	2.721.274	3.766.870
Área Piloto	13.846.505	17.998.577	24.914.177

Tabela 22. Evolução no consumo de água nos municípios da área Piloto, no Cenário Pessimista

Consumo de Água – Cen. Pessimista			
Município	2008 (m3/mês)	2020 (m3/mês)	2050 (m3/mês)
Altinópolis	92.052	119.656	165.631
Cravinhos	157.360	204.546	283.139
Jardinópolis	394.102	512.279	709.112
Rib. Preto	6.072.585	7.893.536	10.926.473
Serrana	104.440	135.757	187.919
Sertãozinho	1.218.462	1.583.835	2.192.392
Área Piloto	8.039.001	10.449.610	14.464.667

4.4 Produção e Consumo de Água Subterrânea

Neste item, são apresentados os resultados relativos à produção e consumo apenas de água subterrânea, tanto em Ribeirão Preto, como na área do Projeto Piloto.

4.4.1. Município de Ribeirão Preto

Por se tratar do município mais importante da área Piloto, Ribeirão Preto requereu uma análise a parte. As Figuras 37 e 38 apresentam os valores relativos à produção e ao consumo de água subterrânea para esta cidade, nos horizontes e cenários do Projeto, respectivamente. Vale lembrar que 100% da água produzida e consumida pela cidade de Ribeirão Preto tem como fonte é de origem subterrânea, sendo a maior parte oriunda do SAG.

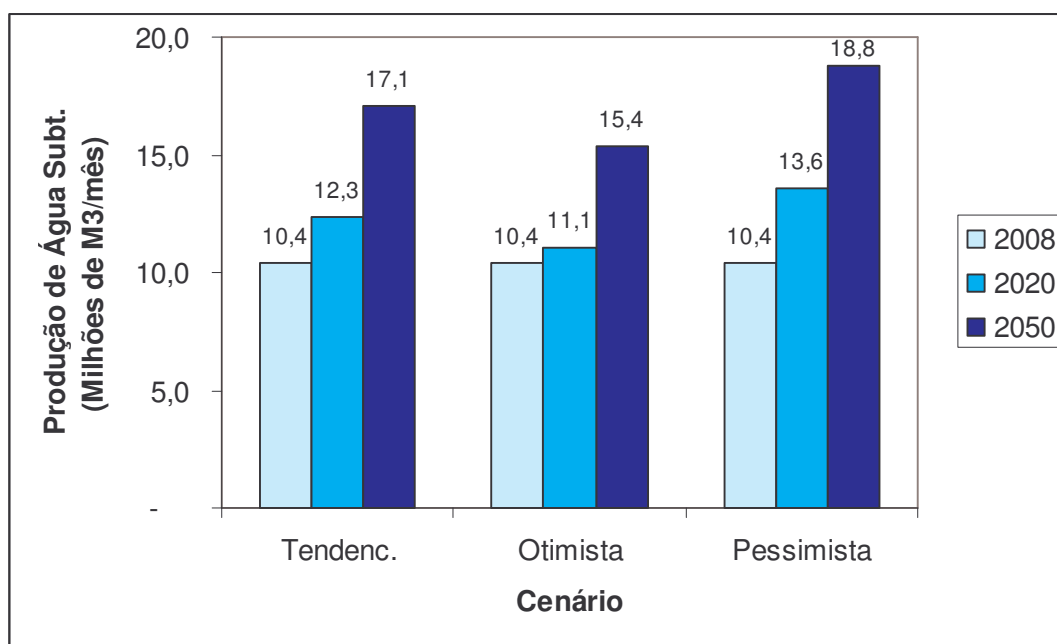


Figura 37. Produção de água subterrânea na cidade de Ribeirão Preto, nos horizontes e cenários analisados.

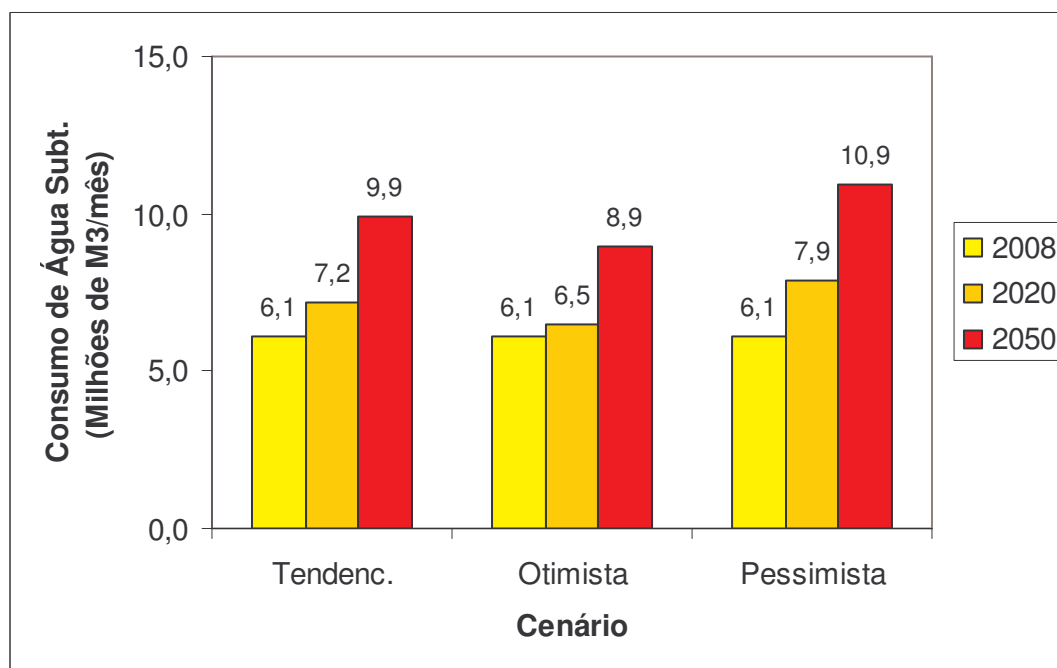


Figura 38. Consumo de água subterrânea na cidade de Ribeirão Preto, nos horizontes e cenários analisados.

Conforme indicam as Figuras 37 e 38, a produção e o consumo de água subterrânea na cidade de Ribeirão Preto são elevados. A diferença observada



entre ambos é fruto do elevado nível de perdas (41,8%) no sistema de distribuição e no faturamento.

4.4.2. Área do Projeto Piloto

A produção e o consumo de água subterrânea em toda a área do Projeto Piloto, incluindo a cidade de Ribeirão Preto, é também significativa, totalizando 98,3% da água total captada (Tabela 16). As Figuras 39 e 40 apresentam a evolução da produção e consumo na área, nos três diferentes cenários analisados.

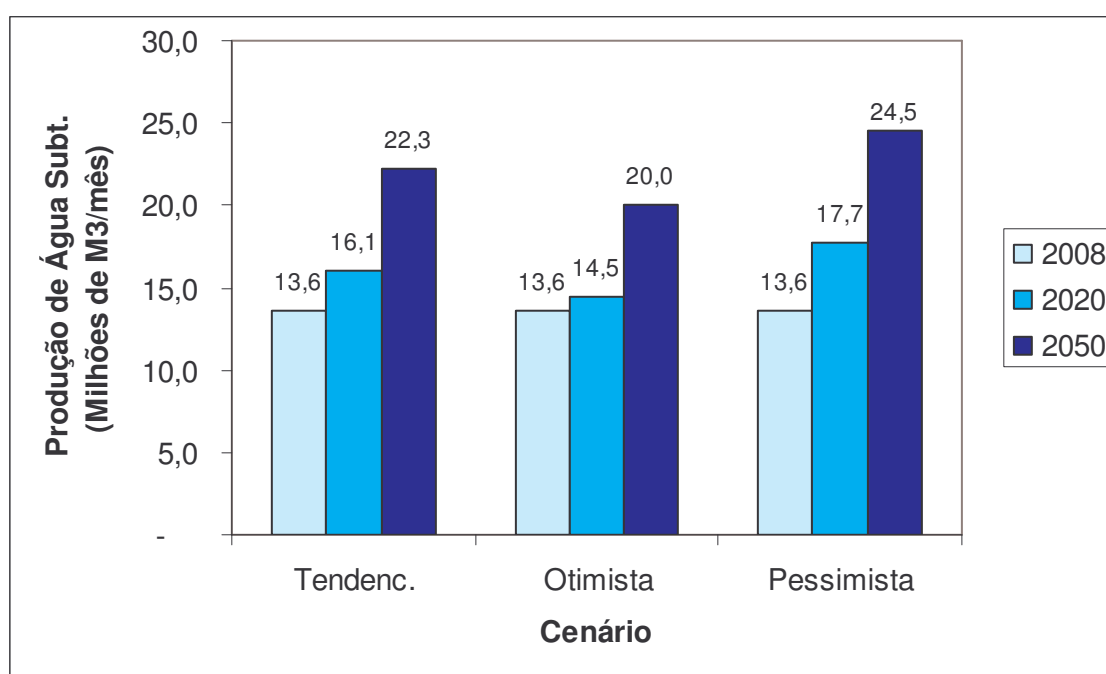


Figura 39. Produção de água subterrânea na área do Projeto Piloto, nos horizontes e cenários analisados.

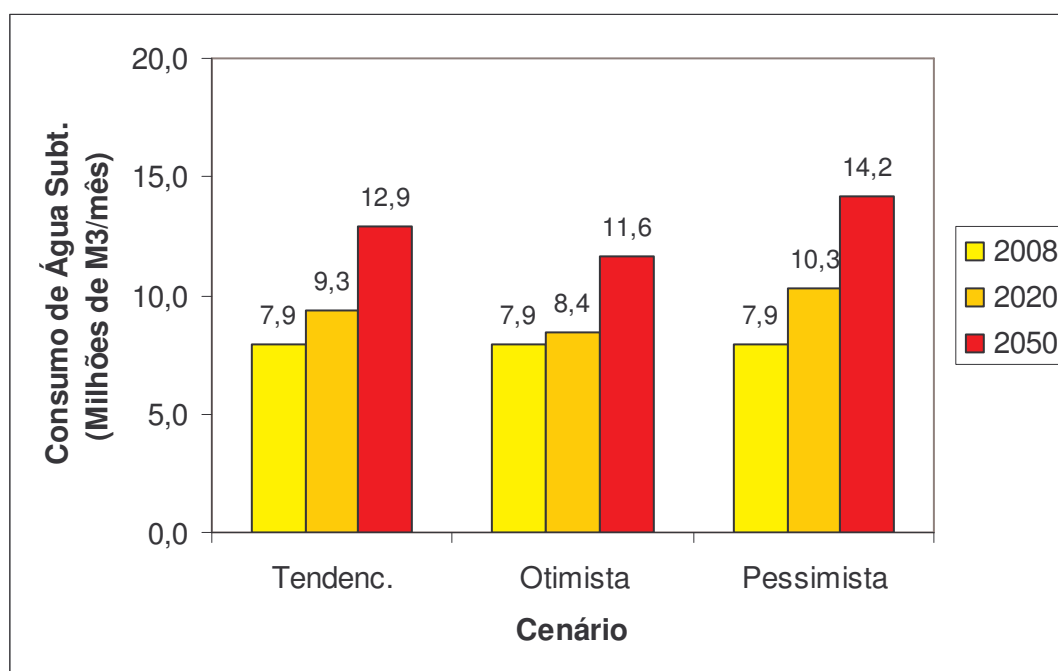


Figura 40. Consumo de água subterrânea área do Projeto Piloto, nos horizontes e cenários analisados.

Semelhantemente à cidade de Ribeirão Preto, a área do Projeto Piloto apresenta aumentos expressivos de produção e consumo de água subterrânea, predominantemente oriunda do SAG, entre 2008 e 2050. Além disso, há uma diferença significativa de produção e consumo de água subterrânea entre os três cenários analisados, em função das diferentes taxas de crescimento populacional.

Tal como no caso de Ribeirão Preto, as perdas de água são elevadas na área do Projeto (41,9%), o que aumenta a pressão sobre as reservas do aquífero.

4.5. Conclusões e Implicações

As principais conclusões e implicações desse Capítulo são as seguintes:

- A população da área do Projeto Piloto, que atualmente é de 814 mil habitantes, passará, em 2050, a 1,33 milhão, no cenário tendencial;
- O consumo de água aumentará proporcionalmente, passando de 13,4 milhões de m³/mês, para mais de 22 milhões de m³/mês, em 2050, no mesmo cenário;
- No caso da água subterrânea, esse consumo, que representa 98% do consumo total, também aumentará na mesma proporção;



- Se reducidas as perdas de água nos sistemas de distribuição, atualmente de 42% na área do Projeto Piloto, os consumos de água tenderiam a ser reduzidos na mesma proporção, reduzindo o impacto sobre as reservas do SAG na região.



5. ANÁLISE DO ESGOTAMENTO DAS RESERVAS HÍDRICAS DO SAG NA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO, NOS DIFERENTES CENÁRIOS CLIMÁTICOS E DEMOGRÁFICOS

Neste Capítulo, são apresentados os resultados da análise do esgotamento das reservas hídricas do SAG na cidade de Ribeirão Preto, nos diferentes cenários demográficos e climáticos propostos anteriormente.

Partindo-se da reserva explotável do SAG sob a cidade, que é de 10,76 bilhões de m³ (FIPAI, 1996), e do consumo de água desde 1950, quando começou a haver a exploração comercial do aquífero Guarani em Ribeirão Preto (ibid.), bem como das taxas de recarga do aquífero, estimadas anteriormente, em cada cenário climático, chegou-se aos volumes explotáveis remanescentes em 2008, 2020 e 2050, para os cenários tendencial, otimista e pessimista.

A análise do esgotamento do SAG foi feita apenas para Ribeirão Preto, pois somente havia dados confiáveis de volumes explotáveis para esta cidade. Entretanto, havendo dados sobre as outras cidades da área do Projeto Piloto no futuro, o mesmo tipo de análise poderá ser feito.

A Tabela 23 abaixo apresenta os diferentes cenários usados na análise. Aqui, combinaram-se os cenários climáticos e demográficos em apenas três situações futuras: Tendencial (T), Otimista (O) e Pessimista (P) (Tabela 23).

Tabela 23. Definição dos 3 cenários usados na Análise, em função da combinação entre os cenários climáticos e demográficos da cidade de Ribeirão Preto.

		Cenário Climático		
		Otimista (B2)	Tendencial	Pessimista (A2)
Cenário Demográfico	Otimista (0,9 T)	Otimista		
	Tendencial		Tendencial	
	Pessimista (1,1 T)			Pessimista

No caso dos cenários demográficos, estes foram definidos anteriormente, sendo o cenário tendencial aquele que segue a taxa de crescimento populacional (T), da produção e do consumo de água, observados nos últimos 30 anos na cidade (Tabela 11).

No caso dos cenários climáticos, estes foram definidos anteriormente (Capítulo 3.4 deste Relatório). Tratam-se dos cenários do IPCC de baixa emissão (B2, otimista) e alta emissão (A2, pessimista), e de um cenário intermediário (média dos aumentos de temperaturas dos cenários A2 e B2).



5.1. Análise do Esgotamento das Reservas no Cenário Tendencial

No cenário tendencial, a população e a produção de água do SAG seguem as tendências observadas nos últimos 30 anos (Tabela 12). No caso do clima, as recargas após o ano 2000 foram calculadas em função do aumento de temperatura médio entre os cenários A2 e B2 (Figuras 19 e 28).

A Tabela 24 abaixo apresenta os resultados da análise de esgotamento de água do SAG no cenário tendencial de clima e demografia, para a cidade de Ribeirão Preto, entre 1950 (quando começou sua exploração comercial) e 2050. Neste caso, supôs-se que o volume explotável inicial de 10,76 bilhões de m³, estimado pela FIPAI (1996), existia a partir de 1950 e, desde esta época, vem sendo deplecionado pela produção de água na cidade.

Nessa Tabela, o volume explotável remanescente para um certo ano é a diferença entre o volume do ano anterior e aquela entre a produção e a recarga anuais, ou seja:

$$Vr_i = Vr_{i-1} - (P_i - R_i) \quad [4]$$

Onde:

- Vr_i (m³) = volume explotável remanescente no ano i;
- Vr_{i-1} (m³) = volume explotável remanescente no ano i -1;
- P_i (m³) = produção de água no ano i;
- R_i (m³) = recarga de água no ano i.

Na Tabela 24, tomou-se o volume inicial de 10,76 bilhões de m³ como sendo 100% da reserva explotável.



Tabela 24. População, produção de água, recarga e volumes de exploração remanescentes no Cenário Tendencial de demografia e clima para Ribeirão Preto.

Ano	Popul. (hab)	Produção (m3/ano)	Recarga* (m3/ano)	Vol. Explot. Reman.** (m3)	% Vol. Reman. (%)
				10.761.468.127	100,00
1950	68.952	15.290.062	7.168.127	10.753.346.192	99,92
1960	154.420	34.242.657	7.168.127	10.567.887.570	98,20
1970	239.888	53.195.253	7.168.127	10.192.902.993	94,72
1980	325.357	72.147.848	7.168.127	9.628.392.461	89,47
1990	410.825	91.100.444	7.168.127	8.874.355.973	82,46
2000	496.293	110.053.039	7.168.127	7.930.793.530	73,70
2008	564.668	125.215.116	6.914.748	7.038.276.944	65,40
2010	581.762	129.005.635	6.856.242	6.795.902.671	63,15
2020	667.230	147.958.230	6.563.711	5.468.560.544	50,82
2030	752.698	166.910.826	6.271.179	3.948.767.148	36,69
2040	838.167	185.863.421	5.978.648	2.236.522.485	20,78
2050	923.635	204.816.017	5.686.117	331.826.554	3,08
2051	932.182	206.711.276	5.656.864	130.772.141	1,22
2052	940.728	208.606.536	5.627.610	0	0,00

* Valor inicial estimado pela FIPAI (1996). Redução a partir de 2000 (cenário climático tendencial).

** Volume inicial estimado pela FIPAI (1996).

De acordo com a Tabela 24, prevalecendo o cenário tendencial de demografia e clima em Ribeirão Preto, as reservas exploráveis de água remanescentes do SAG na cidade seriam de 65,4%, 50,8%, e 3,08% do volume original, nos anos de 2008, 2020 e 2050, respectivamente. Ainda de acordo com a mesma Tabela, as reservas exploráveis do SAG na cidade se esgotariam em 2052, nesse cenário.

O esgotamento do aquífero observado na Tabela 24 se dá devido ao fato de as taxas de produção de água em Ribeirão Preto serem muito maiores que as taxas de recarga do aquífero. Além disso, contrariamente à produção, que tende a aumentar ao longo dos anos, a recarga diminui paulatinamente, devido à redução do excedente hídrico causado pelo aumento de temperatura (Figura 41).

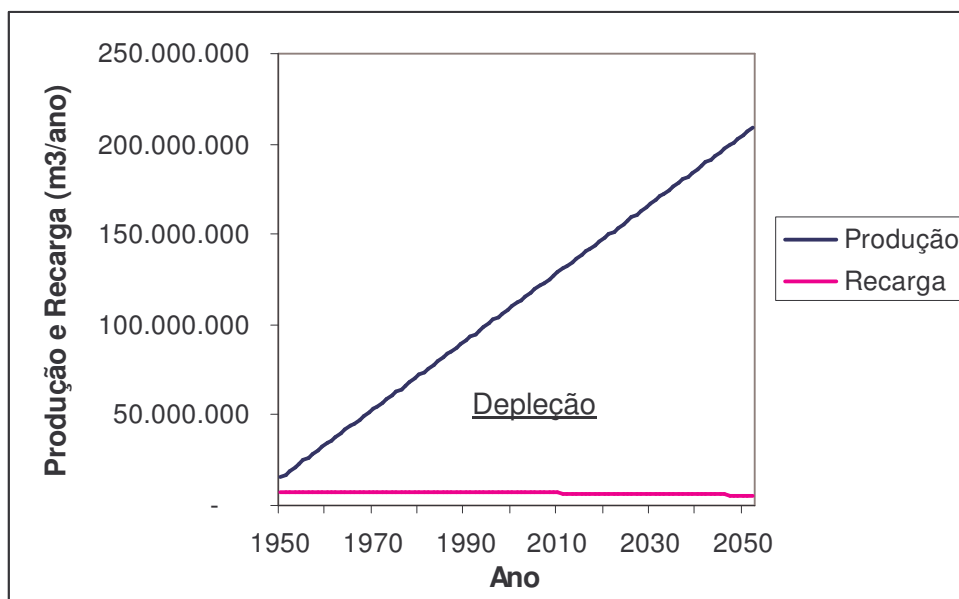


Figura 41. Evolução da produção de água e da recarga em Ribeirão Preto no período entre 1950 e 2052, no cenário tendencial.

A área do triângulo definida pelas as linhas de produção de água e de recarga na Figura 41 é exatamente a depleção de água que ocorreria no aquífero, no cenário tendencial.

FIPAI (1996), em um estudo sobre a exploração de água do SAG em Ribeirão Preto, reportou que o valor de produção de água na cidade em 2050 seria da ordem de 225 milhões de m³/ano, próximo daquele estimado no presente Estudo (Tabela 24). Entretanto, o esgotamento da água do SAG na cidade se daria, de acordo com aquela fonte, no ano 2.100 (FIPAI, 1996). Essa discrepância entre os dois Estudos pode ter se dado pelo fato de que, na simulação da FIPAI (1996), o consumo per capita fora reduzido de forma significativa, hipótese que não foi considerada na presente análise¹.

A Figura 42 apresenta a tendência graficamente o esgotamento da reserva do SAG em Ribeirão Preto, na condição do cenário tendencial de população e clima, no período entre 1950 e 2052. A Figura 43, por sua vez, apresenta a mesma tendência, exceto que o período analisado é aquele entre 2008 e 2052.

¹ Este cenário de redução de consumo per capita será objeto do próximo Relatório de Consultoria.

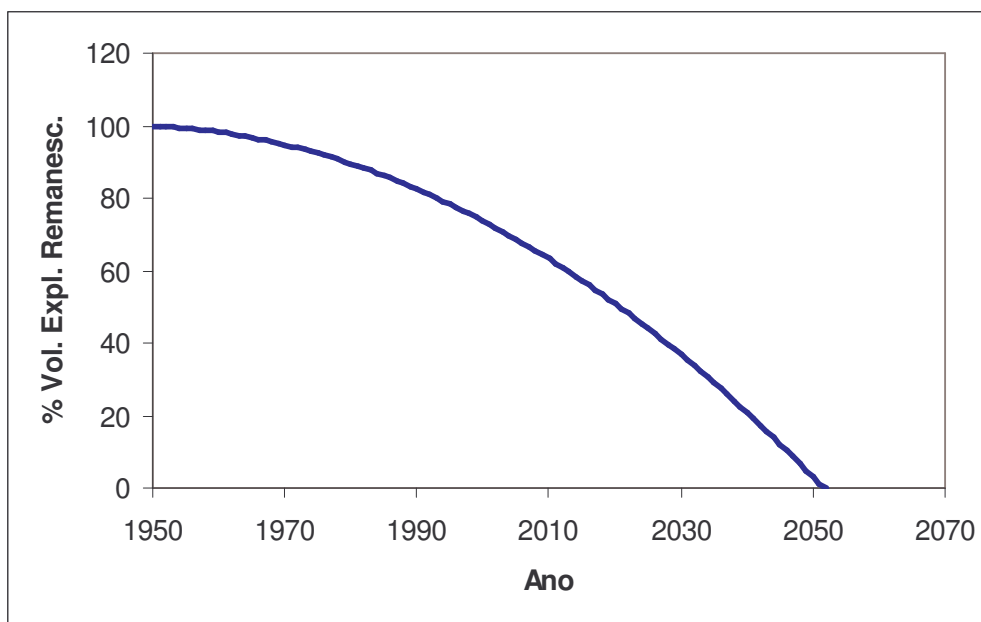


Figura 42. Curva de esgotamento da água do SAG na cidade de Ribeirão Preto, no cenário tendencial, entre 1950 e 2052.

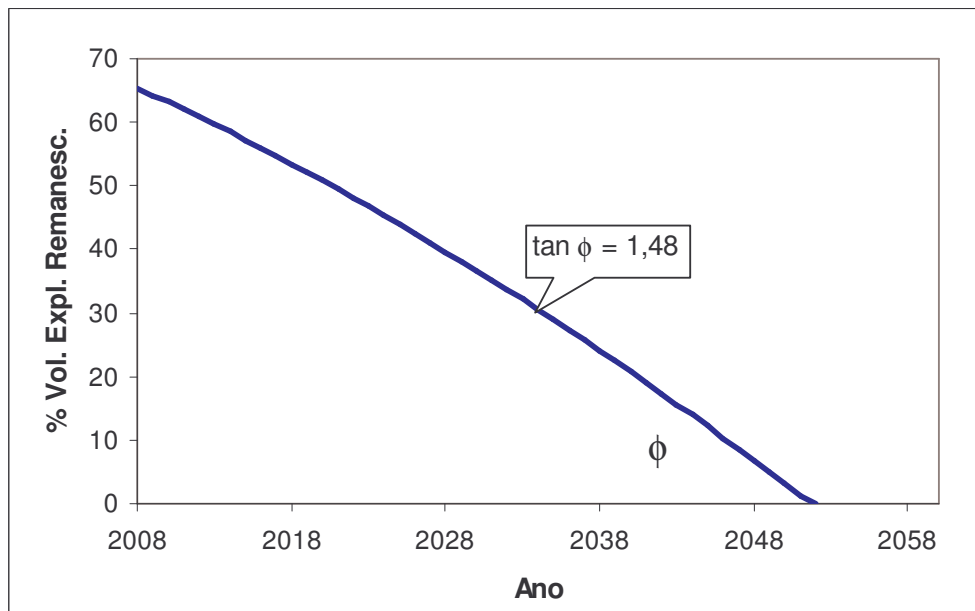


Figura 43. Curva de esgotamento da água do SAG na cidade de Ribeirão Preto, no cenário tendencial, entre 2008 e 2052.

De acordo com a hipótese inicial deste Estudo, proposta no Relatório de Consultoria No. 01, a fronteira de produção de água no SAG seria a de um recurso esgotável, ou seja, aquela onde o ângulo ϕ da Figura 41 é maior que



zero. Além disso, no período entre 2008 e 2052, essa fronteira é praticamente linear, conforme previsto anteriormente.

É importante ressaltar que, de acordo com a Tabela 14 e com a Figura 41, no ano de 2008 restam ainda 65% das reservas explotáveis do SAG em Ribeirão Preto, o que permitiria sua gestão sustentável no futuro.

No terceiro e último Relatório de Consultoria, serão propostas e analisadas as viabilidades sócio-econômico-ambientais de medidas mitigadoras e de adaptação para reduzir o risco de esgotamento do SAG em Ribeirão Preto. Nesse sentido, o valor de $\tan \phi$ (Figura 43) será usado como um dos critérios de decisão.

5.2. Análise do Esgotamento das Reservas no Cenário Pessimista

Nesse cenário, a análise foi semelhante ao cenário tendencial (item 5.1), exceto que a população e a produção de água seriam maiores, e a recarga seria menor, esta última em função das maiores temperaturas, resultantes das maiores emissões de gases estufa.

A Tabela 25 apresenta os resultados da evolução populacional, da produção de água, da recarga e da redução das reservas explotáveis do SAG na cidade de Ribeirão Preto, no cenário pessimista.



Tabela 25. População, produção de água, recarga e volumes de exploração remanescentes no Cenário Pessimista de demografia e clima para Ribeirão Preto.

Ano	Popul. (hab)	Produção (m3/ano)	Recarga* (m3/ano)	Vol. Explot. Reman.** (m3)	% Vol. Reman. (%)
				10.761.468.127	100,00
1950	68.952	15.290.062	7.168.127	10.753.346.192	99,92
1960	154.420	34.242.657	7.168.127	10.567.887.570	98,20
1970	239.888	53.195.253	7.168.127	10.192.902.993	94,72
1980	325.357	72.147.848	7.168.127	9.628.392.461	89,47
1990	410.825	91.100.444	7.168.127	8.874.355.973	82,46
2000	496.293	110.053.039	7.168.127	7.930.793.530	73,70
2008	621.135	137.736.627	6.878.592	7.025.585.204	65,28
2010	639.938	141.906.198	6.811.584	6.757.514.265	62,79
2020	733.953	162.754.053	6.476.546	5.290.062.213	49,16
2030	827.968	183.601.908	6.141.508	3.610.781.227	33,55
2040	921.983	204.449.764	5.806.470	1.719.671.308	15,98
2049	1.006.597	223.212.833	5.504.935	0	0,00

* Valor inicial estimado pela FIPAI (1996). Redução a partir de 2000 (cenário climático tendencial).

** Volume inicial estimado pela FIPAI (1996).

De acordo com a Tabela 25, o esgotamento das reservas exploráveis do SAG em Ribeirão Preto se daria, no cenário pessimista, no ano de 2049. As Figuras 44 e 44 apresentam graficamente a depleção do SAG nesse cenário, a partir de 1950 e de 2008, respectivamente.

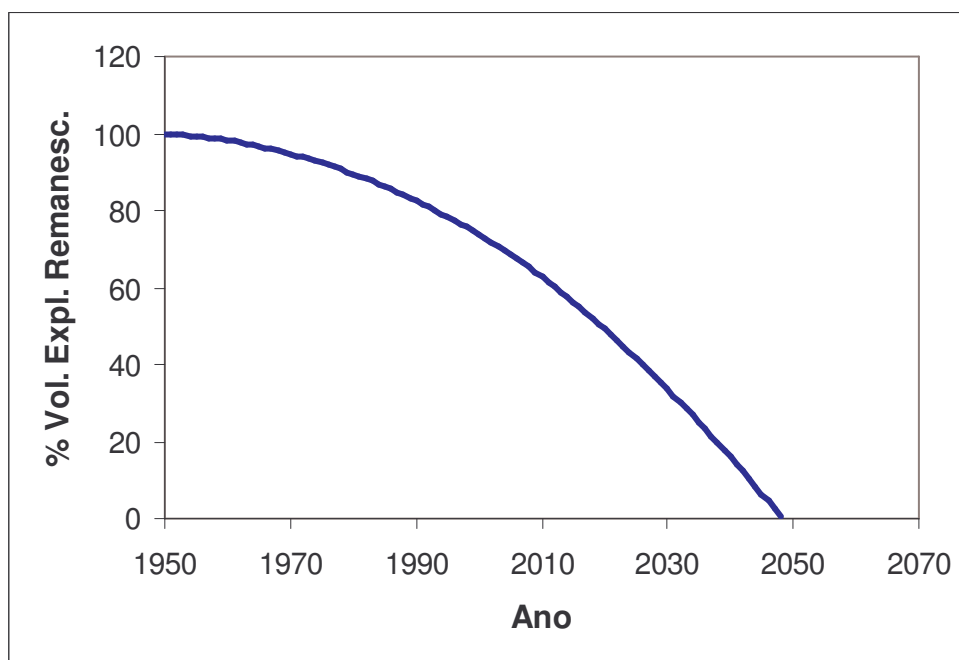


Figura 44. Curva de esgotamento da água do SAG na cidade de Ribeirão Preto, no cenário pessimista, entre 1950 e 2052.

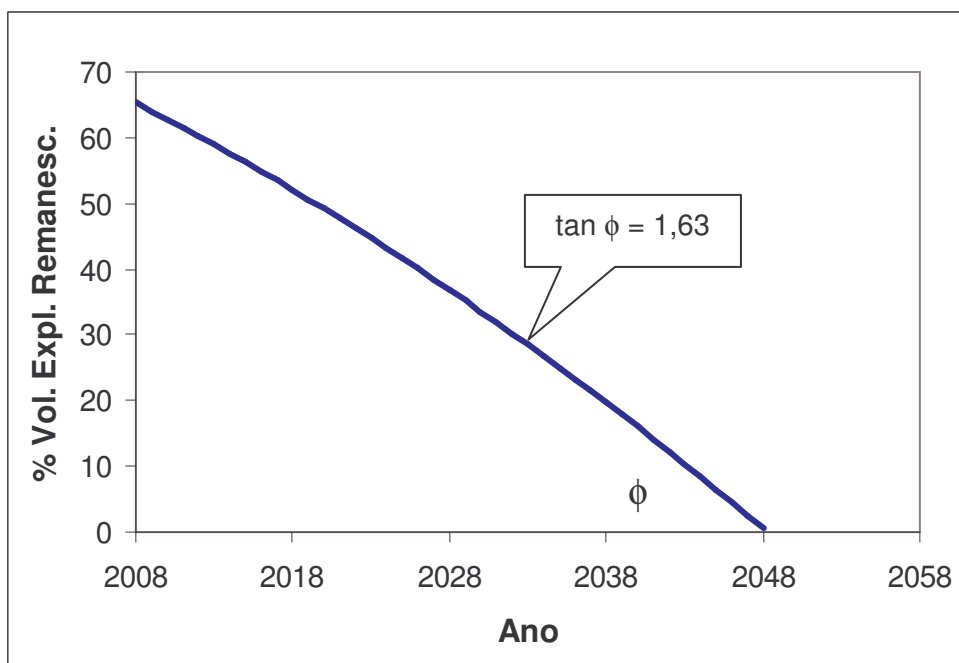


Figura 45. Curva de esgotamento da água do SAG na cidade de Ribeirão Preto, no cenário pessimista, entre 2008 e 2052.

Comparando-se a Figura 45 com a 43, observa-se que a declividade da curva de depleção no cenário pessimista é maior que no cenário tendencial, ou



seja, 1,63 contra 1,48, indicando que a depleção é realmente mais rápida no primeiro.

Entretanto, da mesma maneira que no cenário tendencial, no ano de 2008 ainda haveria uma reserva explotável superior a 65% do volume original, indicando que ainda há tempo hábil de se fazer uma gestão sustentável do aquífero.

5.3. Análise do Esgotamento das Reservas no Cenário Otimista

Os resultados da análise das reservas explotáveis do SAG em Ribeirão Preto no cenário otimista de demografia e clima são apresentados na Tabela 26. Nessa Tabela, observa-se que o esgotamento das reservas explotáveis se daria no ano de 2.056, ou seja, 7 anos mais tarde que no cenário pessimista.

Tabela 26. População, produção de água, recarga e volumes de exploração remanescentes no Cenário Otimista de demografia e clima para Ribeirão Preto.

Ano	Popul. (hab)	Produção (m3/ano)	Recarga* (m3/ano)	Vol. Explot. Reman.** (m3)	% Vol. Reman. (%)
				10.761.468.127	100,00
1950	68.952	15.290.062	7.168.127	10.753.346.192	99,92
1960	154.420	34.242.657	7.168.127	10.567.887.570	98,20
1970	239.888	53.195.253	7.168.127	10.192.902.993	94,72
1990	410.825	91.100.444	7.168.127	8.874.355.973	82,46
2000	496.293	110.053.039	7.168.127	7.930.793.530	73,70
2008	508.201	112.693.604	6.947.922	7.050.940.213	65,52
2010	523.585	116.105.071	6.898.247	6.834.257.135	63,51
2020	600.507	133.162.407	6.649.871	5.647.007.479	52,47
2030	677.428	150.219.743	6.401.496	4.286.700.706	39,83
2040	754.350	167.277.079	6.153.120	2.753.336.818	25,59
2050	831.271	184.334.415	5.904.745	1.046.915.814	9,73
2056	877.424	194.568.817	5.755.719	0	0,00

* Valor inicial estimado pela FIPAI (1996). Redução a partir de 2000 (cenário climático tendencial).

** Volume inicial estimado pela FIPAI (1996).

As Figuras 46 e 47 apresentam graficamente a depleção do volume explotável do SAG em Ribeirão Preto, a partir de 1950, quando começou a produção comercial de água, e do presente (2008).

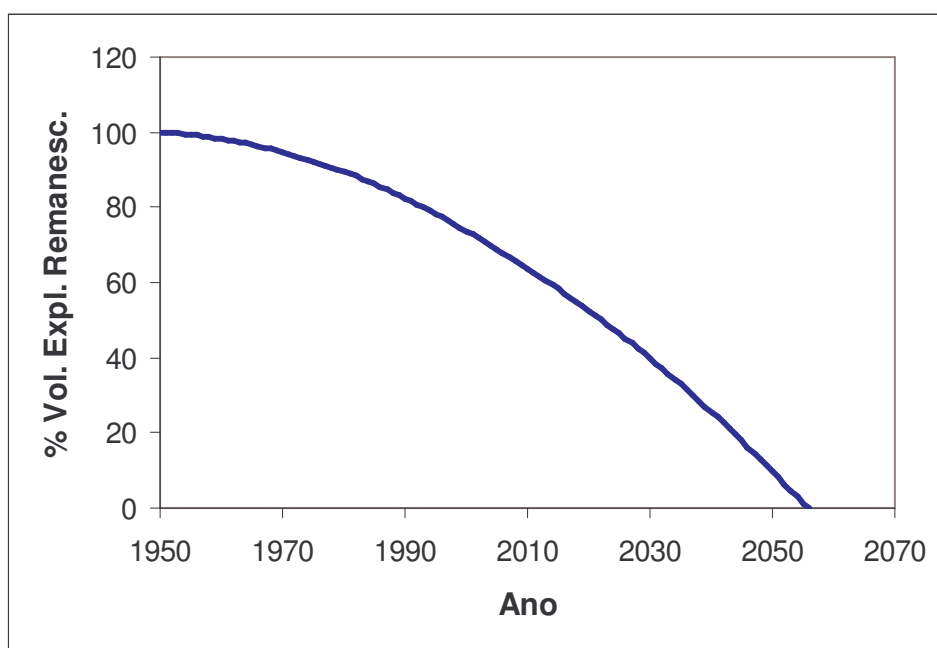


Figura 46. Curva de esgotamento da água do SAG na cidade de Ribeirão Preto, no cenário otimista, entre 1950 e 2052.

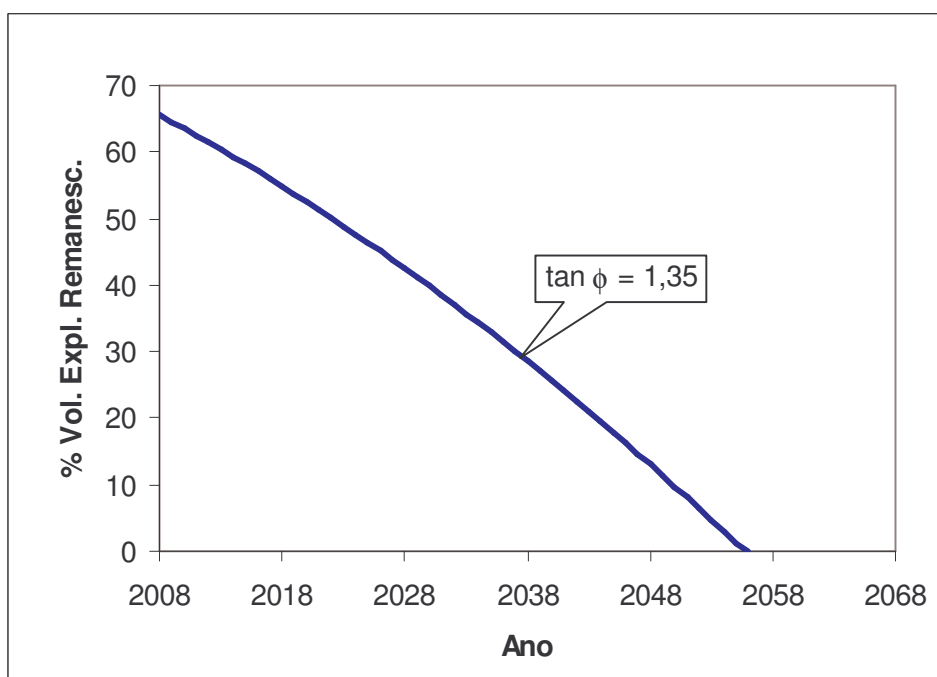


Figura 47. Curva de esgotamento da água do SAG na cidade de Ribeirão Preto, no cenário otimista, entre 2008 e 2052.

A Tabela 26 e as Figuras 44 e 45 indicam que, mesmo sob os cenários otimistas de clima e de demografia, a depleção das reservas exploráveis do SAG em Ribeirão Preto não são evitadas.



Entretanto, considerando que as reservas no presente (2008) são superiores a 65% do volume original, se medidas adaptativas eficazes forem implementadas na cidade, é possível reverter a tendência observada. Este será um dos temas que serão tratados no próximo Relatório de Consultoria do ESE Ribeirão Preto.

5.4. Conclusões e Implicações

Dentre as principais conclusões desse Capítulo, estão as seguintes:

- Apesar do grande volume de água e da alta produtividade do SAG em Ribeirão Preto, superiores a 10 bilhões de metros cúbicos e a vazões em excesso de 300 m³/h, respectivamente, as taxas crescentes de retirada de água do aquífero tendem a esgotar suas reservas explotáveis ao redor do ano 2050;
- Esse esgotamento ocorreria principalmente em função da tendência crescente de produção de água do SAG, e também em função da redução paulatina da recarga do aquífero, ao longo dos anos;
- Entretanto, as reservas explotáveis em 2008 ainda são consideráveis (cerca de 65% das reservas originais), tornando ainda possível uma gestão sustentável do aquífero.

Como implicações dos resultados desse Capítulo, temos as seguintes:

- Apesar do estudo detalhado das medidas implantadas na cidade (zoneamento etc), bem como de outras alternativas serem objeto do próximo Relatório, pode-se, preliminarmente, concluir que medidas mais efetivas de gestão são requeridas para garantir a sustentabilidade do uso da água do SAG no futuro;
- A aparente abundância e inesgotabilidade do SAG pode ser enganosa, e levar ao esgotamento dessa fonte estratégica em menos de 50 anos, na cidade de Ribeirão Preto;
- Apesar de a análise de esgotamento ter sido feita apenas nessa cidade, é possível que a mesma tendência possa ocorrer nas outras cidades do Projeto Piloto, uma vez que o SAG responde por mais de 98% da oferta de água da região.



6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

As principais conclusões desse 2º. Relatório de Consultoria são as seguintes:

- Dos 677 km² de áreas de recarga do SAG identificadas na região do Projeto Piloto, 29,6% apresentam alta vulnerabilidade à contaminação por poluentes, 30,9% apresentam média vulnerabilidade, e 39,5% apresentam baixa vulnerabilidade. As áreas de alta vulnerabilidade estão associadas a solos rasos, permeáveis e/ou com pequeno teor de argila;
- Ribeirão Preto é o município do Projeto Piloto com a maior área de alta vulnerabilidade, totalizando 10,3 km². Boa parte dessa área está contida na Zona Urbana de Expansão, definida por Resolução do CBH-Pardo;
- Haverá uma tendência de redução dos excedentes hídricos e das taxas de recargas dos aquíferos na área do Projeto, em função dos aumentos de temperatura causados pelo efeito estufa;
- A população da área do Projeto piloto, atualmente de 814 mil habitantes, deve aumentar para 1,33 milhão no ano 2050, no cenário tendencial;
- O consumo de água, que atualmente é de 13,4 milhões de m³ por mês, passará em 2050 a mais de 22 milhões;
- A continuarem os níveis de extração de água do SAG na cidade de Ribeirão Preto, o volume explotável, que originalmente era da ordem de 10,7 bilhões de m³, deverá se esgotar ao redor do ano 2050;
- Esse esgotamento pode ocorrer em consequência do aumento crescente de extração de água do aquífero, somado à grande taxa de perdas de água nos sistemas de distribuição e à redução paulatina das taxas de recarga, em função das mudanças climáticas.

6.2. Recomendações

Em função das conclusões supra mencionadas, recomenda-se:

- Sejam estudadas alternativas de gestão da água subterrânea na área do Projeto Piloto, de forma a reduzir os impactos identificados nesse Relatório;
- No caso da quantidade de água, devem-se buscar alternativas de gestão da oferta de da demanda de água, tais como a redução das perdas nos sistemas de distribuição, busca de fontes alternativas de abastecimento de água, tarifação etc.;



- No tocante à qualidade de água, as áreas de recarga com alta vulnerabilidade à contaminação devem ser protegidas, através de mecanismos eficazes, tais como o pagamento por serviços ambientais, uma vez que o custo da terra é muito elevado na região.

No 3º. e último Relatório de Consultoria, serão estudadas medidas de mitigação e de adaptação que permitam aumentar a sustentabilidade do uso da água subterrânea do SAG na área do Projeto Piloto. Sua viabilidade sócio-econômico-ambiental será analisada através de um modelo multi-critério, apresentado por ocasião do 1º. Relatório.

Com isso, espera-se que os usuários e gestores de água na área do Projeto possam atuar de forma a preservar esse importante e estratégico recurso.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBRIZZI, T., ROCHA, R.P., MARENGO, J., ALVES, L., & FERNANDEZ, J. Cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Séc. XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório No. 03, MMA, Brasília, 2007, 112 p.
- CERDEIRA, L.A., PESSOA, MC., GOMES, M. A., BOLONHEZI, D., SOUZA, M.D., & FARJANI, C. Proposta de boas práticas agrícolas para as áreas de afloramento do aquífero Guaraní em Ribeirão Preto-SP. Documentos No. 65. EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, 2007, 86 p.
- COMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO. Plano de Bacia do R. Pardo-Relatório Final, São Paulo, 2003, 296 p.
- COPLAN, DORSCH CONSULT, GEOTECHNICAL CONSULTANTS, IT & MORE. Gerenciamento de Aquíferos: Um exemplo de Solução Integrada para a Criação de Áreas de Proteção de Captações destinadas ao Abastecimento Público com Uso de Modelos de Sustentabilidade e Sistemas Avançados de Suporte de Tecnologia de Informação. Bavária, 2004, 41 p.
- FIPAI-Fundação Para o Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial. Relatório técnico do Projeto de Gestão da Quantidade de Águas subterrâneas. Ribeirão Preto, SP, 1996, 43 p.
- FOSTER, S.S.D.A e HIRATA, R.C.A. Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. Lima: CEPIS/PAHO/WHO, 1988. 78p.
- GOMES, M.A.F., SPADOTTO, C.A., & PESSOA, M.C. Avaliação da vulnerabilidade natural do solo em áreas agrícolas: Subsídio a avaliação do risco de contaminação do lençol freático por agroquímicos. Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente, Curitiba, v. 12, p. 169-179, jan./dez. 2002.
- IBGE. Dados censitários do Brasil, 2008. www.ibge.gov.br
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA-SP. Preço Médio De Terra Agrícola De Primeira Sobe 38,13% em SP. Artigo da Internet, 2008.
- OLIVEIRA, J.B. & PRADO, H. Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Ribeirão Preto. Boletim Técnico No. 7-IAC, Campinas, 1987, 133 p.
- PROYECTO GUARANI – SECRETARIA GENERAL. Plano de Gestión Local Inicial - PGL, Montevideo, 2007, 11 p.
- SALATI, E., SALATI, E., CAMPANHOL, T., & VILLA NOVA, N. Tendências das variações climáticas para o Brasil no séc. XX e balanços hídricos para cenários climáticos para o séc. XXI. Relatório No. 4, MMA, Brasília, 2007, 186 p.
- SINELLI, O., SOARES, P.C., SOUZA, A. Geologia do Nordeste do Estado de S.Paulo. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Geologia, Aracaju,SE;v.1.p.209-228, 1973.



AGRADECIMENTOS

Algumas pessoas contribuíram de forma significativa para a realização deste Relatório, às quais o consultor gostaria de externar seus agradecimentos. Dentre elas, estão as seguintes:

- Sr. Daniel Garcia, Projeto Guarani
- Sr. Pablo Decoud, Projeto Guarani
- Sr. Carlos Alencastre, Diretor do DAEE em Ribeirão Preto
- Sr. Marcos Massoli, Secretaria de Meio Ambiente-SP;
- Sr. Maurício Moreira dos Santos, Facilitador Projeto Rib. Preto
- Sr. João Paulo Fonseca, DAERP, Ribeirão Preto.
- Sr. Maurício Figueiredo, Secretaria de Meio Ambiente de R. Preto.



SIGLAS E ABREVIACÕES

ANA – Agência Nacional de Águas

CBH-Pardo – Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo

DAERP – Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

PROJETO – Projeto Piloto Ribeirão Preto

SAG – Sistema Aquífero Guaraní

SG – Secretaria Geral do Projeto Aquífero Guaraní

SIG – Sistema de Informações Geográficas



ANEXO 1

Gastos Realizados no Período

Durante os meses de janeiro e fevereiro de 2008, foram feitos gastos relativos à aquisição de mapa digitalizado de solos, e aqueles relativos à 2ª. viagem do consultor à cidade de Ribeirão Preto, onde esse se reuniu com gestores e stakeholders, para obtenção de dados e informações complementares, indispensáveis à realização do trabalho.

Os gastos no período supracitado somaram **R\$ 1.459,25**, equivalentes a **US\$ 810,69** (cambio de US\$ 1 = R\$ 1,80).

Os comprovantes de gastos relativos à este período estão incluídos no Anexo 2 deste Relatório.



ANEXO 2

COMPROVANTES DE GASTOS NO PERÍODO



GEF



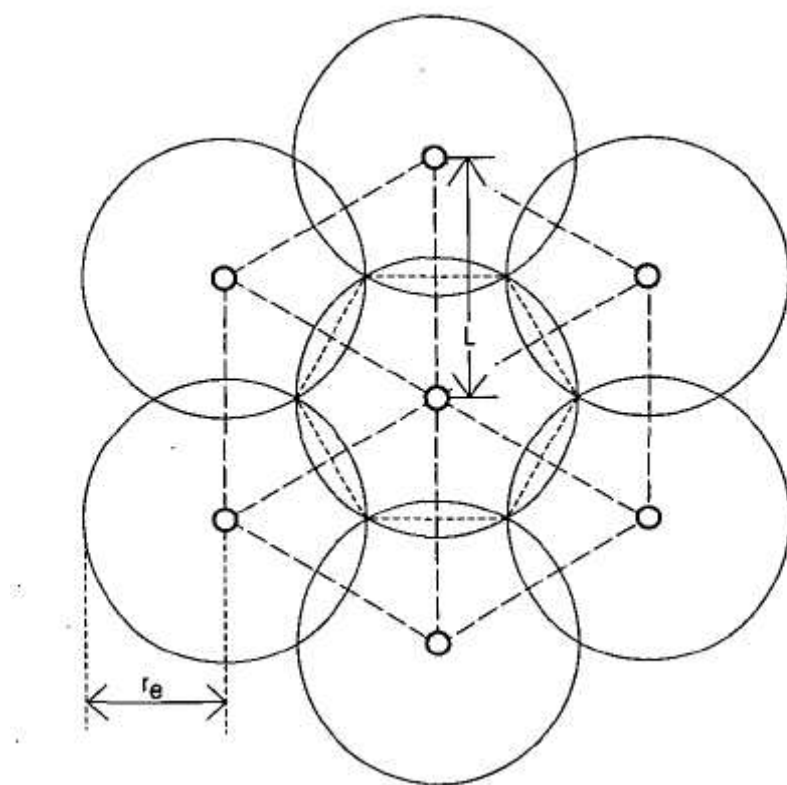
Banco Mundial



OEA



Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aqüífero Guarani



ESTUDO SOCIO-ECONÔMICO RIBEIRÃO PRETO

INFORME No. 03



Equipe do Projeto

Responsáveis Nacionais:

Pela Argentina	Fabián López
Pelo Brasil	Eustáquio Luciano Zica
Pelo Paraguai	Carlos López Dose
Pelo Uruguai	Víctor Rossi

Coordenadores Nacionais:

Argentina	Miguel Ángel Giraut
	María Josefa Fioritti (Co-coordenadora)
	María Santi (Co-coordenadora)
Brasil	João Bosco Senra
Paraguai	Elena Benítez
Uruguai	Lourdes Batista

Representantes da OEA:

Jorge Rucks
Carlos Sténeri

Representantes do Banco Mundial:

Abel Mejía
Douglas Olson
Samuel Taffesse

Secretaria Geral:

Secretário Geral	Luis Amore
Coordenador Técnico I y VI	Jorge N. Santa Cruz
Coordenador Técnico II y V	Daniel H. García Segredo
Coord. Comunicação	Roberto Montes
Assistente técnico	Alberto Manganelli
Auxiliar técnico	Santiago Ferrero
Administração	Luis Reolón
Auxiliar Administrativa	Virginia Vila
Auxiliar Administrativo	Mathias González
Informática	Diego Lupinacci
Secretária Bilingüe	Mariángel Valdés

Facilitadores dos Projetos Piloto:

Concordia – Salto	Enrique Massa Segui
Rivera – Santana	Achylles Bassedas
Itapúa	Alicia Eisenkölbl
Ribeirão Preto	Maurício Figueiredo



DISCLAIMER

A execução do Projeto para a Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guaraní é possível graças ao acordo de cooperação alcançado entre os governos da Argentina, Brasil, Paraguai y Uruguai, o aporte financeiro do Global Environment Facility (GEF) e outros doadores, a cooperação técnica e financeira do Banco Mundial que é a agência implementadora dos Fundos GEF e a Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos (SG/OEA) em sua condição de agência executora regional.

Dentro da Componente II destinada ao desenvolvimento e instrumentação conjunta de um Marco de Gestão para o Sistema Aquífero Guaraní, se leva adiante o Programa de Fortalecimento Institucional com o objetivo de intercambiar conhecimentos e brindar treinamento a profissionais especializados com atuação nas temáticas técnicas, econômicas, legais, institucionais y sociais dos recursos hídricos com o propósito de desenvolver algum aspecto relevante aplicado ao Sistema Aquífero Guaraní.

Os resultados, interpretações, conclusões, denominações e opiniões colocadas neste informe e a forma em que aparecem são de responsabilidade exclusiva do autor e não implicam juízo algum sobre as condições jurídicas dos países, territórios, cidades ou zonas, ou de atividades diversas, nem em respeito a delimitação de suas fronteiras ou limites, por parte dos países beneficiários, nem a Secretaria Geral da OEA (SG/OEA), nem de a Secretaria Geral do Projeto (SG-SAG).



Estudo Sócio-Econômico Ribeirão Preto

RESUMO EXECUTIVO

Este é o terceiro e último Relatório de Consultoria relativo ao Estudo Sócio-Econômico Ribeirão Preto, do Projeto Aquífero Guaraní. Ele teve por objetivo apresentar os resultados relativos ao risco de contaminação das áreas de recarga do SAG por fontes pontuais e difusas na região do Projeto Piloto, revisar os instrumentos legais relativos à gestão de recursos hídricos na região, identificar medidas de gestão de oferta e de demanda de água para fazer frente às ameaças à sustentabilidade do SAG, e analisar sua viabilidade sócio-econômico-ambiental.

Neste terceiro Relatório, concluiu-se que, dos 2.500 km² da área piloto, 89,2 km² (3,6%) apresentam alto risco de contaminação por aplicação de defensivos e por fertirrigação com vinhaça, usados rotineiramente em lavouras de cana de açúcar. Essas áreas apresentavam alta ou média vulnerabilidade à contaminação, em função do baixo teor de argila do solo, da alta permeabilidade, e da baixa profundidade efetiva.

Em termos do risco da contaminação pontual para a recarga do SAG, as áreas de alto risco foram as seguintes: 351,7 mil m² (barragem de rejeitos), 28,7 mil m² (infra-estrutura de petróleo e gás), 71,7 mil m² (posto de transformadores), e 451 m² (tanques de produtos químicos). Essas áreas de alto risco estavam associadas a solos vulneráveis e a cargas com médio e alto potencial contaminante.

No que se refere ao risco de contaminação de áreas de recarga por fontes residenciais e industriais na área do Projeto Piloto, 115 hectares apresentaram alto risco, e 370 hectares médio risco. Estes estão associados a áreas de alta vulnerabilidade à contaminação de aquíferos e à presença de fossas e outras fontes pontuais, como efluentes industriais, escoamento de águas pluviais, entre outros;

Um total de 83 km de rodovias e 16 km de ferrovias apresentaram alto risco de contaminação das áreas de recarga do SAG na região do Projeto Piloto. Isto decorreu da associação de áreas de alta ou média vulnerabilidade, com o volume de tráfego e a toxicidade da carga transportada.

Apesar de haver um grande número de Leis, Decretos, Resoluções e outros instrumentos legais na área do Projeto Piloto, poucos estão sendo efetivamente utilizados na proteção das áreas de recarga e para a economia da água subterrânea. Dentre as exceções, estão a Res. No. 065/06 CRH, que estabelece zonas de restrição de perfuração de poços na cidade de Ribeirão Preto. Por outro lado, Decretos estaduais, como o de No. 50.667/06, que estabelece o teto para a cobrança de água bruta, restringem o potencial de gestão de demanda de água na região do Projeto.



As medidas propostas no presente Estudo para a proteção das áreas de recarga do SAG e conservação da água subterrânea foram baseadas em resultados do PALp e em reuniões do consultor com gestores e stakeholders da região do Projeto.

No caso de medidas de proteção das áreas de recarga, elas incluíram o zoneamento do solo para fins de fontes pontuais e difusas de contaminação, o estabelecimento de restrição de uso em função do risco de contaminação de áreas de recarga, a identificação e o incentivo à substituição de defensivos agrícolas de alto potencial de contaminação por outros, menos impactantes, além do monitoramento sistemático do solo e do lençol freático em áreas de alto risco de contaminação de aquíferos.

No que diz respeito à proposição de medidas de gestão da oferta e gestão da demanda de água na área do Projeto Piloto, principalmente para a cidade de Ribeirão Preto, as primeiras envolveram a captação de água do rio Pardo, a captação da água de chuva em condomínios, e a instalação de campos de poços em áreas rurais. As últimas incluíram a substituição da rede de distribuição de água e implantação de reservatórios elevados (de forma a reduzir o nível de pressão e perdas na rede), e cobrança pelo uso da água subterrânea.

Aplicado às alternativas de gestão de oferta de água propostas no Estudo, o modelo multi-critério proposto apontou a captação complementar de 50% da demanda com água do rio Pardo como a de maior viabilidade sócio-econômico-ambiental, seguida da alternativa de instalação de campos de poços na zona de recarga rural.

Se implementada, a medida de abastecimento complementar de água do rio Pardo faria com que a vida útil do SAG na cidade fosse estendida em 29 anos, passando de 2052 a 2081, considerando os cenários tendenciais de crescimento populacional e mudanças climáticas.

No tocante às medidas de gestão de demanda de água, a mais viável e factível foi a de substituição da rede de distribuição e instalação de reservatórios elevados em Ribeirão Preto, implicando em significativa redução do percentual de perdas físicas. A cobrança por água subterrânea só seria uma medida viável se o teto da tarifa passasse dos atuais R\$ 0,015 a pelo menos R\$ 0,30 /m³.

Se implementadas conjuntamente, as medidas de gestão de oferta e de demanda de maior viabilidade individual (captação de água do rio Pardo e substituição da rede de distribuição) aumentariam a vida útil de exploração de água do SAG em 65 anos, passando de 2.052 para 2.117.

Cabe ressaltar que as previsões referentes ao esgotamento do SAG na área urbana de Ribeirão Preto, realizadas nesse Estudo, ocorreriam em função de uma condição geológica e topográfica muito particular da cidade, onde a conformação do SAG e sua área de recarga estão confinadas a um vale



encaixado, cujos divisores de água subterrâneos limitam de forma significativa os fluxos regionais de água subterrânea.

A despeito de não haverem evidências significativas de contaminação de água subterrânea em aquíferos confinados ou aflorantes na área do Projeto Piloto, seja por fontes pontuais ou difusas, isto não significa que um processo de contaminação não esteja em curso no momento. Considerando a baixa velocidade de lixiviação da maioria dos contaminantes, uma eventual contaminação pode levar dezenas de anos. Assim, o monitoramento do solo e da água das áreas vulneráveis é fundamental para sua detecção e controle em tempo hábil.

Apesar de instrumentos legais, tais como a Res. CRH 065/06 terem contribuído para a redução do risco de esgotamento do SAG na área urbana de Ribeirão Preto, isto não é suficiente para garantir a sustentabilidade da exploração do aquífero. Medidas eficazes de gestão da oferta e da demanda de água, como as propostas no presente Estudo, devem ser implementadas para garantir sua exploração sustentável. Apesar do alto investimento inicial requerido por algumas delas, mostrou-se que as economias proporcionadas fariam com que os investimentos pudessem ser rapidamente recuperados.

Espera-se que os resultados aqui apresentados tenham atingido, pelo menos em parte, os desafios e objetivos definidos no Projeto Piloto Ribeirão Preto. Se isto ocorreu, este fato se deveu à existência de dados e estudos anteriores, e ao excelente apoio prestado por pessoas e Instituições envolvidas no Projeto, a quem o consultor externa aqui o seu agradecimento.



Índice

1. INTRODUÇÃO	9
2. ANÁLISE DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DA AREA DO PROJETO PILOTO PRETO.....	10
2.1. Vulnerabilidade à Contaminação das Áreas de Recarga.....	10
2.2. Risco à Contaminação das Áreas de Recarga.....	14
3. LEVANTAMENTO DOS INSTRUMENTOS LEGAIS, ADMINISTRATIVOS E ECONÔMICOS EXISTENTES NA ÁREA DO PROJETO PARA A CONSERVAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRANEA.....	41
3.1. Leis e Resoluções Nacionais, Estaduais e Municipais	41
3.2. Coleta e Tratamento de Esgotos.....	54
3.3. Micro-medição de Água Tratada.....	55
4. PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS E INSTRUMENTOS PARA A CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DO SAG NA ÁREA DO P. PILOTO.....	57
4.1. Alternativas de Gestão da Oferta de Água na Área do Projeto Piloto.....	58
4.2. Alternativas de Gestão da Demanda de Água na Área do Projeto Piloto.....	66
4.3. Alternativas de Proteção das Áreas de Recarga da Área do Projeto Piloto Ribeirão Preto.....	80
5. ANÁLISE DE VIABILIDADE SÓCIO-ECONÔMICO-AMBIENTAL DAS MEDIDAS PROPOSTAS.....	97
5.1. Viabilidade das Medidas de Gestão da Oferta de Água.....	98
5.2. Viabilidade das Medidas de Gestão da Demanda de Água.....	115
5.3. Análise Integrada da Gestão da Oferta e Demanda de Água.....	125
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	127
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
Agradecimentos.....	132
ANEXO 1 –Gastos Realizados no Período.....	133
ANEXO 2 – Comprovantes de Gastos.....	135



SIGLAS E ABREVIACÕES

ANA – Agência Nacional de Águas

C – critério de custo do modelo multi-critério

CRH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CBH-Pardo – Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pardo

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-SP

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo

DAERP – Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto

E.C. – Excedente do consumidor

ϕ – Ângulo da fronteira de produção de aquíferos

F – Função de viabilidade do modelo multi-critério

FEHIDRO – Fundo Estadual de Recursos Hídricos

I – critério de impacto social do modelo multi-critério

MODELO – Modelo multi-critério da análise de viabilidade

Pc – Potencial de contaminação de aquíferos

PROJETO – Projeto Piloto Ribeirão Preto

R – risco de esgotamento ou risco de contaminação das áreas de recarga

SAG – Sistema Aquífero Guaraní

SG – Secretaria Geral do Projeto Aquífero Guaraní

SIG – Sistema de Informações Geográficas

V – Vulnerabilidade à contaminação de aquíferos



1. INTRODUÇÃO

Nos primeiros dois Relatórios de Consultoria, foram estabelecidas as bases para este 3º Relatório, tais como os horizontes e cenários de simulação, e a definição do modelo multi-critério para a análise de viabilidade das medidas propostas.

Nos documentos anteriores, concluiu-se que 30% das áreas de recarga do SAG na região do Projeto apresentam alta vulnerabilidade à contaminação e que, a continuar o crescimento da demanda de água em Ribeirão Preto, o volume explotável sob a área urbana da cidade tenderá a se esgotar em meados do atual século.

Neste 3º. Relatório, os desafios e objetivos eram identificar as zonas de risco de contaminação das áreas de recarga do SAG por fontes pontuais e difusas, propor medidas capazes de fazer frente às ameaças à qualidade e à quantidade da água subterrânea na área do Projeto Piloto, e analisar sua viabilidade sócio-econômico-ambiental.

Dessa forma, este documento foi dividido por capítulos, onde cada um dos temas acima foi tratado em detalhe. Assim, no Capítulo 2 foram definidas as bases e apresentados os resultados relativos ao risco de contaminação das áreas de recarga, por fontes pontuais e difusas, incluindo o mapeamento das áreas de risco e seus quantitativos.

No Capítulo 3, foram revisados os principais instrumentos legais e normativos, relativos à gestão da quantidade e qualidade da água na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, bem como as medidas já em curso para fazer frente às ameaças atuais e futuras.

No Capítulo 4, foram propostas medidas de proteção da qualidade e quantidade da água, e feita uma revisão técnica de seus potenciais e limitações, uma vez aplicados à área do Projeto Piloto.

Finalmente, no Capítulo 5, foi avaliada a viabilidade das medidas de gestão de oferta e demanda de água propostas, relativamente aos aspectos sócio-econômicos e ambientais. No final do documento (Capítulo 6), são apresentadas as principais conclusões e recomendações relativas ao Estudo em tela.

Cabe ressaltar que, as análises aqui realizadas envolvem uma grande dose de incerteza, particularmente no que se refere aos cenários futuros de demanda de água e de mudanças climáticas, bem como àqueles relativos à imprecisão dos dados existentes.

A preferência por análises predominantemente qualitativas ou semi-quantitativas no presente Estudo se deu em função dos seus objetivos e prazos, o que pode limitar sua aplicabilidade em alguns casos. Entretanto, a facilidade e a transparência das metodologias propostas têm a vantagem de permitir sua utilização por uma ampla variedade de usuários e decisores e, ao mesmo tempo, permitir a compreensão de seus resultados.



2. ANÁLISE DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO PILOTO RIBEIRÃO PRETO

No 2º. Relatório de Consultoria, foram identificadas as vulnerabilidades à contaminação das áreas de recarga do Projeto Piloto Ribeirão Preto. Neste Capítulo serão revisados os aspectos relativos à vulnerabilidade, analisados os potenciais de contaminação pontual e difusa em zonas rurais e urbanas, e gerados os mapas de risco à contaminação das áreas de recarga da área do Projeto Piloto por fontes difusas e pontuais.

2.1. Vulnerabilidade à Contaminação das Áreas de Recarga

Conforme apresentado no Relatório anterior, a vulnerabilidade à contaminação das áreas de recarga foi estimada pelo produto do teor de argila dos solos, por sua permeabilidade, e profundidade, uma vez que dados mais específicos para aplicação de modelos existentes, tais como a profundidade do lençol freático e a espessura dos aquíferos, não estavam disponíveis (equação 2.1).

$$V = \% \text{ Argila} \times \text{Permeab.} \times \text{Profund.} \quad [2.1]$$

A Tabela 2.1 apresenta os valores dos fatores da equação 2.1 e do produto (vulnerabilidade), para os solos das áreas de recarga da região do Projeto Piloto.



Tabela 2.1. Características físicas e vulnerabilidade das classes de solos da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, calculadas de acordo com a Equação 2.

Classe de Solo	Teor de Argila	Valor (1-3)	Perm.	Valor (1-3)	Prof. do solo	Valor (1-3)	Prod .	Vulner.
Areia quartzosa (Neossolo)	Baixo	3	Alta	3	Alta	1	9	Alta
Brunizém averm. (Chernossolo)	Alto	1	Baixa	1	Média	2	2	Baixa
Cambissolo	Alto	1	Baixa	1	Baixa	3	3	Média
Hidromórfico e Org. (Gleissolo)	Médio	2	Média	2	Baixa	3	12	Alta
Latossolo verm. escuro	Médio	2	Alta	3	Alta	1	6	Média
Latossolo roxo argiloso (eutrof.)	Alto	1	Média	2	Alta	1	2	Baixa
Latossolo verm. amarelo argiloso	Alto	1	Média	2	Alta	1	2	Baixa
Latossolo verm. amar. text. méd.	Médio	2	Média	2	Alta	1	4	Média
Litólico (Neossolo)	Médio	2	Média	2	Baixa	3	12	Alta
Terra roxa estrut.	Alto	1	Média	2	Alta	1	2	Baixa

De acordo com a equação 2.1 e a Tabela 2.1, a vulnerabilidade pode variar de 1 a 27. De forma a classificar o nível da vulnerabilidade em função do produto 2.1, utilizou-se a Tabela 2.2 abaixo.

Tabela 2.2. Classes e níveis de vulnerabilidade em função do produto da equação 2.1

Produto	Vulnerabilidade	Nível
1-2	Baixa	1
3-8	Média	2
9-27	Alta	3

O resultado da vulnerabilidade à contaminação é apresentado nas Figuras 2.1 e 2.2 abaixo, para a área do Projeto Piloto e para a cidade de Ribeirão Preto, respectivamente.

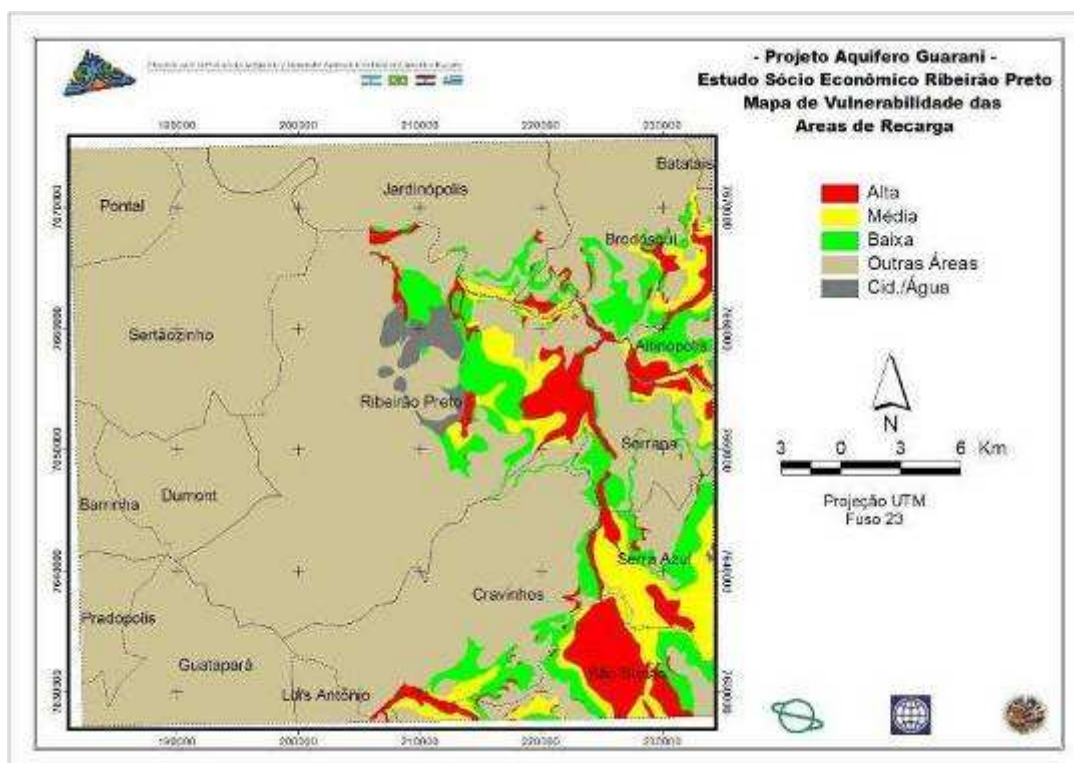


Figura 2.1. Vulnerabilidade à contaminação das áreas de recarga do Projeto Piloto Ribeirão Preto.

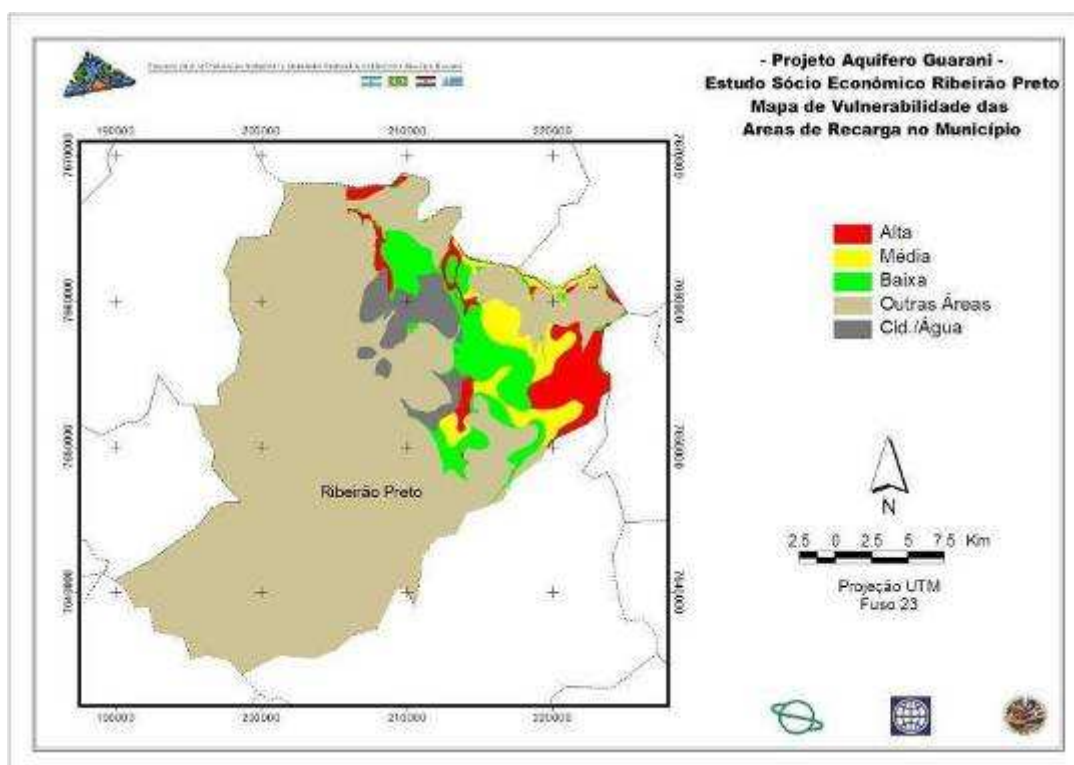


Figura 2.2. Vulnerabilidade à contaminação da cidade de Ribeirão Preto.



De acordo com as Figuras 2.1. 2.2., as áreas de recarga e, consequentemente, as áreas mais vulneráveis das áreas de recarga estão situadas na porção leste da área do Projeto Piloto e da cidade de Ribeirão Preto.

As Figuras 2.3 e 2.4 mostram o percentual de áreas com alta, média e baixa vulnerabilidade, nas áreas de recarga do Projeto Piloto e da cidade de Ribeirão Preto, respectivamente.

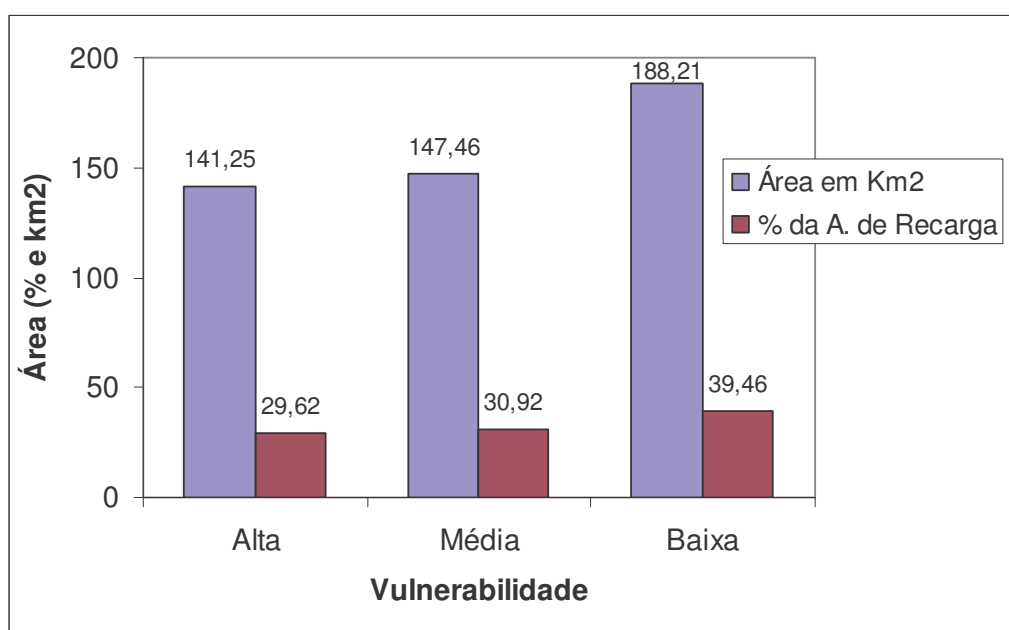


Figura 2.3. Proporção das áreas de alta, média e baixa vulnerabilidade das áreas de recarga do Projeto Piloto.

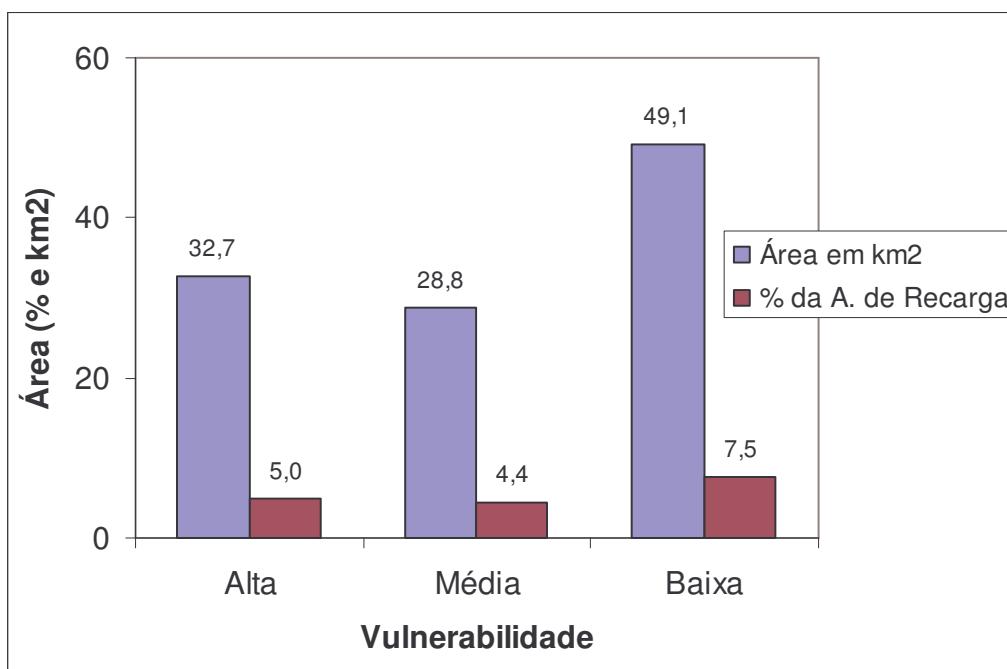


Figura 2.4. Proporção das áreas de alta, média e baixa vulnerabilidade das áreas de recarga da cidade de Ribeirão Preto.

2.2. Risco à Contaminação das Áreas de Recarga do Projeto Piloto

A análise do risco de contaminação das áreas de recarga do Projeto Piloto Ribeirão Preto foi dividida em duas, em função do tipo de fonte de contaminação: A primeira foi a análise do risco de contaminação de áreas rurais (dominantemente de fontes difusas), a e segunda foi a análise do risco de contaminação de áreas urbanas (dominantemente de fontes pontuais).

A primeira é oriunda de atividades agrícolas nas áreas rurais, e foi feita em toda a janela do Projeto Piloto Ribeirão Preto. A segunda, gerada por fontes pontuais, foi realizada também na área do Projeto Piloto, e também na cidade de Ribeirão Preto, mais especificamente nas áreas definidas pelo zoneamento urbano da Res. CRH No. 065/06.

2.2.1. Risco de Contaminação de Aquíferos por Fontes Difusas nas Áreas Rurais do Projeto Piloto

Conforme definido por vários autores, o risco de contaminação (R) é dado pelo produto entre a vulnerabilidade (V) à contaminação e o potencial de contaminação global (Pc_g), ou seja:

$$R = V \times Pc_g \quad [2.2]$$



Como a vulnerabilidade à contaminação das áreas de recarga do aquífero Guaraní na área do Projeto Piloto foi definida no item anterior, resta agora estimar o potencial contaminante das áreas rurais.

- Potencial de Contaminação em Áreas Rurais

O potencial de contaminação de áreas de recarga na zona rural se origina principalmente da aplicação de defensivos agrícolas, como herbicidas e inseticidas, bem como vinhaça, aplicada nas lavouras de cana de açúcar através de fertirrigação.

De forma a identificar as áreas de lavoura na região do Projeto Piloto, se fez uso do mapa de solo, mostrado na Figura 2.5. abaixo.

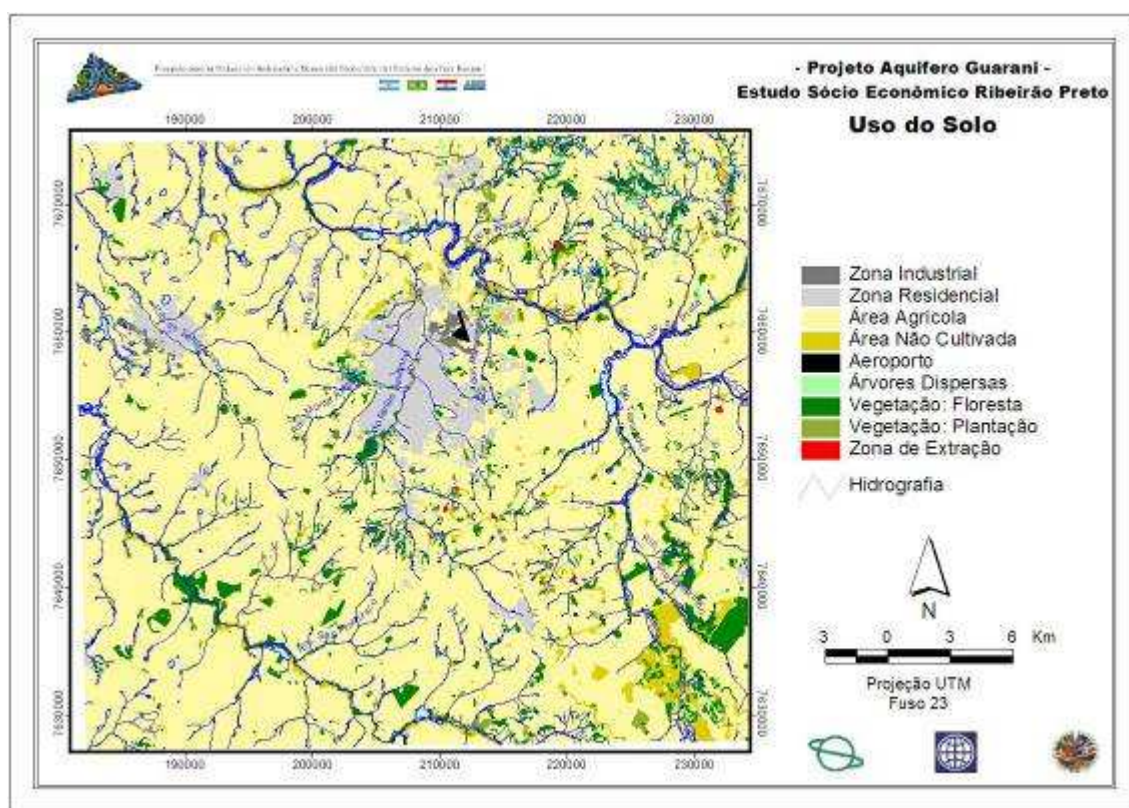


Figura 2.5. Mapa de uso do solo da área do Projeto Piloto.

De acordo com a Figura 2.5, o uso do solo por agricultura é dominante, cobrindo 2.010 km² de um total de 2.488 km² da área Piloto, ou seja, 80,8% do total da janela. Estima-se que, dessas áreas agrícolas, mais de 90% são de cana de açúcar, a cultura dominante na região. Os 10% restantes são de plantios de soja, laranja, e pastagem. A Figura 2.6 mostra a dominância da cultura de cana na área do Projeto Piloto.



Figura 2.6. Áreas cultivadas com cana de açúcar em 2006 na região de Ribeirão Preto: Em verde: Cana safra; Em azul: Cana expansão; Amarelo: Cana reforma; Em cinza: Outros usos (Fonte: Cooperativa Única)

Assim, em função de sua grande dominância, supôs-se que todas as áreas agrícolas identificadas na legenda da Figura 2.5 são formadas por cana de açúcar na região do Projeto Piloto.

a) Potencial de Contaminação por Vinhaça nas Lavouras de Cana

Quando aplicada ao solo, a vinhaça, importante subproduto da fabricação do álcool, pode promover a melhoria de sua fertilidade. Entretanto, as quantidades aplicadas nas lavouras não devem ultrapassar a capacidade de retenção de íons do solo, pois de outra poderá haver a lixiviação de vários íons do composto, sobretudo de nitrato e potássio.

A Tabela 2.3 abaixo apresenta os principais compostos químicos presentes na vinhaça, bem como sua concentração.

Tabela 2.3. Composição química média da vinhaça oriunda da produção de álcool (Fonte: Leite, 1999).

Nutriente	M.O.*	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	DBO
Concentração (mg/l)	2,70	0,69	0,15	4,92	2,08	0,49	28.000



Os principais compostos presentes na vinhaça são, de acordo com a Tabela 2.3, o potássio e a matéria orgânica. Além disso, a vinhaça apresenta uma alta demanda bioquímica por oxigênio (DBO), com potencial poluente superior inclusive ao dos esgotos domésticos.

Considerando que uma destilaria produz, em média, 14 litros de vinhaça para cada litro de álcool, e que cada hectare de cana na região de Ribeirão Preto produz, em média, 5.000 litros de álcool, o potencial de produção anual de vinhaça nos 201.000 hectares de cana na área do Projeto Piloto é de 14 bilhões de litros de vinhaça (14 milhões de m³), anualmente.

Supondo uma perda de 20% do volume de vinhaça por evaporação e lixiviação nas lagoas de estabilização, teríamos um volume potencial de aplicação de 56 m³ de vinhaça por hectare, por ano, na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto (Tabela 2.4.)

Tabela 2.4. Área plantada de cana, produtividades e volumes anuais de álcool e de vinhaça, e potencial de aplicação de vinhaça, estimados para a área do Projeto Piloto Ribeirão Preto.

Área (ha)	Produt. Alcool (l/ha)	Produt. Vinhaça (l/ha)	Volume Álcool (m ³ /ano)	Volume Vinhaça (m ³ /ano)	Aplicação Vinhaça* (m ³ /ha)
201.000	5.000	70.000	1.005.000	14.070.000	56

* Considerando 20% de perdas por evaporação e lixiviação.

Muito raramente são encontrados teores elevados nitratos ou potássio em profundidades acima de 1,0 m no solo em regiões canavieiras, indicando que a lixiviação decorrente da aplicação de vinhaça aparentemente não é importante (Silva et al., 2006). Em alguns países, como a Austrália, a alta incidência de nitratos na água subterrânea se dá com compostos inorgânicos, através da aplicação de fertilizantes minerais, indicando que os últimos sejam mais móveis que os primeiros, ou que os solos brasileiros apresentam maior poder de adsorção de compostos nitrogenados.

O exposto acima não implica em que não existem riscos de contaminação da água subterrânea por nitrato ou potássio. A Cetesb, responsável pelo monitoramento da água subterrânea no Estado de São Paulo, em sua Normativa P4.231/06, reconhecendo que há um limite de adsorção de compostos químicos no solo, a partir do qual pode ocorrer lixiviação, estabeleceu uma dosagem máxima de vinhaça para aplicações em lavouras. Esta dosagem máxima é calculada pela seguinte equação (Cetesb, 2006):

$$D.M. = [(0,05 \text{ CTC} - K_s) \cdot 3744 + 185] / K_{vi} \quad [2.3]$$

Onde: D.M. (m³/ha) = dosagem máxima permitida de vinhaça;



CTC (cmolc/dm^3) = capacidade de troca de cátions do solo;

K_s (cmolc/dm^3) = concentração de potássio no solo (0-80cm);

K_{vi} ($\text{kg K}_2\text{O/m}^3$) = concentração de potássio na vinhaça.

Como não há dados suficientes para caracterizar a CTC e o teor de potássio nos solos da área do Projeto Piloto, não se pode estimar o potencial ou risco de contaminação de aquíferos pela vinhaça na região.

Entretanto, considerando que o teor de potássio em solos típicos da região está na faixa de 0,05 a 1,0 cmolc/dm^3 (IAC, 1987), esse risco é pequeno. Nessas condições, as taxas médias prováveis de aplicação de vinhaça nos solos da região do Projeto estariam abaixo dos valores máximos toleráveis (Figura 2.7).

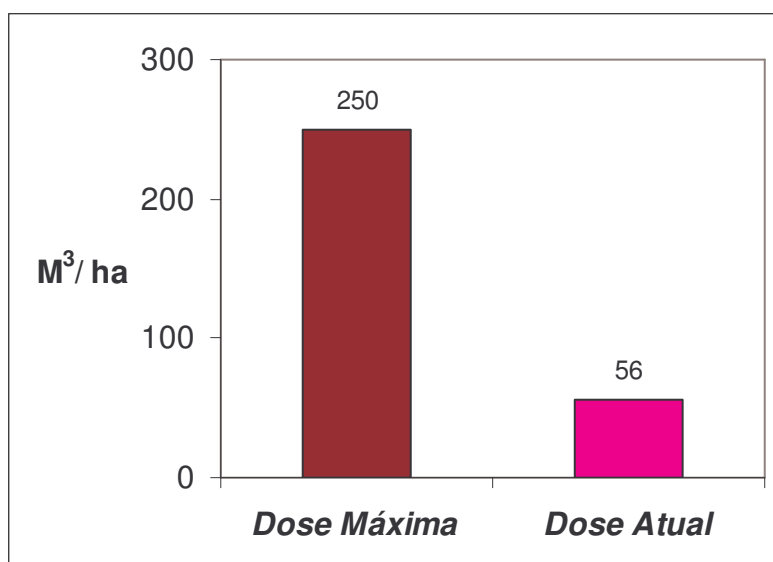


Figura 2.7. Doses máximas (eq. 2.3) e atuais (prováveis) de aplicação de vinhaça, considerando um latossolo roxo argiloso de Ribeirão Preto.

Entretanto, alguns estudos de lixiviação de vinhaça realizados no Estado de São Paulo indicam que, em solos arenosos ou onde o lençol freático é menos profundo, formas orgânicas de N foram encontradas no lençol freático em concentrações pequenas, indicando que há um risco de contaminação de aquíferos nestas condições (UNESP, 2007).

Assim, supôs-se aqui que as áreas de alta vulnerabilidade à contaminação, que são exatamente aquelas de solos arenosos e alta percolação, sejam áreas de risco para a aplicação de vinhaça. Assim, cruzando-se no SIG as áreas de alta vulnerabilidade de contaminação (Figura 2.1) com as áreas de agricultura / cana (Figura 2.5), obtém-se um mapa de risco de aplicação de vinhaça no solo (Figura 2.8 abaixo).

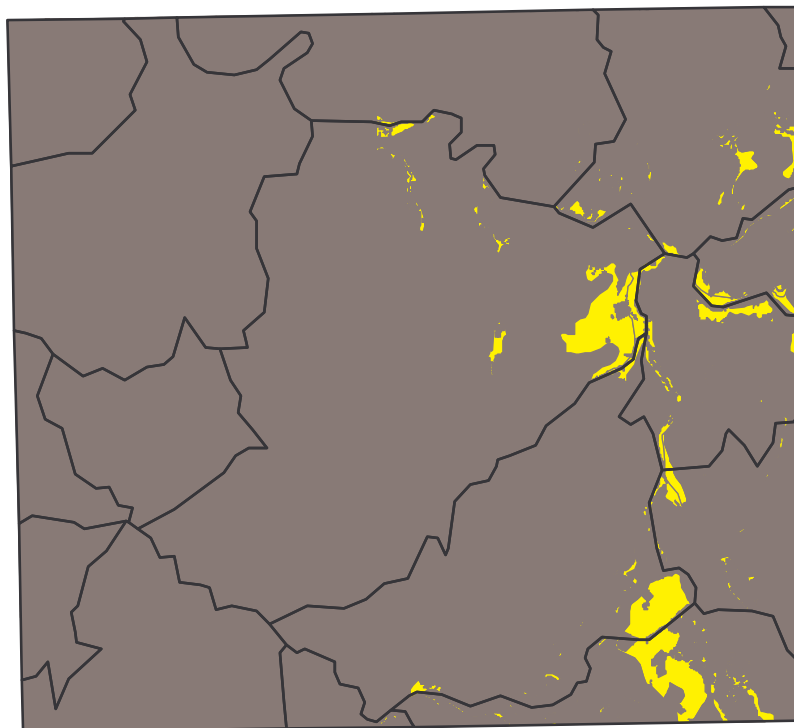


Figura 2.8. Áreas de riesgo de contaminación por vinhaça (em amarelo) na região do Projeto Piloto.

Na Figura 2.8, as áreas de risco de aplicação de vinhaça na região do Projeto Piloto estão concentradas numa estreita faixa norte-sul, principalmente nos municípios de Ribeirão Preto, Cravinhos e São Simão. A Tabela 2.5 apresenta a área total, o número de glebas, e a área média das glebas que apresentam risco de contaminação de aquíferos por vinhaça.

Tabela 2.5. Área total, área média e número de glebas com risco de contaminação por vinhaça na área do Projeto Piloto.

Área Total (ha)	No. de Glebas	Área Média (ha)
8.924	165	54,1

De acordo com a Tabela 2.5, e supondo que as áreas agrícolas na Figura 2.5 são predominantemente de lavouras de cana, um total de 8.924 hectares apresentam risco à contaminação por vinhaça na área do Projeto Piloto.

De forma a reduzir esse risco, deverão ser buscadas alternativas de zoneamento agrícola, as quais serão discutidas em item específico adiante.



b) Potencial de Contaminação por Defensivos Agrícolas

Os herbicidas são os defensivos mais frequentemente usados na cultura da cana de açúcar, e aqueles aplicados em maiores volumes (Armas et al, 2005). Dessa forma, considerou-se no presente Estudo que os herbicidas representam os defensivos de maior risco à contaminação dos aquíferos sendo, portanto, escolhidos para a análise.

Um levantamento dos tipos proporção (em base de volume) dos ingredientes ativos de herbicidas usados em lavouras de cana de açúcar na região de Ribeirão Preto e Piracicaba é apresentado na Figura 2.9.

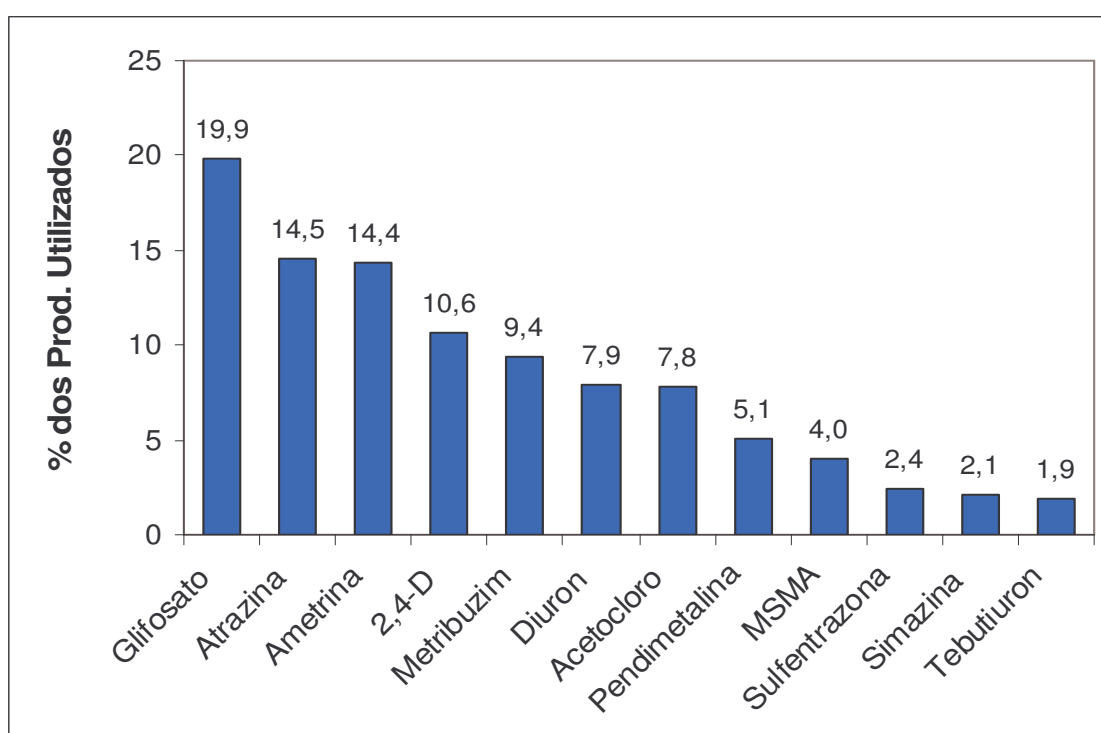


Figura 2.9. Proporção (em relação aos volumes totais) dos herbicidas usados em lavouras de cana de açúcar da região de Ribeirão Preto (Fonte: Armas et al, 2005).

De acordo com a Figura 2.9, os herbicidas mais usados (em termos de volume) nas lavouras de cana da região de Ribeirão Preto são o glifosato, a atrazina, a ametrina, e o 2,4-D, correspondendo a quase 60% do volume total aplicado.

Na Figura 2.10 é apresentado o grau de toxicidade de cada um dos princípios ativos do herbicida, usando como indicador a LD₅₀ (dose letal para 50% da população de ratos), e sua classificação toxicológica (1-4), de acordo com o Ministério da Agricultura (mostrados na Figura em ordem inversa à sua classificação pelo MAPA).

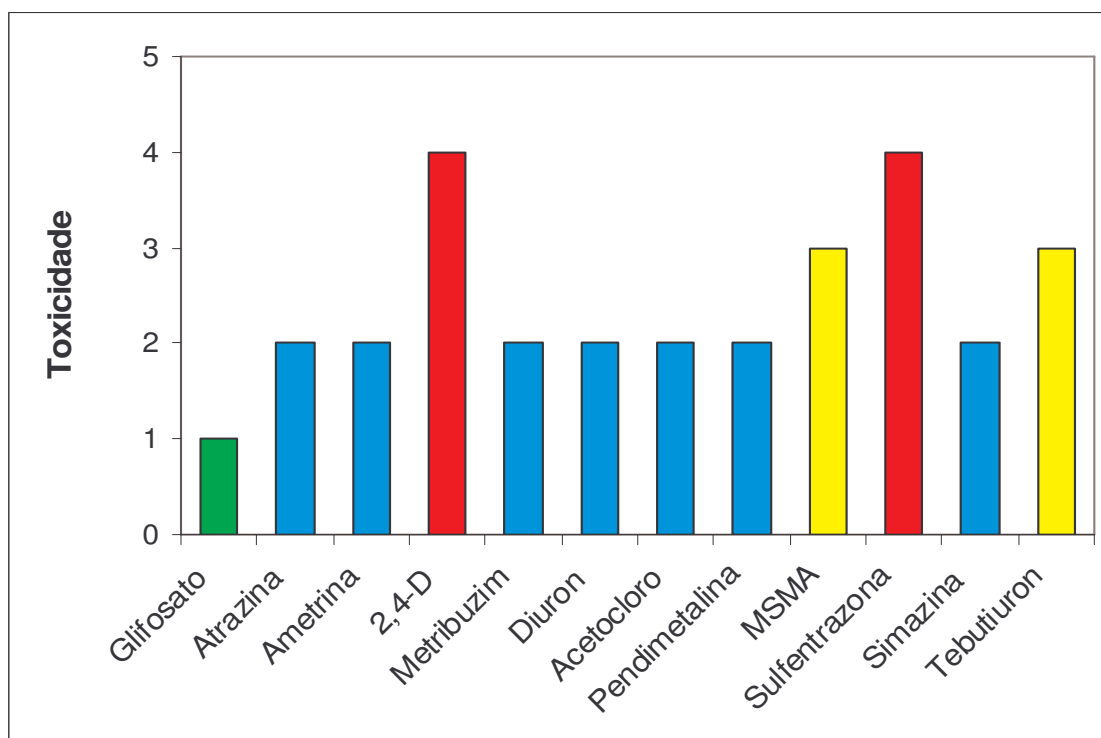


Figura 2.10. Toxicidade dos herbicidas usados em lavouras de cana de açúcar da região de Ribeirão Preto (verde = baixa; azul = média; amarelo = alta; verm. = muito alta).

De acordo com a Figura 2.10, dois herbicidas usados nas lavouras de cana da região apresentam toxicidade muito alta (2,4-D e sulfentrazone), e dois apresentam alta toxicidade (MSMA e tebutiuron). Os demais herbicidas apresentam média e baixa toxicidade.

No caso do glifosato, que apresenta a menor toxicidade entre os herbicidas, ele é o mais frequentemente usado nas lavouras de cana da região, com quase 20% do volume total aplicado.

Além do volume e da toxicidade, deve-se examinar o grau de mobilidade do defensivo no solo, de forma a permitir a caracterização do seu potencial de contaminação dos aquíferos. Um indicador de mobilidade muito usado na literatura é o GUS (*Groundwater Ubiquity Score*), desenvolvido por Gustafson (1989). O GUS é dado pela seguinte equação:

$$\text{GUS} = \log_{10}(t_{1/2}) \cdot [4 - \log_{10}(K_{oc})] \quad [2.4]$$

Onde: $t_{1/2}$ = é a meia vida (em dias) do ingrediente ativo, e K_{oc} = coeficiente de adsorção do ingrediente ativo pelo solo e pela matéria orgânica (l/kg).

No caso da meia vida, ela dá a persistência do ingrediente ativo na natureza. Já no caso do K_{oc} , quanto maior for este coeficiente, menor será a



mobilidade do ingrediente ativo no solo. A vantagem do GUS é que ele combina os dois parâmetros (persistência e mobilidade) em um indicador, aliado ao fato que ele é largamente utilizado mundialmente. A Figura 2.11 apresenta os valores de GUS dos herbicidas mais usados nas lavouras de cana da área de Ribeirão Preto.

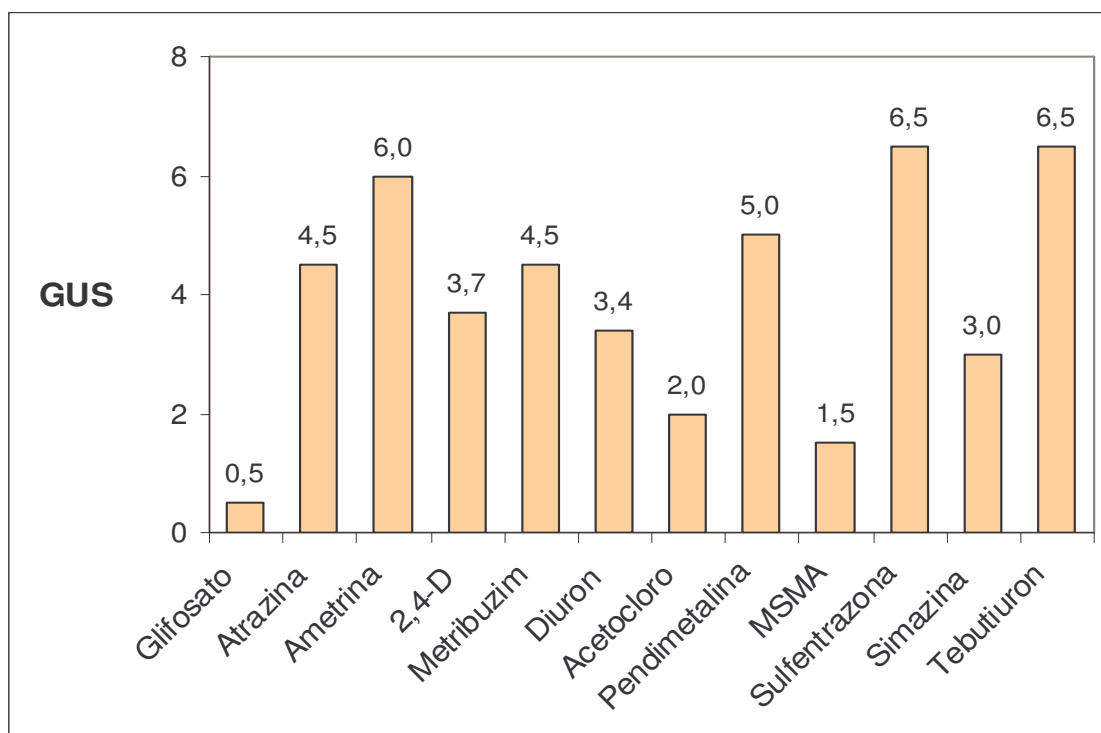


Figura 2.11. Valor de GUS (indicador de mobilidade) dos herbicidas usados nas lavouras de cana na região de Ribeirão Preto (Fonte: Armas, 2005).

Quanto maior o valor do GUS, maior será a mobilidade do herbicida no perfil do solo, aumentando seu potencial de contaminação dos aquíferos. De acordo com a Figura 2.11, os herbicidas mais móveis (lixiviáveis) são o tebutiuron, a sulfentrazone, e a ametrina. Os menos móveis são o glifosato, o MSMA, e o acetocloro.

Combinando-se a proporção da aplicação do herbicida na região (Figura 2.9), a toxicidade (Figura 2.10) e o GUS (Figura 2.11), obtém-se o potencial de contaminação das áreas de recarga por herbicidas, através da seguinte equação:

$$Pc_i = (Prop) \times (Tox) \times (GUS) \quad [2.5]$$

Onde: Pc_i = potencial de contaminação total dos aquíferos por um dado herbicida; Prop.= proporção de uso (%), Tox.= toxicidade; e GUS = o valor do *Groundwater Ubiquity Score*.



Apesar da equação [2.5] não ser quantitativa, ela dá o potencial de contaminação do defensivo de uma maneira transparente, permitindo ainda que o resultado (P_c) seja cruzado com outros fatores, conforme se verá adiante.

A Figura 2.12 apresenta os valores de P_c , calculado pela equação [2.5] para os diferentes herbicidas mais usados na cana de açúcar na região de Ribeirão Preto, considerando-se a proporção dos volumes aplicados.

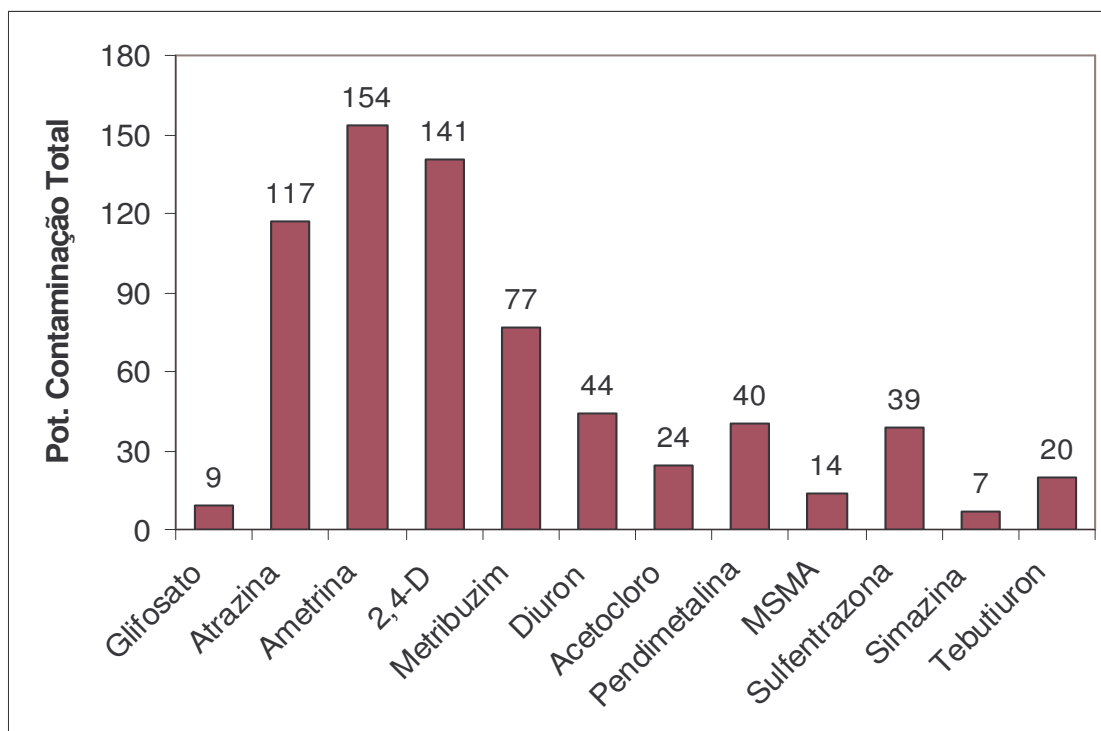


Figura 2.12. Valores do potencial de contaminação total de aquíferos (P_{ci}) dos herbicidas usados nas lavouras de cana de açúcar na região de Ribeirão Preto, considerando-se os volumes totais aplicados.

Da Figura 2.12 conclui-se que os herbicidas com maior potencial total (considerando a proporção dos volumes aplicados) de contaminação de aquíferos são a ametrina, seguida do 2,4-D, e da atrazina. Os herbicidas com menor potencial de contaminação são, por sua vez, a simazina, o glifosato, e o MSMA.

Se considerados em termos de sua dosagem individual (kg/ha), e não dos volumes totais aplicados nas lavouras de cana, obtém-se o potencial de contaminação individual do herbicida, conforme mostra a Figura 2.13 abaixo.

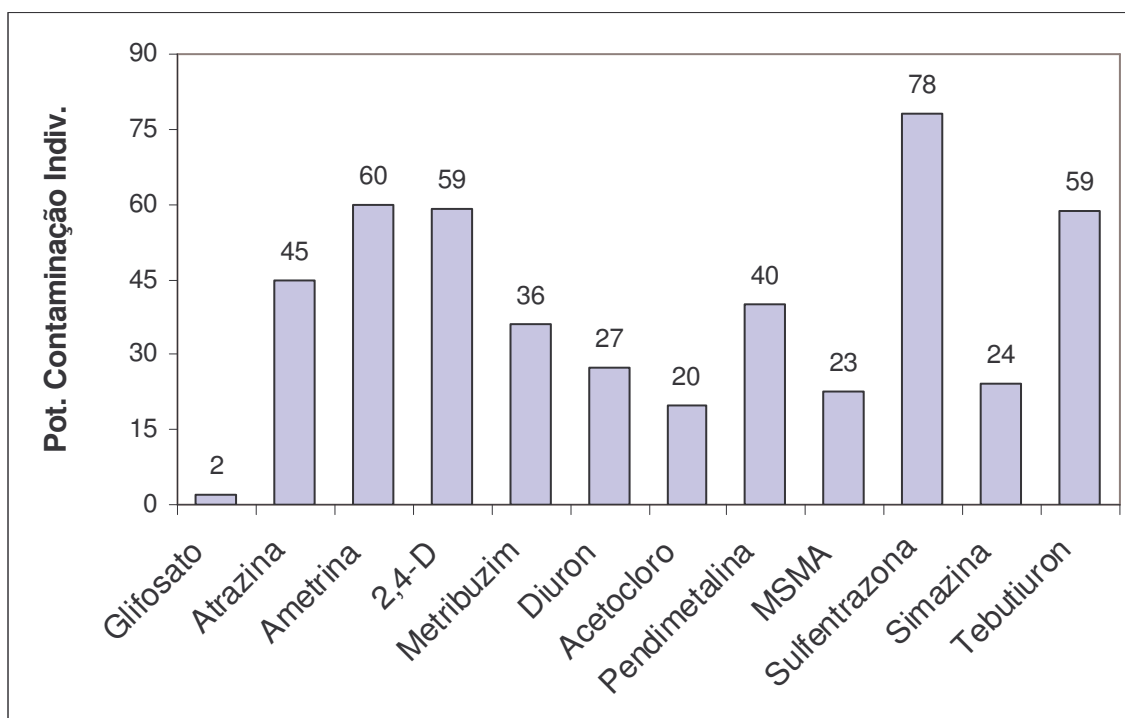


Figura 2.13. Valores do potencial de contaminação individual de aquíferos dos herbicidas usados nas lavouras de cana de açúcar na região de Ribeirão Preto, considerando-se as dosagens aplicadas.

Assim, considerando-se apenas as dosagens individuais (e não a proporção dos volumes aplicados), os herbicidas com os maiores potenciais de contaminação de aquíferos são a sulfentrazone, a ametrina, o 2,4-D, e o tebutiuron.

Em termos de planejamento em nível de propriedade agrícola, os resultados da Figura 2.13 acima são mais úteis, pois eles indicam quais os herbicidas que apresentam os maiores potenciais de contaminação local.

Já em nível regional, como é o caso da área do Projeto Piloto, a Figura 2.12 dá o potencial de contaminação global dos aquíferos. Assim, ambos os resultados (Figuras 2.12 e 2.13) são importantes para efeitos do controle da contaminação dos aquíferos.

Se somarmos agora os potenciais de contaminação total de cada um dos herbicidas da Figura 2.12, obteremos o potencial global de contaminação (P_{cg}) de aquíferos de uma certa propriedade, município ou região:

$$P_{cg} = (\sum P_{ci}) / 1000 \quad [2.6]$$

Onde P_{ci} é o potencial de contaminação total de cada herbicida.



De forma a classificar o potencial de contaminação de aquíferos por pesticidas, usou-se a Tabela 2.6 abaixo.

Tabela 2.6. Classificação do Potencial de Contaminação das Áreas de Recarga Rurais

Pc_g	Potencial à Contaminação	Nível
$< 0,5$	Baixo	1
$0,5 - 0,80$	Médio	2
$> 0,80$	Alto	3

Aplicando-se a equação [2.6] aos valores individuais da Figura 2.12, obtém-se o valor global de $Pc_g = 0,68$ para as lavouras de cana de açúcar da região do Projeto Piloto Ribeirão Preto, cujo potencial à contaminação é enquadrado como médio, segundo a classificação da Tabela 2.6.

- Risco à Contaminação de Áreas de Recarga Rurais

Cruzando-se no SIG as áreas de vulnerabilidade à contaminação (Figura 2.1), com o potencial de contaminação (Figura 2.5), obtém-se o risco de contaminação de aquíferos na área rural. Para tanto, foram propostas 3 classes de risco de contaminação (R), de acordo com o produto dos níveis das Tabelas 2.2 e 2.3, obtido através da equação 2.2. Essas classes são apresentadas na Tabela 2.7.

Tabela 2.7. Classes de risco à contaminação (R) por herbicidas, em função do produto de V e Pc .

Pot. Cont. (P_c)	Vulnerabilidade (V)		
	Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)
Baixo (1)	Baixo (1)	Baixo (2)	Médio (3)
Médio (2)	Baixo (2)	Médio (4)	Alto (6)
Alto (3)	Médio (3)	Alto (6)	Alto (9)

As Figuras 2.14 e 2.15 mostram o risco de contaminação das áreas de recarga rurais por herbicidas, de toda a zona do Projeto Piloto e do município de Ribeirão Preto, respectivamente.

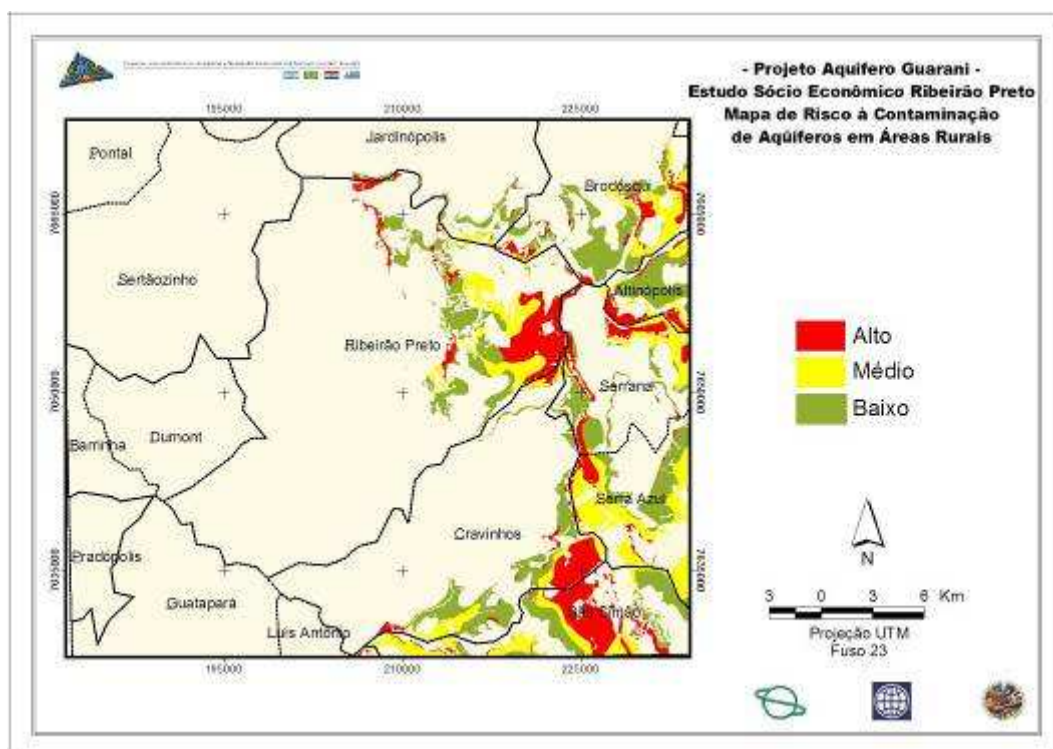


Figura 2.14. Risco de contaminação das áreas de recarga da zona rural por defensivos agrícolas (herbicidas), na área do Projeto Piloto.

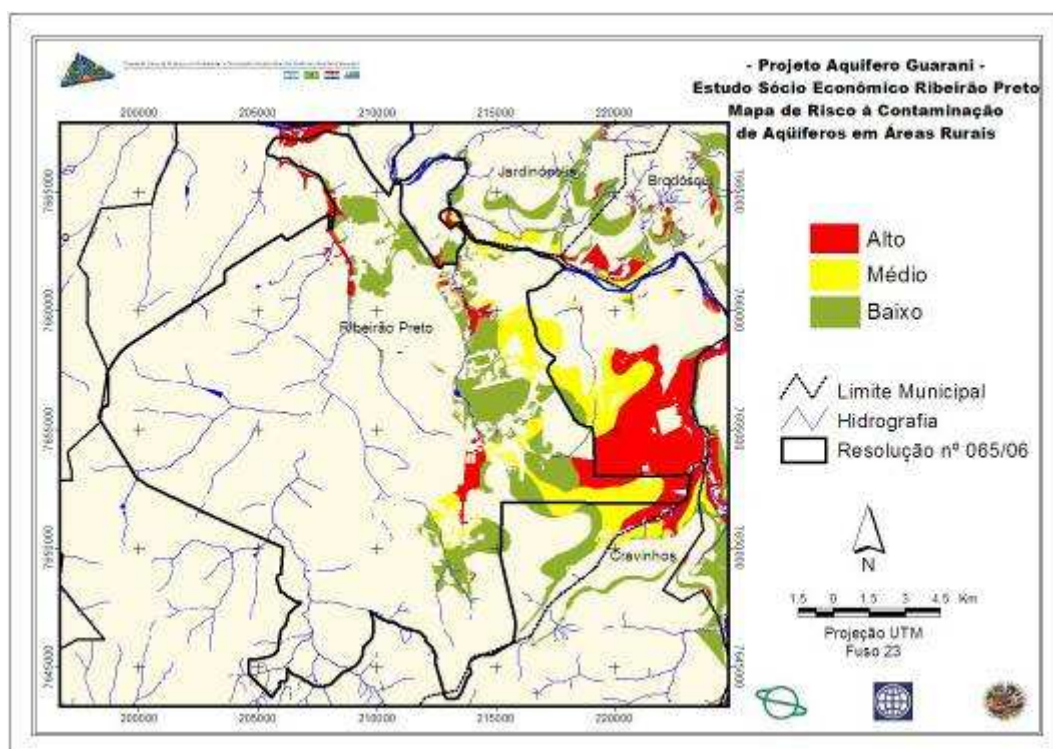


Figura 2.15. Risco de contaminação das áreas de recarga da zona rural por defensivos agrícolas (herbicidas), na área do município de Ribeirão Preto.



Semelhantemente ao mapa da vulnerabilidade à contaminação das áreas de recarga (Figuras 2.1 e 2.2), os mapas de risco à contaminação de aquíferos por defensivos agrícolas, calculado pela equação 2.2, indicam que as áreas de risco estão concentradas a leste da janela do Projeto Piloto, e a leste do município de Ribeirão Preto, o mais importante da região.

As Figuras 2.16 e 2.17 listam as áreas absolutas e relativas do Projeto Piloto e do município de Ribeirão Preto com alto, médio e baixo risco à contaminação por defensivos agrícolas (herbicidas).

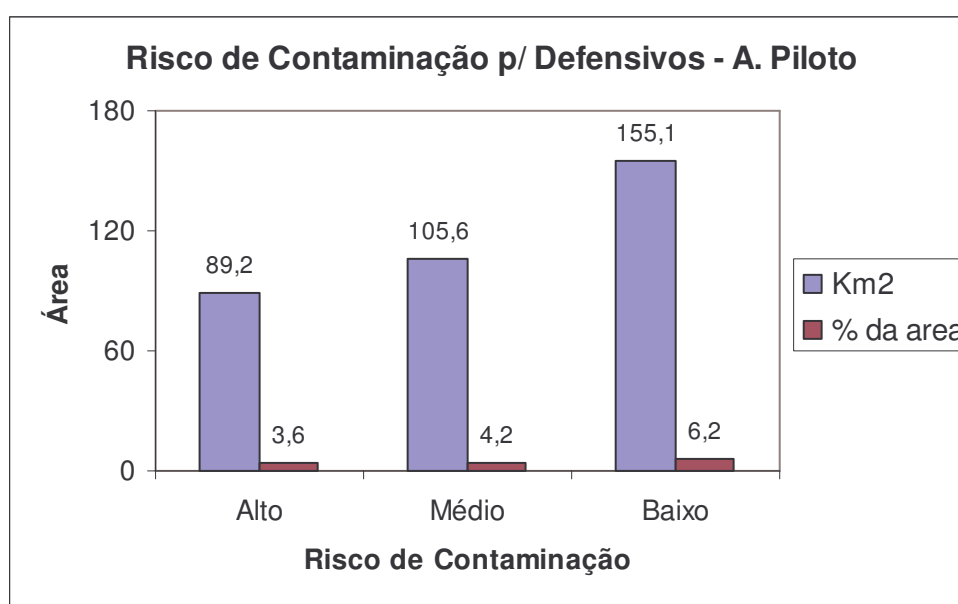


Figura 2.16. Áreas com alto, médio e baixo risco de contaminação por defensivos agrícolas na região do Projeto Piloto.

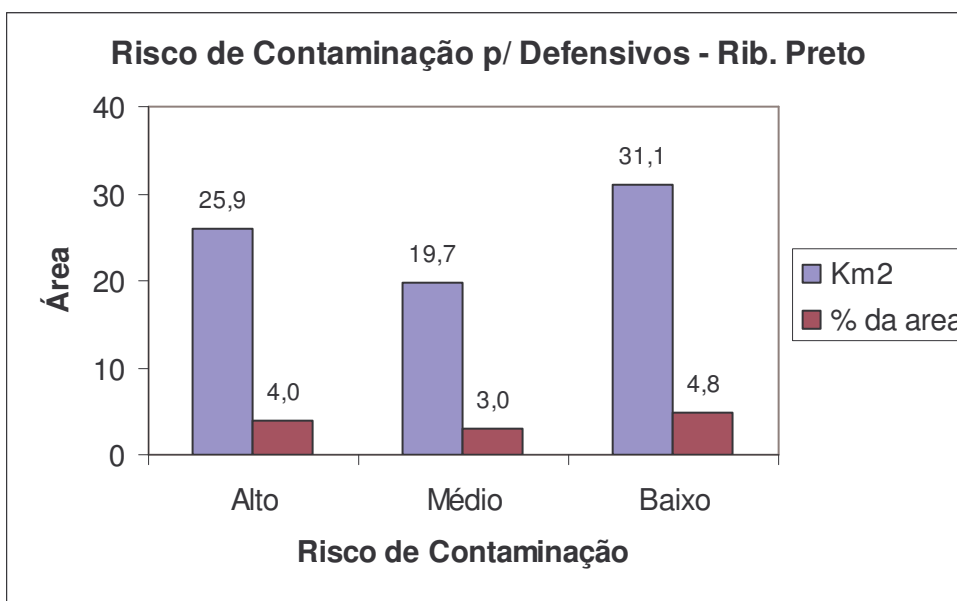


Figura 2.17. Áreas com alto, médio e baixo risco de contaminação por defensivos agrícolas no município de Ribeirão Preto.

De acordo com as Figuras 2.16 e 2.17, as áreas de alto risco de contaminação por defensivos agrícolas na região do Projeto Piloto e no município de Ribeirão Preto correspondem a 89,2 km² e 25,9 km², respectivamente, representando 3,6% e 4,0% da área total da região do Projeto Piloto.

Essas áreas deve ser objeto de ações prioritárias de proteção, uma vez que são as mais de maior risco potencial de contaminação dos aquíferos superficiais, as quais serão discutidas em Capítulo específico adiante.

No caso das áreas de médio risco de contaminação por defensivos, elas representam 105,6 km² (30,2% da área de risco) na zona do Projeto Piloto, e 19,7 km² (25,7% da área de risco) no município de Ribeirão Preto, o maior da região. A Tabela 2.8 abaixo lista as áreas de risco de contaminação de aquíferos por defensivos agrícolas em cada um dos municípios do Projeto Piloto Ribeirão Preto.



Tabela 2.8. Áreas de risco de contaminação por defensivos, em cada município do Projeto Piloto R. Preto*.

Município	Áreas de Risco de Contaminação (km ²)			Áreas de Risco de Contamin. (% Munic.)		
	Alta	Média	Baixa	Alta	Média	Baixa
Altinópolis	5,4	4,3	14,3	14,1	11,2	37,2
Brodósqui	8,4	13,4	25,8	4,4	7,0	13,6
Cravinhos	14,7	9,1	26,6	4,7	2,9	8,5
Jardinópolis	0,7	1,1	5,9	0,3	0,5	2,7
Luiz Antônio	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6	0,1
Ribeirão Preto	25,9	19,7	31,1	4,0	3,0	4,8
Serra Azul	4,7	29,3	17,4	4,2	26,4	15,8
Serrana	9,6	9,7	15,4	27,7	28,0	44,4
São Simão	19,8	18,6	18,6	17,4	16,3	16,3
Área Piloto	89,2	105,6	155,1	3,6	4,2	6,2

* Municípios que apresentam, ao mesmo tempo, áreas de recarga e lavouras de cana.

De acordo com a Tabela 2.8, o município com maior área de alto risco de contaminação, em termos absolutos, é Ribeirão Preto (25,9 km² ou 2.590 ha), seguido de São Simão e Cravinhos. Estes são os municípios onde devem ser priorizadas ações de proteção e manejo, sob pena de haver contaminação dos aquíferos superficiais.

Em termos relativos, o município com maior percentual de área com alto risco de contaminação por defensivos é Serrana, com 27,7%, seguido de São Simão, com 17,4% de áreas com alto risco.

2.2.2. Risco de Contaminação de Aquíferos por Fontes Pontuais na Área do Projeto Piloto

Dentre as principais fontes de poluição pontuais previamente identificadas no Projeto Piloto Ribeirão Preto, estão barragens de rejeitos de mineração, aterros sanitários (lixões), infra-estruturas de petróleo/combustíveis, barragens de efluentes domésticos e industriais, postos de transformadores elétricos, etc.



A Figura 2.18 abaixo apresenta o conjunto de fontes de poluição pontuais da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto. Nem todos esses pontos apresentam, entretanto, risco de contaminação, mas apenas aqueles situados sobre áreas de recarga de aquíferos (área em rosa).

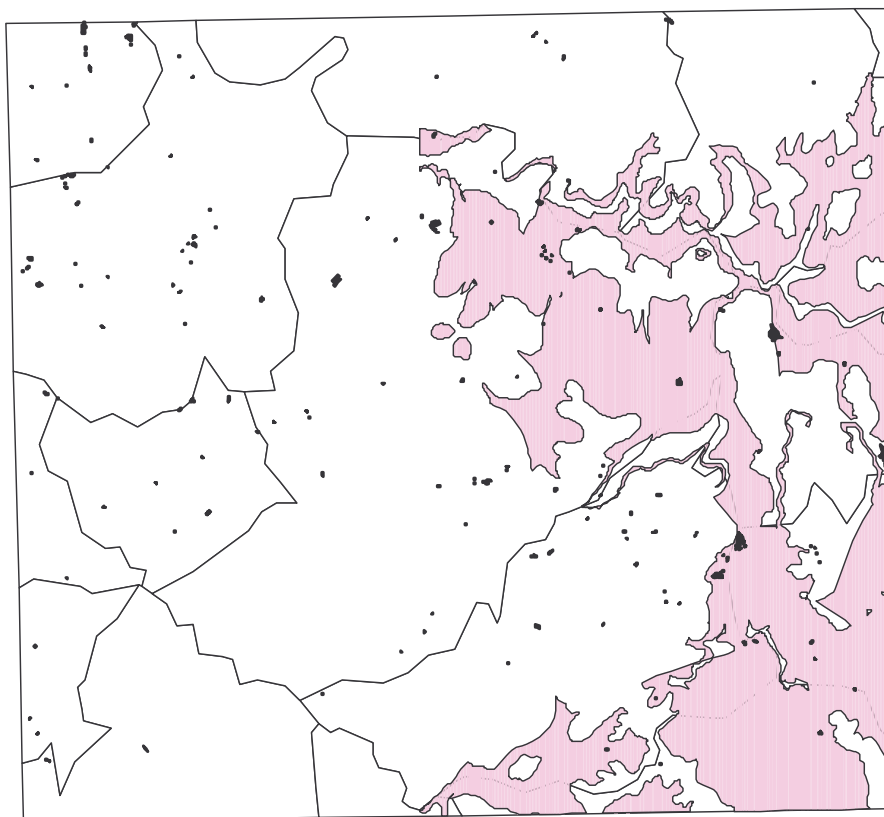


Figura 2.18. Principais fontes potenciais de contaminação pontual na área do Projeto Piloto, e a área de recarga do aquífero Guaraní (mostrada em rosa).

Semelhantemente à estimativa do risco de contaminação difusa em áreas rurais, o risco de contaminação de fontes pontuais (R), como as supra mencionadas, dependem do seu potencial de contaminação (P_c) e da vulnerabilidade da área de recarga (V) onde eles estão localizados, ou seja:

$$R = P_c \times V \quad [2.7]$$

A estimativa do potencial e do risco de contaminação das fontes pontuais é apresentada nos itens a seguir.



- Potencial de Contaminação de Fontes Pontuais

Considerando que o potencial de contaminação (P_c) de fontes pontuais depende da carga de contaminação, e que esta é função do volume (Vol.) e da toxicidade da fonte (Tox.), propõe-se que P_c seja é dado pela seguinte equação:

$$P_c = \text{Vol.} \times \text{Tox.} \quad [2.8]$$

Uma possível classificação do potencial de contaminação de aquíferos das fontes pontuais da área do Projeto Piloto, seguindo o raciocínio da equação [2.8], é apresentada na Tabela 2.9 abaixo, incluindo o nível e a escala de P_c .

Tabela 2.9. Classes de potencial de contaminação, em função da eq. [2.8]

P_c	Nível	Escala
1-2	Baixo	1
3-4	Médio	2
6-9	Alto	3

A Tabela 2.10 abaixo apresenta a classificação do potencial de contaminação dos principais tipos de fontes pontuais na área do Projeto Piloto, de acordo com a pontuação da Tabela 2.9, e usando uma classificação semelhante para o volume e toxicidade, onde os valores 1, 2 e 3 correspondem aos níveis baixo, médio e alto, respectivamente.



Tabela 2.10. Potencial de contaminação das principais fontes pontuais da área do Projeto Piloto.

Fonte Pontual	Volume ou Área	Toxicidade	Potencial de Contam. (P_c)
Aterro Sanitário	Médio (2)	Alta (3)	Alto (6)
Barragem Rejeitos	Grande (3)	Médio (2)	Alto (6)
Barragem Efluentes	Médio (2)	Grande (3)	Alto (6)
Infraestr. Petróleo	Pequeno (1)	Grande (3)	Médio (3)
Tanques	Pequeno (1)	Médio (2)	Baixo (1)
Postos Transformad.	Pequeno (1)	Grande (3)	Médio (3)

Assim, de acordo com a metodologia adotada, as fontes pontuais de maior potencial de contaminação ($P_c=6$) são os aterros sanitários e as barragens de efluentes e de rejeitos. As com menor potencial são os tanques de produtos químicos ($P_c=1$), e as restantes apresentam um valor intermediário de potencial de contaminação.

- Risco de Contaminação de Fontes Pontuais na área do Projeto Piloto

Conforme descrito anteriormente, o risco de contaminação por fontes pontuais é o produto do potencial de contaminação e da vulnerabilidade (equação 2.7). A Tabela 2.11 apresenta as classes de risco de contaminação por fontes pontuais, em função do produto 2.7.

Tabela 2.11. Classes de risco de contaminação (R) por fontes pontuais, em função do produto da eq. [2.7]

Pot. Cont. P_c	Vulnerab. (V)		
	Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)
Baixo (1)	Baixo (1)	Baixo (2)	Médio (3)
Médio (2)	Baixo (2)	Médio (4)	Alto (6)
Alto (3)	Médio (3)	Alto (6)	Alto (9)

Assim, de acordo com a Tabela 2.11, em função da vulnerabilidade da área de recarga, uma mesma fonte de contaminação pontual pode apresentar um risco de contaminação alto, médio ou baixo, e vice-versa.

O risco de contaminação das diferentes fontes pontuais (R) na área do Projeto Piloto, com as respectivas áreas totais e o município onde ocorrem, é apresentado na Tabela 2.12 abaixo.



Tabela 2.12. Áreas e municípios com riscos de contaminação por fontes pontuais na área do Projeto Piloto.

Fonte de Contaminação	Risco de Contamin.	Área (m ²)	Municípios de Ocorrência
Barragem de Rejeitos	Alto	351.752	Cravinhos, Jardinópolis, Ribeirão Preto, São Simão, Serra Azul, Serrana
	Médio	106.725	Brodósqui, Cravinhos, Jardinópolis, Ribeirão Preto, São Simão, Serra Azul, Serrana
	Baixo	124.438	Cravinhos, Jardinópolis, Ribeirão Preto, São Simão, Serra Azul, Serrana
Infra-estrutura de petróleo e gás	Alto	28.730	Serrana
	Baixo	50.769	Serrana
Posto de Transformador	Alto	71.769	Ribeirão Preto
	Baixo	12.814	Ribeirão Preto
Tanque	Alto	451	Serrana
	Médio	158	Ribeirão Preto
	Baixo	8.712	Serrana

De todas as fontes de contaminação pontual, aquelas de maior risco global de contaminação (altos valores de R e maiores áreas de influência), são as barragens de rejeitos de mineração. Com uma área total de 351.752 m², muitas dessas barragens apresentam um alto risco de contaminação para os aquíferos. Elas se localizam nos municípios de Cravinhos, Jardinópolis, Ribeirão Preto, São Simão, Serra Azul, e Serrana.

Outras fontes potenciais com alto risco de contaminação na área do Projeto Piloto são postos de transformadores e infra-estrutura de petróleo e tanques, localizados nos municípios de Serrana e Ribeirão Preto.

Na Tabela 2.12 não constam algumas das fontes de contaminação listadas na Tabela 2.10, pois elas não estavam sobre as áreas de recarga. Exemplos dessas são os aterros sanitários e barragens de efluentes domésticos e industriais, situados em áreas urbanas.



Este fato decorreu em função de que o mapa de solos da área piloto, usado como base para o mapa de vulnerabilidade a contaminação das áreas de recarga, não apresentava informações nas áreas urbanas das cidades, exatamente onde estão os aterros sanitários e barragens de efluentes. Portanto, mesmo que o seu risco à contaminação não esteja identificado na Tabela 2.12, eles podem, de fato, existir.

2.2.3. Risco de Contaminação de Aquíferos por Cidades na Área do Projeto Piloto

Áreas urbanas apresentam risco de contaminação de aquíferos em função de vários fatores, tais como vazamentos de tubulações de esgotos, lançamentos ilegais de efluentes, depósitos de lixo, águas pluviais contaminadas por óleos, graxas, metais pesados etc.

A Figura 2.19 abaixo apresenta o cruzamento das zonas urbanas da área do Projeto Piloto com a área de recarga do aquífero Guaraní.

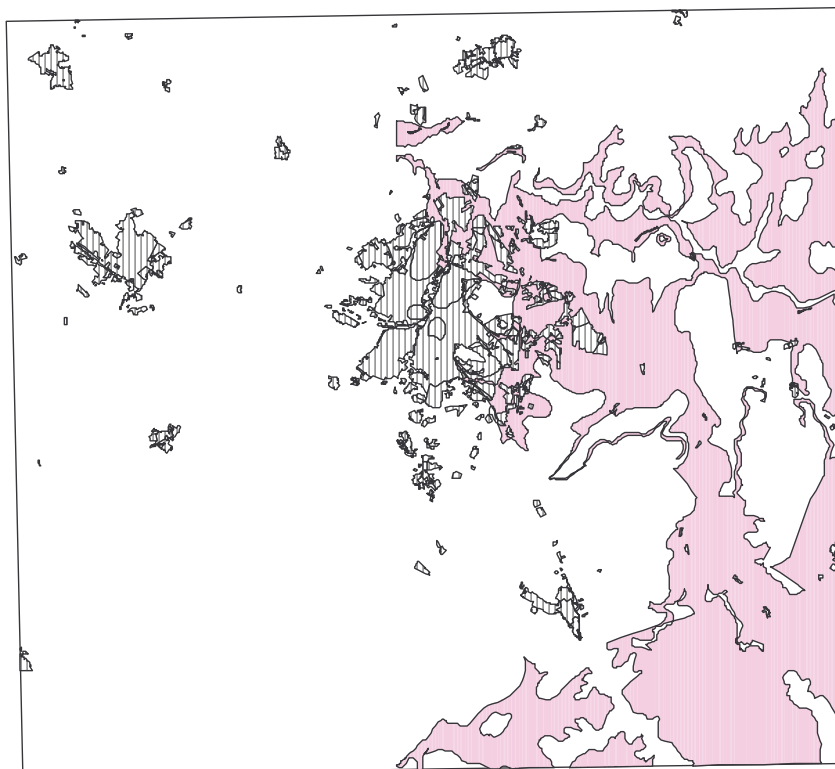


Figura 2.19. Cruzamento das áreas urbanas com as áreas de recarga do aquífero Guaraní.

Conforme mostra a Figura 2.19, a cidade de Ribeirão Preto é a que mais se sobrepõe às áreas de recarga dos aquíferos, principalmente a sua zona leste.



Outras cidades, como Cravinhos, Sertãozinho e Jardinópolis estão fora das zonas de recarga.

Supõe-se neste Estudo que o potencial de contaminação das áreas residenciais é médio (2), e o das áreas industriais é alto (3), em função dos tipos de resíduos sólidos e líquidos de cada uma. Cruzando-se esses potenciais com as vulnerabilidades das áreas de recarga, obtém-se o risco de contaminação de aquíferos, conforme a equação 2.7, e a classificação da Tabela 2.13.

Tabela 2.13. Classes de risco de contaminação (R) de áreas urbanas, em função do produto da eq. [2.6]

Pot. Cont. (P _c)	Vulnerab. (V)		
	Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)
Médio (2)	Baixo (2)	Médio (4)	Alto (6)
Alto (3)	Médio (3)	Alto (6)	Alto (9)

O risco de contaminação das zonas urbanas (residenciais e industriais) do Projeto Piloto e da cidade de Ribeirão Preto, juntamente com suas respectivas áreas, é apresentado nas Figuras 2.20 e 2.21, respectivamente.

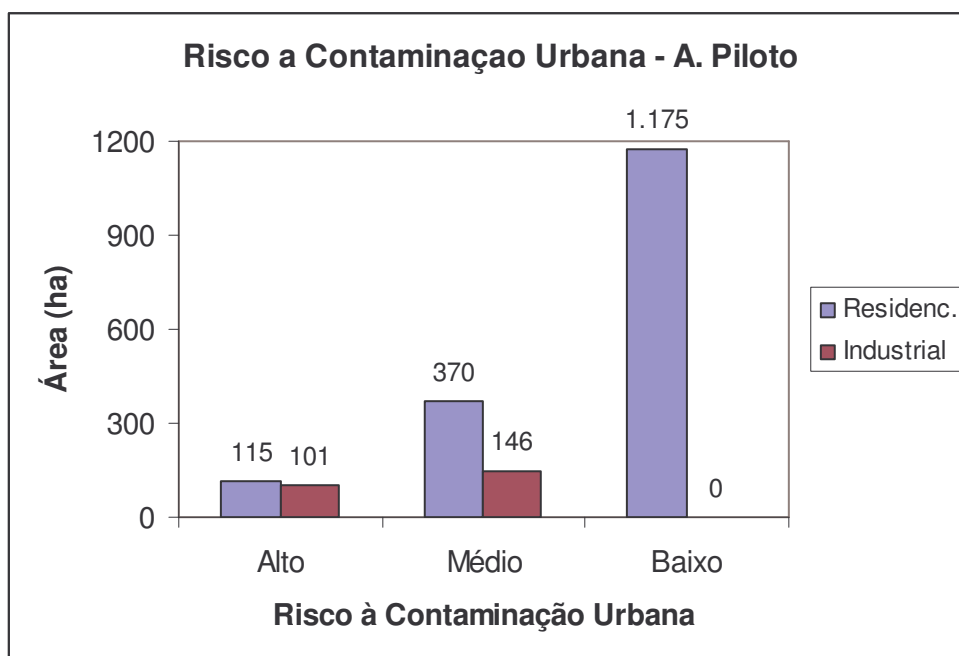


Figura 2.20. Risco a contaminação de aquíferos pelas zonas urbanas (residencial e industrial) do Projeto Piloto

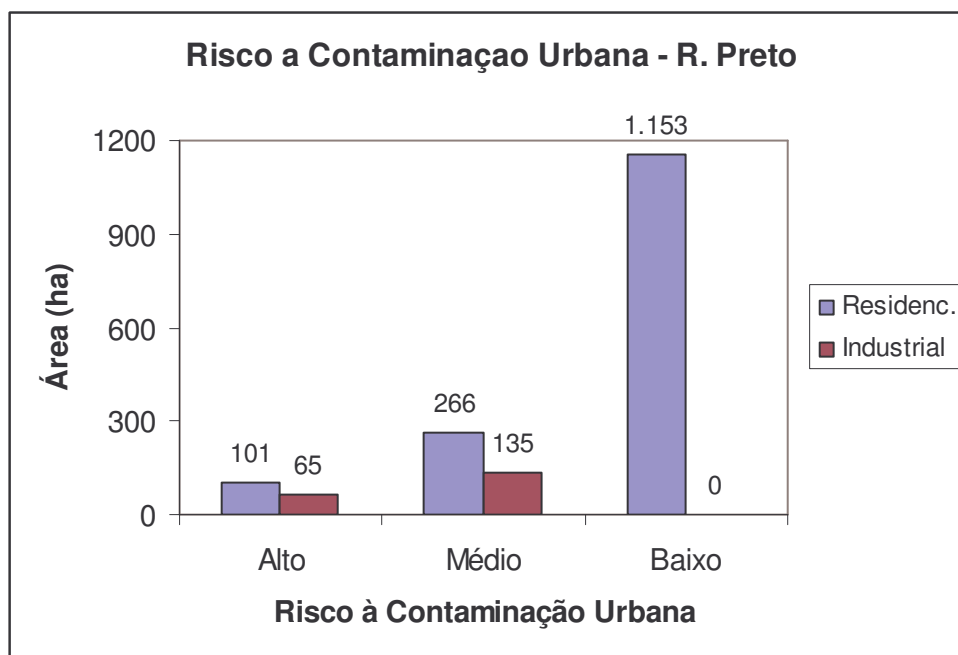


Figura 2.21. Risco a contaminação de aquíferos pela zona urbana (residencial e industrial) da cidade de Ribeirão Preto.

Como se observa da Figura 2.20, 433 hectares de zonas industriais apresentam um alto risco de contaminação de aquífero na área do Projeto Piloto. Para zonas residenciais, essa área é de 115 hectares.

Conforme mostra a Figura 2.22, as áreas de alto risco a contaminação de aquíferos estão situadas na região leste da cidade de Ribeirão Preto, sendo que 101 hectares são relativos a áreas residenciais e 65 hectares de áreas industriais. Essas áreas deverão ser objeto de um monitoramento cuidadoso e de medidas de proteção. Este tema será tratado em um capítulo específico mais adiante.



Figura 2.22. Áreas de alto risco de contaminação de aquíferos (em amarelo) por áreas residenciais e urbanas na cidade de Ribeirão Preto (em cinza claro).

2.2.4. Risco de Contaminação de Aquíferos por Estradas na Área do Projeto Piloto

As rodovias e ferrovias que cortam a área do Projeto Piloto são fontes potenciais de contaminação para o do aquífero Guaraní, particularmente aquelas que cruzam sua área de recarga (Figura 2.23). Esse risco advém do derramamento accidental de produtos tóxicos tais como óleos, graxas, combustíveis, produtos químicos, e pesticidas nas vias que cortam as áreas de recarga. Além disso, as águas pluviais que escoam sobre essas vias tem o potencial de levar os resíduos desses materiais para os solos das áreas vizinhas, podendo gerar a contaminação das áreas de recarga.

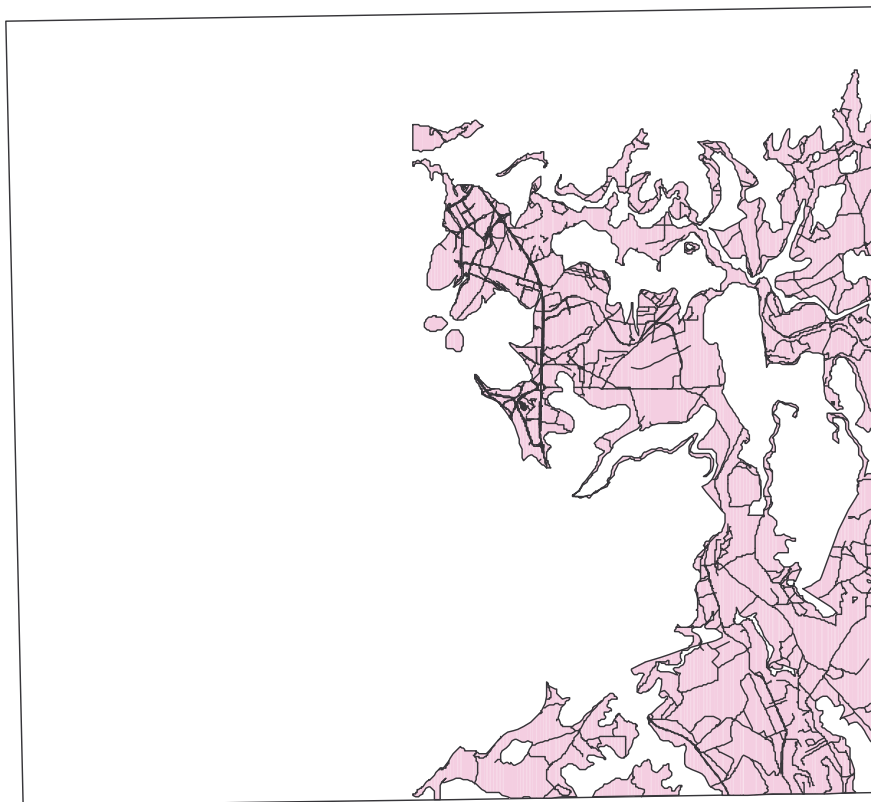


Figura 2.23. Estradas que cortam a área de recarga do aquífero Guaraní na área do Projeto Piloto.

As estradas e ferrovias que cortam a Figura 2.23 apresentam diferentes potenciais de contaminação de aquíferos, em função do volume de tráfego e do potencial contaminante das cargas transportadas. Dessa forma, propõe-se que o potencial de contaminação das estradas e ferrovias seja proporcional ao produto do volume de carga transportado (Vol.) e a toxicidade da carga (Tox.), ou seja:

$$P_c = \text{Vol.} \times \text{Tox.} \quad [2.9]$$

Em função da equação [2.9], o potencial de contaminação das vias de transporte é classificado conforme a Tabela 2.14 abaixo:



Tabela 2.14. Potencial de contaminação das principais vias de comunicação da área do Projeto Piloto em função do volume e toxicidade da carga.

Tipo de Estrada	Volume de tráfego	Toxicidade da carga	Potencial de Contam. (P_c)
Estrada não-pavimentada	Baixo (1)	Baixa (1)	Baixo (1)
Estrada Pavimentada	Alto (3)	Alto (3)	Alto (9)
Ferrovia	Médio (2)	Média (2)	Média (4)

Cruzando-se o potencial de contaminação (P_c) de cada uma das vias de comunicação (Tabela acima) que estão situadas sobre a zona de recarga do Guaraní com a sua vulnerabilidade (V), obtém-se o risco de contaminação (R) de aquíferos das vias de comunicação da área do Projeto Piloto, ou seja:

$$R = P_c \times V \quad [2.10]$$

A Tabela 2.15 apresenta a classificação do risco de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos dos diferentes tipos de vias de comunicação terrestre da área do Projeto Piloto R. Preto, em função da equação [2.10].

Tabela 2.15. Classes de risco de contaminação (R) das vias de transporte, em função do produto da eq. [2.8]

Pot. Cont. (P_c)	Vulnerab. (V)		
	Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)
Baixo (1)	Baixo (1)	Baixo (2)	Médio (3)
Médio (2)	Baixo (2)	Médio (4)	Alto (6)
Alto (3)	Médio (3)	Alto (6)	Alto (9)

Na Figura 2.24, são apresentadas as extensões das diferentes vias de transporte que cruzam a área de recarga da área do Projeto Piloto, e seus respectivos riscos de contaminação de aquíferos.

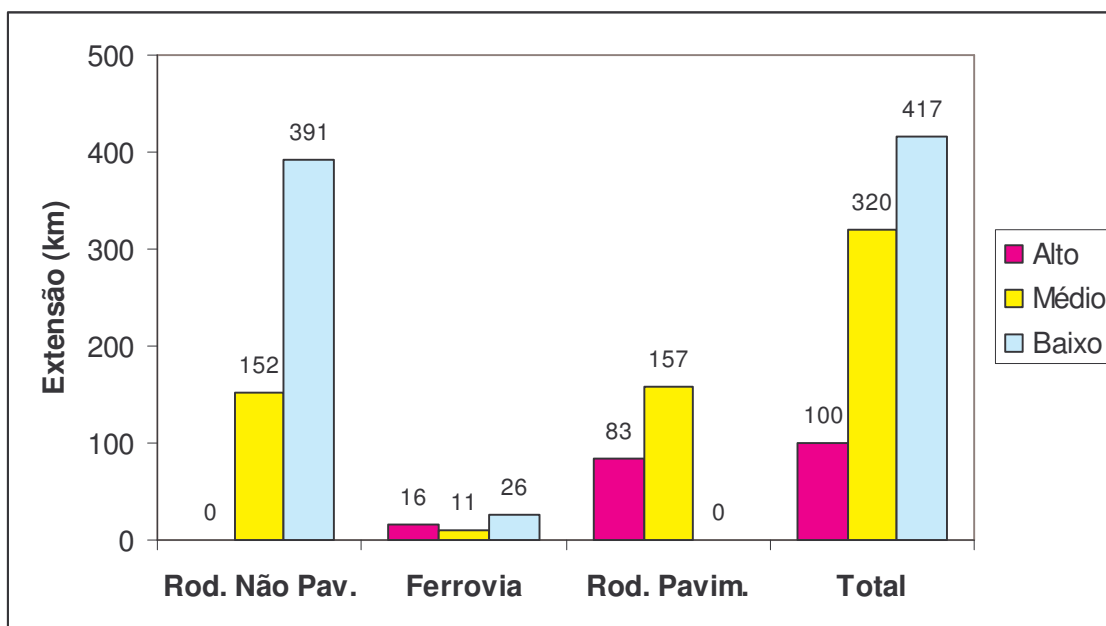


Figura 2.24. Extensão das vias de transporte e seus respectivos riscos de contaminação de aquíferos, na área do Projeto Piloto.

De acordo com a Figura 2.24 acima, há 100 km de vias com alto risco de contaminação de aquíferos, 320 km com médio risco, e 417 km com baixo risco. As vias com alto risco de contaminação de aquíferos são formadas pelas rodovias pavimentadas (83 km) e ferrovias (16 km).

A Figura 2.25 abaixo apresenta rodovias da área do Projeto Piloto com alto risco de contaminação de aquíferos.

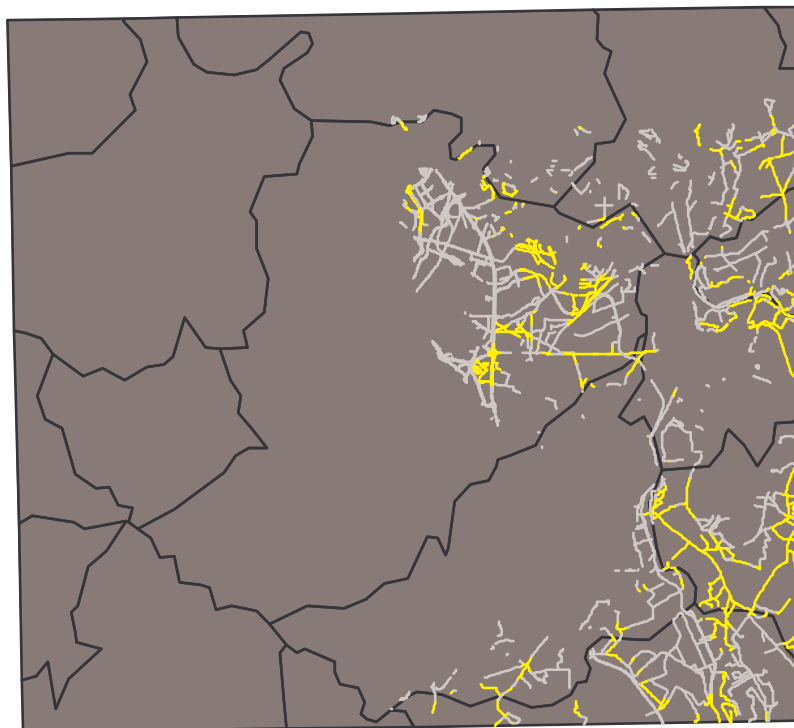


Figura 2.25. Rodovias pavimentadas com alto risco de contaminação de aquíferos (em amarelo) na área do Projeto Piloto, classificadas de acordo com a Tabela 2.15.

Os trechos identificados em amarelo na Figura 2.25 devem ser monitorados, de forma a se conhecer o real impacto do transporte de cargas e dos efluentes gerados nas rodovias sobre a área de recarga do aquífero Guaraní. Além disso, medidas de contingência devem ser definidas para minimizar eventuais acidentes e contaminações. Essas medidas serão objeto de um capítulo específico, mais adiante.



3. LEVANTAMENTO DOS INSTRUMENTOS LEGAIS, ADMINISTRATIVOS E ECONÔMICOS EXISTENTES NA ÁREA DO PROJETO PARA A CONSERVAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

Nesse Item, são apresentados os principais instrumentos legais, administrativos e econômicos atualmente existentes na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, que podem permitir a conservação da quantidade e qualidade da água subterrânea. Dentre esses, estão Leis, Resoluções, Zoneamentos em nível federal, estadual e municipal, que são apresentados e discutidos a seguir.

3.1. Leis e Resoluções Nacionais, Estaduais e Municipais

Dentre as principais Leis que regem a gestão dos recursos hídricos na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, estão as Constituições Federal e do Estado de São Paulo, a Lei No. 9.433/97 (Política Nacional de Recursos Hídricos), a Lei Estadual de Recursos Hídricos (No. 7.663/91), a Lei de Crimes Ambientais, bem como suas regulamentações. A Tabela 3.1 abaixo lista esses dispositivos legais, bem como seus principais aspectos relativos a conservação das águas subterrâneas.

Tabela 3.1. Instrumentos Legais relativos a Gestão de Águas Subterrâneas

Âmbito	Instrumento	Aspectos relativos à Gestão de Águas Subterrâneas
Federal	Constituição Brasileira	Art. 26. Incluem-se entre os bens dos Estados: I- as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União;
Federal	Lei 9.433/97 – Política Nacional de Recursos Hídricos	Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos: I - a água é um bem de domínio público; II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos: I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos: I - os Planos de Recursos Hídricos; II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;



		<p>IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos; V - a compensação a municípios; VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.</p> <p>Art. 12. Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:</p> <p>I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;</p> <p>Art. 19. A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:</p> <p>I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; II - incentivar a racionalização do uso da água; III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.</p> <p>Art. 20. Serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos a outorga, nos termos do art. 12 desta Lei.</p> <p>Art. 21. Na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros:</p> <p>I - nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação; II - nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.</p> <p>Art. 22. Os valores arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos serão aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica em que foram gerados e serão utilizados:</p> <p>I - no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos nos Planos de Recursos Hídricos.</p>
Federal	Lei de Crimes Ambientais No. 9.605/98	<p>Art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos a saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora:</p> <p>Pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa.</p> <p>§ 1. Se o crime é culposo:</p> <p>Pena - detenção, de seis meses a um ano, e multa.</p> <p>§ 2. Se o crime for:</p> <p>III - causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade.</p>
Federal	Norma Brasileira NBR-13.895	<p>Procedimento para distribuição de poços de observação em áreas de disposição de rejeitos líquidos e sólidos.</p>
Estadual	Constituição do Estado de São Paulo	<p>Art. 205 - O Estado instituirá, por lei, sistema integrado de gerenciamento dos recursos hídricos, congregando órgãos estaduais e municipais e a sociedade civil, e assegurará meios financeiros e institucionais para:</p> <p>I - a utilização racional das águas superficiais e subterrâneas e sua prioridade para abastecimento às populações; V - a celebração de convênios com os Municípios, para a gestão, por estes, das águas de interesse exclusivamente local; VI - a gestão descentralizada, participativa e integrada em relação aos demais recursos naturais e às peculiaridades da respectiva bacia</p>



		<p>hidrográfica.</p> <p>Art. 206 - As águas subterrâneas, reservas estratégicas para o desenvolvimento econômico-social e valiosas para o suprimento de água às populações, deverão ter programa permanente de conservação e proteção contra poluição e super-exploração, com diretrizes em lei.</p> <p>Art. 210 - Para proteger e conservar as águas e prevenir seus efeitos adversos, o Estado incentivará a adoção, pelos Municípios, de medidas no sentido:</p> <p>I - da instituição de áreas de preservação das águas utilizáveis para abastecimento às populações e da</p> <p>implantação, conservação e recuperação de matas ciliares;</p> <p>V - da instituição de programas permanentes de racionalização do uso das águas destinadas ao abastecimento público e industrial e à irrigação, assim como de combate às inundações e à erosão.</p> <p>Art. 211 - Para garantir as ações previstas no artigo 205, a utilização dos recursos hídricos será cobrada segundo as peculiaridades de cada bacia hidrográfica, na forma da lei, e o produto aplicado nos serviços e obras referidos no inciso I, do parágrafo único, deste artigo.</p>
Estadual	Lei No. 12.183/05 – Lei Paulista de Cobrança de Recursos Hídricos	<p>Artigo 1º - A cobrança pela utilização dos recursos hídricos objetiva:</p> <p>I – reconhecer a água como bem público de valor econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;</p> <p>II - incentivar o uso racional e sustentável da água;</p> <p>III - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos e saneamento, vedada sua transferência para custeio de quaisquer serviços de infra-estrutura;</p> <p>IV – distribuir o custo sócio-ambiental pelo uso degradador e indiscriminado da água;</p> <p>V – utilizar a cobrança da água como instrumento de planejamento, gestão integrada e descentralizada do uso da água e seus conflitos.</p> <p>Artigo 2º - A cobrança pela utilização dos recursos hídricos será vinculada à implementação de programas, projetos, serviços e obras, de interesse público, da iniciativa pública ou privada, definidos nos Planos de Recursos Hídricos, aprovados previamente pelos respectivos Comitês de Bacia e pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos.</p> <p>§ 1º - O produto da cobrança estará vinculado às bacias hidrográficas em que for arrecadado, e será aplicado em financiamentos, empréstimos, ou a fundo perdido, em conformidade com o aprovado pelo respectivo Comitê de Bacia, tendo como agente financeiro instituição de crédito designada pela Junta de Coordenação Financeira, da Secretaria da Fazenda do Estado de São Paulo, nas condições a serem definidas em regulamento.</p> <p>Artigo 3º - A implantação da cobrança prevista nesta lei será feita com a participação dos Comitês de Bacia, de forma gradativa e com a organização de um cadastro específico de usuários de recursos hídricos.</p> <p>Artigo 5º - Estão sujeitos à cobrança todos aqueles que utilizam os recursos hídricos.</p> <p>Artigo 6º - A fixação dos valores para a cobrança pela utilização dos recursos hídricos obedecerá aos seguintes procedimentos:</p> <p>I - estabelecimento dos limites e condicionantes pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos;</p>



		<p>II – proposta, pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, dos programas quadrienais a serem efetivamente realizados, das parcelas dos investimentos a serem cobertos com o produto da cobrança, e dos valores a serem cobrados na Bacia;</p> <p>III - referenda, pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, das propostas dos Comitês, de programas quadrienais de investimentos e dos valores da cobrança;</p> <p>IV - aprovação e fixação dos valores a serem aplicados em cada Bacia Hidrográfica, por decreto do Governador do Estado.</p> <p>Artigo 7º - A cobrança será realizada:</p> <p>I - pela entidade responsável pela outorga de direito de uso nas Bacias Hidrográficas desprovidas de Agências de Bacias;</p> <p>II - pelas Agências de Bacias.</p> <p>Artigo 9º - A fixação dos valores a serem cobrados pela utilização dos recursos hídricos considerará:</p> <p>I – na captação, extração e derivação:</p> <p>a) a natureza do corpo d'água – superficial e subterrâneo;</p> <p>b) a classe de uso preponderante em que estiver enquadrado o corpo d'água no local do uso ou da derivação;</p> <p>c) a disponibilidade hídrica local;</p> <p>e) o volume captado, extraído ou derivado e seu regime de variação;</p> <p>g) a finalidade a que se destinam;</p> <p>i) as características dos aquíferos;</p> <p>j) as características físico-químicas e biológicas da água no local;</p> <p>k) a localização do usuário na Bacia;</p> <p>l) as práticas de conservação e manejo do solo e da água;</p> <p>§ 1º - A fixação dos valores a serem cobrados, de que trata este artigo, terá por base o volume captado, extraído, derivado e consumido, bem como a carga dos efluentes lançados nos corpos d'água.</p>
Estadual	Decreto No. 50.667/06-Regulamenta a Lei 12.183 (Cobrança de Recursos Hídricos)	<p>Artigo 5º - Estão sujeitos à cobrança todos os usuários que utilizam os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.</p> <p>§ 1º - Ficam isentos da cobrança prevista no "caput" " deste artigo:</p> <p>1. os usuários que se utilizam da água para uso doméstico de propriedades ou pequenos núcleos populacionais distribuídos no meio rural quando independer de outorga de direito de uso, conforme dispuser ato administrativo do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, nos termos dos §§ 1º e 2º do artigo 1º do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 41.258, de 31 de outubro de 1996, acrescentados pelo artigo 36 deste decreto.</p> <p>2. os usuários com extração de água subterrânea em vazão inferior a cinco metros cúbicos por dia que independem de outorga, conforme disposto no artigo 31, § 3º, do Decreto nº 32.955, de 07 de fevereiro de 1991.</p> <p>§ 2º - Serão considerados usuários finais de baixa renda, aos quais os serviços públicos de distribuição de água não repassarão a parcela relativa à cobrança pelo volume captado dos recursos hídricos, nos termos do § 2º do artigo 5º da Lei nº 12.183 de 29 de dezembro de 2005, aqueles que se enquadrarem nas seguintes condições:</p> <p>1. os classificados na categoria "tarifa social" ou equivalente, nos respectivos cadastros das concessionárias públicas ou privadas dos serviços de água e esgoto no seu município;</p> <p>2. nos municípios onde a estrutura tarifária não contemple a "tarifa social" ou equivalente, os inscritos nos cadastros institucionalmente</p>



	<p>estabelecidos dos programas sociais dos Governos Municipais, Estadual ou Federal ou que estejam cadastrados como potenciais beneficiários desses programas.</p> <p>Artigo 9º - O valor total da cobrança pela utilização dos recursos hídricos, de cada usuário, para o período de cálculo a ser definido pelo respectivo CBH, será obtido pela soma das parcelas decorrentes da multiplicação dos volumes de captação, derivação ou extração, de consumo e das cargas de poluentes lançadas no corpo hídrico, pelos respectivos Preços Unitários Finais - PUFs, conforme formulação constante do Anexo I deste decreto.</p> <p>§ 1º - Os volumes de captação, derivação ou extração a serem utilizados para o cálculo da cobrança serão:</p> <ol style="list-style-type: none">1. os constantes do ato de outorga, para os usos declarados, conforme dispõe o inciso III do artigo 7º deste decreto;2. os declarados pelo usuário, para os usos que se enquadrem nos incisos I e II do artigo 7º. <p>§ 2º - As concentrações necessárias ao cálculo das cargas mencionadas no "caput" serão:</p> <ol style="list-style-type: none">1. as constantes do processo de licenciamento e respectivo processo de controle de poluição;2. as declaradas pelo usuário em decorrência do ato convocatório previsto no artigo 7º deste decreto para as atividades não licenciáveis. <p>Artigo 10 - Os PUFs serão obtidos através da multiplicação dos Preços Unitários Básicos - PUBs por Coeficientes Ponderadores, conforme expressões constantes do Anexo deste decreto.</p> <p>§ 1º - Os PUBs, para cada bacia hidrográfica, deverão ser propostos pelos CBHs correspondentes, conforme suas especificidades e posteriormente referendados pelo CRH.</p> <p>§ 2º - O valor do PUF para captação, extração ou derivação deverá respeitar o limite máximo correspondente a 0,001078 UFESP (R\$ 14,23 em 2007) por metro cúbico de água.</p> <p>§ 3º - Os valores dos PUBs poderão ser aplicados de forma progressiva, a partir da implementação da cobrança conforme deliberação do respectivo CBHs.</p> <p>Artigo 31 - Podem habilitar-se à obtenção de recursos da cobrança, os beneficiários indicados pelos artigos 37-A e 37-B da Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, introduzidos pela Lei nº 10.843, de 5 de julho de 2001, e aqueles referidos no § 2º do artigo 2º da Lei nº 12.183, de 29 de dezembro de 2005:</p> <ol style="list-style-type: none">I - pessoas jurídicas de direito público, da administração direta e indireta do Estado e dos Municípios de São Paulo;II - concessionárias e permissionárias de serviços públicos, com atuação nos campos do saneamento, no meio ambiente ou no aproveitamento múltiplo de recursos hídricos;III - consórcios intermunicipais regularmente constituídos;IV - entidades privadas sem finalidades lucrativas, usuárias ou não de recursos hídricos, com constituição definitiva há pelo menos quatro anos, nos termos da legislação pertinente, que detenham entre suas finalidades principais a proteção ao meio ambiente ou atuação na área de recursos hídricos e com atuação comprovada no âmbito do Estado ou da bacia hidrográfica objeto da solicitação de recursos;V - pessoas jurídicas de direito privado, usuárias de recursos hídricos;
--	---



		<p>VI - Agências de Bacias Hidrográficas; VII - outros órgãos ou entidades com representação nas diversas instâncias do Sistema</p> <p>Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, mediante indicação ao FEHIDRO pelos CBHs ou CRH e desde que atendam aos requisitos estabelecidos no inciso</p> <p>IV. Metodologia de Cálculo</p> <p>1) O valor total da cobrança pela utilização dos recursos hídricos, para um determinado período de cálculo, será calculado, para cada usuário, pela seguinte expressão: Valor Total da Cobrança = PUF.CAP.VCAP + PUF.CON.S.VCONS + •PUF parâmetro(x).Q parâmetro(x) onde: VCAP = volume total (m³) captado, derivado ou extraído, por uso, no período, em corpos d'água; VCONS = volume total (m³) consumido por uso, no período, decorrente de captação, derivação ou extração de água em corpos d'água; Qparâmetro(x) = Valor médio da carga do parâmetro(x) em Kg presente no efluente final lançado, por lançamento, no período, em corpos d'água ; PUFs = Preços Unitários Finais equivalentes a cada variável considerada na fórmula da cobrança.</p> <p>2) A consideração da relação prevista no § 3º do artigo 12 será aplicada conforme segue: VCAP = KOUT x VCAP OUT + KMED x VCAP MED onde: KOUT = peso atribuído ao volume de captação outorgado, no período; KMED = peso atribuído ao volume de captação medido, no período; VCAP OUT = volume de água captado, em m³, no período, segundo valores da outorga, ou constantes do Ato Declaratório; VCAP MED = Volume de água captado, em m³, no período, segundo medição que deverá ser feita por meio de equipamentos medidores aceitos pelo órgão outorgante; KOUT + KMED = 1</p> <p>3) Quando não existir medição dos volumes captados será adotado KOUT = 1 e KMED = 0</p> <p>4) O usuário que possuir equipamentos de medição aceitos pelo órgão outorgante deverá informar ao responsável pela cobrança na respectiva bacia hidrográfica, até data a ser definida por este, a previsão relativa ao volume de água a ser captado, extraído ou derivado, no período do pagamento, bem como o valor efetivamente medido no período anterior. No período seguinte será realizada eventual compensação entre os valores previstos e aqueles efetivamente medidos.</p> <p>5) O volume consumido (VCONS) corresponde à diferença entre o volume captado, derivado ou extraído e o volume lançado será calculado conforme segue: VCONS = FC x VCAP Sendo: FC = ((VCAPT - VLANÇT) / VCAPT) onde: FC = Fator de Consumo (FC) aplicado sobre o volume captado, derivado ou extraído;</p>
--	--	---



Estadual	Lei No. 6.134/88 – Dispõe sobre a preservação de águas subterrâneas	<p>Art. 4º - As águas subterrâneas deverão ter programa permanente de preservação e conservação, visando ao seu melhor aproveitamento.</p> <p>§ 1º - A preservação e conservação dessas águas implicam em uso racional, aplicação de medidas contra a sua poluição e manutenção do seu equilíbrio físico, químico e biológico em relação aos demais recursos naturais.</p> <p>§ 2º - Os órgãos estaduais competentes manterão serviços indispensáveis à avaliação dos recursos hídricos do subsolo, fiscalizarão sua exploração e adotarão medidas contra a contaminação dos aquíferos e deterioração das águas subterrâneas.</p> <p>§ 3º - Para os efeitos desta Lei, considera-se poluição qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas das águas subterrâneas, que possam ocasionar prejuízo à saúde, à segurança e ao bem estar das populações, comprometer o seu uso para fins agropecuários, industriais, comerciais e recreativos e causar danos à fauna e flora naturais.</p> <p>Art. 5º - Os resíduos líquidos, sólidos ou gasosos, provenientes de atividades agropecuárias, industriais, comerciais ou de qualquer outra natureza, só poderão ser conduzidos ou lançados de forma a não poluírem as águas subterrâneas.</p> <p>Parágrafo único - A descarga de poluente, tais como águas ou refugos industriais, que possam degradar a qualidade da água subterrânea, e o descumprimento das demais determinações desta lei e regulamentos decorrentes sujeitarão o infrator as penalidades previstas na legislação ambiental, sem prejuízo das sanções penais cabíveis.</p> <p>Art. 6º - A implantação de distritos industriais e de grandes projetos de irrigação, colonização e outros, que dependam da utilização de águas subterrâneas, deverá ser precedida de estudos hidrogeológicos para a avaliação das reservas e do potencial dos recursos hídricos e para o correto dimensionamento do abastecimento, sujeitos à aprovação pelos órgãos competentes, na forma a ser estabelecida em regulamento.</p> <p>Art. 9º - Sempre que necessário o Poder Público instituirá áreas de proteção aos locais de extração de águas subterrâneas, a fim de possibilitar a preservação e conservação dos recursos hídricos subterrâneos.</p> <p>Art. 10 - Os órgãos estaduais de controle ambiental e de recursos hídricos fiscalizarão o uso das águas subterrâneas, para o fim de protegê-las contra a poluição e evitar efeitos indesejáveis nas águas superficiais.</p>
Estadual	Res. CRH 065/06 – Estabelece áreas de restrição para captação de águas subterrâneas em R. Preto	<p>Art.1º - Estabelecer Áreas de Restrição e Controle Temporários para a captação e uso das águas subterrâneas no município de Ribeirão Preto.</p> <p>Art. 3º - As Áreas de Restrição e Controle a que se refere o Art. 1º, abrangem a região urbana e de expansão urbana de Ribeirão Preto, definidas por Leis Municipais e, para efeito da presente Deliberação, estão subdivididas em três Zonas, constantes nos mapas do anexo II:</p> <p>I - Zona 1: A Zona 1 abrange a área compreendida pela cota potenciométrica 470 metros, referente a porção do cone de maior rebaixamento (porção central do cone de rebaixamento),</p> <p>II - Zona 2: a área de maior adensamento urbano e com maior</p>



		<p>densidade de poços em exploração, compreendida pela área interna ao polígono, exceto a Zona 1 retro-descrita, delimitada pelas seguintes divisas:</p> <p>III – Zona 3: correspondente à área de expansão urbana do município, excetuando as zonas 1 e 2 descritas anteriormente.</p> <p>Art. 4º - Na Zona 1 definida no inciso I do artigo anterior, somente serão permitidas novas perfurações de poços tubulares profundos quando em substituição de poços existentes destinados ao abastecimento público do município, desde que tecnicamente justificadas e autorizadas pelos órgãos competentes.</p> <p>Art. 5º - Na Zona 2 definida no inciso II do art. 3º, somente serão permitidas novas perfurações de poços tubulares profundos destinados ao sistema de abastecimento público município, desde que tecnicamente justificadas e autorizadas pelos órgãos competentes.</p> <p>Art. 6º - Na Zona 3, definida no inciso III do art. 3º, serão permitidas novas perfurações de poços tubulares profundos, respeitando-se os seguintes critérios:</p> <p>I - distanciamento mínimo de 1.000 metros de poços existentes, conforme cadastro de campo atualizado a ser elaborado pelo solicitante;</p> <p>II - distanciamento mínimo de 200 metros dos corpos d'água</p> <p>III - distanciamento mínimo de 1.000 metros de áreas suspeitas ou de contaminação confirmada.</p> <p>Art. 7º - A aplicação dos critérios de Restrição e Controle Temporários previstos nos artigos 4º, 5º, e 6º será de 2 (dois) anos, a contar da data da publicação da presente Deliberação no Diário Oficial do Estado de São Paulo.</p> <p>§ único: A critério do Comitê da Bacia Hidrográfica do Pardo, a restrição prevista nos artigos 4º, 5º, e 6º poderá ser prorrogada, no máximo, por igual período.</p> <p>Art. 8º - As Áreas de Restrição e Controle Temporários serão reavaliadas após a conclusão dos projetos “Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guaraní” e “Desenvolvimento de Modelo Numérico para a Área do Projeto Piloto de Ribeirão Preto”.</p>
Estadual	Normativa Cetesb P4.231/06	Estabelece limite máximo de aplicação de vinhaça no solo, em função do teor de potássio da vinhaça e do solo e da CTC do solo.
Municipal	Lei No. 501/95 – Dispõe sobre o Zoneamento Municipal de R. Preto	<p>ARTIGO 46 - Para efeito de proteger, ampliar áreas especiais ou mesmo recuperar zonas degradadas, de interesse ambiental, assim como conservar recursos hídricos e os solos agrícolas do Município, compete ao Poder Executivo responder pelas seguintes ações:</p> <p>II - RECURSOS HÍDRICOS:</p> <p>a) realizar o controle da exploração e contaminação da água subterrânea, mediante medidas de quantificação, monitoramento e legislação pertinente;</p>
Municipal	Decreto No. 117/07 – Estabelece tarifas de água em Ribeirão Preto	ARTIGO 1º - Fica homologada a Resolução nº 11, de 02 de maio de 2.007, do Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto - DAERP, que atualiza as tarifas de forma a cobrir os custos de operação, manutenção, obras de ampliação, serviços, concessão e administração da Autarquia, de modo a assegurar, em conjunto com as demais rendas, a auto-suficiência econômico-financeira do Departamento, estando de acordo com o disposto no artigo 16 da Lei Municipal nº 4.935/86.



		I - TARIFAS PARA USO RESIDENCIAL SOCIAL	
		a) Para os consumos de 00m ³ a 10m ³ /mês	..... R\$ 0,15 - m ³
		b) Para os consumos de 11m ³ a 15m ³ /mês	..... R\$ 0,28 - m ³
		II - TARIFAS PARA USO RESIDENCIAL NORMAL	
		a) Para os consumos de 00m ³ a 10m ³ /mês	..... R\$ 0,43 - m ³
		b) Para os consumos de 11m ³ a 15 m ³ /mês	..... R\$ 0,72 - m ³
		c) Para os consumos de 16m ³ a 25m ³ /mês	..... R\$ 1,57 - m ³
		d) Para os consumos de 26m ³ a 30m ³ /mês	..... R\$ 2,03 - m ³
		e) Para os consumos de 31m ³ a 35m ³ /mês	..... R\$ 2,72 - m ³
		f) Para os consumos de 36m ³ a 40m ³ /mês	..... R\$ 2,86- m ³
		g) Para os consumos de 41m ³ a 50m ³ /mês	..... R\$ 3,60 - m ³
		h) Para os consumos de 51m ³ a 80m ³ /mês	..... R\$ 4,63 - m ³
		i) Para os consumos de 81 m ³ a 100m ³ /mês	..... R\$ 6,24 - m ³
		j) Para os consumos superiores a 100m ³ /mês	..... R\$ 6,30 - m ³
		III - TARIFAS PARA USO COMERCIAL	
		a) Para os consumos de 00m ³ a 10m ³ /mês	..... R\$ 1,24 - m ³
		b) Para os consumos de 11m ³ a 15m ³ /mês	..... R\$ 1,37 - m ³
		c) Para os consumos de 16m ³ a 25m ³ /mês	..... R\$ 2,63 - m ³
		d) Para os consumos de 26m ³ a 30 m ³ /mês	..... R\$ 3,06 - m ³
		e) Para os consumos de 31m ³ a 35m ³ /mês	..... R\$ 4,29 - m ³
		f) Para os consumos de 36m ³ a 40m ³ /mês	..... R\$ 4,39 - m ³
		g) Para os consumos de 41m ³ a 50m ³ /mês	..... R\$ 6,23 - m ³
		h) Para os consumos superiores a 50m ³ /mês	..... R\$ 6,99 - m ³
		IV - TARIFAS PARA USO INDUSTRIAL	
		a) Para os consumos de 00m ³ a 10m ³ /mês	..... R\$ 1,50 - m ³
		b) Para os consumos de 11m ³ a 15m ³ /mês	..... R\$ 2,31 - m ³
		c) Para os consumos de 16m ³ a 25m ³ /mês	..... R\$ 2,83 - m ³
		d) Para os consumos de 26m ³ a 30m ³ /mês	..... R\$ 3,80 - m ³
		e) Para os consumos de 31m ³ a 50m ³ /mês	..... R\$ 5,44 - m ³
		f) Para os consumos superiores a 50m ³ /mês	..... R\$ 7,69 - m ³
		V - TARIFAS PARA USO PÚBLICO	
		a) Para os consumos de 00m ³ a 10m ³ /mês	..... R\$ 1,50 - m ³
		b) Para os consumos de 11m ³ a 15m ³ /mês	..... R\$ 2,31 - m ³
		c) Para os consumos de 16m ³ a 25m ³ /mês	..... R\$ 2,83 - m ³
		d) Para os consumos de 26m ³ a 30m ³ /mês	..... R\$ 3,80 - m ³
		e) Para os consumos de 31m ³ a 50m ³ /mês	..... R\$ 5,44 - m ³
		f) Para os consumos superiores a 50m ³ /mês	..... R\$ 7,69 - m ³

Como se pode observar da Tabela 3.1, há uma grande variedade de instrumentos legais que permitem a gestão efetiva da água subterrânea do SAG na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto. Dentre eles estão dispositivos relativos à gestão integrada e participativa, proteção e fiscalização da qualidade da água subterrânea, outorga e cobrança de água bruta (inclusive de aquíferos), e cobrança de água tratada.



Nos itens abaixo, serão discutidos os aspectos relativos aos principais instrumentos legais e institucionais de gestão da água subterrânea na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto.

3.1.1. Outorga de Água Superficial e Subterrânea

No caso da outorga de água superficial e subterrânea na área do Projeto Piloto, cujo domínio é estadual, a outorga de direito de uso, de acordo com as Leis federal e estadual de recursos hídricos, é de competência do DAEE. Além de outorgar o direito de uso das fontes superficiais e subterrâneas, esse Departamento, cuja Diretoria Regional é localizada em Ribeirão Preto, deve também fiscalizar as outorgas concedidas, bem como o uso ilegal, não outorgado, dos recursos hídricos na região.

Na área urbana de Ribeirão Preto, há atualmente 100 poços profundos outorgados para abastecimento público (DAERP), e algumas dezenas de poços privados. Outra centena de poços outorgados existem nas cidades da área do Projeto Piloto, principalmente para abastecimento público.

O DAEE-Ribeirão Preto atua em consonância com o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, e com prefeituras municipais da área do Projeto Piloto, visando disciplinar o uso dos recursos hídricos na região. Entretanto, devido a sua limitada capacidade física de fiscalização, há informações extra-oficiais que cerca de 20% dos poços perfurados na cidade de Ribeirão Preto não possuem a devida outorga.

3.1.2. Cobrança de Recursos Hídricos

De acordo com a Lei No. 9433/97, a instituição responsável pela cobrança de recursos hídricos na área do Projeto Piloto R. Preto é o CBH-Pardo. Assim, cabe ao Comitê de Bacia do Rio Pardo estabelecer quem vai pagar e o valor do pagamento pela água bruta, dependendo do tipo de uso/lançamento e seu volume. Apesar do Comitê ainda não ter estabelecido a cobrança por uso de água subterrânea e superficial, esta, quando aprovada, seria, de acordo com a Lei No. 12.183/05, de competência do órgão outorgante (DAEE), na ausência da respectiva Agência de Bacia.

Cabe ressaltar que a bacia do rio Pardo (que é área de competência do CBH-Pardo) cobre cerca de 80% da área do Projeto Piloto, sendo que sua porção sudoeste é da alçada do CBH-Sapucai Mirim-Grande.

Durante a realização do presente Estudo, a Câmara de Água Subterrânea do CBH-Pardo estava iniciando o processo de discussão sobre a cobrança de água subterrânea na bacia. De acordo com a Lei Estadual No. 12.883/05, que estabelece os critérios de cobrança de água bruta em São Paulo, esta será feita de acordo com o volume captado, a qualidade da água, o volume e o grau de tratamento de efluentes, entre outros aspectos.



Atualmente, há um teto máximo para a cobrança de água bruta no Estado de São Paulo. De acordo com o Art. 10 do Decreto No. 50.667/06, que regulamenta a Lei de Cobrança de Uso de Água no Estado, o valor unitário máximo de cobrança de água superficial e subterrânea é de R\$ 0,015/m³, correspondente a 0,001078 Unidades Fiscais do Estado de São Paulo-UFESP (esta última equivalente a R\$ 14,23 em 2007).

No tocante à água tratada, o município de Ribeirão Preto estabeleceu recentemente, através do Decreto No. 117/07, valores de tarifas de abastecimento público de água, em função do tipo de ligação e do volume mensal consumido.

A partir dos dados de receitas e despesas mensais do Departamento de Águas de Ribeirão Preto-DAERP, foi obtida a tarifa média de água tratada – R\$ 2,83/m³ – considerada elevada para os padrões brasileiros. Parte desse elevado valor pode ser explicado pelo elevado percentual de perdas físicas no sistema de distribuição de água tratada em Ribeirão Preto (41,8% de perda), e nas outras cidades do Projeto Piloto (41,9%).

Deve-se ressaltar aqui a ativa participação do Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Pardo (Figura 3.1), e de sua Câmara Técnica de Água Subterrânea. À esta última se deve a aprovação da Resolução No. 065/06 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, que estabelece zonas de restrição de perfuração de poços na cidade de Ribeirão Preto.



Figura 3.1. Reunião do CBH-Pardo, em Ribeirão Preto (Fonte: CBH-Pardo).



A Resolução CRH No. 065/06 foi uma resposta do Comitê ao rebaixamento significativo do nível piezométrico do SAG na cidade de Ribeirão Preto, principalmente em sua zona central. A Figura 3.2 abaixo apresenta as zonas de restrição de poços na área urbana de Ribeirão Preto, de acordo com a Res. 065/06.

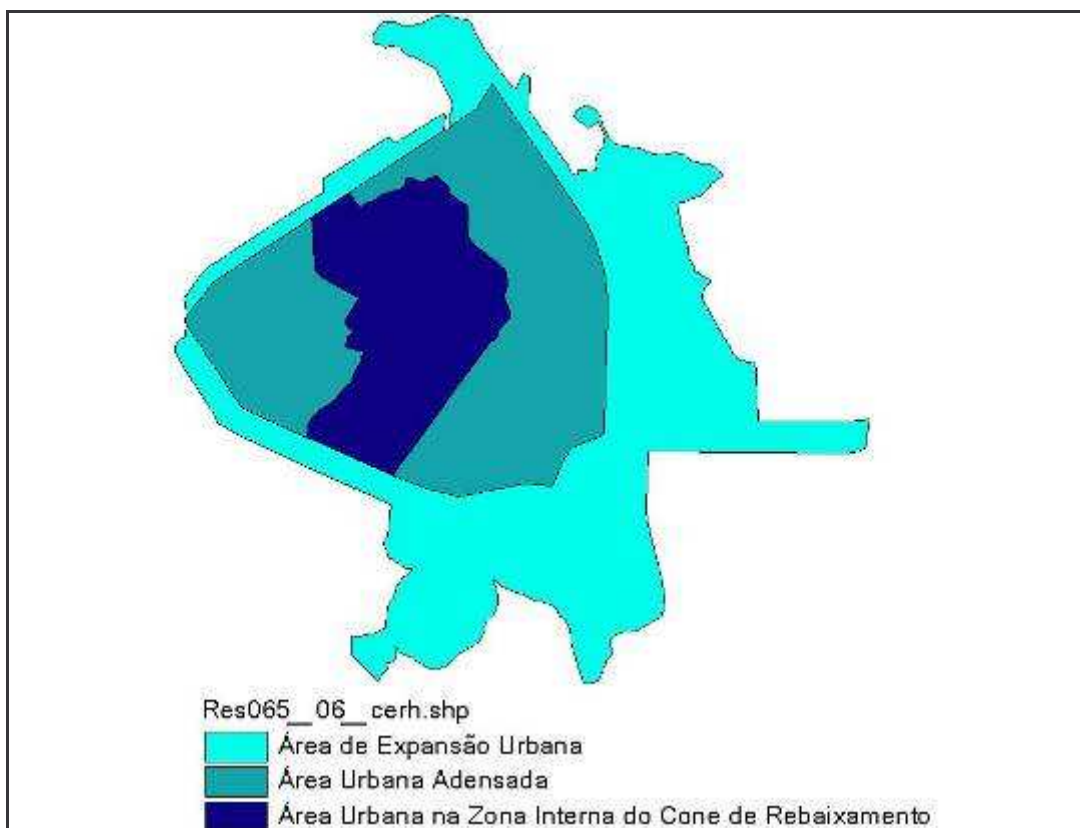


Figura 3.2. Zonas de restrição de perfuração de poços em Ribeirão Preto, de acordo com a Res. CRH 065/06.

De acordo com a Figura 3.2, há 3 zonas de restrição de perfuração de poços, de acordo com a Res. CRH No. 065/06. A Tabela 3.2 apresenta as características de cada uma dessas zonas.

**Tabela 3.2. Zonas de Restrição de Perfuração de Poços, segundo a Res. 065/06.**

Zona	Descrição	Restrições
1	Zona Interna do Cone de Rebaixamento	Somente serão permitidas novas perfurações de poços tubulares profundos quando em substituição de poços existentes destinados ao abastecimento público do município, desde que tecnicamente justificadas e autorizadas pelos órgãos competentes.
2	Zona Urbana Adensada	Somente serão permitidas novas perfurações de poços tubulares profundos destinados ao sistema de abastecimento público município, desde que tecnicamente justificadas e autorizadas pelos órgãos competentes.
3	Zona de Expansão Urbana	Serão permitidas novas perfurações de poços tubulares profundos, respeitando-se os seguintes critérios: I - distanciamento mínimo de 1.000 metros de poços existentes, conforme cadastro de campo atualizado a ser elaborado pelo solicitante; II - distanciamento mínimo de 200 metros dos corpos d'água III - distanciamento mínimo de 1.000 metros de áreas suspeitas ou de contaminação confirmada.

Espera-se que, em um futuro próximo, outras Resoluções e marcos legais sejam estabelecidos para a área do Projeto Piloto, de forma a proteger não apenas a quantidade de água subterrânea (como a Res. 065/06), mas também sua qualidade.

Algumas ações já em curso na região do Projeto são apresentadas no item a seguir.

3.2. Coleta e Tratamento de Esgotos

Um dos avanços mais importantes na gestão de recursos hídricos na área do Projeto Piloto R. Preto foi a decisão da Prefeitura ribeirão-pretense de coletar e tratar o esgoto da área urbana da cidade. De acordo com informações do DAERP, responsável pelo serviço de esgotos de Ribeirão Preto, espera-se, que, até o final do ano de 2008, a zona urbana da cidade terá 100% de seu esgoto tratado.

Para tanto, foram construídas, através de Parceria Público-Privada (PPP) entre o DAERP e a Ambient S/A, duas novas ETEs e redes coletoras. Assim, o lançamento significativo de esgotos que era feito anteriormente sem tratamento no ribeirão Preto, a jusante do centro da cidade, será totalmente tratado. (Figura 3.3).



Figura 3.3. Novas estações de tratamento de esgotos de Ribeirão Preto, construídas em parceria entre o DAERP e a empresa Ambient (Fonte: Ambient S/A)

Com a construção das ETEs e redes coletoras de esgotos, a preocupação da possibilidade de contaminação do SAG na área urbana de Ribeirão Preto, pela infiltração do esgoto através do leito do ribeirão Preto e seus afluentes, fica, pelo menos temporariamente, afastada.

3.3. Micro-Medição de Água Tratada

Uma das iniciativas mais importantes para a redução de perdas por roubo de água tratada foi iniciada recentemente pelo DAERP, em Ribeirão Preto. Com recursos oriundos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos-FEHIDRO, o DAERP está instalando novos hidrômetros em todas as ligações de água por ele atendidas na cidade (Figura 3.4).



Figura 3.4. Hidrômetro residencial e comercial.

Assim, o consumo de água da cidade, que atualmente está na faixa de 6 milhões de m³/mês, deve-se em grande parte ao fato de que muitos consumidores não pagam pela água, ou pagam muito menos do que consomem, através de hidrômetros violados.

Entretanto, a iniciativa do DAERP de substituir os hidrômetros somente será efetiva se houver um controle automatizado dos volumes por setores, fiscalização intensa, e campanhas educativas sobre o tema, incluindo punições rigorosas que desincentivem o roubo de água no futuro.

Apesar da legislação relativa aos recursos hídricos na área do Projeto Piloto e as medidas já em curso permitirem uma redução da sobre-exploração e contaminação do SAG, são necessárias outras, particularmente aquelas que visam à gestão da oferta e da demanda de água, bem como a proteção das áreas de maior vulnerabilidade e risco de contaminação. Algumas dessas medidas serão apresentadas e discutidas no item a seguir.



4. PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS E INSTRUMENTOS PARA A CONSERVAÇÃO DA ÁGUA DO SAG NA ÁREA DO PROJETO PILOTO

De acordo com o Produto 2 dos Termos de Referência desta Consultoria, deverão ser propostos instrumentos legais, administrativos e econômicos para a conservação da quantidade e qualidade da água do SAG na área do Projeto Piloto.

Nesse sentido, algumas propostas resultantes de reuniões do PALp e de outras reuniões realizadas pelo consultor com planejadores e gestores de água da cidade de Ribeirão Preto e do Comitê de Bacia do rio Pardo, são apresentadas abaixo. Essas propostas, identificadas pela população local, dizem respeito principalmente a medidas de gestão da oferta e da demanda de água na cidade.

Em termos de gestão da oferta, foram propostas as seguintes medidas no âmbito do PALp-Ribeirão Preto:

- Captação e uso da água da chuva, principalmente nos novos loteamentos (Reunião PALp, Nov. de 2007);
- Captação das águas do Rio Pardo, que está próximo à área urbana de Ribeirão Preto, como fonte complementar de abastecimento (Reunião PALp, Nov. de 2007);
- Instalação de campo de poços em área adequada na zona rural da cidade (Reunião PALp, Nov. de 2007);

Com relação à gestão da demanda na área do Projeto Piloto, as medidas propostas no âmbito do PALP foram:

- Campanhas educativas visando à economia de água na cidade de Ribeirão Preto, e treinamento de professores, para disseminar o conceito (Reunião PALp, Nov. de 2007);
- Criação de um centro de referência sobre o Sistema Aquífero Guaraní, onde seriam centralizados todos os tipos de informação correlacionados ao tema SAG (Reunião PALp, Nov. de 2007).

Às medidas supra citadas, foram acrescentadas outras, visando à gestão da oferta e da demanda, tais como:

- Redução das perdas físicas no sistema de distribuição de água na cidade de Ribeirão Preto e nas outras cidades da área do Projeto Piloto;
- Implantação de um sistema automático de controle de macro-alocação de água, visando o controle efetivo da macro-distribuição, e a redução de perdas importantes, através da identificação e estancamento automático de vazamentos;



- Processo integrado de macro e micro-medição de água nas cidades da área do Projeto Piloto R. Preto;
- Cobrança pelo uso da água subterrânea na área do Projeto Piloto.

Em termos de medidas de proteção de áreas de recarga mais sensíveis, identificadas no Relatório 02, podem ser implementadas as seguintes:

- Nas zonas urbanas, poderão ser estabelecidos instrumentos legais (Leis Municipais, Zoneamentos, Resoluções do CBH-Pardo etc.) e econômicos (pagamentos por serviços ambientais, incentivos fiscais etc.) que permitam maximizar a proteção das áreas sensíveis de recarga, e aquelas com maior risco de contaminação;
- Ainda nas zonas urbanas, os postos de combustíveis e outras atividades potencialmente contaminantes (depósitos de produtos químicos, cemitérios etc), deverão ser monitorados de uma maneira sistemática através de piezômetros e coleta de amostras de água subterrânea, de forma a reduzir o risco de contaminação da água subterrânea;
- Na zona rural, podem ser definidos critérios de uso e manejo do solo menos impactantes, de sorte que seja maximizada a recarga dos aquíferos e minimizados os riscos de sua contaminação;
- Na zona peri-urbana, os aterros sanitários existentes devem ser monitorados através de poços e piezômetros, de forma a permitir a identificação da lixiviação de contaminantes;

Apesar de existir uma pequena demanda de água subterrânea para irrigação agrícola, ela ainda é incipiente na área do Projeto Piloto, representando menos de 10% do total demandado (CBH-Pardo, 2003). Em função disso, medidas de gestão da oferta e demanda de água de irrigação não foram consideradas no presente Estudo.

A seguir, os aspectos técnicos das medidas supra mencionadas são discutidos em maior detalhe, de forma a se identificar seus potenciais e suas limitações. Em uma etapa posterior, as medidas mais factíveis serão analisadas através do Modelo Multi-Critério, conforme definido no Relatório de Consultoria No. 01.

4.1. Alternativas de Gestão da Oferta de Água na Área do Projeto Piloto

Considerando que 98% da água que abastece as cidades que formam a área do Projeto Piloto Ribeirão Preto vêm de fontes subterrâneas, principalmente do SAG, e considerando que há o risco de esgotamento das reservas subterrâneas em algumas áreas, tais como no centro de Ribeirão Preto, uma das



alternativas para reduzir o impacto de sobre-exploração do aquífero é buscar outras alternativas de abastecimento.

Como resultados das duas reuniões realizadas pelo consultor com os gestores, usuários de água e especialistas em Ribeirão Preto, e considerando as proposições do PALp, serão analisadas abaixo as principais medidas de gestão oferta para a região.

Nos itens a seguir serão apenas analisados os aspectos técnicos relativos às alternativas de gestão de oferta e demanda de água na área do Projeto Piloto R. Preto. A análise de viabilidade social, ambiental e econômica (multi-critério) será objeto de um Capítulo específico, mais adiante.

4.1.1. Captação e Utilização das Águas do Rio Pardo

O rio Pardo é um importante manancial que corta a área do Projeto Piloto Ribeirão Preto estando mais ou menos eqüidistante dos centros populacionais da área do Projeto (Figura 4.1.).

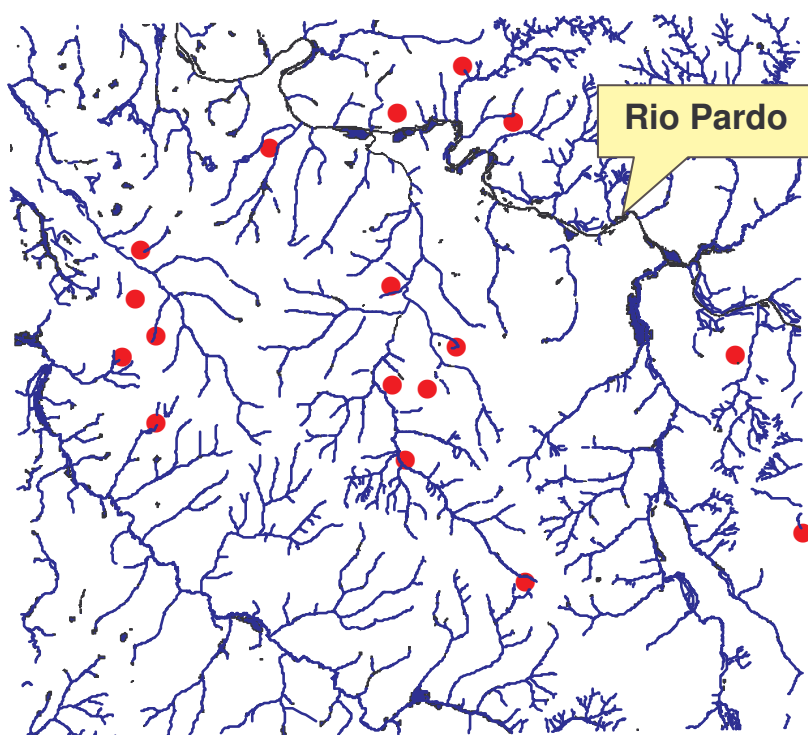


Figura 4.1. Hidrografia da área do Projeto Piloto, mostrando a localização estratégica do rio Pardo em relação aos centros populacionais (em vermelho).

De acordo com o Plano de Bacia do Rio Pardo, este manancial apresenta quantidade e qualidade de água compatíveis ao abastecimento de Ribeirão Preto



e de outras cidades da região. A seguir são analisados os aspectos relativos à oferta e à demanda de água do rio Pardo, bem como sua qualidade.

- Disponibilidade de Água Superficial

O rio Pardo ainda apresenta uma grande oferta de água para os municípios localizados em sua bacia. A Figura 4.2 abaixo apresenta as vazões médias mensais do Rio Pardo em Ribeirão Preto (posto Clube de Regatas), considerando a série histórica entre 1975 e 2006 (32 anos).

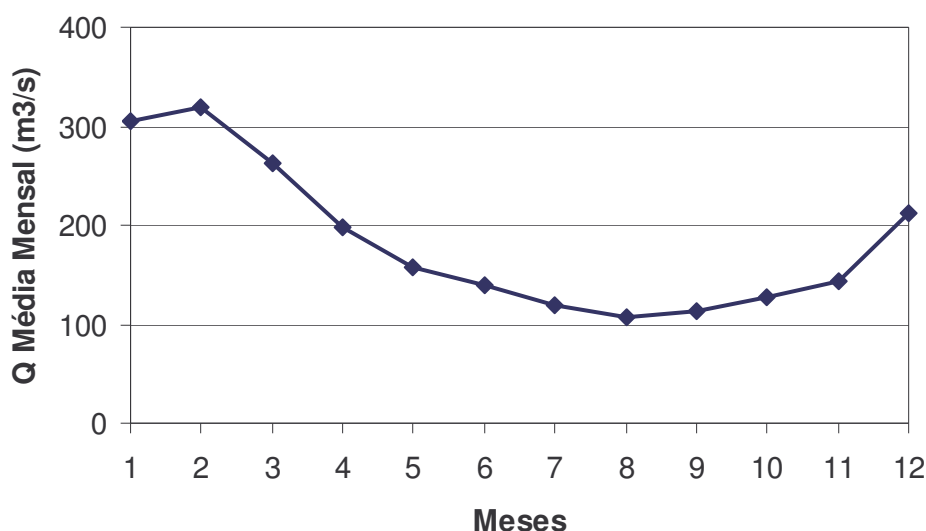


Figura 4.2. Vazões médias mensais ao longo do ano, no Rio Pardo em Ribeirão Preto, em um período de 32 anos (Fonte: DAEE-SP).

A vazão média anual (média de longo período) do Rio Pardo em Ribeirão Preto é de 183,9 m³/s. De acordo com a Figura 4.2, a vazão mínima média mensal do Rio Pardo nesta cidade é de 107,3 m³/s, e a vazão mínima média em 7 consecutivos em um período de 10 anos ($Q_{7,10}$) é de 37,0 m³/s (Tabela 4.1.). Para fins de comparação, as vazões médias e mínimas do Rio Pardo são apresentadas junto com a disponibilidade de água subterrânea na área do Projeto Piloto na Tabela abaixo.

Tabela 4.1. Disponibilidade Superficial* e Subterrânea de Água na Área do Projeto
(Fonte: CERH-SP e DAEE-SP)

Q média (m³/s)	Q min. m'éd. (m³/s)	Q _{min} / Q _{med} (%)	Q 7,10 (m³/s)	Q _{subterr.} (m³/s)	Q _{subt.} / Q _{7,10} (%)
183,9	107,3	58,4	37,0	2,9	7,8

* Apenas do rio Pardo em Ribeirão Preto.



De acordo com a Tabela 3.1, a razão entre a média das mínimas e a média das medias no Rio Pardo é de 0,58, o que indica o bom nível de garantia de oferta de água neste manancial. Além disso, a vazão $Q_{7,10}$ do rio Pardo é bem superior à oferta de água subterrânea na área do Projeto, sendo esta última apenas 7,8% da oferta superficial ($Q_{7,10}$).

- Demanda de Água Superficial

De acordo com o CBH-Pardo (2005), as demandas cadastradas (oficiais) de água superficial na bacia do rio Pardo, como um todo, correspondem a 30,3% da oferta de água do rio, dada pela vazão mínima de referência.

Considerando que o rio Pardo é um rio estadual, e que a legislação paulista de recursos hídricos permite outorgas de até 50% da vazão mínima de referência, conclui-se, numa primeira análise, que poderiam ainda ser outorgados 19,7% da vazão mínima de referência, ou seja, uma vazão adicional de 7,3 m³/s de água do rio Pardo.

Considerando ainda que o consumo médio de água da região do Projeto Piloto é de 350 l/hab.dia¹, a vazão outorgável remanescente de 7,3 m³/s do rio Pardo seria suficiente para abastecer uma população de 1,8 milhão de habitantes, ou seja, mais do que o dobro da população da área do Projeto Piloto em 2008 (814 mil habitantes), e quase o dobro da população da cidade de Ribeirão Preto em 2050 (923 mil habitantes). A Tabela 4.2 apresenta um resumo dessas estimativas.

Tabela 4.2. Relação demanda/oferta de água, vazão outorgável remanescente, população atual e potencial de abastecimento por água do Rio Pardo na área do Projeto Piloto.

Q_d / Q_o (%)	$Q_{outorg.}$ (m ³ /s)	Pop. Atual (hab.)	Pot. Abast. (hab)
30,3	7,3	814.000	1.800.000

- Qualidade da Água do rio Pardo

De acordo com o Plano de Bacia do Rio Pardo, este rio, na cidade de Ribeirão Preto, mais especificamente junto ao Clube de Regatas, é enquadrado como Classe 2 pela Res. Conama No. 357/05, ou seja, de qualidade razoável. Segundo o mesmo Plano, não-conformidades são observadas em algumas épocas do ano para os parâmetros coliformes fecais e totais, chumbo, mercúrio, e fenóis sem, entretanto, comprometer um eventual abastecimento.

¹ Vide Relatório No. 02 / ESE Ribeirão Preto.



Considerando-se os aspectos de quantidade e qualidade de água do rio Pardo na área do Projeto Piloto, citados acima, bem como o seu enquadramento (Classe 2), conclui-se que a captação de água deste manancial é uma alternativa possível para o abastecimento de água na área do Projeto.

Além disso, a localização estratégica do rio Pardo na área do Projeto Piloto (Figura 4.1) facilita a adução de água do manancial para as cidades localizadas a uma distância inferior a 10 km do rio, como Ribeirão Preto, Altinópolis, Serrinha, e Sertãozinho.

4.1.2. Captação de Água da Chuva em Condomínios

Esta alternativa do PALp Ribeirão Preto foi proposta para os novos condomínios de Ribeirão Preto, localizados principalmente na Zona de Expansão Urbana, que, de acordo com a Res. 065/2006, apresenta restrição para a perfuração de poços profundos (Tabela 3.2 acima).

A captação da água da chuva em condomínios pode ser feita pelos telhados das residências e também pelas áreas impermeáveis das áreas comuns (ruas, parques, etc.). No caso das residências, a água da chuva captada nos telhados pode suprir boa parte da demanda de água para usos menos nobres, tais como irrigação de jardins, lavagem de carros e de quintais, descargas de toaletes etc. A Figura 4.3 abaixo mostra um esquema de captação e armazenamento de chuva residencial.



Figura 4.3. Esquema de captação da água da chuva em telhados de residências (Fonte: Technik do Brasil Ltda).



De forma obter-se uma água de melhor qualidade, pode-se instalar filtros apropriados, tais como o da Figura 4.4, que eliminam o material grosseiro e o em suspensão.



Figura 4.4. Filtro separador de água de chuva² (Fonte: Ecocasa).

Em termos de oferta de água pluvial residencial, considerando uma casa de 200 m² e a precipitação média anual de Ribeirão Preto, de 1.400 mm/ano (1.400 l/m²), e descontando-se 10% de perdas, teríamos um volume potencial anual de 252 m³ por residência. Isto equivaleria a 172 l/hab.dia, considerando-se uma família de 4 pessoas.

Tendo em conta que o consumo médio da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto é de 350 l/hab.dia (Relatório No. 02), o potencial de captação de água de chuva em telhados supriria quase 50% da demanda diária de água da família.

No caso das áreas comuns (ruas, parques, áreas de lazer etc.) do condomínio, considerando que essas áreas representam cerca de 10% da sua área total, a captação de água da chuva em reservatórios superficiais pode ser uma alternativa viável para usos como irrigação de jardins condominiais, lavagem de áreas de lazer etc.

Tomando-se um condomínio típico da região, com 10 hectares de área total, as áreas comuns representariam 1 hectare (10%), ou seja, 10.000 m² de áreas impermeáveis. Considerando a precipitação média anual de 1.400 mm, em 1 ano poderiam ser captados nessas áreas cerca de 14.000 m³ de água. Considerando ainda que nesse tipo de condomínio vivem cerca de 400 pessoas, e perdas totais de 10%, a captação de água da chuva representaria uma economia de água de

² A menção de marcas e equipamentos no presente Estudo serve apenas de exemplo, não havendo necessariamente um endosso por parte do consultor.



86 litros/hab.dia, ou seja 25% do consumo per capita médio da região (350 l/hab.dia).

A Tabela 4.3 apresenta um resumo do potencial de abastecimento de água de chuva de um condomínio típico de 100 casas, bem como o percentual de economia de água obtido, considerando um consumo médio de 350 l/hab.dia.

Tabela 4.3. Potencial de abastecimento de água de chuva e de economia de água em um condomínio típico da área do Projeto Piloto R. Preto.

Tipo de Captação	Volume Anual Médio Captado (m³/ano)	Percentual do Consumo per capita
Residencial	252	49%
Condominial	12.600	25%
Total	-	74%

De acordo coma Tabela 4.3, se a captação de água de chuva fosse usada nos novos condomínios na área do Projeto Piloto, haveria um potencial de economia de água de 74% do consumo médio per capita da região, ou seja, suficiente para suprir uma oferta de água de 259 l/hab.dia.

4.1.3. Instalação de Campos de Poços em Áreas Rurais

Outra alternativa de gestão de oferta proposta pelo PALp para a área Piloto foi a instalação de campos de poços em áreas rurais, reduzindo o risco de sobre-exploração de água subterrânea nos centros urbanos.

De acordo com informações extra-oficiais de gestores de recursos hídricos da área do Projeto Piloto, o custo de um poço profundo completo, com produção de 250 m³/h, perfurado no aquífero Guaraní confinado, incluindo a perfuração, o conjunto moto-bomba, o transformador e o painel de comando, ultrapassa R\$ 1 milhão. Em função disso, alguns gestores locais consideraram que a implantação de campos de poços em aquíferos confinados de áreas rurais seriam economicamente inviáveis, pelo seu alto custo de implantação.

Dessa forma, analisou-se aqui apenas a alternativa de instalação de campos de poços em áreas de aquíferos não confinados, como o Bauru e o Guaraní aflorante, em áreas protegidas da zona rural.

Campos de poços são uma alternativa de abastecimento de água segura usada em distintas regiões do mundo. Para tanto, áreas protegidas contra a contaminação e de boa produtividade são identificadas, e poços são perfurados em sistemas radiais ou em linhas paralelas, de forma que não haja riscos de superposição de cones de depressão. Redes coletoras são então dimensionadas e construídas para coletar e conduzir a água extraída para os centros de consumo.



A Figura 4.5. abaixo apresenta um layout de um campo de poços radial, dimensionado de forma que a distância entre os poços (L) seja maior que o raio de influência (r_e) do poço.

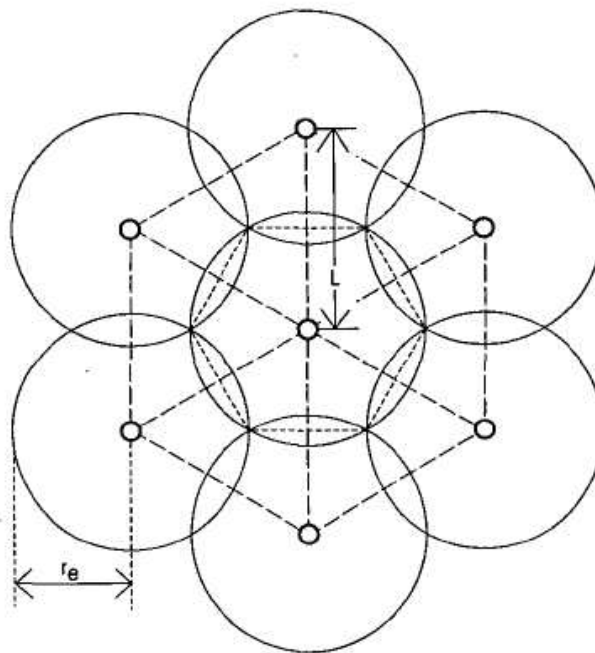


Figura 4.5. Layout de um campo de poços radial, mostrando os raios de influência.

No caso do layout acima, a distância L deve ser no mínimo $L = r_e \sqrt{3}$. Em um aquífero não confinado, a vazão explotável (constante), Q_r (em m^3/d), de um poço de diâmetro r (m), raio de influência r_e (m), e recarga média R (m/d) na área de influência, seria:

$$Q_r = \pi (r_e^2 - r^2) R \quad [4.1]$$

Para um campo com N poços de vazão individual Q_{ri} , a vazão total Q_t (m^3/d) seria simplesmente:

$$Q_t = \sum Q_{ri} \quad [4.2]$$

De acordo com o CERH-SP (2005), a vazão explotável de poços do aquífero Bauru ou mesmo do aquífero Guaraní aflorante (não confinado) é de aproximadamente $80 m^3/h$. Isto posto, um campo de poços radial, como o da Figura 4.5, instalado em um dois sistemas aquíferos supra mencionados, teria um potencial de produção nominal de $560 m^3/h$.



Considerando que o consumo atual de água da cidade de Ribeirão Preto é de 6 milhões de metros cúbicos por mês³, 15 campos de poços como o citado acima seriam suficientes para atender a demanda da cidade (sem considerar perdas no sistema, nem campos de *back-up*).

Da mesma forma que a alternativa da captação de chuva nos condomínios e da captação de água no rio Pardo, a captação de água em campos de poços de aquíferos não confinados, em áreas rurais protegidas na região do Projeto Piloto R. Preto, poderia diminuir de forma significativa a pressão sobre os poços do aquífero Guaraní, principalmente aqueles dos centros das áreas urbanas.

Mais abaixo, a viabilidade sócio-econômico-ambiental dessa alternativa será analisada em detalhe.

4.2. Alternativas de Gestão da Demanda de Água na Área do Projeto Piloto

As alternativas de gestão da demanda de água identificadas pelo PALp e nas reuniões do consultor com os gestores e usuários de água em Ribeirão Preto dizem respeito a redução de perdas nas redes de distribuição de água tratada, fiscalização efetiva do processo de micro-medição de água, campanhas educativas visando a racionalização do uso da água, e a cobrança pelo uso de água subterrânea.

Essas medidas, depois de serem analisadas e amadurecidas pelos gestores e stakeholders da região, podem ser implantadas de forma individualizada ou conjunta, uma vez que elas são complementares.

A seguir, serão apresentados os aspectos técnicos e operacionais de cada uma dessas medidas de gestão de demanda de água. Posteriormente, neste mesmo documento, algumas delas serão objeto de uma análise multi-critério, abordando aspectos sócio-econômicos e ambientais.

4.2.1. Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água

Uma das alternativas mais eficazes de gestão da demanda de água é a redução das perdas nos sistemas públicos de abastecimento. No caso da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, essas perdas são significativas, conforme indica a Tabela 4.4.

³ Vide Relatório No. 02 – ESE R. Preto.



Tabela 4.4. Produção, consumo e perdas de água nos municípios da Área Piloto, em 2007.

Município	Pop. 2007 (hab)	Produção Mensal* (m ³ /mês)	Consumo Mensal (m ³ /mês)	Perdas* (%)	Captaç. Superf.* (%)	Captaç. Subter.* (%)	Consumo per capita* (l/hab.dia)
Altinópolis	17.390	105.000	89.250	15,0	70	30	274
Cravinhos	34.582	362.250	152.569	57,9	20	80	226
Jardinópolis	37.493	636.940	382.104	40,0	10	90	564
Rib. Preto**	547.417	10.116.000	5.887.711	41,8	0	100	348
Serrana	42.707	175.000	101.260	42,1	0	100	132
Sertãozinho***	109.839	2.029.771	1.181.367	41,8	0	100	348
Área Piloto #	789.428	13.424.961	7.794.261	41,9	1,7	98,3	353

* Fonte: CBH- Pardo (2003)

** Dados atualizados (IBGE e DAERP)

*** Suposto como proporcional a R. Preto.

Perdas, captações e consumo representam valores médios ponderados das produções municipais.

De acordo com a Tabela 4.4, a perda média de água nas redes de distribuição das cidades da área do Projeto Piloto é de 41,9%. Considerando que, em média, 98,3% do volume de água de abastecimento dessas cidades são de fonte subterrânea (principalmente do aquífero Guaraní), conclui-se que um total de 5,5 milhões de metros cúbicos de água potável de origem subterrânea são perdidos mensalmente na área do Projeto Piloto R. Preto.

Considerando ainda que o valor médio cobrado pelo do metro cúbico da água tratada na cidade de Ribeirão Preto é de R\$ 2,83 (média das diferentes faixas de consumo e tipos de usuários), e tomando esse valor como representativo para a área do Projeto, um cálculo simples indica que o prejuízo econômico dessa perda na área do Projeto Piloto é de R\$ 15,6 milhões por mês, valor bastante significativo.

Essas perdas se devem a vários fatores físicos e não físicos, tais como vazamentos em redes de distribuição antigas, projetos de reservação e distribuição ineficientes, operação e manutenção deficientes, deficiência de controle da macro-alocação e medição de água, roubo de água etc. A Tabela 4.5 apresenta as principais causas de perdas físicas típicas em redes de distribuição de água.



Tabela 4.5. Fatores e causas de perdas em sistemas de distribuição de água no Brasil (Fonte : Silva, 2004).

<i>Atividade original da falha</i>	<i>Origem técnica da falha</i>	<i>Causa da ruptura na tubulação (ação hidráulica)</i>
Planejamento e projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Subdimensionamento • Ausência de ventosas • Cálculo incorreto de transientes • Regras de operação mal planejadas • Falta de articulação entre setores • Corpo técnico sem treinamento ou deficiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrepressão • Subpressão • Sub e sobrepressão • Sub e sobrepressão • Sobrepressão • Sub e sobrepressão
Construção	<ul style="list-style-type: none"> • Construtivas • Materiais • Peças • Equipamentos • Corpo técnico sem treinamento ou deficiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aplicável
Operação	<ul style="list-style-type: none"> • Enchimento • Esvaziamento • Manobras • Ausência de regras de operação • Corpo técnico sem treinamento ou deficiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Sub e sobrepressão • Subpressão • Sub e sobrepressão • Sub e sobrepressão • Sub e sobrepressão
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Sem manutenção • Mal-feita • Corpo técnico sem treinamento ou deficiente • Interação deficiente entre operação e usuário • Tempo de resposta 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aplicável
Expansão	<ul style="list-style-type: none"> • Inexistência de projeto • Ausência de visão conjunta da rede existente com a que será expandida 	<ul style="list-style-type: none"> • Sub e sobrepressão • Sub e sobrepressão

Conforme indica a Tabela 4.5, as perdas em uma rede de distribuição de água têm como origem desde o planejamento e a operação, até as etapas de construção, operação, manutenção e expansão da rede. Nesta Tabela, observa-se que tanto a sobre-pressão como a sub-pressão são responsáveis por rupturas das tubulações.

Uma vez que os sistemas de distribuição de água dos municípios da área do Projeto Piloto R. Preto têm como fonte de água poços profundos, os quais são responsáveis pela pressurização de parte da rede, a pressão dos sistemas são geralmente elevadas. Com isso, a chance de rompimentos das tubulações são maiores, comparados com sistemas de distribuição operados com níveis mais baixos de pressão.

A Figura 4.6 abaixo mostra a relação direta que existe entre a redução de perda de água e a redução de pressão nos sistemas de distribuição. Assim, de acordo essa Figura, uma redução de 50% na pressão da rede geraria uma redução potencial de 30% nas perdas de água, o que é bastante significativo.

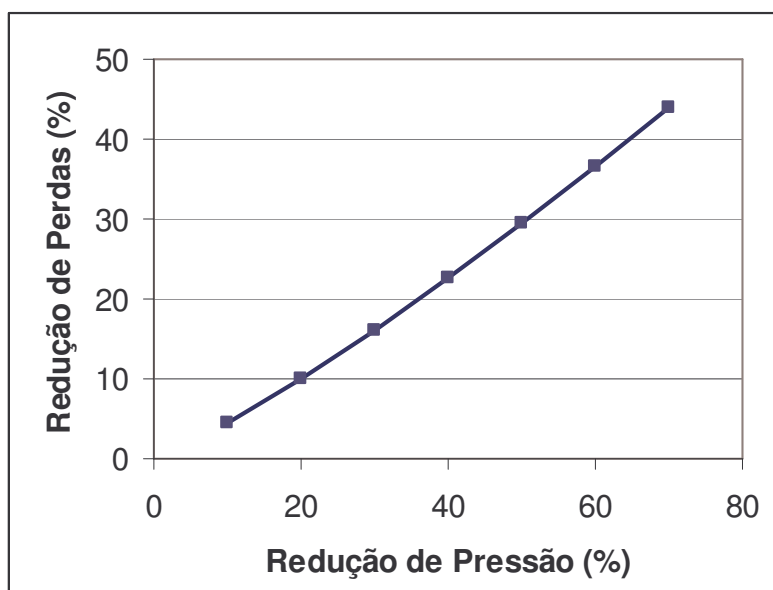


Figura 4.6. Relação entre a pressão e as perdas em redes de distribuição de água (Fonte: Silva, 2004).

O redimensionamento de uma nova rede de menor pressão em cidades como Ribeirão Preto, onde a distribuição de água é feita sem reservação (pois é bombeada diretamente dos poços), requereria um sistema de reservatórios e novas tubulações de maior diâmetro e menor rugosidade, permitindo a redução das perdas de carga e, conseqüentemente, a utilização de pressões reduzidas no sistema.

A perda de carga em adutoras de água pode ser estimada com base na equação de Darcy-Weisbach modificada:

$$h_f = 0,47 * L * Q^{1,75} / D^{4,75} \quad [4.3]$$

Onde h_f é a perda de carga em metros de coluna de água (mca), L é o comprimento da tubulação em metros (m), Q é a vazão em litros por hora (l/h) e D é o diâmetro interno da tubulação em milímetros (mm). O coeficiente de 0,47 é o fator de rugosidade para uma tubulação típica de PVC.

A Figura 4.7 apresenta a perda de carga em função do diâmetro do tubo, para uma adutora de PVC de $L = 10$ km de comprimento e vazão $Q = 500$ l/h. Conforme indica a Figura 4.7, a mudança de uma tubulação de diâmetro de 50 mm para uma de 70 mm reduziria a perda de carga em 40 mca (redução de 80% da perda de carga).

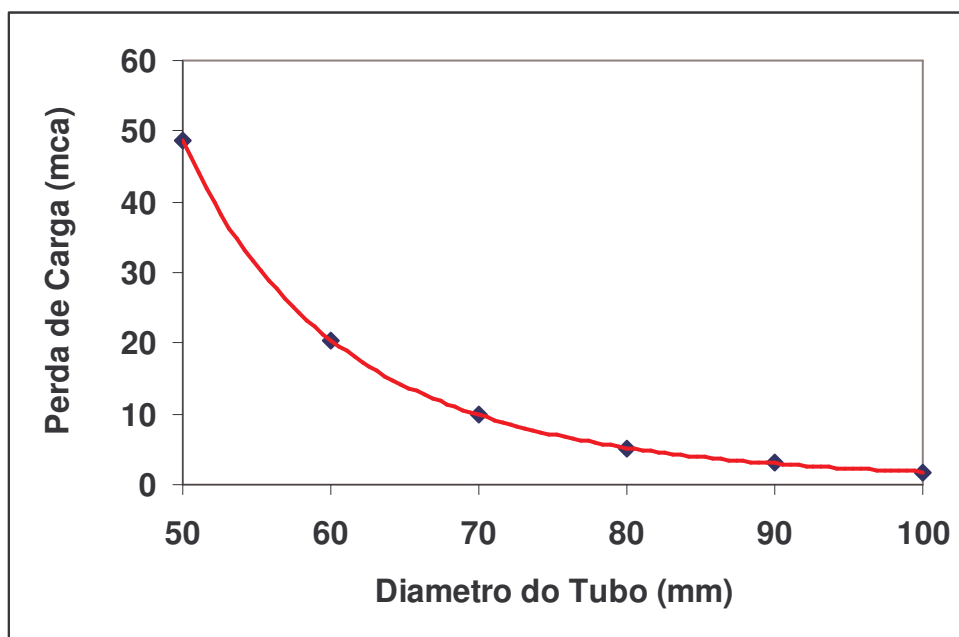


Figura 4.7. Relação entre a perda de carga (mca) na rede e o diâmetro (mm) de uma tubulação de PVC com comprimento de 10 km e vazão de 500 l/h.

As perdas não físicas (comerciais) resultam de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou que fazem medições abaixo do consumo real, de fraudes em hidrômetros, entre outras. Além de falhas no cadastro de consumidores, também há frequentemente falhas no processo de micro-medição. Como frequentemente se confundem com as perdas físicas, as perdas não físicas são de difícil quantificação, requerendo um enfoque integrado para solucionar o problema.

Apesar dos valores de perda da Tabela 4.4 serem comuns a muitas outras cidades brasileiras⁴, ele está muito acima do valor aceitável (20%). Em cidades como Denver (EUA), as perdas de água na rede chegam a ser inferiores a 10%.

Se o valor de 20% for tomado como uma meta de perda para as cidades da área do Projeto Piloto, o volume atual de perda de água passaria de 5,5 milhões de m³ mensais atuais (Tabela 4.4) para 2,7 milhões de m³ (ou seja, uma redução de 51%), como indica a Figura 4.8 abaixo.

⁴ Em Fortaleza (CE), a soma das perdas físicas e não físicas está na faixa de 25%.

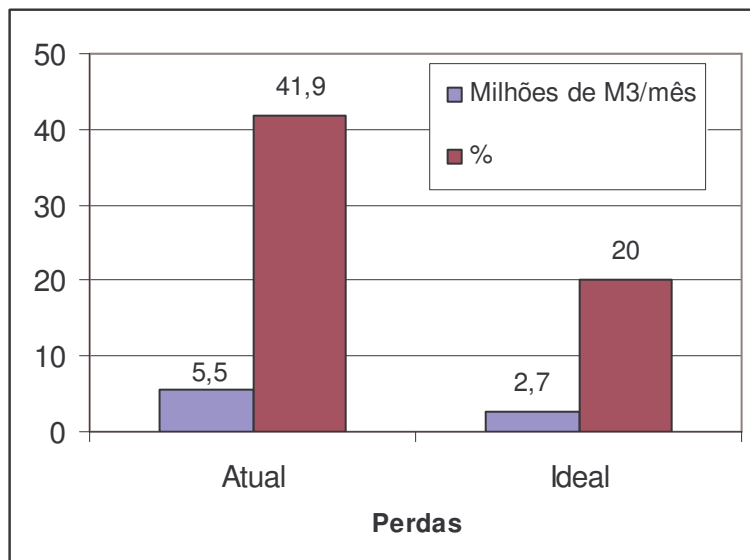


Figura 4.8. Perdas atuais e ideais nos sistemas de abastecimento de água da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto.

A estratégia para a redução de perdas passa pelos processos de planejamento, operação e controle. A Figura 4.9 apresenta a estratégia da Companhia de Água e Esgotos do Ceará – CAGECE, que logrou reduzir as perdas de água de 50% nos anos 1990 para menos de 30% em 2005.

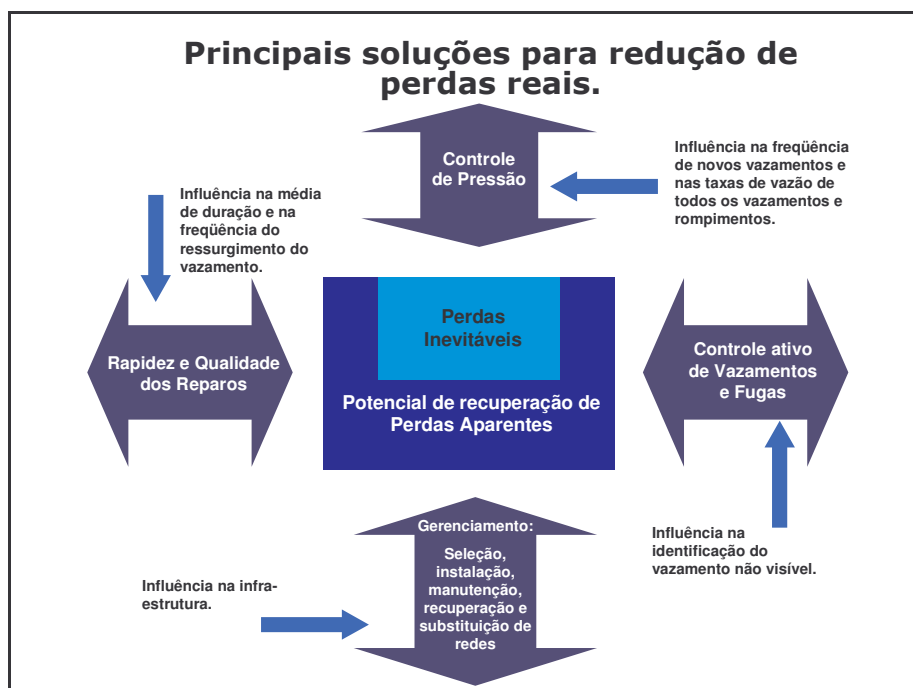


Figura 4.9. Estratégia de Redução de Perdas da CAGECE (CE).



- Substituição das Redes de Distribuição de Água

Considerando que grande parte das redes de distribuição de água das cidades da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto já estão obsoletas, em função de sua idade avançada e dos tipos materiais dos tubos, conexões e válvulas, uma medida possível para a redução das perdas seria a substituição das redes de distribuição de água.

Essa substituição deveria começar pelos setores onde há maiores perdas, e onde a manutenção da rede é mais problemática. Conforme mencionado acima, as adutoras principais devem usar o maior diâmetro possível, e materiais de baixa rugosidade e boa estanqueidade, de forma a reduzir ao máximo as perdas de carga, bem como os riscos de rupturas e vazamentos (Figura 4.10).



Figura 4.10. Detalhe de junta elástica anti-vazamento de tubo de MPVC moderno (Fonte: Tigre S/A).

- Construção de Reservatórios de Água

Outra alternativa que permite a redução das perdas de água no sistema é a construção de reservatórios de água potável em pontos estratégicos das cidades da área Piloto, de forma que a água pudesse ser distribuída de uma maneira contínua e em pressões mais baixas do que as dos sistemas pressurizados por poços, como no caso de Ribeirão Preto. A reservação de água também reduziria o tempo de funcionamento das bombas dos poços, uma vez que o sistema operaria por gravidade, 24 h por dia (Figura 4.11).



Figura 4.11. Reservatório de água elevado.

Em sistemas com reservatórios elevados, como a pressão é mantida todo o tempo no sistema de distribuição, há também uma redução do risco de contaminação cruzada por esgotos, quando há eventuais vácuos (sub-pressão) repentinos na rede.

A questão sanitária da manutenção permanente de pressão na rede é tão importante nos EUA e em alguns países da Europa, que, não existem, nesses locais, caixas d'água residenciais. Nesses lugares, os reservatórios elevados têm pressão e vazão suficiente para suprir todo o sistema de distribuição, até o consumidor final. Infelizmente, este fato é ainda desconsiderado no Brasil, gerando riscos de contaminação cruzada na rede de distribuição de água, resultando frequentemente em doenças infecciosas.

Para que um sistema de reservatórios elevados seja eficaz, devem ser escolhidos pontos estratégicos elevados de forma a abastecer a maior área possível. A Figura 4.12 mostra as áreas ideais de implantação de reservatórios elevados na cidade de Ribeirão Preto, ou seja, as áreas com cotas superiores a 600 m, definidas com o apoio do SIG.

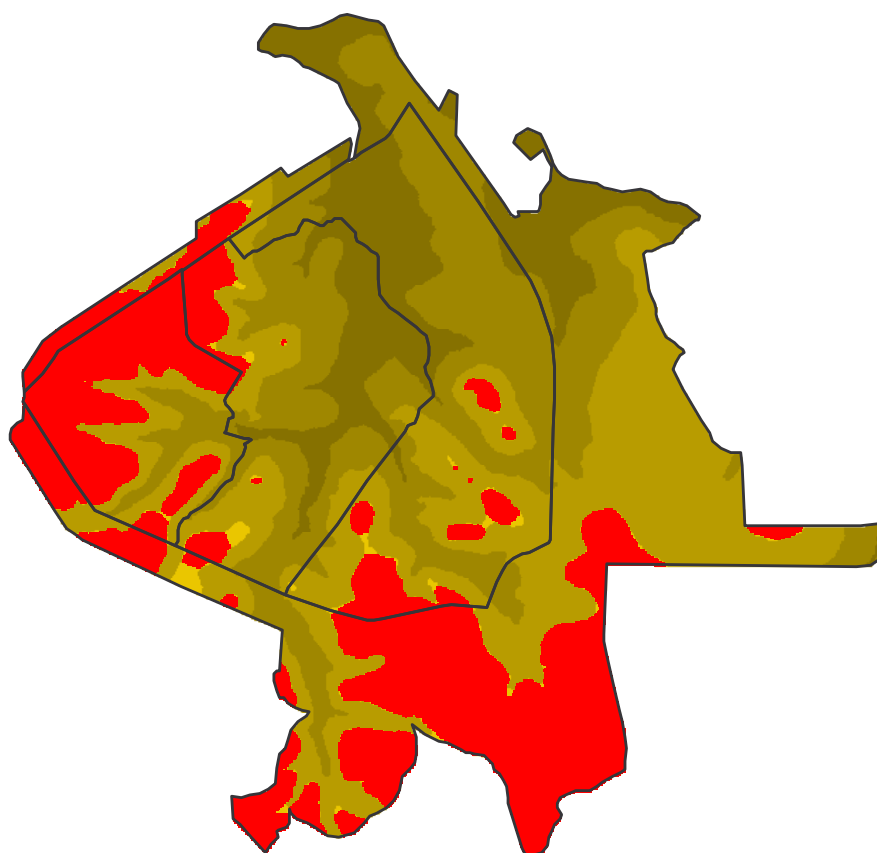


Figura 4.12. Áreas da cidade de Ribeirão Preto com cota superior a 600 m (em vermelho), propícias à instalação de reservatórios elevados.

De acordo com a Figura 4.12, as cotas mais elevadas (em vermelho) da cidade de Ribeirão Preto estão na periferia da cidade, estando sua zona central numa depressão (excetuando-se dois pequenos pontos elevados). Entretanto, há áreas elevadas imediatamente vizinhas ao centro (à leste e à oeste), que permitem a instalação de reservatórios elevados, de forma a cobrir boa parte da cidade.

- Controle Automatizado de Macro-alocação de Água

O controle automatizado da macro-alocação de água é uma das formas mais efetivas para a redução das perdas nos sistemas de abastecimento público de água. No caso da Companhia de Água e Esgotos do Estado do Ceará – CAGECE, a implantação desse sistema integrado em Fortaleza permitiu uma redução de perdas superior a 40%, gerando uma economia de água equivalente a 6 m³/s (ou 15,5 milhões de m³/mês, mais do que toda a produção de água da área do Projeto Piloto).



O sistema automatizado de macro-alocação de água da CAGECE é feito através de uma central de operação, com computadores e softwares que permitem identificar alterações bruscas na pressão e vazão em pontos chaves das redes, onde são instalados sensores e válvulas que permitem o fechamento imediato de ramais com vazamentos.

Este tipo de sistema automatizado de macro-alocação poderia ser implantado em cidades como Ribeirão Preto, o qual poderia proporcionar uma redução significativa das perdas de água na rede de macro-distribuição.

- Processos Integrados de Macro e Micro-medição de Água

Apesar de o DAERP de Ribeirão Preto estar realizando no presente momento a substituição dos hidrômetros da cidade, o que por si só já reduz parte do problema de perdas por não faturamento, é importante que seja implantado um processo de fiscalização contra o vandalismo e a fraude dos medidores de água.

Entretanto, mesmo quando identificados, os fraudadores de hidrômetros sofrem quase ou nenhuma punição. Neste caso, leis mais rigorosas, com pesadas multas e processos criminais poderiam vir a reduzir o número de fraudes nos hidrômetros e ligações ilegais na rede de distribuição.

Perdas físicas e não físicas poderiam ser identificadas através da comparação entre a macro-medição em pontos dos ramais da rede, com a micro-medição, conforme indica a Figura 4.13.

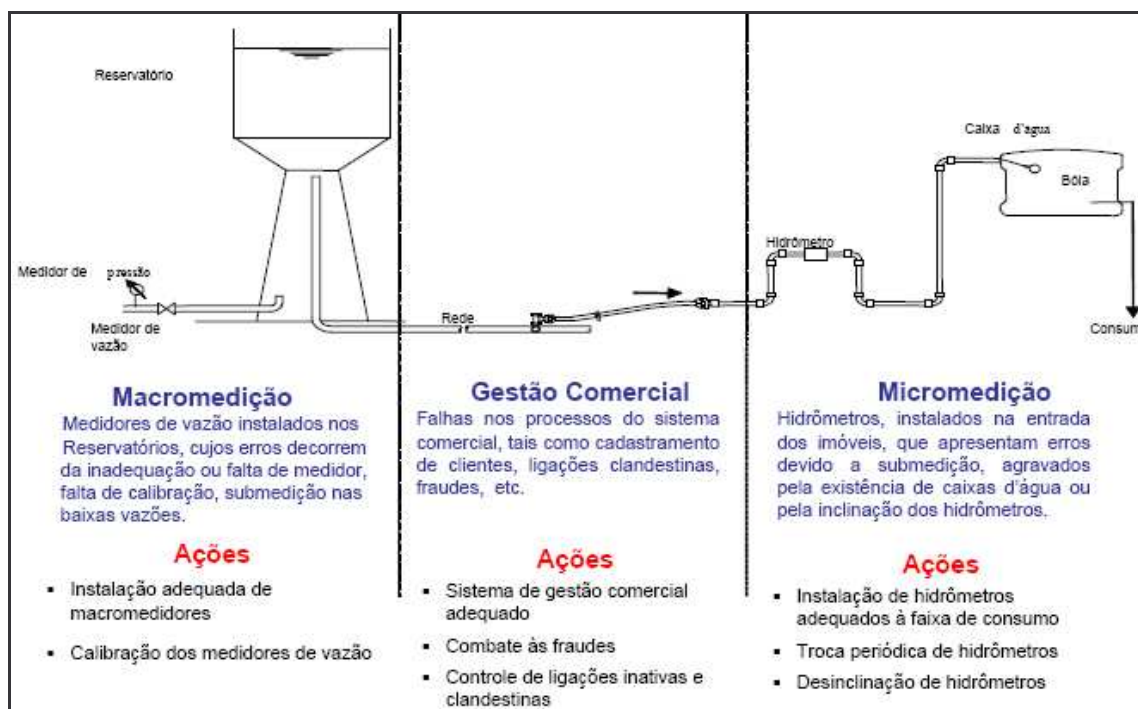


Figura 4.13. Sistema de redução de perdas através de macro e micro-medição.
(Fonte: Sabesp)



- Cobrança pelo Uso da Água Subterrânea

Uma das práticas mais eficazes de gestão da demanda é a implementação da cobrança pelo uso da água bruta. Este instrumento econômico, que visa estabelecer um pagamento proporcional ao uso da água bruta e ao lançamento de esgotos, já é aplicado a algumas bacias hidrográficas do Brasil, mas ainda não para água subterrânea.

A cobrança pelo uso da água superficial e lançamento de efluentes já é feita no Estado de São Paulo em duas bacias federais: no rio Paraíba do Sul e no rio Piracicaba. No caso deste último, cobrança pelo uso da água (excetuando-se irrigação) se dá em função do volume efetivamente consumido, ou seja:

$$\text{Valor}_{\text{cons}} = (Q_{\text{capT}} - Q_{\text{lançT}}) \times \text{PUB}_{\text{cons}} \times (Q_{\text{cap}} / Q_{\text{capT}}) \quad [4.4]$$

onde:

$\text{Valor}_{\text{cons}}$ = pagamento anual pelo consumo de água;

Q_{cap} = volume anual de água captado em m^3 (igual ao $Q_{\text{cap med}}$ ou igual ao $Q_{\text{cap out}}$ se não existir medição, em corpos d'água de domínio da União);

Q_{capT} = volume anual de água captado total em m^3 (igual ao $Q_{\text{cap med}}$ ou igual ao $Q_{\text{cap out}}$ se não existir medição, em corpos d'água de domínio da União, dos Estados mais aqueles captados diretamente em redes de concessionárias dos sistemas de distribuição de água);

$Q_{\text{lançT}}$ = volume anual de água lançado total, em m^3 , (em corpos d'água de domínio dos Estados, da União ou em redes públicas de esgotos);

PUB_{cons} = Preço Unitário Básico para o consumo de água (igual a R\$ 0,02/ m^3).

Estima-se que o valor arrecadado pela cobrança do uso de água na bacia do rio Piracicaba esteja na faixa de R\$ 20 milhões/ano, o que é insuficiente para atender às várias necessidades de gestão de recursos hídricos na bacia.

Até o presente momento, o CBH-Pardo ainda não autorizou a cobrança pela água (superficial ou subterrânea) na bacia do Rio Pardo. Entretanto, sua Câmara Técnica de Água Subterrânea está examinando o assunto no presente momento.

Considerando que a bacia do rio Pardo é de domínio estadual e, portanto, devendo seguir os critérios do Decreto Estadual No. 50.667/06, o valor máximo



legal para a cobrança de uso da água subterrânea, se implantada na bacia, seria de R\$ 0,015 /m³ (Tabela 3.1).

Esse valor é muito baixo⁵ para poder dar ao instrumento de cobrança sua eficácia esperada. No caso do Ceará, as tarifas de cobrança são superiores aos praticados no rio Paraíba do Sul e no Piracicaba e, em consequência disso, os valores arrecadados naquele estado são iguais ou superiores à essas duas regiões, apesar de ser uma região muito mais pobre (Tabela 4.5).

Tabela 4.5. Valores de cobrança de água bruta no Brasil (Fonte: Ramos, 2007).

Cobrança pelo uso da água no Brasil						
Estado / Bacia	Setor usuário	Captação por m ³	Consumo por m ³	DBO por Kg	Arrecadação Total Estimada	Arrecadação per capita*
Piracicaba	Domést/ industrial	R\$ 0,01 a R\$ 0,015 US\$ 0,004 a US\$ 0,006	R\$ 0,02 US\$ 0,009	R\$ 0,10 US\$ 0,04	R\$ 20 milhões/ano	R\$ 4,5 /hab.ano US\$ 1,8 /hab.ano
Paraíba do Sul	Domést/ industrial	R\$ 0,008 US\$ 0,003	R\$ 0,02 US\$ 0,009	R\$ 0,02/m ³ não tratado US\$ 0,009/m ³ não tratado	R\$ 10 milhões/ano	R\$2 /hab.ano US\$ 0,8 /hab.ano
Ceará	Industrial	R\$ 0,80 / US\$ 0,32		-	R\$ 20 milhões/ano	R\$ 2,7 /hab.ano US\$ 1,1 /hab.ano
	Domést.	R\$ 0,026 a R\$ 0,055 / US\$ 0,01 a US\$ 0,02		-		

De acordo com a Tabela 4.5, os valores de cobrança de água no Ceará variam de R\$ 0,01 a R\$ 0,80 por metro cúbico, indicando que é possível a adoção de tarifas maiores no Brasil.

Na Tabela 4.6, são apresentados os valores potenciais resultantes da cobrança por água subterrânea na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, considerando o valor máximo estabelecido pela atual legislação paulista, de R\$ 0,015/m³.

⁵ Excetuando-se a tarifa agrícola de água subterrânea, que deve ser inferior ao valor da tarifa urbana.



Tabela 4.6. Valores potenciais de receita de cobrança de água subterrânea na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, usando o valor do teto estadual de R\$ 0,015/m³.

Município	Produção Mensal (m ³ /mês)	Captaç. Subter. (%)	Produção Subterr. (m ³ /mês)	Receita Potencial (R\$/mês)
Altinópolis	105.000	30	31.500	473
Cravinhos	362.250	80	289.800	4.347
Jardinópolis	636.940	90	573.246	8.599
Rib. Preto	10.116.000	100	10.116.000	151.740
Serrana	175.000	100	175.000	2.625
Sertãozinho	2.029.771	100	2.029.771	30.447
Área Piloto	13.424.961	98,3	13.215.317	198.231

De acordo com a Tabela 4.6, se a cobrança por água subterrânea fosse implementada nas cidades da área do Projeto Piloto, e se fosse usado o teto da tarifa estadual (R\$ 0,015/m³), a receita arrecadada seria inferior a R\$ 200 mil/mês. Este valor é irrisório, considerando-se uma população de mais de 800 mil habitantes, com uma das maiores rendas per capita do País.

Para que pudesse ser efetiva e pudesse cumprir seu papel de instrumento econômico de gestão de demanda, a tarifa de água subterrânea deveria muito superior ao valor do atual teto estadual. Isso garantiria recursos necessários para a adequada gestão da oferta e da demanda de água na área do Projeto Piloto.

A Figura 4.14 mostra uma simulação da receita potencial da cobrança de uso da água subterrânea nas cidades da área do Projeto Piloto R. Preto, usando a tarifa máxima da legislação atual (R\$ 0,015/m³) e uma tarifa dez vezes maior (R\$ 0,15/m³), semelhante às tarifas praticadas no Estado do Ceará. Multiplicando-se o valor da tarifa da cobrança por 10, a receita indicada na Tabela 4.6 aumentará proporcionalmente, chegando a praticamente R\$ 2 milhões/mês, equivalentes a R\$ 24 milhões/ano.

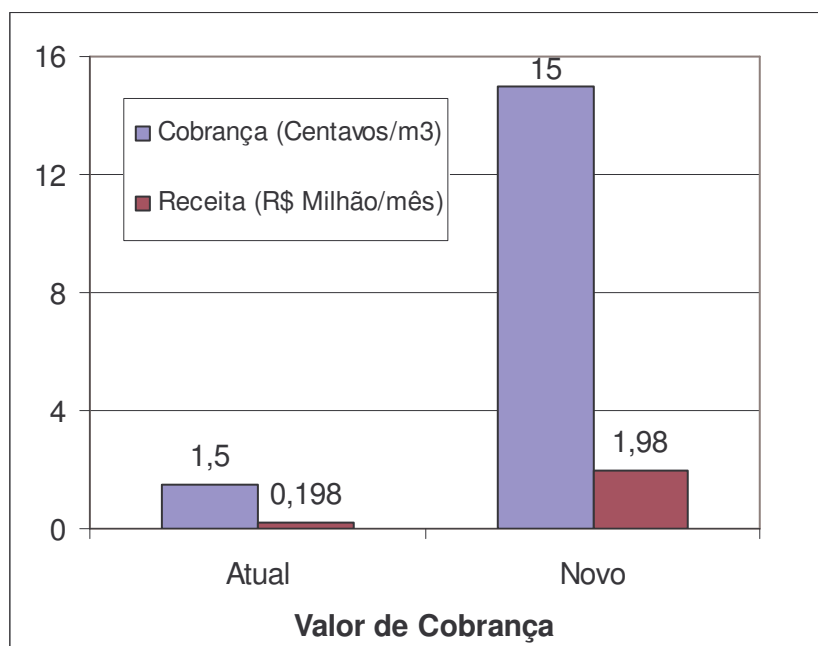


Figura 4.14. Valores unitários de cobrança de uso de água subterrânea, e receitas geradas com a atual legislação e na situação majorada.

Entretanto, para que esse aumento de tarifa pudesse ocorrer na área do Projeto Piloto, a Câmara Técnica de Água Subterrânea do CBH-Pardo, depois de reconhecer a importância da gestão da demanda de água subterrânea na área do Projeto Piloto, poderia propor ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos a revisão do Decreto No. 50.667/06, de forma que a tarifa de água subterrânea fosse aumentada para níveis que garantissem sua sustentabilidade.

Os impactos econômicos, sociais e ambientais das duas tarifas de cobrança de uso de água são avaliados de maneira integrada, através da análise multi-critério, em item específico adiante.

- Planejamento Urbano

Uma outra alternativa de gestão da demanda de água em áreas urbanas é o planejamento urbano, buscando-se uma densidade ótima de unidades residenciais por área.

Estudos realizados nos EUA indicam que quanto maior o tamanho do lote urbano, maior é o consumo per capita de água, em função de maiores necessidades, tais como irrigação de jardins e pomares, piscinas, etc. A Figura 4.15 abaixo mostra a relação existente entre a densidade residencial e o consumo per capita de água naquele país.

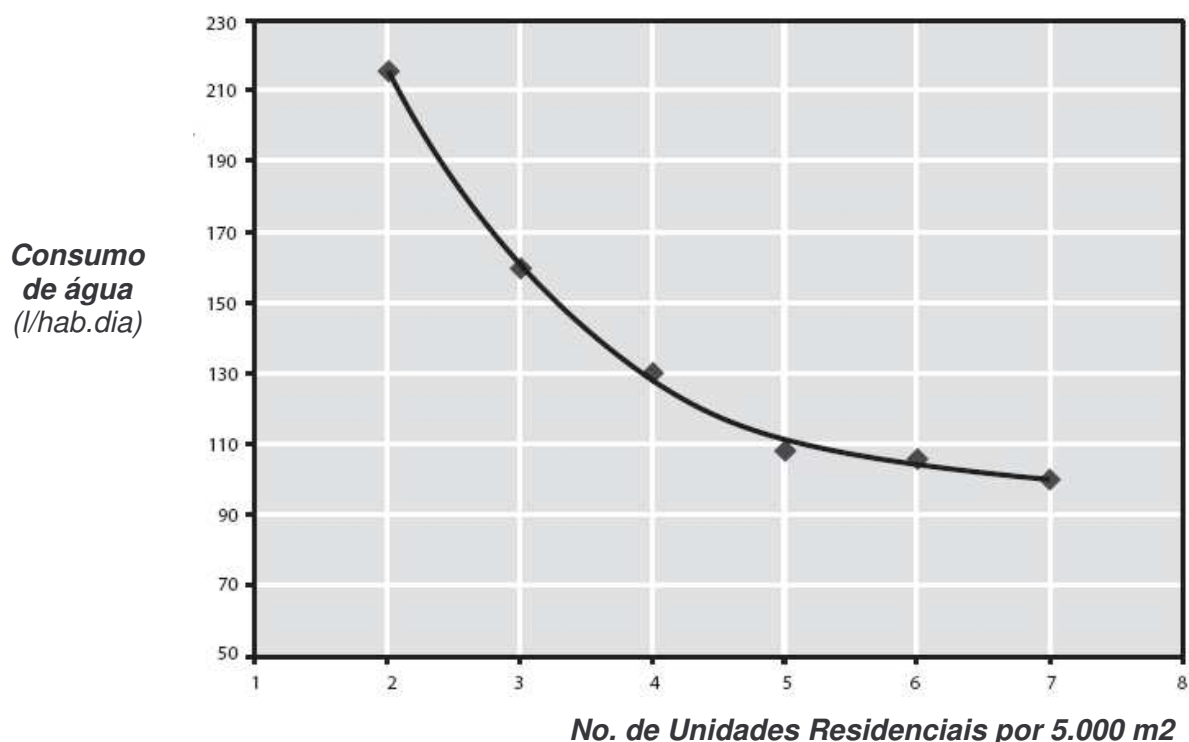


Figura 4.15. Relação entre a densidade residencial e o consumo de água per capita (Fonte: USEPA).

Assim, em cidades onde há escassez de água, deve-se incentivar a urbanização em lotes menores, com menor consumo de água per capita. Isso pode ser conseguido através de zoneamentos e legislações, estabelecendo tamanho máximo de lotes por bairro, bem como tetos de volumes mensais de fornecimento de água.

4.3. Alternativas de Proteção das Áreas de Recarga da Área do Projeto Piloto Ribeirão Preto

Como existem distintos potenciais e riscos de contaminação das áreas de recarga do aquífero Guaraní na área do Projeto Piloto, em função do tipo de contaminação (pontual, difuso, urbano, rural etc.), as alternativas e medidas de proteção propostas nesse Estudo serão divididas em proteção de áreas rurais, proteção de fontes pontuais, proteção de áreas urbanas, e proteção de vias de transporte. Essas alternativas e medidas são propostas nos sub-itens a seguir.

4.3.1. Medidas de Proteção contra a Contaminação das Áreas Rurais

Partindo-se do potencial de contaminação das áreas rurais de recarga do aquífero Guaraní por defensivos agrícolas (Figura 2.12) e de risco de aplicação de vinhaça nas lavouras (Figura 2.8), e considerando que o potencial de



contaminação global (P_{cg}) é dado pela equação 2.4, buscou-se a proposição de medidas que reduzam P_{cg} nas áreas rurais da área Piloto.

Dentre essas medidas, estão as boas práticas de manejo agrícola (BPM), tais como:

- Manejo Integrado de Pragas (MIP), que busca a aplicação de defensivos de tipos e doses adequados à necessidade (sem excesso), e utilização, sempre que possível, de controle biológico de pragas. Em ambos os casos, o volume de agro-químicos aplicado é reduzido de forma significativa, reduzindo assim o risco à contaminação;
- Zoneamento das Áreas de Aplicação de Vinhaça, em função da vulnerabilidade e do risco de contaminação dos aquíferos;
- Desapropriação de Áreas de Alto Risco de Contaminação, para fins de criação de áreas de proteção de mananciais;
- Cultivo Mínimo e Plantio Direto (PD), que dificulta o crescimento de ervas daninhas e a proliferação de pragas, reduzindo a necessidade de pulverização de defensivos;
- Rotação de Culturas (RC), que minimiza a incidência de ervas, pragas e doenças nas lavouras, reduzindo a necessidade de aplicação de defensivos agrícolas.

No caso da cana de açúcar, que é a cultura dominante na área do Projeto Piloto, essas práticas têm sido implementadas com relativo sucesso, pois além de tudo elas proporcionam maiores produtividades agrícolas e maior lucro aos produtores.

Entretanto, de forma a estimar o serviço ambiental das boas práticas, deve-se buscar uma maneira de quantificar a redução do potencial de contaminação de aquíferos, seja pela aplicação de defensivos ou pela utilização de vinhaça como fertilizante. Das possíveis medidas listadas acima, as três primeiras serão examinadas em detalhe abaixo.

- Redução do Potencial de Contaminação de Defensivos Agrícolas

Vimos, no item 2.2 anterior, que o potencial global de contaminação das lavouras de cana em uma propriedade pode ser expresso pela equação:

$$P_{cg} = \sum P_{ci} = \sum [(Prop \cdot Tox \cdot GUS) / 1000] \quad [4.5]$$

Onde P_{ci} é o potencial de contaminação total de cada um dos herbicidas usados na lavoura, durante o ano.



Dessa forma, para reduzir o potencial de contaminação global, deve-se buscar a redução de um ou mais dos 3 fatores que compõem o P_{cg} , ou seja, *Prop*, *Tox* ou *GUS*.

Considerando que o potencial global de contaminação das áreas de cana do Projeto Piloto foi de 0,68 (classificado como médio de acordo com a Tabela 2.3), uma alternativa seria a proposição da utilização, pelos produtores na área do Projeto Piloto, de um pacote de herbicidas que resultassem em um menor valor de P_{cg} .

Recentemente, foi desenvolvido pela Agência Nacional de Águas um projeto de pagamento por serviço ambiental relativo à redução de erosão em propriedades rurais, denominado Programa do Produtor de Água (Chaves et al., 2004). Este Programa está sendo implantado, em nível piloto, na bacia do Rio Piracicaba, não muito distante da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto.

Adotando-se uma filosofia semelhante ao Programa do Produtor de Água/ANA, propôs-se, no presente Estudo, que o serviço ambiental gerado por produtores de cana (ou de outro produto agrícola) seja proporcional à redução do risco de contaminação por defensivos, em função do uso de ingredientes ativos menos agressivos. Essa redução do risco de contaminação é dada pela equação 4.6 abaixo:

$$\Delta P_{cg} = 100 [1 - (P_{cg1} / P_{cg0})] \quad [4.6]$$

Onde ΔP_{cg} (%) = redução relativa do potencial de contaminação de aquíferos por defensivos, P_{cg0} = potencial de contaminação na condição anterior, e P_{cg1} = potencial de contaminação na condição após a mudança para defensivos ambientalmente mais amigáveis. Estes dois últimos são calculados através da equação 4.5.

Assim, dependendo do percentual de redução do potencial de contaminação obtido por um produtor rural participante do Programa, poder-se-ia bonificá-lo com incentivos financeiros ou fiscais, conforme sugere a Tabela 4.7 abaixo.

Tabela 4.7. Classes de redução de potencial de contaminação e de bonificação a produtores.

	Valor de ΔP_{cg}		
	25 – 50%	51 – 75%	> 75%
Bônus*	100	150	200

* Valores relativos, tomando-se em conta a menor redução, a serem definidos pelo agente responsável pela implementação do Programa.



Para exemplificar a estimativa do serviço ambiental, gerado pela redução do potencial de contaminação de um produtor participante de um Programa como esse, suponhamos que o valor do potencial de contaminação por defensivos anterior seja o calculado no Capítulo 2 para a área Piloto, ou seja, $P_{cg} = 0,68$ (dado pela equação 4.5 e pelos valores individuais de P_{ci} , na Figura 4.16 abaixo).

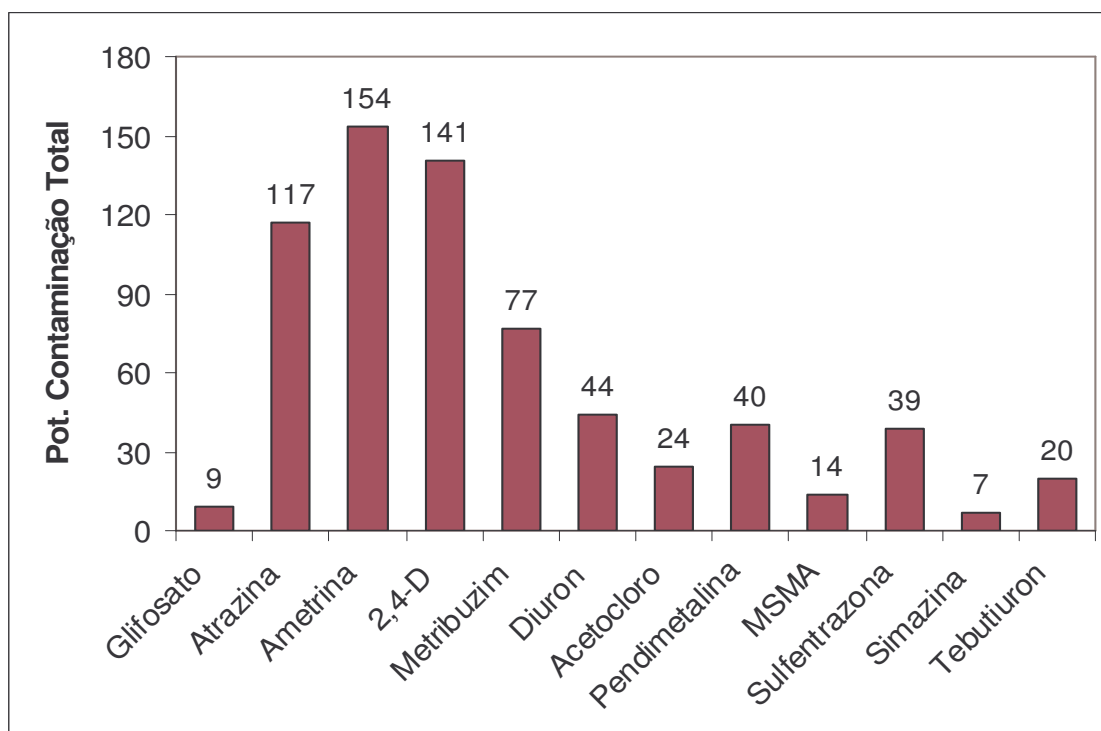


Figura 4.16. Valores do potencial de contaminação total de aquíferos (P_{ci}) dos herbicidas usados nas lavouras de cana de açúcar na região de Ribeirão Preto, considerando-se os volumes totais aplicados.

Supondo agora que o produtor participante passasse a usar um pacote de herbicidas semelhante ao da Figura 4.16 acima, porém sem aqueles de maior risco de contaminação (atrazina, ametrina e 2,4-D). Com isso, o novo potencial global de contaminação de aquíferos seria $P_{cg} = 0,27$ (pela equação 4.5). O valor da redução do potencial de contaminação seria então:

$$\Delta P_{cg} = 100 [1 - (P_{cg1} / P_{cg0})] = 100 [1 - (0,27 / 0,68)] = 60,3\%$$

Assim, com a utilização de um pacote de defensivos de menor potencial de contaminação, haveria uma redução absoluta de 0,41 e relativa de 60,3%, comparativamente ao valor inicial de P_{cg} . De acordo com a Tabela 4.7, o bônus correspondente a esse produtor seria de 150 unidades monetárias (tomando como base que 100 unidades seriam pagos ao participante com uma redução entre 25 e 50% de P_{cg}).



A Figura 4.17 mostra os valores antes e depois da adoção do novo pacote de defensivos, e a redução observada em P_{cg} no exemplo acima.

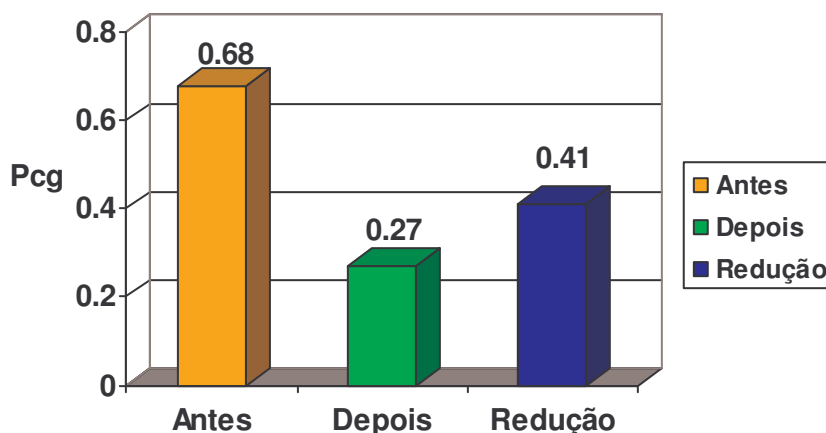
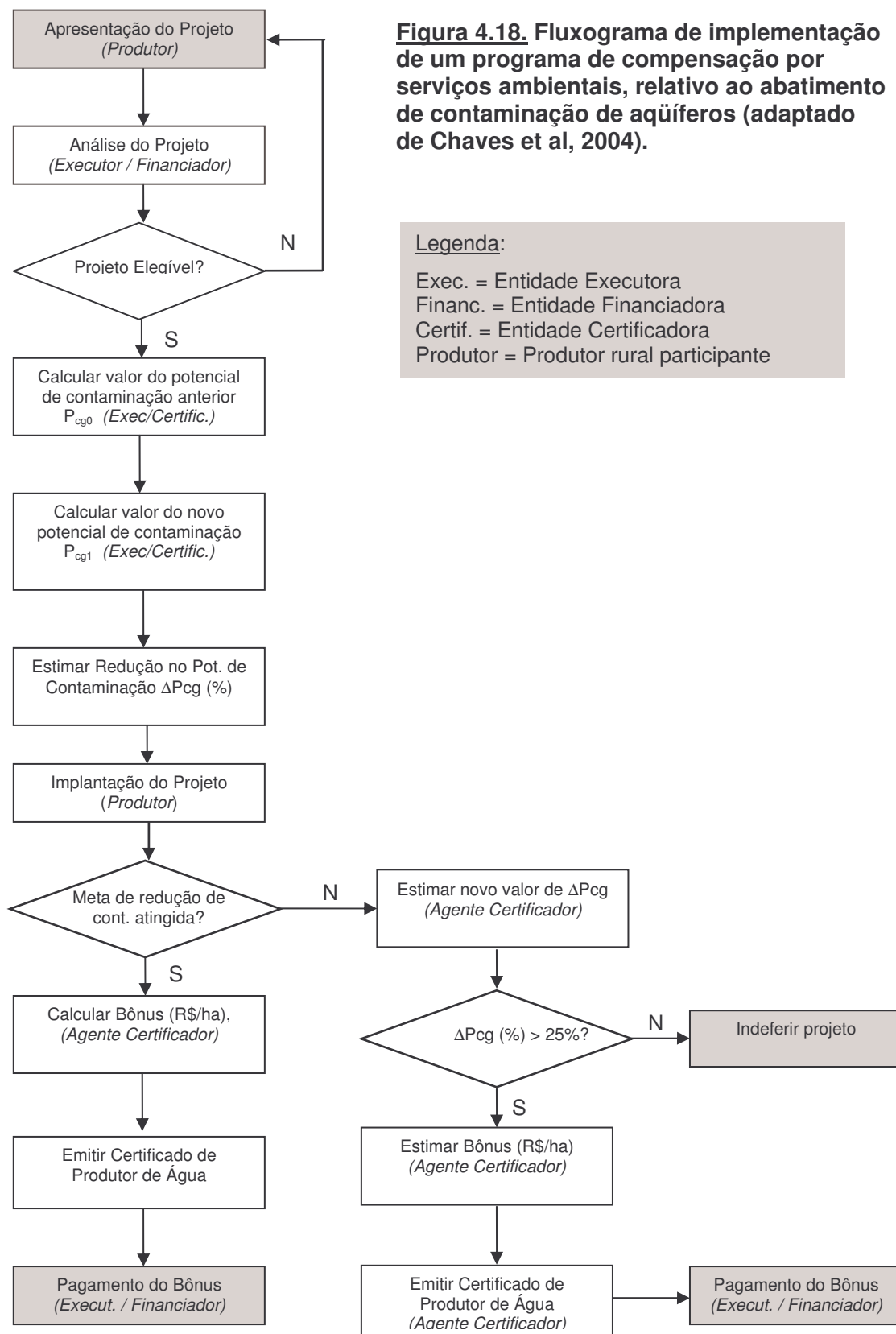


Figura 4.17. Valores do potencial de contaminação antes e depois da adoção de defensivos menos agressivos, e a redução absoluta observada no P_{cg} .

Valores de bônus aos produtores (em R\$/ha.ano) podem ser definidos pelos Comitês de Bacias Hidrográficas da região do Projeto, depois que estudos econômicos sejam realizados. No caso do Produtor de Água da ANA, os valores sugeridos para a Tabela 4.7 foram R\$ 100, 150 e 200 por hectare por ano. Parte do financiamento de um projeto como esse poderia vir dos recursos de cobrança pelo uso da água subterrânea na bacia do Rio Pardo, conforme estabelece a Lei No. 9.433/97.

É muito importante que esse tipo de Programa seja transparente e de caráter voluntário, de forma a atrair o produtor rural. Outros incentivos, como certificados de reconhecimento ou selos verdes, podem ser usados pelo promotor do Programa de forma que os produtores participantes possam diferenciar seus produtos no mercado.

A Figura 4.18 abaixo apresenta um fluxograma de implementação de um projeto de proteção de aquíferos, baseado na filosofia do Programa do Produtor de Água da ANA.





Outra alternativa de financiamento de programas de pagamento por serviço ambiental é o ICMS-Verde. Nesse tipo de programa, produtores que aportam serviços ambientais, como o exemplo acima, recebem repasses oriundos do ICMS estadual. Isso já é feito em Estados como o Paraná e Mato Grosso, para o reflorestamento de áreas de reserva, acima dos limites legais.

- Zoneamento de Áreas de Aplicação de Vinhaça

No tocante à vinhaça, sugere-se que seja feito um zoneamento das áreas agrícolas na região do Projeto Piloto, de forma a impedir que este subproduto da fabricação do álcool seja aplicado em áreas de alta vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea.

Esse zoneamento pode considerar 2 regiões básicas, estabelecendo critérios para a aplicação de vinhaça em cada uma, como o indicado abaixo:

- Nas áreas de baixa e média vulnerabilidade de contaminação de aquíferos, definidas pela Figura 2.1, ou seja, onde há teor de argila suficiente para permitir adsorção dos cátions e ânions potencialmente danosos à água subterrânea, as doses máximas de aplicação de vinhaça seguiriam a Normativa Cetesb P4.231/06, dada pela seguinte equação:

$$D.M. = [(0,05 \text{ CTC} - K_s) \cdot 3744 + 185] / K_{vi}$$

Onde: D.M. (m^3/ha) = dosagem máxima permitida de vinhaça;
CTC (cmolc/dm^3) = capacidade de troca de cátions do solo;
 K_s (cmolc/dm^3) = concentração de potássio no solo (0-80cm);
 K_{vi} ($\text{kg K}_2\text{O}/\text{m}^3$) = concentração de potássio na vinhaça.

- Nas áreas de alta vulnerabilidade de contaminação de aquíferos, definidas na Figura 2.1, em função de seu baixo teor de argila, alta permeabilidade e proximidade do lençol freático, a aplicação de vinhaça seria proibida. Essas áreas, que representam apenas 4,4% (8.924 ha) da área agrícola da região do Projeto Piloto, são identificadas na Figura 4.19 abaixo.

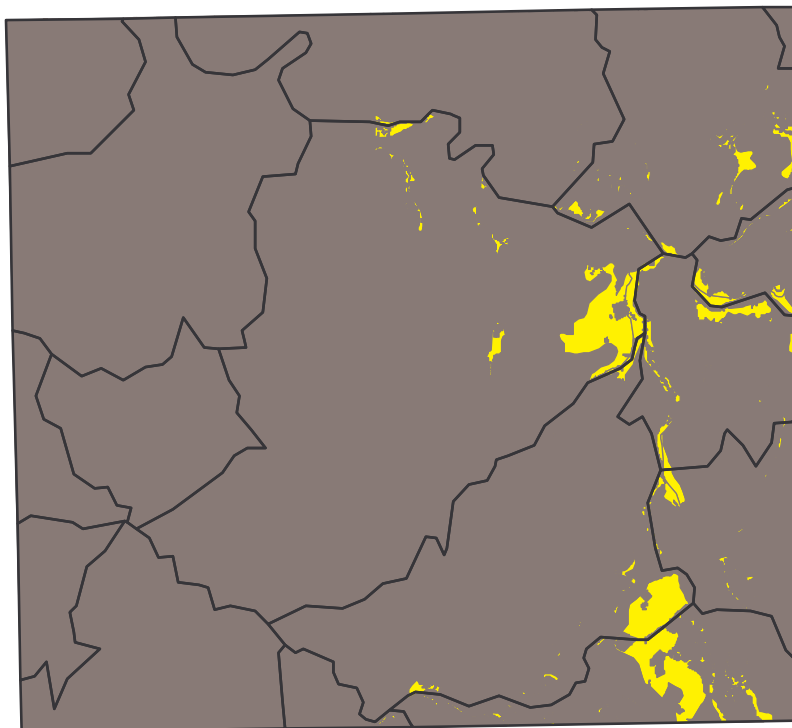


Figura 4.19. Áreas de lavoura com alta vulnerabilidade à contaminação de aquíferos, onde a aplicação de vinhaça nas lavouras seria proibida (em amarelo).

- Desapropriação de Terras com Alto Risco de Contaminação de Aquíferos

Uma vez identificadas as áreas de alto risco a contaminação de aquíferos, seja por defensivos ou vinhaça, uma possível alternativa de reduzir os eventuais impactos à água subterrânea seria zoneá-la de acordo com sua vulnerabilidade e aptidão agrícola.

Como visto anteriormente, um total de 8.924 hectares, representando 4,4% da área agrícola da região do Projeto Piloto, apresentam alto risco à contaminação por defensivos ou vinhaça, conforme indica a Figura 4.19 acima.

Como é uma área relativamente pequena, e considerando sua aptidão agrícola reduzida (em função do baixo teor de argila), bem como sua alta vulnerabilidade à contaminação, há duas destinações possíveis para essas áreas:

- Serem classificadas como áreas de atividades de baixo impacto, tais como agricultura orgânica e pastagem; ou
- Serem desapropriadas para fins de reflorestamento, com a criação de parques ou reservas florestais. Neste último caso, em algumas dessas áreas, mais próximas de centros urbanos, poderiam ser implantados como campos de poços, conforme discutido anteriormente.



Ambos os casos podem ser definidos através de Lei ou Decreto específico, pelo Estado de São Paulo ou pelos municípios afetados. Entretanto, um dos empecilhos para isto é o alto preço do hectare de terra na região, mesmo as de menor qualidade. A Figura 4.20 abaixo lista o preço médio da terra na região de Ribeirão Preto, em função de sua produtividade agrícola.

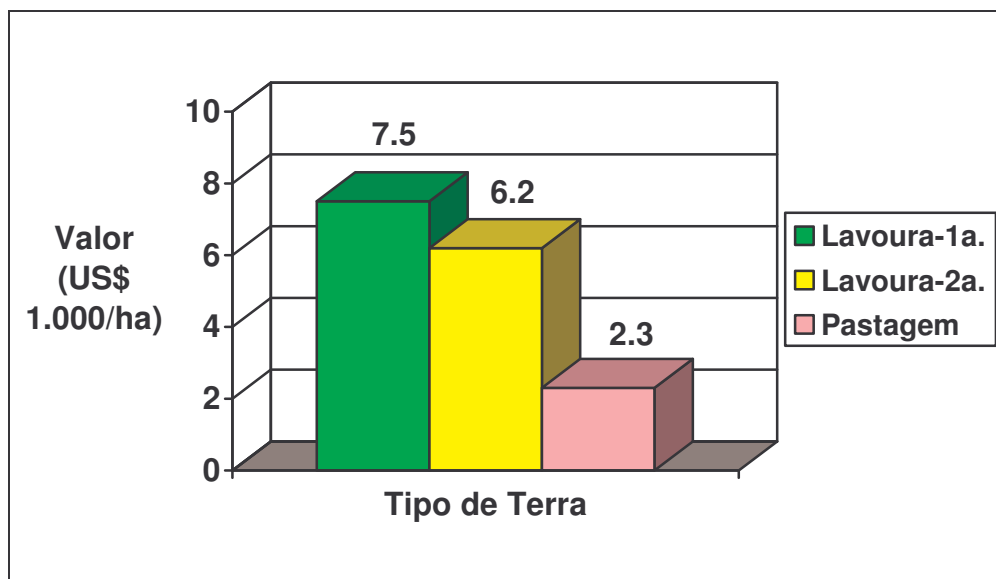


Figura 4.20. Preço médio da terra em Ribeirão Preto, em função da sua produtividade (Fonte: IEA, 2008).

De acordo com a Figura 4.20, e tomando-se o valor da pior terra (com aptidão para pastagem), a desapropriação das áreas de risco à contaminação na área do Projeto Piloto custaria US\$ 20,5 milhões, ou cerca de R\$ 37 milhões, sem contar com os custos de reflorestamento e vigilância. Entretanto, considerando o montante de serviço ambiental prestado, relativamente à proteção de áreas de recarga, uma inversão nesse sentido seria perfeitamente justificável, e facilmente recuperada através de recursos de cobrança pelo uso da água.

- Monitoramento da Lixiviação de Contaminantes no Solo e Sub-solo

Um aspecto muito importante no controle da contaminação de aquíferos em áreas rurais é o monitoramento da zona vadosa e da zona saturada do solo, através de lisímetros e piezômetros.

Para isso, alguns pontos de alto e médio risco de contaminação, identificados nas Figuras acima, podem ser escolhidos, e monitorados periodicamente. Amostras de solução nas zonas supra-citadas podem ser então coletadas, e parâmetros como nitratos, fosfatos, bem como ingredientes ativos de herbicidas e inseticidas, analisados periodicamente.



A Figura 4.21 mostra uma bateria de lisímetros com diferentes profundidades (20, 40, 60 e 100 cm), capazes de amostrar a solução no perfil do solo, identificando eventuais lixiviações de defensivos e de vinhaça.



Figura 4.21. Lisímetros de diferentes comprimentos (Fonte: Soilmoisture).

O órgão responsável pelo monitoramento da água subterrânea no Estado de São Paulo é a CETESB. Entretanto, até o momento, esse monitoramento inclui apenas poços, muitos deles profundos. Essa amostragem poderia ser grandemente enriquecida com a instalação de lisímetros.

4.3.2. Medidas de Proteção contra a Contaminação de Áreas Urbanas

- Medidas de Proteção e Monitoramento

As medidas de proteção mais eficazes contra a contaminação dos aquíferos e das zonas de recarga são as preventivas, uma vez que as corretivas, tais como a descontaminação da água subterrânea, é um processo lento e extremamente caro.

Para áreas urbanizadas, depois do levantamento das áreas mais vulneráveis e de maior risco de contaminação, conforme apresentado anteriormente nesse Relatório, podem ser implementadas as seguintes medidas:

- Zoneamento das áreas urbanas relativo ao risco de contaminação;



- Estabelecimento de critérios de armazenamento, operação e manuseio de produtos potencialmente causadores de contaminação;
- Monitoramento periódico de áreas de risco de contaminação;
- Estabelecimento de medidas de contingência e capacitação dos atores envolvidos para sua execução;
- Estabelecimento de legislações relativas à proteção de áreas de recarga de aquíferos, inclusive com punições para os infratores.

Tomando-se o caso de Ribeirão Preto, que pode servir de exemplo para outras cidades situadas sobre a zona de recarga do SAG na área do Projeto Piloto, as áreas vulneráveis à contaminação estão situadas na porção leste da cidade (Figura 4.22, abaixo).

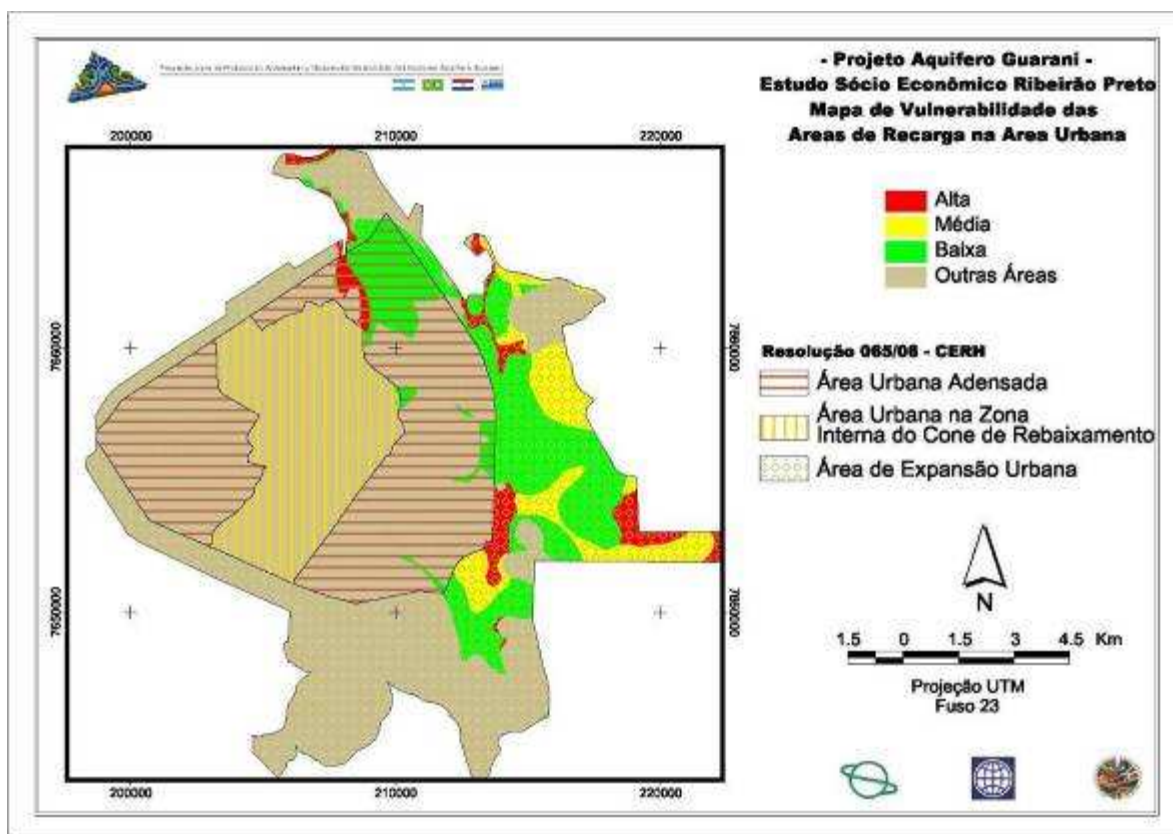


Figura 4.22. Vulnerabilidade das áreas de recarga do SAG na zona urbana de Ribeirão Preto, sobreposta pelo zoneamento urbano proposto pela Res. 065/2006 CBH-Pardo.

Para a proteção da zona de recarga do aquífero Guaraní, as áreas em amarelo e vermelho (média e alta vulnerabilidade, respectivamente), poderiam ser passíveis de restrições de uso, principalmente aquelas que aportam mais riscos,



como aterros sanitários, barragens de efluentes, cemitérios, postos de combustíveis e de transformadores, bem como estradas de grande movimento.

Um zoneamento como esse poderia coibir ou mesmo proibir algumas dessas atividades. A Tabela 4.8 apresenta algumas sugestões de restrição de atividades em áreas urbanas, em função da vulnerabilidade das áreas de recarga.

Tabela 4.8. Restrições de atividades potencialmente contaminantes em função da vulnerabilidade das áreas de recarga, para fins de zoneamento urbano.

Atividade / Fonte	Vulnerabilidade		
	Baixa	Média	Alta
Aterro sanitário	SR	PR	PR
Barragem efluente	SR	PR	PR
Cemitério	SR	RE	PR
Posto transformad.	SR	PR	PR
Posto combustível	SR	RE	PR
Fossa séptica	SR	RE	PR
Fossa negra	RE	PR	PR

* SR = Sem restrição; RE = Restrito (com proteção e monitoramento adequados); PR = Proibido.

As restrições listadas na Tabela 4.8 acima podem ser usadas para o zoneamento visando à proteção das áreas de recarga urbanas do SAG. No caso de atividade restrita (RE), deve-se estabelecer o tipo de restrição, de proteção e de monitoramento, de tal sorte a permitir o uso somente se essas condições forem atendidas.

As Figuras 4.23 e 4.24 abaixo mostram exemplos de proteção e monitoramento de fontes potencialmente contaminadoras em área vulneráveis, respectivamente. No caso da Figura 4.23, é mostrado o corte transversal de um aterro sanitário com base impermeabilizada e drenagem superficial, de forma a evitar o risco de contaminação de aquíferos pelo chorume.



Figura 4.23. Aterro sanitário com base impermeável e drenagem superficial.

Em todos os tipos de fontes de contaminação potencial, particularmente em áreas de risco, o monitoramento deve ser planejado e executado de maneira a permitir a identificação da lixiviação de contaminantes. Para tanto, existem normas federais e estaduais, tais como a NBR 13 895/97, que estabelecem os critérios de monitoramento.

Esta Norma detalha os procedimentos de monitoramento de focos de contaminação, de acordo com as condições do terreno e do fluxo de água subterrânea, conforme indica a Figura 4.24.

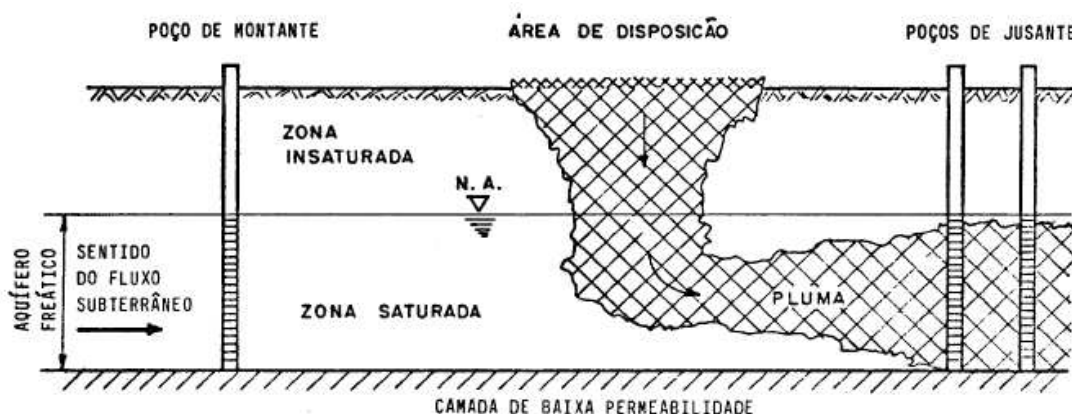


Figura 4.24. Procedimento para distribuição de poços de observação em uma área de disposição de rejeitos (Fonte: NBR 13 895).



Esquemas de monitoramento de água subterrânea em áreas de risco, como o mostrado na Figura 4.24, podem ser usados em aterros sanitários, barragens de efluentes, cemitérios, postos de combustíveis e de transformadores, e em outras fontes potenciais de contaminação de aquíferos, de forma a permitir a identificação, em tempo hábil, de eventuais processos de contaminação.

No caso de tanques de armazenamento de combustíveis e óleos lubrificantes acima do solo, uma redução significativa no risco de contaminação do solo e da água subterrânea por vazamentos pode ser obtida com a impermeabilização da área, e a instalação de separadores de óleo/água subterrâneos a jusante dos reservatórios (Figura 4.25 abaixo).

Esses equipamentos são capazes de separar líquidos de densidade e viscosidade diferentes, como óleo ou combustíveis e água, reduzindo o risco de contaminação da água superficial e subterrânea, durante um combate a um incêndio, por exemplo.

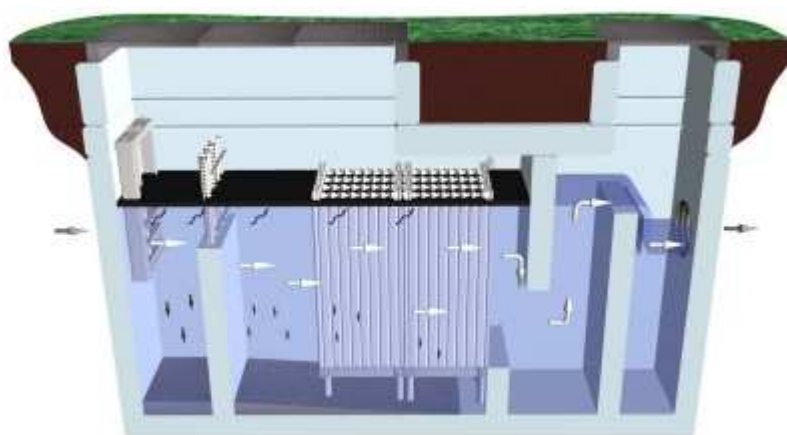


Figura 4.25. Separador de óleo/água, instalado no subsolo
(Fonte: Facet International).

- Planos de Emergência e Medidas de Contingência

Medidas de contingência (MC) e planos de preparação para emergências (PPE) são fundamentais para o controle e a minimização de impactos de derramamentos ou vazamentos potencialmente contaminadores.

Os primeiros se referem às medidas corretivas e mitigadoras, de forma a reduzir os impactos de eventuais acidentes, e as últimas se referem às medidas de preparação para o seu melhor gerenciamento.

Como a descontaminação do solo e da água subterrânea é um processo muito difícil, lento e custoso, é muito mais eficaz prevenir do que remediar. Assim, as medidas preventivas, como proteção de materiais e áreas de risco,



manutenção periódica de equipamentos de armazenamento ou transporte de substâncias perigosas etc., devem ser priorizadas. Abaixo são apresentados os objetivos e estratégias de planos de preparação para emergências e medidas de contingência.

No caso dos PPEs, que devem ser preparados para cada tipo de equipamento/material/obra potencialmente contaminadora, eles visam:

- Garantir que todas as condições necessárias para a minimização de impactos à água subterrânea serão atingidas, incluindo equipamentos de emergência adequados (Figura 4.26 abaixo);
- Documentar detalhadamente os principais riscos e medidas de proteção apropriadas, seguindo as normas de cada produto/material;
- Providenciar instruções concisas e claras para cada integrante da brigada de emergência, inclusive com os nomes e telefones das autoridades (defesa civil, bombeiros, vigilância sanitária, empresa de água, etc.) a serem contatadas em caso de emergência;
- Capacitação e treinamento continuado sobre os diferentes procedimentos a serem tomados em casos de emergências.



Figura 4.26. Kit de emergência para contenção de derramamento de líquidos perigosos, incluindo recipiente e absorventes (Fonte: Enviromet).

Em termos das Medidas de Contingência (MC) para lidar com situações de emergência e acidentes, elas objetivam:

- Minimizar o risco às pessoas;



- Minimizar a poluição da água superficial e subterrânea;
- Minimizar a área afetada por um derramamento ou vazamento;
- Minimizar os riscos ao meio ambiente, fauna e flora.

Como no caso dos Planos de Preparação para Emergência, as Medidas de Contingência devem ser cuidadosamente elaboradas para cada tipo de material ou obra, e instruções específicas devem ser estabelecidas para todos os responsáveis por sua implementação. Isto inclui equipamentos de contenção de derramamentos, de comunicação, além de treinamento continuado das equipes.

4.3.3. Medidas de Proteção contra Vazamentos e Acidentes em Rodovias e Ferrovias

Os 100 km de rodovias e ferrovias identificados como de alto risco de contaminação de aquíferos (Figura 4.27), seja por vazamentos ou acidentes, devem ser objeto de proteção, através da elaboração de medidas de contingência adequadas.

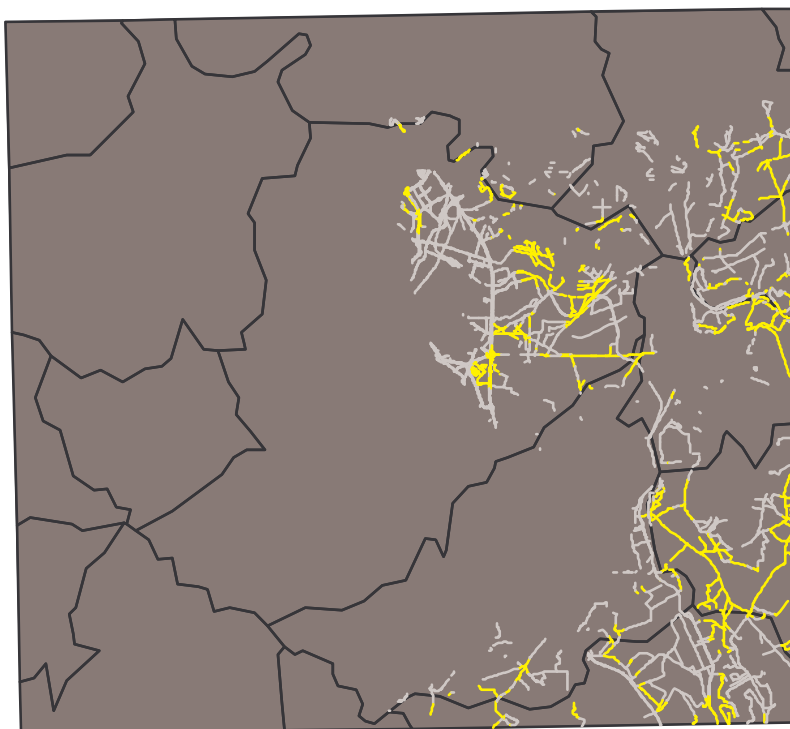


Figura 4.27. Rodovias pavimentadas com alto risco de contaminação de aquíferos (em amarelo) na área do Projeto Piloto, classificadas de acordo com a Tabela 2.15.



Para tanto, sugere-se a Cetesb e o Comitê de Bacia do Pardo estabeleçam e implementem, juntamente com o DER-SP e com as concessionárias de estradas e ferrovias da área Piloto, um Plano de Contingência para a proteção das áreas de recarga do SAG.

Neste Plano, deveriam estar contidos, além dos objetivos indicados no item anterior, as seguintes ações:

- Capacitação e manutenção de brigadas de emergência apropriadas, em locais estratégicos das vias de risco;
- Sinalização, com placas visíveis e chamativas, dos trechos de maior risco indicando ao motorista ou ao maquinista que eles estão passando por uma área sensível,
- Indicação dos contatos (defesa civil, bombeiros, Cetesb), inclusive com telefones, em caso de emergência.

Podem, também, ser postadas nos trechos de risco, os cuidados necessários aos motoristas e as penalidades para infratores, estabelecidas na Lei de Crimes Ambientais. Um modelo de sinalização é mostrado na Figura 4.28 abaixo.

Motorista transportando Carga Perigosa:

Dirija com o máximo cuidado. Nos próximos XX Km, você estará atravessando uma área de Recarga do Aquífero Guaraní.

Havendo vazamento da carga ou acidente, contate imediatamente (Agência responsável) pelo telefone (0800-XXXX).

Infratores estão sujeitos às penas do Art. 54 da Lei de Crimes Ambientais (6 meses a 1 ano de reclusão e multa).

Figura 4.28. Modelo de sinalização para trecho de rodovia com alto risco de contaminação de aquíferos, na área do Projeto Piloto R. Preto.



5. ANÁLISE DE VIABILIDADE SÓCIO-ECONÔMICO-AMBIENTAL DAS MEDIDAS PROPOSTAS

Neste Capítulo, as medidas de gestão da oferta e demanda de água na área do Projeto Piloto Ribeirão Preto serão analisadas sob o aspecto sócio-econômico-ambiental.

Conforme apresentado no Relatório de Consultoria No. 01, a viabilidade será analisada através de um Modelo Multi-Critério, cujos critérios são o Risco Ambiental (R), o Custo (C), e o Impacto Social (I) de cada uma das medidas propostas. Assim, as medidas mais eficazes e viáveis seriam aquelas que minimizam o produto:

$$F = C R I \quad [5.1]$$

e atendam, ao mesmo tempo, às restrições:

$$C < \alpha, R < \beta, \text{ e } I < \gamma \quad [5.2]$$

Onde α , β e γ são valores máximos aceitáveis para os critérios C, R e I, respectivamente, estabelecidos a priori. Gráficamente, buscam-se medidas de gestão que estejam próximas a superfície de Pareto, dada na Figura 5.1 abaixo.

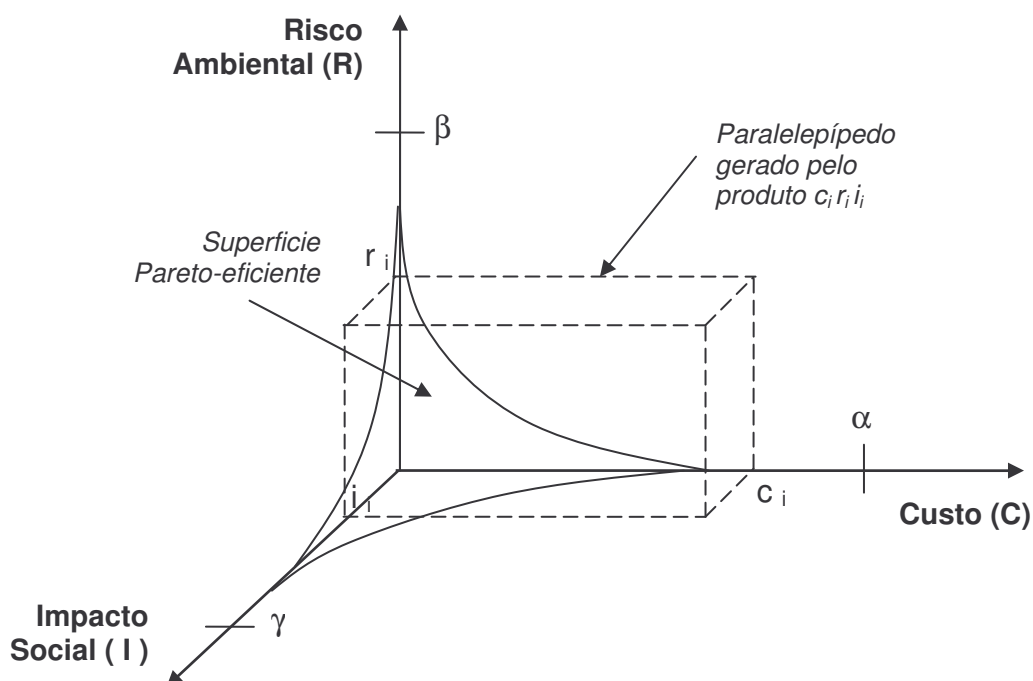


Figura 5.1. Gráfico do Modelo Multi-Critério, mostrando os limites α , β e γ , o produto $c r i$, e a superfície Pareto-eficiente (ótima).



Para se estimar o valor de F , deve-se obter o valor dos critérios C , R , e I de cada uma das medidas analisadas, além dos limites α , β e γ . Conforme apresentado no Relatório de Consultoria No. 02, os critérios do modelo foram definidos da seguinte forma:

- **Impacto Social:** é a recíproca do Benefício Social, estimado pelo Excedente do Consumidor de Marshall;
- **Risco Ambiental:** é dado pela tangente da fronteira de produção de água subterrânea (para a quantidade de água), e o risco de contaminação da água subterrânea (para a qualidade de água);
- **Custo:** é o custo total de implantação, operação e manutenção da medida proposta.

A análise multi-critério de viabilidade será aplicada às medidas relativas à quantidade de água, e é apresentada nos itens a seguir.

5.1. Viabilidade das Medidas de Gestão de Oferta de Água

Dentre as medidas propostas apresentadas anteriormente para a gestão da oferta de água na área do Projeto Piloto, estão aquelas relacionadas ao aumento da sua oferta, principalmente através do uso de fontes alternativas de abastecimento. Neste tópico, suas viabilidades serão avaliadas, levando-se em conta os aspectos econômicos, sociais e ambientais, de forma integrada.

5.1.1. Captação das Águas do Rio Pardo

Conforme visto anteriormente, o rio Pardo, que corta a área do Projeto Piloto, pode ser uma importante fonte de abastecimento das cidades da região do Projeto, muitas das quais já apresentam problemas de depleção de seus recursos hídricos subterrâneos.

Nesse Estudo, a análise multi-critério da captação das águas do rio Pardo será feita para a cidade de Ribeirão Preto que, além de ser a maior, é representativa das outras cidades da região em termos sócio-econômicos. A Tabela 5.1 apresenta o potencial de utilização das águas do rio Pardo em Ribeirão Preto.

Tabela 5.1. Relação demanda/oferta de água, vazão outorgável remanescente, enquadramento, população atual e potencial de abastecimento por água do Rio Pardo na área do Projeto Piloto.

Q_d / Q_o (%)	$Q_{outorg.}$ (m ³ /s)	Classe CONAMA	Pop. Atual (hab.)	Pot. Abast. (hab.)
30,3	7,3	2 (Boa)	814.000	1.800.000



De acordo com a Tabela 5.1, a relação Demanda/Oferta é de 30,3%, podendo ser outorgável a vazão de 7,3 m³/s. Considerando-se o consumo per capita de Ribeirão Preto (350 l/hab.dia), esta vazão é suficiente para abastecer uma população de 1.800.000 habitantes. Isto será quase o dobro da população esperada para a cidade em 2.050.

Partindo-se das proposições apresentadas nos dois Relatórios de Consultoria anteriores, foram considerados os seguintes horizontes e cenários para a análise de viabilidade de gestão da oferta de água:

- Horizonte de Tempo: ano de 2.050 (longo prazo);
- Cenário Populacional: tendencial (seguindo a atual tendência de crescimento populacional);
- Cenário de Mudança Climática: tendencial (média dos cenários otimista e pessimista);
- Cenário de Uso de Água do rio Pardo: 50%⁶ do abastecimento de Ribeirão Preto feito pela água do rio Pardo, a partir de 2.015.

A Tabela 5.2 apresenta a população, a produção de água, a recarga do aquífero, e o volume explotável remanescente na cidade de Ribeirão Preto, para os anos de 2008, 2020 e 2050.

Tabela 5.2. População, produção de água, recarga do aquífero, e volume explotável remanescente de Ribeirão Preto, nos anos 2008, 2020 e 2050 *

Ano	Popul. (hab.)	Prod. Água (m ³ /ano)	Recarga (m ³ /ano)	Vol. Reman. (m ³)	% do Vol. Original
2008	564.668	125.215.116	6.914.748	7.038.276.944	65,4
2020	667.230	147.958.230	6.563.711	5.468.560.544	50,8
2050	923.635	204.816.017	5.686.117	331.826.554	3,1

* Resultados detalhados sobre as simulações estão no Relatório No. 02.

- Risco Ambiental da Alternativa de Uso da Água do Rio Pardo

O Risco Ambiental da quantidade de água foi definido como sendo a declividade da fronteira de produção⁷ do aquífero Guaraní, na cidade de Ribeirão

⁶ O volume de 50% da demanda em 2050 foi selecionado, pois ele é alto o suficiente para diminuir o impacto ao rebaixamento do SAG e, ao mesmo tempo, suficientemente baixo para não reduzir de forma significativa a oferta de água no rio Pardo, a qual poderá ser compartilhada com outros usuários.



Preto. A Figura 5.2 apresenta a fronteira de produção da água subterrânea para esta cidade, considerando-se os cenários tendenciais de população e de mudanças climáticas.

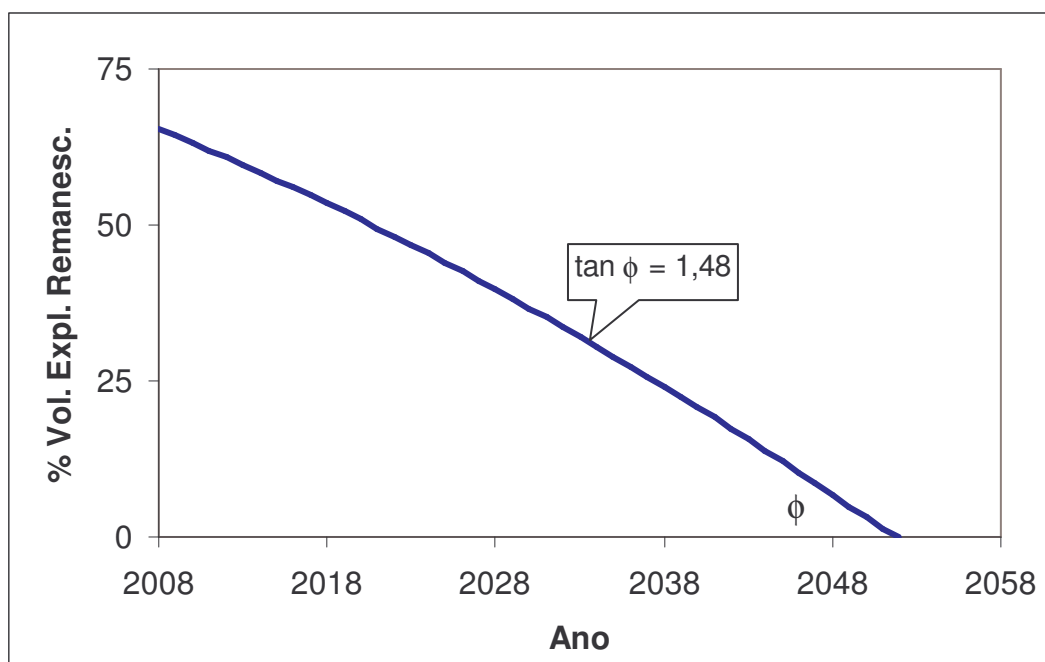


Figura 5.2. Fronteira de produção de água subterrânea da cidade de Ribeirão Preto, no cenário tendencial de população e de mudanças climáticas, com o abastecimento feito de 100% de água do SAG.

Conclui-se, pela Tabela 5.2 e Figura 5.2, que o abastecimento de água da cidade de Ribeirão Preto, usando-se apenas água subterrânea do SAG na área urbana, não seria sustentável a longo prazo. No caso acima, a tangente do ângulo ϕ seria 1,48, considerado aqui como a linha de base do risco ambiental.

Supondo que, a partir de 2.015, 50% volume de abastecimento de água de Ribeirão Preto proviesse do rio Pardo, e os outros 50% da água subterrânea do SAG, obter-se-ia uma nova fronteira de produção do aquífero, e consequentemente um novo valor de $\tan \phi$ e de risco ambiental (Figura 5.3).

⁷ A fronteira de produção como indicador de sustentabilidade foi proposta originalmente por Pierce (1985), e adaptada no presente Estudo.

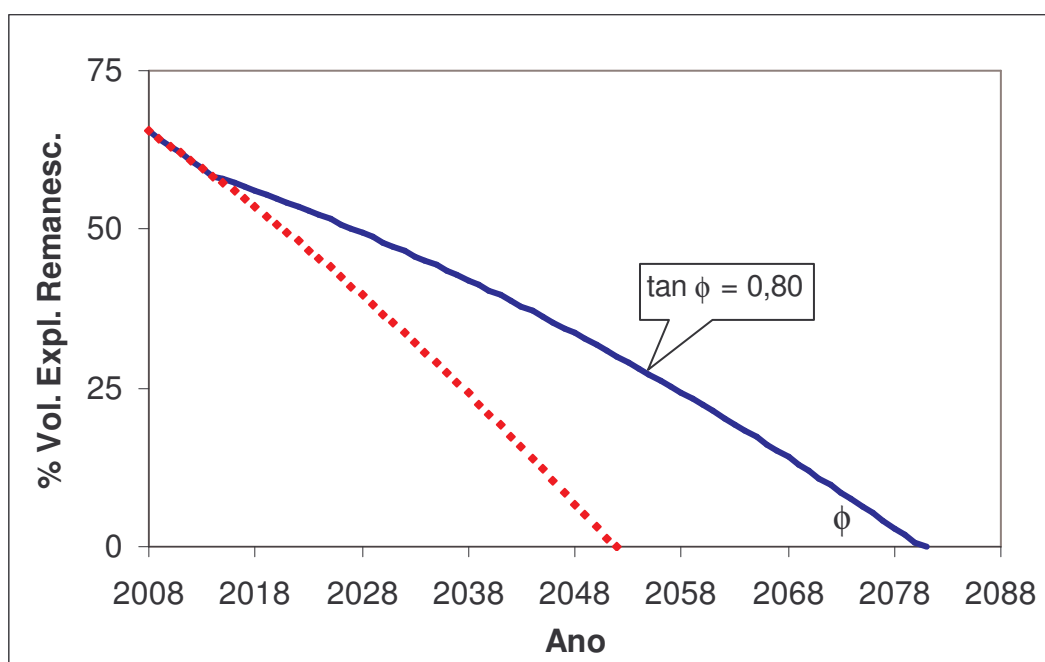


Figura 5.3. Fronteira de produção de água subterrânea da cidade de Ribeirão Preto, no cenário tendencial de população e de mudanças climáticas, com o abastecimento feito de 50% de água do SAG e 50% do rio Pardo (a linha pontilhada indica a fronteira de produção com 100% SAG).

Conforme se observa da Figura 5.3, com o abastecimento público de Ribeirão Preto usando 50% de água do rio Pardo, ter-se-ia um risco ambiental $R = 0,80$, dado pela declividade da fronteira de produção ($\tan \phi$). Esta alternativa proporcionaria um volume remanescente de 3,4 bilhões de metros cúbicos e, 2050, ou cerca de 31,8% do valor original, antes da exploração comercial.

Com o abastecimento usando 50% da água oriunda do rio Pardo, o esgotamento do volume explorável de água subterrânea na cidade se daria no ano de 2.081, ao invés de em 2.052 (Tabela 5.3).

Tabela 5.3. Risco ambiental, volume remanescente em 2050, e ano de esgotamento da água subterrânea em Ribeirão Preto, com as tendências atuais e usando-se 50% do volume de abastecimento do rio Pardo.

Risco Ambiental ($\tan \phi$)	Vol. Rem. em 2050 (Bilhões M^3)	% Volume Original	Ano de Esgotam.
0,80	3,42	31,8	2081



- Impacto Social da Alternativa de Uso da Água do Rio Pardo

Conforme descrito no Relatório de Consultoria No. 1, o critério de Impacto Social é dado pela recíproca do Excedente do Consumidor, que é um indicador de benefício social. De acordo com Marshall (1980), este último é dado pela área do triângulo hachurado da Figura abaixo, resultante de uma combinação de quantidade e preço de água, e da declividade da curva de demanda (Figura 5.4).

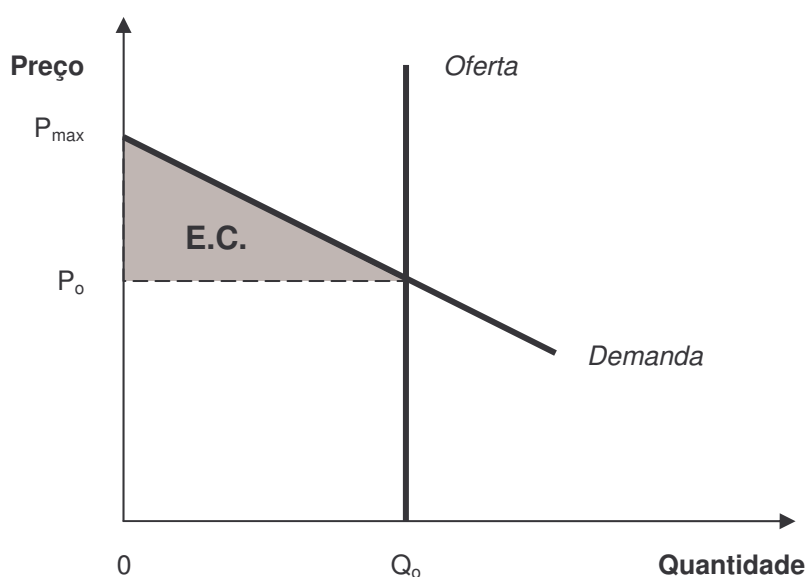


Figura 5.4. Benefício social de uma medida de gestão, dada pelo excedente do consumidor (área hachurada).

Na Figura 5.4, supôs-se que a oferta de água em Ribeirão Preto ocorre em condições de monopólio (DAERP). Para a obtenção da elasticidade (declividade) da demanda, revisaram-se estudos de alguns países, os quais são apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Elasticidade da demanda da água tratada residencial em diferentes regiões do mundo (Fonte: Thomas & Syme, 1998)

Autor	Ano	Local	Elast.
Carver & Boland	1969	Washington (EUA)	-0,10
Hanke & de Mare	1971	Malmo (Suécia)	-0,15
Boistard	1985	França	-0,17
Thomas & Syme	1979	Perth (Australia)	-0,18
Veck & Bill	1998	Alberton (A. Sul)	-0,17
Média=			-0,15
Desv. Padr.=			0,03



A média das elasticidades da Tabela 5.4 foi de -0,15 e o desvio padrão de 0,03. Partido-se desses valores, supôs-se, no presente Estudo, que a elasticidade-demanda-preço da água tratada em Ribeirão Preto é de -0,10. Em termos práticos, isto significa que um aumento de 10% no preço da água tratada em Ribeirão Preto resultaria em uma redução de 1% na demanda de água (baixa elasticidade).

Supondo que a elasticidade da demanda seja constante ao longo do tempo, e que a quantidade (oferta de água) seja variável, partindo-se da situação atual (abastecimento 100% SAG em 2008), foram estimados os valores do excedente do consumidor para ambos os cenários de abastecimento de água (100% SAG e 50% SAG +50% rio Pardo), em 2050.

No caso do preço de equilíbrio da água tratada em 2008 (P_0), tomou-se o valor médio praticado atualmente em Ribeirão Preto, o qual foi obtido pela razão entre o custo total de produção e distribuição de água do DAERP, dividido pelo volume de água faturado, ambos em termos anuais.

Dessa forma, o preço médio obtido para a água tratada em Ribeirão Preto foi de R\$ 2,83/m³. O valor é aparentemente elevado, mas considerando-se que as tarifas de água dependem do tipo de usuário e do volume consumido (Tabela 3.1), ele representa a tarifa média de todos os consumidores. A Tabela 5.5 apresenta os valores usados para o cálculo do preço médio atual da água em Ribeirão Preto.

Tabela 5.5. Custo de produção e volume faturado anual, preço médio da água tratada e volume médio consumido por ligação em Ribeirão Preto, em 2008 (Fonte: DAERP)

Custo Anual de Produção* (R\$ Milhão)	Vol. Água Faturado (10 ⁶ M ³ /ano)	Preço Médio (R\$/M ³)	Tarifa Média (R\$/mês)	Consumo Médio (M ³ /mês)
126,4	44,6	2,83	63,8	22,5

* Sendo o DAERP um órgão público, não há lucro operacional, sendo a receita igual ao custo de produção (excedente é reinvestido).

Se a demanda aumentar proporcionalmente ao crescimento populacional tendencial de Ribeirão Preto (Tabela 5.2), esta será 1,64 vezes maior em 2050 em relação ao presente. Assim, teríamos em 2050 uma demanda de água de (1,64 * 44,6 = 73,1 milhões de m³/ano). Supondo que, em 2050, a oferta, com a água suplementar do rio Pardo, atenda totalmente a demanda, a primeira será então de 73,1 milhões de m³/ano.

Entretanto, considerando as restrições da Res. CRH No. 065/06, bem como o esgotamento do volume explotável em 2052 (Figura 5.2), supôs-se, no presente Estudo, que a oferta de água em Ribeirão Preto em 2050, considerando-se apenas a fonte subterrânea, seria igual àquela de 2.008, ou seja, apenas 44,6 milhões de m³/ano.



No caso do abastecimento complementar com água do rio Pardo, os volumes produzidos e faturados (oferta) poderão aumentar para atender a demanda, ao contrário do abastecimento apenas do SAG. A Figura 5.5 abaixo mostra a tendência de produção, consumo e preços de água em Ribeirão Preto, em 2008 e em 2050, com e sem o abastecimento complementar do rio Pardo.

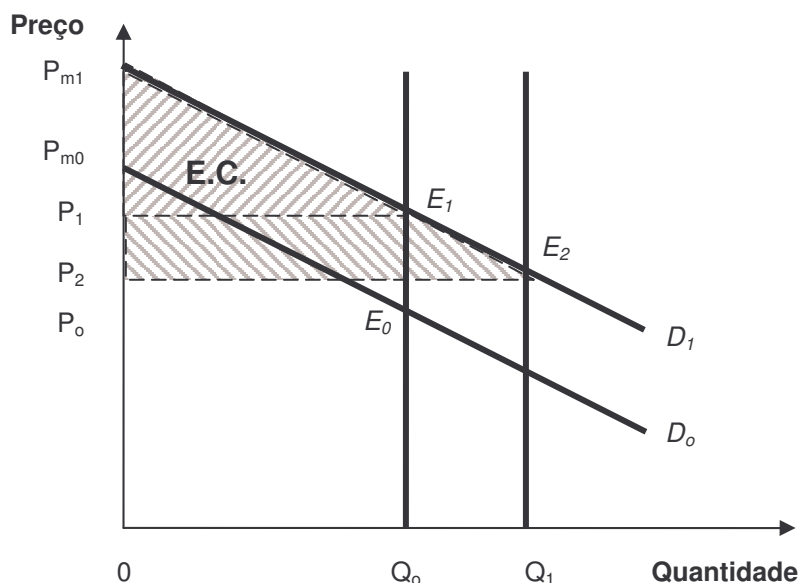


Figura 5.5. Oferta e demanda de água em 2008 (Q_0 , D_0) e em 2050 (Q_1 , D_1), preços de equilíbrio e excedente do consumidor com e sem abastecimento do rio Pardo (E_1 e E_2).

Para a estimativa do excedente do consumidor nos cenários com e sem o abastecimento complementar do rio Pardo, iniciamos na Figura 5.5 com a situação de oferta, demanda e preço em 2008. Neste caso, a oferta de água é Q_0 , a demanda D_0 , e o preço P_0 , em função da condição de equilíbrio inicial, E_0 .

Em 2050, supondo que não haverá volume de água subterrânea explotável na cidade para aumentar a produção atual, a oferta continuará Q_0 , mas a demanda aumentará para D_1 , em função do crescimento populacional. Isto fará com que o novo preço de equilíbrio seja P_1 , e o excedente do consumidor representado pela área do triângulo $P_1E_1P_m$.

Aumentando-se agora a oferta de água para Q_1 (com o abastecimento complementar do rio Pardo), o novo ponto de equilíbrio será E_2 , e o novo preço de equilíbrio será P_2 . O novo excedente do consumidor será agora dado pela área do triângulo $P_2E_2P_m$, que é maior que o do caso anterior ($P_1E_1P_m$), com o abastecimento 100% SAG.

Algebricamente, o excedente do consumidor é simplesmente as áreas desses triângulos. No caso de 2050, com água complementar do rio Pardo, EC



seria $[Q_1 \times (P_m - P_2)/2]$, onde P_m é o preço máximo (intercepto do eixo y da Figura 5.5).

Substituindo-se os valores de quantidade e preço na Figura 5.5, para as condições com e sem o abastecimento complementar do rio Pardo, obtemos os valores do excedente do consumidor em 2050, os quais são apresentados na Tabela 5.6.

Tabela 5.6. Quantidades, preços e excedentes do consumidor, relativos à água faturada, com e sem água suplementar do rio Pardo.

2008			2050 (SAG)*		2050 (SAG + Pardo)*			
$Q_0=Q_1$ (10^6 m ³ /ano)	P_0 (R\$/m ³)	P_{m0} (R\$/m ³)	P_1 (R\$/mês)	EC_1 (10^6 R\$/ano)	Q_2 (10^6 m ³ /ano)	P_2 (R\$/mês)	EC_2 (10^6 R\$/ano)	ΔEC (10^6 R\$/ano)
44,6	2,83	7,29	4,44	99,5	73,1	1,59	267,2	167,7

* O preço máximo (intercepto do eixo y da Fig. 5.6) para a demanda D_1 foi de $P_{m1} = R\$ 8,90/m^3$.

Pela Tabela 5.6, observa-se que, em função do aumento da demanda em 2050, o preço da água (P_1), mantendo-se a mesma oferta de 2008 (Q_0), subiria para R\$ 4,44/ m³. Nessa situação, o excedente do consumidor seria de R\$ 99,5 milhões por ano, contra R\$ 267,2 milhões por ano, no caso de abastecimento complementar do rio Pardo (oferta Q_2). A diferença ΔEC entre os dois cenários seria igual a R\$ 167,7 milhões por ano.

A etapa seguinte da análise de viabilidade é a estimativa do impacto social, que é o critério a ser usado no modelo de viabilidade. O impacto social, que é a recíproca do benefício social (estimado pelo EC), será um valor normalizado (0 a 1), obtido em função dos valores máximos e mínimos dos impactos sociais de cada uma das medidas propostas para a gestão da oferta de água.

A equação relacionando o impacto social (I) com o excedente do consumidor (EC) é a seguinte:

$$I = -a B + c \quad [5.3]$$

Onde I é o impacto social, B é o benefício social, e a, c são coeficientes de ajuste.

Estes últimos serão calculados de forma que I varie entre 0 e 1 (normalização), da mesma forma que os outros critérios do modelo. Esta normalização será feita quando forem definidos todos os valores dos critérios das diferentes alternativas de gestão.

- Custo da Alternativa de Uso da Água do Rio Pardo

Como a análise detalhada de custos das diferentes alternativas de gestão envolveria muito tempo, estando fora do escopo desse trabalho, serão feitas



análises preliminares de custos, levando em conta dados secundários, existentes na literatura especializada. Além disso, como no caso do Impacto Social, para fins de facilidade de comparação, os custos das diferentes alternativas serão normalizados, para fins de aplicação do modelo de viabilidade multi-critério.

Nesse sentido, custo da alternativa de abastecimento de Ribeirão Preto, com 50% de água do SAG, envolveria o projeto e construção de uma estação de captação e tratamento de água, de uma adutora, e de um conjunto de reservatórios na cidade, suficientes para atender a 50% da demanda de água em 2050. Os custos unitários e totais, inclusive com operação e manutenção (8% do investimento), são apresentados na Tabela 5.7 abaixo.

Tabela 5.7. Custo implantação de ETA, adutora e reservação em Ribeirão Preto, de forma a atender 50% da demanda de água em 2050 (Fonte: CASAN-RN).

Popul. (hab)	Vol. Água (10 ⁶ m ³ /ano)	Adut. (km)	Reserv. (m ³)	Adutora (R\$ 10 ⁶)	Reserv. (R\$ 10 ⁶)	ETA (R\$ 10 ⁶)	O&M* (R\$ 10 ⁶)	Total (R\$ 10 ⁶)
461.818	102,4	5,0	35.000	10,0	35,0	23,1	5,4	73,5

* Supondo custo de operação e manutenção de 8% do investimento, relativo a um ano de operação do sistema.

De acordo com a Tabela 5.7, o custo total da alternativa de abastecimento de 50% da demanda de 2050 com água do rio Pardo, seria de R\$ 73,5 milhões, sem considerar custos de financiamento. Este valor será normalizado mais adiante, de forma a facilitar a análise multi-critério.

5.1.2. Implantação de Campos de Poços na Zona Rural de Ribeirão Preto

A segunda alternativa de gestão de oferta de água analisada foi a implantação de campos de poços em áreas protegidas de aquíferos não confinados, de boa produtividade (80 m³/h ou mais).

No item 4.1.3 foram apresentados os aspectos técnicos de campos de poços em aquíferos não confinados. Foi visto que, no exemplo de um campo radial com sete poços na região, o potencial de produção seria de 560 m³/h. Para atender a uma demanda de 50% de Ribeirão Preto em 2050, seriam necessários 104,4 milhões de m³/ano, requerendo, assim, 22 campos de poços.

Supondo que os custos de operação dos campos de poços (relativos principalmente à energia elétrica) são comparáveis àqueles da captação de água do rio Pardo (principalmente de tratamento de água), conclui-se que os excedentes do consumidor de ambas as alternativas seriam semelhantes. Consequentemente, os impactos sociais, que são as recíprocas daqueles, também seriam os mesmos.

Em termos do risco ambiental, com os campos de poços instalados na zona rural do município, afastados, portanto, da região do cone de depressão, e



dimensionados de forma a prover uma produção sustentável de água (“sustainable yield”), concluiu-se que essa alternativa de abastecimento complementar, dimensionada para suprir metade da demanda de água da cidade em 2050, apresentaria um risco ambiental semelhante ao da alternativa de captação de água do rio Pardo, ou seja, a declividade da fronteira de produção também será $\text{tg } \phi = 0,80$ (Figura 5.3).

Assim, com os critérios de risco ambiental e impacto social sendo os mesmos que a alternativa anterior, resta agora calcular o critério de custo da implementação da alternativa campos de poços.

Dados do DAERP indicam que o custo de um poço completo, com vazão de $80 \text{ m}^3/\text{h}$, perfurado no aquífero Guaraní não-confinado, seria da ordem de R\$ 400 mil. Assim, 22 campos de poços, com sete unidades cada, custariam aproximadamente R\$ 61,6 milhões.

A área preservada necessária para a instalação desses campos radiais com 7 poços (Figura 5.6) é proporcional à distância entre os poços L (m), que por sua vez depende do raio de influência do poço r_e (m), de acordo com a seguinte equação:

$$L = r_e \sqrt{3} \quad [5.4]$$

Ou seja, em um campo radial com sete poços, e supondo que o raio de influência seja de 100 m, a área mínima necessária seria $(2 L + 2 r_e)^2 = 30$ hectares.

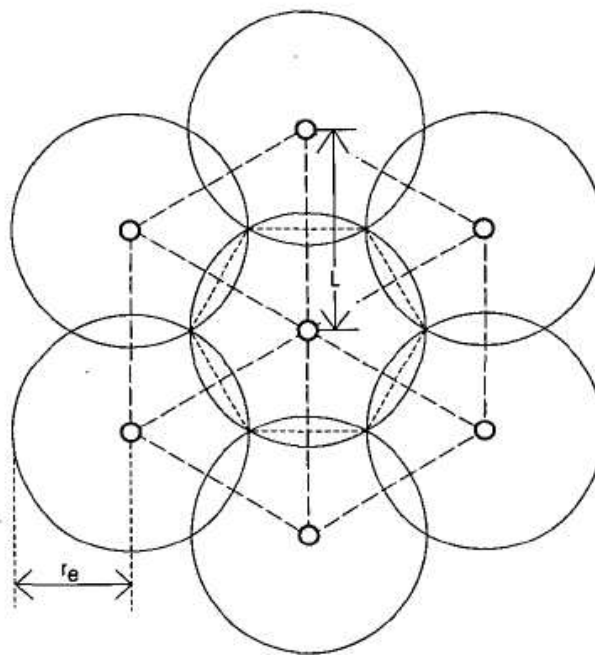


Figura 5.6. Layout de um campo de poços radial, mostrando os raios de influência e a distância entre poços.



Dessa forma, 22 campos de poços demandariam uma área protegida de 660 hectares. Tomando o custo médio de R\$ 10 mil por hectare na região, o custo de desapropriação da área protegida para os poços somaria R\$ 6,6 milhões.

A Figura 5.7 mostra a área apropriada, em termos de potencial explotável e de logística (distância) para a instalação de campos de poços, sobre o aquífero Guaraní aflorante, no leste do município de Ribeirão Preto.

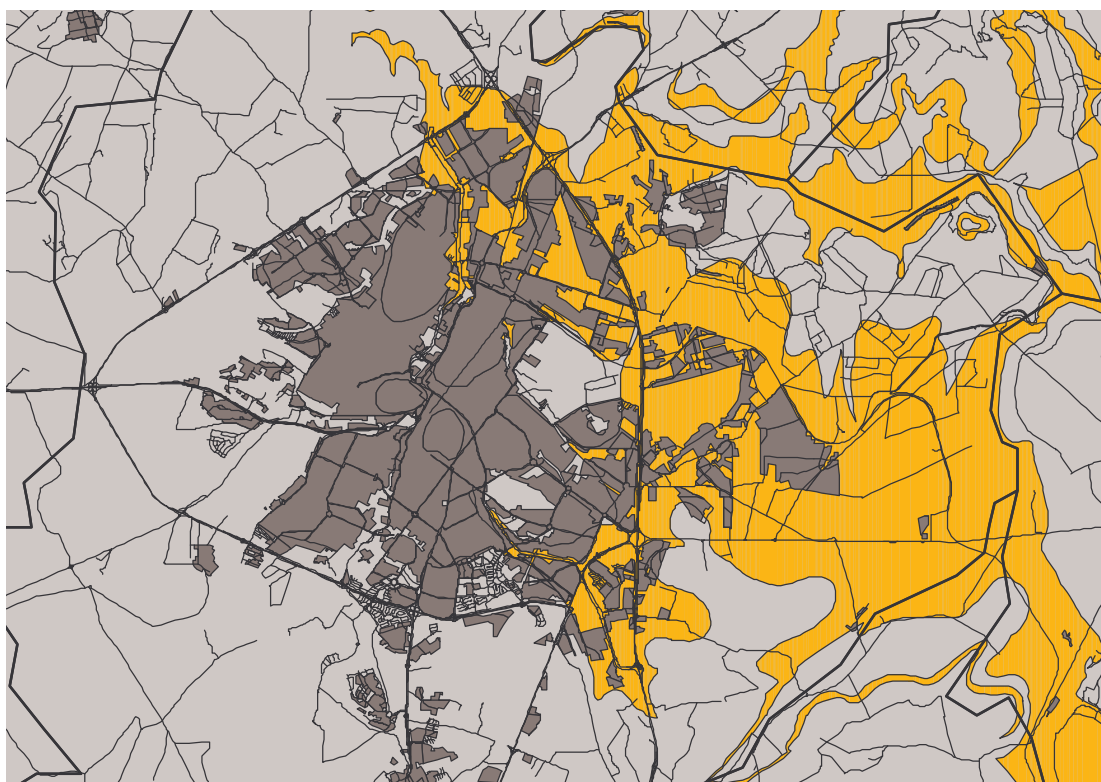


Figura 5.7. Área potencial para instalação de campos de poços, na zona rural do município de Ribeirão Preto (em cor laranja).

Supondo que o comprimento médio das adutoras dos campos de poços seja de 2 km, distribuídos na região leste do município (onde estão localizados os aquíferos não confinados), teríamos um comprimento total de adutoras igual a 44 km. Considerando que o custo de implantação de uma adutora de 500 mm é de R\$ 400 mil por km, de os custos de adução para os campos de poços somariam R\$ 17,6 milhões.

Somando-se os custos acima e mais o custo de 8% de operação e manutenção, teríamos um total de R\$ 92,7 milhões para os 22 campos de poços (Tabela 5.8).



Tabela 5.8. Custo implantação de 22 campos de poços na zona rural de Ribeirão Preto, de forma a atender 50% da demanda de água em 2050.

Popul. (hab)	Vol. Água (10 ⁶ m ³ /ano)	No. Poços	Terra (ha)	Adu- toras (km)	Custo Poços (R\$ 10 ⁶)	Custo Terra (R\$ 10 ⁶)	Custo Adut. (R\$ 10 ⁶)	O&M* (R\$ 10 ⁶)	Total (R\$ 10 ⁶)
461.818	102,4	154	660	44	61,6	6,6	17,6	6,9	92,7

* Supondo custo de operação e manutenção de 8% do investimento, relativo a um ano de operação do sistema.

Em item específico mais adiante, será analisada a viabilidade sócio-econômico-ambiental da alternativa de campos de poços.

5.1.3. Implantação Sistemas de Captação de Água da Chuva em Condomínios

A terceira alternativa, proposta para a gestão da oferta de água nas cidades da área do Projeto Piloto, foi a captação e utilização da água da chuva para usos menos nobres, tais como a descarga de toaletes, lavagem de quintais e carros, rega de jardins etc. (Figura 5.8 abaixo).



Figura 5.8. Esquema de captação da água da chuva em telhados de residências (Fonte: Technik do Brasil Ltda).



Conforme discutido no item 4.1.2, se aplicado em condomínios de Ribeirão Preto, cidade onde a metodologia é analisada, essa alternativa teria condição de suprir até 74% da demanda per capita de água desses condomínios (Tabela 4.3).

Supondo que, em 2050, os condomínios residenciais representassem 10% da demanda de água da cidade, isto daria um volume de 20,5 milhões de m³/ano. Desse total, se 74% fossem obtidos da captação de água da chuva (conforme indicou o item 4.1.2), isto resultaria em um volume anual de 15,2 milhões de m³/ano em 2050, correspondendo a 7,4% da demanda total de água de Ribeirão Preto no mesmo ano (Tabela 5.9).

Tabela 5.9. População e demanda de água em condomínios, % da demanda atendida por água de chuva, volume captado e % em relação à demanda total de R. Preto, em 2050.

Popul. Condom. (mil hab.)	% da Pop. Total R. Preto	Demanda Água (10 ⁶ m ³ /ano)	% Demanda Atendida p/ Capt.	Vol. Captado (10 ⁶ m ³ /ano)	% Demanda Total em 2050
92,3	10%	20,5	74%	15,2	7,4

Supondo que a captação de água de chuva nos condomínios de Ribeirão Preto se iniciasse em 2015, a fronteira de produção, considerando a redução de 7,4% da demanda total de água da cidade em 2050, seria dada pela Figura 5.9.

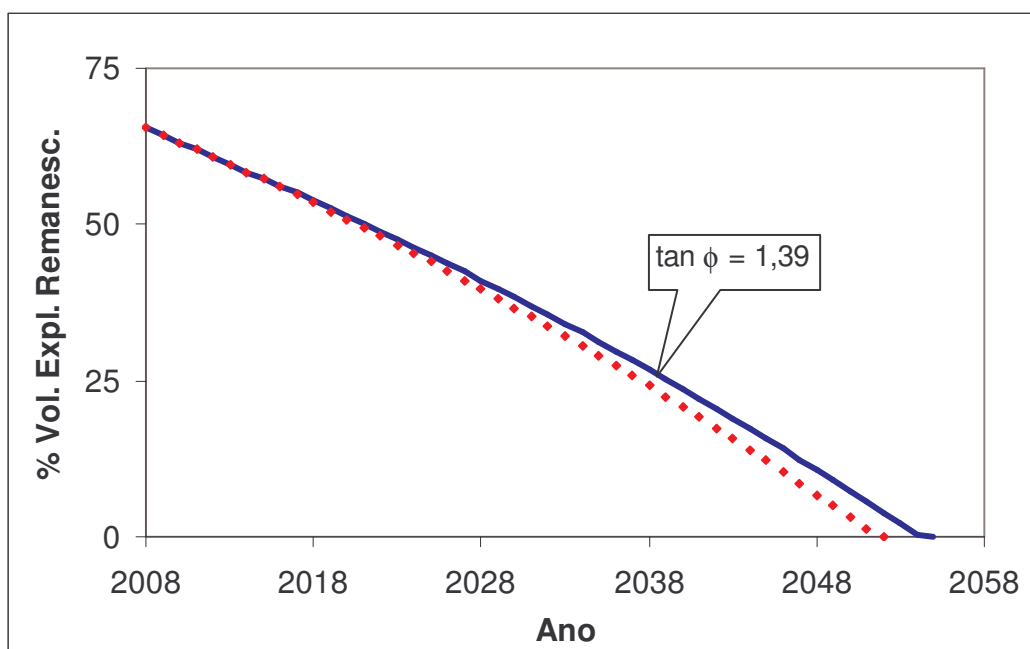


Figura 5.9. Fronteira de produção de água do SAG em Ribeirão Preto (em azul), com o abastecimento complementar de 10% da demanda por água da chuva, a partir de 2015 (fronteira do abastecimento 100% SAG está em vermelho).



Como se pode ver pela Figura 5.9, o risco ambiental, dado pela declividade da fronteira de produção de água subterrânea, seria de $\tan \phi = 1,39$ no caso de abastecimento de 10% da demanda da cidade por água de chuva, a partir de 2015. Apesar de ser inferior ao valor de 1,48 da situação de abastecimento 100% SAG, esta alternativa de gestão de oferta resultaria em apenas 3 anos adicionais de exploração de água subterrânea na cidade, relativamente ao cenário 100% SAG.

Em termos de benefício e impacto social, a alternativa de captação de água da chuva para atender a 10% da demanda de água de Ribeirão Preto em 2050 resultaria em uma situação semelhante à Figura 5.5 acima, sendo que a oferta Q_1 seria de $(44,6 + 15,2 = 59,8)$ milhões de m^3 /ano).

Dessa forma, o benefício social, dado pelo excedente do consumidor resultante do aumento da oferta de água captada da chuva em condomínios de Ribeirão Preto, seria dado pela área do triângulo $P_2E_2P_{m1}$. Substituindo os valores correspondentes para Q e P, a área (EC) será igual a 178,8 (Tabela 5.10).

Tabela 5.10. Quantidades, preços e excedentes do consumidor, relativos à água faturada em 2008 e em 2050, este último com e sem água suplementar captada da chuva nos condomínios, em Ribeirão Preto.

2008			2050 (SAG)*		2050 (SAG + A. Chuva)*			
$Q_0=Q_1$ (10^6 m^3 /ano)	P_0 (R\$/ m^3)	P_{m0} (R\$/ m^3)	P_1 (R\$/mês)	EC_1 (10^6 R\$/ano)	Q_2 (10^6 m^3 /ano)	P_2 (R\$/mês)	EC_2 (10^6 R\$/ano)	ΔEC (10^6 R\$/ano)
44,6	2,83	7,29	4,44	99,5	59,8	2,92	178,8	79,3

* O preço máximo (intercepto do eixo y da Fig. 5.6) para a demanda D_1 foi de $P_{m1} = R\$ 8,90/m^3$.

Conforme indica a Tabela 5.10, o excedente do consumidor com o abastecimento complementar da água de chuva dos condomínios seria de R\$ 178,8 milhões por ano, com um ganho de R\$ 79,3 milhões por ano, relativamente ao EC na condição de abastecimento 100% SAG. O novo preço de equilíbrio seria de R\$ 2,92 / m^3 de água.

O impacto social normalizado, relativo à alternativa de abastecimento complementar com água de chuva dos condomínios, será estimado adiante, por ocasião da análise de viabilidade.

No tocante ao custo da implantação de um sistema de coleta, filtração e armazenamento de água de chuva, estima-se que, para uma residência de 200 m^2 de telhado, seriam necessários R\$ 6 mil de projeto, materiais, equipamentos (filtros e bombas), e mão de obra. Os custos do sistema para o condomínio, por casa, seriam outros R\$ 2 mil, resultando em um total de R\$ 8 mil, a preços de 2008.

Considerando que em uma residência típica de condomínio vivem 4 pessoas, e que 92,3 mil habitantes residiriam nesses condomínios com captação



de água da chuva em 2050 em Ribeirão Preto, teríamos um total de 23.075 casas. A um custo unitário de captação e armazenamento (incluindo os custos dos equipamentos condominiais) de R\$ 8 mil por casa, teríamos um custo total de R\$ 199,4 milhões (Tabela 5.11).

Tabela 5.11. Número de casas, custo por casa e custo total, para implantação de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva em condomínios de Ribeirão Preto.

No. Casas	Custo por Casa (R\$)	Custo Cond. (por Casa) (R\$)	Total por Casa (R\$)	Sub-Total (R\$ milhões)	O & M (R\$ milhões)	Total (R\$ milhões)
23.075	6.000,00	2.000,00	8.000,00	184,6	14,8	199,4

* Supondo custo de operação e manutenção de 8% do investimento, relativo a um ano de operação do sistema.

5.1.4. Análise de Viabilidade das Medidas de Gestão da Oferta de Água

Neste item, serão avaliadas as viabilidades sócio-econômico-ambientais das medidas de gestão da oferta de água propostas acima, através do modelo multi-critério.

- Normalização dos Valores dos Critérios

Antes da aplicação do modelo multi-critério, e de forma a estabelecer um padrão para os critérios das três alternativas propostas, estes foram normalizados dividindo-se todos os valores obtidos pelo valor máximo do critério em tela.

No caso do critério de Impacto Social (I), depois de normalizarem-se os valores do excedente do consumidor para cada alternativa, foi necessário obter a recíproca, conforme indica a Figura 5.10.

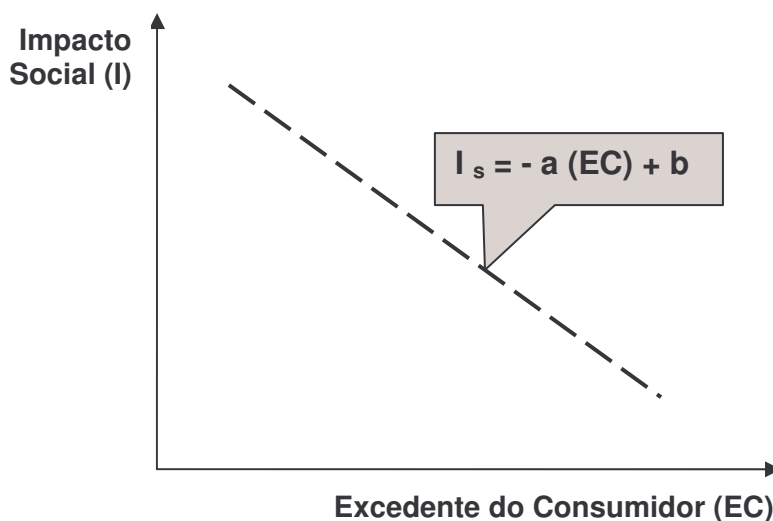


Figura 5.10. Obtenção do Impacto Social em função do Excedente do Consumidor (a e b são coeficientes de ajuste).

A Tabela 5.12 abaixo apresenta os valores normalizados de E.C. e I para cada uma das medidas de gestão de oferta analisadas.

Tabela 5.12. Valores originais e normalizados de EC e I para as medidas de gestão de oferta propostas.

Critério	Valores	Alternativas		
		SAG+Pardo	SAG+C. Poços	SAG+Chuva
EC	Original	267,2	267,2	178,8
	Normaliz.	1,0	1,0	0,67
I	Normaliz*.	0,1	0,1	0,43

* Os coeficientes da equação da Figura 5.9 foram: $a = 1,0$ e $b = 1,1$

Na Tabela 5.13 abaixo, são apresentados os valores originais e normalizados para cada um dos critérios das 3 alternativas examinadas para a gestão da oferta de água, bem como a função de viabilidade, $F = C R I$.



Tabela 5.13. Valores originais e normalizados dos critérios das 3 medidas de gestão da oferta de água analisadas, e o resultado F.

Critério	Valor	Alternativa		
		Pardo	C. Poços	C. Chuva
C	Original	73,5	97,2	199,4
	Normaliz.	0,37	0,49	1,00
R	Original	0,80	0,80	1,39
	Normaliz.	0,58	0,58	1,00
I	Original	-	-	-
	Normaliz.	0,10	0,10	0,43
F*	-	0,0215	0,0284	0,430
Ranking	-	1º.	2º.	3º.

* F é o produto dos valores normalizados de C, R e I. Quanto menor for o valor de F maior será a viabilidade da medida.

De acordo com a Tabela 5.13, as viabilidades, resultantes do produto $F = C \times R \times I$ apresentaram a seguinte ordem: 1º.) Abastecimento do Pardo ($F = 0,0215$), 2º.) Abastecimento de Campos de Poços na Zona rural ($F = 0,0284$), e 3º.) Abastecimento por Água de Chuva em Condomínios ($F = 0,430$).

Além do fato de que as alternativas de abastecimento complementar do rio Pardo e por campos de poços na área rural terem apresentado um resultado final muito próximo, dois de seus critérios tiveram o mesmo valor (R e I), diferindo apenas no custo (C). Isto se deveu ao fato de que, em ambos os casos, os volumes de água supridos foram equivalentes, assim como os excedentes do consumidor.

Considerando que as viabilidades das alternativas com menores valores de F estão muito próximas, é possível implementá-las isolada ou conjuntamente, sem que haja perda de eficiência e eficácia sócio-econômico-ambiental. Dessa forma, pode-se optar por um abastecimento complementar com 60% de água do rio Pardo e 40% de água do campo de poços rural, para atender à demanda de água de Ribeirão Preto em 2050.

A implantação conjunta das duas melhores alternativas de gestão de oferta permitiria também reduzir, de forma significativa, o risco ambiental (esgotamento do SAG na cidade de R. Preto), de forma que a exploração do Guaraní fosse feita em níveis compatíveis com a taxa de recarga (7 milhões de m^3 /ano em 2008).

Neste caso, a fronteira de produção da Figura 5.8 tenderia à horizontal. A soma dos volumes anuais proporcionados pelo abastecimento das duas melhores alternativas da Tabela 5.13 mostra que a exploração sustentável do SAG em Ribeirão Preto é possível de ser conseguida.



A menor viabilidade sócio-econômico-ambiental para alternativa de captação de água de chuva não implica que a prática seja inviável, mas apenas que, comparada às outras duas, sua viabilidade sócio-econômico-ambiental é menor, ou seja, apresenta menor prioridade.

Entretanto, é possível que os moradores de condomínios, avaliando os custos e benefícios de um sistema de captação de água de chuva, decidam pela sua implantação, de forma a garantir seu abastecimento e, ao mesmo tempo, reduzir suas contas de água.

5.2. Viabilidade das Medidas de Gestão da Demanda de Água

Neste item, são analisadas as viabilidades das medidas propostas para a gestão da demanda de água. Da mesma maneira que a gestão da oferta, a cidade de Ribeirão Preto foi escolhida como representativa de toda a área do Projeto Piloto, e a análise foi a ela aplicada.

Das medidas propostas para a gestão da demanda (item 4.2), foram avaliadas as viabilidades das seguintes alternativas:

- Substituição da Rede de Distribuição de Água e Implantação de Reservatórios Elevados; e
- Cobrança pela Água Subterrânea.

Os aspectos técnicos dessas alternativas já haviam sido objeto de discussão em item anterior, e não serão repetidos aqui. A seguir serão analisadas as viabilidades sócio-econômico-ambientais das duas medidas acima, utilizando-se o Modelo Multi-critério proposto.

5.2.1. Alternativa de Substituição de Rede e Implantação de Reservatórios Elevados em Ribeirão Preto

Conforme visto em item anterior, as perdas físicas de água nas cidades da área do Projeto Piloto, são, em média, de 41,9%. No caso específico de Ribeirão Preto, a perda é de 41,8%.

Em valores de 2008, isto representa 53,3 milhões de metros cúbicos por ano. Considerando que o preço médio da água tratada em Ribeirão Preto é de R\$ 2,83 /m³, isto representaria uma perda de faturamento de R\$ 148,1 milhões por ano, um valor bastante elevado.

Como discutido anteriormente, as perdas decorrem de dois fatores principais: a idade elevada de grande parte da rede, e a alta pressão usada para em sua pressurização.

Nesse sentido, a primeira alternativa de gestão de demanda envolve a substituição da rede antiga por uma nova rede de macro e micro distribuição de água, bem como a construção de reservatórios elevados em pontos estratégicos



da cidade de Ribeirão Preto, de forma a reduzir a pressão na rede, reduzindo as probabilidades de perdas (vide item 4.2). Com isso, espera-se que um nível aceitável de perda física, na faixa de 20%, seja atingido.

Nesse sentido, supondo-se que toda a rede de distribuição de água de Ribeirão Preto seja substituída, e que reservatórios elevados, suficientes para abastecer toda a área urbana do município, sejam construídos até 2015, teríamos, no horizonte de 2050, as seguintes economias de água (Tabela 5.14):

Tabela 5.14. População, produção de água, perdas antes e depois da substituição da rede, e economia de água obtida em Ribeirão Preto em 2050 (Cenário Tendencial de população).

Popul. (hab.)	Prod. de Água (Milhões M ³ /ano)	Vol. Perda Antes* (Milhões M ³ /ano)	Vol. Perda Depois** (Milhões M ³ /ano)	Economia de Água (Milhões M ³ /ano)	Economia Financeira (R\$ Milhões)
923.635	204,8	85,6	41,0	44,6	126,2

* Supondo perdas atuais de 41,8%.

** Supondo perdas de 20%.

De acordo com a Tabela 5.14, haveria uma economia potencial anual de 44,6 milhões de metros cúbicos de água tratada (representando 21,8% da produção). Isto representaria, a valores de hoje (R\$ 2,83/m³), uma economia de R\$ 126,2 milhões por ano.

A seguir serão analisados o risco ambiental, o excedente do consumidor (impacto social), e o custo dessa alternativa, para em seguida se obter a sua viabilidade.

- Risco Ambiental

O risco ambiental da alternativa é dado pela declividade da fronteira de produção de água subterrânea do SAG entre 2008 e 2050, supondo que a medida seja implantada a partir de 2015. Neste caso, o cenário tendencial de população e mudanças climáticas foi usado.

A Figura 5.11 abaixo apresenta o risco ambiental da alternativa de substituição de rede de distribuição e construção de reservatórios para a cidade de Ribeirão Preto, supondo-se uma perda física de água de 20%.

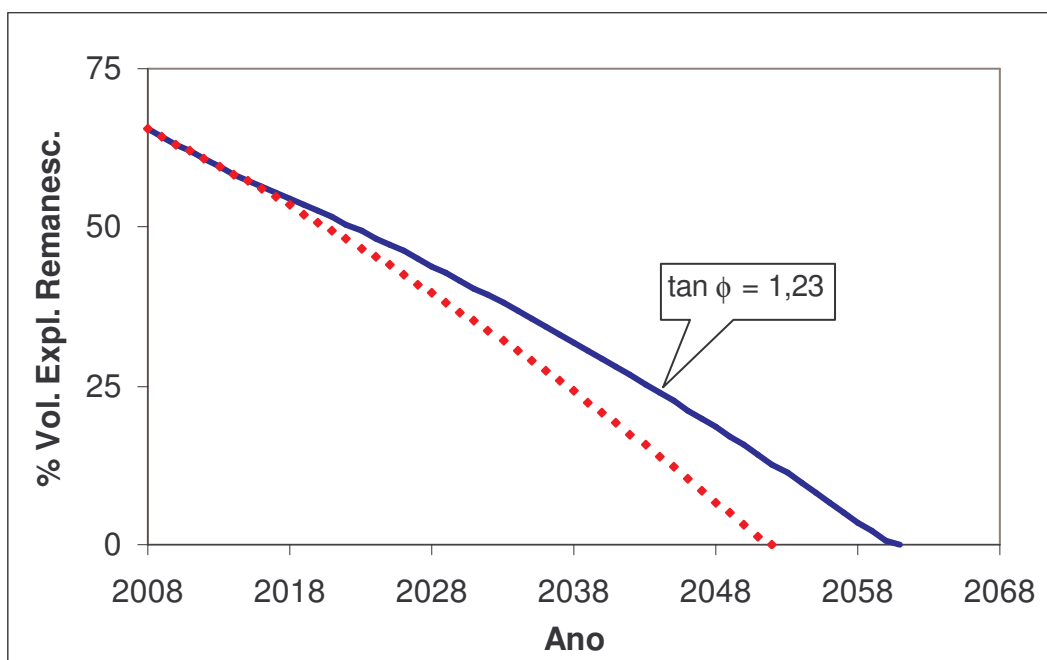


Figura 5.11. Fronteira de produção de água do SAG em Ribeirão Preto (em azul), em função da substituição da rede de distribuição e de reservatórios a partir de 2015, e perdas físicas de 20% (a fronteira de produção sem a adoção da medida é mostrada em vermelho).

De acordo com a Figura 5.11, o risco ambiental da alternativa em tela, dado pela declividade da fronteira de produção do SAG nos próximos 50 anos, foi de $R = 1,23$, indicando que o esgotamento do aquífero se daria em 2061, ao invés de em 2052, sem a substituição.

- Impacto Social

O impacto social requer a estimativa do excedente do consumidor para a alternativa em tela. A Tabela 5.15 abaixo apresenta os volumes faturados, os preços, e os excedentes do consumidor em 2008 e em 2050, supondo que uma nova rede de distribuição e reservatórios elevados fossem implantados em 2015 na cidade de Ribeirão Preto. Os cenários de população e clima são os tendenciais.

Tabela 5.15. Quantidades, preços e excedentes do consumidor, relativos à água faturada em 2008 e em 2050, este último com e sem substituição da rede de distribuição de água e reservatórios elevados, em Ribeirão Preto.

2008			2050 (SAG)*		2050 (SAG + A. Chuva)*			
$Q_0=Q_1$ (10^6 m^3/ano)	P_0 (R\$/ m^3)	P_{m0} (R\$/ m^3)	P_1 (R\$/mês)	EC_1 (10^6 R\$/ano)	Q_2 (10^6 m^3/ano)	P_2 (R\$/mês)	EC_2 (10^6 R\$/ano)	ΔEC (10^6 R\$/ano)
44,6	2,83	7,29	4,44	99,5	61,3	2,77	245,0	145,5

* O preço máximo (intercepto do eixo y da Fig. 5.6) para a demanda D_1 foi de $P_{m1} = R\$ 8,90/m^3$.



De acordo com a Tabela 5.15, em 2050 o volume de água faturada com perdas de 20% no sistema de distribuição seria de 61,3 milhões de m³ por ano, com um preço de equilíbrio de R\$ 2,77 / m³.

O excedente do consumidor gerado pela alternativa seria de R\$ 245,0 milhões por ano. Comparado ao excedente do consumidor sem a medida, haveria um ganho adicional de R\$ 145,5 milhões por ano. A obtenção do impacto social dessa alternativa será feita da mesma maneira que as das alternativas de gestão de oferta, ou seja, normalização e função recíproca, sendo apresentado em item adiante.

- Custo da Alternativa

Para a estimativa do custo da alternativa de substituição da rede de macro e micro distribuição de água de Ribeirão Preto, usou-se valores unitários da Funasa (2005). A Tabela 5.16 apresenta a extensão e o custo de uma nova rede de distribuição, em Ribeirão Preto, incluindo um conjunto de reservatórios elevados.

Tabela 5.16. Área urbana, extensão unitária e total de nova rede, custo de um sistema de reservatórios e custo total da alternativa (Fonte: Funasa, 2005).

Área Urbana (Km ²)	Extensão Unitária da Rede (Km/Km ²)	Extensão Total da Rede (Km)	Custo Unitário da Rede ¹ (R\$/ Km)	Custo Total da Rede (R\$ milhões)	Custo Reserv. ² (R\$ milhões)	Custo de O&M ³ (R\$ milhões)	Custo Rede + Res. ⁴ (R\$ milhões)
62,2	20	1.245	80.000	99,6	35,0	10,8	145,4

¹ Considerando um valor médio de diâmetro de tubo, para macro e micro alocação.

² Supondo mesmos valores usados para a alternativa de abastecimento do rio Pardo.

³ Supondo um valor de 8% do subtotal.

⁴ Ver discussão abaixo.

De acordo com a Tabela 5.16, o custo total da alternativa, em valores de 2008, seria de R\$ 145,4 milhões, sendo R\$ 99,6 milhões da substituição da rede, R\$ 35 milhões da construção de reservatórios elevados e R\$ 10,8 milhões da operação e manutenção, durante o período de um ano de operação.

Entretanto, considerando que o custo de implantação de uma nova rede de distribuição de água e reservatórios elevados em Ribeirão Preto (R\$ 145,4 milhões), é quase o valor que seria economizado em 1 ano, em função da redução das perdas físicas (R\$ 126,2 milhões/ano), a rápida amortização desse tipo de investimento resultaria em um custo efetivo muito menor do que os R\$ 145,4 milhões.

Supondo que um empréstimo fosse tomado nesse valor, ele poderia ser pago em 2 anos, levando-se em conta os juros de mercado, cuja prestação anual é dada pela equação abaixo :



$$p = \frac{k * (1 + r)^n}{\left(\frac{(1 + r)^n - 1}{r} \right)}$$

Onde p (R\$/ano) = prestação anual, k (R\$) = capital emprestado, r (adim.) = taxa de juros anual, e n = número de anos.

Assim, para um capital de R\$ 145,4 milhões tomado a uma taxa de 10% ao ano por 2 anos, teríamos duas prestações de R\$ 83,8 milhões, perfazendo um total de R\$ 167,6. Em função desse baixo prazo de amortização, supôs-se então que o custo da alternativa seriam os juros do empréstimo, ou seja, R\$ 167,6 – R\$ 145,4 = R\$ 22,2 milhões.

- Alternativa da Cobrança por Água Subterrânea

A cobrança por água subterrânea bruta é uma alternativa atraente de gestão da demanda de água em áreas urbanas. No caso da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, este tema já vem recebendo atenção do Comitê do rio Pardo, através de suas Câmaras Técnicas de Água Subterrânea e de Cobrança.

Entretanto, há algumas dificuldades a serem consideradas na análise dessa alternativa. A primeira delas é a pequena elasticidade da demanda de água tratada. A suposição usada no presente Estudo, decorrente de uma revisão dos resultados de alguns países, é que a elasticidade-demanda-preço da área do Projeto Piloto é de -0,10. Isso quer dizer que, se houver um aumento de 10% no preço da água tratada, em função de uma eventual cobrança pelo uso da água bruta, haveria, teoricamente, uma redução de apenas 1% na demanda de água tratada.

A outra dificuldade é que existe, atualmente, um teto máximo de tarifa de água bruta para o Estado de São Paulo. De acordo com Decreto Estadual No. 50.667/06, a tarifa máxima para a cobrança de uso da água subterrânea, se implantada na bacia, seria de R\$ 0,015 /m³.

Considerando que o valor médio da tarifa de água tratada em Ribeirão Preto é de R\$ 2,83 /m³, a tarifa de água bruta, se implantada no teto máximo atual, representaria apenas 0,53% do valor da água tratada, tendo um efeito praticamente nulo no controle da demanda de água.

Foi visto anteriormente que, em Estados como o Ceará, a tarifa máxima de água bruta chega, dependendo do tipo de uso, a R\$ 0,80/ m³ (ver Tabela 5.17 abaixo).



Tabela 5.17. Valores de cobrança de água bruta no Brasil (Fonte: Ramos, 2007).

Cobrança pelo uso da água no Brasil						
Estado / Bacia	Setor usuário	Captação por m³	Consumo por m³	DBO por Kg	Arrecadação Total Estimada	Arrecadação per capita*
Piracicaba	Domést/ industrial	R\$ 0,01 a R\$ 0,015 US\$ 0,004 a US\$ 0,006	R\$ 0,02 US\$ 0,009	R\$ 0,10 US\$ 0,04	R\$ 20 milhões/ano	R\$ 4,5 /hab.ano US\$ 1,8 /hab.ano
Paraíba do Sul	Domést/ industrial	R\$ 0,008 US\$ 0,003	R\$ 0,02 US\$ 0,009	R\$ 0,02/m ³ não tratado US\$ 0,009/m ³ não tratado	R\$ 10 milhões/ano	R\$2 /hab.ano US\$ 0,8 /hab.ano
Ceará	Industrial	R\$ 0,80 / US\$ 0,32		-	R\$ 20 milhões/ano	R\$ 2,7 /hab.ano US\$ 1,1 /hab.ano
	Domést.	R\$ 0,026 a R\$ 0,055 / US\$ 0,01 a US\$ 0,02		-		

Entretanto, é possível que o valor máximo atual para tarifa no Estado de São Paulo seja aumentado através de um novo Decreto, em função das demandas dos Comitês de Bacia paulistas.

No presente Estudo, supusemos que a tarifa máxima de cobrança por água subterrânea praticada na área do Projeto Piloto passaria para R\$ 0,30/m³, ou seja, um aumento de 20 vezes em relação ao teto atual. Isto representaria apenas 37% do valor máximo praticado no Estado do Ceará, sendo, portanto, uma suposição razoável (Figura 5.12).

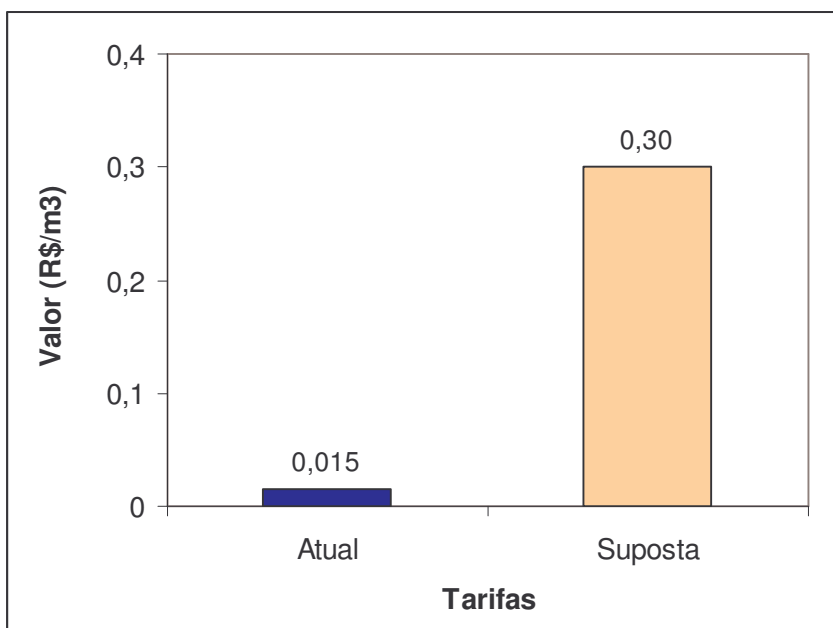


Figura 5.12. Tarifa máxima atual e suposta de cobrança de uso de água bruta no Estado de São Paulo.

- Impacto Social

Assim, supondo que uma tarifa de R\$ 0,30/m³ fosse aplicada ao volume de água tratada faturada na cidade de Ribeirão Preto a partir de 2008, considerando os volumes praticados neste ano, bem como a elasticidade de -0,10 da demanda, teríamos, de acordo com a Figura 5.13, um aumento do preço da água tratada, uma redução do volume de água consumido, e uma redução correspondente do excedente do consumidor.

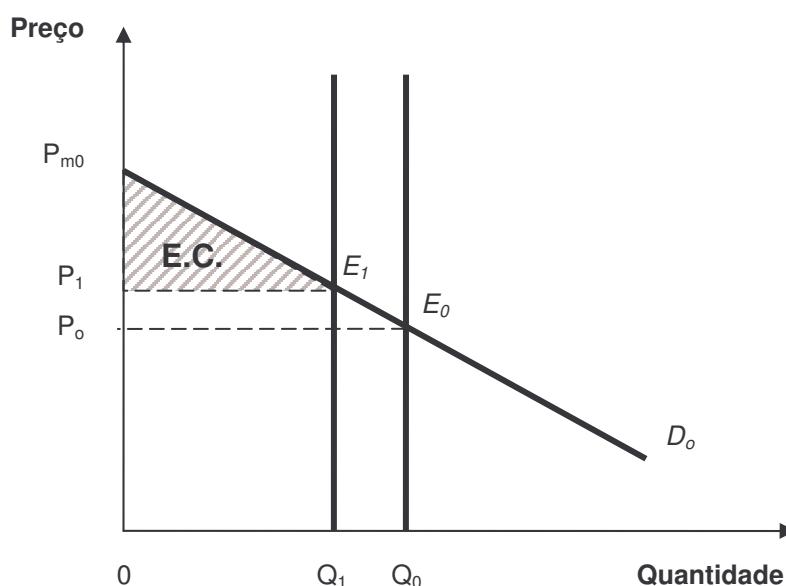


Figura 5.13. Quantidade, preço de água tratada e excedente do consumidor relativo a cobrança por água subterrânea bruta em Ribeirão Preto.

Assim, supondo que a cobrança de água bruta fosse totalmente repassada para o preço da água tratada, este passaria de P_0 para P_1 . O volume consumido, em resposta ao aumento de preço, seria reduzido de Q_0 para Q_1 . Uma redução também ocorreria para o excedente do consumidor, passando da área $P_0E_0P_{m0}$ para a área menor $P_1E_1P_{m0}$, ambas na Figura 5.13. A Tabela 5.18 abaixo apresenta os valores das quantidades, preços e excedentes do consumidor antes e depois da implantação da cobrança suposta.

Tabela 5.13. Quantidades, preços e excedentes do consumidor, relativos à água faturada em 2008, com e sem a cobrança de água bruta em Ribeirão Preto (cenários tendenciais de população e clima).

Q_0 (10^6 m^3 /ano)	P_0 (R\$/ m^3)	EC_0 (R\$ milhão)	Q_1 (10^6 m^3 /ano)	P_1 (R\$/ m^3)	EC_1 (R\$ milhão)	ΔEC (R\$ milhão)
44,6	2,83	99,5	41,6	3,13	86,5	-13,0

* O preço máximo (intercepto do eixo y da Fig. 5.13) para a demanda D_0 foi de $P_{m1} = R\$ 7,29/m^3$.

De acordo com a Tabela 5.13, o aumento médio de R\$ 0,30 por metro cúbico na tarifa de água tratada (P_1) faria com que o consumo de água passasse de 44,6 para 41,6 milhões de m^3 /ano (redução de 6,7% no consumo). Com isso, o excedente do consumidor seria reduzido em R\$ 13 milhões por ano.



- Risco Ambiental

O percentual de redução do volume consumido em 2008 (6,7%) foi então usada para estimar o risco ambiental em 2050, através da declividade da fronteira de produção do SAG na área urbana de Ribeirão Preto. O resultado é apresentado na Figura 5.14, abaixo.

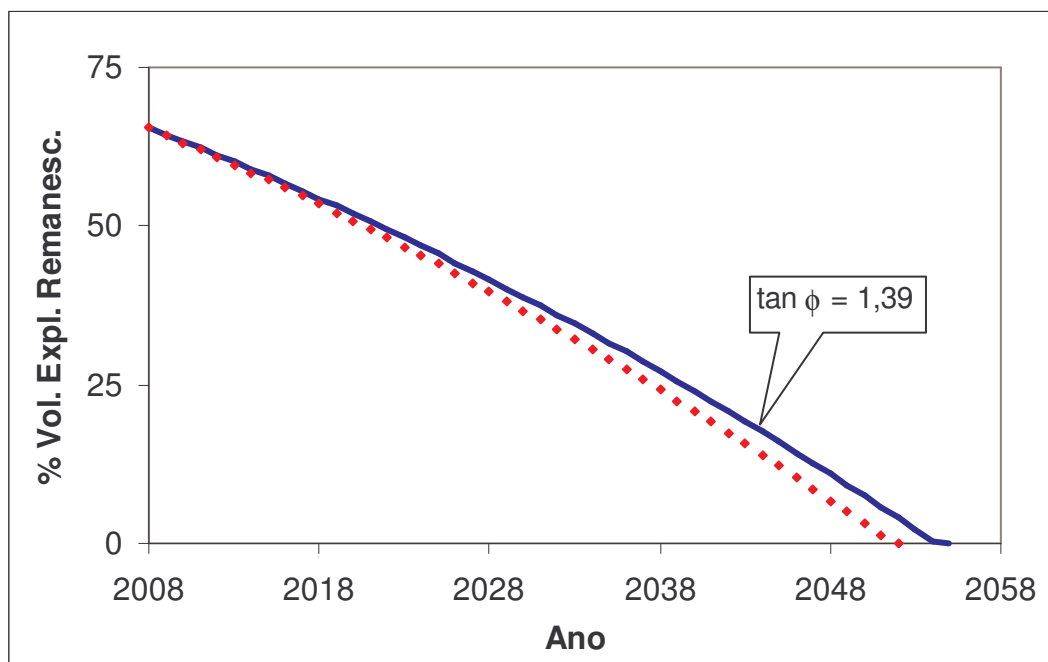


Figura 5.14. Fronteira de produção de água do SAG em Ribeirão Preto (em azul), em função da cobrança de água bruta a partir de 2008 (a fronteira de produção sem a adoção da medida é mostrada em vermelho).

De acordo com a Figura 5.14, o risco ambiental da introdução da cobrança de água bruta é de $R = 1,39$, com o potencial de estender o prazo de esgotamento do SAG em Ribeirão Preto de 2052 para 2055.

- Custo

No presente Estudo, supô-se que o custo de implantação e divulgação da cobrança de água bruta na cidade de Ribeirão Preto fosse de R\$ 1,0 milhão. Este, juntamente com os outros critérios, foram usados para o cálculo da viabilidade das alternativas de gestão da demanda de água na cidade.

5.2.3. Viabilidade das Medidas Propostas para a Gestão da Demanda de Água

Da mesma forma que no caso da viabilidade das medidas de gestão da oferta de água, foi necessário normalizar os valores dos critérios das medidas de gestão da demanda.



A análise de viabilidade iniciou-se pela normalização e obtenção do impacto social das medidas. Os resultados desse critério são apresentados na Tabela 5.14.

Tabela 5.14. Valores originais e normalizados de EC e I para as medidas de gestão de demanda propostas.

Critério	Valores	Alternativa	
		Subst. Rede	Cobrança
EC	Original	245,0	86,5
	Normaliz.	1,0	0,35
I	Normaliz*.	0,1	0,75

* Os coeficientes da equação da Figura 5.9 foram: a = 1,0 e b = 1,1.

Obtidos os valores de I para as duas alternativas de gestão de demanda de água, a etapa seguinte foi a obtenção dos outros dois critérios, bem como o valor de F (viabilidade sócio-econômico-ambiental). Esses resultados são apresentados na Tabela 5.15 abaixo.

Tabela 5.15. Valores originais e normalizados dos critérios do modelo de viabilidade, e o valor de F para as alternativas analisadas.

Critério	Valores	Alternativa	
		Subst. Rede	Cobrança
C	Original	22,2	1,00
	Normaliz.	1,00	0,045
R	Original	1,23	1,39
	Normaliz.	0,88	1,00
I	Original	-	-
	Normaliz.	0,1	0,75
F	-	0,088	0,034

Conforme indica a Tabela 5.15, o menor valor de F das duas alternativas de gestão da demanda analisadas foi aquele relativo à cobrança de água bruta, com um valor de 0,034. Esta foi, portanto, a alternativa mais viável, sob o ponto de vista sócio-econômico-ambiental.

Entretanto, como a tarifa de cobrança usada na análise é vinte vezes maior que o teto permitido no Estado de São Paulo, ela depende de sua majoração, através de Decreto, o que diminui sobremaneira sua factibilidade.



Considerando a proximidade dos valores de F das duas alternativas, este fato torna a alternativa de substituição de rede de distribuição de água a mais viável, pois é a mais factível, pelo menos a médio prazo.

5.3. Análise Integrada da Gestão da Oferta e da Demanda de Água

Ainda considerando a cidade de Ribeirão Preto como o caso de estudo, e considerando também que a gestão de água subterrânea do SAG na cidade seria mais eficaz atacando-se, simultaneamente, a oferta e a demanda de água, conclui-se que as alternativas mais viáveis de cada uma delas resultariam na melhor alternativa global.

Assim, de acordo com as análises acima, o abastecimento complementar de água do rio Pardo (gestão da oferta), conjuntamente com a substituição da rede de distribuição de água de Ribeirão Preto (gestão da demanda) seria a melhor combinação para reduzir o impacto de sobre-exploração de água subterrânea do SAG na cidade.

A Figura 5.15 abaixo mostra o risco ambiental do esgotamento da água do SAG na cidade, no caso das duas medidas serem implantadas após o ano de 2015.

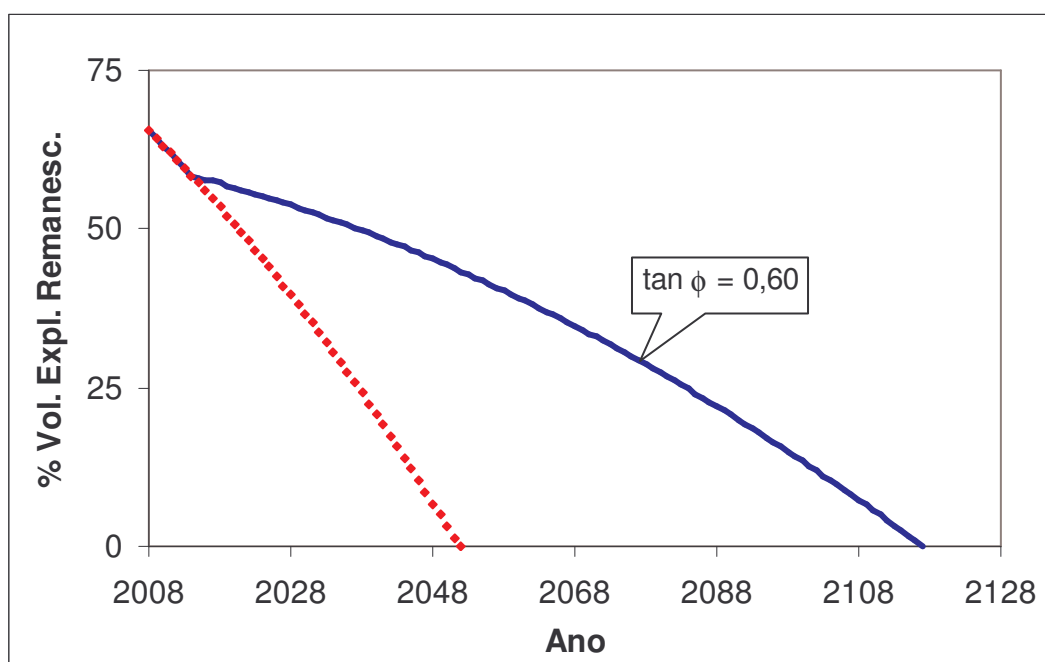


Figura 5.15. Fronteira de produção de água do SAG em Ribeirão Preto (em azul), em função do abastecimento complementar do rio Pardo, e da substituição da rede de distribuição de água, a partir de 2015 (a fronteira de produção sem a adoção das medidas é mostrada em vermelho).



De acordo com a Figura 5.15, a fronteira de produção do SAG em Ribeirão Preto seria muito menos inclinada ($\text{tg } \phi = 0,60$), oferecendo um menor risco ambiental. Com a implementação das medidas de gestão de oferta e demanda, o esgotamento do SAG em Ribeirão Preto seria adiado de 2052 para o ano 2117.



6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste Capítulo, são apresentadas as principais conclusões e recomendações do Estudo. Elas são as seguintes:

- Do total de 2.500 km² da área do Projeto Piloto Ribeirão Preto, 476,9 km² (ou 19%) são constituídas de área de recarga do aquífero Guaraní;
- Do total de áreas de recarga, 141,2 km² (29,6%) apresentam alta vulnerabilidade à contaminação, e 147,5 km² (30,9%) apresentam média vulnerabilidade;
- As altas vulnerabilidades à contaminação estão associadas a áreas com solos de baixo teor de argila, alta permeabilidade, e pequena profundidade efetiva;
- Os municípios com maior área de recarga vulnerável foram o de Ribeirão Preto, São Simão e Altinópolis;
- Em termos de risco de contaminação das áreas de recarga por herbicidas na zona rural, estimado pelo produto do potencial de contaminação e da vulnerabilidade, os resultados mostraram que 89,2 km² apresentam alto risco e 105,6 km² apresentam médio risco;
- As áreas de alto risco de contaminação por herbicidas estão associadas à agricultura (cana de açúcar), e à solos com alta ou média vulnerabilidade;
- Os municípios com maior risco de contaminação das áreas de recarga por herbicidas são Ribeirão Preto, Cravinhos e São Simão;
- No tocante à contaminação das áreas de recarga do SAG por vinhaça, aplicada por fertirrigação em lavouras de cana, um total de 8.914 hectares se constituem áreas de risco, principalmente no município de Ribeirão Preto. Essas áreas apresentam solos com alta ou média vulnerabilidade à contaminação;
- Em termos do risco da contaminação pontual das zonas de recarga do SAG, as áreas de alto risco foram as seguintes: 351,7 mil m² (barragem de rejeitos), 28,7 mil m² (infra-estrutura de petróleo e gás), 71,7 mil m² (posto de transformadores), e 451 m² (tanques de produtos químicos). As áreas de alto risco estavam associadas a solos vulneráveis e a cargas com médio e alto potencial contaminante;
- No que se refere ao risco de contaminação de áreas de recarga por fontes residenciais e industriais na área do Projeto Piloto, 115 hectares apresentaram alto risco, e 370 hectares médio risco. Este risco está associado a áreas de alta vulnerabilidade à contaminação de aquíferos e a fossas, efluentes industriais, escoamento de ruas, e outros focos pontuais urbanos;



- Das centenas de vias de transporte terrestre que cortam a área do Projeto Piloto, um total de 83 km de rodovias e 16 km de ferrovias apresentam alto risco de contaminação das áreas de recarga do SAG. Este risco está associado a áreas de alta ou média vulnerabilidade, ao volume de tráfego, e à toxicidade da carga transportada;
- Apesar de haver um grande número de Leis, Decretos, Resoluções e outros instrumentos legais na área do Projeto Piloto, poucos estão sendo efetivamente utilizados na proteção das áreas de recarga e para a economia da água subterrânea. Dentre as exceções, estão a Res. No. 065/06 CRH, que estabelece zonas de restrição de perfuração de poços na cidade de Ribeirão Preto. Já o Decreto No. 50.667/06, que regula a cobrança pela água bruta no Estado de São Paulo, restringe a gestão de demanda de água subterrânea, por estabelecer tetos muito baixos de tarifa de água bruta;
- As medidas propostas no presente Estudo para a proteção das áreas de recarga do SAG incluíram o zoneamento do solo e a restrição de usos em função de seu potencial de contaminação pontual e difusa, bem como a substituição de defensivos de maior potencial de contaminação por outros menos agressivos, e do monitoramento sistemático do solo e do lençol freático em áreas de alto risco de contaminação;
- Uma metodologia de compensação financeira por serviço ambiental, relativo à redução do potencial de contaminação de aquíferos, foi também proposta, incluindo critérios e valores de compensação, proporcionais aos benefícios gerados;
- Mesmo com a restrição imposta a novos poços na área urbana de Ribeirão Preto (Res. CRH 065/06), se a exploração de água subterrânea continuar nas taxas atuais, o volume explorável do aquífero Guaraní sob a cidade tenderá a se esgotar no ano de 2052;
- Este esgotamento rápido é função da tendência crescente de consumo de água subterrânea e da redução da recarga do aquífero, em função de mudanças climáticas. Entretanto, no ano de 2008 ainda restam 65% do volume explorável do SAG na cidade de Ribeirão Preto, havendo tempo hábil para sua conservação;
- Para fazer frente às ameaças identificadas ao esgotamento do SAG, foram propostas medidas de gestão da oferta e gestão da demanda de água na área do Projeto Piloto, principalmente para a cidade de Ribeirão Preto. As primeiras envolveram a captação de água do rio Pardo, a captação da água de chuva em condomínios, e a instalação de campos de poços em áreas rurais (SAG aflorante). As últimas a substituição da rede de distribuição de água e implantação de reservatórios elevados (de forma a reduzir o o nível de pressão e perdas na rede), e cobrança pela água subterrânea;



- O modelo sócio-econômico-ambiental utilizado na análise de viabilidade das propostas de gestão da oferta e de demanda de água continha 3 critérios: o custo da medida, o risco ambiental relativo ao esgotamento da água do SAG, e o impacto social, estimado pelo excedente do consumidor de Marshall. Quanto menor o valor do produto dos 3 critérios, mais viável era a medida proposta;
- Aplicado às alternativas de gestão de oferta de água propostas no Estudo, oriundas das reuniões do PALp e do consultor com os gestores e stakeholders locais, o modelo multi-critério proposto apontou a captação complementar de 50% de água do rio Pardo como a de maior viabilidade sócio-econômico-ambiental, seguida da alternativa de campo de poços na zona de recarga rural;
- Se implementado, o abastecimento complementar de 50% da demanda de água de Ribeirão Preto com água do rio Pardo, a vida útil do SAG na cidade seria estendida em 29 anos, passando de 2052 a 2081, considerando os cenários tendenciais de crescimento populacional e mudanças climáticas;
- No tocante às medidas de gestão da demanda de água, a mais viável e factível foi a de substituição da rede de distribuição e instalação de reservatórios elevados em Ribeirão Preto, implicando em significativa redução do percentual de perda física. A cobrança por água subterrânea só seria uma medida de gestão de demanda viável se o teto da tarifa passasse dos atuais R\$ 0,015 a pelo menos R\$ 0,30 /m³;
- Se implementadas conjuntamente, as medidas de gestão de oferta e de demanda de maior viabilidade individual (captação de água do rio Pardo e substituição da rede de distribuição) aumentariam a vida útil de exploração de água do SAG em 65 anos, passando de 2.052 para 2.117;
- Entretanto, de forma a garantir uma produção sustentável de água subterrânea em Ribeirão Preto e nas outras cidades da área do Projeto Piloto, as taxas de exploração devem ser iguais ou menores que a taxa de recarga dos aquíferos;
- Apesar de medidas de gestão de oferta e demanda de água terem sido avaliadas principalmente na cidade de Ribeirão Preto, os resultados podem, de maneira geral, ser aplicados ao restante da área do Projeto Piloto, em função da similaridade existente entre os padrões de produção e consumo de água.
- Sugere-se que zoneamento das áreas de recarga do SAG seja implementado de acordo com o tipo de uso e o seu risco à contaminação, e que seja realizado o monitoramento do solo e da água das áreas vulneráveis, para sua detecção de eventuais contaminações e seu controle em tempo hábil;



- Apesar de instrumentos legais, tais como a Res. CRH 065/06, terem contribuído para a redução do risco de esgotamento do SAG na área urbana de Ribeirão Preto, sozinha ela não é suficiente. Medidas agressivas de gestão da oferta e da demanda de água, como as propostas no presente Estudo, devem ser implementadas a médio prazo, para garantir a sustentabilidade da exploração de água subterrânea;
- O atual teto da tarifa de água bruta do Estado de São Paulo deve ser aumentado de forma significativa, para que a cobrança de água bruta possa se tornar uma medida efetiva de gestão da demanda;
- Tanto no controle da contaminação das áreas de recarga como na gestão da oferta e da demanda de água na área do Projeto Piloto, deve-se privilegiar o uso de instrumentos financeiros, ao invés de medidas de comando e controle, menos eficazes. Dentre esses, destacam-se programas de compensação financeira por serviços ambientais, como o Programa do Produtor de Água, que está sendo implementado na bacia do Rio Piracicaba.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMAS, E.D., MONTEIRO, R.T.R., AMANCIO, A.V., CORREIA, R.M.L., & GUERCIO, M.A. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do Rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica, publicação CENA, Piracicaba, SP, 2005, 10 p.
- CETESB. Amostragem e monitoramento de águas subterrâneas. Norma 6410, 1988, 32 p.
- CHAVES, HML, BRAGA, B, DOMINGUES, A., SANTOS, D. Quantificação dos Benefícios e Compensações Financeiras do “Programa do Produtor de Água” (ANA): I. Teoria. *Revista da ABRH*, vol. 9(3) 5-14, 2004.
- COMITE DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO. Plano de Bacia do R. Pardo-Relatório Final, São Paulo, 2003, 296 p.
- CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HIDRICOS-SP. Mapa de Água Subterrânea do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005, 119 p.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA-SP. Preço Médio De Terra Agrícola De Primeira Sobe 38,13% em SP. Artigo da Internet, 2008.
- INSTITUTO AGRONOMICO DE CAMPINAS-IAC. Levantamento pedológico semi-detalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de Ribeirão Preto. Boletim Técnico No. 7-IAC, Campinas, 1987, 133 p.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Legislação de Recursos Hídricos – Política Estadual. São Paulo, 2006, 83 p.
- GUSTAFSON, D. I. *Environ. Toxicol. Chem.* V. 8, 1989, p. 339.
- PEARCE, D.W. Economia ambiental. Fundo de Cultura Econômica, México, 1985, 258 p.
- PROYECTO GUARANI – SECRETARIA GENERAL. Plano de Gestión Local Inicial - PGL, Montevideo, 2007, 11 p.
- PROYECTO GUARANI – SECRETARIA GENERAL. Mapas e *shapes* diversos da area do Projeto Piloto Ribeirão Preto. 2007.
- SILVA, F.J.A. Perda de água em sistemas de abastecimento público no Ceará. R. Tecn. Fortaleza, V. 26, n. 1, p. 1-11, 2005.
- SILVA, M.A.S., GRIEBLER, N.P., & BORGES, L.C. Uso da vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. R. Bras. de Eng. Agr. e Ambient. V. 11 p. 108-114, 2007.
- THOMAS, F. & SYME, G. Estimating Residential price Elasticity of Demand for water; A Contingent Valuation Approach. *Water Resour. Research*, vol. 24, No II, 1988, pp 1847-1857.



AGRADECIMENTOS

Algumas pessoas contribuíram de forma decisiva para a realização desse Estudo, a quem o consultor gostaria de agradecer. Dentre elas, estão as seguintes:

- Sr. Daniel Garcia, Projeto Guaraní
- Sr. Pablo Decoud, Projeto Guaraní
- Sr. Carlos Alencastre, Diretor do DAEE em Ribeirão Preto
- Sr. Marcos Massoli, Secretaria de Meio Ambiente-SP;
- Sr. Maurício Moreira dos Santos, Facilitador Projeto Rib. Preto
- Sr. João Paulo Fonseca, DAERP, Ribeirão Preto.
- Sr. Maurício Figueiredo, Secretaria de Meio Ambiente de R. Preto.
- Sr. Rogério Vereza, Eng. Florestal e consultor.



ANEXO 1

Gastos Realizados no Período e Gastos Totais

Neste Anexo são apresentados os Gastos realizados pelo consultor durante a confecção do presente Relatório, bem como os gastos dos dois primeiros Relatórios, e finalmente o gasto total, incluindo o balanço financeiro relativo ao adiantamento contratual.

1. Gastos Realizados durante a Realização do 3º. Relatório.

Durante o período transcorrido entre o 2º. e o 3º. Relatório, foram realizados os gastos listados na Tabela A1, os quais são devidamente comprovados com recibos e notas no Anexo 2.

Tabela A1. Gastos realizados durante a realização do 3º. Relatório

Relatório No. 03 - Tipo de Gasto	Valor (R\$)	Valor (US\$)
- Passagem aérea Brasília-Montevideo-Brasília, relativa a participação na Reunião de Colonia-Uruguai	767,74	
- Pagamento serviços do Sr. Rogério V. Azevedo, referentes a confecção de mapas no SIG		1.000,00
Subtotal:	767,74	1.000,00
Sub-totais em US\$	451,61	1.000,00
Total em US\$		1.451,61

2. Gastos Realizados durante o 1º. e 2º. Relatório

Durante a realização dos dois primeiros Relatórios de Consultoria, cujas prestações de contas foram feitas durante sua apresentação, os valores gastos com materiais, viagens a Ribeirão Preto e despesas diversas, estão apresentados na Tabela A2 abaixo.

Tabela A-2. Gastos realizados no 1º. e 2º. Relatório*

Relatório	Valor (US\$)
1º.	898,35
2º.	810,69
Sub-total	1.709,04

* Prestações de contas apresentadas por ocasião da entrega dos dois Relatórios.



3. Gastos Totais durante a Realização do Estudo

Somando-se os custos relativos aos Relatórios 1 e 2 com aqueles do Relatório 3, chega-se a um valor total de gastos de US\$ 3.160,65, conforme indica a Tabela A-3.

Tabela A-3. Gastos Totais Realizados no Estudo pelo Consultor.

Relatório	Valor (US\$)
1º. e 2º.	1.709,04
3º.	1.451,61
Sub-total	3.160,65



ANEXO 2

COMPROVANTES DE GASTOS DO 3º. RELATÓRIO