

PAP005003

Título

USE AND PROTECTION GROUNDWATER PROGNOSTICS CONSIDERING DIFFERENT FUTURE SOCIAL AND ECONOMICAL SCENARIOS: A TOOL FOR WATER MANAGEMENT FOR THE STATE OF MATO GROSSO, BRAZIL.

PROGNÓSTICOS DE USO E PROTEÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA CONSIDERANDO CENÁRIOS SÓCIO-ECONÔMICOS: UMA FERRAMENTA PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO MATO GROSSO, BRASIL.

Autor

Roberto Kirchheim – Geólogo do Serviço Geológico Nacional (CPRM-SUREG POA)

Abstract

According to the Brazilian water law, the ownership of the water resources is due to the states. They are responsible for the development of policies and implement management instruments, such as a State Water Plan. Based on the diagnostics of the water resources, it needs to consider state political, social and economical dynamics and also their prognostics. This study presents how different economical scenarios developed for the State of Mato Grosso (based on global and regional driving forces) affects its groundwater resources. The prognostic descriptive variables such as population dynamics, agriculture and industrial performances among others were quantified in terms of water demand and contaminant load. Spatial and temporal discretization of those results for every UPG (state planning unit) gives rise to tendencies of potential conflicts. By knowing their magnitude and location in advance, the Water Plan was allowed to tackle conflict potentials and set priorities policies for ground water.

Key Words

State Water Plan, Groundwater Management, Economical Scenarios

Resumo

De acordo com a Lei Nacional de Recursos Hídricos, a dominialidade dos recursos hídricos recai sobre o Estado (desconsiderando aqui os recursos transfronteiriços), sendo estes os responsáveis pelo desenvolvimento e implementação de políticas e instrumentos de gestão. Entre estes, figura o Plano Estadual de Recursos Hídricos. Amparado por um diagnóstico dos recursos hídricos, o plano deve incorporar dinâmicas sociais, políticas e econômicas e os seus respectivos prognósticos. Este trabalho apresenta uma abordagem de como diferentes cenários econômicos (baseados em forças dinamizadoras de caráter global e regional) acabam afetando os recursos hídricos subterrâneos. As variáveis descritoras dos prognósticos, como população, desempenho agrícola e industrial, entre outras são quantificadas em termos de demandas e cargas contaminantes. A distribuição espacial e temporal destes resultados, discretizados por UPG's (Unidades de Planejamento e Gestão) resultam em tendências de potenciais conflitos. Conhecendo de antemão a magnitude e a locação espacial destes conflitos, o Plano Estadual é capaz de desenhar um conjunto de ações estratégicas específicas.

1.Introdução

A partir das diretrizes estabelecidas no Plano Nacional de Recursos Hídricos, os Estados foram estimulados a desenvolver seus respectivos planos. Este processo no Mato Grosso foi capitaneado pela Secretaria Nacional de Recursos Hídricos com o apoio de técnicos consultores autônomos em cooperação com os técnicos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Mato Grosso - SEMA/MT. As discussões e resultados ora apresentados dizem respeito ao tema - águas subterrâneas - e fizeram parte do escopo do mencionado Plano Estadual.

Todas as análises realizadas baseiam-se em dados existentes, ou seja, dados secundários disponíveis nos órgãos oficiais federais, estaduais e municipais, na bibliografia especializada, em relatórios técnicos das etapas anteriores, em pesquisas acadêmicas e na rede mundial de computadores, conforme explícito nas referências bibliográficas ao final deste documento. Destacam-se neste sentido: (i) as informações obtidas no Diagnóstico dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, relatório técnico decorrente do contrato Nº 016/2002, firmado entre o Governo do Estado de Mato Grosso (através da Secretaria de Agricultura e Assuntos Fundiários e do Ministério de Meio Ambiente com interveniência da sua Secretaria de Recursos Hídricos e a Ecoplan Engenharia Ltda, como prestadora dos serviços de consultoria); (ii) os dados levantados no trabalho de doutorado de Renato B. Migliorini e nos estudos realizados no âmbito do projeto de implementação de práticas de gerenciamento integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai (ANA/FMAM/PNUMA/OEA), respectivamente Subprojeto 1.6MT (Gerenciamento de Recursos Hídricos nas Vizinhanças da Cidade de Cuiabá/MT). Em meio à relativa escassez de informações, ambas citações representam importantes referências bibliográficas. Não somente a região metropolitana de Cuiabá merece destaque pela existência de trabalhos de hidrogeologia, como também por representar a região com maior quantidade de poços e mais intenso uso de água subterrânea.

Dentre o conjunto de produtos gerados pelo processo de construção do PERH-MT os antecedentes mais importantes para a confecção deste documento foram os relatórios: (i) Diagnóstico Hidrogeológico do Estado do Mato Grosso – elaborado por Wilton da Rocha, 2007; (ii) Diagnóstico Hidrológico do Estado do Mato Grosso – elaborado por Antônio Giansante, 2007; (iii) Diagnóstico da Qualidade dos Recursos Hídricos do Estado do Mato Grosso – elaborado por Vilma Rivero, 2007 e (iv) Relatório de Cenários dos Recursos Hídricos do Mato Grosso – elaborado por Vinicius Carvalho, 2008.

As análises foram conduzidas de acordo com a divisão hidrográfica adotada pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Mato Grosso - SEMA/MT, contemplando 27 Unidades de Planejamento e Gerenciamento (UPG), que integram três macro-regiões hidrográficas nacionais (I - Amazônica; II - Paraguai e III - Tocantins-Araguaia) e de cinco regiões hidrográficas estabelecidas no contexto regional (I - Rio Aripuanã; II - Rio Juruena -Teles Pires; III- Rio Xingu; IV - Alto Rio Paraguai e V - Rio Araguaia).

Além da materialização dos produtos referentes ao Plano Estadual, ocorre todo um processo interativo de trocas entre os distintos atores durante o processo de formulação do Plano, facilitado por reuniões. A este processo de construção coletiva foi dado valor incorporando-se as especificidades das águas subterrâneas. Apesar das muitas diferenças (características dinâmicas e legais) entre as águas superficiais e subterrâneas, a noção de gestão integrada permite o desenvolvimento de novas propostas metodológicas. Dada algumas características físicas como a forte regularização de vazões em quase todas as regiões do Estado, é possível tratar operacionalmente ambas componentes do ciclo hidrológico de forma verdadeiramente integrada em termos de gestão. Obviamente, para tanto, são necessários mais estudos.

No diagnóstico hidrogeológico são estimados indicadores de quantidade e qualidade de água subterrânea para o cenário atual. Todo o conjunto de informações foi discretizado em nível de UPG (doravante, Unidade de Planejamento e Gestão). Por si somente, o diagnóstico já representa um enorme esforço de compilação e sistematização e fornece valiosas informações sobre o estado da arte das águas subterrâneas do Estado e onde residem as principais carências de informação e estudos. Entretanto, para efeitos de planejamento interessa o caráter dinâmico do uso da água subterrânea frente a tensões socioeconômicas em um cenário de desenvolvimento econômico.

Neste sentido o trabalho introduz a discussão dos distintos cenários (hipoteticamente formulados) os quais serviram de base para o exercício analítico de avaliação dos prognósticos futuros para os recursos hídricos do Estado. Variáveis econômicas, políticas e institucionais acabaram, em cada cenário, sendo convertidas em variáveis quantitativas e qualitativas no que diz respeito às águas subterrâneas. O trabalho encerra com a sugestão de um conjunto de recomendações e ações estratégicas por serem implementadas pelo órgão gestor e demais atores estaduais e nacionais.

2. Diagnóstico Hidrogeológico

Todas as informações relacionadas à hidrogeologia foram discutidas e organizadas em tabelas de síntese, segundo a lógica dos principais aquíferos presentes no Estado e, logo, conforme as UPG' (Unidades de Planejamento e Gestão). Para cada UPG são calculados os balanços e indicadores de quantidade e qualidade (tanto no diagnóstico como nos cenários prognósticos). De forma complementar aos estudos qualitativos, com o intuito de gerar subsídios para comparação entre UPG's no que diz respeito à identificação de áreas com possíveis conflitos, foram desenvolvidos estudos de vulnerabilidade e risco. O resultado pode ser acompanhado na forma de tabelas e mapas.

De forma coerente com a tendência observada em todo o território nacional, as águas subterrâneas vêm sendo utilizadas de forma cada vez mais intensa, seja através de poços tubulares profundos, ou mesmo através de ponteiras e poços escavados no meio rural. A forma preferencial de exploração depende não somente do tipo e comportamento dos aquíferos nas distintas (UPG's), como também, e principalmente, das características químicas de suas águas. Observa-se que, de maneira consensual, em todas as UPG's, o uso preponderante das águas subterrâneas deve-se ao atendimento das demandas domésticas, sejam estas urbanas ou rurais. 94.7% dos poços tubulares estão sendo utilizados para consumo doméstico, sendo os demais 5.3% utilizados principalmente para suprir demandas industriais. Observa-se que, embora ainda em proporções relativamente pequenas, o uso de água subterrânea para fins agrícolas mostra uma tendência de crescimento (acompanhando a tendência de aumento de áreas irrigadas no Estado como um todo).

Assim sendo, a prioridade da caracterização das águas subterrâneas recai sobre sua adequação ao atendimento dos critérios de potabilidade, segundo as portarias vigentes. Outros usos como, por exemplo, a dessedentação animal, o uso industrial, o uso agrícola ou mesmo seu uso para fins de lazer variam de intensidade conforme a região e possuem suas próprias referências de qualidade, embora sempre menos restritivas que as de potabilidade.

A interrupção dos serviços da concessionária pública de saneamento, antiga SANEMAT, que historicamente vinha assumindo a tarefa de exploração de água subterrânea através de poços tubulares, como também do monitoramento de sua qualidade, merece especial destaque. A fragmentação deste serviço, agora assumido por entidades municipais, ora públicos, ora privados, muitas delas despreparadas para enfrentar a difícil tarefa do controle da qualidade das águas subterrâneas, pode levar a que os poucos registros de quantidade e qualidade disponíveis para o Estado, não mais sejam coletados de forma sistemática. Atualmente em função dos novos procedimentos de licenciamento para poços tubulares, novos registros de qualidade vêm sendo gerados junto ao órgão ambiental e gestor de recursos hídricos do Estado. Estas análises, no caso, fazem parte do acervo técnico exigido para a concessão da licença ambiental e uso do respectivo poço, porém representam apenas uma fotografia, ou seja, apresentam propriedades de um evento único de análise, o que, do ponto de vista temporal, representa uma severa restrição, no momento de manipulação dos dados.

Deve-se ressaltar que grande parte dos domicílios rurais do Estado (incluindo assentamentos rurais e comunidades indígenas) é abastecida por fontes subterrâneas, muitas delas não vinculadas às formas de organização municipal de saneamento, ou associadas ao atendimento a mecanismos de extensão rural, tornando a tarefa de fiscalização da manutenção da qualidade d'água ainda mais complexa.

Do universo de poços tubulares existentes, aqueles utilizados pela antiga concessionária pública de saneamento, (atualmente em uso e incorporados por empresas municipais), e poços utilizados pelas grandes indústrias (normalmente registrados via licenciamento), apresentam o menor risco de contaminação, dadas suas condições de perfuração, completação, manutenção e uso. Não se pode deixar de louvar os esforços e avanços empreendidos pela FUNASA e INCRA, que, apesar das inúmeras atribuições e responsabilidades, também são responsáveis institucionais em prover saneamento ao seu público alvo e o vem realizando, usando águas subterrâneas, com qualidade crescente.

O Mapa Hidrogeológico é ilustrado pela Figura 1, enquanto que o Quadro 1 apresenta numa síntese das informações hidrogeológicas básicas para o Estado. Da leitura de ambos, chega-se às seguintes conclusões:

- O Estado do Mato Grosso é contemplado com a ocorrência de um variado conjunto de sistemas aquíferos, sendo que existe um franco predomínio dos aquíferos formados por rochas sedimentares do domínio denominado poroso;

- No âmbito do domínio poroso, encontram-se aqueles aquíferos com maior potencialidade em termos de reservas e volumes exploráveis. Os sistemas aquíferos mais produtivos neste sentido pertencem a Bacia dos Parecis os quais coincidentemente também apresentam a maior área de afloramento em relação à área total do Estado.
- A mercê de sua enorme importância, trata-se de um sistema aquífero pouco conhecido, regra, aliás, que vale para todos os demais sistemas aquíferos do Estado. Como exceção, vale mencionar a região metropolitana de Cuiabá e Várzea Grande, onde os aquíferos foram devidamente estudados e para a qual existem informações mais detalhadas.

A qualidade química das águas subterrâneas, por definição, depende basicamente do arcabouço geológico através do qual estas águas permeiam e circulam e do tempo durante o qual esta dinâmica se processa. O tempo de residência e contato destas águas nestes aquíferos (matriz rochosa intergranular ou com fraturas, perfis de solo e sedimentos não consolidados) exerce enorme influência em suas características químicas. Por esta razão, em função das características geológicas das unidades aquíferas é possível de se realizar previsões sobre sua qualidade natural.

Estas previsões obviamente devem ser confirmadas ou contestadas por campanhas de amostragem e análise das águas subterrâneas de cada um dos aquíferos discretizados. Esta amostragem é realizada nos pontos de afloramento de água subterrânea (fontes e nascentes), e, principalmente nos poços (independente do método construtivo). Assim sendo, a informação técnica completa sobre o poço enquanto obra de engenharia civil, e, da estratigrafia (seqüência) geológica da perfuração, a presença de água e sua relação com o poço construído e seus detalhes construtivos é fundamental. Sem estas informações em mãos devidamente consistidas, corre-se o risco de existir mistura de diferentes águas de um mesmo aquífero (considerando heterogeneidade entre estratos), ou mesmo de distintos aquíferos (situação bastante normal em perfurações à medida que um poço tubular pode atravessar diferentes aquíferos captando águas em distintos intervalos).

As características químicas naturais das águas subterrâneas podem ser modificadas em função de uma alteração nos padrões de uso e ocupação do solo e do próprio regime de uso através das captações. Neste momento refere-se a um impacto do tipo antrópico, podendo configurar uma situação de contaminação. Os distintos aquíferos apresentam distintas vulnerabilidades a agentes contaminantes externos, característica esta que, quando generalizada aos contaminantes usuais, denomina-se de vulnerabilidade. Por outro lado existem regiões que apresentam uma matriz de desenvolvimento tal, que contemplam fontes contaminação clássicas, impondo um plano de informação adicional denominado de risco. Esta discussão sobre vulnerabilidade e risco foi desenvolvida neste diagnóstico com relação às cargas de DBO, as quais foram calculadas para todo o conjunto de UPG's do Estado.

Com relação à caracterização química das águas subterrâneas dos distintos aquíferos do Estado, observa-se uma deficiência muito grande em termos de bancos de dados e sistematização das informações. As campanhas realizadas até o momento são restritas em termos de universo amostral. Este fato impossibilita a caracterização da qualidade química natural dos distintos sistemas aquíferos. A priori, considerando o arcabouço geológico e os padrões de uso do solo, é de se esperar que as águas subterrâneas do Estado tenham uma qualidade química boa, com exceção de áreas restritas onde as mesmas mostram-se excessivamente duras, com alta condutividade ou mesmo possuindo concentrações de ferro superiores aos padrões de referência. Dado os problemas construtivos relacionados aos poços tubulares enquanto obra de construção civil, a presença de coliformes em um grande número de poços é considerada como certa.

Torna-se fundamental o esforço em coletar mais informações químicas das águas subterrâneas e incorporar as informações dos processos de licenciamento, principalmente quando relacionados à atividade industrial, configurando uma rede de monitoramento mínima.

Em meio à relativa escassez de informações, importantes contribuições qualitativas relativas às águas subterrâneas de Cuiabá e Várzea Grande foram geradas no trabalho de doutorado de Renato B. Migliorini e nos estudos realizados pelo projeto de Implementação de práticas de gerenciamento integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai (ANA/FMAM/PNUMA/OEA).

Neste estudo específico cadastraram-se 451 poços tubulares profundos na área urbana de Cuiabá, dos quais 53,66% têm sido executados as margens das Normas ABNT, 77,83% apresentaram memorial técnico razoável. Do total de poços, 241 (53,66%) estão instalados na Formação Rio Coxipó e 210 (46,56%) na Formação Miguel Sutil. Com base neste conjunto de informações ficou claro que: (i) Os poços com qualidade construtiva inadequada são mais vulneráveis a contaminação; (ii) Os resultados das análises

físico-químicas das águas subterrâneas mostraram teores acima dos Valores Máximos Permissíveis (VMP) para o consumo humano de ferro, cor e turbidez. As concentrações elevadas de ferro são decorrentes da lixiviação do solo laterítico e da ocorrência de piratas disseminadas tanto nos filitos como nos metadiamiclitos. Já os altos valores de cor e turbidez podem ser explicados pela alta concentração de ferro, aliado a má construção dos poços; (iii) As análises bacteriológicas das águas subterrâneas mostram elevada concentração de coliformes totais e fecais, decorrência das deficiências de saneamento básico na região (grande quantidade de fossas sépticas, sumidouros e córregos contaminados); estima-se que 13% dos poços tubulares profundos em Cuiabá estão contaminados por coliformes; (iv) 9,3% dos poços encontram-se com valores de alcalinidade de bicarbonato > VMP para o consumo humano e; (v) As drenagens urbanas transformadas em verdadeiros esgotos (com valores médios de coliformes totais e fecais com até 1 milhão de coliformes por 100ml) constituem fonte de contaminação por intermédio de infiltração em zonas de fraturas.

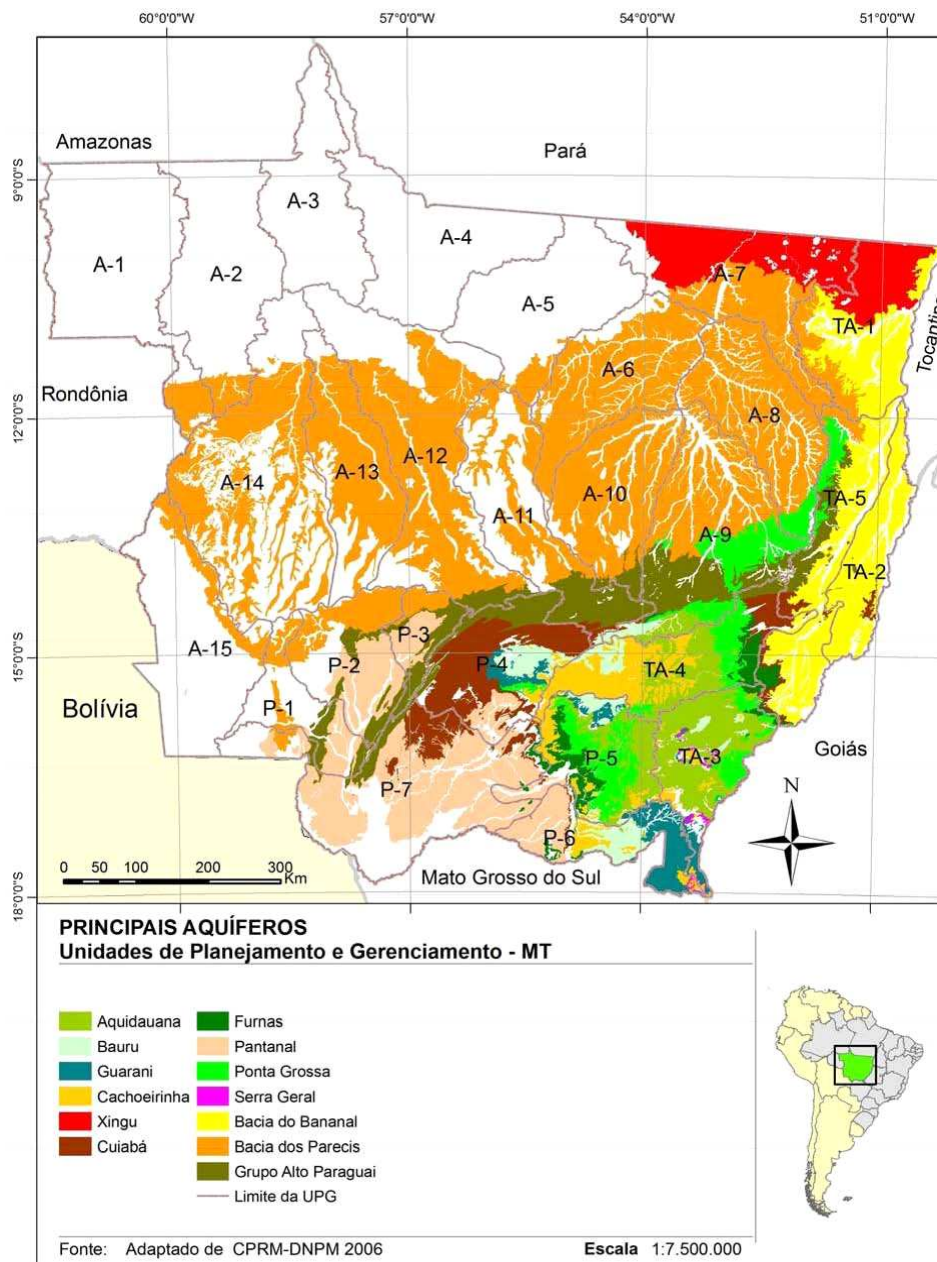


Figura 1-Mapa Hidrogeológico com os principais aquíferos e as respectivas UPG's.

Quadro 1-Síntese das informações hidrogeológicas e principais aquíferos do Estado do Mato Grosso

Domínio	Características Principais	Características Hidrogeológicas
Poroso	Contínuos, livres, inconsolidados, extensão regional a local; Coberturas sedimentares Indiferenciadas (Fm Guaporé) e Bacia do Pantanal (Fm Araguaia e Fm Pantanal); Qm em torno de 6,5m ³ /h. 31 Poços registrados, Qm. de 11,92m ³ /h, Cesp. De 0,83m ³ /h/m e P. em torno de 110m.	Área de ocorrência em torno de 5,4 %. Corresponde aos sedimentos flúvio-aluvionares; condutividades hidráulicas elevadas com espessuras < 15m.
	Permeabilidade baixa a média, contínuo, livre, inconsolidado, extensão local. Sedimentos Aluvionares antigos e atuais.	
	Permeabilidade baixa a média, contínuo, livre, inconsolidado, extensão local: Coberturas Detríticas Lateríticas. Área de ocorrência em torno de 16 %.	
	Permeabilidade alta, contínuo, livre a semi-confinado/confinado, consolidado e extensão regional; Fm Furnas e Fm Botucatu (SAG) 29 Poços registrados, Qm. de 18,48m ³ /h, Cesp. De 1,19m ³ /h/m e P. em torno de 155,4m	Fm. Furnas ocorrendo em 0,92 % do Estado, rochas arenosas e conglomeráticas; P médias entre 124m e 180m, Qm de 17m ³ /h (segundo ANA) e 39m ³ /h (segundo SIAGAS) e Cesp de 1,5m ³ /h/m (ANA) e 3,19m ³ /h/m (SIAGAS). Explotável nas porções marginais com cobertura não superior a poucas centenas de metros. Potencial de hidrotermalismo no sudoeste do Estado. SAG com 1,04% de ocorrência, arenitos eólicos confinados pelos basaltos da Fm Serra Geral. Grande potencial e possibilidade de hidrotermalismo.
	Descontínuo, livre a confinado, consolidado, extensão local a regional. Fazem parte o Grupo Caiabis (Fm Dardanelos), Bacia dos Parecis (Fm Salto das Nuvens, Utiariti, Fazenda Casa Branca e Rio Ávila), Bacia do Paraná (Grupo Bauru - Fm. Marília, Vale do Rio do Peixe, Grupo Itararé – Fm Aquidauana; Grupo Ivai – Fm Cachoeirinha. 110 Poços com Qm de 13,91m ³ /h, Cesp de 1,06m ³ /h/m e P em torno de 115,8m	Bacia dos Parecis: Aquífero de > potencial no Estado com 25% de ocorrência. Arenitos com lentes conglomeráticas e pelíticas. Qm alcançam 66m ³ /h e Cesp de 4,4m ³ /h/m para poços com profundidades de 100m. Espessuras médias são de 150m. Grupo Bauru: arenitos não litificados e apresentando cobertura de 1,2%. Qm na ordem de 19m ³ /h com Cesp de 1,5m ³ /h/m para poços com profundidades de 102m. Formação Cachoeirinha: arenitos aflorando em 2% da área do MT. Espessuras de 30 a 50m fornecendo Qm de 9,5m ³ /h. Maioria dos poços apresentam contribuições de aquíferos mais profundos. Formação Aquidauana: heterogêneo com grande variação lateral, aflorando em cerca de 3,5% do MT. Pode ser tanto livre como confinado; valores muito variados de vazões, sendo que 70% dos poços apresentam Q<5m ³ /h. As Cesp são baixas e as profundidades dos poços são de 117m. Apesar do baixo potencial, possui relevância regional constituindo-se em umas das únicas fontes da porção sudoeste do Estado.
	Contínuo a descontínuo, livre a confinado, consolidado, extensão local a regional. Formado pelas Fm Gorotire, Fm Prainha, Grupo Beneficente, Fm Mutum, Grupo Aguapeí, Grupo Alto Paraguai (Fm Raizana e Fm Diamantino), Fm Puga e Bauxi, Fm Urucum, Grupo Guatá e Fm Ponta Grossa. 65 Poços registrados, Qm de 7,05m ³ /h, Cesp de 0,19m ³ /h/m com P em torno de 146m.	Formação Ponta Grossa: Cobre 3% do Estado; é constituído por arenitos e conglomerados intercalados com seqüências pelíticas fornecendo Qm < 10m ³ /h e Cesp em torno de 0,78m ³ /h/m a profundidades de 150m.
Contínuo a descontínuo, livre a confinado, consolidado, extensão local. Constituído por Fm Jauru, Fm Pimenta Bueno. 15 Poços registrados, Qm de 6,74m ³ /h, Cesp de 0,19m ³ /h/m com P em torno de 143m.		
Fraturado	Permeabilidade média a baixa, livre a semi-confinado, extensão regional a local. Corresponde as rochas efusivas básicas associada ao Grupo Caiabis (Fm Arinos), Fm Tapirapuã (Bacia dos Parecis), Fm Serra Geral (Bacia do Paraná) e Diabásios Cururu. 9 Poços registrados, Qm 5m ³ /h, Cesp de 0,12m ³ /h/m para profundidades de 122m.	Formação Serra Geral: Circulação de água condicionada pelo padrão de fraturamento; Qm em torno de 13m ³ /h e Cesp bastante variável, porém com tendência a valores em torno de 0,4m ³ /h/m para profundidades em torno de 127m. Ocupa 0,3% do MT.
	Permeabilidade média a baixa, ampliada pela dissolução Cárstica, livre com extensão local. Engloba as rochas carbonáticas da Fm Araras (Grupo Alto Paraguai. 11 poços registrados fornecendo Qm de 5,72m ³ /h com Cesp de 0,4m ³ /h/m para profundidades de 100m.	
	Permeabilidade média a baixa, livre a semi-confinado, extensão regional. Corresponde às rochas efusivas ácidas (riolitos, dacitos, sienitos) do Grupo Iriri e Vulcânicas de Mimoso. Poucos poços registrados (3). Qm em torno de 3m ³ /h com Cesp baixas na ordem de 0,05m ³ /h/m com profundidades de 136m.	

Permeabilidade baixa a média ampliada pela presença de material grosseiro, livre a confinado, extensão regional a local. Compreende o conjunto de rochas metassedimentares associadas a Seqüência Jauru, e Grupo Cuiabá 522 poços registrados, Qm de 8m ³ /h, Cesp de 0,38m ³ /h/m a profundidades de 118m.	Grupo Cuiabá: ocupa 2,8% do MT. Aquífero muito explorado nas regiões metropolitanas. Trata-se de um sistema aquífero muito heterogêneo onde a circulação d'água depende da espessura do manto de alteração e padrão de fraturamento. As vazões variam de poços secos até 50m ³ /h, com Esp desde zero a 8m ³ /h/m. As profundidades tendem a ser de 130m.
Permeabilidade baixa, ampliada pela presença de manto de alteração, descontínuo, livre a semi-confinado, extensão local. Rochas intrusivas do Cráton Amazonas e Província Tocantins. 11 poços registrados, Qm de 5m ³ /h, Cesp de 0,17m ³ /h/m a profundidades de 88m	
Permeabilidade baixa, ampliada pela presença de manto de alteração, descontínuo, livre a semi-confinado, extensão regional a local. Rochas do Complexo Xingu (terrenos típicos de embasamento). 115 poços registrados, Qm de 8m ³ /h, Cesp de 0,34m ³ /h/m a profundidades de 107m.	

Fonte: Informações retrabalhadas a partir do Diagnóstico Hidrogeológico do Estado do Mato Grosso – Relatório Parcial 1, Maio de 2007; elaborado por Wilton Rocha e Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá. Qm – Vazão Média; Cesp – Capacidades Específica.

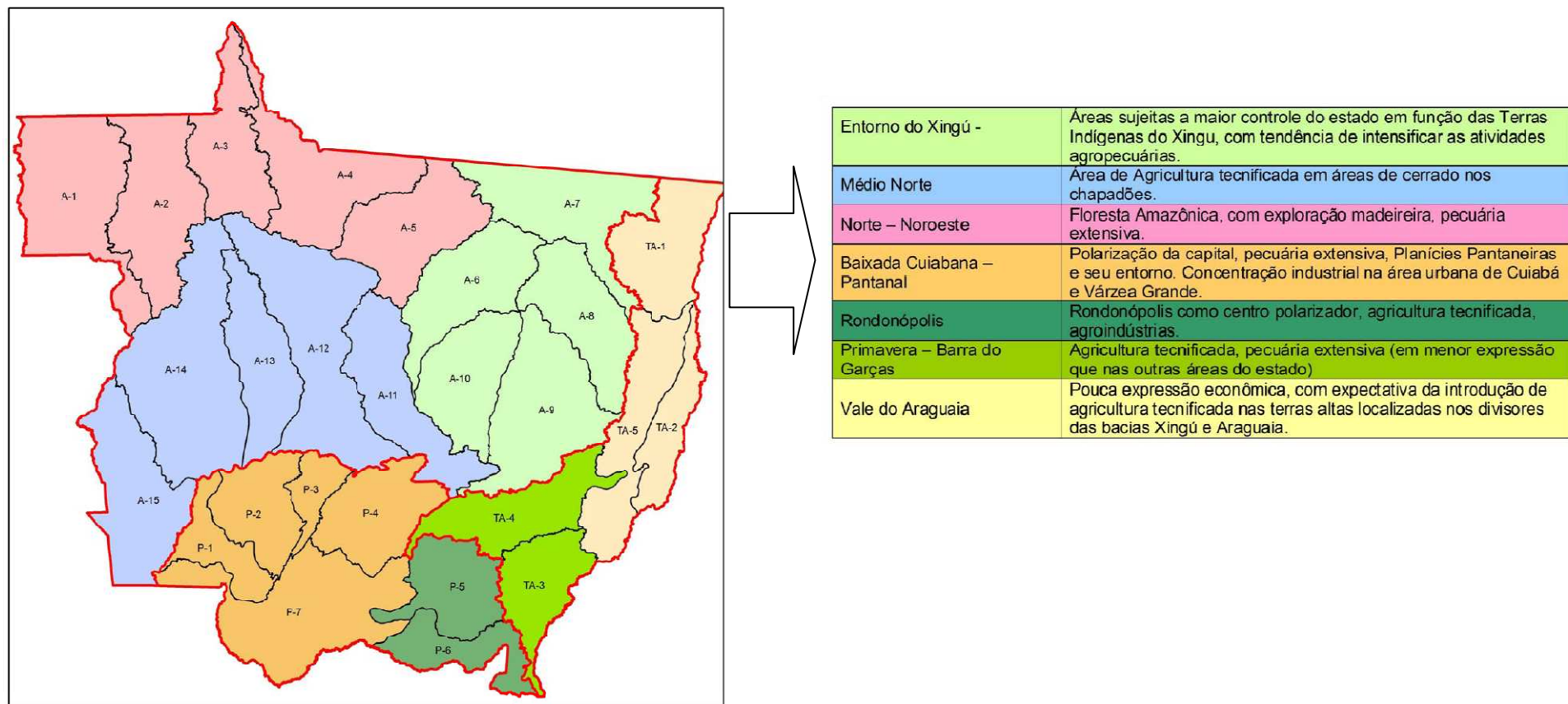


Figura 2-Discretização espacial regional para cenarização

3. Vulnerabilidade e Risco

De forma complementar a parte de qualidade das águas subterrâneas no âmbito do referido plano, foram confeccionados os mapas da vulnerabilidade e risco para todo o Estado (salientando a discretização por UPG).

A vulnerabilidade é uma característica intrínseca de cada unidade aquífer, a qual dá uma dimensão da suscetibilidade em ser adversamente afetado por uma carga contaminante de superfície. Resulta do equacionamento e da interação de uma série de fatores tais como constituição geológica, características hidráulicas, declividade do terreno, condições de recarga, densidade de fraturas, espessura da zona não saturada, entre outros. Justamente devido ao grande número de fatores influentes, torna-se de difícil e complexa determinação prática, através de metodologias consideradas clássicas (DRASTIC, GOD).

Independente da metodologia a ser adotada, se nota uma convergência na busca em representar espacialmente dois parâmetros principais: (i) acessibilidade hidráulica da penetração de contaminantes; e (ii) capacidade de atenuação dos estratos acima da zona saturada do aquífero, como resultado de sua retenção física e reações químicas com o contaminante. Por definição, para representá-los se faz necessário contar com suficientes dados de campo confiáveis, o que seria bastante viável a uma escala de Bacia Hidrográfica, mas não na escala de um Plano Estadual. Entretanto, com as ressalvas de escala e nível de informação, elaborou-se um mapa de vulnerabilidade para o Estado, baseado na releitura das unidades aquíferas aflorantes em função das suas características gerais (porosidade, espessura, densidade de fratura, importância e nível de aproveitamento). Os principais aquíferos do Estado foram classificados quanto às suas vulnerabilidades, conforme o Quadro 2.

Quadro 2- Principais aquíferos e suas classes de vulnerabilidade

Principais Aquíferos	Vulnerabilidade
Aquidauana	4
Bauru	5
Guarani	5
Cachoeirinha	4
Xingu	2-3, depende da litologia; rochas graníticas com potencial aquífero maior e portanto com maior vulnerabilidade
Cuiabá	3-4, depende da litologia; em geral vulnerabilidade mais alta em função do grau de uso
Furnas	5
Pantanal	5
Ponta Grossa	4
Serra Geral	3
Bacia do Bananal	5
Bacia dos Parecis	3-5, conforme litologia; tendência de maior vulnerabilidade em função do grau de exploração dos aquíferos
Grupo Alto Paraguai	2-3, depende da litologia e do potencial aquífero

Esta classificação baseia-se nas seguintes premissas: (i) Pouco se conhece a respeito da dinâmica de fluxo dos aquíferos no Estado do Mato Grosso e são raras as informações sobre recarga, níveis, características das zonas não-saturadas e etc; (ii) Um dos principais fatores que inibe ou facilita a contaminação dos aquíferos é a condutividade hidráulica dos mesmos, a qual é uma característica intrínseca da formação ou estrato rochoso (grau de conectividade entre os poros ou fraturas, no caso de permeabilidade secundária). Quanto mais permeável o aquífero (maiores valores de condutividade hidráulica), proporcionalmente maiores serão as vulnerabilidades à contaminação. Arenitos aflorantes ou mesmo sedimentos aluvionares não consolidados de caráter arenoso apresentam vulnerabilidades de classe elevada. Rochas metamórficas e granitos e basaltos altamente fraturados apresentam vulnerabilidades intermediárias enquanto rochas máficas e ultramáficas apresentam vulnerabilidades negligenciáveis; (iii) Obviamente, dada a falta de informações, o critério de atribuição de classes possui relativo grau de subjetividade à medida que também leva em conta o grau de exploração de um determinado aquífero. Neste sentido, aquíferos com elevado número de poços como na região da Chapada dos Parecis ou mesmo na região metropolitana de Cuiabá, possuem um leve incremento de vulnerabilidade.

Do Quadro imediatamente se percebe o predomínio de aquíferos com alta vulnerabilidade, coerente com o caráter não confinado e arenoso manifestado por grande parte dos mesmos. As UPG's com maior proporção de áreas com alta vulnerabilidade foram: P-6, P-7, P-2, A-10, A-11, A-12, A-13, A-14, TA-5 e TA-2. O resultado da atribuição de classes aos vários aquíferos do Estado pode ser acompanhado no Mapa de Vulnerabilidade da Figura 3.

O Mapa de vulnerabilidade expressa a distinção de classes proposta na classificação acima. É preciso entender que as quantificações de vulnerabilidade assim como as de risco à contaminação devem ser entendidas como ferramentas de apoio à gestão e como um primeiro passo na efetivação de uma adequada proteção dos aquíferos. As condições hidrogeológicas, entretanto, são muito complexas para serem abordadas em sua totalidade por qualquer mapa de vulnerabilidade. O mesmo raciocínio vale também para o comportamento e as reações dos distintos contaminantes em meio poroso. O mais apropriado seria realizar esta avaliação por classe de contaminante (nutrientes, patógenos, micro-organismos, metais pesados, etc), o que acaba se tornando inválido devido à falta de informações, além de sua difícil aplicação prática e dos altos custos envolvidos na análise.

O conceito de risco de contaminação resulta da combinação da vulnerabilidade e da identificação e propriedades das principais fontes contaminantes. No momento em que se configura uma situação de coexistência geográfica de uma alta vulnerabilidade com a presença de uma fonte de contaminação potencial, ocorre uma situação de risco, cuja variação será resultante das combinações possíveis entre ambos os parâmetros. Esta operação é feita em ambiente de geoprocessamento (SIG), uma vez que opera com atributos (valores de classes dos parâmetros) de forma matricial.

As fontes de contaminação podem ser as mais diversas e estão intimamente associadas às formas de uso e ocupação do solo, bem como com a própria matriz econômica das distintas regiões do Estado. O conceito de carga contaminante enfeixa quaisquer atividades humanas que possam causar alguma alteração na qualidade da água subterrânea, vindo a torná-la imprópria para determinado uso. De forma a contribuir no reconhecimento de áreas prioritárias para estudos associados à proteção de aquíferos, realizou-se mapeamento do seu risco de contaminação orgânica, em função das cargas totais de DBO. Conforme exposto na introdução, dito cenário é função da soma dos atributos dos mapas temáticos:

A) Mapa de vulnerabilidade com classes de vulnerabilidade – (I a V), discretizados conforme os aquíferos;

B) Mapa de cargas orgânicas específicas (DBO) de origem doméstica (rural e urbana) e animal com classes de I a V, discretizadas em nível de UPG e divididas por suas respectivas áreas [Carga Específica(UPG)=Carga Total(UPG) / Área(UPG)].

A soma destes mapas e de seus respectivos atributos com a separação em classes de I a V, gera o mapa de risco a contaminação variando de: Risco muito alto (V), Risco alto (IV), Risco médio (III), Risco baixo (II), Risco negligenciável (I). O resultado desta operação em ambiente de geoprocessamento é o Mapa de Risco à Contaminação da Figura 3.

4.Avaliação Qualitativa dos Cenários

Uma etapa importante do Plano Estadual de Recursos Hídricos diz respeito à avaliação de possíveis cenários de desenvolvimento para o Mato Grosso e suas respectivas implicações nas relações de *disponibilidade x demanda* e qualidade dos recursos hídricos. A metodologia utilizada e as conclusões obtidas na aplicação desta análise / exercício fazem parte do Relatório – Visão de Futuro para os Recursos Hídricos de Mato Grosso, elaborado por Vinícius Carlos Carvalho, 2008.

Segundo este mesmo autor “os principais atributos dos cenários são: visão sistêmica da realidade; ênfase nos aspectos qualitativos; explicitação das relações entre variáveis e atores como estruturas dinâmicas; visão de futuro como construção social, e não como fatalidade. O futuro é concebido como um espaço aberto a múltiplas possibilidades. Os cenários permitem, assim, uma melhor percepção dos riscos nas tomadas de decisão, com melhoria na qualidade dos programas e projetos”.

Deste modo, cenários seriam “imagens coerentes de futuros possíveis ou prováveis. São hipóteses, e não teses; são narrativas e não teorias; são divergentes e não convergentes. Não servem para eliminar incertezas, mas para definir o campo possível de suas manifestações. Eles “organizam” as incertezas, permitindo antecipar decisões, reprogramar ações e formular estratégias e projetos”. Como afirma o documento de cenários do MT+20, “a elaboração de cenários é uma forma sistemática e estruturada de antecipação de futuros, que explicita hipóteses e delimita possibilidades de evolução da realidade e seu contexto; ilumina o caminho e, portanto, ajuda a tomar decisões”.

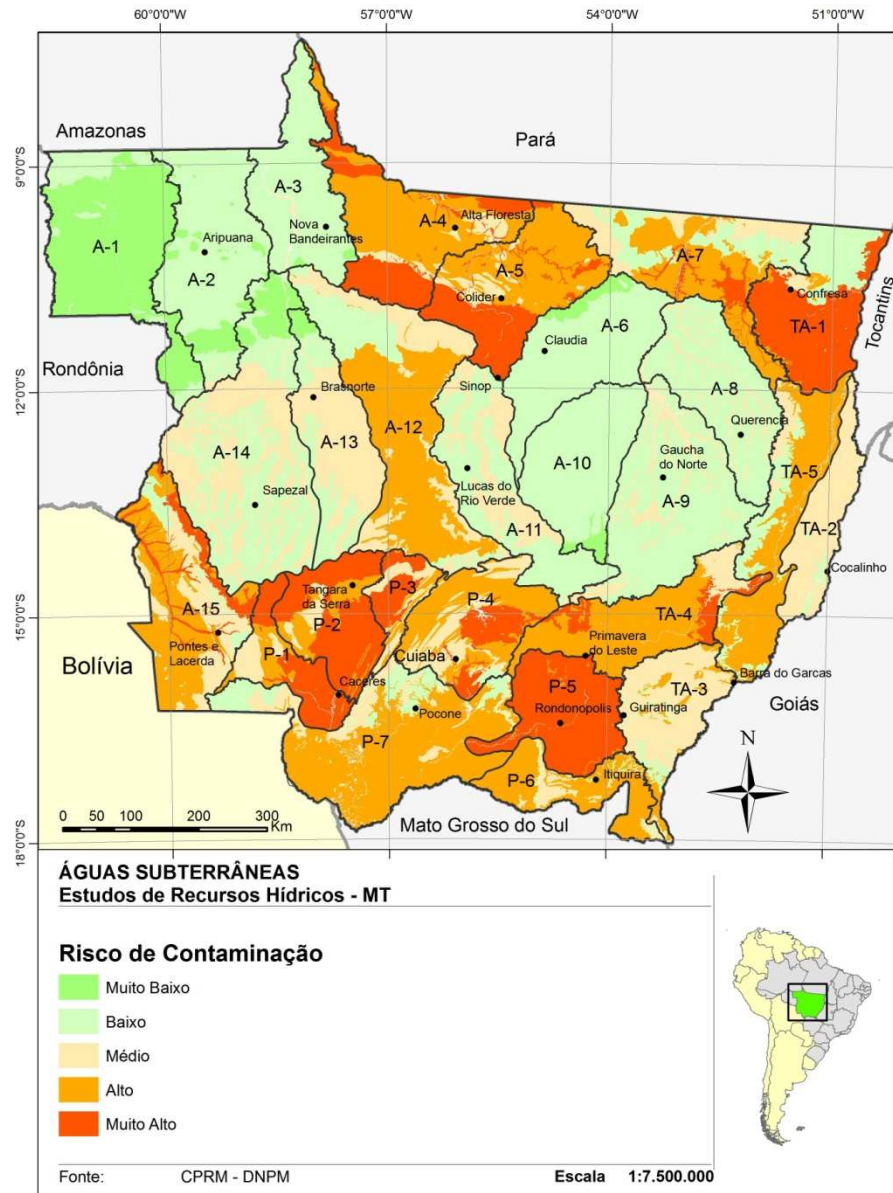
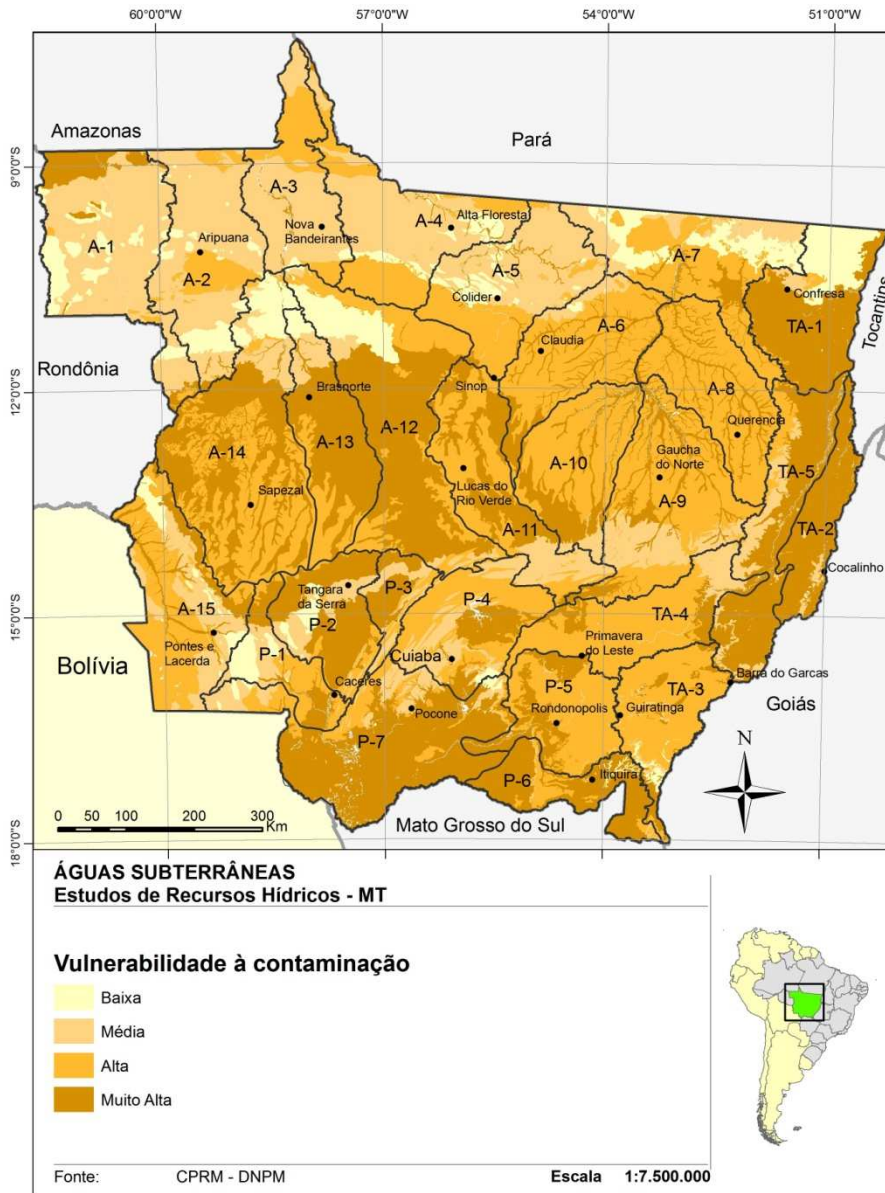


Figura 3-Mapa da Vulnerabilidade e Risco à Contaminação por contaminantes orgânicos para o Estado do MT.

Para efeitos do plano de recursos hídricos foram considerados os seguintes cenários:

Cenário I – Desenvolvimento Sustentável – Mato Grosso entra em novo ciclo de crescimento econômico alto, com ampla diversificação da estrutura produtiva e intenso adensamento das cadeias produtivas, que agregam valor, e transbordam para o tecido social com a melhoria significativa da qualidade de vida e dos indicadores sociais, e com a redução da degradação ambiental dos ecossistemas mato-grossenses.

Cenário II – Modernização Dinâmica - O Estado do Mato Grosso consolida a posição de grande centro produtor e exportador do agronegócio do Brasil, com alto crescimento econômico, moderada diversificação da estrutura produtiva e seletivo adensamento das cadeias produtivas, acompanhada de melhoria lenta e moderada dos indicadores sociais, e persistência da degradação ambiental.

Cenário III – Crescimento Conservador - Mato Grosso vive período de desaceleração do ritmo de crescimento econômico, com baixa diversificação da estrutura produtiva e limitado adensamento das cadeias produtivas, lenta melhoria dos indicadores sociais e agravamento da degradação ambiental.

Como resultado desta etapa, em cada um dos distintos cenários futuros o tema das águas subterrâneas foi incorporado. A partir das informações relacionadas aos seus aspectos quantitativos, qualitativos, aspectos relacionados aos usos atuais, arranjos institucionais de gestão e principais atores, colocando-se o foco nas águas subterrâneas e busca-se prospectar eventuais conflitos.

5. Cenários e Águas Subterrâneas

Cenário I – Desenvolvimento Sustentável

De forma geral, com base neste cenário, existe um forte estímulo ao uso das águas subterrâneas para atendimento das diversas demandas, com ênfase para os agrícolas e de dessedentação animal cujas taxas de uso de água subterrânea (em áreas com potencial hidrogeológico favorável) aumentaram consideravelmente. O uso de água subterrânea para atender demandas domésticas e industriais é igualmente crescente. As taxas de aumento incremental no Quadro 4 evidenciam esta tendência, assim como o grande número de novas perfurações. Os usuários de água subterrânea sentem confiança e estímulo para realizar o licenciamento e outorga dos poços tubulares, alimentando com isso o banco de dados e o nível de conhecimento dos diferentes aquíferos do Estado. Institucionalmente, o órgão gestor se capacita para lidar com o tema, realizando consultas e encontros com os atores específicos de água subterrânea no âmbito do Estado. Surgem iniciativas de ONG's (nacionais e internacionais), ABAS e de universidades no sentido de implementar projetos pilotos de gestão integrada de água subterrânea e superficial (em função da alta porcentagem de regularização garantida pelas descargas de água subterrânea alimentando vários rios). Observa-se uma forte coordenação entre as políticas públicas de diferentes órgãos de governo estadual e federal; ações de saneamento da FUNASA e INCRA em aldeias indígenas, quilombos e assentamentos apresentam grau de sucesso muito grande e se baseiam em esquemas simplificados a partir de fontes subterrâneas. Os comitês de bacia começam a discutir o tema das águas subterrâneas e a solicitar estudos específicos sobre o tema no âmbito da bacia. Recursos humanos são formados e um número cada vez maior de profissionais trabalha com o tema. As cidades de médio porte começam a ter em seus quadros de profissionais permanentes geólogos e hidrólogos, os quais exercem a função de planejamento, licenciamento, controle e fiscalização.

Cenário II – Modernização Dinâmica

O Cenário II equaliza todas as tendências observadas para o Cenário I, ou seja, aumenta os valores absolutos dos indicadores mantendo a relação espacial. A busca desenfreada por água reflete-se em um aumento absurdo das demandas, da participação das águas subterrâneas no atendimento as galopantes demandas, assim como no número de poços que se fazem necessários. As relações de demandas x disponibilidade alcançam os valores máximos. Em termos de qualidade ocorrem as mesmas tendências.

Neste cenário os conflitos em torno das águas subterrâneas serão mais perceptíveis nas cidades médias que crescerão de forma desgovernada em função do dinamismo da economia. De forma similar, em regiões onde hoje o uso intenso de água subterrânea já é uma realidade (regiões metropolitanas de Cuiabá e Várzea Grande), os conflitos irão aumentar. Nos eixos de agricultura mecanizada baseada na exportação, haverá uma busca desenfreada por recursos subterrâneos, muitas vezes considerados as únicas e mais viáveis fontes. Devido à baixa eficiência e à necessidade de busca por lucros a qualquer custo, a mercê dos elevados gastos de energia de bombeamento, as vazões de operação ótimas dos poços tubulares não serão respeitadas, levando ao agravamento das situações de conflito. O Estado através de seus órgãos de gestão não estará preparado para lidar com os conflitos eminentes e não contará com apoio de nenhum tipo de ferramenta de gestão. As ações de água subterrânea, desenhadas no PERH-MT, não serão implementadas, não haverá banco de dados de poços, sistema de monitoramento de qualidade e quantidade e o licenciamento será meramente cartorial, quando realizado (o que somente acontecerá no

caso de grandes e médios empreendedores, próximos à capital). Observar-se-á uma total falta de coordenação institucional no que diz respeito ao atendimento das demandas rurais e urbanas. Os municípios, por sua vez, não terão condições de organizar autarquias (ou instituições do gênero) com força institucional para enfrentar a tarefa do saneamento e o Estado, que já não conta com uma concessionária pública, continuará omissa neste cenário.

Cenário III – Crescimento Conservador

No que diz respeito às águas subterrâneas este cenário é um pouco mais ameno que o cenário anterior (II) em função da estagnação econômica que acaba por frear fortemente o aumento das demandas. Neste sentido, os conflitos em relação ao uso de água subterrânea para fins de irrigação serão bem menos pronunciados. O crescimento urbano das cidades, a taxas bem menores, faz com que toda a gama de conflitos em relação à quantidade e qualidade das águas subterrâneas não se intensifiquem sobremaneira. Se nota um desânimo geral na busca por novas iniciativas. As águas subterrâneas acabam sendo esquecidas quando confrontadas com as prioridades ambientais do estado. O licenciamento continua a passos lentos, porém de forma cartorial e sem nenhum tipo de análise ou reflexão gerando programas de monitoramento específico ou adequação do licenciamento conforme as especificidades dos aquíferos e suas respectivas captações. A questão do saneamento rural enfrentará desarticulações devido à falta de coordenação entre os órgãos. Cada qual (instituição) levará suas ações adiante, sem nenhuma novidade tecnológica, sem nenhum tipo de auditoria técnica ou diálogo com as comunidades beneficiadas. Impera uma sensação de marasmo técnico e institucional.

Regionalmente os problemas relacionados às águas subterrâneas aumentarão proporcionalmente com o pequeno desenvolvimento econômico que as distintas regiões venham a apresentar, seja do ponto de vista urbano e rural, industrial ou específico associado à agricultura irrigada. Mantêm-se as tendências observadas nos cenários anteriores, porém em menor magnitude se comparadas diretamente aos números obtidos para o cenário II.

6. Avaliação Quantitativa dos Cenários

Considerando o nível das informações disponíveis, as premissas utilizadas para a composição das demandas atuais pode ser assim sintetizado: (i) Para regiões com informação, como é o caso das UPG's que conformam parte da Bacia do Cuiabá, se utilizam os dados específicos existentes; (ii) Para as demais regiões do estado, se propõe adotar as seguintes proporções: (a) Demandas domésticas rurais são 100% atendidas por fontes subterrâneas; (b) Demandas domésticas urbanas (em áreas onde não existe informação) são atendidas em 33%; (c) Demandas para indústria são atendidas em 40% por fontes subterrâneas; (d) As demandas para irrigação são atendidas exclusivamente por fontes superficiais, portanto 0% de uso de água subterrânea (cenário atual); (e) No que diz respeito às demandas para dessedentação animal, não se conhecem as proporções de uso de água subterrânea. Trata-se de um uso ainda muito incipiente, o qual poderia aumentar em virtude da existência de bons aquíferos distribuídos ao longo das áreas com vocação para pecuária e da grande versatilidade locacional da construção de poços tubulares. Estima-se, no cenário atual que esta participação seja em torno de 2%.

Os três cenários futuros contemplam uma tendência crescente de uso de água subterrâneas em todo o território estadual. Estes incrementos nas proporções de uso de água subterrânea devem-se à ocorrência de aquíferos bastante produtivos, sua pouca profundidade aliada à boa qualidade da água, resultando em uma ótima relação *custo x benefício*. Assim sendo, para cada um dos cenários considerados, tendo o ano de 2027 como horizonte temporal, é de se esperar que esta tendência se traduza em números bastante diferentes (mais expressivos) que os encontrados para 2007. Basicamente a razão que nos interessa neste momento é a razão das demandas totais e parciais por UPG que irão ser atendidas por fontes subterrâneas. As demandas totais de água nas várias UPG's do Estado irão variar de acordo com a dinâmica social e econômica prevista para estas mesmas regiões. São vários os indicadores utilizados para sua caracterização e a maioria deles leva a quantificações com relação direta com o aumento das demandas consuntivas, como por exemplo: aumento populacional urbano e rural, aumento das áreas plantadas, aumento do número de cabeças de gado, incremento das atividades industriais demandadoras de água, e assim por diante. A forma pela qual e as razões pelas quais estes indicadores irão variar em cada um dos cenários é objeto de análise em outros produtos relacionados a cenarização / quantificação para o PERH-MT. Neste sentido, novamente, adota-se como ponto de partida as demandas atuais e as demandas prognosticadas para cada tipo de uso e UPG para cada cenário (Cenários I, II e III) para o ano de 2027.

A tendência de aumento do uso de água subterrânea processa-se de forma diretamente proporcional à facilidade de exploração dos recursos subterrâneos. Significa dizer que em UPG's com maior potencial de água subterrânea, com maior área de ocorrência de bons aquíferos, o incremento de uso de água subterrânea tende a ser maior. Este aumento se reflete com mais facilidade nos usos para abastecimento

urbano e atendimento as demandas industriais. No meio rural, continua-se adotando porcentagens de 100% de atendimento das demandas por uso de fontes subterrâneas (poços, cacimbas, fontes). Diferenças significativas ocorrem em relação ao uso de água subterrânea para o atendimento das demandas agrícolas e de dessedentação animal. Ambas partiam de proporções bastante pequenas em 2007 (respectivamente 0% e 2%) para atingirem patamares de até 10% de suas demandas totais naquelas UPG's com alto potencial hidrogeológico. Em UPG's com baixos potenciais, o aumento destas porcentagens é pequeno, um pouco acima das proporções iniciais.

Por outro lado se observa que o uso das águas subterrâneas através da construção de poços, nas regiões com alta produtividade, representa a solução mais imediata e aparentemente simples. De caráter pontual, os poços tubulares são de difícil fiscalização e acompanhamento técnico, existindo um sem número de empresas clandestinas com capacidade de perfuração de poços. A gestão de águas subterrâneas, se comparada à gestão de águas superficiais, recém ensaia seus primeiros passos. Todos estes fatores fazem com que, em cenários nos quais forças impostas pela dinâmica econômica acabam se impondo às políticas públicas, a busca pelas soluções de água subterrânea (ainda que através de técnicas e metodologias pouco eficientes) aumente consideravelmente. Reside nesta lógica a diferença entre as proporções observadas no Quadro 2. Do cenário I ao III observa-se uma crescente omissão e incapacidade de gestão por parte do Estado, levando a que as soluções sejam imediatistas e individuais, palco fértil para a proliferação de poços clandestinos e, inevitavelmente, surgimento e acirramento de conflitos.

Da mesma forma como foi realizado para o diagnóstico de 2007, a avaliação quantitativa proposta para os cenários futuros baseou-se em algumas premissas básicas, expostas e sintetizadas no Quadro 3.

Quadro 3-Taxas de atendimento das demandas totais a partir de fontes subterrâneas

Cenários	Potencial Hidrogeológico	Demandas Urbanas	Demandas Rurais	Demandas Agrícolas	Demandas Industriais	Demanda Animal
Cenário I	B	45,00%	100,00%	1,00%	50,00%	2,00%
	M	50,00%	100,00%	3,00%	60,00%	4,00%
	A	60,00%	100,00%	7,00%	70,00%	7,00%
Cenário II	B	50,00%	100,00%	2,00%	60,00%	3,00%
	M	60,00%	100,00%	4,00%	70,00%	6,00%
	A	70,00%	100,00%	10,00%	80,00%	10,00%
Cenário III	B	50,00%	100,00%	2,00%	60,00%	3,00%
	M	60,00%	100,00%	4,00%	70,00%	6,00%
	A	70,00%	100,00%	10,00%	80,00%	10,00%

O Quadro 4 a seguir apresenta os valores obtidos das análises quantitativas para os distintos Cenário I. O primeiro deles apresenta os percentuais de incremento de demandas totais de água e os incrementos totais de uso de água subterrânea para cada UPG, Região de Cernarização e Região Hidrográfica. Além disto, em função destas estimativas e adotando volume unitário de 0,073Hm³/ano para cada poço (assumindo extração unitária de 20m³/h durante 10 horas ao dia) chega-se ao número de poços tubulares que necessitariam ser perfurados e completados e seu respectivo custo (adotando o valor de R\$70.000,00 como referência para o poço acima com aproximadamente 100m de profundidade).

Do ponto de vista qualitativo, foram estimadas os somatórios de cargas de DBO brutas lançadas em cada uma das UPG's do Estado. Nos referimos a estas cargas como sendo um somatório, pois as mesmas dizem respeito ao efeito conjunto das cargas geradas por vários tipos de atividades antrópicas como, por exemplo: DBO's humanas nas aglomerações urbanas e DBO's animais. Com a finalidade de permitir a comparação entre as várias UPG's, dividiu-se a carga pela área total da UPG, resultando em uma DBO específica. O mesmo procedimento foi realizado para as cargas brutas de Nitrogênio (cargas humanas, cargas animais e cargas agrícolas). Ambos parâmetros exercem a função de indicadores de risco a contaminação das águas subterrâneas. Para cada cenário, em cada uma das UPG's e Regiões de Cernarização, foram estimadas estas cargas brutas específicas, tanto de DBO como de Nitrogênio.

Os mapas finais de risco para cada cenário são resultado do cruzamento dos planos de informação de vulnerabilidade com as referidas cargas brutas específicas dos indicadores DBO e N. Os resultados numéricos destes mapas são discretizados em 5 faixas de risco, (muito alta, alta, média, baixa, muito baixa), permitindo, por exemplo, que para cada UPG se possa calcular o somatório em áreas das manchas sob classes muito alta e alta. Com estes resultados, é possível estabelecer uma hierarquia de risco para as UPG's e selecionar quais potencialmente estariam mais suscetíveis a problemas de contaminação de águas subterrâneas. Os mapas das Figuras 5 e 6 representam o risco de contaminação das águas subterrâneas por DBO e N para cada um dos cenários propostos.

Quadro 4-Avaliação dos incrementos de demanda e uso de água subterrânea para o Cenário I, II e III.

Cenário I	UPG	Demandas totais (Hm ³ /ano)			Uso de água subterrânea (Hm ³ /ano)			Prognóstico operacional	
		2007	2027	Δ (%)	2007	2027	Δ (%)	Poços incrementais	Custo incremental
R1	Norte Nordeste	240,93	470,15	95,14	12,32	28,72	133,20	225	R\$15.731.691,52
R2	Entorno Xingu	302,28	629,11	108,12	7,52	52,85	603,20	621	R\$43.474.828,87
R3	Médio Norte	706,19	1504,36	113,02	19,05	150,57	690,30	1802	R\$126.114.338,64
R4	Baixada Cuiabana	379,51	752,35	98,24	30,73	109,75	257,16	1082	R\$75.773.814,09
R5	Rondonópolis	229,42	489,08	113,18	17,49	36,89	110,91	266	R\$18.602.919,53
R6	Vale Araguaia	128,00	257,77	101,38	4,19	26,54	533,29	306	R\$21.434.559,95
R7	Primavera B.Garças	224,21	471,92	110,48	7,15	28,98	305,15	299	R\$20.930.938,60
TOTAL		2210,54	4574,74	106,95	98,45	434,32	341,15	4601	R\$322.063.091,20
Cenário II									
R1	Norte Nordeste	240,93	763,98	217,09	12,32	38,59	213,31	360	R\$25.192.810,41
R2	Entorno Xingu	302,28	877,34	190,24	7,52	72,51	864,76	890	R\$62.326.915,39
R3	Médio Norte	706,19	2026,30	186,93	19,05	220,43	1056,97	2759	R\$193.103.849,41
R4	Baixada Cuiabana	379,51	1224,23	222,58	30,73	142,70	364,40	1534	R\$107.373.631,93
R5	Rondonópolis	229,42	677,39	195,26	17,49	50,16	186,76	448	R\$31.325.673,33
R6	Vale Araguaia	128,00	383,90	199,92	4,19	38,49	818,24	470	R\$32.887.862,32
R7	Primavera B.Garças	224,21	619,97	176,51	7,15	38,52	438,51	430	R\$30.078.771,44
TOTAL		2210,54	6573,10	197,35	98,45	601,41	510,87	6890	R\$482.289.514,24
Cenário III									
R1	Norte Nordeste	240,93	579,95	140,71	12,32	30,56	148,13	250	R\$17.494.343,71
R2	Entorno Xingu	302,28	622,92	106,07	7,52	51,28	582,28	600	R\$41.967.325,04
R3	Médio Norte	706,19	1401,35	98,44	19,05	151,36	694,41	1812	R\$126.865.482,06
R4	Baixada Cuiabana	379,51	918,36	141,99	30,73	111,97	264,39	1113	R\$77.902.804,38
R5	Rondonópolis	229,42	472,35	105,89	17,49	36,69	109,77	263	R\$18.412.621,70
R6	Vale Araguaia	128,00	281,89	120,23	4,19	27,83	563,92	324	R\$22.665.732,86
R7	Primavera B.Garças	224,21	430,80	92,14	7,15	28,59	299,66	294	R\$20.554.960,73
TOTAL		2210,54	4707,62	112,96	98,45	438,28	345,18	4655	R\$325.863.270,49

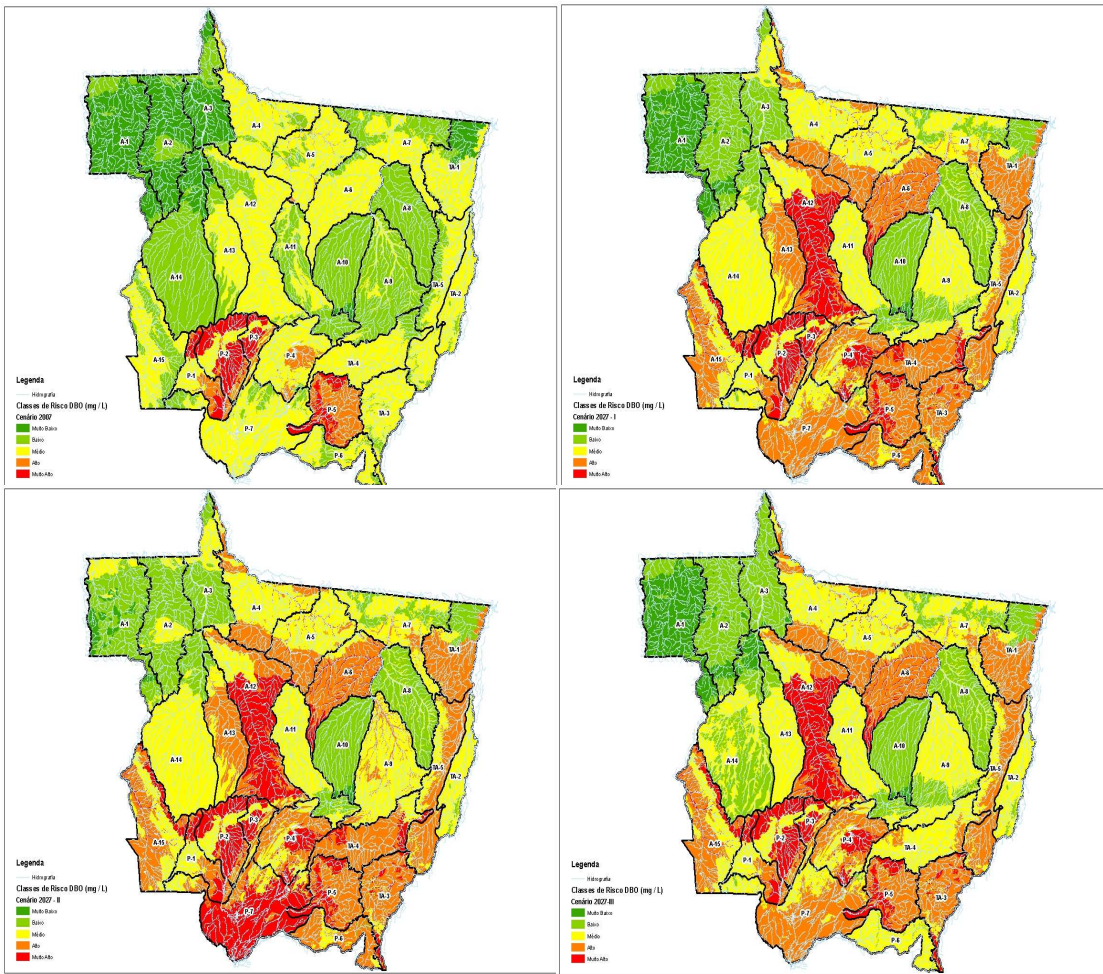


Figura 5-Mosaico de Mapas de Risco-Contaminação DBO, 2007, 2027 (I, II e III).

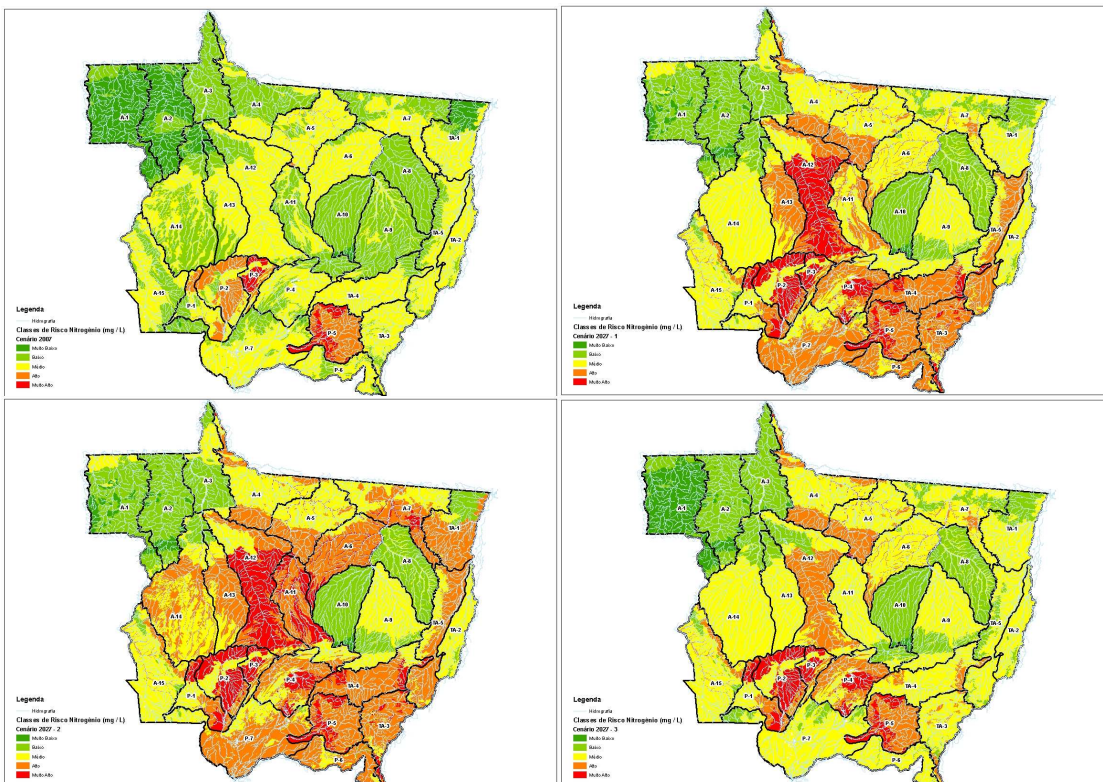


Figura 6-Mosaico de Mapas de Risco-Contaminação N, 2007, 2027 (I, II e III).

Para facilitar a comparação entre cenários em cada região, os resultados dos indicadores quantitativos e qualitativos foram organizadas nos Quadros 5 e 6. Do ponto de vista de quantidade observa-se claramente que a R3 terá os maiores incrementos de uso de água subterrânea, aumento que pode chegar no cenário II taxas superiores a 1000%. Para atender esta volúpia por água, serão necessários 2579 poços tubulares adicionais. As demandas totais de água subterrânea na R2 serão as maiores, totalizando quase o dobro da seguinte, R4, sempre no cenário II. Os balanços hídricos na escala de região mostram-se confortável sendo que na R5, no cenário II, ocorrem as maiores proporções de uso das disponibilidades subterrâneas (2,36%). Em termos de qualidade a R4 e a R7 mostram-se como as regiões de maior risco à contaminação tanto por DBO como por N, principalmente nos cenários I e II, onde aproximadamente 90% de suas áreas estarão cobertas por manchas de risco alto a muito alto. A carga incremental de DBPO e N é bastante expressiva na R4, principalmente no cenário II.

7. Resultados

As demandas totais de água nas várias UPG's do Estado, além de serem crescentes, irão variar de acordo com a dinâmica social e econômica prevista para estas mesmas regiões. São vários os indicadores utilizados para sua caracterização e a maioria deles leva a quantificações com relação direta com o aumento das demandas consuntivas, como por exemplo: aumento populacional urbano e rural, aumento das áreas plantadas, aumento do número de cabeças de gado, incremento das atividades industriais demandadoras de água, e assim por diante. A tendência de aumento do uso de água subterrânea processa-se de forma diretamente proporcional à facilidade de exploração dos recursos subterrâneos. Significa dizer que em UPG's com maior potencial de água subterrânea, com maior área de ocorrência de bons aquíferos o incremento de uso de água subterrânea tende a ser maior.

Por outro lado se observa que o uso das águas subterrâneas através da construção de poços, nas regiões com alta produtividade, representa a solução mais imediata e aparentemente simples. Em cenários nos quais forças impostas pela dinâmica econômica acabam se impondo às políticas públicas, a busca pelas soluções de água subterrânea (ainda que através de técnicas e metodologias pouco eficientes) aumenta consideravelmente. Do cenário I ao III observa-se uma crescente omissão e incapacidade de gestão por parte do Estado, levando a que as soluções sejam imediatistas e individuais, palco fértil para a proliferação de poços clandestinos e, inevitavelmente, surgimento e acirramento de conflitos.

Resultados para o Cenário I

- (i) Do ponto de vista de água subterrânea, os incrementos maiores ocorrem na Região do Médio Norte, seguidas do Entorno do Xingu e Vale do Araguaia. De forma geral os patamares de incremento de uso de água subterrânea estão acima dos aumentos das demandas totais, evidenciando esta tendência de aumento da busca pelas alternativas de poços tubulares. Os incrementos mínimos são de 110% e os máximos de 690%;
- (ii) Em termos de número incremental de poços tubulares observa-se que as regiões de destaque são as mesmas regiões com maior aumento dos incrementos do uso de água subterrânea, com a inclusão da Baixada Cuiabana. O número de poços nas respectivas regiões varia de 225 a 1802, representando custos que variam de R\$ 15,7 a R\$126,1M (milhões);
- (iii) Levando em conta as regiões hidrográficas a R5 (Rondonópolis) apresenta as maiores taxas de uso de água subterrânea seguidas da R4 (Baixada Cuiabana) e R7 (Primavera-Barra do Garças). De todas as formas mesmo as taxas mais altas mostram uma situação de privilegiado conforto, destacando-se sempre a enorme disponibilidade hídrica subterrânea. As demandas totais urbanas predominam na R4, R5 e R7, enquanto que as demandas agrícolas predominam nas R2, R3 e R6. Na R1, de baixo potencial hidrogeológico, as demandas industriais superam as demais;
- (iv) O cenário para o Estado inteiro mostra uma taxa de 0,61% , ou seja, apenas 0,61 % das disponibilidades hídricas subterrâneas estariam comprometidas pelos usos conforme este cenário. Em termos volumétricos o uso agrícola corresponderia a 37% das demandas, o uso urbano a 32% e o industrial a 15%;
- (v) As UPG's Arinos, Paraguai-Pantanal e Manissauá-Miça constituem-se nas áreas com maiores riscos de contaminação por conta de DBO e as UPG's Arinos, Paraguai-Pantanal e Alto Rio das Mortes por conta de N, devido ao excesso de cargas coincidindo com aquíferos pouco protegidos.

Quadro 5-Indicadores quantitativos

Regiões	Δ% Água Subterrânea			Poços Incrementais			Demandas Totais Água Subterrânea (Hm ³ /ano)			Demandas x Disponibilidades (%)		
	Cenários	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
R1	133,20	213,31	148,13	225	360	250	28,72	38,59	30,56	0,30	0,40	0,32
R2	603,20	846,76	582,28	621	890	600	52,85	72,51	51,28	0,22	0,31	0,22
R3	690,30	1056,97	694,41	1802	2759	1812	150,57	220,43	151,36	0,68	0,99	0,68
R4	257,16	364,40	264,39	1082	1534	1113	109,75	142,70	111,97	1,67	2,18	1,71
R5	110,91	186,70	109,77	266	448	263	36,89	50,16	36,69	1,73	2,36	1,72
R6	533,29	818,24	563,92	306	470	324	26,54	38,49	27,83	0,59	0,86	0,62
R7	305,15	438,51	299,66	299	430	294	28,98	38,52	28,59	1,11	1,48	1,10

Quadro6-Indicadores qualitativos

Regiões	Σ (Classes 4 e 5) DBO/Área Região (%)			Σ(Classes 4 e 5) N/Área Região (%)			Δ DBO/Área Região (t/km ²)			Δ N/Área Região (t/km ²)		
	Cenários	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
R1	12	12	16	12	12	16	5,52	6,54	4,26	0,54	0,64	0,37
R2	17	22	17	5	26	5	4,49	5,37	3,5	0,48	0,57	0,31
R3	25	52	42	48	73	22	8,05	9,33	6,02	1,01	1,21	0,59
R4	89	96	80	89	89	43	13,2	15,48	10,05	1,4	1,68	0,98
R5	54	54	34	54	54	34	7,04	8,02	5,17	0,89	1,04	0,54
R6	61	61	61	33	61	0	6,39	7,86	5,16	0,61	0,74	0,45
R7	75	75	41	75	75	12	6,84	7,95	5,15	0,88	1,01	0,49

Resultados para o Cenário II

- (i) Do ponto de vista de água subterrânea, os incrementos maiores ocorrem na Região do Médio Norte, seguidas do Entorno do Xingu e Vale do Araguaia. De forma geral os patamares de incremento de uso de água subterrânea estão acima dos aumentos das demandas totais, evidenciando esta tendência de aumento da busca pelas alternativas de poços tubulares. Os incrementos mínimos são de 187% e os máximos de 1056%, novamente bem acima dos observados para o Cenário I;
- (ii) Áreas com maior número incremental de poços tubulares coincidem com as regiões de maior aumento dos incrementos de uso de água subterrânea, incluindo a Baixada Cuiabana entre as regiões de destaque. O número de poços nas respectivas regiões varia de 360 a 2759, representando custos que variam de R\$25,2 a R\$193,1M (milhões);
- (iii) Levando em conta as regiões hidrográficas a R5 (Rondonópolis) apresenta as maiores taxas de uso de água subterrânea seguidas da R4 (Baixada Cuiabana) e R7 (Primavera-Barra do Garças), ligeiramente mais altas que as observadas para o Cenário I. De todas as formas mesmo as taxas mais altas ainda mostram uma situação de privilegiado conforto, destacando-se sempre a enorme disponibilidade hídrica subterrânea. As demandas totais urbanas predominam na R4, enquanto que as demandas agrícolas predominam na maioria das UPG's, incluindo R2, R3, R5, R6 e R7. Na R1, de baixo potencial hidrogeológico, as demandas industriais superam as demais;
- (iv) O cenário para o Estado inteiro mostra uma taxa de 0,84% , ou seja, apenas 0,84 % das disponibilidades hídricas subterrâneas estariam comprometidas pelos usos conforme este cenário. Em termos volumétricos o uso agrícola corresponderia a 44% das demandas subterrâneas, o uso urbano a 26,5% e o industrial a 14,4%, mostrando a forte tendência de uso na agricultura (mesmo que de forma incipiente se comparado aos volumes extraídos de fontes superficiais);
- (v) Do quadro acima se conclui que as UPG's Arinos, Paraguai-Pantanal e Manissauá-Miça constituem-se nas áreas com maiores riscos de contaminação por conta de DBO e N, devido ao excesso de cargas coincidindo com aquíferos pouco protegidos.

Resultados para o Cenário III

- (i) Do ponto de vista de água subterrânea, os incrementos maiores ocorrem na Região do Médio Norte, seguidas do Entorno do Xingu e Vale do Araguaia. De forma geral os patamares de incremento de uso de água subterrânea estão acima dos aumentos das demandas totais, evidenciando esta tendência de aumento da busca pelas alternativas de poços tubulares. Os incrementos mínimos são de 148% e os máximos de 694%;
- (ii) Em termos de número incremental de poços tubulares observa-se em ordem decrescente Médio Norte, Baixada Cuiabana e Entorno do Xingu entre as regiões de destaque. O número de poços varia de 127 a 1812, representando custos que variam de R\$17,5 a R\$250 M (milhões);
- (iii) Levando em conta as regiões hidrográficas a R3 (Médio Norte) apresenta as maiores taxas de uso de água subterrânea seguidas da R4 (Baixada Cuiabana) e R2 (Entorno do Xingu). De todas as formas mesmo as taxas mais altas mostram uma situação de privilegiado conforto, destacando-se sempre a enorme disponibilidade hídrica subterrânea. As demandas totais urbanas predominam na R1, R4 e R5, enquanto que as demandas agrícolas predominam nas R2, R3, R6 e R7;
- (iv) O cenário para o Estado inteiro mostra uma taxa de 0,62% , ou seja, apenas 0,62 % das disponibilidades hídricas subterrâneas estariam comprometidas pelos usos conforme este cenário. Em termos volumétricos o uso agrícola corresponderia a 38,6% das demandas, o uso urbano a 31,3% e o animal (suplantando ao industrial) a 13,37%;
- (v) As UPG's Arinos, Paraguai-Pantanal e Manissauá-Miça constituem-se nas áreas com maiores riscos de contaminação por conta de DBO e as UPG's Paraguai Pantanal, Arinos, Guaporé e Alto Araguaia e por conta de N, devido ao excesso de cargas coincidindo com aquíferos pouco protegidos;

Do ponto de vista de quantidade observa-se claramente que a R3 terá os maiores incrementos de uso de água subterrânea, aumento que pode chegar no cenário II taxas superiores a 1000%. Para atender esta volúpia por água, serão necessários 2579 poços tubulares adicionais. As demandas totais de água subterrânea na R2 serão as maiores, totalizando quase o dobro da seguinte, R4, sempre no cenário II. Os balanços hídricos na escala de região mostram-se confortáveis sendo que na R5, no cenário II, ocorrem as maiores proporções de uso das disponibilidades subterrâneas (2,36%).

Em termos de qualidade a R4 e a R7 mostram-se como as regiões de maior risco à contaminação tanto por DBO como por N, principalmente nos cenários I e II, onde aproximadamente 90% de suas áreas estarão cobertas por manchas de risco alto a muito alto. A carga incremental de DBPO e N é bastante expressiva na R4, principalmente no cenário II.

Os vários cenários, a partir dos quais foram geradas as quantificações, permitem traçar trajetórias de forma a reduzir o leque de incertezas sobre o futuro. Seu produto exerce a função de guia para o planejamento uma vez que aponta possíveis desdobramentos de temas e incertezas críticas de interesse, especificamente neste caso, o tema das águas subterrâneas.

O Programa de águas subterrâneas do Plano Nacional de Recursos Hídricos fornecerá um excelente arcabouço para todo e qualquer programa específico de água subterrânea a uma escala regional. Embora genérico permite esta conexão direta com programas gerados em planos regionais, similares a um Plano Estadual de Recursos Hídricos, onde as mesmas ações podem ser desenhadas com maior profundidade.

A agenda programática da Ana, embora muito similar e, de certa forma, complementar a agenda da SRHU, avança no sentido de melhor definir o escopo, a magnitude de recursos necessários e seu cronograma executivo. Em se tratando de uma agenda bastante voltada para o fortalecimento institucional dos organismos estaduais de gestão, os mesmos possuem um papel fundamental como ponto de partida e propositores de atividades. De maneira a gerar o máximo de sinergias possíveis e facilitar ao Estado ponto de partida para negociações futuras com a ANA, foram enumeradas atividades de acordo com o escopo das atividades, conforme projeto original da ANA.

Em relação aos demais projetos o órgão gestor estadual também pode e deve beneficiar-se não somente através da geração de avanços no conhecimento técnico, porém também como momentos de capacitação e fortalecimento institucional. Neste sentido, o Projeto do Aquífero Guarani entregará ao Estado importante acervo técnico e tem auxiliado, através de intercâmbios técnicos na capacitação de seus recursos humanos.

Os Programas considerados estratégicos são os seguintes:

- a) Programa – Inventário de poços a campo;
- b) Programa - Banco de dados de poços de abrangência estadual e compatibilidade com SIAGAS;
- c) Programa – Desenvolvimento de mapa hidrogeológico do Estado;
- d) Programa – Campanhas de adequação técnica das perfurações;
- e) Programa – Implementação de outorga;
- f) Programa – Adoção de termos de referência específicos de água subterrânea em planos de bacias;
- g) Programa – Qualidade da água subterrânea e avaliação da contaminação
- h) Programa – Estudo hidrológico / hidrogeológico integrado;
- i) Programa – Capacitação continuada dos atores e fortalecimento institucional;
- j) Programa – Educação ambiental e difusão em água subterrânea e;
- k) Programa – Fomento acadêmico.

8.Referências

- ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos. ENGENHARIA HIDROLÓGICA. UFRJ, Rio de Janeiro, 1989.
- ANA – Agência Nacional das Águas. ESTADO DAS ÁGUAS NO BRASIL 2002: EM BUSCA DO EQUILÍBRIO. Brasília: ANA, 2002. 506 p.
- ANA – Agência Nacional das Águas. IMPLEMENTAÇÃO DE PRÁTICAS DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE BACIA HIDROGRÁFICA PARA O PANTANAL E BACIA DO ALTO PARAGUAI. ANA/GEF/PNUMA/OEA. Subprojeto 9.4A - Elaboração do Diagnóstico Analítico do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai – DAB. Brasília, 2003.
- ANA – Agência Nacional das Águas. ESTUDOS DE CONSOLIDAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS NA ELABORAÇÃO DO "RELATÓRIO DE CONJUNTURA DE RECURSOS HÍDRICOS. Brasília, 2005.
- ANA – Agência Nacional das Águas. Mapa dos Principais Sistemas Aquíferos do País em *Arcview*. NOTA TÉCNICA 025/SPR/2003. Brasília, 2005. 15 p.
- ANA – Agência Nacional de Águas Ministério do Meio Ambiente. Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água do Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil. CADERNOS DE RECURSOS HÍDRICOS 5. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos Brasília, maio-2007.
- ANA – Agência Nacional das Águas. Agenda de Ações da Agência Nacional de Águas no Tema Águas Subterrâneas. Brasília, 2007. 30 p.
- APOITIA, L. F. M. CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DO QUIMISMO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS EM CUIABÁ-MT. Dissertação de Mestrado-Universidade Federa do Paraná. 2003.
- APOITIA, L. F. M. PROGRAMA DE FORTALECIMENTO INSTITUCIONAL - Informe De Atividades Gestão Das Águas Subterrâneas Do Aquífero Guarani No Estado De Mato Grosso-Brasil, 2007.

BARROS, A. M. et ali. PROJETO RADAMBRASIL. Folha SD.21 Cuiabá. Levantamento de Recursos Naturais, vol. 26. MME - SG. Rio de Janeiro, 1982.

CARVALHO, V. RELATÓRIO DE CENÁRIOS DOS RECURSOS HÍDRICOS DO MATO GROSSO. Relatório Técnico – Programa de Estruturação Institucional da Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos SRH/MMA – BRA/OEA/01/002. 2007. mimeo.

CAVINNATO, V. M. CARACTERIZAÇÃO HIDROGRÁFICA DE MATO GROSSO. PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO AGROAMBIENTAL DE MATO GROSSO. PRODEAGRO/SEPLAN/FEMA, Cuiabá, 1995.

CUTRIM, A. O. et alli (2005). TIPOS DE USOS DAS ÁGUAS DO AQUÍFERO FURNAS NA CIDADE DE RONDONÓPOLIS-MT. Aguasul, 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Sul, Santa Maria, 2005.

FARIAS R. A. PISCICULTURA NA REGIÃO NORTE MATOGROSSENSE: Criação de peixes em cavas de antigos garimpos com ênfase na avaliação dos níveis de mercúrio. 224 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Instituto de Saúde Coletiva, Cuiabá, 2002.

FEMA/IPH – Fundação Estadual do Meio Ambiente/Instituto de Pesquisas Hidráulicas. PLANO DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO ALTO PARAGUAI - BANCO DE DADOS HIDROLÓGICOS. Convênio FEMA/FUNDATEC e IPH/UFRGS, Porto Alegre 1996.

FOSTER, S. & HIRATA, R.C.A. GROUNDWATER POLLUTION RISK EVALUATION: THE METHODOLOGY USING AVAILABLE DATA. CEPIS-PAHO/WHO. 1998. Lima, 78p.

GIANSANTE, A. DIAGNÓSTICO HIDROLÓGICO DO ESTADO DO MATO GROSSO. Relatório Técnico – Programa de Estruturação Institucional da Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos SRH/MMA – BRA/OEA/01/002. 2007. mimeo.

HACON, S. S. AVALIAÇÃO DO RISCO POTENCIAL PARA A SAÚDE HUMANA DA EXPOSIÇÃO AO MERCÚRIO NA ÁREA URBANA DE ALTA FLORESTA. MT - BACIA AMAZÔNICA – BRASIL. 182 p. Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1996.

HACON, S. S.; FARIAS, R. A.; CAMPOS R. C.; ARGENTO, R.C.; ROSSI, A. P.; VALENTE, J.; WASSERMAN, J. The new human exposure scenarios to mercury in the North region of Mato Grosso - Amazon Basin. ENVIRONMENTAL SCIENCE, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 121-134, 2003.

HACON et alli. Evaluación de riesgo- una herramienta para el proceso de gerenciamiento socio ambiental: estudio de caso en la región norte de mato grosso. In: GEOLOGIA MÉDICA NO BRASIL EFEITOS DOS MATERIAIS E FATORES GEOLÓGICOS NA SAÚDE HUMANA E MEIO AMBIENTE. Workshop Internacional de Geologia Médica. Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. CENSO DEMOGRÁFICO: versão preliminar. Rio de Janeiro. 2001.

KIRCHHEIM, R. E. PROGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO DO ESTADO DE MATO GROSSO. Programa de Estruturação Institucional da Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos – BRA/OEA/01/002. Relatório Parcial 1. 2008.

MIGLIORINI, R. B. HIDROGEOLOGIA EM MEIO URBANO. REGIÃO DE CUIABÁ E VÁRZEA GRANDE – MT. 145 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MIGLIORINI, R.B. Qualidade físico-química e bacteriológica de águas subterrâneas em meio urbano. Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13. Cuiabá: ABAS, 2004. CD-ROM.

MIGLIORINI, R. B.; DUARTE U.; BARROS NETA M.da A.P. (Orgs.). Aquífero GUARANI - EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA A SUA PRESERVAÇÃO NA REGIÃO DO PLANALTO DOS GUIMARÃES. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – Projeto Fundo Guarani Da Cidadania, Cuiabá, 2007.

PRODEAGRO/PNUD – Programa de Desenvolvimento Agroambiental/Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. CARACTERIZAÇÃO HIDROGRÁFICA DO ESTADO DE MATO GROSSO – BACIA AMAZÔNICA, ARAGUAIA, TOCANTINA E PLATINA - CHEMT. Cuiabá, out. 1995.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, BENEDITO, B. & TUNDISI, J.G. (Orgs.). ÁGUAS DOCES NO BRASIL, CAPITAL ECOLÓGICO, USO E CONSERVAÇÃO 2ª Edição, São Paulo, 2002.

ROCHA, W. J. S. DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO DO ESTADO DE MATO GROSSO. Programa de Estruturação Institucional da Consolidação da Política Nacional de Recursos Hídricos – BRA/OEA/01/002. Relatório Parcial 1. 2007.