

contidas no ZEE, que permitem interpretação de seus indicadores, estabelecendo diferentes graus de vulnerabilidade natural, que é o enfoque ecológico que norteou o Zoneamento Ecológico- Econômico, conforme metodologia estabelecida pelo Ministério do Meio Ambiente.

Só recapitulando e de forma simples e objetiva, e, sem perda de detalhes e precisão, a vulnerabilidade natural dos recursos hídricos é assumida como o reverso da disponibilidade natural.

Conforme o ZEE, a caracterização da disponibilidade natural é bem relativa, porém, em consonância com os instrumentos reguladores, emanados dos órgãos gestores na esfera estadual, foi adotada a vazão de referência para outorga do direito de uso da água superficial, para captações a fio d'água, com o objetivo de caracterizar a disponibilidade natural da água superficial. Já, para a água subterrânea, o critério baseia-se na lâmina de reposição da reserva renovável dos aquíferos, cuja conceituação ainda não é bem acordada no contexto de sua gestão.

401

Esta modelagem está sendo comparada com as adotadas pelo PNRH e alguns planos de bacias, como o decenal da bacia hidrográfica do rio São Francisco, bem como o do rio Doce em andamento no momento.

O ZEE teve a preocupação de registrar que é possível com o emprego de alternativas que inserem a ação humana, que se modifique os valores de referência, alterando-se a legislação específica para outorga do direito de uso da água superficial, ou, modificando o regime do curso d'água, pela presença de um barramento e acumulação de excedentes de água, para liberação nos períodos de escassez. O ZEE não trabalhou estas alternativas, pois, o zoneamento exige que se tenha um referencial natural e preferencialmente único.

Outra abordagem feita pelo ZEE no que concerne aos recursos hídricos diz respeito à potencialidade de contaminação dos aquíferos, que integra a vulnerabilidade natural dos recursos hídricos, elencando, de forma qualitativa, as

principais características hidrogeológicas direta ou indiretamente associadas à contaminação.

Ele não inseriu a qualidade de água superficial por entender que pela sua dinâmica, seus indicadores são mais úteis como instrumento de gestão e de verificação da eficácia da política de gestão ambiental, sobretudo dos mecanismos de controle e fiscalização.

Muito ressaltado pelo ZEE é que esta é uma primeira experiência. Certamente a análise reflexiva de todos os que tiverem acesso a estas informações poderá ensejar a apresentação de críticas e sugestões, que serão sempre consideradas dentro do espírito do aperfeiçoamento e de disponibilizar informações úteis e de credibilidade para a sociedade mineira. Ao final da elaboração do PERH-MG certamente se terá sugestões e recomendações a serem feitas.

Em Hidrologia é fundamental o controle sobre os processos de entrada e saída de água em um sistema referenciado espacialmente, tema muito bem considerado no ZEE. Neste contexto, todos os estudos ligados à hidrologia de superfície estão referenciados ao espaço delimitado por uma bacia hidrográfica, por serem unidades ambientais, sobre as quais, há maior facilidade de controle e de conhecimento da dinâmica da água no ciclo hidrológico. Esse ciclo é base de toda a concepção e implementação do PERH-MG, deixando de lado só os cursos de água, mas além deles contemplando todos os agentes que estão na bacia hidrográfica e interação com esse ciclo.

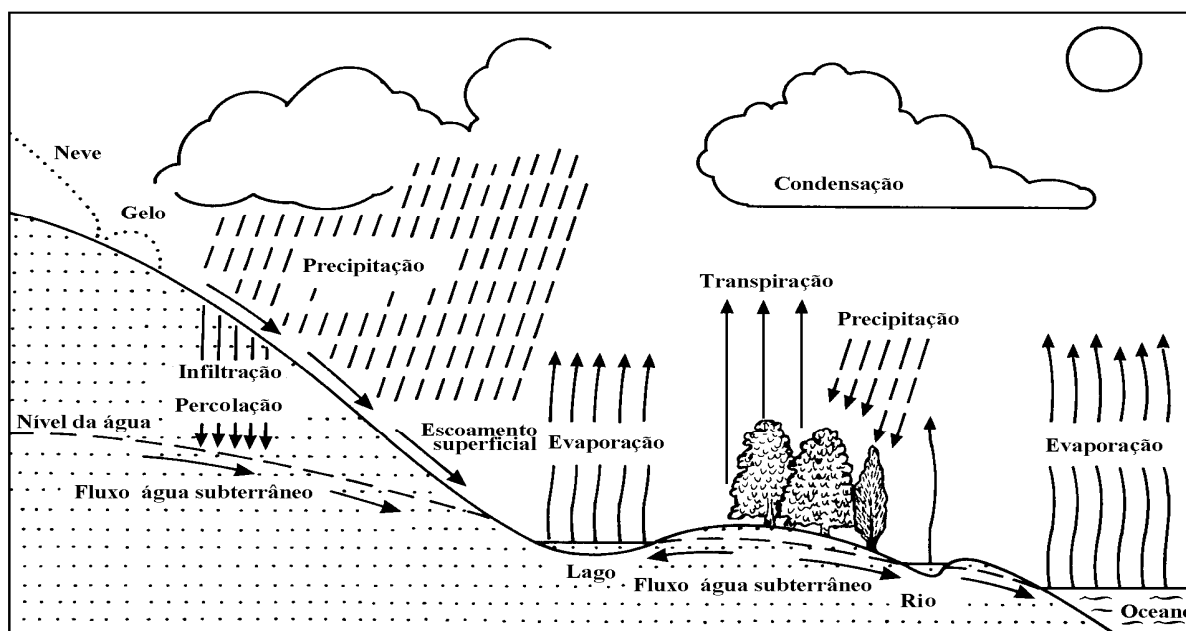
3.2.5. Ciclo Hidrológico, a Base do PERH-MG.

O acelerado processo de crescimento e desenvolvimento nas últimas décadas tem causado muitos impactos sobre os processos hidrológicos tanto do campo como das cidades. Na área urbana o principal motivo é o aumento de superfícies impermeáveis – por conta de construções civis e das vias asfaltadas, inclusive das margens de rios e córregos que cortam as cidades; e florestas transformadas em pastos e plantações - em áreas próximas às bacias hidrográficas.

A expansão das concentrações humanas e industriais em áreas urbanas e o conseqüente aumento das áreas impermeabilizadas nessas áreas promovem aumento no volume das águas de drenagem pluvial e diminuição no tempo de concentração na bacia, o que provoca sobrecarga na macrodrenagem, acarretando quase sempre inundações, erosões nas margens, danos a pontes e estradas, entre outros danos.

Por estas razões, planejar adequadamente o uso das bacias hidrográficas, principalmente em sua menor dimensão a microbacia, e a ocupação da terra, levando em consideração seu desenvolvimento futuro, tem sido fundamental. Na tentativa de conciliar crescimento necessários para o bem estar e melhoria da qualidade de vida da sociedade como um todo e meio ambiente, exige que a gestão dos recursos hídricos seja feita por bacia e não pelo curso de água. Parte-se do conhecimento das chuvas e seu escoamento ao longo dos anos, que mede a precipitação, a variação do nível do rio, sua vazão, o quanto é retido pelo solo e o quanto passa na sessão de controle, a quantidade de sedimentos que arrasta, entre outros parâmetros. A relação hidrogeológica de como a água é drenada, em função da ocupação de áreas urbanas e do meio rural, é que possibilita saber o quanto essas condições afetam os escoamentos superficiais inclusive dos corpos de água de acordo com os danos que podem causar e suas probabilidades de riscos de ocorrência de fenômenos como cheias.

É importante observar que as necessidades de obras de drenagem numa bacia precisam ser bem concebidas, bem feitas e bem mantidas, a prática da impermeabilização inadequada do solo deve merecer especial atenção em toda prática de gestão de bacia. Já está comprovado que a manutenção dos rios, no conceito de bacia hidrográfica, é muito mais econômica e eficiente para a preservação das bacias e do meio ambiente como um todo. Só que não aparece obras, o político, de um modo geral vê com desconfiança. Além disso, é a recarga do aquífero que garante que as nascentes sejam preservadas e os rios sobrevivam. E isso só é possível por meio de um solo muito permeável, que assegure a reposição do lençol freático e seu equilíbrio hidrológico. O PERH-MG está sendo estruturado todo no conceito de microbacia com base no ciclo hidrológico.



A figura 13 - mostra como se comporta o ciclo hidrológico como um todo.

Fonte: Carlos E. M. Tucci – IPH (2003)

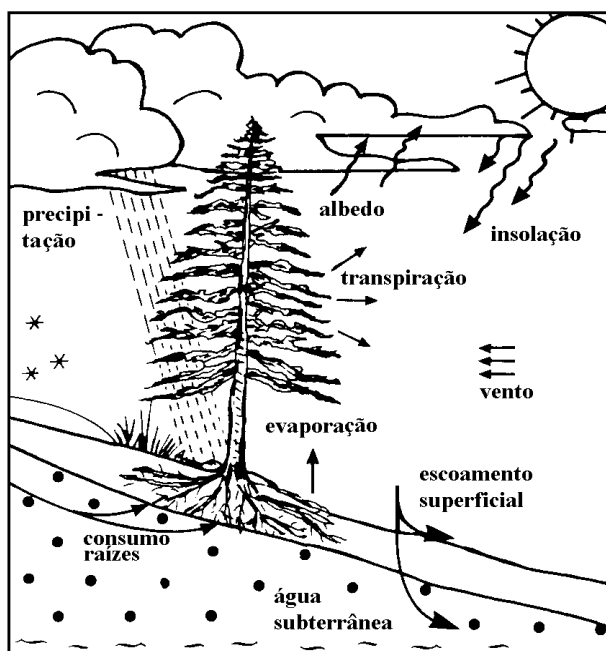


Figura 14 . Ciclo hidrológico processos verticais

Fonte: Carlos E. M. Tucci – IPH (2003)

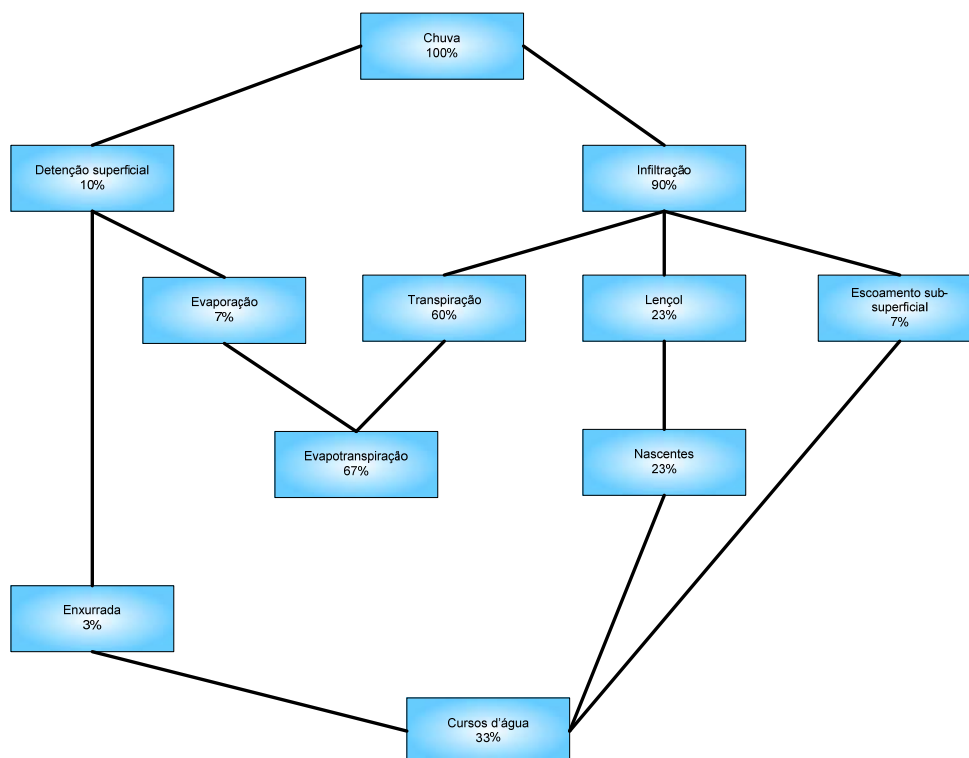


Figura 15 - Ciclo hidrológico de uma área rural.

Fonte: Osvaldo Machado Rodrigues Cabral Embrapa Meio Ambiente

O volume total da água permanece constante no planeta, mas para sua utilização racional e evitar desperdícios é preciso manejá-la.

Ciclo Hidrológico Balanço



Fonte: Adaptado de Valente, O.F e Gomes, M.A, Conservação de Nascentes – Hidrologia e Manejo de Bacias Hidrográficas de Cabeceiras

Figura 16 – Balanço Hidrológico

O ciclo hidrológico é a contínua circulação da água sobre o nosso planeta. As águas dos oceanos, rios, lagos, da camada superficial dos solos e da transpiração das plantas se evaporam por ação dos raios solares. O vapor d'água resultante vai formar nuvens que em condições propícias se condensam, precipitando-se na forma de chuva, neve ou granizo. Quando as precipitações caem no solo, uma parte da água escorre pela superfície, alimentando os rios, lagos e oceanos; outra se infiltra e uma última volta a formar as nuvens, retomando à atmosfera por evaporação. É um ciclo sem fim. Assim como uma esponja absorve a água, os solos durante a infiltração fazem o mesmo, armazenando o que chamamos de águas subterrâneas. As águas subterrâneas também são alimentadas por rios, lagoas, canais e água de degelo.

O ciclo hidrológico é dirigido pela energia solar e compreende o movimento da água dos oceanos para a atmosfera por evaporação e de volta aos oceanos pela precipitação que leva à lixiviação ou à infiltração.

Na gestão dos recursos hídricos com base no seu ciclo hidrológico permite que se conheça inclusive a ocorrência de chuvas ácidas que muitos danos econômicos e sociais pode causar, principalmente à saúde.

A figura mostra como a chuva ácida é formada.

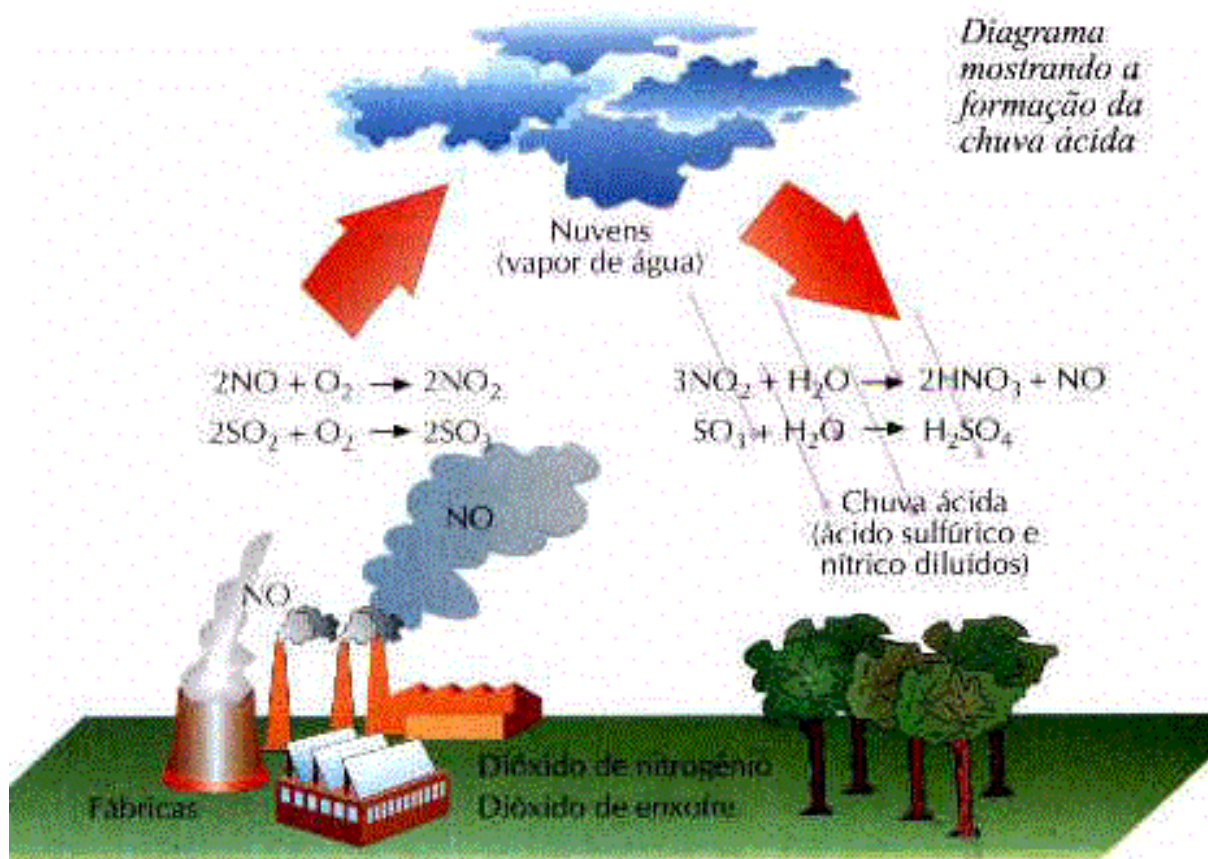


Figura 17 - Ilustração de como são formadas as chuvas ácidas

Fonte: Dra. Maria Olímpia de Oliveira Rezende - Grupo de Química Ambiental-IQSC-USP (2003)

Vulnerabilidades dos recursos hídricos em Minas Gerais.

A vulnerabilidade natural dos recursos hídricos no conceito adotado pelo ZEE consistiu na interpretação da disponibilidade natural de água e da potencialidade de contaminação dos aquíferos, assumindo-se que a existência de uma oferta natural mais elevada caracteriza uma menor vulnerabilidade e o oposto uma

maior. No tocante à potencialidade de contaminação, quanto maior, maior a vulnerabilidade.

O ZEE incorporou neste segmento informações sobre a qualidade de água superficial, por se tratar de indicadores com dinâmica de alteração muito acentuada, decorrente não só da capacidade de autodepuração dos corpos d, mas, sobretudo da variabilidade temporal e espacial das ações antrópicas que fazem da informação disponibilizada representativa de situações momentâneas. Entendeu, assim, que somente a análise de uma série histórica, associada com a identificação das cargas poluidoras correspondentes, permite caracterizar, com mais segurança e precisão a interação fator poluente – qualidade de água, além da verificação da eficácia das ações de controle e fiscalização inseridas na política ambiental do Estado.

Neste sentido, o desafio é identificar um referencial a partir do qual a interpretação possa ser exercida. É notória a grande variabilidade temporal e espacial dos recursos hídricos, sobretudo, na sua componente superficial, e é neste contexto que se aborda a questão da disponibilidade e por decorrência da vulnerabilidade, e, por questões técnicas, trata-se de forma separada o recurso hídrico superficial e o subterrâneo.

O modelo seguido pelo ZEE está apresentado na figura a seguir, esquematiza a obtenção da vulnerabilidade dos recursos hídricos do Estado, com indicadores e variáveis.

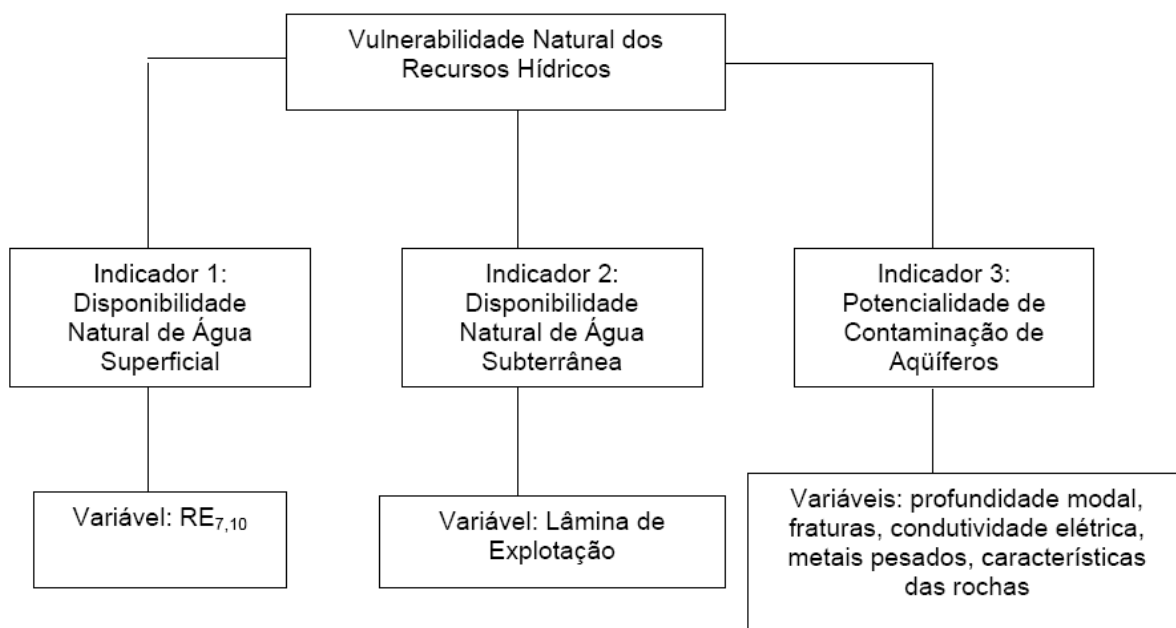


Figura 18 - Diagrama com os indicadores e variáveis que compõem a vulnerabilidade dos recursos hídricos.

Fonte: Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais

Para expressar a Vulnerabilidade Natural dos Recursos Hídricos, a disponibilidade natural de água superficial participou com peso 50%, e os demais indicadores, com peso 25%.

3.2.6. Disponibilidade natural de água superficial.

A estimativa do valor da disponibilidade hídrica em uma dada seção de um curso d'água demanda estudos multidisciplinares, amplos e locais. Diante da ausência de tais estudos, o Estado de Minas Gerais, regulamentou, por meio da Portaria Administrativa IGAM nº 010 de 30 de dezembro de 1998, em seu artigo 8º, como vazão de referência para caracterizar a disponibilidade hídrica a vazão equivalente à Q_{7,10} (mínima das médias das vazões diárias de sete dias consecutivos e dez anos de tempo de retorno). A Portaria fixa como limite máximo outorgável, ou seja, como disponibilidade hídrica, a vazão equivalente a 30% de Q_{7,10}, ficando garantido a jusante de cada derivação, um fluxo residual mínimo equivalente a 70% de Q_{7,10}. Na hipótese de o curso d'água ser regularizado por barramento, o limite poderá ser superior a 30% de Q_{7,10}, desde que se garanta um fluxo residual igual ou superior a 70% de Q_{7,10}. Sendo

assim, a variável que expressa o indicador Disponibilidade Natural de Água Superficial, considerada no ZEE, foi a Q7,10.

Embora existam informações e estudos da Q7,10 para o Estado de Minas Gerais em obras de relevância, como Deflúvios Superficiais de Minas Gerais, Atlas Digital das Águas de Minas, Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas disponíveis e oficialmente publicados e diferentes estudos acadêmicos, por questões de interação com os outros segmentos que adotaram outros referenciais para o espaço físico, como já destacado anteriormente, foi desenvolvida sua própria base de informações e, por consequência, o processo de regionalização hidrológica da Q7,10.

Para estimativa da Q7,10 o ZEE trabalhou com valores de vazões médias diárias do banco de dados disponível no sítio HIDROWEB/ANA, constituindo-se séries históricas com pelo menos 10 anos. Para cada ano estimou-se o valor mínimo das médias móveis de 7 dias consecutivos, constituindo-se uma nova série onde se aplicou a distribuição log-normal a 2 parâmetros, verificando-se previamente sua aderência pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, para posterior estimativa do valor correspondente à recorrência de 10 anos.

410

A partir deste conjunto de informações, o ZEE gerou modelos de regionalização, primeiramente, trabalhando com uma relação potencial entre Q7,10 e área de drenagem e posteriormente, com um modelo linear que relaciona Q7,10 à área de drenagem e à precipitação média anual. Este último modelo foi gerado com base em regressão múltipla linear, aplicando-se o processo “Backward” para seleção e exclusão de variáveis não significativas. Os parâmetros estatísticos utilizados para analisar a precisão dos modelos foram: o coeficiente de determinação, a significância dos parâmetros estimados, para cada variável, e o erro de estimativa. As análises foram realizadas com base no programa SAS for Windows. É importante destacar que a regionalização foi desenvolvida para cada grande bacia hidrográfica do Estado, tendo o estudo climático de balanço hídrico como referência para homogeneidade hidrológica.

As equações de regressão para regionalização da $Q_{7,10}$ estão apresentadas nos quadros seguintes.

Quadro 115 - Modelos de regionalização com uma variável de entrada, para $Q_{7,10}$ nas regiões de abrangência do ZEE

Região	Modelo	Intervalo de validade (km ²)	R ²
Rio Doce (Leste)	$Q_{7,10} = 0,003847 \times Ad^{0,9824}$	160,0 – 75.800,0	0,89
Rio Grande (Sul)	$Q_{7,10} = 0,009625 \times Ad^{0,9216}$	70,0 – 60.000,0	0,95
Rio São Francisco	$Q_{7,10} = 0,005042 \times Ad^{0,9021}$	100,0 – 250.000,0	0,88
Triângulo Mineiro (Rio Paranaíba)	$Q_{7,10} = 0,011529 \times Ad^{0,8486}$	70,0 – 20.000,0	0,76
Mucuri	$Q_{7,10} = 0,01989 \times Ad^{0,5966}$	350,0 – 12.800,0	0,71
Paraíba do Sul	$Q_{7,10} = 0,006866 \times Ad^{0,9445}$	103,0 – 55.500,0	0,93
Jequitinhonha/Pardo	$Q_{7,10} = 0,01102 \times Ad^{0,7310}$	66,0 – 65.698,0	0,75

Fonte: ZEE-MG (2006)

Para escolha do modelo de regionalização aplicado para estimativa da $Q_{7,10}$, o ZEE baseou nos critérios de precisão e aplicabilidade. Verifica-se pela análise dos modelos gerados que para as bacias do Rio Paranaíba e Mucuri houve melhoria nos modelos com a introdução da precipitação média anual. No entanto, para as bacias do São Francisco, Paraíba do Sul, Rio Grande e Doce a melhoria não foi tão expressiva, a ponto de justificar o esforço adicional de obtenção da precipitação e aplicação de um modelo mais complexo. De um modo geral, pode-se afirmar que o modelo potencial deve ser aplicado para bacias menores que 2000 km² e para as maiores, o modelo que inclui a precipitação média anual.

Para eliminar a influência que o porte da área de drenagem exerce sobre os valores de vazão, os resultados foram trabalhados sob a forma de rendimento específico (RE), em L s⁻¹ km⁻².

Quadro 116 - Modelos de regionalização, com duas variáveis de entrada, para Q_{7,10} nas regiões de abrangência do ZEE.

Região	Modelo	R ²
Rio Doce	$Q_{7,10} = 9,9081 + 0,00000413 \cdot A \cdot P - 8,49 \times 10^{-8} \cdot A^2 - 1,7243 \cdot \ln(A) + 7,948 \times 10^{-14} \cdot A^2 \cdot P^2$	0,99
Rio Grande	$Q_{7,10} = -95250 + 0,05447 \cdot A - 19,81 \cdot P - 0,000038 \cdot A \cdot P - 3,55 \times 10^{-7} \cdot A^2 + 10,12 \cdot \ln(A) + 16147 \cdot \ln(P) + 0,00303 \cdot P^2 + 2,05 \times 10^{-13} \cdot A^2 \cdot P^2$	0,99
São Francisco	$Q_{7,10} = -48,87 + 0,0137 \cdot A - 0,000013 \cdot A \cdot P - 4,92 \times 10^{-8} \cdot A^2 + 8,3921 \cdot \ln(A) + 5,97 \times 10^{-14} \cdot A^2 \cdot P^2$	0,92
Triângulo (Rio Paranaíba)	$Q_{7,10} = -309244 + 0,26084 \cdot A - 72,62 \cdot P - 0,000189 \cdot A \cdot P - 8,74 \times 10^{-6} \cdot A^2 + 8,09 \cdot \ln(A) + 53360 \cdot \ln(P) + 0,0124 \cdot P^2 + 4,76 \times 10^{-12} \cdot A^2 \cdot P^2$	0,94
Mucuri	$Q_{7,10} = 15,095 - 2,6092 \cdot \ln(A) - 1,228 \times 10^{-12} \cdot A^2 \cdot P^2 + 1,162 \times 10^{-9} \cdot A^2 \cdot P + 2,78 \times 10^{-9} \cdot A \cdot P^2$	0,80
Paraíba do Sul	$Q_{7,10} = -78,62 + 0,037 \cdot A + 0,144 \cdot P - 5,43 \times 10^{-5} \cdot A \cdot P - 1,06 \times 10^{-6} \cdot A^2 - 3,88 \cdot \ln(A) - 5,16 \times 10^{-5} \cdot P^2 - 8,48 \times 10^{-13} \cdot A^2 \cdot P^2 + 2,424 \times 10^{-8} \cdot A \cdot P^2$	0,98
Jequitinhonha/Pardo	$Q_{7,10} = 1,218 + 0,0172 \cdot A - 3,70 \times 10^{-5} \cdot A \cdot P - 6,46 \times 10^{-9} \cdot A^2 + 2,094 \times 10^{-8} \cdot A$	0,94

Fonte: ZEE-MG (2006)

Para expressar a parcela da vulnerabilidade associada à disponibilidade natural de água superficial, esta foi agrupada, em termos do rendimento específico, em cinco classes que permitem abranger toda a gama de variação dos valores e adotou-se o critério contido no quadro 117, onde as classes com maior a disponibilidade natural de água representam menor vulnerabilidade natural.

Quadro 117 - Critério para expressar a vulnerabilidade natural do recurso hídrico superficial com base no RE_{7,10}.

Vulnerabilidade Natural	RE _{7,10} (L s ⁻¹ km ⁻²)
Muito Alta	< 1,5
Alta	1,5 – 2,5
Média	2,5 – 3,5
Baixa	3,5 – 5,5
Muito Baixa	> 5,5

Fonte: ZEE-MG (2006)

Na Figura 19, seguinte, pode-se avaliar a distribuição espacial da disponibilidade natural de água superficial, traduzida em termos da vulnerabilidade natural, para o Estado de Minas Gerais, permitindo analisar as diferentes situações das regionais inseridas no contexto do Estado.

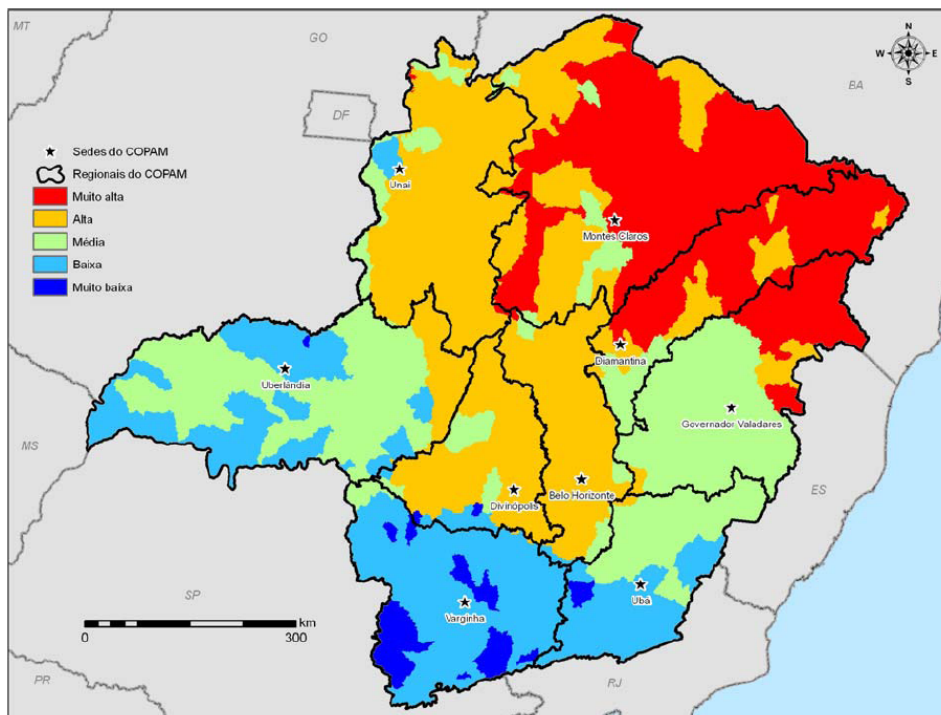


Figura 19 - Vulnerabilidade natural associada à disponibilidade natural de água superficial para o Estado de Minas Gerais

Fonte: ZEE-MG (2006)

É nítida a menor vulnerabilidade da água superficial, caracterizada pela maior disponibilidade natural de água (maiores valores de RE7,10), nas regionais Sul e Paraíba do Sul, seguida pela regional Triângulo Mineiro. É importante observar a existência de um gradiente negativo de RE7,10 quando o mapa é analisado no sentido Sul-Norte, havendo grandes discrepâncias na disponibilidade natural de água superficial, onde na regional Sul foram estimados valores de RE7,10 superiores a $10 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ em algumas sub-bacias junto à Serra da Mantiqueira, enquanto que na regional Norte, foram obtidos valores da ordem de $0,05 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$.

Esta discrepância encontra explicação nas características climáticas do Estado onde o balanço hídrico é positivo na primeira regional e negativo na segunda. Os

valores obtidos e mapeados são semelhantes àqueles obtidos por Euclides et al. (2004), na obra “Atlas Digital das Águas de Minas: uma ferramenta para o planejamento e gestão dos recursos hídricos”.

REGIONAL SUL.

Esta regional apresenta expressiva disponibilidade natural de água superficial, conforme pode ser observado na Figura 19, fruto de seu regime hídrico, com parte da mesma sendo enquadrada como de muito baixa vulnerabilidade, ou seja, com RE7,10 acima de $5,5 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e várias sub-bacias, com rendimentos acima de $4 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, caracterizando vulnerabilidade baixa como predominante. É possível observar que algumas áreas ao norte e noroeste da regional apresentam-se com vulnerabilidade média, sendo, no entanto, proporcionalmente muito inferiores e pouco significativas em termos espaciais.

REGIONAL TRIÂNGULO E ALTO PARANAÍBA.

O Triângulo Mineiro apresenta vulnerabilidade predominantemente média, traduzida pela média disponibilidade natural, com RE7,10 entre $1,5$ e $3,5 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, conforme Figura 19. Existem, em menor proporção, áreas na parte noroeste da regional (Alto Paranaíba), em que o RE7,10 está entre $0,5$ e $1,5 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, ou seja, com vulnerabilidade alta. Esta regional é a terceira com maior disponibilidade natural de água superficial no Estado de Minas Gerais.

REGIONAL LESTE.

A regional Leste do Estado apresenta alta vulnerabilidade natural associada à água superficial na sua parte norte, em direção à regional Vale do Jequitinhonha. Contudo, a disponibilidade natural e conseqüentemente, a vulnerabilidade, se enquadram na classe média na maior parte da regional. Na Figura 19 é possível observar a distribuição do indicador RE7,10 dentro da regional, com vulnerabilidade variando de média a muito alta (RE7,10 abaixo de $0,5$ até $3,5 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$). Especialmente na direção do Vale do Mucuri, a vulnerabilidade muito alta é predominante.

REGIONAL ALTO SÃO FRANCISCO.

Na regional Alto São Francisco verifica-se predominância de vulnerabilidade alta, com valores de RE_{7,10} entre 0,5 e 3,5 L s⁻¹ km⁻². Contudo, na parte sul, pela Figura 19, é possível observar vulnerabilidade baixa, basicamente pela maior disponibilidade gerada pela proximidade da nascente do rio São Francisco, junto à Serra da Canastra, havendo maior densidade da rede de drenagem e regime pluviométrico anual melhor distribuído e com maiores totais.

REGIONAL CENTRAL.

A vulnerabilidade natural de água superficial para a regional Central (Figura 19) é predominantemente alta, ou seja, com RE entre 0,5 e 1,5 L s⁻¹ km⁻². Ao sul da regional, que corresponde à região das nascentes dos Rios das Velhas e Paraopeba, verifica-se vulnerabilidade baixa e outra com vulnerabilidade média. No entanto, já na parte do Baixo Rio das Velhas, predomina a baixa disponibilidade natural de água, com poucos cursos d'água de vazão significativa, sendo reflexo de um total de precipitação anual menor e mais concentrado e uma alta demanda evapotranspirativa.

REGIONAL ZONA DA MATA.

A disponibilidade natural de água superficial na regional Zona da Mata, traduzida em termos da vulnerabilidade natural, encontra-se na Figura 19. Praticamente metade da regional apresenta vulnerabilidade baixa a muito baixa, especialmente ao sul da mesma, comportamento explicado pela influência da Serra da Mantiqueira, com elevados valores de precipitação anual. Na outra metade, observa-se vulnerabilidade média, com valores entre 1,5 e 3,5 L s⁻¹ km⁻², com redução importante destes valores à medida que se desloca para a parte nordeste. Este comportamento é reflexo das condições climáticas e seus indicadores para esta regional.

REGIONAL VALE DO JEQUITINHONHA.

Nesta regional, conforme Figura 19, há predomínio de vulnerabilidade muito alta, ou seja, disponibilidade de água superficial menor que $0,5 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. É caracterizada por clima com totais precipitados inferiores à evapotranspiração, com baixa capacidade de recarga de nascentes e consequentemente, baixa capacidade de geração de escoamento base, o qual caracteriza o RE7,10.

REGIONAL NORTE.

Na Figura 19 está apresentado o mapa de vulnerabilidade de água superficial para a regional Norte. O comportamento da vulnerabilidade é bastante semelhante ao da regional Vale do Jequitinhonha, uma vez que esta regional se encontra inserida numa área com clima tendendo a semi-árido, com valores máximos de RE7,10 inferiores a $1,5 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Em algumas sub-bacias hidrográficas, como no Verde Grande, valores de RE7,10 em torno de $0,05 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ foram detectados. Como há forte demanda por irrigação nesta regional, há grande possibilidade de conflito por uso da água.

416**REGIONAL NOROESTE.**

Nesta regional, observa-se situação ligeiramente diferente das duas anteriores, ou seja, há maior disponibilidade natural de água superficial (Figura 19). Contudo, a faixa que caracteriza vulnerabilidade alta, com rendimentos entre $0,5$ e $1,5 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, ocupa mais de 90% da regional. É interessante observar que a mesma apresenta-se separando uma regional com vulnerabilidade muito alta (Regional Norte) de outra com vulnerabilidade média (Regional Triângulo e Alto Paranaíba). A demanda de água para irrigação tem sido muito alta nesta regional, devendo-se avaliar com critério os projetos que demandam grandes quantidades de água, uma vez que a possibilidade de conflito é uma realidade nesta regional.

3.2.7. Disponibilidade natural de água subterrânea.

A disponibilidade natural de água subterrânea foi estimada pelo ZEE com base nas reservas explotáveis, que correspondem à quantidade máxima de água que poderia ser explotada de um aquífero sem riscos de prejuízo ao manancial. Este é um conceito relativamente controvertido, já que há inúmeros fatores, como ações de manejo das áreas de recarga, tipo de agricultura, tipo, densidade e distribuição espacial da exploração, que podem influenciar no comportamento desta lâmina, sendo muito complexa a separação dos seus efeitos, que tanto podem ser positivos como negativos.

Valores entendidos e adotados como reservas explotáveis não poderiam, jamais, exceder a valores efetivos das reservas renováveis ou reguladoras (quantidade de água livre armazenada no aquífero, que é renovada a cada período anual, correspondendo à sua recarga). Outros consideram que as reservas explotáveis seriam constituídas pelas reservas reguladoras e uma parcela das reservas permanentes. Neste caso, haveria uma redução contínua das reservas permanentes, podendo chegar à sua depleção. Desta forma, foi adotado o primeiro conceito, que está bem trabalhado no “Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio das Velhas – Resumo Executivo”, (2004). Assim, a variável que expressa o indicador Disponibilidade Natural de Água Subterrânea, adotada no ZEE, foi a lâmina de água explotável, considerando como bacia hidrogeológica, os limites geográficos das bacias hidrográficas do Estado.

Como uma exploração cujo volume se iguala à recarga total do sistema acabaria por influenciar o regime de vazões mínimas do escoamento superficial, admitiu-se neste estudo, que os recursos explotáveis representam apenas uma parcela das reservas reguladoras, normalmente uma faixa entre 25% e 40% das reservas renováveis, tendo sido adotado neste trabalho um valor conservador de 25% da reserva renovável como reserva explotável, a fim de manter aproximadamente 75% do escoamento de base nos corpos d'água superficiais na época de estiagem, obtendo-se assim os valores anuais a serem explotados.

A estimativa do volume (ou lâmina) de água da reserva explotável dos aquíferos, realizada pelo ZEE integrou, com o apoio do ArcMap, informações sobre os sistemas aquíferos do Estado de Minas Gerais e as Regiões Hidrologicamente Homogêneas, determinadas com base no regime pluvial médio anual, condições macro de declividade e infiltração de água nas zonas de recarga.

A estimativa dos volumes armazenados, numa primeira etapa, foi desenvolvida com base no material produzido por Sérgio Menin Teixeira de Souza (“Disponibilidades hídricas subterrâneas no estado de Minas Gerais”, 1995), obtendo-se as seguintes grandezas hidrológicas regionalizadas:

- coeficiente de depleção médio;
- armazenamento específico médio R;
- armazenamento específico R1;
- armazenamento específico R2;
- estimativa do escoamento subterrâneo das reservas reguladoras, obtida por:

$$Q = R \times \left(\alpha + \frac{1}{R2 - R} \right) - \frac{R1}{R} + 1$$

Em Minas Gerais, foram agrupados 10 Sistemas Aquíferos, com sua distribuição espacial apresentada na Figura 20 , adaptado do citado trabalho pelo ZEE.

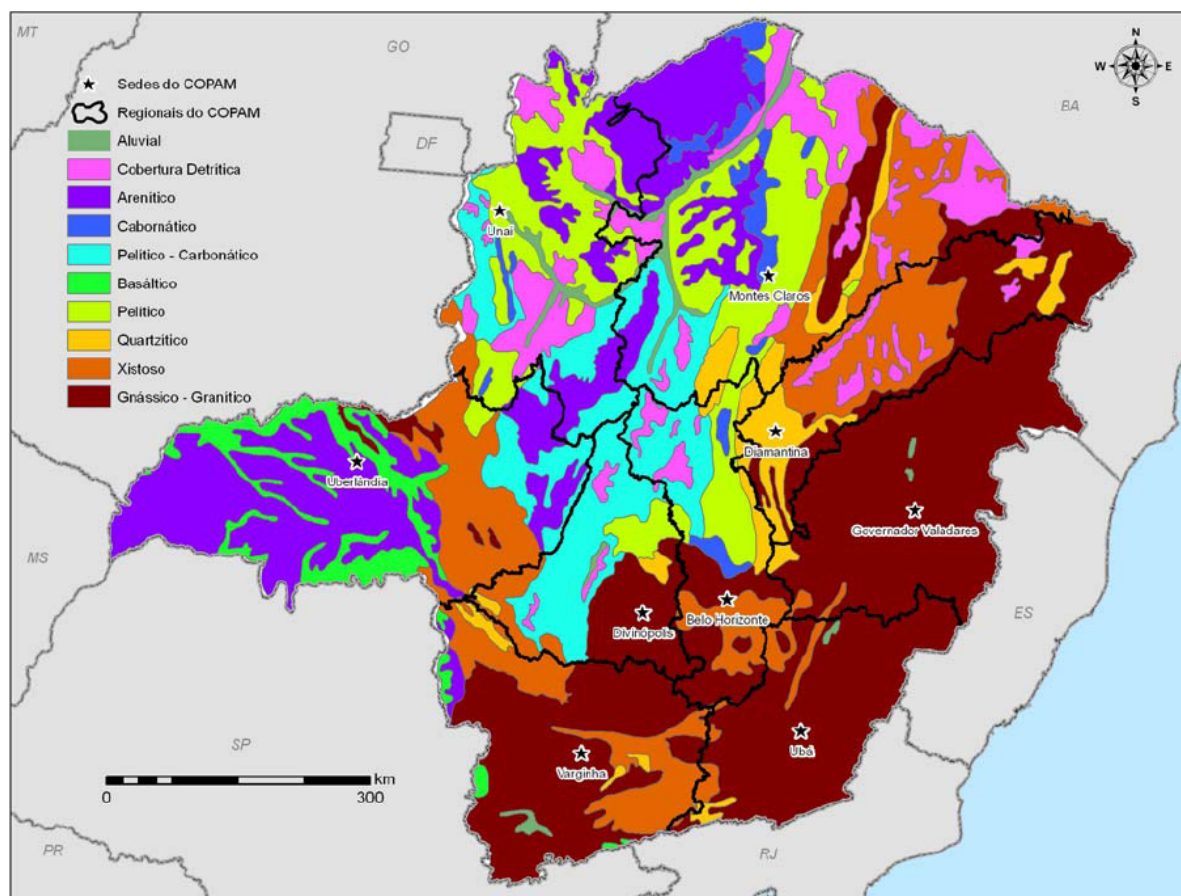


Figura 20 - Sistemas aquíferos do Estado de Minas Gerais

Fonte: Adaptado pelo ZEE de do trabalho “Disponibilidades hídricas subterrâneas no Estado de Minas Gerais, 1995”.

Estes sistemas, em termos da disponibilidade de água armazenada, podem ser classificados na seguinte ordem:

Quartzítico < Cobertura Detrítica < Gnássico-granítico < basáltico < Xistoso < Pelítico < Arenítico < Pelítico-carbonático < carbonático < aluvial

Confrontando-se os resultados de disponibilidades estimados, com os gerados pela metodologia de separação de escoamentos (método de Barnes), contidos em “Estudos hidrogeológicos sobre o regime de produção de água das sub-bacias de drenagem de cabeceira da bacia do Rio Grande”, e no “Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio das Velhas”, o ZEE constatou-se desvios de no máximo 30%, sinalizando para uma precisão aceitável.

De forma semelhante ao adotado para os recursos hídricos superficiais, o indicador utilizado para expressar a Vulnerabilidade Natural associada à água subterrânea foi a lâmina de água subterrânea correspondente à reserva renovável ou de restituição, considerando-se 25% deste valor como a lâmina explorável.

A conversão da disponibilidade hídrica subterrânea em vulnerabilidade natural foi feita com base nas informações da tabela 118, seguinte .

Quadro 118 - Lâmina de restituição da reserva renovável, lâmina explorável e nível correspondente de vulnerabilidade natural associada à água subterrânea.

Vulnerabilidade natural	Lâmina de Restituição - LR (mm/ano)	Lâmina Explorável - LE (mm/ano)
Muito Alta	< 220	< 55
Alta	220 – 250	55 – 62,5
Média	250 – 280	62,5 – 70
Baixa	280 – 310	70 – 77,5
Muito Baixa	> 310	> 77,5

Fonte: ZEE-MG (2006)

3.2.8. Potencialidade de contaminação da água subterrânea.

A potencialidade de contaminação dos aquíferos corresponde à susceptibilidade de contaminação da água subterrânea por substâncias tóxicas as quais podem atingir o aquífero principalmente pelo processo de lixiviação. Foi obtida com base na combinação qualitativa de fatores como, características litológicas, falhas geológicas, profundidade modal do aquífero, e condutividade elétrica da água subterrânea, além da presença de metais pesados em concentrações elevadas.

Desta forma, rochas com características distintas apresentam maior ou menor susceptibilidade à contaminação, de acordo com sua porosidade. Por exemplo, rochas como arenitos, coberturas detríticas e aluviais são mais susceptíveis à contaminação pela sua maior porosidade, permitindo lixiviação de líquidos, do

que granitos e basaltos que são rochas compactas (consolidadas), as quais armazenam a água em fraturas. As falhas geológicas foram consideradas e os locais encontrados classificados como de elevada susceptibilidade a contaminação.

A profundidade modal do aquífero também determina a susceptibilidade à contaminação, sendo que quanto menor, maior a susceptibilidade, tendo sido obtida mediante análise das características hidráulicas de poços, fornecidas pela COPASA.

Com base no mapa de ocorrências minerais elaborado pela CPRM (2004), escala 1:1.000.000, o ZEE definiu os locais onde foi encontrada presença anômala de metais pesados (zinco, chumbo e outros). Definiu-se um raio de 500m ao redor desses locais, presumindo-se o efeito desses metais nessa distância. A presença de metais pesados elevou o risco de contaminação ambiental dos 187 aquíferos em um nível. Ou seja: se uma unidade litológica apresentava vulnerabilidade à contaminação classificada como "média", no local onde a mesma continha metais pesados, a vulnerabilidade passou a ser "alta".

A Figura 21 mostra a distribuição dos locais com teores anômalos de metais pesados e as estruturas geológicas no Estado de Minas Gerais, dentro da área de abrangência do ZEE, onde se constata que as falhas cortam grande parte da área estudada. Teores anômalos de metais são bem menos abundantes, embora estejam presentes localizadas, como no Quadrilátero Ferrífero.

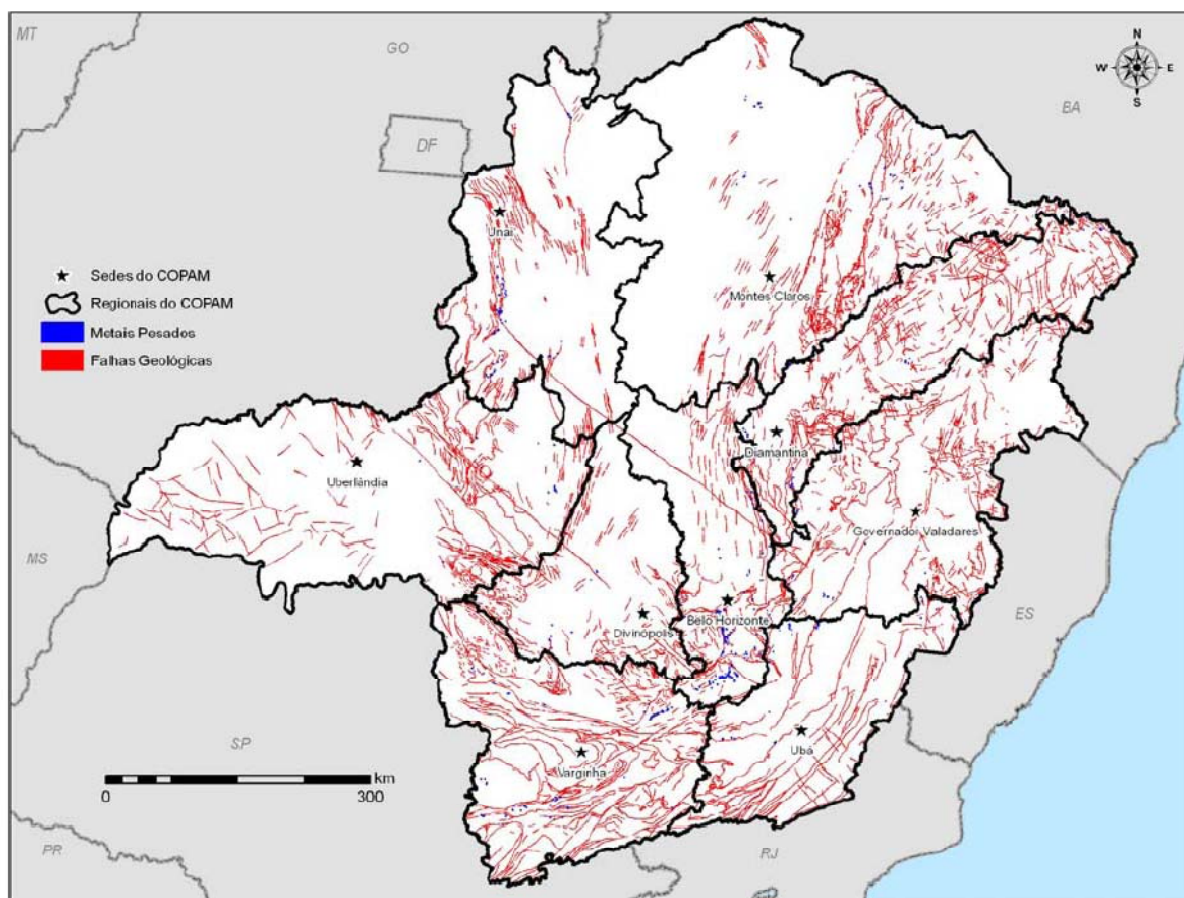


Figura 21 - Locais com teores anômalos de metais pesados e falhas geológicas no Estado de Minas Gerais.

Fonte: ZEE-MG (2006)

No que concerne à disponibilidade de água subterrânea o mapa da Figura 22 apresenta a vulnerabilidade natural associada à água subterrânea, caracterizada em termos de sua disponibilidade natural, para o Estado de Minas Gerais. Verifica-se que, de maneira geral, o Estado se apresenta com vulnerabilidade alta, basicamente associada às baixas lâminas de exploração produzidas pelo Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico, o qual ocupa extensa área, desde o Sul do Estado até a fronteira com a Bahia. As regionais de menor vulnerabilidade encontram-se na parte ocidental do Estado, na qual há diversos Sistemas Aquíferos produtivos, como Arenítico, Carbonático e Pelítico- Carbonático, além de extensas áreas em Sistema Aluvionar, acompanhando a calha do Rio São Francisco. Os maiores destaques são as regionais Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Central e Norte, as quais estão sob influência principalmente dos Sistemas Arenítico, Cárstico e Aluvionar.

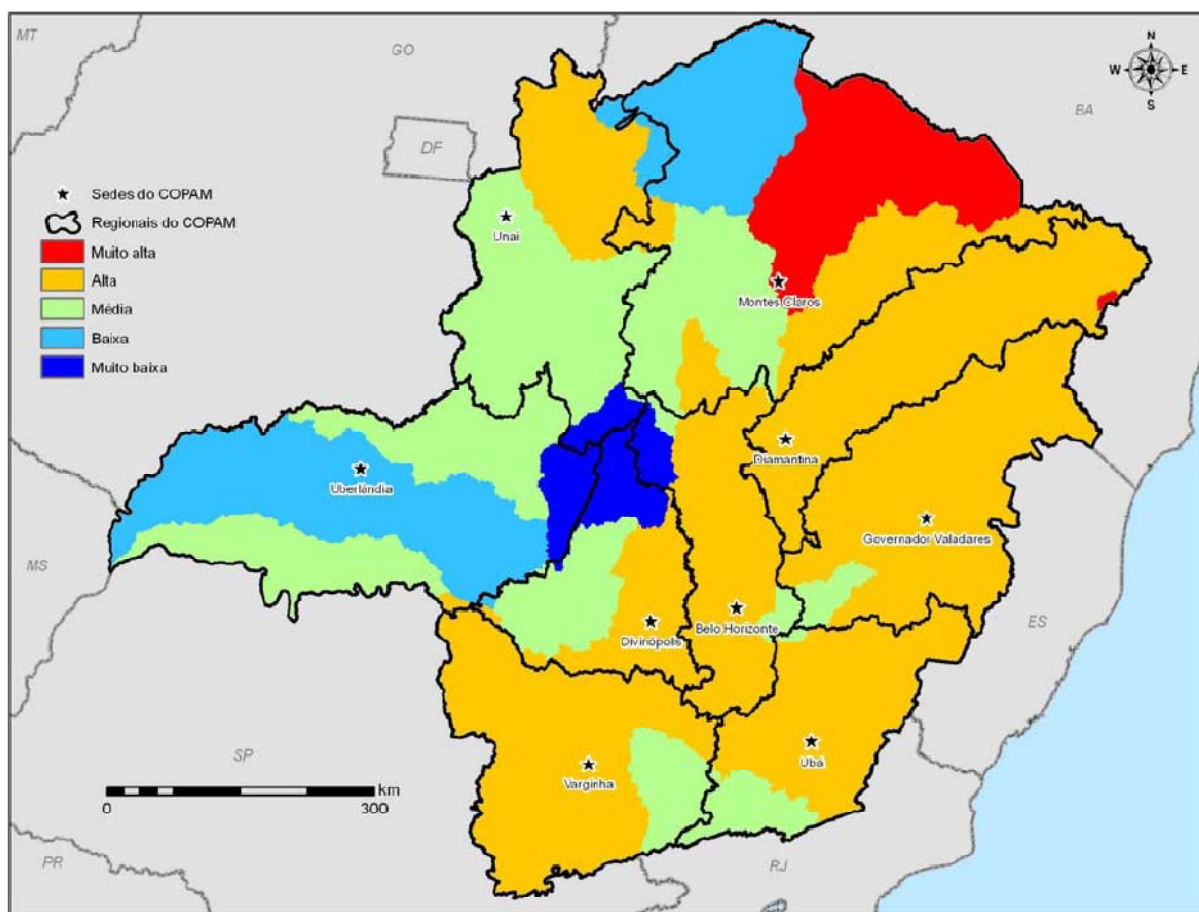


Figura 22 - Vulnerabilidade natural no contexto da disponibilidade natural de água subterrânea para o Estado de Minas Gerais

Fonte: ZEE-MG (2006)

REGIONAL SUL.

A regional Sul apresenta vulnerabilidade natural associada à água subterrânea variando de média a alta, com elevada predominância da segunda situação. Isto significa que a lâmina anual média de exploração está entre 55 e 70 mm. Esse comportamento está associado à predominância do Sistema Gnáissico-Granítico, que reconhecidamente apresenta pequena disponibilidade de água. Exceção pode ser observada para a UPGRH GD01, a qual corresponde à nascente do Rio Grande, que devido às elevadas lâminas anuais de precipitação e presença considerável de vegetação nativa, apresenta melhores condições para infiltração e recarga dos aquíferos mais superficiais.

REGIONAL TRIÂNGULO E ALTO PARANAÍBA.

Nesta regional, como pode ser observado pela Figura XY, há maior disponibilidade de água subterrânea, com grande parte da regional caracterizada por vulnerabilidade baixa. Esta condição é explicada pela ocorrência expressiva do Sistema Aquífero Arenítico, com participação do Aquífero Guarani, cuja elevada capacidade de infiltração, proporcionando lâminas de restituição acima de 300 mm anuais, sendo, portanto, passível de exploração, segundo os critérios adotados, superiores a 70 mm de água subterrânea. Além da presença deste Sistema Aquífero, a leste da regional, há áreas com predomínio do Sistema Cárstico e ou Pelítico-Cárstico, os quais apresentam considerável capacidade de armazenamento de água subterrânea. No Alto Paranaíba é possível verificar menor disponibilidade, contudo, caracterizada como de vulnerabilidade média quando se avalia as condições do Estado como um todo.

REGIONAL LESTE.

Neste regional Figura 22 observa-se que o comportamento da lâmina de restituição é semelhante à Regional Sul. Esta característica ocorre devido à predominância do Sistema Gnáissico-Granítico, com algumas faixas do Sistema Xistoso. Sendo assim, conforme discutido anteriormente, apresentam disponibilidade predominantemente baixa, com exceção de sua parte sul, que apresenta maior condição para exploração, com disponibilidade e vulnerabilidade natural média, devido à influência de cadeias de montanhas, nas quais estão presentes um apreciável número de nascentes.

REGIONAL ALTO SÃO FRANCISCO.

Na Figura 22 é possível observar que a parte norte da regional apresenta-se com vulnerabilidade natural muito baixa, fato que se explica pela predominância do Sistema Cárstico e Pelítico-Cárstico. Outra parte, situada mais ao centro da regional, apresenta vulnerabilidade média e a porção mais ao sul, com vulnerabilidade natural alta, consequência da presença do Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico.

REGIONAL CENTRAL.

Grande parte desta regional Figura 22 apresenta baixa disponibilidade natural de água subterrânea, produzindo vulnerabilidade natural alta, devido ao predomínio dos Sistemas Gnáissico-Granítico ao sul e Pelítico e Quartzítico em direção ao norte da regional, os quais possuem menor lâmina explotável. Verifica-se aumento da disponibilidade, com redução da vulnerabilidade, na sua parte oeste, devido à presença do Sistema Cárstico.

REGIONAL ZONA DA MATA.

A regional Zona da Mata Figura 22 possui comportamento semelhante ao Sul e Leste de Minas, com vulnerabilidade natural entre alta e média, ou seja, com baixa a média disponibilidade natural de água subterrânea. Em toda a regional há predomínio do Sistema Gnáissico-Granítico, sendo que na parte sul da regional, verifica-se vulnerabilidade média, fato associado aos totais pluviais maiores e conseqüentemente maior condição para recarga dos aquíferos, pela presença da Serra da Mantiqueira.

425**REGIONAL VALE DO JEQUITINHONHA.**

No contexto da disponibilidade natural de água subterrânea, indicada pela lâmina explotável, para a regional Vale do Jequitinhonha Figura 22, observa-se, predominantemente, baixa disponibilidade, com lâminas explotáveis entre 55 e 62,5 mm. Este comportamento se deve ao fato de que em grande parte da regional há predomínio do Sistema Gnáissico-Granítico, com baixa capacidade de produção de água subterrânea, conforme comentado anteriormente para as regionais Sul e Leste.

REGIONAL NORTE.

Nesta regional, pela Figura 22, é possível observar quatro situações distintas, que variam desde disponibilidade alta até muito baixa. No entanto, ao se contabilizar as áreas com disponibilidade baixa e muito baixa, é possível verificar

que estas são significativas na regional. Esta situação é devida ao predomínio de aquíferos de baixa capacidade de produção de água, especialmente xistoso e rochas detríticas. A parte da regional com vulnerabilidade baixa ocorre em áreas sob domínio dos Sistemas Pelítico-carbonático, Arenítico e Aluvial, os quais são reconhecidamente de maior capacidade produtiva. O uso de água subterrânea proveniente de poços profundos é bastante importante para a regional, participando de forma relevante no suprimento de água na mesma.

REGIONAL NOROESTE.

A regional Noroeste apresenta predominantemente vulnerabilidade associada à água subterrânea, entre média e alta, com identificação de duas pequenas áreas com vulnerabilidade muito baixa e baixa, ao sul e nordeste da regional, de acordo com a Figura 22. Ao sul da regional há predomínio de Sistemas Aquíferos do tipo Pelítico-carbonático e Arenítico, os quais são de alta capacidade produtiva, devido às suas boas características de infiltração e armazenamento de água. Já na parte nordeste da regional, há predomínio do Sistema Arenítico, gerando uma parte significativa da mesma com boa capacidade produtiva.

426

POTENCIALIDADE DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.

O mapa da Figura 22 apresenta a parcela de vulnerabilidade associada à contaminação dos aquíferos para o Estado de Minas Gerais. É possível observar uma faixa da parte leste do Estado na qual há vulnerabilidade baixa a muito baixa, ou seja, baixa potencialidade de contaminação, interpretada, basicamente, com base nas características do Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico, o qual, apesar de sua baixa capacidade de produção de água, comentada anteriormente, pelas suas características físicas (elevada profundidade, rochas extrusivas com baixa permeabilidade e água com baixa concentração de sais), verifica-se maior proteção do aquífero no tocante à contaminação. Há trechos de alta potencialidade produzida pela existência de falhas geológicas neste Sistema. De forma inversa, na parte norte, há elevada vulnerabilidade associada a este indicador, provocada por sistemas aquíferos mais rasos, com maior permeabilidade e água subterrânea com alta

concentração de sais, produzindo uma situação de maior susceptibilidade à contaminação. Constata-se também nesta última área, presença de fraturas que elevam o potencial de contaminação dos aquíferos, situação semelhante ao verificado para a regional Triângulo e Alto Paranaíba, que apresenta predominância do Sistema Arenítico, os quais são produtivos pela sua alta capacidade de recarga, que de forma concomitante, propicia elevada possibilidade de contaminação, causada por esta característica de permeabilidade e condições favoráveis para lixiviação de substâncias.

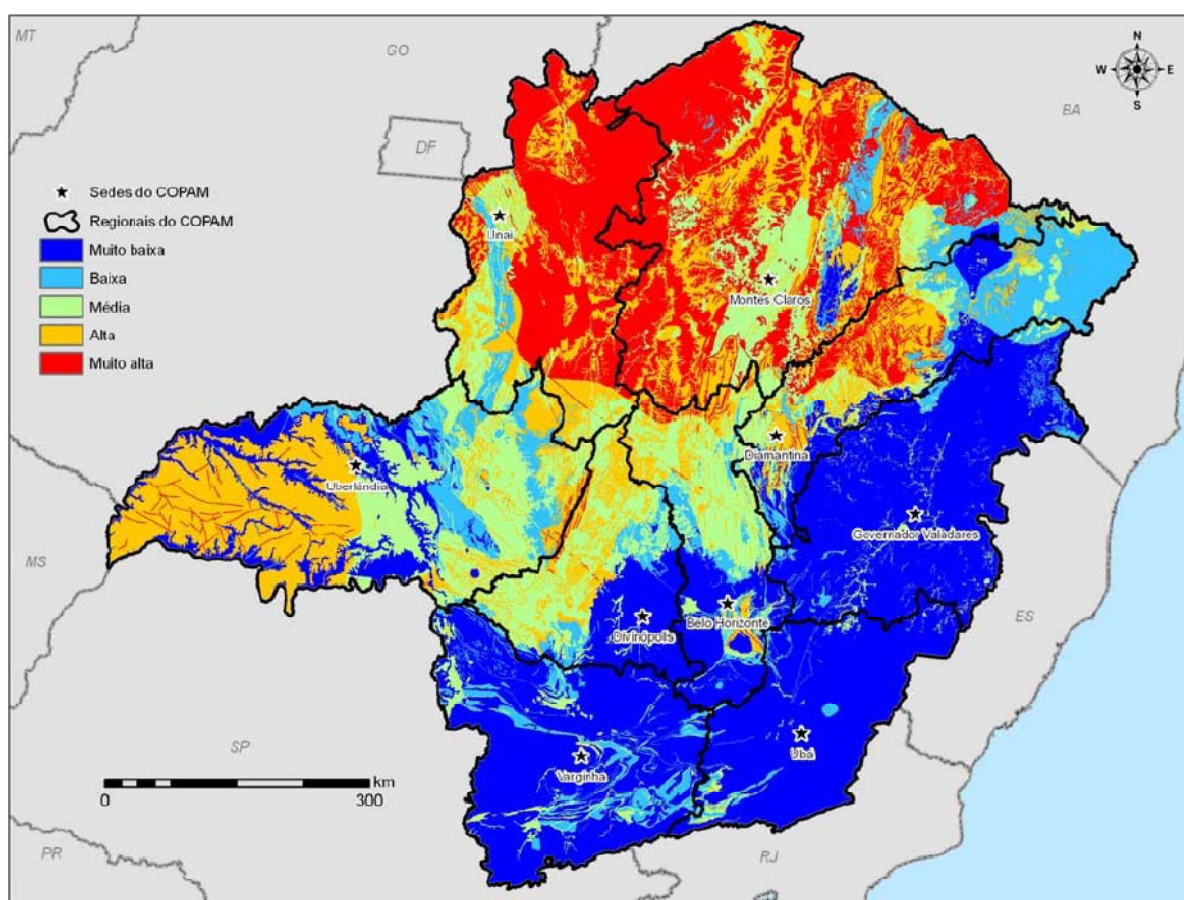


Figura 23 - Vulnerabilidade natural no contexto da potencialidade de contaminação da água subterrânea para o Estado de Minas Gerais.

Fonte ZEE-MG (2006)

REGIONAL SUL.

Pela Figura 23, observa-se que a regional Sul apresenta potencialidade de contaminação de aquíferos predominantemente muito baixa, com traços de

média em pequenas partes da regional e, partes discretas e de pouca expressão territorial com alta potencialidade. Este comportamento pode ser explicado pela predominância do Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico, onde predominam rochas compactas, de difícil infiltração e contaminação, além de elevada profundidade. As áreas de potencialidade média e, sobretudo alta, são devidas à presença de falhas geológicas, as quais se constituem em pontos que facilitam o processo de lixiviação e posterior contaminação.

REGIONAL TRIÂNGULO E ALTO PARANAÍBA.

É possível verificar para a regional Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba Figura 23 que a potencialidade de contaminação de água subterrânea é predominantemente alta e média. Grande parte desta condição está associada ao Sistema Aquífero Arenítico, predominante na regional, que devido a sua alta permeabilidade permite maior taxa de infiltração e por decorrência alta possibilidade de lixiviação de contaminantes. Algumas áreas de baixa potencialidade se devem às características do Sistema Aquífero Basáltico, cuja característica geológica principal, neste contexto, é sua baixa capacidade de infiltração devido às suas características de formação. Outro fator a destacar é a quantidade relativamente elevada de falhas, as quais proporcionam facilidade para infiltração de água e solução em direção ao aquífero.

428

REGIONAL LESTE.

A regional Leste Figura 23 apresenta potencialidade de contaminação dos aquíferos predominantemente muito baixa e baixa. Isto está associado à forte presença do Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico, conforme discutido anteriormente. Próximo às redes de drenagem, verifica-se maior potencialidade de contaminação, alcançando situações entre média a alta, pela presença do Sistema Aquífero Aluvial junto à calha do Rio Doce, basicamente pela baixa profundidade do aquífero.

REGIONAL ALTO SÃO FRANCISCO.

Na regional Alto São Francisco, conforme Figura 23, é possível verificar dois comportamentos distintos: um de potencialidade de contaminação muito baixa ao sul da regional, decorrente da predominância do Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico e outra de potencialidade média a muito alta,

na parte noroeste, devido às características do Sistema Pelítico-Cárstico, além de elevada concentração de sais, o que, combinada à alta capacidade de lixiviação, resulta numa potencialidade de contaminação de aquífero muito alta, e com grande possibilidade de redução da qualidade final da água. Áreas significativas com falhas geológicas podem ser observadas, provocando vulnerabilidade muito alta. A combinação de características geológicas e litológicas que favorecem a lixiviação e proximidade de cursos d'água contribui para a existência de potencialidade de contaminação de aquífero alta em áreas expressivas ao norte da regional.

REGIONAL CENTRAL.

A potencialidade de contaminação dos aquíferos da regional Central pode ser observada pela Figura 23. Ao sul desta regional, há potencialidade de contaminação muito baixa, basicamente explicada pela presença do Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico. No entanto, verifica-se elevada potencialidade de contaminação na área de abrangência do Quadrilátero Ferrífero, onde as explorações minerais são expressivas, com vários subprodutos tóxicos, metais pesados inclusive, que podem contaminar a água subterrânea. Além disto, devido à exploração mineral, há maior exposição das rochas, facilitando o processo de lixiviação. Em direção ao norte da regional, há potencialidade alta, decorrente do elevado número de falhas geológicas, que por si só, constituem-se em áreas de elevada exposição e posterior contaminação da água subterrânea.

REGIONAL ZONA DA MATA.

A potencialidade de contaminação de aquíferos na regional Zona da Mata está apresentada na Figura 23, com predominância de potencialidade muito baixa, decorrente das características litológicas e profundidade do Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico. Ao sul da regional, devido à presença de falhas geológicas, verifica-se maior potencialidade, com traços de potencialidade muito alta.

REGIONAL VALE DO JEQUITINHONHA.

O potencial de contaminação da água subterrânea na regional Vale do Jequitinhonha está apresentado na Figura 23, com ligeiro predomínio de baixa potencialidade, provocada pelas características de permeabilidade e profundidade do Aquífero Gnáissico-Granítico. No entanto, nota-se potencialidade de contaminação alta a muita alta na parte central da regional, a qual é gerada por uma quantidade importante de fraturas e alta condutividade elétrica da água subterrânea, uma vez que nesta área, pôde ser verificada a presença do Sistema Aquífero Xistoso, o qual apresenta água com esta característica.

430**REGIONAL NORTE.**

A regional Norte, de acordo com a Figura 23, apresenta vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea predominantemente muito alta. Este aspecto se deve ao fato de que os sistemas aquíferos predominantes, especialmente arenítico e aluvial, apresentam alta susceptibilidade à contaminação da água subterrânea. Além disto, pela influência dos Sistemas Carbonático e Pelítico-Carbonático, em algumas áreas é possível constatar elevada condutividade elétrica da água subterrânea, especialmente na parte ocidental da regional. Ao longo da calha do São Francisco, verifica-se potencialidade à contaminação alta, produzida pela pequena profundidade do Sistema Aluvionar.

REGIONAL NOROESTE.

Na Figura 23 apresenta-se a vulnerabilidade da contaminação de água subterrânea para a regional Noroeste. A parte Nordeste da regional é semelhante à regional Norte, apresentando vulnerabilidade alta, devido à presença dos Sistemas Aqüíferos Carbonático, Arenítico e Pelítico, conforme discutido anteriormente. É possível verificar, inserido em áreas com vulnerabilidade média a baixa, traços com vulnerabilidade alta, produzida pela existência de fraturas, aumentando o potencial de contaminação.

3.2.9. Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos.

No mapa da Figura 23 está apresentado o comportamento da vulnerabilidade dos recursos hídricos para o Estado de Minas Gerais. É possível observar aumento desta vulnerabilidade à medida que se caminha em direção ao norte do Estado, começando com vulnerabilidade muito baixa próximo à Serra da Mantiqueira, baixa vulnerabilidade no Sul, parte da Zona da Mata e Paraíba do Sul e trechos do Triângulo Mineiro, vulnerabilidade média na regional Central, e alta e muito alta para as regionais Norte, Noroeste e Jequitinhonha.

REGIONAL SUL.

Observa-se que a regional Sul apresenta vulnerabilidade predominantemente baixa, provocada especialmente, pela alta disponibilidade de água superficial e baixo potencial de contaminação da água subterrânea. Contudo, na parte norte e noroeste da regional, a vulnerabilidade é predominantemente média. A regional apresenta, como principal ponto negativo da análise da vulnerabilidade, a baixa disponibilidade de água subterrânea.

REGIONAL TRIÂNGULO E ALTO PARANAÍBA.

A vulnerabilidade natural dos recursos hídricos na regional Triângulo e Alto Paranaíba é predominantemente média e baixa. Especificamente no Alto Paranaíba, verifica-se vulnerabilidade média, bastante influenciada pela

disponibilidade natural da água superficial, a qual varia de média a baixa. O indicador potencialidade de contaminação dos aquíferos influenciou de forma significativa nas condições finais de vulnerabilidade na regional. Em contrapartida, a maior disponibilidade de água subterrânea, foi o indicador mais importante para redução da vulnerabilidade, possibilitando identificar áreas importantes com baixa vulnerabilidade.

REGIONAL LESTE.

A regional Leste apresenta vulnerabilidade dos recursos hídricos predominantemente média. Esta situação foi caracterizada pela média a baixa disponibilidade de água superficial, além de baixa disponibilidade de água subterrânea, que juntas, respondem por 75% da vulnerabilidade dos recursos hídricos. Portanto, a regional pode apresentar limitação para sustentar as demandas por água das diferentes atividades econômicas. Na parte sul da regional, encontra-se área considerável com baixa vulnerabilidade, consequência das disponibilidades médias de água superficial e de água subterrânea e baixo potencial de contaminação da água subterrânea.

432

REGIONAL ALTO SÃO FRANCISCO.

A regional Alto São Francisco apresenta vulnerabilidade média em grande parte da regional. Na parte sul da mesma, observa-se vulnerabilidade baixa, influenciada pela maior disponibilidade natural de água superficial. Trechos de vulnerabilidade alta são devidos às características dos Sistemas Aquíferos, que apresentam alto potencial para contaminação, além de um grande número de falhas geológicas. Contudo, ao norte da regional, há importante redução da disponibilidade natural de água superficial, fator importante na análise da vulnerabilidade desta regional. Os empreendimentos a serem instalados nesta regional devem atentar para esta situação, que apesar de não ser predominante, ocupa espaço considerável.

REGIONAL CENTRAL.

Esta regional apresenta vulnerabilidade dos recursos hídricos entre média e alta, sendo a última situação, predominante ao norte da regional e Quadrilátero Ferrífero. De um modo geral, esta condição foi determinada de forma semelhante pelos três componentes da vulnerabilidade, especialmente para o norte da regional. Para o Quadrilátero Ferrífero, o fator principal que caracterizou a vulnerabilidade alta foi a potencialidade de contaminação da água subterrânea, decorrente, principalmente, da mineração. Esta regional, no tocante aos recursos hídricos, merece atenção especial, tanto do ponto de vista de sua disponibilidade quanto das possibilidades de contaminação da água subterrânea, podendo gerar conflitos entre usuários e impactos ambientais importantes.

REGIONAL ZONA DA MATA.

A regional Zona da Mata apresenta vulnerabilidade natural predominantemente baixa. Este comportamento foi caracterizado pela alta disponibilidade de água superficial, ao sul da regional, pela influência da Serra da Mantiqueira, tendo sido observados elevados valores de RE7,10, além de valores médios para lâmina de exploração da água subterrânea. Porém, área apreciável de vulnerabilidade média também pode ser constatada. Falhas geológicas na parte sul produziram traços de vulnerabilidade média.

REGIONAL VALE DO JEQUITINHONHA.

Observa-se que grande parte da regional apresenta vulnerabilidade alta, exceção da parte sul, com vulnerabilidade média produzida pela média disponibilidade de água superficial e baixo potencial de contaminação da água subterrânea. Na parte central da regional observa-se vulnerabilidade muito alta, produzida pela combinação de disponibilidade de água superficial muito baixa, baixa disponibilidade de água subterrânea e elevado potencial de contaminação dos aquíferos.

REGIONAL NORTE.

De forma semelhante à regional Vale do Jequitinhonha, há predomínio de áreas com vulnerabilidade alta, identificando-se elevado percentual de áreas com vulnerabilidade muito alta, especialmente na parte nordeste da regional. Há pequenos trechos de vulnerabilidade média ao sul e norte, produzidas pela alta disponibilidade de água subterrânea. No entanto, de maneira geral, esta regional apresenta sérios problemas associados aos recursos hídricos, sendo uma limitação ao seu desenvolvimento econômico.

REGIONAL NOROESTE.

O comportamento da vulnerabilidade dos recursos hídricos para a regional Noroeste mostra ligeiro predomínio de vulnerabilidade alta. Contudo, na sua parte ocidental, há predomínio de vulnerabilidade média, uma vez que há sensível melhoria da disponibilidade superficial de água. É possível verificar um pequeno trecho de vulnerabilidade baixa na divisa com a regional Triângulo e Alto Paranaíba, provocada especificamente por maior disponibilidade superficial de água.

3.2.10. Conclusões.

À medida que os trabalhos do PEH-MG avançam se vão checando essas constatações do ZEE-MG, que poderão ser ratificadas ou retificadas num processo normal de aprimoramento dessa importante e estratégica ferramenta de planejamento do Estado de Minas Gerais. Foi dado um grande passo que está facilitando tremendamente o desenvolvimento do PERH-MG.

3.3. Programa de Geração Hidrelétrica em Minas Gerais (PGHMG)

Tem-se uma perspectiva de melhoria das condições socioeconômicas e de estímulo ao desenvolvimento nas regiões onde estão previstos os empreendimentos hidrelétricos contemplados pelo PGHMG.

Em adição a esses fatores, cabe ressaltar um outro, de natureza mais técnica, derivado diretamente da nova energia produzida e de sua inserção nos sistemas de transmissão (de 345 kV e interligado nacionalmente) e subtransmissão (de 138 kV), de acordo com as regiões geoeletricas. Assim, esses acréscimos de energia gerada introduzidos em vários pontos de uma rede significam ganhos de disponibilidade e de confiabilidade ao sistema de fornecimento de energia elétrica, o que provoca maior atração aos investimentos produtivos, industrial e/ou agroindustrial, em cujos processos, são utilizados máquinas e equipamentos sensíveis às variações de tensão, ou seja, para os quais a confiabilidade é fundamental.

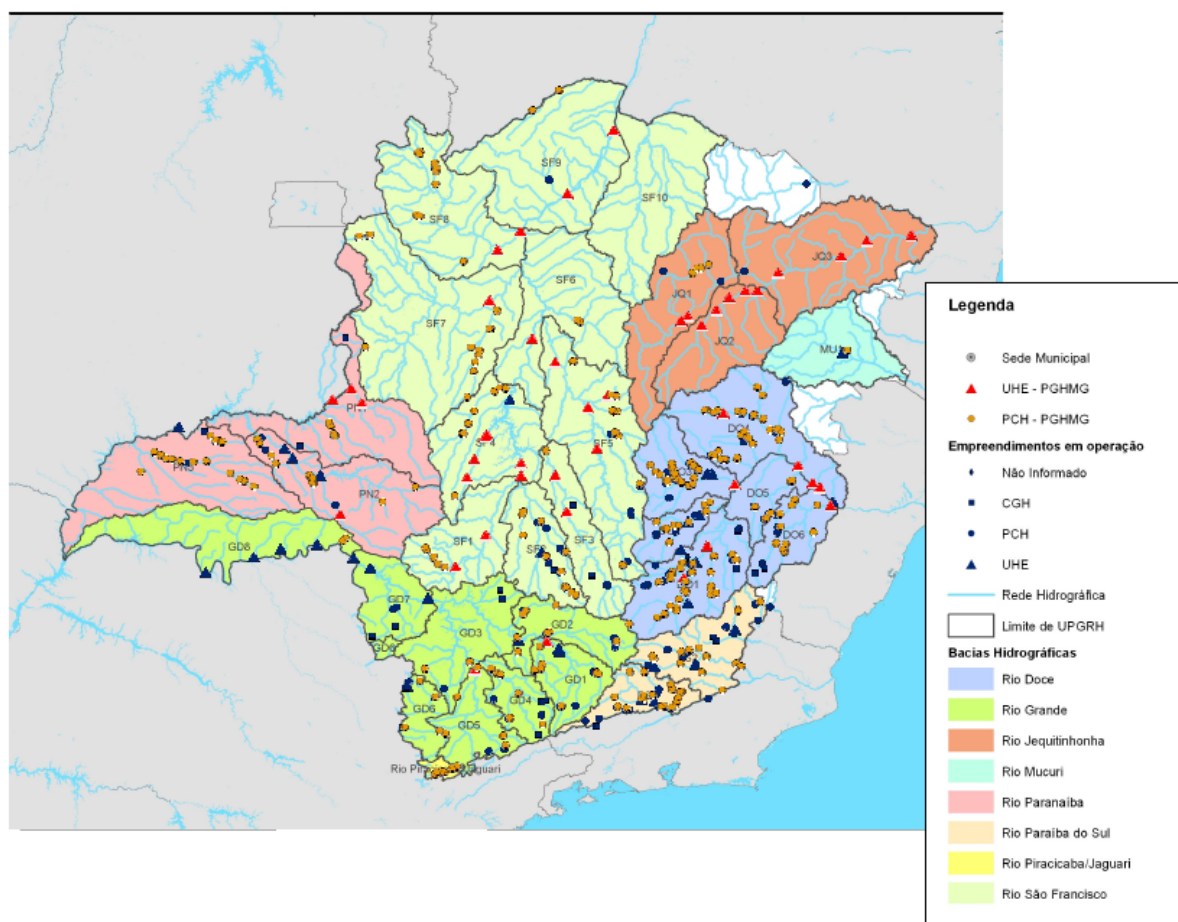
435

Essa elasticidade relativamente elevada resulta da composição da base produtiva com a presença significativa de setores eletrointensivos, com destaque para o minero-metalúrgico e outros bens intermediários.

Entretanto, esse coeficiente de elasticidade não é constante e tende a se reduzir na medida em que se obtém maior grau de eficiência energética em todas as modalidades de consumo, o residencial, o comercial, o agropecuário, o de iluminação pública e, no caso de Minas Gerais, principalmente o industrial (considerando que detinha 65% do total em 2005).

Os investimentos em geração de energia elétrica em MG envolvem programas federais e estaduais, com investidores públicos e privados. No estado de MG, a estratégia adotada pelo Governo Estadual, por intermédio da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) é de ampliar a sua participação no mercado de energia.

A Figura 24 mostra o mapa com os aproveitamentos hidrelétricos existentes e os 380 previstos pelo Programa de Geração Hidrelétrica de Minas Gerais (PGHMG), os limites territoriais das bacias hidrográficas (representadas pelas cores) e das UPGRHs, identificadas pelas siglas: SF1 a SF10, JQ1 a JQ3, MU1, DO1 a DO6, PS1 e PS2, PJ, GD1 a GD8 e PN1 a PN3.



Fonte: ANEEL, 2007; IGAM, 2007 e SEDE 2007

Figura 24 - Bacias hidrográficas, UPGRHs e aproveitamento hidrelétricos existentes e previstos pelo plano de geração hidrelétrica, extraída da AAE-Energia (2007).

Assim como a União elabora a matriz energética para o País, entende o Governo de Minas Gerais ser sua obrigação desenvolver um planejamento energético específico para o Estado, como instrumento básico para seu processo de desenvolvimento, e assim tem procedido há mais de 50 anos.

O estudo da Matriz Energética de Minas Gerais – 2007-2027 está sendo executado por uma equipe conjunta do Programa de Planejamento Energético – PPE da COPPE/UFRJ e da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. O objetivo principal do estudo é analisar de forma prospectiva a oferta e demanda das diversas fontes de energia no Estado de Minas Gerais até o ano de 2027, gerando recomendações para planos e programas governamentais.

No caso das PCHs, a CEMIG definiu, no final de 2004, programa de investimentos (Minas PCHs) contemplando cerca de R\$ 1,0 bilhão para a primeira fase, envolvendo a geração de 400 MW. A meta estabelecida foi a instalação de 252 PCH com potencial energético de 2.800 MW. Também faz parte da estratégia do estado para aumentar a oferta de energia elétrica, a repotenciação da UTE de Igarapé, por meio da substituição de óleo pelo gás natural, permitindo o aumento da capacidade instalada de 130 MW para 220 MW em 3 anos.

Para a consecução dos investimentos previstos, o Governo estadual adotará os parâmetros de decisão orientados pelos critérios (i) mercado, (ii) custo, (iii) localização geoelétrica e (iv) viabilidade ambiental.

437

A formulação de uma estratégia para o melhor aproveitamento de fontes energéticas com vistas à geração de energia elétrica em Minas Gerais requer, dentre outros aspectos, uma avaliação do tipo ex ante da variável ambiental para conferir às alternativas de projetos sugeridas a viabilidade ambiental segundo os impactos ambientais decorrentes, dimensão fundamental e, esse é o contexto do desenvolvimento deste estudo de AAE do Programa de Geração de Hidreletricidade em Minas Gerais (PGHMG).

O PGHMG /2007-2027 compreende os aproveitamentos previstos no planejamento energético do estado para a geração de energia elétrica com o objetivo de atender a demanda estadual e incrementar a oferta de energia elétrica no SIN. Os aproveitamentos previstos envolvem as fontes hídricas e estão propostos de acordo com os estudos de demanda e de oferta de energia elétrica no estado, sugeridos para o período de 2006 – 2026.

O PGHMG está estruturado a partir de duas tipologias de empreendimentos hidrelétricos, as Usinas Hidrelétricas (UHEs), 45 empreendimentos que totalizam 4.100 MW, e as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), 335 empreendimentos que somam 3.591 MW.

Esses aproveitamentos hidrelétricos correspondem a um potencial para incremento de 7,7 mil MW no parque gerador de Minas Gerais, ou seja, cerca de 45% em relação à potência instalada atualmente no Estado. Cabe também observar a inserção destes empreendimentos na porção mineira de oito bacias hidrográficas, dos rios: São Francisco (SF), Jequitinhonha (JQ), Mucuri (UM), Doce (DO), Paraíba do Sul (PS), Piracicaba/Jaguari (PJ), Grande (GR) e Paranaíba (PN), conforme quadro 119.

Quadro 119 - Empreendimentos previstos

**EMPREENDIMENTOS PREVISTOS NO PGHMG,
SEGUNDO AS BACIAS HIDROGRÁFICAS
MINAS GERAIS, 2007**

Bacias Hidrográficas	UHE		PCH		TOTAL	
	MW	Quantidade	MW	Quantidade	MW	%
São Francisco (SF)	20	1.964	81	960	2.925	38
Jequitinhonha (JQ)	11	990	5	61	1.051	14
Mucuri (MU)	-	-	1	23	23	--
Doce (DO)	8	775	106	1.343	2.118	28
Paraíba do Sul (PS)	-	-	53	465	465	6
Piracicaba/Jaguari (PJ)	-	-	12	39	39	1
Grande (GR)	2	122	44	399	521	7
Paranaíba (PN)	4	249	33	301	550	7
Total	45	4.100	335	3.591	7.691	100
		53%		47%	100%	

Fonte: SEDE, 2007

Elaboração: ARCADIS Tetraplan, 2007.

As bacias do rio São Francisco, rio Doce e rio Jequitinhonha são as mais representativas do PGHMG, quanto à futura geração de energia (38%, 28% e 14% respectivamente). Entre os empreendimentos em operação, construção ou outorgados, as bacias do rio Grande e Paranaíba, quando somadas são responsáveis pela geração de mais de 77% de energia já instalada no estado de Minas Gerais, conforme mostrado no Quadro 120.

Quadro 120 - Energia já instalada no estado de Minas Gerais

**PARTICIPAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS NA
POTÊNCIA INSTALADA PREVISTA NO PGHMG, 2007**

Bacias Hidrográficas	PGHMG %
São Francisco (SF)	38
Jequitinhonha (JQ)	14
Mucuri (MU)	<1
Doce (DO)	28
Paraíba do Sul (PS)	6
Piracicaba/ Jaguari (PJ)	1
Grande (GR)	7
Paranaíba (PN)	7
Total	100

Fonte: FEAM, 2007

Elaboração: ARCADIS Tetraplan, 2007.

Breve considerações por bacia hidrográfica.

Bacia Hidrográfica do rio São Francisco.

Esta bacia representa a maior parcela do total da potencia instalada prevista no Programa de Geração Hidrelétrica (PGHMG), com 38% do total. Os aproveitamentos previstos correspondem a 101 empreendimentos com potência total de 2.925 MW. Quando somados aos empreendimentos já instalados na região, a potência gerada pode alcançar 3.652 MW (14% do total do Estado).

Os aproveitamentos de médio porte são numerosos, com 20 UHEs, o que corresponde a quase 2 mil MW. Estão previstas 5 hidrelétricas de maior porte, a partir de 180 MW, no rio São Francisco – Pompeu (SF4), Formoso (SF6), São Romão (SF8), Bananeiras e Januária (ambas na SF9), totalizando pouco mais de 1 mil MW. As UHEs Formoso e São Romão são as duas maiores dentre as previstas no PGHMG, ambas situadas no rio São Francisco. As demais 15 UHEs totalizam outros cerca de 1 mil MW, com destaque para os potenciais dos rios Paraopeba, Indaiá e das Velhas.

Quanto às PCHs, o conjunto de 81 empreendimentos totaliza adicionais 1 mil MW.

Entre os empreendimentos já em instalação/operação, há: 3 UHEs (Retiro Baixo, Três Marias e Queimado) de grande porte, sendo a UHE Três Marias de maior porte, com uma potência instalada de quase 400 MW; e, 26 PCHs, totalizando 148 MW de potência.

Em termos da distribuição dos empreendimentos previstos no PGHMG, quatro UPGRHs da Bacia Hidrográfica do São Francisco representam 26% da potência do Estado (1.994 MW), com participações individuais que variam entre 6% e 7% do total: SF4, SF5, SF8 e SF9. Os empreendimentos em operação e construção são mais significativos nas SF7 e SF8 (4,6% e 3%, respectivamente).

Bacia Hidrográfica do rio Jequitinhonha.

A bacia do Jequitinhonha tem 14% da potencia total do PGHMG, situando-se como a terceira bacia com maior potencial, atrás somente da bacia do São Francisco (38%) e do rio Doce (com 28%). As UHE estão concentradas nos rios Jequitinhonha (6 empreendimentos) e Araçuaí (5 empreendimentos). As quatro UHEs de maior porte (entre 100 e 190 MW) situam-se na UPGRH JQ3 (Médio e Baixo Jequitinhonha) – Almenara, Jenipapo, Jequitinhonha e Lua Cheia, totalizando 575 MW.

Apesar do pequeno número de empreendimentos previstos (16 AHEs, sendo 11 UHEs e 5 PCHs) e instalados (3 AHEs), conta com potencial mais de 1.500 mil MW no total. Há uma UHE em operação (Irapé) e outra em outorga (Murta), ambas no rio Jequitinhonha (JQ1), além de uma PCH em operação - Ribeirão Tocaroró (JQ1) – com 1 MW.

Os aproveitamentos previstos para o Alto (JQ1), Médio e Baixo Jequitinhonha (JQ3) representam um potencial de 710MW de potência, enquanto os do rio Araçuaí, 280 MW.

As 5 PCHs previstas estão situadas no rio Itacambiruçu, com potencias entre 6 e 27 MW, adicionando ao potencial da bacia quase 61 MW.

Bacia Hidrográfica do rio Mucuri

A bacia do rio Mucuri possui um empreendimento em operação (PCH Mucuri), e está previsto a implantação de um empreendimento hidrelétrico (PCH Mucuri) ambos situados no rio principal. Este potencial corresponde a menos de 1% do PGHMG e do potencial já instalado no Estado.

Bacia Hidrográfica do rio Doce.

A bacia do rio Doce conta com o maior número de empreendimentos do PGHMG, os quais em conjunto correspondem a 28% do potencial total previsto - 2.118 MW.

Destaca-se nesta bacia o potencial relacionado às PCHs, com 106 empreendimentos (17% do total) ou 1.342 MW.

Os empreendimentos em operação, construção e outorgados correspondem a 7,6% do total já instalado no Estado - 1.394,3 MW. A UHE Aimorés é a hidrelétrica em operação com maior potência de geração de energia (330 MW) nesta bacia. Ainda no rio Doce estão em operação as UHEs Baú I, Risoleta Neves e Baguari.

Os aproveitamentos previstos compreendem oito UHEs de médio porte, sendo 5 deles situados no próprio rio Doce - Biboca (DO1), Escura (DO3), Crenaque e Resplendor (ambos no DO4) e Galiléia (DO5). A UHE Galiléia destaca-se como a terceira maior do estado, em termos da potência de geração, com 238 MW.

Analisando a distribuição do potencial previsto nas UPGRHs do rio Doce, observa-se maior concentração nas UPGRHs DO4 – rio Suaçuí Grande, DO1 – rio Piranga e DO3 – rio Santo Antônio, com 9,1%, 5,9% e 4,6% do potencial do Estado, respectivamente, ou seja, quase 20% do total. Os empreendimentos em operação, construção¹³ e outorgados estão amplamente distribuídos, com destaque nas UPGRHs DO1 (13,7%) DO4 (10,3%) DO3 (8,1%) e DO6 (7,4%) do potencial instalado no estado.

Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Esta bacia representa 6% do potencial total previsto no PGHMG, com 53 PCHs correspondentes a um total de 465 MW de potência. Somados aos 996 MW dos empreendimentos em fase de operação, construção ou outorgados obtém-se um total de 1.461 MW, o que corresponderia a 5,6% do potencial conhecido.

A distribuição destes empreendimentos é equivalente entre as duas UPGRHs desta Bacia Hidrográfica, destacando-se o potencial de geração do rio Paraíba (PS1), com 5 PCHs que em conjunto contam com 87,5 MW, e rio Pomba (PS2), com 9 PCHs que correspondem a 120 MW de potência.

A UPGRH PS1 contempla todos os empreendimentos em fase de operação, construção ou outorgados desta bacia. Os aproveitamentos de maior porte (8 UHEs) estão localizados em diferentes cursos d'água, com destaque ao rio Paraíba do Sul. Este rio conta com duas UHEs - Ilha dos Pombos e Simplício – com potência total de 520MW.

442**Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba / Jaguar.**

Esta bacia representa apenas cerca de 1% do Potencial de Geração Hidrelétrica do PGHMG, contando com 12 PCHs a serem instaladas no rio Jaguar, que totalizam 39 MW de potencia. Cerca de 30% deste total corresponde à PCH do Tombo, a de maior potência, com 13,8 MW . Esta bacia não possui empreendimentos em operação, construção ou outorgados.

Bacia Hidrográfica do rio Grande.

Os aproveitamentos previstos para a bacia do rio Grande representam 7% do potencial previsto no Programa de Geração Hidrelétrica (PGHMG). São 46 empreendimentos com potencia total de 521 MW. São duas UHEs, nos rios Grande e Sapucaí, que somam 122 MW, além de 44 PCHs, que totalizam 299 MW.

Destacam-se os potenciais dos rios Grande (GD1), das Mortes (GD2) e Verde (GD4), que são respectivamente de: 138 MW (considerando-se a UHE São Miguel e as 3 PCHs previstas); 120 MW (2 PCHs); e, 54 MW (4PCHs).

É possível que o baixo potencial previsto para esta região se deva ao grande potencial já instalado - 40,2% do total instalado no estado - que é de 7.380 MW.

Nesta bacia todas as UHE já instaladas estão em fase de operação, e todas estão localizadas no rio Grande, com destaque as UHEs Marimbondo (1.440 MW) Água Vermelha (1.396 MW), Furnas (1.216 MW) e Estreito (1.050 MW), sendo a UPGRH GD8 é a detentora das UHEs Água Vermelha, Estreito e Marimbondo, e corresponde a 29,4% da produção de energia do estado. Somados aos empreendimentos do PGHMG há potencial de se gerar 7.857MW.

Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba.

A bacia do rio Paranaíba tem 37 empreendimentos previstos que correspondem a 550 MW de potencia. Desta forma, contribui com cerca de 7% do potencial identificado no PGHMG. São 4 UHEs que, se instaladas representam um acréscimo de 249 MW na potência instalada, sendo 3 UHEs no rio Paranaíba (195 MW) e uma no rio José Pedro. Se somadas as PCHs, destaca-se o potencial da UPGRH PN2, com 102 MW associados à UHE Panorama (rio José Pedro) e 4 PCHs no rio Claro.

Assim como a bacia do Rio Grande, a bacia do rio Paranaíba é a segunda maior parcela do total de potência instalada em Minas Gerais, correspondendo a 39,8%, ou seja 7.306,7 MW. Quando somados aos empreendimentos previstos esta potência será de 7.856,7 MW.

Os empreendimentos em fase de operação, construção ou outorgados estão bem distribuídos pela bacia, com destaque ao rio Paranaíba onde estão concentrados os AHEs de maior porte, UHE Itumbiara (2.280 MW), UHE São Simão (1.710 MW) e UHE Emborcação (1.192 MW), entre outras.

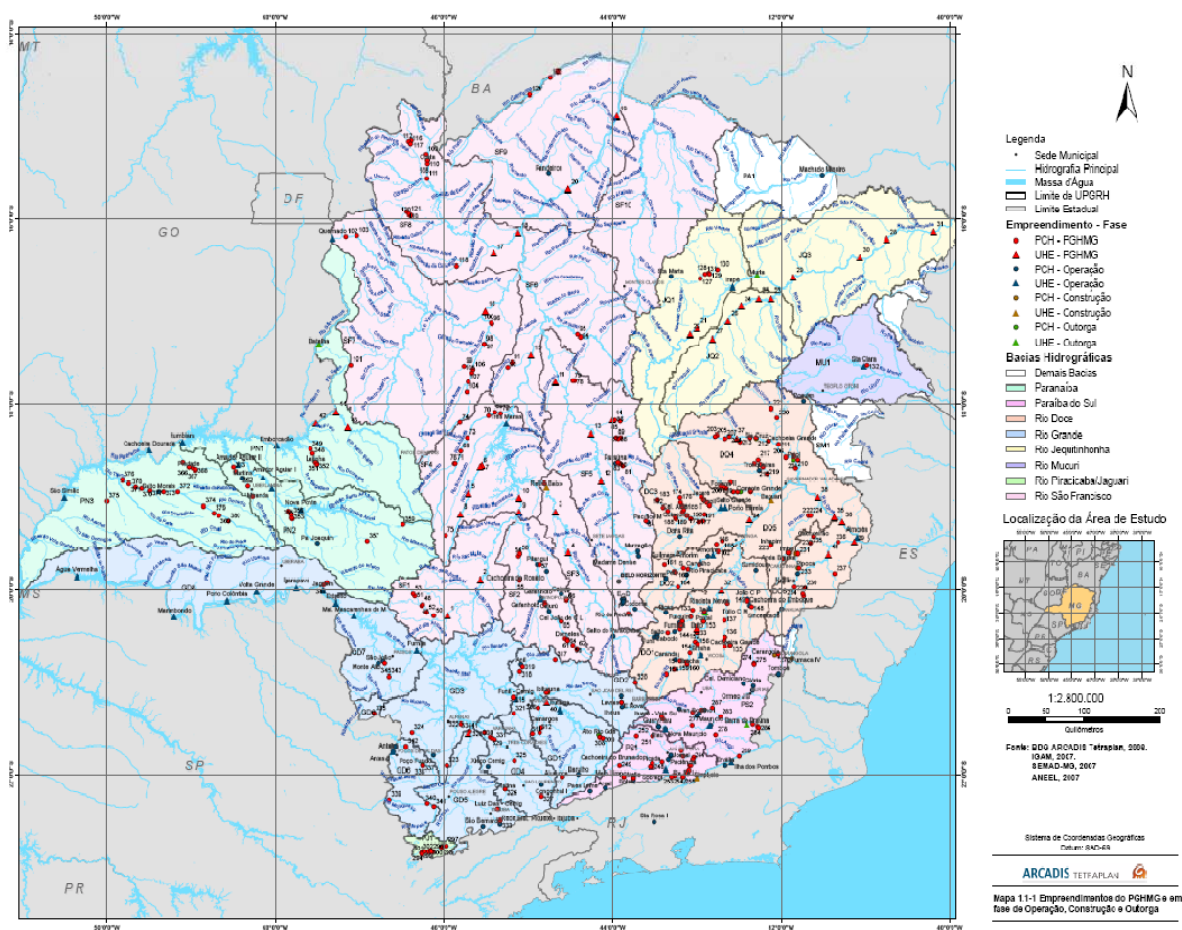


Figura 25 – Empreendimentos distribuídos por UPRH's

Programa de geração hidrelétrica do Estado de Minas Gerais.

Este é o único programa bem ressaltado no termo de referência da contratação do PERH-MG, talvez, por sua dominância de hidreletricidade e historicamente esse setor usuário ter-se autodenominado gestor dos recursos hídricos do país.

O planejamento energético do Brasil é desenvolvido a partir das políticas e diretrizes formuladas à Presidência da República pelo Conselho Nacional de Política Energética – CNPE.

A sua implementação é atribuição do Ministério das Minas e Energia – MME, que tem como competências as áreas de geologia, recursos minerais e energéticos; aproveitamento da energia hidráulica; mineração e metalurgia; e petróleo, combustível e energia elétrica, incluindo a nuclear.

A Empresa de Pesquisa Energética – EPE, vinculada ao MME, tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como: energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outros.

Com o início do processo de reformulação do setor elétrico brasileiro em 1997, que teve como maior motivação o estímulo à competição, as empresas concessionárias passaram a condicionar as decisões de investimentos baseados em suas estratégias e aspirações de taxas de retorno. Além disto, como efeito da globalização de muitas empresas, suas decisões também estão muitas vezes subordinadas a estratégias internacionais. Em suma, cada agente privado desenvolve seu plano de expansão empresarial, com objetivos que podem ser bastante distintos daqueles do planejamento governamental.

Por essa razão o Governo do Estado, através da Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (SEDE) e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento (SEMAD), decidiu retomar a responsabilidade pelo planejamento energético estadual contratando, concomitantemente, o estudo da matriz energética e a avaliação ambiental energética.

O estudo da Matriz Energética de Minas Gerais – 2007-2027 está sendo executado por uma equipe conjunta do Programa de Planejamento Energético – PPE da COPPE/UFRJ e da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. O objetivo principal do estudo é analisar de forma prospectiva a oferta e demanda das diversas fontes de energia no Estado de Minas Gerais até o ano de 2027, gerando recomendações para planos e programas governamentais.

Considerando-se essa visão do planejamento do setor elétrico nacional e estadual, cabe na sequência listar os contornos básicos do PGHMG 2007-2027:

- O governo do Estado de Minas Gerais por meio do PGHMG 2007-2027 objetiva gerar energia equivalente para atender à demanda de energia do

Estado a partir de seu próprio parque gerador, além de expandi-lo para gerar excedentes

- exportáveis;
- Conforme a SEDE, o capital físico é composto por Usinas Hidrelétricas (UHEs), 45 unidades, e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), 335 unidades;
- O setor elétrico e seus empreendimentos fazem parte do segmento da infra-estrutura econômica: capital físico a ser investido em território mineiro com repercussões benéficas para o desenvolvimento econômico e social das regiões de implantação.

Em síntese, considerando o conceito de AAE utilizado e os contornos de seu objeto de aplicação, o PGHMG, a motivação da Secretaria de Desenvolvimento Econômico com a aplicação da AAE, é identificar os conjuntos de aproveitamentos, que conciliem o máximo de geração hidrelétrica e benefícios socioeconômicos com o mínimo de efeitos adversos ao meio ambiente e à sociedade. Tendo assim, uma ferramenta ou instrumento de apoio ao processo decisório ao longo da implantação do programa de expansão de seu parque gerador.

446

O Estado de Minas Gerais possui atualmente 18,45% da capacidade instalada no País, com 18.031 MW distribuídos por 210 empreendimentos em operação. Historicamente grande produtor de energia hidrelétrica, 95 % da Potência Instalada no Estado é da fonte hidráulica.

Os sete empreendimentos em construção e outros 92 outorgados irão adicionar 3.083 MW à capacidade de geração no Estado nos próximos anos. Com a implantação do Programa de Geração Hidrelétrica em Minas Gerais (PGHMG), estima-se que num horizonte de 20 anos, possa ser alcançado um incremento potencial atribuído à fonte hidráulica de mais de 6.000 MW.

Existem 175 aproveitamentos hidrelétricos no estado (operação, outorga e construção) e 380 previstos pelo Programa de Geração Hidrelétrica de Minas Gerais (PGHMG), oito Bacias Hidrográficas de Minas Gerais e 34 UPGRHs.

A figura 25 mostra os aproveitamentos hidrelétricos existentes e os previstos pelo PGHMG, os limites territoriais das bacias hidrográficas (representadas pelas cores) e das UPGRHs, identificadas pelas siglas: SF1 a SF10, JQ1 a JQ3, MU1, DO1 a DO6, PS1 e PS2, PJ, GD1 a GD8 e PN1 a PN3.

Bacia Hidrográfica do rio São Francisco

- SF1 - CBH Afluentes mineiros do Alto São Francisco
- SF2 - CBH do rio Pará
- SF3 - CBH do rio Paraopeba
- SF4 - CBH do entorno da Represa de Três Marias
- SF5 - CBH do rio das Velhas
- SF6 - CBH dos rios Jequitaí e Pacuí
- SF7 - CBH da Sub-bacia mineira do rio Paracatu
- SF8 - CBH do rio Urucuia
- SF9 - Comissão Pró-Comitê dos rios Pandeiros e Calindó
- SF10 - Comissão Pró-Comitê Afluentes mineiros do rio Verde Grande

447

Bacia Hidrográfica do rio Jequitinhonha

- JQ1 - Comissão Pró-Comitê Alto rio Jequitinhonha
- JQ2 - CBH do rio Araçuaí
- JQ3 - Comissão Pró-Comitê do Médio e Baixo rio Jequitinhonha

Bacia Hidrográfica do rio Mucuri

- MU1 - Comissão Pró-Comitê do rio Mucuri

Bacia Hidrográfica do rio Doce

- DO1 - CBH do rio Piranga
- DO2 - CBH do rio Piracicaba
- DO3 - CBH rio Santo Antônio
- DO4 - CBH do rio Suaçuí Grande
- DO5 - CBH do rio Caratinga
- DO6 - CBH Águas do rio Manhuaçu

Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul

PS1- CBH dos Afluentes mineiros dos rios Preto e Paraíbuna

PS2 - CBH rio Pomba e Muriaé

Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba/Jaguari

PJ1 - CBH dos rios Piracicaba/Jaguari (aguardando decreto de instituição)

Bacia Hidrográfica do rio Grande

GD1 - CBH do Alto rio Grande (aguardando decreto de instituição)

GD2 - Comissão Pró-Comitê dos rios das Mortes e Jacaré

GD3 - CBH do entorno do reservatório de Furnas

GD4 - CBH do rio Verde

GD5 - CBH do rio Sapucaí

GD6 - CBH dos Afluentes mineiros dos rios Mogi-Guaçu/Pardo

GD7 - CBH Afluentes mineiros do Médio rio Grande

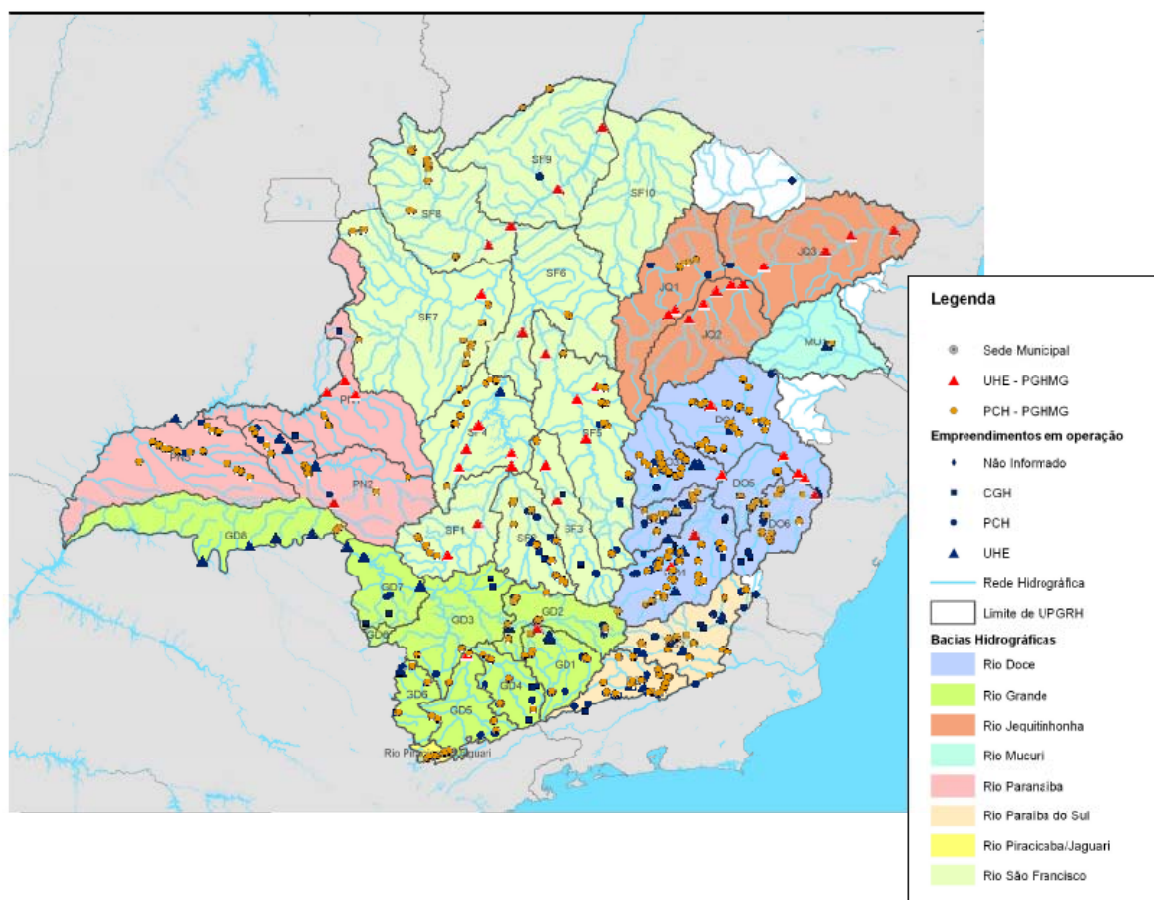
GD8 - CBH Afluentes mineiros do Baixo rio Grande

Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba

PN1 - CBH do rio Dourados

PN2 - CBH do rio Araguari

PN3 - CBH Afluentes mineiros do Baixo Paranaíba



Fonte: ANEEL, 2007; IGAM, 2007 e SEDE 2007

Figura26 - Bacias hidrográficas, UGRHs e aproveitamentos hidrelétricos existentes e previstos pelo PGHMG

3.4. Outros Programas Setoriais Interrelacionados com Recursos Hídricos

3.4.1. Visão dos Outros Programas Setoriais Interrelacionados com Recursos Hídricos

Passada essa fase de formulação de uma nova política, o estado depara-se com um desafio muitas vezes maior – implementar essa política em um contexto de enorme complexidade, interesses múltiplos e conflitantes e diversidade hidrológica, econômica e social.

Gestão apropriada dos recursos hídricos e acesso racional aos usuários, com sustentabilidade são fatores que promovem a geração de empregos, melhoram as condições de saúde e elevam a qualidade do meio ambiente nos aglomerados humanos – iniciativas essenciais à redução da pobreza.

O PERH-MG mostra que é preciso, neste momento, é ação. Governo e autoridades em todas as esferas devem formular e executar planos concretos para implantação de medidas políticas, econômicas e tecnológicas, capazes de assegurar a segurança da água agora e nas próximas décadas.

450

Será este plano que mostrará a capacidade de todo o estado se tornar realidade as oportunidades que o tema recursos hídricos coloca para contribuir para o desenvolvimento do país, com toda sua economia, para a sociedade e ao futuro do País.

As obras de infra-estrutura, preparo do capital humano e planejamento serão os esteios deste Plano, que não pode se confundir com planos setoriais de usuários de água.