



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS



GEF
Fundo para o
Meio Ambiente Mundial



PNUMA
Programa das Nações Unidas
para o Meio Ambiente



OEA
Organização dos
Estados Americanos

PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA NA BACIA DO SÃO FRANCISCO ANA/GEF/PNUMA/OEA

Subprojeto 4.7.B - Proposta de uma Rede de Monitoramento Piezométrico na Sub-Bacia do Rio Verde Grande



Resumo Executivo do Relatório Final

PROPOSTA DE UMA REDE DE MONITORAMENTO PIEZOMÉTRICO NA SUB-BACIA DO RIO VERDE GRANDE



AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

Belo Horizonte - MG

**PROJETO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DAS
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM TERRA
NA BACIA DO SÃO FRANCISCO
ANA/GEF/PNUMA/OEA**

**Subprojeto 4.7.B - Proposta de uma Rede de Monitoramento Piezométrico
na Sub-Bacia do Rio Verde Grande**

Resumo Executivo do Relatório Final

**PROPOSTA DE UMA REDE DE MONITORAMENTO
PIEZOMÉTRICO NA SUB-BACIA DO RIO VERDE GRANDE**

Coordenação do Subprojeto
Fernando de Britto Dantas
Agência Nacional de Águas - ANA

Consultor participante
Waldemir Barbosa da Cruz

Contrato CPR/OEA nº 31631

Setembro de 2002

PROPOSTA DE UMA REDE DE MONITORAMENTO PIEZOMÉTRICO NA SUB-BACIA DO RIO VERDE GRANDE

RESUMO EXECUTIVO

INTRODUÇÃO

O Subprojeto 4.7.B – Proposta de uma rede de monitoramento piezométrico na sub-bacia do rio Verde Grande – faz parte do Projeto Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA) e integra o Componente IV – Formulação do Programa de Gerenciamento Integrado. **Tem por objetivo geral a execução de ações necessárias à proposição de uma rede de monitoramento piezométrico que forneça subsídios a um conhecimento mais detalhado das disponibilidades hídricas subterrâneas da Sub-bacia.**

A sub-bacia do rio Verde Grande, afluente da margem direita do rio São Francisco e com superfície aproximada de 31.000 km², situa-se no noroeste de Minas Gerais e sudoeste da Bahia, conforme mostra o mapa de localização da Figura 1.

Nessa Sub-bacia ocorrem importantes mananciais de água subterrânea que vêm sendo intensivamente utilizados para abastecimento público, irrigação e consumo animal. Nos últimos anos tem-se verificado um aumento substancial do número de perfurações de poços de grande vazão para utilização agrícola. Em algumas áreas, já se registram conflitos de uso e superexploração, com interferências entre poços e rebaixamentos acentuados dos níveis de água.

O Capítulo 1 do Relatório Final contém a descrição da metodologia e atividades desenvolvidas e o Capítulo 2 uma análise da documentação disponível, incluindo trabalhos de caráter regional e trabalhos existentes na Sub-bacia. Com base nos dados secundários, apresenta-se nos Capítulos 3 e 4 uma descrição das características fisiográficas, dos recursos hídricos superficiais e dos principais aspectos hidrogeológicos da Sub-bacia.

Os Capítulos 5 e 6 apresentam a definição preliminar dos critérios utilizados para a seleção de pontos de controle e monitoramento, culminando com a seleção das áreas-alvo que foram objeto dos trabalhos de reconhecimento de campo na etapa seguinte. Nesta etapa, foi elaborada uma ficha de cadastro de pontos de controle e foram coletados os dados necessários à identificação e seleção dos locais favoráveis à implantação da referida rede de monitoramento, como indicado no Capítulo 7.

A proposta do plano de monitoramento piezométrico, contendo os objetivos, os procedimentos básicos, número de pontos selecionados, equipamentos, recepção de dados e demais especificações consta do Capítulo 8. As diretrizes gerais para a formulação de um sistema de informações e coleta de dados hidrogeológicos complementares são apresentadas no Capítulo 9, com ênfase para o controle das vazões extraídas através de poços.

As principais conclusões quanto aos resultados obtidos e problemas identificados constam do Capítulo 10. Nas recomendações são apresentadas sugestões para a complementariedade dos estudos, consubstanciadas em três subprojetos, contendo os termos de referência preliminares.

1. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Na fase inicial do Subprojeto, os trabalhos foram desenvolvidos em escritório, de acordo com os seguintes procedimentos:

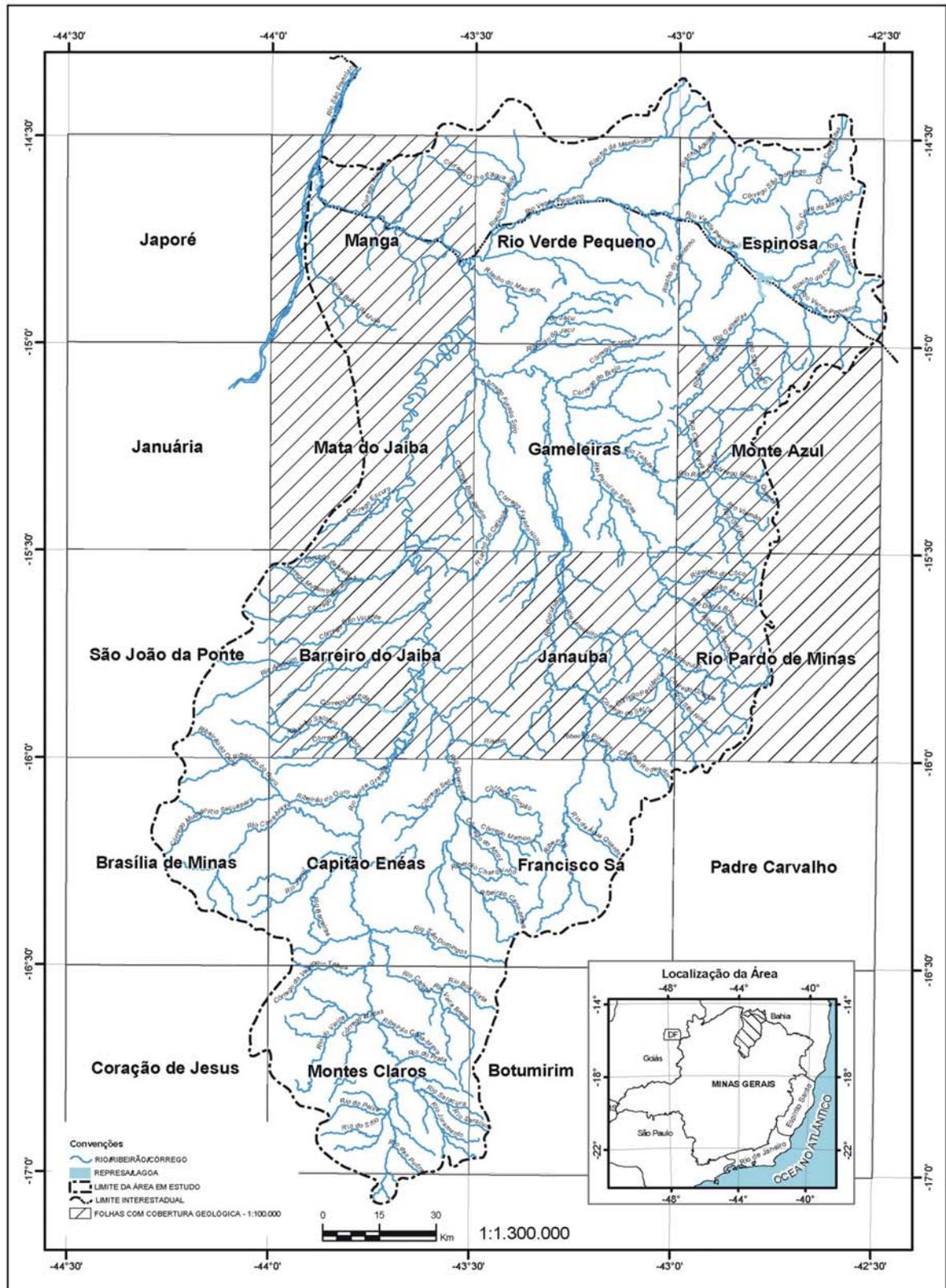


FIGURA 1 - Localização da bacia e articulação das folhas topográficas - escala 1:100.000

- coleta e análise da documentação disponível sobre os aspectos fisiográficos, hidrológicos, geológicos e hidrogeológicos da área;

- caracterização hidrogeológica, abrangendo a identificação dos sistemas aquíferos e a definição do modelo hidrogeológico (áreas de recarga, condições de fluxo e áreas de descarga); características dos poços inventariados; capacidade de produção dos poços; condições de uso e qualidade das águas subterrâneas;
- definição preliminar dos critérios de seleção dos pontos de controle;
- seleção das áreas-alvo para orientar os trabalhos de campo e definição da rede;
- elaboração do mapa de sistemas aquíferos;
- elaboração do Relatório Parcial RP1 intitulado “Principais aspectos hidrogeológicos da Sub-bacia e seleção de áreas-alvo” (julho, 2002).

A segunda fase constou de um reconhecimento de campo, realizado no período de 21/07 a 02/08/02, onde foi realizado um cadastro de poços nas áreas-alvo previamente selecionadas, visando a identificação dos locais favoráveis para o monitoramento. Os resultados desta fase foram apresentados no relatório parcial RP-2 (agosto/02).

A fase seguinte compreendeu a elaboração e proposição final do Plano de Controle e Monitoramento Piezométrico, contendo os objetivos, os critérios utilizados, procedimentos básicos e demais especificações (relatório parcial RP-3).

A última fase do subprojeto compreendeu a execução das atividades voltadas para a formulação de diretrizes e recomendações para a implantação de um sistema de informações e de coleta de dados hidrogeológicos complementares, que deverá ser integrado ao sistema que a ANA pretende desenvolver na Sub-bacia. Os resultados foram apresentados no relatório parcial RP-4, setembro, 2002.

2. DOCUMENTAÇÃO DISPONÍVEL – TRABALHOS ANTERIORES

Foram analisados os principais trabalhos desenvolvidos, incluindo os de caráter regional e os específicos da área da Sub-bacia, executados pelo CETEC/MG, COPASA MG/HIDROSISTEMAS, CPRM, IGAM/MG e CODEVASF, sendo os mais destacados os trabalhos “Desenvolvimento metodológico para modelo de gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas. Estudo de caso: Bacia do rio Verde Grande” (CETEC, 1995); “Disponibilidades hídricas subterrâneas no Estado de Minas Gerais” (COPASA MG/Hidrosistemas, 1995; “Plano diretor de recursos hídricos das bacias dos afluentes do rio São Francisco em Minas Gerais”, SOAPA/RURALMINAS, 1997); e o “Estudo e inventário hidrogeológico como subsídio ao sistema de controle, monitoramento e gestão dos recursos hídricos da bacia do rio Verde Grande” (SEMAD/IGAM,FUNARBE, 2000).

3. CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS E DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

A sub-bacia do rio Verde Grande insere-se, na sua maior parte, em uma zona rebaixada denominada de “Depressão Sanfranciscana”, com altitudes entre 500 e 600 metros, domínio de coberturas colúvias do Terciário-quadernário e dos metassedimentos carbonáticos e pelíticos do Grupo Bambuí. Bordejando essa depressão, ocorrem formas de relevo associadas ao “Planalto do São Francisco”, com cotas entre 700 e 1000 metros, caracterizadas por superfícies tabulares com rebordos erosivos bem marcados desenvolvidas sobre arenitos cretácicos da Formação Urucuia. A leste, estendendo-se na direção N-S, com cotas máximas de 1300 metros, a unidade “Serra do Espinhaço” constitui o limite entre a bacia do São Francisco e as do Jequitinhonha e Pardo.

O clima dominante, segundo a classificação de Köppen, é o Aw, clima tropical quente e úmido com estação seca bem acentuada, que abrange a maior parte da Sub-bacia; ocorre também o Cwa, mesotérmico de altitude com verões quentes e chuvosos e inverno seco com temperaturas mais amenas, característico da serra do Espinhaço, na borda oriental.

Os totais anuais de chuva mostram variações acentuadas, que variam de 630 a 1700 mm, com média de 1098 mm em Montes Claros, e decrescem para o Norte, alcançando valores médios de 700 a 800 mm em Monte Azul. O período chuvoso estende-se de outubro a março, quando ocorre cerca de 90% da chuva anual, e o período seco vai de abril a setembro. As temperaturas são elevadas, com média anual de 23,5 °C. As temperaturas mais baixas ocorrem nos meses de junho e julho, média de 21 °C.

O rio Verde Grande desenvolve-se no sentido de sul para norte, tendo como principais afluentes o rio Gorutuba e o rio Verde Pequeno, pela margem direita. Pela margem esquerda, destacam-se os rios Cana Brava, Suçuapara e Jacuí.

Os dados hidrológicos disponíveis indicam uma vazão média de 26,4 m³/s e rendimento específico relativamente baixo com valores médios, máximos e mínimos no posto Boca da Caatinga, com área de drenagem de 30.180 km², iguais a 0,875, 6,83 e 0,32 l/s/km², respectivamente.

4. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

4.1 Geologia e sistemas aquíferos

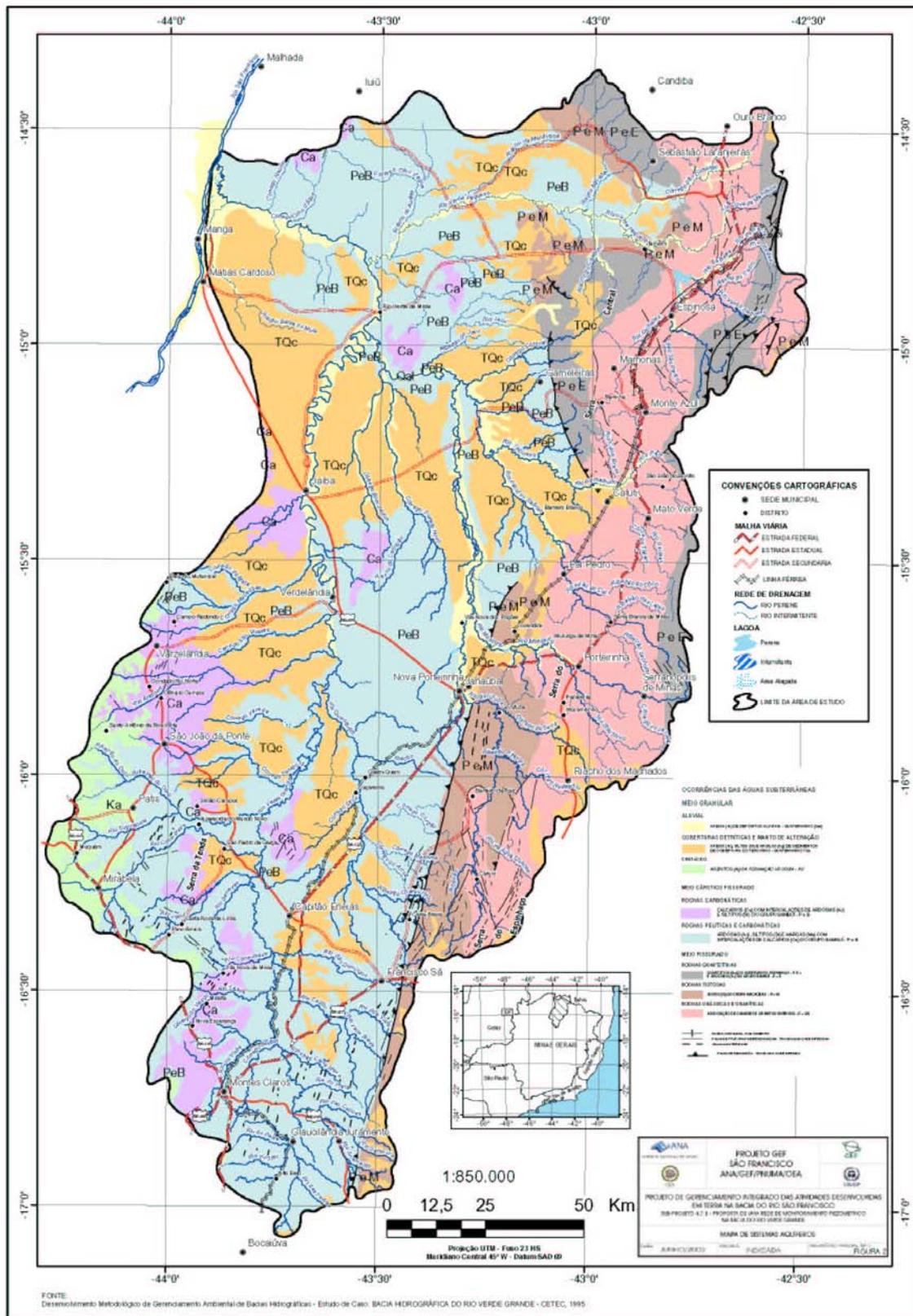
Distinguem-se na Sub-bacia os sistemas aquíferos granulares associados aos depósitos aluviais e de coberturas detríticas do Terciário-quadernário, em geral de importância restrita, e os aquíferos areníticos da Formação Urucuia, que ocorrem na zona do Planalto. Os principais sistemas aquíferos e de maior capacidade de produção estão associados às rochas pelíticas (siltitos e ardósias) e carbonáticas (calcários) do Grupo Bambuí, que se distribuem por cerca de 60 % da área da Sub-bacia.

A leste do meridiano de 43° predominam sistemas aquíferos fraturados, em geral de baixa capacidade de produção, domínio das rochas quartzíticas, xistosas e gnaisse-graníticas do Supergrupo Espinhaço, do Grupo Macaúbas e do embasamento cristalino Pre-cambriano (Figura 2).

4.2 Características dos poços

Os dados referentes a poços tubulares inventariados provêm de diversas fontes e encontram-se armazenados em Bancos de Dados de diferentes estruturas e tipos de informação, provenientes do DNOCS, CODEVASF, CERB/BA, CETEC/MG, COPASA/MG e IGAM. Os dados mais completos e recentes estão contidos no Banco de Dados do IGAM (3.717 poços cadastrados em 2000); e no da CPRM, cobrindo a microrregião de Montes Claros (em execução).

De um modo geral, verifica-se maior densidade de poços em torno dos núcleos urbanos e em áreas onde se desenvolvem projetos de irrigação, concentrados nas áreas de ocorrência dos aquíferos cársticos com elevada capacidade de produção. Os municípios que apresentam



maior número de poços são Montes Claros, Janaúba, Francisco Sá e Jaíba. A profundidade dos poços varia de 20 a 200 metros, a maioria entre 50 e 100 metros.

4.3 Capacidade de produção

Os poços com maior capacidade de produção, com valores superiores a 1 l/s/m, têm maior incidência nos municípios de Montes Claros, Capitão Enéas, Francisco Sá, Janaúba, Verdelândia, Jaíba e Matias Cardoso, além de determinadas áreas dos municípios de Glaucilândia, São João da Ponte, Varzelândia, Porteirinha, Nova Porteirinha, Iuiú-BA e Urandi-BA.

As zonas com menor capacidade de produção, com valores inferiores a 0,1 l/s/m, ocorrem no baixo Gorutuba e trecho leste-nordeste da sub-bacia do rio Verde Pequeno, embora se note também grande dispersão por toda a área, indicando a grande heterogeneidade e anisotropia dos sistemas aquíferos (Figura 3).

4.4 Disponibilidades hídricas

Os recursos exploráveis ou reservas renováveis foram estimados, com base em séries fluviométricas de longo período, em $220 \cdot 10^6$ m³/ano (CETEC, 1995). Essas reservas podem decrescer a cerca de 30 a 40% da média de longo período em anos secos ou seqüência de anos críticos. Essas estimativas foram efetuadas a nível global para toda a área a montante dos postos fluviométricos de Boca da Caatinga (último posto de jusante) e Colônia da Jaíba, não se conhecendo sua distribuição espacial com o detalhe desejável.

4.5 Bases para o modelo hidrogeológico conceitual

Tendo por base as características lito-estruturais, a distribuição dos sistemas aquíferos e as condições geomorfológicas, foi definido o seguinte modelo hidrogeológico conceitual da bacia (CETEC, 1995), conforme duas faixas.

Na Faixa Oriental, domínio dos sistemas aquíferos em meio fraturado, a recarga se dá através de sistemas de fraturas que controlam a drenagem superficial ou por filtração vertical descendente através das coberturas detriticas e manto de alteração; as descargas ocorrem através de fontes de encostas e fundos de vale, muitas vezes mascaradas pelos aluviões. Constituem aquíferos localizados, de extensão restrita e com pequeno potencial hidrogeológico.

Na Faixa Centro Ocidental, domínio dos sistemas aquíferos cárstico-fissurados, a acumulação e o escoamento das águas são comandados por feições estruturais e desenvolvimento de cavidades de dissolução da rocha (carstificação).

4.6 Condições de uso das águas subterrâneas

Não se conhecem com precisão os volumes de água atualmente explorados na sub-bacia do rio Verde Grande. As estimativas efetuadas pelo CETEC (1995), desatualizadas, apontavam um total da ordem de 124.000.000 de m³/ano (3.936,5 l/s), dos quais 108.000.000 (3.428,5 l/s) corresponderiam ao consumo para irrigação.

A estrutura de captação instalada, entretanto, poderia alcançar 218.000.000 de m³/ano (6.929,6 l/s), em um regime de exploração máximo, o que igualaria as reservas reguladoras de 220.000.000 de m³/ano (6.984,1 l/s).

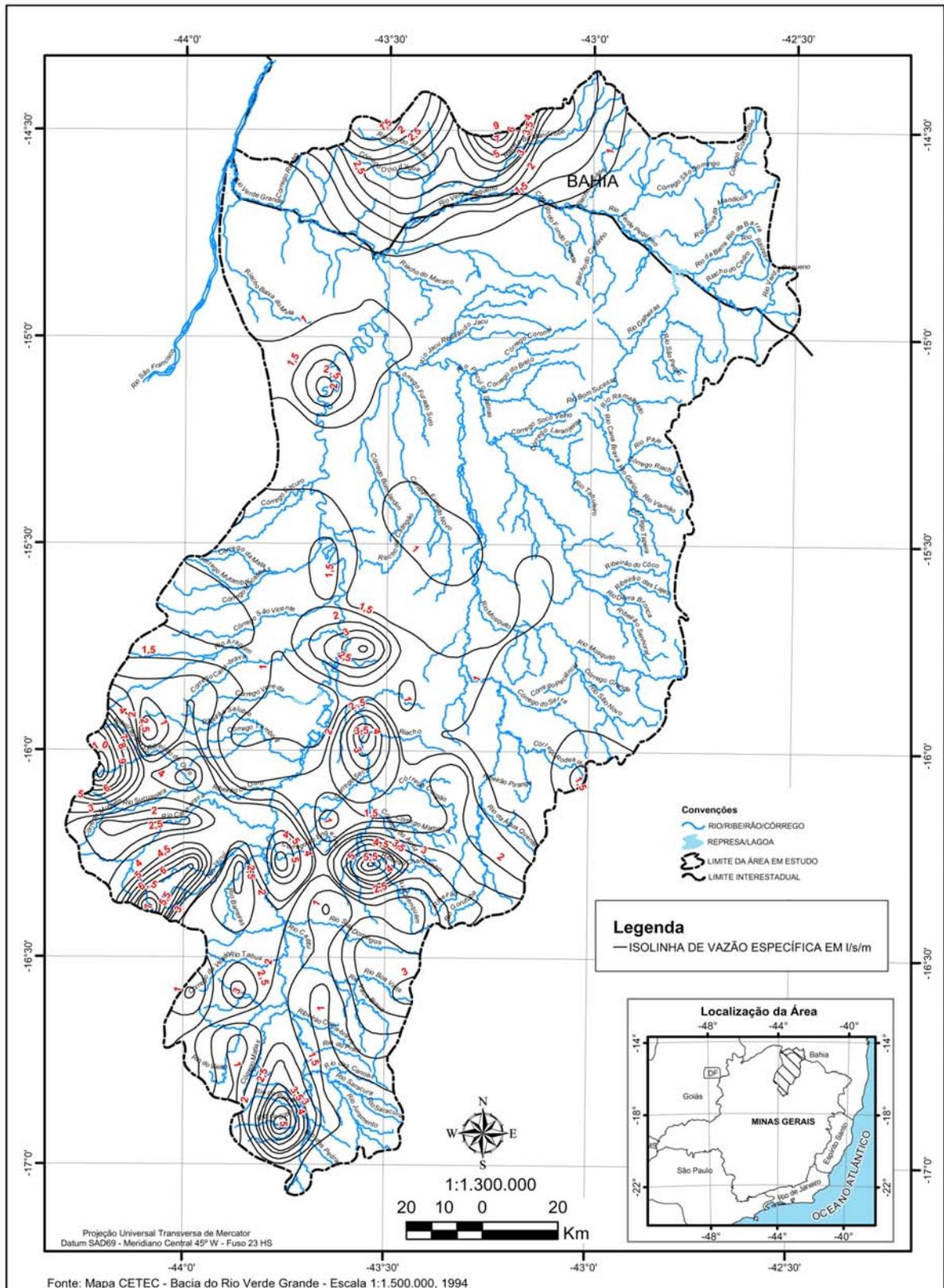


FIGURA 3 - Mapa de Tendência de distribuição de vazão específica dos poços

4.7 Qualidade das águas subterrâneas

A qualidade das águas subterrâneas da Sub-bacia apresenta as seguintes características físico-químicas (CETEC, 1995):

- Águas bicarbonatadas cálcicas, de baixa concentração de sólidos totais dissolvidos (< 100 mg/l), ricas em CO₂ dissolvido, baixo pH e agressivas, estão associadas aos sistemas aquíferos granulares de cobertura Terciária-Quaternária, aos arenitos cretácicos da Formação Urucuia e aos quartzitos do Grupo Espinhaço, na sua borda oriental.
- No domínio dos aquíferos do Grupo Bambuí, as águas classificam-se como bicarbonatadas cálcicas a calco-magnesianas, com maiores valores de sólidos totais dissolvidos, de condutividade elétrica, dureza, pH e alcalinidade. As concentrações de sulfatos são em geral inferiores a 20 mg/l e as de cloretos, inferiores a 50 mg/l.
- No domínio dos aquíferos fissurais associados aos granito-gnaisses, as águas são do tipo bicarbonatadas a bicarbonatadas-cloretadas, Em rochas xistosas do embasamento as águas são bicarbonatadas calco-magnesianas, com salinidade moderada a alta, e progressivo aumento de cloretos e sulfatos, com maior incidência na porção nordeste e leste da bacia.

5. DEFINIÇÃO PRELIMINAR DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE E MONITORAMENTO

Na definição de critérios para o estabelecimento de uma rede de monitoramento, deu-se ênfase à seleção de poços já perfurados e sem uso, com características construtivas e hidrogeológicas bem definidas, e boas condições de conexão hidráulica poço/aquífero; zonas de maior concentração de estruturas de captação, grande capacidade de produção e de volumes totais explorados (vazões superiores a 50 m³/h por poço).

Em adição, deverão ser selecionados poços com concessão de outorga de uso e que tenham uma distribuição e cobertura desde o alto ao baixo curso, na direção geral do escoamento das águas subterrâneas – áreas de recarga para as de descarga.

6. SELEÇÃO DE ÁREAS –ALVO

A partir desses critérios, foram selecionadas 15 áreas alvo para orientação dos trabalhos de campo visando a definição final da rede e dos pontos de controle. As áreas selecionadas são as seguintes: Glaucilândia, Montes Claros, Vila Nova de Minas, Santa Rosa de Lima, Capitão Enéas, Caçarema, Simão Campos, Floresta, Janaúba, Riacho Catingão, Gorutuba, Jaíba, Verde Grande jusante Jaíba, Gado Bravo/Boca da Catinga e Riacho do Aurélio/córrego Olhos d'Água (Figura 4).

7. IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DOS LOCAIS FAVORÁVEIS À IMPLANTAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO

7.1 Organização e planejamento dos trabalhos de campo

As atividades de organização e planejamento dos trabalhos de campo abrangeram a obtenção de mapas-base topográficos e hidrogeológicos da Sub-bacia, em escalas variadas; a coleta de dados referentes a poços tubulares nas áreas de interesse; e o estabelecimento de contatos prévios com pessoas e entidades que detêm grande número de informações e conhecimento da Sub-bacia, com o objetivo de otimizar o desenvolvimento dos trabalhos.

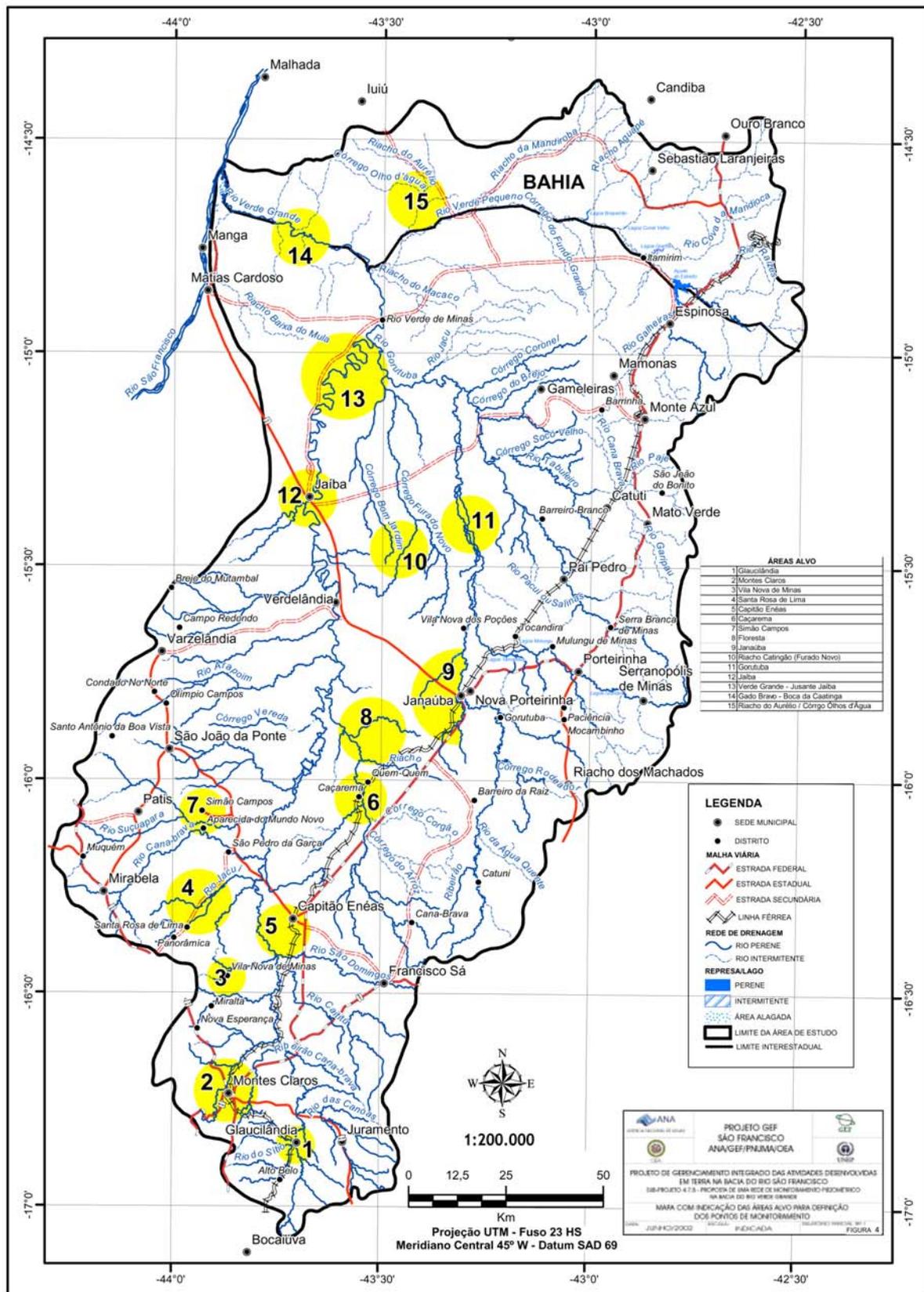


Figura 4 . Áreas alvo selecionadas para orientação dos trabalhos de campo visando a definição final da rede e dos pontos de controle.

7.2 Elaboração de ficha de cadastro de pontos de controle

A ficha de campo contém 4 blocos de informações, abrangendo: (1) a identificação do empreendimento; (2) informações gerais sobre a atividade principal, quantidade de poços, controles de nível e vazão efetuados, condições para teste de aquífero e intenção do proprietário ou responsável em colaborar, entre outras; (3) características dos poços e (4) condições de instalação e uso, visando verificar a possibilidade de utilização de poços como estação de controle e monitoramento.

7.3 Contatos institucionais

Durante os trabalhos de campo, foram efetuados contatos/reuniões com lideranças locais e entidades/associações representativas do poder público ou de segmentos da sociedade, com o objetivo de fornecer informações sobre o subprojeto e solicitar apoio e colaboração ao desenvolvimento dos trabalhos.

7.4 Roteiro de viagem

O roteiro de viagem, iniciado em Montes Claros, ao sul da Sub-bacia, procurou cobrir todas as 15 áreas-alvo selecionadas na etapa anterior, estendendo-se de sul para norte, próximo à foz no rio São Francisco, abrangendo a parte da Sub-bacia contida em território baiano.

7.5 Coleta de dados e resultados obtidos

Foram efetuados levantamentos de campo em 20 localidades, abrangendo a maior parte das áreas-alvo. Algumas áreas selecionadas (6-Caçarema, 10-Riacho Catingão e 11-Gorutuba) não foram visitadas devido a dificuldades de contatos com os proprietários ou de permissão para acesso. Nesses casos, foram utilizados os dados disponíveis, quando de sua seleção e inclusão na rede de monitoramento.

Em todos os empreendimentos visitados, foram identificados os pontos de captação, características dos poços, condições de uso e efetuadas medidas de coordenadas UTM através de GPS. Como as informações de campo sobre as características dos poços e equipamentos instalados são, em geral, limitadas, procurou-se identificar estruturas de captação sobre as quais existem informações prévias registradas nos processos de outorga ou nos bancos de dados hidrogeológicos do IGAM e da COPASA MG.

7.6 Principais limitações e restrições

As principais restrições e limitações identificadas durante o desenvolvimento dos trabalhos de campo foram:

- dificuldades encontradas para a obtenção de permissão de acesso às propriedades rurais e fornecimento de dados por parte de alguns usuários de água da Sub-bacia;
- a maioria dos proprietários não reside nos municípios onde estão localizados os empreendimentos, o que dificulta o acesso aos dados disponíveis;
- grande resistência dos usuários, em geral, com relação à ANA, cujas ações são identificadas com a questão da cobrança e taxaço sobre o uso da água, problema também extensivo ao IGAM em relação aos custos (considerados altos) dos processos de outorga de direito de uso da água;

- muitos dos informantes residentes no local do empreendimento não têm informações precisas sobre as características dos poços e regimes de operação. Os relatórios finais de perfuração, quando existentes, não estão disponíveis;
- embora alguns proprietários mostrem preocupação com a preservação e manutenção dos recursos hídricos subterrâneos e efetuem controles periódicos dos níveis de água e vazões de produção, a maioria não tem controle sobre a operação do sistema e o estado em que se encontram os poços.

7.7 Locais favoráveis à implantação da rede de monitoramento

De um modo geral, os resultados obtidos na etapa de levantamento e reconhecimento de campo permitiram estabelecer os locais mais favoráveis à implantação da rede de monitoramento piezométrico. Foram propostos 21 pontos de controle, conforme indicados no quadro 1 e Figura 5. Um ponto importante a destacar foi a pequena quantidade de estruturas de captação sem uso ou desativadas, que permitissem sua utilização como piezômetros.

A maioria dos poços, nesta condição, apresenta várias restrições, envolvendo perfis construtivos e hidrogeológicos insuficientes e poços com vazões reduzidas que indicam fraca conexão hidráulica com as zonas mais produtoras dos aquíferos. Nestas condições, prevê-se a necessidade de perfuração de piezômetros específicos para a finalidade de monitoramento. Dos 21 pontos selecionados, apenas 7 são de poços disponíveis e que contam com o interesse do proprietário.

8. PLANO DE CONTROLE E MONITORAMENTO PIEZOMÉTRICO

8.1 Objetivos

O Plano de Monitoramento visa obter informações sobre a evolução dos níveis de água subterrânea, em função da demanda e condições de exploração atuais e futuras, com vistas a um maior conhecimento dos sistemas aquíferos da Sub-bacia. Pretende-se identificar, a partir dos dados coletados, as condições de equilíbrio dos principais sistemas aquíferos, em termos de evolução piezométrica e as relações entre as extrações de água nas áreas mais intensamente exploradas e a capacidade de renovação ou recarga nos períodos de chuva.

8.2 Critérios utilizados para seleção dos pontos de controle

Foram observadas algumas restrições dentre os critérios utilizados para a seleção dos pontos de controle, compreendendo:

- pequena disponibilidade de poços sem utilização e com características construtivas e hidrogeológicas bem definidas que ofereçam condições para sua utilização como ponto de controle;
- pequeno número de poços com autorização de uso (outorga);

Quadro 1 – Relação dos pontos selecionados para monitoramento e características gerais dos piezômetros

Nº do Ponto	Área/Localidade	Município	Coordenadas UTM ou Geográficas	Características dos poços/piezômetros					Observações
				Prof (m)	φ Perfuração (mm)/ Prof. (m)	φ Revestimento (mm)/Prof. (m)	NE (m)	ND (m)	
PZ-1	Área 1 – Faz. Rio das Pedras	Glaucilândia	639.632 – 8.133.932	60	200---20 150---60	150---20	10	15	A perfurar
PZ-2	Área 2 – Montes Claros - Unimontes	Montes Claros	619.780 – 8.150.990	80	200---20 150---80	150---20	1,0	4,0	A perfurar
PZ-3	Área 2 – Montes Claros – Cristo Rei	Montes Claros	621.640 – 8.147.365	100	200---20 150---100	150---20	1,5	27	Poço disponível COPASA
PZ-4	Área 2 – Montes Claros Rebentão dos Ferros	Montes Claros		70	300---31 150---78	200---31	3,0	4,0	Poço disponível COPASA
PZ-5	Área 4 - Santa Rosa de Lima	Montes Claros	610.550 – 8.192.250	60	200---30 150---60	150---30	10,0	-	A perfurar
PZ-6	Área 5 – Capitão Enéas	Capitão Enéas	634.100 – 8.195.700	64	250---10 200---64	200---10	5,0	20,0	Poço disponível COPASA
PZ-7	Área 5 – Faz. Araçatuba	Capitão Enéas	631.128 – 8.197.012	70	200---30 150---70	150---30	2,0	2,8	A perfurar
PZ-8	Área 6 – Caçarema/ Quem-quem	Janúba	653.478 – 8.223.625	100	200---44 150---100	150---44	29,0	55,0	A perfurar
PZ-9	Área 6 - Caçarema	Janaúba	665.244 – 8.228.452	70	200---10 150---70	150---10	9,0	14,0	A perfurar
PZ-10	Área 7–Suçupara/Ribeirão do Ouro	Montes claros	615.120 – 8.220.050	80	200---20 150---80	150---20	10,0	45,0	A perfurar
PZ-11	Área 8 – Floresta – Faz. Boa Vista	Janaúba	655.566 – 8.269.636	100	200---30 150---100	150---30	17,0	-	A perfurar
PZ-12	Área 8 - Verdelândia	Verdelândia	650.059 – 8.274.927	60	200---10 150---60	150---10	7,0	30,0	A perfurar
PZ-13	Área 9 – Janaúba – Poço COPASA	Janaúba							Poço disponível a selecionar
PZ-14	[Area 9 – Faz. Baixa da Colônia	Janaúba	678.628 – 8.243.692	60	200---8 150---60	150---8	16,0	-	A perfurar
PZ-15	Área 10 – riacho Furado Novo	Verdelândia	673.866 – 8.286.481	80	200---20 150---80	150---20	9,0	27	A perfurar
PZ-16	Área 12 - Jaíba	Jaíba	641.813 – 8.302.707	96	250---12 200---84 150---120	200---12	11,0	50,0	Poço disponível COPASA
PZ-17	Área 12 – Lageado, Faz. Agrovema	Verdelândia	636.980 – 8.298.637	27		150	10,0	13	Poço disponível
PZ-18	Faz. Agropema – Poço Velho	Varzelândia	630.153 – 8.297.230	51	200---42 150---51	200---15	9,5	10,5	Poço disponível

Quadro 1 – Relação dos pontos selecionados para monitoramento e características gerais dos piezômetros (Continuação)

Nº do Ponto	Área/Localidade	Município	Coordenadas UTM	Características dos poços/piezômetros					Observações
				Prof. (m)	φ Perfuração/ (mm) Prof.(m)	φ Revestimento/ (mm)/Prof.(m)	NE (m)	ND (m)	
PZ-19	Área 13Faz. Santo Antônio	Jaíba	643.084 – 8.321.268	50	200---30 150---50	150---30	12,0	14,0	A perfurar
PZ-20	Área 14 – Faz. Santa Laura, Gado Bravo	Matias Cardoso	657.580 – 8.351.150	60	200---30 150---60	150---30	12,0	14,0	A perfurar
PZ-21	Área 15 – Faz. Olho d'água	Iuiú	653.012 – 8.389.954	70	200---10 150---70	150---10	2,0	4,0	A perfurar

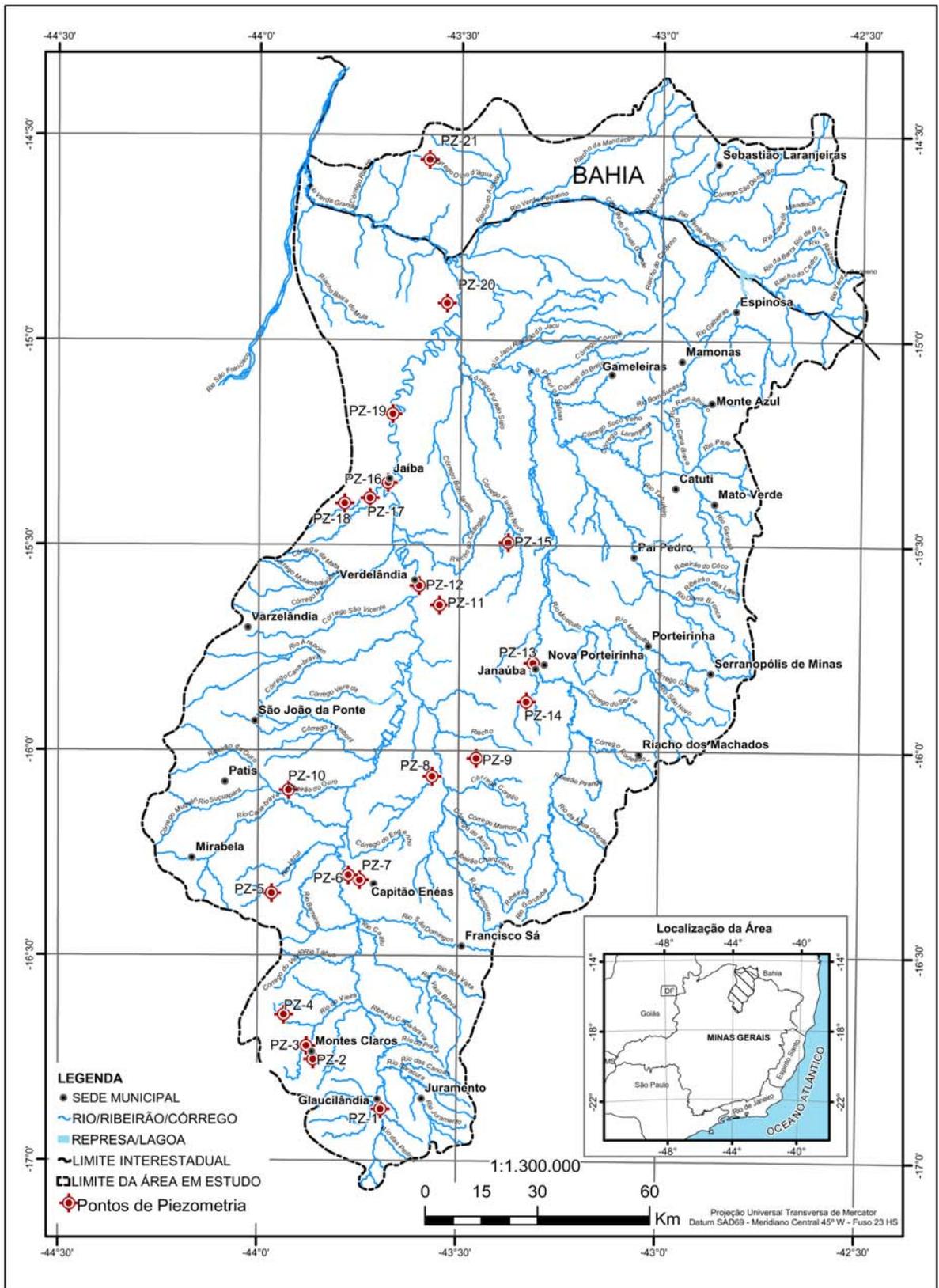


FIGURA 5 - Mapa da Rede de Pontos de Monitoramento Piezométrico Seleccionada

- falta de interesse, por parte de alguns usuários, em colaborar com o programa de monitoramento e permitir acesso às propriedades. Com a limitação referente à disponibilidade de poços desativados e sem uso, prevê-se a perfuração de piezômetros próprios para a instalação da rede.

8.3 Procedimentos básicos

Na implantação da rede de monitoramento deverão ser observados os seguintes procedimentos:

- Seleção final dos poços disponíveis e dos locais para perfuração de piezômetros (locação e especificações) nos casos de inexistência de poços sem uso.
- Procedimentos legais para permissão e autorização de uso de terrenos de terceiros para a instalação dos instrumentos de medição.
- Contratação de serviços de perfuração e completação dos piezômetros ou de testes para limpeza e desenvolvimento de poços disponíveis e sem uso.
- Acompanhamento e fiscalização dos trabalhos de perfuração e limpeza/desenvolvimento dos poços.
- Especificações finais dos equipamentos, em função dos dados obtidos na perfuração e limpeza dos poços existentes, quanto à profundidade dos níveis de água e profundidade de instalação dos registradores.
- Aquisição dos equipamentos (linígrafos automáticos) e acessórios.
- Instalação dos equipamentos, com acompanhamento do representante, a fim de garantir perfeitas condições de operação. Instalação para efeito demonstrativo poderá ser requerida.

8.4 Especificações do plano de monitoramento piezométrico

8.4.1 Número de estações de controle

Foram selecionados 21 pontos para controle e monitoramento dos níveis de água, cujas distribuição e localização estão representadas no mapa da figura 5. No quadro 1 estão listadas as localizações dos pontos – localidade, município e coordenadas UTM, assim como as características gerais dos poços e piezômetros.

8.4.2 Características dos pontos de controle

As características dos pontos de controle, indicadas no quadro 13, referem-se, nos poços disponíveis, à situação real identificada e, nos piezômetros a perfurar, às especificações previstas, definidas em função de poços próximos

Nos piezômetros a serem perfurados, em número de 14, adotou-se o seguinte modelo padrão:

- diâmetro de perfuração em 200 mm (8”) no trecho de material inconsolidado ou alterado e redução para 150 mm (6”) na rocha compacta;

- revestimento em tubo de aço galvanizado - DIN 2440 – de 150 mm no trecho de material inconsolidado. Na rocha compacta, com sustentação, parede livre, sem revestimento, não sendo prevista colocação de filtros.

Nos poços disponíveis e sem utilização (7 poços) deverão ser realizadas operações de limpeza e desenvolvimento com compressor ou bomba submersa, montados em unidade móvel, por um período de 24 horas, com medidas regulares de vazão e dos rebaixamentos do nível de água, durante o bombeamento e da sua recuperação, após a paralisação do bombeamento.

8.4.3 Periodicidade e frequência dos registros

Recomenda-se utilizar registros dos níveis de água em intervalos de 1 hora em todos os piezômetros, a fim de permitir maior acuracidade dos tempos de funcionamento dos poços próximos.

8.4.4 Equipamentos

Os registradores automáticos de níveis de água disponíveis no mercado são de dois tipos: medições a partir de flutuadores com cabo e bóia e medidores de pressão da coluna de água acima do sensor. Na presente proposta, considera-se que a seleção de equipamento por parte da ANA atenda as seguintes condições:

- Alta resistência mecânica e à corrosão dos materiais e flexibilidade de instalação;
- Garantia de manutenção e reparos em casos de avaria ou danos;
- Regulagem de intervalos para indicação e armazenamento dos níveis de água;
- Maior flexibilidade do sistema de transmissão de dados a longa distância, via rádio ou satélite.

8.4.5 Processo de instalação e manutenção

O processo de instalação dos equipamentos de medição dos níveis de água da rede de piezômetros deverá contar com a assistência técnica direta do representante/fornecedor a fim de garantir perfeitas condições de operação e funcionamento. Essa garantia deverá ser incluída nas condições de licitação e no contrato de aquisição, que deverá abranger a manutenção e eventuais reparos em casos de avaria ou danos aos equipamentos instalados.

Por ocasião das instalações, deverão ser tomadas as providências necessárias à proteção e segurança dos equipamentos, de modo a prevenir contra danos causados por animais e atos de vandalismo ou roubo.

8.4.6 Recepção e controle dos dados

Periodicamente, deverão ser realizadas visitas de inspeção, pelas equipes de manutenção da ANA, para checagem e verificação dos equipamentos, trocas de baterias ou pilhas, a fim de garantir o perfeito funcionamento das estações de controle. No presente Plano, considera-se dar preferência à implantação de sistema de transmissão e recepção dos dados por telemetria ou via satélite, a fim de se obter uma maior eficiência do sistema.

Em caso de se optar por recuperação e transferência dos dados nos locais dos equipamentos, deverá ser feita coleta de dados semestrais através de “notebook” e “softwares” específicos para tabelamento e geração de gráficos das variações piezométricas.

8.4.7 Avaliações periódicas

Os resultados obtidos com o monitoramento dos níveis de água deverão ser avaliados semestralmente ou anualmente, a critério da ANA, responsável pela operação da rede, a fim de se verificar sua evolução temporal, as relações com a pluviometria, as condições de equilíbrio dos sistemas aquíferos explorados, capacidade e tempo de renovação ou recarga no período úmido, a fim de identificar áreas críticas em termos de depleção e tendências de exaustão dos reservatórios subterrâneos.

9. FORMULAÇÃO DE UM MODELO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES E COLETA DE DADOS HIDROGEOLÓGICOS

9.1 Antecedentes

Em 1995, a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC – elaborou um documento intitulado “Diretrizes para um plano de controle, monitoramento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos” O documento apresenta uma síntese do diagnóstico hidrogeológico, com base em 1270 poços cadastrados, as diretrizes para um programa de controle e monitoramento, além de sugestões gerais para o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos.

Nesse mesmo ano de 1995, a COPASA MG concluiu o trabalho “Disponibilidades hídricas subterrâneas no Estado de Minas Gerais” (COPASA/Hidrosistemas) com a implantação de um banco de dados hidrogeológico cobrindo todo o Estado.

Em 1999, o IGAM deu início à implantação de um banco de dados hidrogeológicos específico para a sub-bacia do rio Verde Grande, elaborado a partir de dados secundários e com atualização de dados coletados no campo em áreas de maior adensamento e concentração de poços.

A partir de 2001, a CPRM iniciou um inventário hidrogeológico detalhado nos municípios constituintes da Microrregião de Planejamento de Montes Claros, no âmbito do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – Projeto São Francisco, (MME/SMM/CPRM-Governo do Estado de Minas Gerais/SEMM/COMIG).

Em documento elaborado pela Superintendência de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas – ANA, intitulado “Proposta de ações a serem implementadas na bacia do rio Verde Grande (Brasília, DF, maio, 2001), é descrito um conjunto de ações que a ANA pretende desenvolver na bacia, abrangendo, entre outras, a instalação de um sistema de informações na Sub-bacia.

9.2 Bases de dados e informações disponíveis

No que se refere às bases de dados hidrogeológicos disponíveis ou em execução, destacam-se os bancos de dados do IGAM e da CPRM, sendo que os dados do primeiro já foram incorporados ao da CPRM. As informações disponíveis envolvem todos os principais aspectos relacionados aos “pontos d’água” (poços tubulares, poços escavados e nascentes, fontes ou emergências de água subterrânea), abrangendo dados locais, construtivos e

hidrogeológicos; uso das águas; dados de testes de bombeamento completos; e dados de análises físico-químicas e bacteriológicas.

9.3 Diretrizes gerais para a implementação de um sistema de informações

A “Proposta de ações na bacia do rio Verde Grande”, elaborada pela ANA (2001), apresenta uma série de especificações e diretrizes para a implantação de um Sistema de Informações Georreferenciado sobre os recursos hídricos. O sistema, de acordo com a itemização proposta, é amplo, abrangente e integrado, envolvendo 11 setores. No referido documento, destaca-se que o sistema de informações deverá atuar como instrumento para suporte à gestão dos recursos hídricos.

No que se refere ao suporte computacional, são apresentadas as seguintes diretrizes:

- *O sistema deve ser georreferenciado – SIG - , de modo a preservar a localização geográfica e as características topológicas que serão objeto de consultas e análises; e também comportar bases de dados não geográficos, permitindo a apresentação sob a forma de mapas, gráficos, tabelas e informações textuais.*
- *Deve permitir a incorporação de cadastros existentes em outras instituições – facilidades de intercâmbio com outros sistemas.*
- *Deve permitir o cruzamento de informações e consultas de referências cruzadas – em uma base de dados relacional.*
- *Capacidade de armazenamento em microcomputadores, sem perda de performance e eficiência.*
- *Prover uma interface amigável com o usuário.*
- *Integridade referencial de dados – checagem automática de inconsistências nas entradas de dados.*

Em relação, especificamente, às informações sobre os recursos hídricos subterrâneos, verifica-se que há uma grande dispersão de dados em diversas instituições, estaduais e federais (ANA, CODEVASF, DNPM, CPRM, IGAM E COPASA) armazenados em ambientes computacionais distintos e muitas vezes não intercambiáveis, resultando em uma duplicidade de esforços que poderia ser evitada, o que reforça a segunda recomendação citada acima, ou seja, permitir a incorporação de cadastros existentes.

9.4 Concepção de um sistema de coleta de dados complementares

A coleta de dados complementares, para incorporação no sistema de informação que a ANA pretende implantar, e a atualização permanente das informações relativas às águas subterrâneas deveriam abordar os seguintes tópicos:

- **Informações sobre novos poços perfurados -** A incorporação permanente dos dados de novos poços perfurados na Sub-bacia deveria constituir uma rotina comum pela instituição responsável pela administração do sistema de informações. A rigor, o fornecimento dos dados poderia ser suprido pelo sistema de outorga de uso sob atribuição do IGAM. A grande restrição deve-se ao fato de que a maioria dos usuários não

vêm solicitando nem autorização para perfuração nem outorga de uso, o que torna necessárias maiores exigências a respeito.

- Condições de uso da água - vazões de produção e regimes de bombeamento - Estas informações são da maior importância para análise conjunta com os dados do monitoramento piezométrico, visando a determinação das disponibilidades hídricas subterrâneas. São também as mais difíceis para, em relação a elas, estabelecer-se uma rotina de coleta de dados, alimentação e incorporação contínua ao sistema. Sem levar em conta a resistência de grande parte dos proprietários a colaborar no processo, as opções para controle das vazões extraídas seriam:
 - Elaboração de formulário específico a ser distribuído aos usuários, para preenchimento mensal, contendo tipo de uso, horas de funcionamento da bomba e vazão de produção.
 - Instalação de horímetros, a fim de verificar as horas de funcionamento das bombas. Parte das instalações não contém este tipo de equipamento, necessitando de sua instalação.
 - Instalação de hidrômetros nos poços – Este sistema de medição direta apresenta uma série de restrições, relativas aos custos de implantação e manutenção, além de problemas de aferição e regulação.
 - Medição indireta dos volumes explorados (mensais) baseada no consumo de energia elétrica.
 - Estimativas com base no mapeamento das áreas irrigadas em escala adequada.

10. CONCLUSÕES

Aspectos fisiográficos e dos recursos hídricos superficiais

- Foram analisados os principais dados e documentação disponível sobre a sub-bacia do rio Verde Grande, abrangendo os de caráter regional e os específicos, a partir dos quais foram definidos os aspectos fisiográficos, hidrológicos e hidrogeológicos.
- A unidade de relevo dominante é a “Depressão Sanfranciscana” com altitudes entre 500 e 600 metros. No bordos desta depressão, ocorrem os “Planaltos do São Francisco” com cotas de 800 a 1000 metros, destacando-se, a leste a Serra do Espinhaço, com cotas até 1300 metros, limite entre as bacias dos rios Jequitinhonha e Pardo com a bacia do São Francisco.
- O clima dominante é o Aw, tropical quente e úmido, ocorrendo também na borda oriental o tipo Cwa, mesotérmico de altitude, característico da serra do Espinhaço. Os totais anuais de chuva variam de 630 a 1700 mm em Montes Claros, decrescendo para o norte, onde alcançam 700 a 800 mm. As temperaturas são elevadas, com média anual de 23, 5°C.
- O rio Verde Grande corre de sul para norte, drenando, principalmente, terrenos pelíticos e carbonáticos do Grupo Bambuí e sedimentos de cobertura eluviais e coluviais do Terciário-quadernário.
- Os dados hidrológicos disponíveis indicam uma vazão média de 26,4 m³/s e rendimentos específicos do escoamento superficial com valor médio de 0,875 l/s/km², e valores extremos de 6,83 e 0,32 l/s/km², conforme determinado no posto mais a jusante (Boca da Caatinga), com área de 30.180 km²

Caracterização hidrogeológica

- A maior parte da Sub-bacia é ocupada por rochas pelíticas e calcáreas do Grupo Bambuí do Precambriano Superior. Na porção leste, dominam rochas granito-gnáissicas, xistosas e quartzíticas do Precambriano Médio e Inferior. Nas áreas de planalto ocorrem coberturas detríticas do Terciário-quadernário e arenitos cretácicos da Formação Urucuia.
- Os principais reservatórios de água subterrânea estão associados às rochas do Grupo Bambuí, constituindo aquíferos cársticos e cárstico-fissurados de grande heterogeneidade e anisotropia. Nestas áreas concentra-se a maior parte dos poços perfurados na Sub-bacia, com grande capacidade de produção, que podem atingir, em alguns locais, vazões superiores a 250 m³/h. Estima-se, atualmente, um total de 6000 poços tubulares perfurados na Sub-bacia. A profundidade dos poços varia de 27 a 200 metros, a maioria entre 50 e 100 metros.
- Os poços de maior capacidade de produção, com valores de vazão específica superiores a 1,0 l/s/m têm maior incidência nos municípios de Montes Claros, Capitão Enéas, Francisco Sá, Janaúba, Verdelândia, Jaíba e Matias Cardoso. A vazão específica média é de 1,87 l/s/m, com máximo de 94 l/s/m.
- A capacidade de armazenamento da Sub-bacia, que representa os recursos exploráveis ou reservas renováveis, foi estimada em 220.000.000 m³/ano. Este valor corresponde à média de longo período e foi determinado com base nas séries fluviométricas dos postos de Colônia da Jaíba e Boca da Caatinga, no período de 1939/40 a 1988/89 (CETEC, 1995).
- A maior parte da água subterrânea é utilizada para fins agrícola e pecuário, perfazendo cerca de 73% de uma amostra de 672 poços inventariados pelo IGAM (2000).
- O volume total de água subterrânea explorado através dos poços inventariados pelo IGAM (op.cit.) é de 65.870.000 milhões de m³/ano (2.091,1 l/s). Estima-se, para a bacia como um todo, um consumo total da ordem de 135.500.000 de m³/ano, ou o equivalente a 4.301,5 l/s.
- A maior parte das análises de água disponíveis na Sub-bacia refere-se a amostras coletadas no sistema aquífero Bambuí, abrangendo as fácies carbonática e pelítico carbonática. Cerca de 60 % das águas apresentam valores de condutividade elétrica inferiores a 750 µS/cm e 80 % têm condutividade elétrica inferior a 1.000 µS/cm.
- Quanto à dureza total, 25 % (55 análises) apresentam valores inferiores a 200 mg/l de CaCO₃; destas, 15 têm valores inferiores a 100 mg/l de CaCO₃ (águas brandas a ligeiramente duras) e 40 têm valores entre 100 e 200 mg/l de CaCO₃ (águas moderadamente duras). A grande maioria, que corresponde a 165 análises (75 % da amostra), se enquadra na categoria de águas muito duras, com valores superiores a 200 mg/l de CaCO₃. Em geral, não há restrições ao uso agrícola e pecuário. Para consumo humano, a dureza representa a principal restrição em algumas áreas.

Critérios de seleção de pontos de controle piezométrico e definição de áreas-alvo

- Com base nas características hidrogeológicas, foi definida uma série de critérios para orientar a identificação de áreas-alvo, dos quais se destacam: áreas com maior concentração de poços para uso agrícola e com vazões de produção superiores a 50 m³/h;

distribuição e cobertura desde as zonas de recarga até as de descarga; poços sem utilização e de características construtivas e hidrogeológicas bem definidas; e boa conexão hidráulica poço – aquífero. Em adição, considerou-se também como critério os poços com outorga de uso; e a permissão e interesse dos proprietários em participar e colaborar com o programa de monitoramento.

- Com base nestes critérios, foram selecionadas 15 áreas-alvo, assim designadas: 1. Glaucilândia; 2. Montes Claros; 3. Vila Nova de Minas; 4. Santa Rosa de Lima; 5. Capitão Enéas. 6. Caçarema; 7. Simão Campos; 8. Floresta; 9. Janaúba; 10. Riacho do Catingão (Furado Novo); 11. Gorutuba; 12. Jaíba; 13. Verde Grande, jusante Jaíba; 14. Gado Bravo; 15 Riacho do Aurélio/córrego Olhos d'Água.

Identificação e seleção de locais favoráveis para controle e monitoramento

- Visando a coleta de informações básicas durante o reconhecimento de campo das áreas selecionadas, foi organizada uma ficha de cadastro de pontos de controle. A ficha de campo contém 4 blocos de informações, abrangendo: (1) a identificação do empreendimento; (2) informações gerais sobre a atividade principal, quantidade de poços, controles de nível e vazão efetuados, condições para teste de aquífero e intenção do proprietário ou responsável em colaborar, entre outras; (3) características dos poços e (4) condições de instalação e uso, visando verificar a possibilidade de utilização de poços como estação de controle e monitoramento
- Foram efetuados levantamentos de campo em 20 localidades, abrangendo a maior parte das áreas-alvo. Após análise dos dados coletados, foi selecionada uma rede de monitoramento composta de 21 pontos.

Principais limitações e restrições

- A principal restrição ao desenvolvimento dos trabalhos de campo deveu-se a dificuldades encontradas para a obtenção de permissão de acesso às propriedades rurais e fornecimento de dados por parte de alguns usuários de água da Sub-bacia. Essas limitações são, em parte, devidas a problemas naturais em estabelecer contatos prévios com os usuários, uma vez que a maioria dos proprietários não reside nos municípios onde estão localizados os empreendimentos. Além disso, acrescenta-se, não foi programada uma etapa anterior de esclarecimentos e divulgação sobre os objetivos do subprojeto, o que aconteceu somente por ocasião dos trabalhos de campo.
- O grande entrave, entretanto, deve-se à grande resistência dos usuários, em geral, com relação à ANA, cujas ações são identificadas com a questão da cobrança e taxa sobre o uso da água, problema também extensivo ao IGAM em relação aos custos (considerados altos) dos processos de outorga de direito de uso da água.

Plano de controle e monitoramento piezométrico

A partir dos dados levantados nas etapas anteriores, foi elaborada proposta do Plano de Monitoramento Piezométrico na sub-bacia do rio Verde Grande, com as seguintes definições:

- Número de pontos de controle 21, dos quais 7 poços disponíveis e sem uso e 14 poços a perfurar.
- Periodicidade dos registros: horária

- Equipamentos: registradores automáticos, a selecionar, em função das características recomendadas.
- Custo total estimado: R\$ 357.000,00 (US\$ 119.000)
- As principais dificuldades encontradas foram devidas à falta de interesse em colaborar com o subprojeto por parte de alguns usuários e, por outro lado, ao pequeno número de poços sem utilização que reunissem condições para seu aproveitamento na instalação da rede de monitoramento com o conseqüente aumento dos custos de instalação previstos.
- Com base na avaliação das informações disponíveis, foram definidas as diretrizes gerais para a formulação de um modelo de sistema de informações, contendo sua estrutura geral, fluxograma e relação de tabelas de dados hidrogeológicos.
- Conclui-se pela necessidade de coleta de dados complementares, melhoria e aperfeiçoamento do nível das informações junto aos usuários e responsáveis por atividades geradoras de dados, incluindo as empresas de perfuração que atuam na Sub-bacia, aliados à criação de instrumentos que permitam uma permanente alimentação e atualização do sistema.

11. RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos no decorrer de Subprojeto, que resultaram na elaboração do **Plano de Monitoramento Piezométrico da Sub-bacia do Rio Verde Grande**, foram propostas as seguintes ações, cujo custo total se estima em U\$182980:

- Efetuar uma campanha de esclarecimentos e divulgação, junto aos usuários, dos objetivos e importância de um plano de monitoramento piezométrico e de controle das vazões extraídas, visando a preservação e manutenção dos recursos hídricos subterrâneos.
 - Os objetivos são a elaboração de uma cartilha de esclarecimentos aos usuários, sobre o plano de monitoramento.
 - As principais atividades constituem a elaboração da cartilha e sua disseminação em toda a Sub-bacia.
 - O prazo previsto para sua execução é de 3 meses.
 - O custo estimado é de U\$ 23300
- Executar uma campanha de testes de aquífero com utilização de poços de observação, em locais previamente selecionados, que disponham de condições, para a determinação das características hidráulicas dos sistemas aquíferos – transmissividade e porosidade efetiva ou coeficiente de armazenamento.
 - O objetivo é determinar os parâmetros hidráulicos dos sistemas aquíferos.
 - As principais atividades consistem em selecionar os locais com disponibilidade de poços de observação, execução dos testes de bombeamento e interpretação dos resultados.
 - O prazo de execução previsto é de 3 meses.
 - O custo estimado é de U\$ 40680

- Implantar a rede de monitoramento piezométrico conforme os procedimentos e diretrizes estabelecidos no presente subprojeto.

- O objetivo principal é dotar a Sub-bacia de uma rede de monitoramento piezométrico em operação, visando melhorar o nível de conhecimento hidrogeológico da Sub-bacia.
- As atividades principais são as locações, especificações e perfuração dos piezômetros, especificações e instalação dos equipamentos de medição dos níveis de água, e a elaboração do sistema de transmissão e recepção dos dados.
- O prazo previsto é de 6 meses.
- O custo estimado é de US\$ 119000.

- O resumo dos custos e sua totalização são apresentados a seguir:

- Campanha de divulgação e esclarecimentos	US\$ 23300
- Execução de testes de aquífero	US\$ 40680
- Implantação da rede de monitoramento	<u>US\$ 119000</u>
Total	US\$ 182980

PROPOSTA DE UMA REDE DE MONITORAMENTO PIEZOMÉTRICO NA SUB-BACIA DO RIO VERDE GRANDE

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	3
2. DOCUMENTAÇÃO DISPONÍVEL – TRABALHOS ANTERIORES	3
2.1 Trabalhos de caráter regional disponíveis.	3
2.2 Trabalhos existentes na sub-bacia do Verde Grande	4
3. CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS E DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS	4
3.1 Características fisiográficas	4
3.2 Características dos recursos hídricos superficiais	7
4. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA	7
4.1 Geologia e sistemas aquíferos	7
4.2 Características dos poços	13
4.3 Capacidade de produção dos poços	14
4.4 Disponibilidades hídricas	16
4.5 Bases para o modelo hidrogeológico conceitual.	18
4.6 Condições de uso das águas subterrâneas	19
4.7 Qualidade das águas subterrâneas	21
5. DEFINIÇÃO PRELIMINAR DOS CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE E MONITORAMENTO	22
6. SELEÇÃO DE ÁREAS – ALVO	23
6.1 Método de seleção utilizado	23
6.2 Relação de áreas – alvo	24
7. IDENTIFICAÇÃO E SELEÇÃO DOS LOCAIS FAVORÁVEIS À IMPLANTAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO	24
7.1 Organização e planejamento dos trabalhos de campo	24
7.2 Elaboração da ficha de cadastro de pontos de controle	26
7.3 Contatos institucionais	26
7.4 Roteiro de viagem	26
7.5 Coleta de dados e resultados obtidos	26
7.6 Principais limitações e restrições	29
7.7 Locais favoráveis à implantação da rede de monitoramento	29
8. PLANO DE CONTROLE E MONITORAMENTO PIEZOMÉTRICO	34
8.1 Objetivos	34
8.2 Critérios utilizados para seleção dos pontos de controle	34
8.3 Procedimentos básicos	35
8.4 Especificações do plano	36
8.4.1 Número de estações de controle	36
8.4.2 Características dos pontos de controle	36

8.4.3	Periodicidade e frequência dos registros	37
8.4.4	Equipamentos	37
8.4.5	Processo de instalação e manutenção	41
8.4.6	Recepção e controle dos dados	41
8.4.7	Avaliações periódicas	41
9.	FORMULAÇÃO DE UM MODELO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES E COLETA DE DADOS HIDROGEOLÓGICOS	41
9.1	Antecedentes	41
9.2	Bases de dados e informações disponíveis	43
9.3	Diretrizes gerais para a implementação de um sistema de informações	44
9.4	Concepção de um sistema de coleta de dados complementares	51
10.	CONCLUSÕES	54
11.	RECOMENDAÇÕES (Termos de Referência preliminares)	57
11.1	Subprojeto Campanha de divulgação e esclarecimentos sobre a importância do controle e monitoramento	57
11.2	Subprojeto Execução de testes de aquífero para a determinação das propriedades hidráulicas dos aquíferos	58
11.3	Subprojeto Implantação da rede de monitoramento	60
12.	BIBLIOGRAFIA	62
12.1	Referências bibliográficas específicas da região	62
12.2	Referências bibliográficas gerais	63
13.	ATORES DO SUBPROJETO.	65
13.1	Pessoal e entidades envolvidos com água subterrânea na sub-bacia do Verde Grande	65
13.2	Equipe do subprojeto	68
	FOTOS	69
	ANEXO – FICHAS DE CADASTRO DE PONTOS DE CONTROLE	78
	LISTA DE FIGURAS	
1.	Localização da bacia e articulação das folhas topográficas 1:100.000	2
2.	Divisão municipal – sub-bacia do rio Verde Grande	5
3.	Unidades geomorfológicas	6
4.	Isoietas médias anuais	8
5.	Rede hidrométrica da sub-bacia do Verde Grande	9
6.	Rendimentos específicos médios de longo termo	11
7.	Mapa dos sistemas aquíferos	12
8.	Distribuição dos poços inventariados por município	14
9.	Mapa de áreas de maior concentração de poços na Sub-bacia	15
10.	Distribuição de frequência de vazão específica – Amostra de 2.769 poços	16
11.	Mapa de tendência de distribuição de vazão específica dos poços	17
12.	Modelo hidrogeológico esquemático	20
13.	Mapa com indicação das áreas – alvo para a definição dos pontos de monitoramento	25
14.	Mapa de localização dos pontos levantados no reconhecimento de campo	31

15. Mapa da rede de pontos de monitoramento piezométrico selecionada	40
16. Estrutura geral e fluxograma do banco de dados da sub-bacia do rio Verde Grande (IGAM, 2000, modificado)	52

LISTA DE QUADROS

1. Valores característicos de rendimentos específicos nos postos de Boca da Catinga e Colônia da Jaíba no rio Verde Grande	10
2. Sistemas aquíferos da sub-bacia do rio Verde Grande	10
3. Porcentagem de uso das águas subterrâneas em poços inventariados	19
4. Volume de água subterrânea explotado por poços segundo o uso	19
5. Características físico-químicas das águas subterrâneas do sistema aquífero Bambuí – pelítico e carbonático	22
6. Critérios de seleção de pontos de controle e monitoramento	23
7. Áreas-alvo selecionadas	24
8. Modelo de ficha de cadastro de pontos de controle	27
9. Contatos institucionais e reuniões	28
10. Roteiro/Itinerário dos trabalhos de campo	28
11. Resumo dos estabelecimentos visitados e dados coletados	30
12. Procedimentos básicos para a implantação do Plano de Monitoramento	36
13. Relação dos pontos selecionados para monitoramento e características gerais dos piezômetros	38
14. Relação de dados hidrogeológicos - características locais, construtivas e hidrogeológicas	45
15. Relação de dados hidrogeológicos - uso da água	46
16. Relação de dados hidrogeológicos - testes de bombeamento	47
17. Relação de dados hidrogeológicos - análises físico-químicas e bacteriológicas	48
18. Ficha de informações sobre fontes de abastecimento de água subterrânea da CPRM	49
19. Ficha de teste de bombeamento	60

LISTA DE FOTOS

1. Em primeiro plano superfície de aplainamento pleistocênica (Depressão Sanfranciscana). Ao fundo Serra do Espinhaço – Estrada Montes Claros – Janaúba.
2. Estrada Jaíba – Gado Bravo. Superfície de aplainamento com pasto e bananal irrigado ao fundo.
3. Cidade de Montes Claros assentada sobre a Depressão Sanfranciscana, ladeada pelas superfícies tabulares dos planaltos. Vista da estação de tratamento de água da COPASA em Morrinhos.
4. Escarpas de calcários do Grupo Bambuí próximas à localidade de Santa Rosa de Lima.
5. Rebordo erosivo desenvolvido sobre calcários e siltitos do Grupo Bambuí – serra de Santa Rosa de Lima
6. Rio Verde Grande em Gado Bravo.
7. Rio Gorutuba em Janaúba.
8. Barragem a fio d'água da COPASA no rio Verde Grande, a montante de Jaíba, responsável pelo abastecimento de água na cidade.
9. Canal principal de irrigação do Projeto Jaíba, na estrada Jaíba – Matias Cardoso.
10. Poço da COPASA MG do sistema de abastecimento de água de Montes Claros em Interlagos, com vazão de 90 m³/h.
11. Leito do rio Verde Grande, a montante da cidade de Jaíba, onde são observadas várias emergências de água sob pressão procedentes de rochas calcáreas.
12. Poço do sistema de abastecimento de água de Montes Claros, às margens do rio Pai João.
13. Reservatório escavado e recoberto por lona plástica abastecido por 2 poços – Fazenda

Baixa do Colônia, Janaúba.

14. Bananal irrigado no município de Verdelândia.

15. Reservatório metálico circular de 260m³ abastecido por poço tubular utilizado para irrigação de banana. Fazenda Cachoeira do Salto da AGROVEMA, Verdelândia.

LISTA DE SIGLAS

ANA	– Agência Nacional de Águas
CETEC/MG	– Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CERB/BA	– Companhia de Engenharia Rural da Bahia
CODEVASF	– Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba
COPASA MG	– Companhia de Saneamento do Estado de Minas Gerais
CPRM	– Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNOCS	– Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EMATER	- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais
GEF	- Fundo para o Meio Ambiente Mundial/ Global Environment Facility
IGA/MG	- Instituto de Geociências Aplicadas
OEA	– Organização dos Estados Americanos
IGAM/MG	– Instituto Mineiro de Gestão das Águas
PNUMA	– Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RURALMINAS/MG	– Fundação Rural Mineira, Colonização e Desenvolvimento Agrário
SECT/MG	- Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia
SEMAD/MG	– Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável