
CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Conclusões

7.1.1 Caracterização Hidroquímica

Conclusões pertinentes à caracterização hidroquímica das águas da área de estudo são apresentadas a seguir.

Nascentes

A nascente associada ao terreno xistoso (VSM04) apresenta condutividade elétrica em torno de 340,0µS/cm e sólidos dissolvidos em torno de 270,0mg/L, já para a nascente associada ao terreno granítico (VSM11) os valores são, respectivamente, 97,0µS/cm e 110,0mg/L. Estes resultados indicam que as águas associadas aos xistos apresentam uma maior tendência à salinização relativamente aos granitos.

Quanto ao tipo químico as amostras são predominantemente do tipo bicarbonatadas, tanto para nascentes associadas a terrenos xistosos quanto graníticos. Com relação aos cátions os tipos são variados. Em terrenos xistosos predomina íons Ca^{2+} , seguido por Mg^{2+} , Na^+ e K^+ . O predomínio de cálcio em relação aos demais cátions pode ser associado à composição carbonática de rochas freqüentemente intercaladas nos xistos. Já em terrenos graníticos é observada a seguinte ordem de ocorrência $\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$. O predomínio de magnésio e sódio sobre os demais cátions reflete a composição a composição dos granitos, nos quais biotita e feldspatos são constituintes essenciais das rochas.

Os valores mais elevados de dureza, bem como de condutividade elétrica e sólidos dissolvidos nas nascentes associadas aos xistos podem também estar relacionados à intercalação de rochas carbonáticas.

Em relação a variações sazonais, as concentrações dos cátions tendem a serem mais elevadas no período seco. Já as concentrações dos ânions apresentam pouca variação em relação aos diferentes períodos de amostragem.

Apesar dos baixos valores de DBO, DQO, fosfatos e nitratos, os valores de coliformes termotolerantes (CT) e estreptococos fecais (EF) indicam a contaminação fecal das águas das nascentes.

Águas Superficiais

No Córrego Água Santa os valores máximos de condutividade e sólidos dissolvidos são respectivamente 89,3 μ S/cm e 77,0mg/L. Em relação aos cátions dominantes predomina a seguinte ordem de ocorrência $Mg^{2+}>Na^{+}>Ca^{2+}>K^{+}$. No Córrego Palmeiras os valores máximos de condutividade e sólidos dissolvidos são, respectivamente, 58,0 μ S/cm e 69,0mg/L. A ordem de ocorrência dos cátions é $Na^{+}>Mg^{2+}>K^{+}>Ca^{2+}$. Em ambos os córregos as águas são predominantemente bicarbonatadas, sendo observada a seguinte ordem de ocorrência entre os ânions dominantes $HCO_3^{-}>Cl^{-}>SO_4^{2-}$.

Os valores de condutividade elétrica, sólidos dissolvidos e íons dominantes são mais elevados nos pontos de amostragem à jusante das cabeceiras dos Córregos Água Santa e Palmeiras, principalmente no período chuvoso. Este fato indica um maior conteúdo de partículas, as quais podem ter elevada capacidade de transportar compostos químicos a elas adsorvidas e de realizar trocas iônicas com o meio aquático. O alto conteúdo de partículas em áreas mais afastadas das cabeceiras dos córregos resultam da maior exposição dos solos à lixiviação devido ao desmatamento praticado nestes locais. O despejo de efluentes domésticos também pode contribuir para valores de condutividade elétrica nos pontos a jusante das cabeceiras destes córregos.

Apesar do alto conteúdo de matéria orgânica transportada pelos córregos Água Santa e Palmeiras, as relações Eh e pH indicam que as águas destes córregos estão no campo do ambiente em contato com a atmosfera, demonstrando ainda taxas de oxigênio dissolvido e pH típicos de águas superficiais.

O elevado conteúdo em matéria orgânica presente nestes córregos está fortemente associado a fontes antrópicas, devido ao lançamento de esgotos domésticos nestas drenagens. As baixas taxas de oxigênio dissolvido, aumento nas concentrações dos parâmetros microbiológicos e nas taxas de DQO nos pontos de amostragem à jusante das vilas garimpeiras, demonstram que a matéria orgânica é proveniente de efluentes domésticos lançados nestes locais.

Águas Subterrâneas

Os valores de condutividade elétrica, sólidos dissolvidos e íons dominantes apresentam variações relacionadas aos diferentes tipos de aquífero e às diferenças de profundidade de amostragem.

Em amostras de poços tubulares, os valores de condutividade e sólidos dissolvidos são, respectivamente, em torno de 722,0 μ S/cm e 480,0mg/L para o aquífero xistoso (VSM04) e 475,0 μ S/cm e 350,0mg/L para o aquífero granítico (VSM06). Assim, como observado para as amostras de nascentes, os resultados obtidos para condutividade elétrica e sólidos dissolvidos demonstram que o aquífero xistoso apresenta uma maior tendência à salinização relativamente ao aquífero granítico.

As águas subterrâneas são predominantemente do tipo bicarbonatadas cálcicas, ocorrendo também cloretadas sódicas. Entre os ânions ocorre o predomínio de HCO_3^- , seguido por Cl^- e SO_4^{2-} , tanto para o aquífero xistoso quanto para o granítico. Em relação aos cátions dominantes, no aquífero xistoso predomina Ca^{2+} e Mg^{2+} e no aquífero granítico Mg^{2+} e Na^+ .

Em clima semi-árido as águas subterrâneas apresentam uma tendência ao predomínio de íons cloreto e sulfato, a baixa pluviosidade favorece a rápida saturação destes íons no meio aquático. Na área de estudo, embora o clima seja semi-árido, o predomínio do bicarbonato em relação ao cloreto pode estar associado ao fato de que as amostras coletadas representam porções superficiais do aquífero, já que as lavras pegmatíticas não são muito profundas. Este fato é corroborado pelo tipo químico predominante, pois águas bicarbonatadas cálcicas são, em geral, típicas de zonas de recarga.

A maior tendência à salinização observada no aquífero xistoso em relação ao granítico pode ser associada a variações composicionais, bem como à intensidade e tipos de discontinuidades presentes nestas rochas. Os aquíferos xistosos estão frequentemente intercalados por litotipos de composição carbonática que apresentam menor estabilidade frente ao intemperismo químico, comparativamente aos constituintes típicos dos granitos da área de estudo, entre os quais se destacam micas e feldspatos sódicos e potássicos. Esta hipótese é corroborada pela predominância de íons Ca^{2+} nos xistos e Mg^{2+} e Na^+ nos granitos. Além disso, no aquífero xistoso, os planos de descontinuidade (xistosidade) são mais frequentes e menos espaçados e podem promover uma maior interação água-rocha em relação aos planos de descontinuidade (fraturas) dos granitos.

No aquífero granítico, as amostras das lavras pegmatíticas localizadas na Bacia do Córrego Palmeiras apresentam valores médios de condutividade elétrica e sólidos dissolvidos respectivamente de 41,3 μ S/cm e 55,4,0mg/L.

As amostras de água da lavra pegmatítica VSM05, localizada na Bacia do Córrego Água Santa contrastam com os valores de condutividade elétrica e sólidos dissolvidos encontrados na região. Neste local, a condutividade elétrica atingiu 1268,0 μ S/cm e os sólidos dissolvidos 1314,0mg/L. As concentrações anômalas destes parâmetros podem ser associadas às altas concentrações em nitrato também verificadas neste ponto (492,8 mg/L).

As concentrações dos íons dominantes também são mais elevadas nas amostras desta lavra em relação às demais. Este fato pode indicar a influência das rochas encaixantes dos pegmatitos nas águas ocorrentes nas lavras. Na Bacia do Córrego Água Santa as encaixantes são rochas com maior variabilidade composicional (xistos carbonáticos e metagravaucaas) enquanto que na Bacia do Córrego Palmeiras as encaixantes são predominantemente quartzitos.

Com exceção do ponto VSM05 onde as altas concentrações em nitrato associadas ao uso de explosivos na lavras constituem uma importante carga contaminante, nos demais pontos de amostragem os valores de nitratos, fosfatos e DBO e DQO são baixos. No entanto, os resultados obtidos para coliformes termotolerantes (CT) e estreptococos fecais (EF) em todos os pontos amostrados, indicam a existência de contaminação por fezes animais e esgotos domésticos.

7.1.2 Qualidade das Águas

Águas Superficiais

O uso das águas dos córregos Palmeiras e Água Santa são compatíveis com aqueles estabelecidos para a Classe 2 (Resolução Conama 357/05). Entretanto, a análise de qualidade demonstra que estas águas não atendem aos padrões estabelecidos para classe 2, tendo sido detectados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos em desacordo com aqueles estabelecidos pela legislação.

A avaliação dos córregos Água Santa e Palmeiras nas imediações da área mineradora demonstra que a qualidade das águas está comprometida, sendo elevado o conteúdo em partículas e em cargas orgânicas. A retirada da cobertura vegetal que protege os solos da erosão laminar e a ausência de saneamento básico na região são os principais fatores responsáveis por esta degradação.

Nascentes e Águas Subterrâneas

A avaliação relativa ao padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 518/04 revela que as águas brutas de nascentes e subterrâneas são inadequadas para o consumo humano, pois apresentam parâmetros físicos, químicos e microbiológicos acima dos valores máximos permitidos para este uso. No entanto, as nascentes (VSM03 e 11) e as águas ocorrentes em lavras desativadas (VSM07, 08 e 09) apresentam apenas cor, turbidez e os parâmetros microbiológicos em desacordo com o padrão de potabilidade. Desta forma, estes locais podem vir a constituir fontes de captação de água para consumo humano mediante tratamento convencional da água, o qual é caracterizado por filtração e desinfecção. Para o caso da utilização destas águas para consumo humano sugere-se a continuidade do monitoramento físico-químico e microbiológico. Quanto à frequência das amostragens recomenda-se análises semanais para os parâmetros microbiológicos, mensais para os parâmetros físicos e semestrais para os parâmetros químicos, conforme estabelecido na Portaria 518/04.

As águas das lavras em atividade localizadas na Bacia do Córrego Palmeiras (VSM 10, 13 e 15) além de apresentarem parâmetros físicos e microbiológicos, em desacordo com os padrões de potabilidade apresentam também parâmetros químicos. Processos simples de filtração e desinfecção são insuficientes para melhoria da qualidade e colocação destas águas em níveis aceitáveis de potabilidade. Desta forma, seu uso é recomendado para atividades domésticas que não necessitem de padrões de qualidade rigorosos tais como, limpezas de sanitários.

Em relação ao uso para irrigação, as águas ocorrentes em lavras pegmatíticas localizadas na Bacia do Córrego Palmeiras apresentam boas condições devido ao baixo teor em sais e baixo risco de adsorção de sódio.

Contaminação por nitrato em águas ocorrentes em lavra pegmatítica

As águas da lavra VSM05 mostram-se inadequada a qualquer tipo de uso devido aos valores elevados de sólidos dissolvidos, dureza total e nitrato. Neste local, as concentrações de nitrato chegaram a 492,8mg/L

O nitrato apresenta grande solubilidade no meio aquático, o que torna sua presença um risco eminente à contaminação de todo o sistema subterrâneo. Além disso, concentrações elevadas deste elemento são extremamente nocivas à saúde humana, podendo levar a morte.

7.2 Potencialidades dos Recursos Hídricos

A área de estudo, inserida no contexto climático do semi-árido mineiro, é caracterizada por baixa disponibilidade hídrica. Este quadro natural de escassez é agravado em função do uso incorreto dos solos e das águas. Embora as nascentes apresentem qualidade favorável a diversos tipos de usos, a preservação destas surgências é fundamental para a manutenção da perenidade dos córregos. A avaliação dos córregos Água Santa e Palmeiras demonstra que estas drenagens estão com a qualidade comprometida.

Em vista do cenário ambiental da área de estudo são sugeridas as seguintes medidas mitigadoras:

- preservação de áreas de nascentes;
- recuperação de mata ciliar;
- implantação de sistema de coleta e tratamento de esgotos domésticos;
- implantação de sistema de coleta de lixo;
- conscientização da população em relação à preservação dos recursos hídricos e de matas ciliares;
- elaboração de estudo visando à disposição adequada dos rejeitos da mineração.

Atualmente os rejeitos são estocados em pilhas situadas nas encostas dos morros. Este procedimento ocasiona o deslizamento do material encosta a baixo, retirando a cobertura vegetal que protege o solo de processos erosivos. Além disso, os rejeitos se acumulam nos leitos dos córregos acelerando o assoreamento destes cursos d'água.

As águas ocorrentes nas lavras pegmatíticas localizadas na Bacia do Córrego Palmeiras podem vir a representar uma alternativa de captação, dada a melhor qualidade apresentada em relação às demais águas avaliadas. No entanto, o uso destas águas deve ser avaliado com cautela já que existem diferenças de qualidade importantes entre os pontos de amostragem.

Visto que as águas das lavras pegmatíticas representam pontos potenciais de captação e ao mesmo tempo configuram um canal de contato direto com o sistema subterrâneo, faz-se necessário o melhor conhecimento destas águas visando o seu uso racional. Desta forma, sugere-se a adoção das seguintes medidas:

- realização de estudos com o objetivo de determinar as propriedades hidrodinâmicas das águas subterrâneas da área de estudo, bem como a determinação do balanço hídrico. Recomenda-se a utilização de trançadores artificiais de modo a auxiliar a pesquisa das propriedades hidrodinâmicas, o que possibilitará obter as informações do tipo: taxa de infiltração das águas no sub-solo; interconexões entre águas subterrâneas e superficiais; velocidade, direção e sentido do fluxo subterrâneo.
- continuidade do monitoramento hidroquímico, a fim de se obter maiores informações quanto às variações temporais na composição físico-química das águas;
- determinação do tempo de renovação das águas (datação) por meio de análises isotópicas (trítio). A datação das águas constitui uma ferramenta importante no entendimento do regime hidrológico da área de estudo.

É válido ressaltar que os pegmatitos localizadas na Bacia do Córrego Palmeiras podem vir constituir aquíferos de boa produtividade, pois estas rochas estão encaixadas em lineamentos de direção aproximadamente N-S, os quais regionalmente estão associados ao maior número de poços tubulares produtivos (Oliveira *et al.* 2002a).

Quanto à preservação da qualidade das águas ocorrentes nas lavras pegmatíticas são sugeridas as seguintes medidas:

- proteção das galerias com ocorrência de água, evitando a utilização de materiais contaminantes (explosivos, óleos e graxas);
- realização de estudos visando à criação de áreas de preservação em lavras pegmatíticas desativadas com ocorrência de água subterrânea;
- conscientização dos garimpeiros quanto à necessidade de preservação das águas ocorrentes nas lavras e da disposição adequada dos rejeitos da mineração.