

CAPÍTULO 6 – QUALIDADE DAS ÁGUAS

A análise de qualidade da água é baseada na comparação de suas características físico-químicas com *padrões* estabelecidos para os diversos tipos de usos previstos, tais como consumo humano e irrigação.

Águas naturais podem ter a qualidade alterada por fontes externas de poluição ou contaminação. Entretanto, a contaminação pode ser proveniente de fatores naturais ao ambiente, especialmente no sistema subterrâneo, onde a dissolução de minerais pode introduzir determinados elementos na água em concentrações elevadas tornando-a imprópria para diversos tipos de uso.

A análise de qualidade da água é de extrema importância para sua utilização uma vez que concentrações anômalas de determinado elemento podem causar prejuízos a saúde pública e ao meio ambiente (Tabela 22).

Tabela 22: Relações entre concentrações anômalas de elementos químicos e seus efeitos no organismo humano e no meio ambiente (Santos, 1997).

Elemento	Efeito
As	É carcinógeno. A ingestão de 100mg envenena seriamente o organismo humano.
Ba	O consumo acima de 500mg é fatal para o ser humano. O seu excesso causa bloqueio no sistema nervoso e aumento da pressão sanguínea por vasoconstrição.
Cd	É altamente tóxico, seu excesso pode provocar hipertensão arterial, anemia e retardar o crescimento.
Ca	No corpo humano tem a função de manter os ossos saudáveis. Atua na coagulação do sangue, controla impulsos nervosos e as contrações musculares. A carência provoca raquitismo e osteoporose e seu excesso causa dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjôo e pedras nos rins. É benéfico à agricultura sendo essencial para o crescimento dos vegetais. Concentrações excessivas nas águas conferem a estas características de dureza.
Mg	No corpo humano tem a função de converter o açúcar em energia, além de ser necessário para o funcionamento dos nervos e músculos. Sua deficiência causa nervosismo e tremores e seu excesso provoca distúrbios intestinais.
Na	Concentrações elevadas são prejudiciais às plantas por reduzir a permeabilidade do solo.
K	No corpo humano regula batimentos cardíacos, controla impulsos nervosos e contrações musculares. Sua carência pode provocar fadiga, baixa de açúcar no sangue e insônia, enquanto seu excesso causa câimbra, fadiga, paralisia muscular e diarreia. É importante no desenvolvimento das plantas sendo comumente adicionado ao solo como fertilizante.
Cloretos	Altas concentrações são tóxicas para a maioria dos vegetais inibindo seu crescimento.
Fluoretos	Em teor inferior a 1,5mg/L é benéfico à saúde atuando na prevenção de cáries dentárias em crianças. Acima deste teor causa fluorose dental e deformação nos ossos. É muito tóxico para os vegetais.
Nitratos	Altas concentrações produzem intoxicação levando à morte por cianose em casos extremos.

6.1 Uso das águas em Coronel Murta

No município de Coronel Murta, as águas são utilizadas principalmente para consumo humano e irrigação. As principais fontes de captação de água são no Rio Jequitinhonha e em poços tubulares profundos distribuídos pelo município.

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa), responsável pelo abastecimento público do município, detém captações no Rio Jequitinhonha com vazão de 0,022m³/s. No entanto, estas águas visam somente o abastecimento da sede municipal. As demais localidades são abastecidas por poços tubulares que operam em condições precárias. Segundo Viana *et al.*, (2005) dos 13 poços tubulares públicos registrados no município apenas 06 estão atualmente em operação, com vazão média de 2,8 m³/h. Este cenário faz com que a população busque soluções alternativas de abastecimento.

As vilas garimpeiras não dispõem de sistema público de abastecimento. A captação de água é feita pelos próprios moradores em nascentes e em córregos nas imediações dos garimpos. As drenagens que geralmente apresentam baixas vazões devido às condições climáticas da região e ao assoreamento, não comportam a demanda de água para as vilas garimpeiras. Desta forma, as águas ocorrentes nas lavras pegmatíticas vêm representando uma solução alternativa de abastecimento para as vilas garimpeiras. A adução destas águas é feita por ação da gravidade, pois as lavras estão localizadas geralmente em cotas mais altas que as vilas.

Nos próximos itens deste capítulo a qualidade das águas da área de estudo será avaliada em função dos principais tipos de uso.

6.2 Qualidade das águas dos Córregos Água Santa e Palmeiras

As águas superficiais do território nacional seguem classificação e padrões de qualidade determinados pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Esta resolução classifica as águas doces (salinidade <0,5‰), salobras (salinidade entre 0,5 e 30‰) e salinas (salinidade >30‰) do Território Nacional de acordo com a qualidade requerida para seus usos preponderantes e as divide em treze classes de qualidade.

As águas dos córregos Água Santa e Palmeiras apresentam uso compatível com águas de classe 2, as quais são destinadas: ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; a proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário; a atividade de pesca; a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas que são consumidas cruas. Desta forma, os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos destes córregos foram avaliados em função dos limites estabelecidos para as águas de classe 2 (Tabela 23).

Tabela 23: Padrão de qualidade para águas de Classe 2 - Resolução Conama nº 357/05.

Parâmetros / Unidade	Limite	Parâmetros / Unidade	Limite
Cor (UPt)	75,0	Cianeto (mg/L)	0,005
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	500	Cloreto (mg/L)	250
Turbidez (NTU)	100	Flúor (mg/L)	1,4
Alumínio dissolvido (mg/L)	0,1	Fosfato Total (mg/L)	0,025
Arsênio total (mg/L)	0,01	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	3,7
Bário total (mg/L)	0,7	Nitrato (mg/L)	10,0
Cádmio total (mg/L)	0,001	Nitrito (mg/L)	1,0
Chumbo total (mg/L)	0,01	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	>=5,0
Cobre dissolvido (mg/L)	0,009	pH	6-9,0
Cromo total (mg/L)	0,05	Sulfato (mg/L)	250
Ferro dissolvido (mg/L)	0,3	Sulfeto (mg/L)	0,02
Manganês total (mg/L)	0,1	Demanda Bioquímica Oxigênio (mg/L)	5,0
Níquel total (mg/L)	0,025	Óleos e Graxas (mg/L)	ausente
Zinco total (mg/L)	0,18	Coliformes Termotolerantes (VMP/100ml)	1000

6.2.1 Análise dos resultados

Nos córregos Palmeiras e Água Santa, os parâmetros físicos em desacordo com o padrão de qualidade estabelecido para as águas de classe 2 são: cor (Figura 64) e turbidez (Figura 65). Os demais parâmetros físicos apresentam valores que se enquadram no limite estabelecido para classe 2.

As amostras que ultrapassaram o limite de qualidade referem-se exclusivamente a coleta realizada no período chuvoso (Fevereiro/2005). Embora as amostras de todos os pontos de amostragem tenham excedido o limite de qualidade, os valores de cor e turbidez foram mais elevados nos pontos localizados a jusante de vilas garimpeiras tanto na bacia do Córrego Água Santa (VSM02) quanto na bacia do Córrego Palmeiras (VSM12).

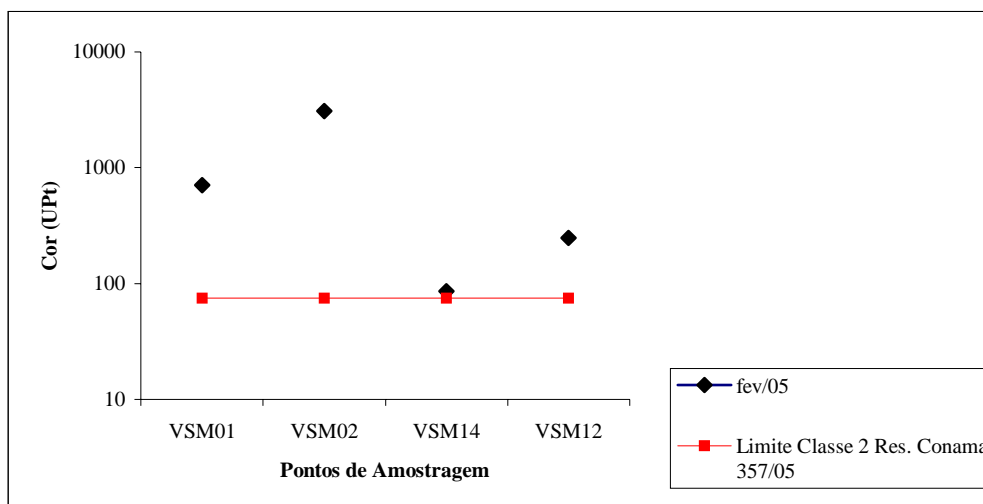


Figura 64: Pontos de amostragem de águas superficiais com concentrações de cor (UPt) acima do limite estabelecido para águas de classe 2 (Resolução Conama 357/05).

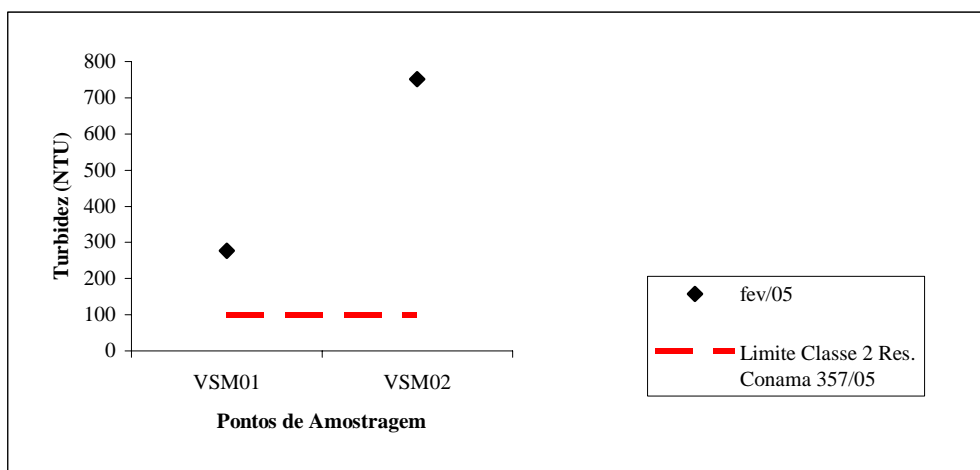


Figura 65: Pontos de amostragem de águas superficiais com concentrações de turbidez (NTU) acima do limite estabelecido para águas de classe 2 (Resolução Conama 357/05).

Os parâmetros químicos em desacordo com o padrão de qualidade estabelecido para classe 2 são: alumínio, manganês e zinco. Os demais parâmetros químicos se enquadram no limite estabelecido para águas de classe 2.

No Córrego Água Santa, as concentrações de alumínio solúvel excederam os limites estabelecidos para classe 2 nos pontos de monitoramento VSM01 e VSM02. No Córrego Palmeiras, as concentrações de alumínio solúvel ultrapassaram o limite para classe 2 somente no ponto VSM12. As amostras com concentrações em alumínio solúvel em desacordo com o limite estabelecido para águas de classe 2 se referem à coleta realizada no período chuvoso (Figura 66).

No ponto de monitoramento VSM01, as amostras coletadas nas estações intermediárias e chuvosa apresentaram concentrações de zinco total em torno de 0,25mg/L excedendo o limite para classe 2 (0,18mg/L).

No ponto VSM02, todas as amostras coletadas apresentaram manganês total acima do limite estabelecidos para classe 2 (0,1mg/L).

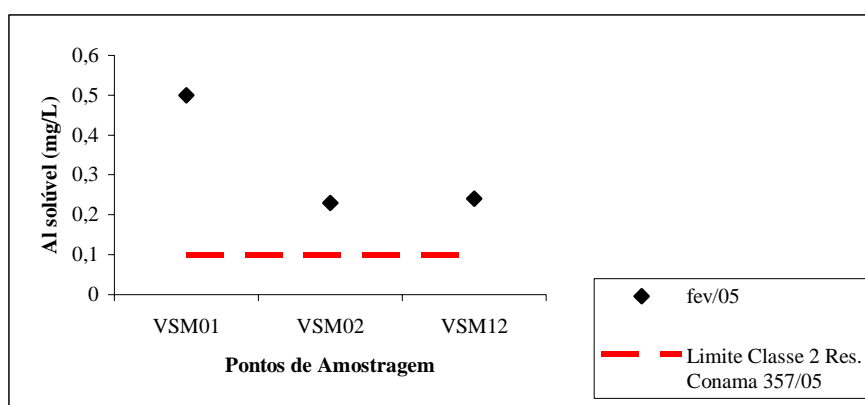


Figura 66: Pontos de amostragem de águas superficiais com concentrações de alumínio solúvel (mg/L) acima do limite estabelecido para águas de classe 2 (Resolução Conama 357/05).

As concentrações de coliformes termotolerantes ultrapassaram os limites estabelecidos para águas de classe 2 nos pontos de monitoramento VSM02 (Córrego Água Santa) e VSM14 (Córrego Palmeiras), em amostras coletadas no período chuvoso (Figura 67).

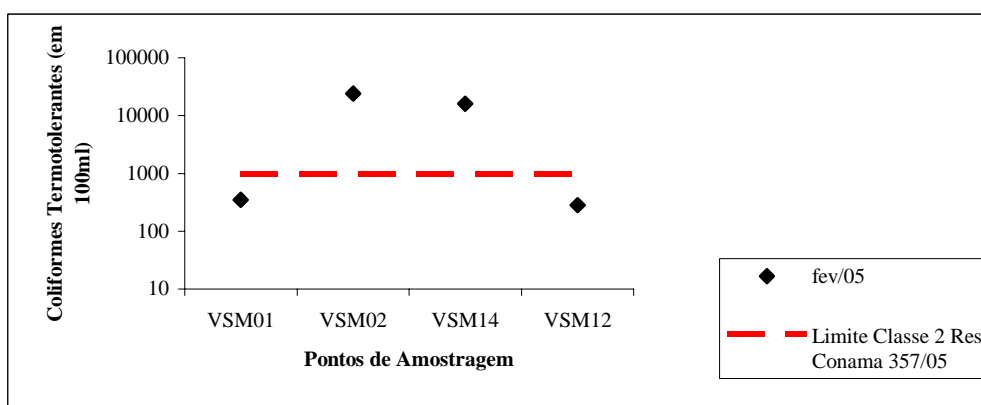


Figura 67: Pontos de amostragem de águas superficiais com concentrações de coliformes termotolerantes acima do limite estabelecido para águas de classe 2 (Resolução Conama 357/05).

6.2.2 Índice de qualidade da água (IQA)

O índice de qualidade da água (IQA) busca caracterizar a qualidade das águas superficiais brutas mediante as interferências causadas por lançamento de esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, além da presença de nutrientes e sólidos (IGAM, 2005).

Desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF) dos Estados Unidos, o índice de qualidade da água (IQA) considera em seus cálculos as concentrações de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, sendo determinado pelo produto ponderado das variáveis: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais.

A cada parâmetro foi atribuído um peso de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA (Tabela 24). Desta maneira:

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA – índice de qualidade da água, um número de 0 a 100;

q_i = parâmetros de qualidade avaliados;

w_i = peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Tabela 24: Peso dos parâmetros utilizados no cálculo do IQA.

Parâmetro	Peso - <i>w_i</i>
Oxigênio dissolvido – OD (% OD)	0,17
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃)	0,10
Fosfatos (mg/L PO ₄)	0,10
Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos totais (mg/L)	0,08

Os valores do índice variam entre 0 e 100, conforme especificado a seguir (Tabela 25).

Tabela 25: Faixas de variação de qualidade das águas.

Variação	Faixa
Excelente	90 < IQA ≤ 100
Bom	70 < IQA ≤ 90
Médio	50 < IQA ≤ 70
Ruim	25 < IQA ≤ 50
Muito Ruim	0 ≤ IQA ≤ 25

Na área de estudo, as águas dos córregos Água Santa e Palmeiras apresentam índice de qualidade médio (Figura 68).

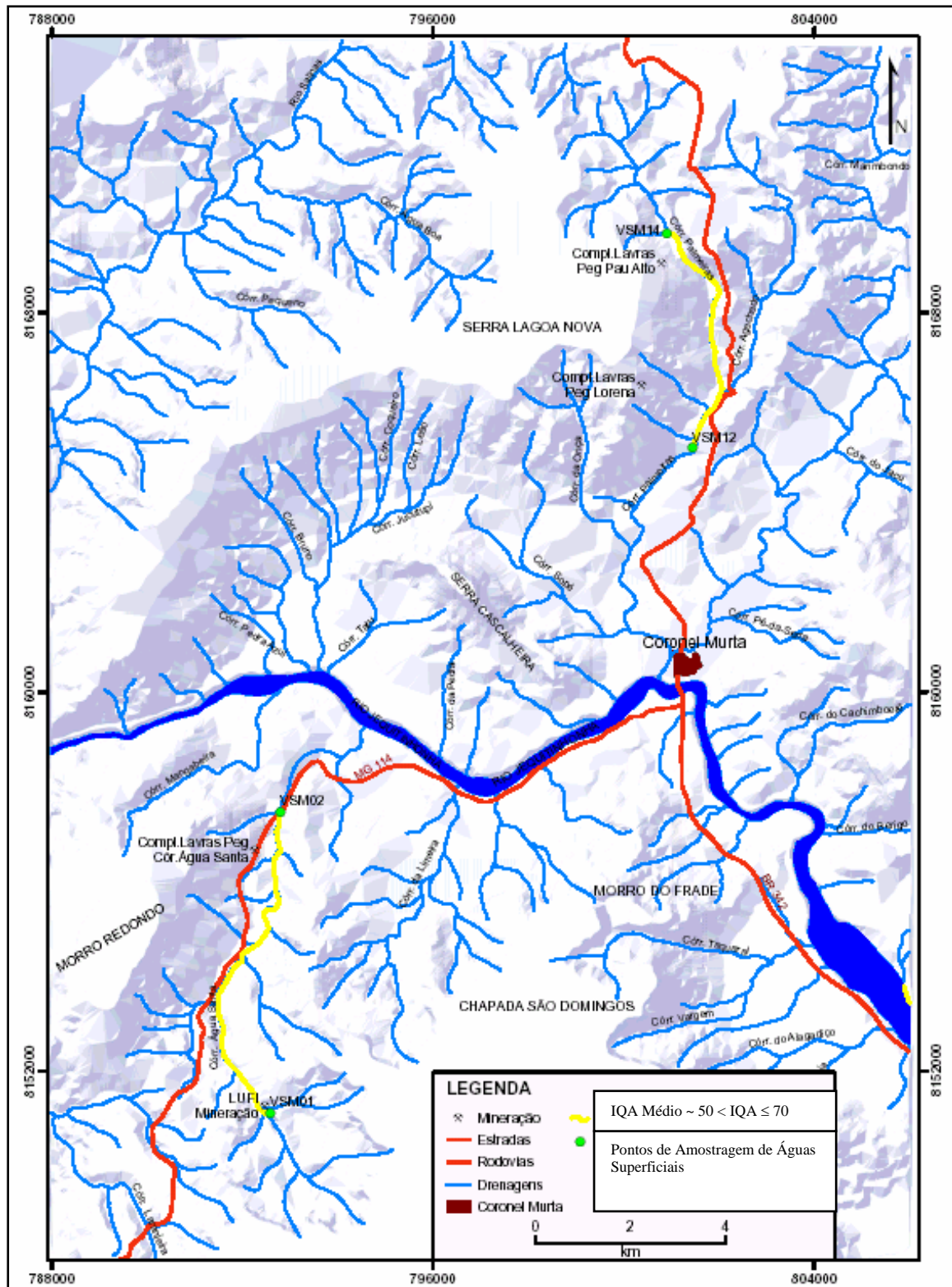


Figura 68: Índice de qualidade das águas (IQA) em trechos dos córregos Água Santa e Palmeiras.

Os pontos de amostragem mais próximos à cabeceira dos córregos apresentam melhor condição de qualidade, dada por valor de IQA próximo a 70. Já os pontos a jusante das áreas de mineração e de vilas garimpeiras apresentam valor de IQA mais baixo, em torno de 55.

6.2.3 Discussões

Apesar de apresentarem uso compatível com águas de classe 2, os córregos Água Santa e Palmeiras não atenderam os padrões de qualidade estabelecidos para esta classe. Os parâmetros em desacordo com os limites máximos estabelecidos para classe 2 foram: cor, turbidez, alumínio solúvel, manganês total, zinco total, coliformes termotolerantes e totais.

Os valores elevados de cor, turbidez, alumínio e manganês refletem a lixiviação dos solos devido à ausência de mata ciliar, especialmente em pontos de amostragem mais afastados das cabeceiras dos córregos. Já as concentrações elevadas em zinco total necessitam de maiores investigações para se verificar prováveis origens. Os altos valores de coliformes estão associados ao despejo de efluentes domésticos nos cursos d'água.

A avaliação da qualidade das águas dos córregos Água Santa e Palmeiras nas imediações da área mineradora demonstrou que os trechos estudados estão com a qualidade comprometida. O índice de qualidade médio reflete o alto conteúdo em partículas e em matéria orgânica que são lançadas nestes cursos. As principais causas para estes resultados são a retirada da cobertura vegetal que protege os solos da erosão laminar e a ausência de saneamento básico na região.

6.3 Qualidade das Nascentes e das Águas subterrâneas

As nascentes e águas subterrâneas da área de estudo foram avaliadas em função dos principais usos a que são destinadas: consumo humano e irrigação.

6.3.1 Potabilidade

Dentre os diversos padrões de qualidade, os mais rigorosos são os de potabilidade, pois estão associados à água destinada ao consumo humano. No Brasil o padrão de potabilidade é atualmente definido pela Portaria nº 518, de 2004 do Ministério da Saúde (Tabela 26).

Nos próximos itens, as características físicas, químicas e microbiológicas das águas de nascentes e águas subterrâneas da área de estudo serão avaliadas em comparação com estes padrões.

Tabela 26: Padrão de potabilidade – Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. VMP: valor máximo permitido.

Parâmetros / Unidade	vmp	Parâmetros / Unidade	vmp
Cor (UPt)	15,0	Mercurio (mg/L)	0,001
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	1000	Sódio (mg/L)	200
Dureza	500	Zinco (mg/L)	5,0
Turbidez (NTU)	5,0	Cianeto (mg/L)	0,007
Alumínio (mg/L)	0,2	Cloreto (mg/L)	250
Arsênio (mg/L)	0,01	Flúor (mg/L)	1,5
Bário (mg/L)	0,7	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1,5
Cádmio (mg/L)	0,005	Nitrato (mg/L)	10,0
Chumbo (mg/L)	0,01	Nitrito (mg/L)	1,0
Cobre (mg/L)	2,0	Sulfato (mg/L)	250
Cromo (mg/L)	0,05	Coliformes Termotolerantes (VMP/100ml)	ausentes
Ferro (mg/L)	0,3	Coliformes Totais (VMP/100ml)	ausentes
Manganês (mg/L)	0,1	Estreptococos Fecais (VMP/100ml)	ausentes

Análise dos Resultados

A maioria dos parâmetros físicos e químicos analisados está em conformidade com os padrões estabelecidos para consumo humano. Entretanto, em alguns pontos foram detectados parâmetros com valores anômalos.

Considerando os parâmetros físicos, apenas uma amostra de nascente (VSM03) coletada no período chuvoso apresentou valor para cor (16UPt) em desacordo com o padrão de potabilidade. Nas águas subterrâneas, as amostras dos pontos VSM05, 09, 10 e 13 coletadas no período chuvoso apresentaram valores de cor e turbidez acima dos limites estabelecidos pela Portaria 518/04 para consumo humano.

Souza (1995) propõe a classificação da potabilidade de acordo com intervalos de variação em relação ao conteúdo de sólidos totais dissolvidos e de dureza total (Tabela 27).

Tabela 27: Classificação da potabilidade de acordo intervalos de concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) e dureza total (DT), segundo Souza (1995). * Valor Máximo Permitido pela Portaria 518/04.

Intervalos		Classificação da Potabilidade
STD (mg/L)	DT (mg/L de CaCO ₃)	
STD ≤ 150	DT ≤ 120	Boa
150 < STD ≤ 500	120 < DT ≤ 180	Razoável
500 < STD ≤ 1000	180 < DT ≤ 500	Tolerável
STD > 1000*	DT > 500*	Inaceitável

De acordo com o conteúdo em sólidos dissolvidos 59% das amostras de nascentes e águas subterrâneas analisadas apresentaram boa potabilidade (Figura 69). Em relação à dureza total 75% das amostras apresentaram boa potabilidade (Figura 70).

As melhores condições de potabilidade tanto em relação ao conteúdo em sólidos dissolvidos quanto à dureza total foram de amostras dos pontos VSM03, 07, 08, 09 10, 11, 13 e 15, localizados na Bacia do Córrego Palmeiras.

Em contrapartida, as amostras com as piores condições de potabilidade foram do ponto de amostragem em lavra pegmatítica VSM05, localizado na bacia do Córrego Água Santa. As amostras deste ponto foram classificadas como inaceitáveis para o consumo humano em relação ao conteúdo em sólidos dissolvidos e tolerável em relação à dureza total.

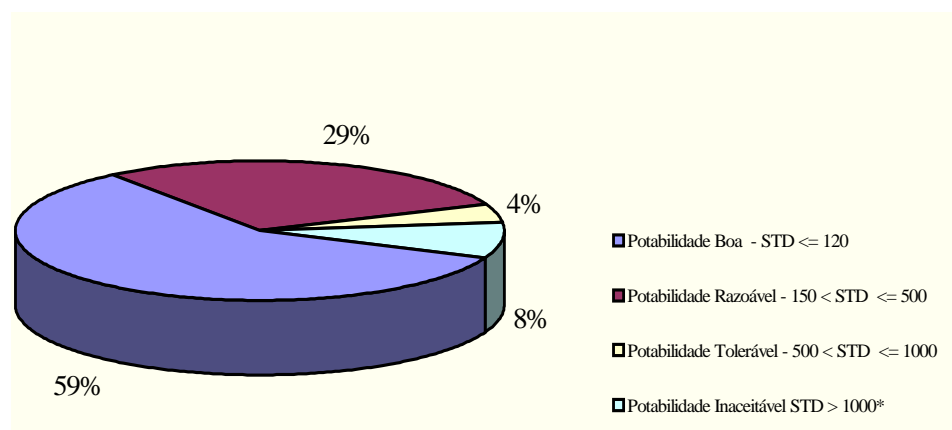


Figura 69: Classificação da potabilidade das amostras de nascentes e águas subterrâneas segundo intervalos de variação de sólidos totais dissolvidos (STD) em mg/L.

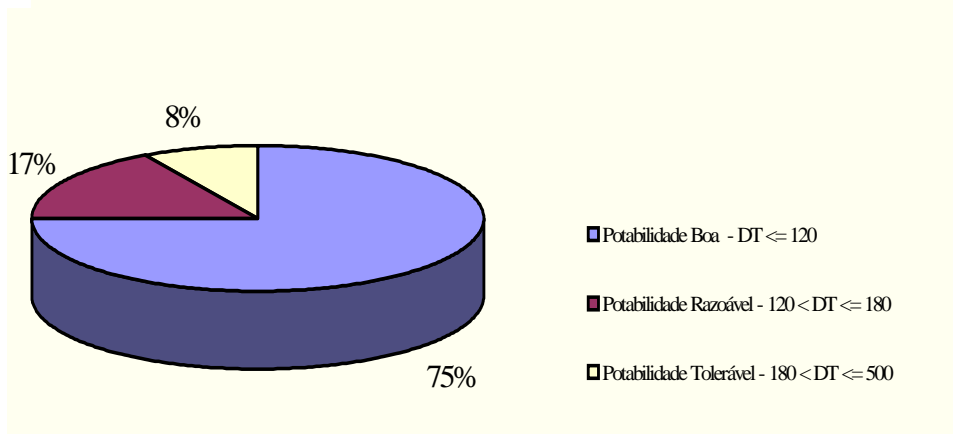


Figura 70: Classificação da potabilidade das amostras de nascentes e águas subterrâneas segundo intervalos de variação de dureza total (DT) em mg/L de CaCO₃.

Em relação aos demais parâmetros, em amostras de nascentes não foram verificados valores em desacordo com o limite de potabilidade estabelecido pela Portaria 518/04.

Entretanto, em amostras de águas subterrâneas foram verificadas concentrações de alumínio, ferro, manganês e nitrato acima do limite de potabilidade.

No ponto de amostragem em lavra pegmatítica VSM05 as concentrações de manganês variaram de 0,98 a 2,15mg/L ultrapassando o limite de aceitação para consumo humano (0,1mg/L). As concentrações de nitrato atingiram valores excessivamente altos em amostras coletadas em Novembro/2004 (447,5mg/L) e Fevereiro/2005 (492,0mg/L).

As concentrações em alumínio excederam o limite estabelecido para potabilidade nos pontos VSM06, 10 e 13. As concentrações de ferro em desacordo com o padrão de potabilidade foram de amostras dos pontos VSM04, 10 e 15. Em relação ao manganês, além do ponto VSM05, foram detectados valores acima do limite de aceitação para consumo humano em amostra do ponto VSM04.

De acordo com a Portaria 518/04 a água destinada ao consumo humano não deve conter coliformes termotolerantes, totais ou estreptococos fecais, no entanto a presença destes elementos foi verificada tanto em amostras de nascentes, quanto de poços tubulares e lavras pegmatíticas.

A tabela 28 apresenta a relação entre os pontos monitorados e os parâmetros que estão acima do valor máximo permitido para consumo humano de acordo com a Portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde.

Tabela 28: Relação entre os pontos monitorados e os parâmetros que estão em desacordo com a Portaria 518/2004. Al – Alumínio, Fe – Ferro, Mn – Manganês e NO₃ – Nitrato.

Ponto		Sólidos Dissolvidos	Turbidez	Cor	Al	Fe	Mn	NO ₃	Coliformes	Estreptococos
VSM03	Nascente			X					X	X
VSM04	Poço					X	X		X	X
VSM05	Lavra Pegmatítica	X		X			X	X	X	X
VSM06	Poço				X				X	X
VSM07	Lavra Pegmatítica								X	X
VSM08	Lavra Pegmatítica								X	X
VSM09	Lavra Pegmatítica								X	X
VSM10	Lavra Pegmatítica		X		X	X	X		X	X
VSM11	Nascente								X	X
VSM13	Lavra Pegmatítica		X	X	X				X	X
VSM15	Lavra Pegmatítica		X	X	X	X			X	X

Discussões

As amostras de nascentes e subterrâneas apresentaram restrições quanto ao uso para consumo humano devido aos seguintes parâmetros em desacordo com a Portaria 518/2004: cor, turbidez, alumínio, ferro, manganês, nitrato, coliformes e estreptococos.

Estes resultados tornam as águas brutas inadequadas para o consumo humano e indicam a contaminação das nascentes e águas subterrâneas devido à infiltração de cargas cotaminantes provenientes da disposição inadequada de efluentes domésticos e de rejeitos da mineração.

As águas dos pontos de amostragem que apresentam apenas cor, turbidez e os parâmetros microbiológicos em desacordo com o padrão de potabilidade podem se adequar ao uso para consumo humano mediante tratamento convencional das águas, o qual é caracterizado por filtração e desinfecção. Sugere-se a utilização das especificações de filtração e desinfecção recomendadas pela Portaria 518/2004 utilizada neste estudo. Entre estes pontos destacam-se VSM03, 07, 08, 09 e 11. Os pontos 03 e 11 referem-se as nascentes. Já as águas subterrâneas com melhores condições de potabilidade são as dos pontos VSM07, 08 e 09 que correspondem a lavras pegmatíticas desativadas.

Embora as águas dos pontos VSM04, 06, 10, 13 e 15 não apresentem condições de potabilidade, após processo de filtração também pode vir a tornar viáveis ao consumo humano, no entanto recomenda-se a análise físico-química destas águas após este procedimento.

No ponto VSM05, as concentrações elevadas em sólidos dissolvidos e nitrato tornam as águas inaceitáveis para consumo humano.

A avaliação da qualidade das nascentes e águas subterrâneas revela a necessidade da adoção de medidas mitigadoras e de preservação destes mananciais. A implantação de sistemas de coletas e tratamento de esgotos, a recuperação de mata ciliar e a conscientização dos garimpeiros quanto à necessidade da disposição adequada de rejeitos da mineração são algumas medidas essenciais para a preservação e recuperação dos recursos hídricos.

6.3.2 Irrigação

O potencial das águas para irrigação foi avaliado de acordo com os critérios de Richards (1969) do *United States Salinity Laboratory*, que se baseia na razão de adsorção de sódio (RAS) e na condutividade elétrica da água.

O RAS indica a porcentagem de sódio contido na água que pode ser adsorvido pelo solo. A análise do risco de adsorção de sódio é de grande importância uma vez que concentrações excessivas de sódio podem causar o endurecimento e impermeabilização do solo.

A condutividade elétrica é associada à salinidade das águas. O teor absoluto de sais de uma água também é um fator limitante de seu uso na agricultura. A salinidade afeta tanto os solos quanto o desenvolvimento das plantas. Além disto, é importante considerar que em climas áridos, as altas taxas de evaporação da água enriquece o solo com os solutos, potencializando o risco de salinização.

Na área de estudo ressalta-se o baixo risco de sódio apresentado pela totalidade das amostras, entretanto o risco de salinização variou de baixo a alto (Figura 71).

As amostras que apresentaram condições ideais para irrigação devido ao baixo risco de adsorção de sódio e a baixa salinidade referem-se aos pontos VSM07, 08, 09, 10, 13, 11 e 15. As águas com baixo risco de adsorção de sódio e baixa salinidade podem ser utilizadas para irrigar a maioria das culturas agrícolas em diferentes tipos de solos.

As amostras dos pontos VSM03, 04 e 06 apresentaram baixo risco de adsorção de sódio, mas salinidade média. As águas com salinidade média devem ser utilizadas com precaução, sendo indicadas somente em solos com permeabilidade alta.

As amostras do ponto VSM05 apresentaram salinidade alta. As águas com salinidade alta não podem ser utilizadas em solos com baixa permeabilidade e devem ser aplicadas somente em vegetais com alta tolerância salina.

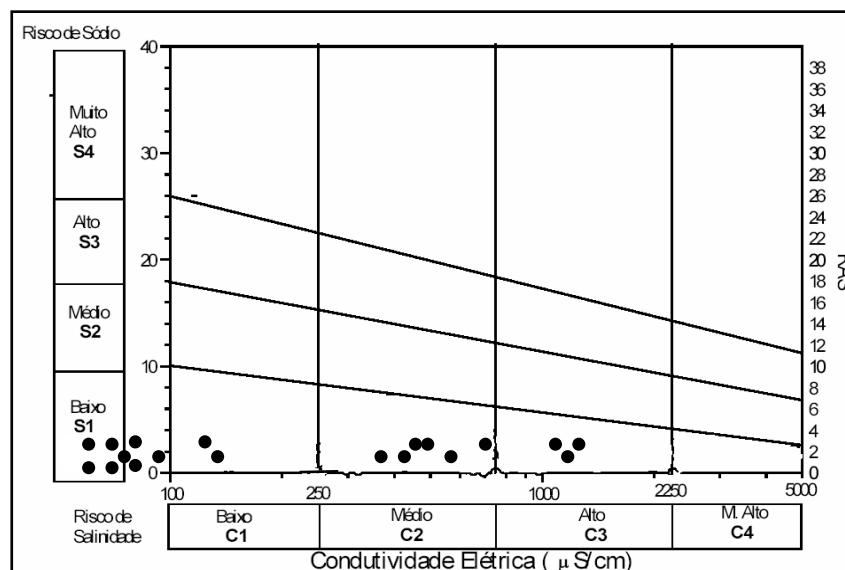


Figura 71: Classificação das amostras de nascentes e de águas subterrâneas para irrigação em função do risco de absorção de sódio e da condutividade elétrica.

Discussões

Em relação ao uso agrícola, as análises efetuadas com base no risco de sódio e de salinidade indicam que as águas VSM07, 08, 09, 11, 13 e 15 (Bacia do Córrego Palmeiras) são as mais adequadas a diversos tipos de culturas agrícolas. A condutividade elétrica predominantemente inferior a $100 \mu\text{S/cm}$ indica a baixa salinidade destas águas.

É válido ressaltar que as análises de salinidade e de razão de adsorção de sódio não são suficientes para definir a utilização das águas para irrigação. Outros parâmetros devem ser levados em consideração, tais como porosidade e permeabilidade dos solos, tipos de cultivo, variação de temperatura, pluviosidade (Richards, 1969).