

RECURSOS HÍDRICOS E IMPACTOS ANTRÓPICOS NA BACIA DO RIO FERVENÇA

Prof. Doutor Luís Filipe Pires Fernandes

Prof. Adjunto – Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Bragança - Quinta de Sta. Apolónia 5300- Bragança lfilipe@ipb.pt

INTRODUÇÃO

Este estudo que incidiu sobre a bacia hidrográfica do rio Fervença, teve como objectivo principal, a avaliação dos recursos hídricos totais disponíveis (superficiais e subterrâneos) e a identificação dos impactes antrópicos sobre a qualidade dos mesmos.

- LOCALIZAÇÃO

A área em estudo localiza-se no nordeste transmontano, junto a Bragança. O rio Fervença é um dos afluentes da margem direita do rio Sabor, ficando toda a bacia hidrográfica incluída no concelho de Bragança.

- GEOMORFOLOGIA

A bacia do rio Fervença caracteriza-se pela sua ligeira forma triangular, fruto da confluência, próximo da foz, do rio Fervença e da ribeira do Penacal, que possuem orientações distintas (S-E e N-E, respectivamente). A falha tectónica Bragança – Vilaríça - Manteigas corta esta bacia, provocando a formação da depressão de Bragança, toda ela englobada na bacia do Fervença.

No interior desta bacia notam-se alguns relevos que, pela sua configuração rectilínea, poderão estar relacionados com estruturas tectónicas. Contrastando com estes relevos, existem situações em que as formas aplanadas são uma realidade, como seja o caso das denominadas “Veiga de Gostei”, “Veiga de Alfaião” e “Planalto de Pinela - Paredes”.

- GEOLOGIA

O Maciço de Bragança é constituído por duas sinformas com orientação NW-SE. A sinforma situada a Sudoeste (Vila Boa de Ousilhão) está separada da sinforma situada a Nordeste (Parâmio - Baçal) por um antiforma (anticlinal de Ladeiro) onde aparecem formações do grupo centro - transmontano.

Do ponto de vista geológico, a bacia do rio Fervença engloba basicamente três das grandes unidades anteriormente descritas: Terreno Continental Alóctone, Terreno Ofiolítico Setentrional e Complexo Inferior de Mantos Alóctones.

O para-autóctone inclui metasedimentos de baixo grau metamórfico de idade silúrica: filitos, grauvaques, quartzitos e chertes.

O Complexo Inferior de Mantos Alóctones é caracterizado por magmatismo bimodal, que inclui riólitos e granitos peralcalinos, assim como paragénese mineral relíquia de metamorfismo de alta pressão.

O Terreno Ofiolítico Setentrional compreende sequências ofiolíticas típicas, parcialmente desmembradas pela orogenia Varisca, caracterizadas por metamorfismo precoce prógrado em fácies anfíbolíticas.

O Terreno Continental Alóctone é composto em grande parte por rochas de alto grau metamórfico, ígneas, máficas e últramáficas. As rochas félsicas estão representadas por paragnaisses (por vezes com distena e silimanite), que englobam lentes de eclogito.

A maior parte dos solos do Nordeste Transmontano formam-se a partir de materiais resultantes da alteração e desagregação do substrato rochoso (rochas consolidadas), por acção de agentes de meteorização, de intensidade variável em função do clima, do relevo e da vegetação, dando origem a materiais soltos, com granulometria e espessura variadas. Na área em estudo o grupo mais representativo é o dos Leptossolos.

Com base na leitura directa das cartas actualizadas 1/25.000 dos Serviços Cartográficos do Exército, feita através de planímetro digital e completada com observações de campo efectuadas durante a realização deste estudo, foram determinadas as áreas correspondentes aos diversos tipos de ocupação do solo na bacia do rio Fervença.

Dos 202,9 km² da bacia, 20,3 % são ocupados por arvoredos e 20,1 % são ocupados com matos densos.

A área ocupada por pomares e vinhas, olivais e soutos corresponde a 10,8% da área total. A área de regadio intensivo situa-se na veiga de Gostei e ocupa 4,6 % da área total, enquanto os prados permanentes (lameiros), que se situam quase sempre ao longo das linhas de água, ocupam uma superfície de 8,6 %.

Os perímetros urbanos, que englobam parte da cidade de Bragança e algumas aldeias, ocupam cerca 3,2 % da área total da bacia.

Pela interpretação destes valores, verifica-se que cerca de metade da bacia do rio Fervença fica disponível para a agricultura. A área agricultada é ocupada, maioritariamente, e por ordem decrescente, por:

- cereais de sequeiro;
- pomares (incluindo oliveiras, vinhas e castanheiros);
- regadio (batata, legumes, lúpulo, morangos, milho).

- CLIMATOLOGIA

Portugal Continental apresenta características próprias e particulares, que o distinguem da Europa Central, principalmente pelo facto de os meses de Julho e Agosto conhecerem uma quase absoluta estabilidade dos tipos de tempo, contrastando com a variabilidade registada nos outros meses do ano. Esta originalidade do clima português depende, principalmente, da posição marginal de Portugal em relação ao Atlântico, numa latitude sub-tropical.

O clima da região de Trás-os-Montes apresenta características marcadamente mediterrânicas, atendendo à pouca pluviosidade registada nos dois principais meses de Verão (Julho/Agosto). As características continentais são igualmente evidentes, devido ao isolamento provocado pelas cadeias montanhosas que a envolvem.

Bragança apresenta valores médios de precipitação de 834,1 mm e 12,0°C de temperatura para a série de anos de 1931-1997. Para esta mesma série, o cálculo de EVR segundo o método de Thornthwaite forneceu um valor de 407,8 mm, o que corresponde a 49% do total da precipitação.

Dentro da bacia do rio Fervença definiu-se uma sub-bacia de 46,6 km² onde se controlou a escorrência superficial, o que permitiu efectuar o cálculo do balanço hídrico com mais rigor. Assim, foi possível chegar a valores de 51% para a escorrência superficial verificada nesta sub-bacia nos anos de 1995/97.

Se se atender ao valor da EVR e ao valor do escoamento total medido e calculado verifica-se que a sua soma perfaz 100%. É certo que 54% do escoamento total é contribuição das águas subterrâneas, conforme se comprova quando se faz a decomposição do hidrograma. No entanto, com estes cálculos, desaparece a componente de infiltração profunda, o que pode estar relacionado com um valor sobrelevado da EVR, variável que não foi controlada durante este estudo.

- CONSIDERAÇÕES SOBRE A ZONA NÃO SATURADA

Para recolha da solução do solo foram utilizadas cápsulas de sucção cerâmicas. Dado que a utilização deste tipo de amostradores pode trazer alguns problemas de libertação ou absorção de alguns elementos químicos, procedeu-se a um vasto programa de lavagens com água desprovida de iões, até que a água resultante das sucessivas lavagens apresentasse valores de condutividade baixos e relativamente constantes. Isto garantiu que grande parte dos elementos químicos que se encontravam nos espaços intergranulares ou adsorvidos pelos minerais das argilas tivessem sido retirados durante a lavagem, anulando a possibilidade de influenciar os resultados obtidos.

Foram definidos seis locais, onde se instalaram algumas cápsulas para recolha de solução do solo. Estes locais foram escolhidos, por terem diferentes tipos de culturas que necessitavam de teores de fertilização também diferentes. Assim, foram definidas estações localizadas em prado, cultura de lúpulo, cultura de morangos, cultura de cevada/milho, cultura de sorgo e, finalmente, foi instalada uma estação próximo de um depósito de resíduos sólidos (lixeria municipal).

Para caracterizar estes campos experimentais foram colhidas amostras de solo para análise mecânica e química, sendo os tipos franco-limosos e franco-arenosos os mais frequentes nas amostras analisadas.

Após comparação dos dados dos locais amostrados não foi possível encontrar padrões semelhantes de comportamento que permitam correlacionar os diversos elementos analisados e as condições particulares de cada local.

De uma maneira geral, e tomando como exemplo o comportamento da condutividade observado ao longo do perfil do solo, em que se verifica uma diminuição dos valores em profundidade, conclui-se que o solo tem um efeito filtrante efectivo em relação às substâncias presentes na solução que nele circula.

O comportamento dos outros parâmetros reflecte uma complexa teia de interacções dos elementos químicos entre si e entre eles e as fracções inerte e viva do solo, que não foi possível clarificar.

A situação atrás referida poderá estar relacionada com algumas variáveis que não foram totalmente controladas durante o estudo, devido à dificuldade de coordenação das actividades relacionadas com a investigação e as actividades agrícolas desenvolvidas pelos proprietários das parcelas.

- HIDROGEOQUÍMICA

No total foram amostrados 101 locais, numa tentativa de cobrir toda a área da bacia do rio Fervença. Estas colheitas efectuaram-se em três períodos distintos: Abril de 1997; Agosto de 97; e Dezembro de 97. Destes locais, 36 dizem respeito a águas superficiais e 65 a águas subterrâneas.

As águas analisadas são águas frias, já que apresentam um valor médio de temperatura de 13,8°C.

A média dos valores do pH situa-se nos 7.2 sendo, portanto, um valor muito próximo da neutralidade. Contudo, tal como se observou no gráfico de representação das frequências absolutas, a maior parte das amostras situam-se abaixo da neutralidade, ou seja, com valores ligeiramente ácidos.

A alcalinidade de uma água mede a sua capacidade para neutralizar ácidos ou, ainda, a sua capacidade de aceitar prótons, que resultaram do efeito acumulado das bases em solução. O valor médio da alcalinidade das águas subterrâneas da bacia do rio Fervença é superior ao das águas de origem superficial, com 61,2 mg/l nas águas de origem subterrânea e 40,2 mg/l nas águas de origem superficial, e com um valor médio de 52,7 mg/l no conjunto de todas as amostras.

As águas podem ser classificadas de acordo com o seu valor de dureza, a qual depende do seu conteúdo em iões cálcio e magnésio. CUSTÓDIO e LLAMAS (1983) indicam que uma água é considerada branda se possuir menos de 50 mg/l de dureza. Se este valor estiver localizado entre 50 e 100 mg/l são consideradas ligeiramente duras e se este valor estiver acima de 100 mg/l serão águas duras.

Utilizando a classificação anteriormente referida, conclui-se que a maioria das águas analisadas neste estudo são consideradas águas brandas, embora também existam águas moderadamente duras e duras na bacia em estudo. Continua a ser notório que as águas subterrâneas apresentam valores de dureza superiores aos das águas de origem superficial.

Do total das amostras analisadas verificou-se que estas apresentam um valor médio para a condutividade de 159 \mathcal{S}/cm , sendo o valor máximo de 677 \mathcal{S}/cm e o valor mínimo de 20 \mathcal{S}/cm . Neste parâmetro, as águas subterrâneas têm um valor mais elevado (187 \mathcal{S}/cm) do que as águas de origem superficial (115 \mathcal{S}/cm). Atendendo aos valores relativamente baixos da condutividade, conclui-se que, de um modo geral, se trata de águas pouco mineralizadas, sendo isso mais evidente nas águas superficiais.

O sódio apresenta uma concentração média de 6,7 mg/l. As águas de origem subterrânea apresentam um valor médio mais elevado (7,6 mg/l), enquanto que nas de origem superficial a média das concentrações baixa para 5,3 mg/l de sódio.

O valor médio da concentração do ião potássio é de 1,4 mg/l. No que respeita aos valores registados nas água de origem subterrânea, verifica-se que a concentração deste ião é superior à existente nas das águas de origem superficial, com valores médios de 1,8 mg/l e 0,5 mg/l, respectivamente.

O valor médio da concentração do cálcio é de 16,9 mg/l. Comparando as suas concentrações determinadas nas amostras das águas de origem subterrânea e superficial, nota-se que as águas de origem subterrânea apresentam um valor médio mais elevado (19,9 mg/l) do que as águas de origem superficial (13,9 mg/l).

Dos cations analisados, o cálcio é aquele que apresenta maior peso no conteúdo cationico das águas analisadas, contribuindo com cerca de 53% deste valor.

O valor médio da concentração do ião magnésio na amostragem total é de 6,8 mg/l. As águas de origem subterrâneas apresentam valores superiores às de origem superficial, tanto no que respeita ao valor médio (8,2 e 4,3 mg/l, respectivamente), como aos valores máximos e mínimos.

O bicarbonato é o anião mais importante, contribuindo com cerca de 74% do conteúdo aniônico total nas amostras das águas colectadas nas recolhas efectuadas. O teor deste elemento controla a mineralização das águas, o que pode ser evidenciado pela grande correlação linear que mostra quando projectada com a condutividade (índice de correlação $r=0,83$). As elevadas concentrações deste anião poderão estar relacionadas com processos de dissolução de minerais silicatados.

O bicarbonato apresenta concentrações médias na amostragem total de 64,8 mg/l e as águas de origem subterrânea apresentam valores médios mais elevados (75,5 mg/l) do que as águas de origem superficial (49,1 mg/l).

O valor médio da concentração de cloretos na amostragem total é de 7,2 mg/l, com valores respeitantes às águas de origem subterrânea substancialmente superiores ao determinado nas águas superficiais (8,6 e 4,8 mg/l, respectivamente).

O ião SO_4^{2-} apresenta um valor médio para a sua concentração de 7,3 mg/l. As águas de origem subterrânea apresentam 8,6 mg/l como valor médio da concentração do ião sulfato, enquanto as águas de origem superficial apresentam um valor médio de 5,0 mg/l.

O valor médio da concentração do ião nitrato na amostragem global é de 8,4 mg/l. As águas de origem subterrânea apresentam como valor médio das concentrações em nitratos 12,0 mg/l, enquanto que as águas de origem superficial apresentam um valor médio substancialmente inferior (2,5 mg/l). Quanto a este parâmetro, e um pouco contra aquilo que se esperava encontrar, as concentrações mais elevadas deste anião também ocorrem em águas de origem subterrânea, provavelmente porque as águas de origem superficial são mais susceptíveis a efeitos de diluição e de lixiviação. Além disso, a concentração do ião nitrato nas águas superficiais estará mais dependente dos períodos pontuais de contacto com estes elementos, devidos às fertilizações praticadas conjugadas com a absorção directa feita pelas raízes das plantas.

Após análise destes parâmetros, no conjunto das amostras totais, que por vezes se tornou muito monótona, atendendo a alguma rotina na aplicação dos testes estatísticos, tentou-se fazer um tratamento individualizando as três amostragens efectuadas, Dezembro, Abril e Agosto.

Este tratamento pretendia isolar comportamentos diferentes dos diversos parâmetros analisados. Comparando esta análise com a anteriormente referida (total de amostras), verificou-se que não se notam diferenças significativas, tendo os parâmetros comportamentos muito semelhantes.

A análise isolada dos valores das concentrações de cada um dos iões estudados permite confirmar as conclusões tiradas com base na interpretação dos valores da condutividade. Assim, é evidente que:

a) As águas subterrâneas apresentam-se quase sempre como as mais mineralizadas, reflectindo um efeito mais directo da solubilização destes iões a partir das rochas atravessadas, visto que, por um

lado a velocidade de circulação da água é menor e a superfície de contacto com os diversos minerais é bastante mais elevada.

b) Os valores calculados do desvio-padrão e do coeficiente de variação são geralmente muito elevados no total das amostras e nas amostras de origem subterrânea, o que denota uma dispersão muito grande das concentrações, em torno do valor médio. No caso das águas de origem superficial, estes parâmetros são muito inferiores, o que indica que há uma uniformidade muito maior das concentrações medidas nas várias amostras.

c) O valor médio das concentrações de cada um dos iões, assim como da condutividade, está mais próximo do valor mínimo do que do valor máximo, mostrando que algumas águas analisadas apresentam valores excepcionalmente altos de mineralização. Contudo, isso acontece em poucos casos e está relacionado quer com as mineralizações verificadas nas duas amostras de águas sulfúreas colhidas, quer com a água de dois fontenários onde a contaminação de influência antrópica é mais evidente.

As relações entre os iões dissolvidos numa água podem reflectir certas relações do terreno pelo qual circularam, podem indicar a acção de fenómenos modificadores, ou, ainda, indicar uma característica específica da água considerada. É frequente designar-se estas relações como índices hidrogeoquímicos.

A razão rMg/rCa apresenta uma gama de resultados muito variável, mas considera-se que os valores próximos da unidade indicam a possível influência de terrenos dolomíticos, ou com serpentina, enquanto os valores que ultrapassarem a unidade estão relacionados com terrenos ricos em silicatos magnesianos.

O índice rMg/rCa determinado na amostragem total efectuada neste estudo apresenta como valor médio 0,76, que se enquadra no que é expectável para águas continentais. No entanto, algumas amostras recolhidas apresentam valores muito superiores à unidade, o que mostra a influência de terrenos ricos em silicatos magnesianos.

O valor médio para o índice rK/rNa calculado nas amostras efectuadas é de 0,10. Devido à fixação preferencial do K^+ no terreno, esta relação é, habitualmente, menor na água dos que nas rochas onde ela circula. Isso justifica também o facto de as águas de origem subterrânea apresentarem um valor médio um pouco superior ao total da amostra (0,12) e muito mais elevado do que o valor médio registado nas amostras de água de origem superficial, na medida em que estão muito mais em contacto com os terrenos envolventes do que estas últimas.

As relações iónicas rNa/rCa e $rNa/r(Ca+Mg)$ apresentam um grande interesse para estudar os processos de troca iónica ou para realizar comparações com os valores relativos dos vários elementos verificados nas rochas dos aquíferos. Tal como no caso da relação rMg/rCa , deve tomar-se em consideração o controle da solubilidade dos iões cálcio e magnésio por sobressaturação em minerais carbonatados.

O índice rNa/rCa apresenta como valor médio 0,52. Nas águas de origem subterrânea o valor médio é ligeiramente superior (0,57) ao das águas de origem superficial, dado que estas apresentam um valor médio de 0,48.

No caso do índice $rNa/r(Ca+Mg)$, os valores obtidos para as águas de origem subterrânea e superficial não apresentam diferenças dignas de realce, já que em ambos os casos se assemelham bastante ao valor médio observado na amostragem total (0,36).

A razão rSO_4/rCl permite caracterizar, tal como o índice $rCl/rHCO_3$, a evolução da composição química no decurso da circulação das águas subterrâneas. Esta possibilidade deriva do facto de em águas muito mineralizadas, a concentração em sulfato tender, geralmente, a ser constante.

Os índices de saturação calculados pelo HIDSPEC mostram que, no que respeita aos minerais de sílica, a grande maioria das amostras encontra-se em equilíbrio ou sobressaturadas em relação a estes minerais, não havendo, por isso, tendência para a dissolução dos mesmos quando estão presentes nos substratos atravessados, a não ser nas quantidades correspondentes à compensação das perdas que possam ocorrer.

As águas encontram-se em equilíbrio com o mineral sílica gel em 63% das amostras efectuadas, enquanto que 37% das amostras se encontram subsaturadas em relação a este mineral.

A calcedónia encontra-se num estado de equilíbrio nas águas em 94% das amostras colhidas, havendo apenas três amostras que se encontram abaixo do ponto de equilíbrio e outras três que se encontram acima desse mesmo ponto. A cristobalite apresenta uma situação semelhante à do mineral anterior.

Por seu lado, quanto ao quartzo, somente em duas situações a água se encontra subsaturada. Em 67% das amostras a água encontra-se em equilíbrio com o mineral, enquanto 31% das amostras de água se apresentam sobressaturadas.

No que concerne aos principais minerais carbonatados (calcite e dolomite), observa-se que a maioria das amostras correspondem a águas não saturadas. 15% das amostras analisadas apresentam um estado de saturação em relação à calcite, enquanto que 8% das amostras se encontram num estado de sobressaturação em relação a este mineral. A dolomite foi tratada como dolomite ordenada e dolomite desordenada. A dolomite ordenada está numa fase de saturação (equilíbrio) em 4% das amostras em relação à solução, enquanto que em 19% das situações a solução se encontra sobressaturada em relação a este mineral. A dolomite desordenada está em equilíbrio em 10% das amostras e apresenta-se em fase de sobressaturação em 6% das amostras. Isto significa que a esmagadora maioria das águas analisadas se encontram numa fase de dissolução do mineral dolomite.

No que respeita à forsterite, um mineral da família das olivinas verifica-se que todas as amostras de água se encontram subsaturadas em relação a este mineral, pelo que a água da bacia do rio Fervença pode continuar a dissolver este mineral sempre que o mesmo esteja presente nas rochas ou solos atravessados.

O grupo das piroxenas está representado pelo diópsido e pela clinoenstatite, sendo a subsaturação destes na solução muito evidente. Assim, 7% das amostras encontram-se em equilíbrio com o diópsido e 6% destas encontram-se sobressaturadas na solução. No caso da clinoenstatite, somente uma amostra se encontra em equilíbrio com ela, encontrando-se todas as outras subsaturadas. Também no caso destes minerais se pode afirmar que há grande tendência para a dissolução, sempre que os mesmos se encontrem na constituição dos materiais rochosos.

Os minerais presentes nas rochas básicas/ultrabásicas estão representados nesta especiação pela anfíbola, pela tremolite e pelo talco. Do total das amostras de águas analisadas, não se verifica nenhum caso de equilíbrio entre a solução e a tremolite, estando 86% das amostras numa situação de subsaturação e 14% numa situação de sobressaturação. No talco verifica-se que somente duas amostras se encontram em equilíbrio, enquanto que 18% se encontram numa fase de sobressaturação entre a solução e a fase sólida do mineral. Nesta família de minerais é de realçar a coincidência verificada entre os resultados obtidos pela especiação e a localização das amostras já que estes valores de sobressaturação em talco e tremolite ocorrem principalmente em manchas litológicas onde as rochas ultrabásicas e básicas, respectivamente, têm uma grande implantação.

No que respeita à projecção dos valores das concentrações dos elementos químicos estudados nos diagramas de estabilidade, é de referir que no diagrama de estabilidade dos aluminossilicatos de sódio a maioria dos pontos representativos é projectada nos campos de estabilidade da caulinite e da

montmorilonite-Na. No diagrama dos aluminossilicatos de potássio esta projecção recai preferencialmente no campo de estabilidade da moscovite, havendo alguns pontos que se projectam no campo da microclina. No diagrama dos aluminossilicatos de cálcio, os pontos são projectados praticamente todos no campo de estabilidade da caulinite.

Após se ter efectuado a projecção dos resultados analíticos no gráfico $\text{LogH}_4\text{SiO}_4$ contra o $\text{Log}(a_{\text{Mg}^{2+}}/a_{\text{H}^{+2}})$, verifica-se que os pontos correspondentes às diversas amostras se projectam praticamente todas no campo de estabilidade do quartzo. Merece também destaque a formação de dois grupos bem distintos, um com a razão $\text{Log}(a_{\text{Mg}^{2+}}/a_{\text{H}^{+2}})$ mais baixa e outro com essa mesma razão mais elevada, o que faz com os pontos deste último grupo se encontrem muito próximos do campo de estabilidade do talco, correspondendo à representação do grupo de rochas magnesianas presentes no maciço de Bragança.

Após projecção dos valores correspondentes às concentrações dos elementos químicos presentes no diagrama triangular de PIPER, pode-se concluir que a maioria das águas analisadas na bacia do rio Fervença se enquadra no grupo das águas bicarbonatadas cálcicas. Existe, no entanto, um grupo significativo de amostras que se projectam nos campos destinados às águas magnesianas, o que permite classificá-las, na sua maioria, como águas bicarbonatadas calco/magnesianas. No triângulo respeitante aos catiões, vê-se que existe um grupo importante de águas projectadas no campo das águas ricas em cálcio e sódio, o que permite concluir que existem nesta bacia algumas águas bicarbonatadas calco-sódicas, assim como existe um grupo restrito (seis) de águas bicarbonatadas sódicas. O triângulo que diz respeito aos aniões permite identificar ainda um pequeno grupo de águas ricas em bicarbonato e cloretos.

Situações há em que a utilização da análise factorial se torna uma metodologia muito interessante em estudos hidrogeoquímicos, principalmente quando se aplica sobre conjuntos constituídos por um grande número de observações e atributos. O objectivo desta técnica é caracterizar as relações entre variáveis, num espaço de indivíduos (análise modo R) ou as relações entre indivíduos num espaço de variáveis (análise modo Q).

Os dados recolhidos neste estudo foram tratados pelo programa estatístico STATVIEW, tendo sido definidos seis factores, embora somente três tenham sido tratados, já que nos outros três a variância explicada é muito pequena.

Após interpretação dos resultados fornecidos pela análise factorial, concluiu-se que o Factor 1 é controlado pelos sulfatos, cloretos, nitratos e ainda pela condutividade, com "scores" bastante elevados. Este factor permite subentender que existe uma forte influência antrópica sobre as águas analisadas, situação que pode ser comprovada, embora em menor escala, pelos "scores" do sódio, potássio, cálcio e magnésio, já que são elementos que também se encontram presentes na constituição de alguns adubos fertilizantes aplicados na agricultura.

O Factor 2 tem o bicarbonato, a sílica, o cálcio e o magnésio como elementos mais representativos e reflecte os efeitos de hidrólise dos aluminossilicatos carbonatados calco/magnesianos, presentes em diversas lenticulas no seio das rochas da bacia.

Por outro lado, no Factor 3 aparece novamente a sílica com um elevado "score" (0,69) e, em conjunto com ela, somente aparece o magnésio. Esta situação reflecte nitidamente a ocorrência de hidrólise numa importante grupo de rochas ricas em magnésio, as rochas ultrabásicas.

Os metais pesados podem derivar da decomposição das rochas, ou podem ser introduzidos na atmosfera ou na hidrosfera por diversas actividades humanas.

As actividades humanas introduzem metais pesados na atmosfera de várias maneiras, quer seja através da queima de combustíveis fósseis, quer seja pela queima de resíduos industriais. Estes

metais retornam à superfície terrestre através das poeiras e das chuvas. Os esgotos domésticos e efluentes industriais introduzem metais pesados directamente no meio hídrico. As actividades mineiras podem ser também fontes importantes de metais pesados, já que podem ser expostas aos agentes atmosféricos grandes quantidades de minerais potencialmente ricos nestes elementos, que facilmente se vão desequilibrar quimicamente.

A análise dos valores obtidos nas amostras de águas recolhidas na bacia do rio Fervença mostra que, de um modo geral, eles são extremamente baixos. Estes teores poderão ser o reflexo de uma zona pouco industrializada, onde, de todas as possíveis fontes antropogénicas de fornecimento de metais pesados, somente a agricultura poderá ter alguma influência significativa, embora nem ela se faça notar nas águas da região. Mesmo assim, merece destaque a amostra respeitante à água colhida a jusante da lixeira, dado que apresenta valores muito elevados em praticamente todos os parâmetros analisados.

A água analisada numa nascente junto à via rápida (IP4) é a que apresenta valores mais altos de chumbo (0,053 ppm), resultantes da queima de combustíveis fósseis e que se vão acumulando nas imediações da via.

Tal como com as águas, também foram efectuadas análises de solos para determinar o seu conteúdo em metais pesados. Estes valores são substancialmente mais elevados do que os verificados nas águas da região em estudo, mas isso é natural, já que, além das outras fontes fornecedoras de metais pesados, estes solos são provenientes da meteorização de diversos minerais ricos nestes elementos.

Pela observação dos dados, verifica-se que os dos teores de Cr e Ni se destacam entre os metais analisados nos solos. Após uma análise mais detalhada percebe-se que estes valores ocorrem na amostra de solo recolhida na Quinta de St^a Apolónia, onde existe uma mancha importante de rochas ultrabásicas, as quais contribuem significativamente para o aparecimento destes elevados teores.

Em termos dos valores de metais pesados presentes nas águas analisadas, comparados com o disposto no Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto, conclui-se que estas águas não oferecem qualquer problema para o consumo humano, visto não ultrapassarem esses mesmos valores, excepto na água colhida à beira da via rápida, onde o valor do chumbo ultrapassa o VMA em três décimas, provavelmente devido à poluição atmosférica causada pela circulação automóvel.

Quanto à caracterização bacteriológica das águas desta bacia hidrográfica, os dados mostram que, em alguns casos, existem situações graves de contaminação. Das amostragens efectuadas, mais de 40% apresentam um número total de germes superiores ao permitido pela legislação nacional relativa às águas de consumo humano (Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto), e 37% apresentam um número de coliformes totais também superiores ao Valor Máximo Admissível. Além disso, as análises revelam a existência de coliformes fecais em três dos locais amostrados, embora nunca acima do VMA.

A contaminação fecal indica o contacto destas águas com solos contaminados através da deposição de resíduos orgânicos humanos ou animais, ou o lançamento directo de esgotos nas linhas de água. Os valores mais problemáticos do ponto de vista do consumo humano, foram registados em águas de origem subterrânea, mas algumas ribeiras encontram-se igualmente muito contaminadas, assim como o rio Fervença, junto a Alfaião.

. BIBLIOGRAFIA

- AGROCONSULTORES e COBA (1991) - Carta dos solos e cartas do uso actual e aptidão da Terra (escala 1/500.000), UTAD, Vila Real.
- ALENCOÃO, A. M. P. (1998) - Os recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Pinhão. Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Universidade de Trás - os - Montes e Alto Douro, Vila Real.
- ALLOWAY, B. J. (1997) – Heavy Metals in Soils. Blackie Academic & professional. London.
- BEAR, J. (1972) - Dynamics of fluids in porous media, Elsevier publish. Com., New York.
- CABRAL, J. M. L. C. (1993) - Neotectónica de Portugal Continental, Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- CANDELA, L. e VARELA, M. (1993) - La zona no saturada y la contaminación de las aguas subterráneas. Teoría, medición y modelos, Secretaria de Estado para las políticas del Agua y del Medio Ambiente, Barcelona.
- CANTER, L. W. (1996) – Nitrates in Groundwater, Lewis Publishers, London.
- CUSTODIO, E. e LLAMAS, M. R. (1983) - Hidrologia Subterránea, Ediciones Omega, S. A., Barcelona.
- DAGNELIE, P. (1973) - Estatística, Teoria e Métodos. Publicações Europa América, New York.
- FERNANDES, L. F. P. (1992) - Hidrogeologia de Dois Importantes Aquíferos (Sabariz/Cova de Lua) do Maciço Polimetamórfico de Bragança, Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Geologia Económica e Aplicada, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, Lisboa.
- FERREIRA, M. P. (1965) - Geologia e petrologia da região de Rebordelo – Vinhais, Separata da Revista Faculdade Ciência Universidade Coimbra, 36, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- GIL, J. A. e MARTINEZ, A. G. (1993) - Contaminacion por nitratos en zona no saturada del sector occidental del acuífero Ayamonte-Huelva, Jornadas sobre investigación em médio no saturado, Departamento de Ciencias Experimentales, Universidade Jaume I, Castellón.
- GONÇALVES, D. A. (1985) - Contribuição para o estudo do clima da bacia superior do rio Sabor (influência da circulação geral e regional na estrutura da baixa atmosfera), Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Agrícola, Instituto Universitário de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- IGLESIAS, M.; RIBEIRO, M. L. e RIBEIRO, A. (1983) - La interpretación aloctonista de la estructura del noroeste peninsular, Libro jubilar J. M. Rios, Geología de Espanha - Tomo I. Inst. Geol. Minero de Españã.
- KLINE, P. (1997) – An Easy Guide to Factor Analysis, Routledge, London.
- MARQUES, F. M. O. G. (1994) - Estudo Tectónico das Rochas Infracrustais do Manto de Soco do SW do maciço de Bragança. (Trás-os-Montes), Dissertação para a obtenção do grau de Doutor em Geologia. Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.

- MEDEIROS, C. A. (1987) – Introdução à Geografia de Portugal, Imprensa Universitária, Editorial Estampa, Lisboa.
- MORELL, I. e PÉREZ, J. M. S. (2000) - Evaluation of porous cup soil-water samplers under laboratory conditions: comparison of ceramic and PTFE cups, Toxicological and Environmental Chemistry, 74, 231 - 244.
- MORELL, I.; ESTELLER, M. V. e DURÁN A. (1993) - Efecto Depurador de la Zona no Saturada sobre Efluentes Urbanos Utilizados para Riego, Jornadas sobre investigação em médio no saturado, Departamento de Ciencias Experimentales, Universidade Jaume I, Castellón.
- PEREIRA, E. (1991) - Geologia e Recursos Minerais das Unidades Alóctones e Para-autóctones do Maciço de Morais, Seminário sobre os Recursos Naturais do Nordeste Transmontano, Escola Superior de Educação, Bragança.
- POSS, R.; NOBLE, A. D.; DUNIN, F. X. e REYENGA, W. (1995) - Evaluation of ceramic cup samplers to measure nitrate leaching in the field, European Journal of Soil Science, 46, 667-674.
- RIBEIRO, A. (1974) - Contribution à l'Étude Tectonique de Trás-os-Montes Oriental, Memória nº 24 (Nova série) dos Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- RIBEIRO, O. e LAUTENSACH, H. (1988) - Geografia de Portugal. Vol. II, Edições João Sá da Costa, Lisboa.
- STANIER, R. Y.; INGRAHAM, J. L.; WHEELIS, M. L. e PAINTER, P, R. (1989) - General Microbiology, Macmillan Education LTD, London.
- VERBA, J. e ROMIJN, E. (1986) - Impact of Agricultural Activities on Ground Water. International Contributions Hydrogeology.