

VI. AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA

6.1. INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade da água subterrânea, bem como suas características hidrogeoquímicas, constitui uma informação de grande importância para sua gestão, e sua adequabilidade ao uso, seja ele consumo humano, industrial, irrigação ou dessedentação animal.

A presente avaliação tem por objetivo avaliar análises físico-químicas e bacteriológicas existentes, buscando classificar as águas conforme sua tipologia hidrogeoquímica e sua possibilidade de uso.

Dentro do contexto do presente projeto, também é avaliada uma rede de monitoramento, atualmente proposta para a bacia hidrográfica U 30, com o intuito de identificar e compreender melhor os principais problemas que a afetam, de modo que se permita buscar o encaminhamento de soluções integradas para melhoria da qualidade de vida e uso ecologicamente correto de seus recursos naturais.

6.2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

A avaliação da qualidade da água subterrânea foi realizada a partir da compilação de 155 análises sendo 127 análises físico-químicas do Laboratório da CORSAN e 28 físico-químicas e bacteriológicas do laboratório da UNIJUÍ. As análises da CORSAN mostraram-se na maioria das vezes completas, principalmente em termos de cátions e ânions principais. As da UNIJUÍ apresentam somente o pH, dureza total, alcalinidade a fenolftaleína, alcalinidade total, cloretos, ferro total, e coliformes totais e fecais. As análises utilizadas são de várias épocas e compõem o banco de dados de poços tubulares que acompanha este relatório.

Para o estudo da qualidade das águas subterrâneas foi considerada somente uma análise por poço, sempre a mais completa e mais recente. Adotou-se o estudo clássico de hidroquímica visando os diferentes tipos geoquímicos de águas subterrâneas existentes na bacia. Também foi avaliada sua adequabilidade ao uso, relacionada à potabilidade, uso industrial e irrigação. Nesta última, sua adequabilidade foi determinada a partir do índice SAR (Sodium Adsorption Ration) determinado com o uso do programa Qualigraf 2000.

6.3. TIPOS HIDROGEOQUÍMICOS

Das 155 análises, somente 63 por serem completas puderam ser processadas e possibilitaram o estudo para determinação dos tipos geoquímicos das águas subterrâneas. Os dados foram tratados no programa Qualigraf desenvolvido por Möbus em 2002.

Os tipos geoquímicos das águas do Aquífero Fraturado Serra Geral foram determinados através do gráfico de Piper (figura 6.3.1), plotando-se os percentuais de mili-equivalentes dos principais cátions e ânions. A apresentação dos grupos hidrogeoquímicos e sua frequência relativa está resumida no quadro 6.3.1.

Quadro 6.3.1. Distribuição dos tipos geoquímicos das águas subterrâneas da Bacia U 30

Classificação das águas	Nº de amostras	Frequência relativa %
I- Bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas	28	44,4
II- Bicarbonatadas sódicas	30	47,6
III- Sulfatadas ou cloretadas Ca/Mg	2	3,2
IV- Sulfatadas ou cloretadas sódicas	3	4,8

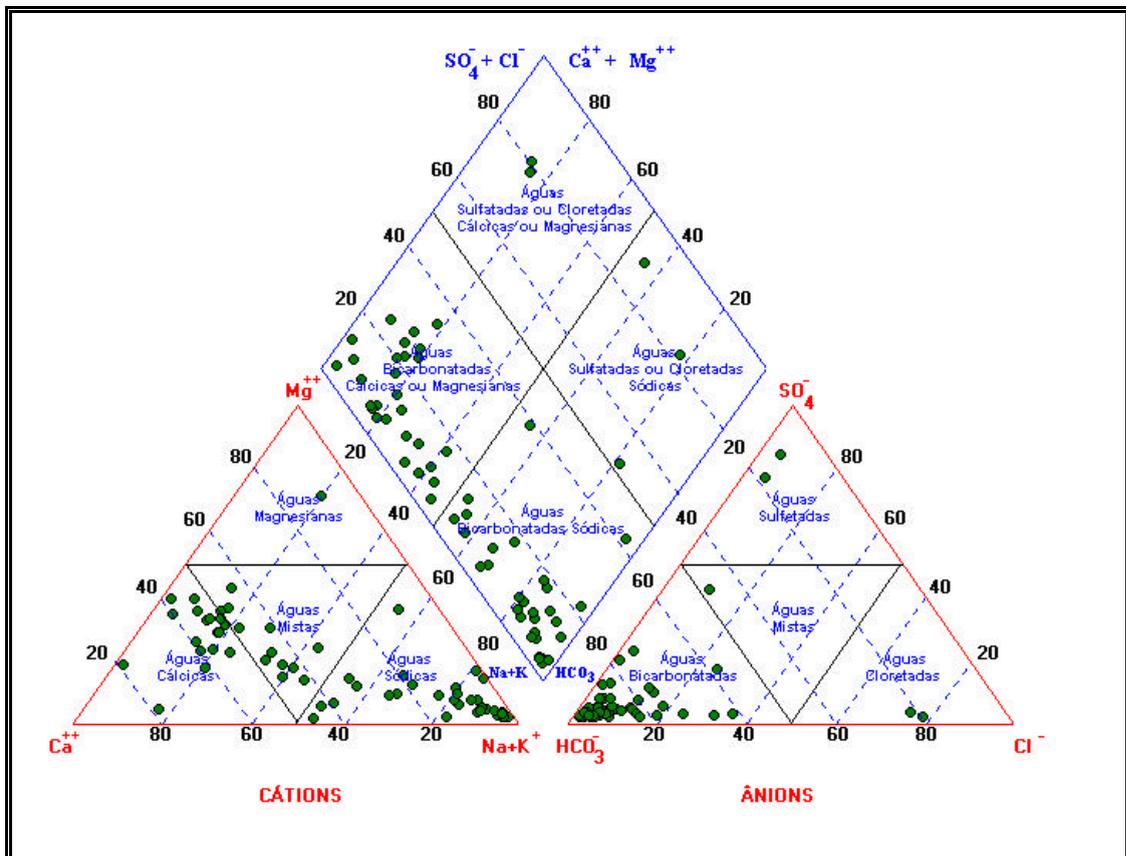


Figura 6.3.1 - Diagrama de Piper para o aquífero fraturado Serra Geral na Bacia U 30.

As águas do tipo I (HCO_3 Ca/Mg) apresentam um pH variando entre 6,3 e 9,4; com média 7,2; STD médio de 136,02 mg/l; F médio de 0,135 mg/l. A dureza varia de 24 a 171 mg/l de CaCO_3 , com média de 70,6 o que caracteriza tais águas como águas pouco duras. São águas que apresentam um tempo de residência não muito grande, com recarga relacionada às precipitações pluviométricas através do manto de intemperismo. Estas águas estão associadas com as áreas de recarga dos aquíferos fraturados em questão. Das características físico-químicas e químicas, destacam-se por apresentar valores mais baixos de pH e sólidos totais dissolvidos.

As águas bicarbonatadas sódicas (tipo II) são alcalinas (pH entre 7,1 e 10,1) com pH médio de 8,9; o STD médio é de 248,7 mg/l, podendo atingir até 468,0 mg/l. A dureza total varia de 1 a 85, com média de 21,5 mg/l de CaCO_3 , classificando-as como águas brandas ou moles. O teor de fluoretos atinge valores de até 1,8 mg/l, com média de 0,6 mg/l. Destacam-se por apresentar valores de pH invariavelmente alcalinos, baixa dureza e sólidos totais dissolvidos com teores que sugerem mistura com águas provenientes de áreas de potenciometria mais elevada do aquífero subjacente, conforme verificado por vários autores, em áreas próximas à bacia (Lisboa, 1996; Rebouças e Fraga, 1988; Freitas e Machado, 2000).

O tipo III-sulfetadas ou cloretadas Ca/Mg são em geral águas com pH abaixo de 7, STD em torno de 50 mg/l, dureza abaixo de 20 mg/l (águas moles) além de apresentarem teores baixos de fluoretos.

O quarto grupo, sulfetadas ou cloretadas sódicas, são em geral alcalinas (pH médio de 8,1), STD alto (média de 741,0 mg/l), com dureza elevada e teor de F relativamente alto (média de 1,8 mg/l). Este tipo de água, juntamente com o tipo III, também apresenta influência do aquífero poroso subjacente.

6.4. ADEQUABILIDADE AO USO DAS ÁGUAS

As águas potáveis são aquelas que, consumidas pelo homem, não ocasionam prejuízos à saúde. Os padrões de potabilidade variam em função das condições do local onde foram estabelecidas pelos órgãos normativos. Nesse estudo utilizou-se a Portaria n.º 1.469 do Ministério da Saúde de 29/12/2000 e que é em grande parte similar às normas da Organização Mundial da Saúde. Para determinar a potabilidade das águas dos poços tubulares, os resultados das análises químicas foram comparadas aos valores recomendados (quadro 6.4.1).

Quadro 6.4.1 - Índice de Qualidade de Água

ELEMENTO/ PARÂMETRO	LIMITE MÁXIMO RECOMENDÁVEL
Cor	5Pt/L
Turbidez	1 UNT
pH	8,5
Fluoretos	1,5 mg/l
Nitratos (NO ₃ /N)	10,0 mg/l
Cloretos	250,0 mg/l
Dureza	500,0 mg/l
Ferro Total	0,3 mg/l
Manganês	0,1 mg/l
Sulfatos	250,0 mg/l
Sólidos totais dissolvidos	1000,0 mg/l
Coliformes Fecais	0/100 ml
Coliformes Totais	0/100 ml

Após o agrupamento de todas as análises disponíveis para este estudo, foi feita a comparação dos parâmetros existentes com os limites da Portaria 1469. Nas análises dispúnhamos somente da cor, turbidez, pH, cloretos, dureza total, ferro total, manganês, sulfatos e sólidos totais dissolvidos. Do total de 155 amostras, 28 continham análises bacteriológicas de coliformes totais e fecais.

A quase totalidade dos poços apresentaram cor e turbidez dentro dos padrões exigidos pela portaria 1469.

Dos parâmetros disponíveis, o pH variou entre 5,8 e 10,5, com média 7,8 e mediana 7,7. Somente 27,6 % das amostras apresentaram pH acima de 8,5, ficando a grande maioria abaixo do limite. Águas com pH muito alcalino podem apresentar problemas quando utilizadas em piscicultura.

Quanto aos fluoretos somente 5 poços amostrados apresentaram teores acima dos recomendados. O flúor quando presente em excesso na água, ataca o esmalte dentário e a formação óssea dos seres humanos. Na área o F oscilou entre 0 e 2,7 mg/l, com média 0,33 e mediana 0,2 mg/l.

Os cloretos atingiram o máximo valor de 48,81 mg/l, com média 6,06 e mediana 4 mg/l, ficando a totalidade das amostras dentro dos padrões de potabilidade.

A dureza, que expressa a presença de sais de Ca e Mg, variou de 0 a 428 mg/l CaCO₃, ficando todas as amostras dentro dos padrões considerados como potável.

Teores elevados de manganês e ferro são responsáveis por depósitos em tubulações industriais, causar manchas nas roupas e produzir gosto desagradável na água. Para o consumo humano são desagradáveis do ponto de vista visual, já que aumenta a turbidez e cor da água. O Mn, com média de 0,03 mg/l, excedeu o valor do padrão de potabilidade em somente quatro amostras. Já o Fe total ultrapassou o valor padrão em 19 amostras, porém sua média foi de 0,2 mg/l. O alto teor de Fe em aquíferos basálticos é muito comum devido à presença de rocha alterada e zonas amidalóides rica neste elemento.

A salinidade da água expressa pelo STD variou entre 42,9 e 1299,0 mg/l, com média de 181,5 mg/l. O valor padrão de potabilidade foi excedido somente no poço 243-4534/SHC da linha Sete Voltas em Tiradentes do Sul. Altos teores são inconvenientes para o consumo humano e industrial.

Em relação às análises bacteriológicas a sua totalidade (28 análises) mostrou ausência de coliformes totais e fecais.

Para utilização da água subterrânea na agricultura é fundamental calcular o índice SAR (Sodium Adsorption Ration), ou simplesmente Razão de Adsorção de Sódio – RAS, que é utilizada, juntamente com a condutividade elétrica, para a classificação da água para fins de irrigação. Quanto maior o SAR menos apropriada a água será para irrigação.

A classificação das águas para irrigação é determinada pela concentração de alguns íons, tais como o sódio, o potássio, o cloreto, o sulfato e o borato, e por parâmetros como os sais dissolvidos, condutividade elétrica e a concentração total de cátions, que influenciam de maneira diferenciada no crescimento de cada espécie vegetal.

O SAR é uma razão que indica a percentagem de sódio contido numa água que pode ser adsorvido pelo solo, e é calculado através da equação apresentada abaixo.

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{(rCa + rMg)}{2}}} \quad (6.1)$$

Dentre os critérios para classificação da água para fins de irrigação, um dos mais aceitos atualmente é a classificação proposta pelo United States Salinity Laboratory (USSL). Esta classificação baseia-se na razão de adsorção de sódio (SAR) e na condutividade elétrica da água.

Para a bacia U30 foi calculado o índice SAR e lançado os pontos no digrama USSL (figura 6.4.1).

De um modo geral, as águas do Sistema Aquífero Serra Geral não apresentam restrição quanto a sua utilização na irrigação, estando predominantemente nas classes C1-S1 e C2-S1. As águas pertencentes a classe C1-S1 podem ser utilizadas sem restrição na irrigação. A classe C2-S1 compreende águas de salinidade média, condutividades entre 250 e 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e também fracamente sódicas. Sua utilização na irrigação está condicionada à lixiviação moderada do solo podendo ser empregada até para plantas de fraca tolerância salina. Risco de sódio são mínimos.

Os poços que apresentaram alto conteúdo de sais dissolvidos, como os da classe C2-S3, C3-S2 e C2-S4 devem ser evitados para o uso na irrigação. Tais poços são: 158, 188, 222, 190, 217, 238, 272 e 243. As águas das classes C2-S2 (poços 147, 237, 247, 253) apresentam médio risco de sódio e salinidade, devendo ser utilizadas com cautela na irrigação, observando-se o mesmo critério para a classe C2-S1.

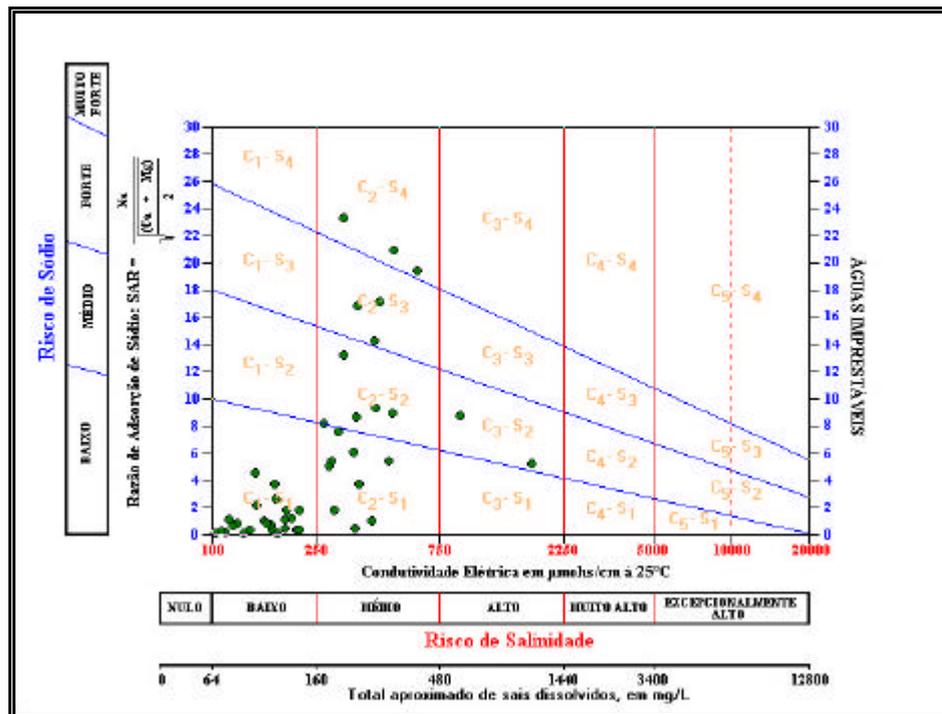


Figura 6.4.1 - Diagrama USSL para as águas subterrâneas da bacia U 30.

6.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A REDE DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PROPOSTA (PNMA II - ATIVIDADE 01.02.03.05.02-TAREFA 01.02.03.05.02.03)

6.5.1. Aspectos Gerais do Monitoramento das Águas Subterrâneas

A investigação e o monitoramento da contaminação das águas subterrâneas são atividades altamente complexas e que devem ser conduzidas sobre bases específicas para cada caso. Embora diretrizes gerais tenham sido estabelecidas para o estudo das condições das águas subterrâneas, o projeto de sistema de monitoramento oferece sua própria complicação e requer um planejamento cuidadoso e uma revisão periódica enquanto o trabalho de investigação e monitoramento prossegue.

O monitoramento de água subterrânea comumente adotado divide-se basicamente em três escalas. O primeiro tipo é empregado tipicamente sobre ou próximo de uma fonte potencial de contaminação onde a fonte é limitada em área e pode ser identificada unicamente em termos geográficos. Isto inclui fontes como descargas industriais, represas industriais, aterros sanitários, represas de esgotos municipais, áreas com grandes concentrações de criações de animais, áreas agrícolas do tipo intensiva, etc. Um segundo tipo são monitorados por razões de segurança de saúde pública. Por exemplo, os poços de água potável devem ser analisados periodicamente para constituintes químicos inorgânicos, sendo tal tipo de amostragem uma forma de controle de qualidade. O terceiro tipo de monitoramento é do nível regional onde se valia os efeitos de fontes difusoras ou do efeito combinado de muitas fontes pontuais de contaminação. Tais fontes incluem a drenagem de águas pluviais, fossas sépticas, postos de combustíveis, além de outras fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas.

A principal razão para o monitoramento dos poços é fornecer um aviso precoce da contaminação de água subterrânea. Se adequadamente instaladas, as redes de monitoramento podem ajudar também na determinação da eficácia das medidas de proteção de água subterrânea.

É importante frisar que cuidados devem ser tomados quando forem feitas as amostragens. A temperatura deve ser tomada na saída do poço; a condutividade específica (relacionada à concentração dos sólidos totais dissolvidos), o oxigênio dissolvido (usando métodos que evitam contato com ar), e o pH devem ser determinados preferencialmente no campo junto ao poço.

A análise imediata das amostras de água é método ideal de se obter uma qualidade da água realmente representativa. No entanto, se o laboratório é distante do poço, a preservação da amostra é importante para prevenir alterações da qualidade química da amostra. Durante o trânsito das amostras mudanças na temperatura e a exposição à atmosfera podem levar às alterações no pH e subsequente erro do balanço iônico original da solução. A volatilização de orgânicos, oxidação dos metais pesados e muitas outras reações químicas e biológicas podem ocorrer o que irá afetar a concentração dos constituintes presentes no tempo da análise. Portanto o armazenamento em temperaturas baixas (em torno de 4 °C) é o modo ideal de se preservar as amostras de água subterrânea.

Em relação à frequência da amostragem da água subterrânea, teoricamente não há uma rotina pré-estabelecida. A frequência pode ser baseada nas taxas de fluxo da água subterrânea, em análises estatísticas de variações históricas na concentração de parâmetros químicos selecionados, na distância de poço à fonte, nas características dos solos e rochas potencialmente afetados, além da profundidade do nível da água. Devido ao lento movimento de água subterrânea uma frequência de amostragem maior que trimestral é raramente justificável. No entanto, análises mais frequentes com base mensal ou bimestral podem ser necessárias para definir as tendências iniciais, especialmente se há variações significantes em cada elemento chave em cada evento de amostragem. Depois desde fato tem sido definido e analisado, períodos de tempo mais longos podem ser utilizados. Também os indicadores simples de mudança na química da água como sólidos dissolvidos e cloreto, podem ser medidos mensalmente ou bimestralmente com uma análise mais completa sendo conduzida anualmente.

6.5.2. Sugestões ao Monitoramento Proposto

A rede de monitoramento proposta pelo relatório em questão é bastante abrangente e completa pois conta com um total de 110 poços a serem monitorados. No entanto, implantar uma grande rede de monitoramento demanda muitos recursos técnicos e financeiros, normalmente escassos na conjuntura atual. Desta forma, sugerimos que fossem revisados os pontos de monitoramento das águas subterrâneas, adotando-se os seguintes critérios: proximidade dos poços tubulares e posição dos mesmos em relação a fontes potenciais de contaminação.

O critério proximidade significa que poços localizados muito próximos uns dos outros (como é o caso das sedes municipais) e com características construtivas semelhantes devam ser selecionados, escolhendo-se os mais representativos da área.

A posição em relação a fontes potenciais de contaminação é fator muito importante no planejamento de uma rede de monitoramento. Por mais vulnerável que seja uma área, se não existir uma fonte de poluição não haverá risco à contaminação da água subterrânea. Portanto, é importante mapear as principais e mais próximas fontes potenciais de poluição antes de se estabelecer a rede de monitoramento de poços.

Outro importante fator a ser levado em consideração no programa é observar as características naturais das águas subterrâneas, definidas no inventário das águas subterrâneas. Muitos íons apresentam-se acima dos padrões de potabilidade, no entanto, refletem uma tendência intrínseca, ou seja, a contaminação é natural decorrente de fatores inerentes à rocha e ao seu comportamento hidrogeológico.

Sugerimos também que no monitoramento dos poços possa ser feita uma avaliação quantitativa do regime de bombeamento, registrando-se as variáveis em tempo real como as horas de funcionamento, descarga (vazão) e nível dinâmico. Tais fatores são importantes na avaliação da hidráulica do sistema aquífero, que dependendo pode causar mudanças da qualidade da água.

Além dos parâmetros físicos e químicos indicadores sugeridos pelo plano e condizentes com os utilizados pela CETESB, poderão ser incluídos outros elementos como o fósforo, sulfato, manganês, sódio e oxigênio consumido em meio ácido, que com exceção do sódio, são bons indicadores da contaminação orgânica. Em áreas de grande risco à contaminação por resíduos industriais poderão ser agregados outros metais pesados.

6.6. SÍNTESE CONCLUSIVA

Os tipos hidrogeoquímicos do aquífero fraturado, determinados a partir do estudo e interpretação de 63 análises físico-químicas completas, são separados em tipo I-Águas Bicarbonatadas Cálcicas ou Magnesianas (44,4 %), II-Águas Bicarbonatadas Sódicas (47,6 %); III-Águas Sulfatadas ou Cloretadas Cálcicas Magnesianas(3,2%) e IV-Águas Sulfatadas ou Cloretadas Sódicas (4,8 %).

As águas do tipo I apresentam um tempo de residência não muito grande, com recarga relacionada às precipitações pluviométricas através do manto de intemperismo. Estas águas estão associadas com as áreas de recarga dos aquíferos fraturados em questão. Das características físico-químicas e químicas, destacam-se por apresentar valores mais baixos de pH e sólidos totais dissolvidos.

As do tipo II destacam-se por apresentar valores de pH invariavelmente alcalinos, baixa dureza e sólidos totais dissolvidos com valores que sugerem mistura com águas provenientes de áreas de potenciometria mais elevada do aquífero subjacente.

O tipo III representa águas com pH abaixo de 7, STD em torno de 50 mg/l, dureza abaixo de 20 mg/l (moles) além de apresentarem teores baixos de fluoretos.

O quarto grupo apresenta águas em geral alcalinas, STD alto, com dureza elevada e teor de F relativamente alto. Este tipo de água, também apresenta influência do aquífero poroso subjacente.

Quando analisada sob o ponto de potabilidade, as águas do aquífero fraturado raramente apresentam restrições. Quando estas ocorrem, estão relacionadas à presença de um teor de flúor mais elevado o que ocorreu somente em 3,9 % das análises.

Para o uso industrial apresentam em raros casos problemas relacionados à dureza, ferro e manganês.

Geralmente as águas do Sistema Aquífero Serra Geral não apresentam restrição quanto a sua utilização na irrigação, estando predominantemente nas classes C1-S1 e C2-S1 da USSL. Alguns poços apresentaram alto conteúdo de sais dissolvidos, pertencendo à classe C2-S3, C3-S2 e C2-S4 devendo ser evitados para o uso na irrigação.