

**RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS  
SUBSÍDIOS PARA DELIMITAÇÃO DAS ZONAS DE  
CONTRIBUIÇÃO HÍDRICA PARA O SISTEMA CÁRSTICO  
DO RIO JOÃO RODRIGUES – SCRJR  
SÃO DESIDÉRIO / BA**



**Elaborado por**  
**HIDROVIA Hidrogeologia e Meio Ambiente Ltda.**

**Elaborado para**  
**INSTITUTO EKOS**

**AGOSTO / 2012**

## SUMÁRIO

<b>1 - Apresentação .....</b>	<b>1</b>
<b>2 - Introdução e Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>3 - Metodologia de Trabalho .....</b>	<b>6</b>
3.1 - Compilação de dados básicos .....	7
3.2 - Inventário de usuários e pontos d'água de interesse .....	8
3.3 - Aplicação das técnicas de traçadores corantes .....	8
3.3.1 - Ensaios com traçadores corantes .....	9
3.4 - Infraestrutura Básica .....	9
3.4.1 - Condições Hidrológicas, Métodos de Amostragem e Escolha do Traçador .....	10
3.4.2 - Colocação dos Detectores .....	11
3.4.3 - Injeção do Traçador .....	12
3.4.4 - Coleta dos Detectores e Amostragem de Água .....	12
3.4.5 - Interpretação do Experimento .....	13
<b>4 - Caracterização Geológica .....</b>	<b>13</b>
4.1 - Geologia regional .....	13
4.1.1 - Litoestratigrafia .....	15
4.1.2 - Geologia Estrutural em nível Regional .....	19
4.2 - Aspectos Geomorfológicos Regionais .....	20
<b>5 - Hidroclimatologia .....</b>	<b>22</b>
5.1 - Caracterização hidrográfica e hidrológica .....	27
5.2 - Levantamento dos pontos de interesse do SCRJR .....	32
5.2.1 - ESTAÇÃO 1 – Nascente do rio João Rodrigues .....	33

5.2.2 - ESTAÇÃO 2 – Rio João Rodrigues à montante da Gruta do Catão (17/06/2008) .....	34
5.2.3 - ESTAÇÃO 3 – Rio João Rodrigues à jusante da Gruta do Catão .....	35
5.2.4 - ESTAÇÃO 4 – Dolina da ressurgência e sumidouro do João Baio .....	36
5.2.5 - ESTAÇÃO 5 – Poço da ressurgência do Surubim .....	39
<b>6 - Resultados .....</b>	<b>40</b>
6.1 - Aspectos geológicos e hidrogeológicos relevantes .....	40
6.2 - Resultados da aplicação das técnicas de traçadores corantes .....	44
6.2.1 - Definição da Infra-estrutura .....	44
6.2.2 - Pontos para Injeção dos corantes .....	44
6.2.3 - Pontos para detecção dos corantes .....	46
6.2.4 - Background quanto à presença de corantes em pontos d'água no SCRJR .....	46
6.2.5 - Injeção dos corantes .....	47
6.2.6 - Resultados obtidos após a injeção .....	49
6.2.7 - Interpretação dos resultados obtidos após a injeção .....	53
6.3 - Aspectos hidroquímicos do sistema cárstico .....	54
6.4 - Análises hidroquímicas do SCRJR – campanhas de 2011 .....	62
6.5 - A Dinâmica Hídrica e o Modelo Hidrogeológico do SCRJR .....	74
<b>7 - Aspectos de Integração Regional .....</b>	<b>86</b>
<b>8 - Considerações finais .....</b>	<b>95</b>
<b>9 - Conclusões e recomendações .....</b>	<b>97</b>
<b>10 - Referências Bibliográficas .....</b>	<b>100</b>

## 1 - APRESENTAÇÃO

O patrimônio espeleológico de São Desidério e, especificamente, aquele compreendido pelo Sistema Cártico do Rio João Rodrigues, pode ser considerado como um dos mais importantes do Brasil, destacando-se pela diversidade, beleza cênica e grandiosidade de suas cavernas.

Neste contexto o Sistema do Rio João Rodrigues é o mais representativo, sendo formado por uma seqüência de cavidades com dimensões quilométricas (ex.: Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério com 4,8 km e a Garganta do Bacupari com 4,4 km). Face à sua importância científica e ambiental, o sistema pode ser considerado ameaçado devido a sua proximidade às zonas urbanas e de linhas de tráfego rodoviário.

Desse modo, os estudos hidrogeológicos propostos, através do pressuposto de que o recurso água permeia em sua totalidade toda a zona de abrangência das cavidades e interage de forma significativa com o ambiente cavernícola e sua fauna associada, visam garantir a sua integridade física bem como propor medidas de monitoramento hidrogeológico / hidrológico que sejam mantenedoras de sua qualidade ambiental natural atual e futura.

A região de estudo localiza-se na porção do extremo oeste do Estado da Bahia e está inserida, dentre as regiões geotectônicas do estado, no domínio da Bacia do São Francisco, cujos terrenos coincidem, basicamente, às rochas sedimentares pelito-carbonáticas do Grupo Bambuí na base do pacote, sobrepostas pelos sedimentos areníticos cretácicos Urucuia.

Os sistemas de cavernas vinculado ao rio João Rodrigues caracterizam-se, geologicamente, pela presença de calcários microcristalinos, onde os processos de dissolução manifestam-se de forma acentuada, tanto em superfície, na forma de dolinas e demais feições desenvolvidas pela atuação dos processos morfogenéticos, como do ponto de vista do sistema endocárstico, onde o volume de vazios denuncia uma dinâmica de entalhamento relacionada, possivelmente, tanto às fortes taxas de remoção da massa carbonática, como ao provável envolvimento dos fatores geotécnicos no controle do desenvolvimento de vazios, face ao quadro expressivo de abatimentos.

De acordo com as observações realizadas quanto ao posicionamento e ao padrão em que se encontram as cavidades existentes nos maciços vinculados ao sistema cártico João Rodrigues, verifica-se que os aspectos fundamentais que controlam a dinâmica de fluxos no meio aquífero local, estão, ***muito provavelmente***, relacionados a um controle litoestratigráfico e estrutural

acoplado, em face dos proeminentes alinhamentos existentes nas direções NE-SW e NW-SE em que estão encaixados os desenvolvimentos da maior parte desses sistemas de cavernas.

Se consideradas as feições detectadas tanto pela interpretação dos estudos de imagens aéreas, como pela análise *in loco* das cavidades, verifica-se haver a presença de descontinuidades que favorecem o aparecimento destas cavidades e/ou de fendas em subsuperfície, evidenciando a necessidade de maior conhecimento sobre o condicionamento morfoestrutural que deve controlar em grande parte, a dinâmica hídrica subterrânea nesse ambiente extremamente frágil e vulnerável.

O arcabouço hidrogeológico regional está inserido em um domínio de sistemas aquíferos fraturados, em grande parte, mas com enorme contribuição de domínios cársticos que se desenvolvem de maneira concentrada, a partir de verdadeiros condutos de dissolução, onde as parcelas dos volumes escoados se dão de maneira heterogênea, denotando a presença de uma dinâmica cárstica extremamente ativa, pelo menos em uma parte expressiva do sistema.

Por outro lado, as condições de contorno locais denunciam a existência de sistemas aquíferos porosos que, de modo integrado, influenciam na dinâmica hídrica cárstica a partir das contribuições alogênicas oriundas de porções elevadas, vinculadas às zonas estruturadas pelas chapadas areníticas circunvizinhas.

Assim, este sistema pode estar regulado, em termos de sua dinâmica hídrica de subsuperfície, pela recarga oriunda, provavelmente, da incidência das águas meteóricas nas coberturas dos terrenos areníticos do entorno, e nas próprias coberturas de materiais porosos sobrejacentes aos pacotes de rocha calcária, localmente, seguindo-se pelas circulações no ambiente de porosidade secundária das rochas carbonáticas até atingir as zonas de descarga que se definem nas proximidades das calhas de drenagem afluentes, como a surgência do Surubim.

Os fluxos subterrâneos potencializam reservas aquíferas regulares, a se julgar pela quantidade de águas circulantes tanto no meio cárstico como na faixa arenítica, como comprovado pelos poços artesianos que abastecem grande parte das propriedades rurais circunjacentes.

Crê-se que algumas zonas adjacentes aos maciços sobrejacentes ao Sistema Cárstico João Rodrigues, onde são retirados materiais de consumo à construção civil, e aquelas onde já há interferência direta do trânsito sobre o traçado rodoviário existente, possam estar sofrendo efeitos ambientais negativos, face à presença desses expressivos corpos de rocha calcária carstificada, que

sustentam as principais cavernas do Sistema João Rodrigues, se interconectar ao longo deste trajeto, formando um ambiente sensível e vulnerável.

Assim, tornou-se necessária a implementação de medidas de reconhecimento e análise dos mecanismos de interferência potenciais através do monitoramento hídricos quali-quantitativo em pontos estratégicos do sistema aquífero superficial e/ou subterrâneo, como surgências e ressurgências.

Com relação à dinâmica atual, acredita-se que o cenário de circulação dos fluxos subterrâneos podem se apresentar, em princípio, em função dos gradientes hidráulicos gerados a partir das zonas de recarga materializadas ainda nas faixas elevadas das chapadas areníticas no setor leste, próximo às cabeceiras do rio Tamanduá, indicando uma tendência a se deslocar em geral, para a calha que representa o nível de base regional (Rios São Desidério / Grande), sendo tal gradiente uma combinação resultante, inclusive, de águas com composições diferenciadas. Esses atributos foram investigados com maior detalhe visando a um melhor entendimento dos fatores que governam a dinâmica atual do sistema.

Tais cenários comportam unidades hidrogeológicas distintas, e por seu caráter litológico, apresentam condutividades hidráulicas também distintas, implicando em formas de armazenamento em aquíferos de porosidade essencialmente secundária, respectiva ao meio cárstico, e aquelas de caráter intergranular, relativa ao meio poroso dos arenitos sobrejacentes.

Dessa forma, o sistema hidrogeológico pode integrar parcelas de fluxos com características de circulação lenta e de baixa produtividade, como em aquíferos pobres, mas também possibilitam a existência de domínios com fortes anisotropias e o favorecimento de elevadas condutividades hidráulicas. Tal cenário implica na possibilidade de ocorrência de águas com qualidades químicas distintas, mas vinculadas a um mesmo sistema aquífero cárstico, de modo integrado.

Entende-se, por fim, que o referido estudo deve proceder ao equacionamento das questões voltadas, principalmente, ao entendimento do comportamento de fluxo da água subterrânea, no que se refere à definição das zonas de recarga potenciais, circulação e descarga; ao diagnóstico das formas de conexão entre as unidades aquíferas presentes e à determinação das condições de contorno da bacia de contribuição do Sistema Cárstico do Rio João Rodrigues como forma de apontar possíveis ferramentas que deverão ser consideradas na formulação de seu plano de gestão, a partir de uma proposta de delimitação da UC de Proteção Integral.

Dessa maneira, a conformação do modelo hidrogeológico básico conceitual da área investigada está condicionada a um conjunto de fatores inerentes ao ambiente investigado, estando sua concepção relacionada ao conhecimento da geometria do sistema aquífero e às suas características hidráulicas, bem como ao seu funcionamento hidráulico, à sua dinâmica hídrica subterrânea em termos de entradas e saídas de água do sistema, ao comportamento e ao regime de fluxos subterrâneos nas unidades aquíferas mapeadas e às variáveis geológicas, hidrológicas e climatológicas locais e regionais.

## **2 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS**

HIDROVIA HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE LTDA foi contratada pelo Instituto EKOS Brasil para realização de estudos hidrogeológicos e delimitação das zonas de recarga do Sistema Cártico do rio João Rodrigues, localizado na área cártica em torno da cidade de São Desidério, no estado da Bahia. Tais estudos visam subsidiar a criação de uma unidade de conservação que possibilite a proteção desse sistema hídrico situado em uma região cártica do território nacional, em atendimento ao TR Termo de Referência do Processo n.-02070.004496/2010-72, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, através do Centro Nacional de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas – CECAV.

O referido documento apresenta as avaliações pertinentes às atividades desenvolvidas para o conhecimento dos principais fatores que controlam o regime hidrogeológico / hidrológico da região que abrange o Sistema Cártico do Rio João Rodrigues – SCRJR, considerando-se a realização de tarefas consubstanciadas pelos seguintes objetivos gerais:

- Reconhecer a dinâmica hídrica local e sua associação com os fatores que controlam a recarga
- Avançar no entendimento dos padrões climatológicos que regulam o comportamento dos aportes de infiltração para o sistema cártico em termos de suas componentes de recarga, circulação e descarga
- Analisar e identificar os atributos geológicos responsáveis pelo condicionamento dos materiais constituintes da plataforma carbonática subjacente aos depósitos areníticos, suas formas de interrelação no comando da dinâmica hídrica superficial e subterrânea no tempo e no espaço.

Conforme preconizado nos termos da “Constituição Federal art. 20, inciso X, no Decreto n.º 99.556, de 01/10/90, na Portaria IBAMA n.º 887/90, de 15/06/90, na Resolução CONAMA n.º 347/04, de 13/09/04 e IN n.º 100, de 05/06/2006”, o estudo de regiões cavernícolas visa atender a diversos objetivos específicos, relacionados à sua proteção e a fauna associada, embora devam ser objeto de análise, os seguintes:

- Proteger o sistema hidrológico e hidrogeológico de áreas cársticas, principalmente áreas de recarga dos sistemas hídricos;
- Incentivar atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento de natureza ambiental;
- Disciplinar o uso de áreas cársticas em assentamentos urbanos, rurais, atividades industriais, obras lineares, recreação em conformidade com a legislação vigente;
- Propiciar medidas de controle dos efeitos negativos advindos da ação antrópica, bem como alternativas de recuperação de áreas degradadas.

Como objetivos específicos, o referido estudo visa levantar e descrever as características fundamentais referentes ao tema hidrogeologia e hidrologia para a região em apreço, de acordo com as seguintes etapas de estudos:

- Definição da geometria do sistema aquífero, suas características hidráulicas e funcionamento
- Mapeamento das unidades aquíferas presentes e diagnóstico das formas de conexão entre as mesmas
- Entendimento do comportamento e regime de fluxos da água subterrânea no tempo e no espaço (dinâmica hídrica subterrânea), no que se refere à definição das zonas de recarga potenciais, circulação e descarga (considerar a relação entre os aquíferos Urucuia e Bambui)
- Determinação das condições de contorno da bacia de contribuição
- Conformação do modelo hidrogeológico básico da área, integrado às variáveis geológicas, geomorfológicas e hidrológicas locais e regionais.

Diante das análises de cunho investigativo ambiental, objetiva-se integrar os resultados obtidos através de atividades de campo e escritório, a fim de compor um documento que aponte os atributos relevantes que deverão ser selecionados como indicadores do comportamento e da dinâmica hídrica superficial e subterrânea e, principalmente, os domínios de contribuição das recargas hídricas responsáveis pela manutenção dos fluxos do Sistema Cártico do Rio João Rodrigues.

### **3 - METODOLOGIA DE TRABALHO**

A metodologia de trabalho foi montada de forma a proporcionar o levantamento das informações básicas de geologia, hidrogeologia e climatologia, que pudessem ao seu fim, possibilitar a avaliação do cenário geoambiental em torno do domínio de abrangência do SCRJR. As seguintes etapas foram propostas para a elaboração dos estudos em questão, considerando-se as metas pretendidas:

- Compilação de dados básicos sobre a geologia, recursos hídricos e climatológicos;
- Apropriação dos dados das estações de medição de precipitação e de descargas da Agência Nacional das Águas – ANA, a fim de possibilitar a análise interpretativa sobre as variações hidrológicas médias mensais e anuais dos deflúvios do rio São Desidério;
- Levantamento de dados de descargas *in loco* do SCRJR a partir do monitoramento quinzenal de vazões em réguas limimétricas instaladas em cinco seções fluviométricas deste sistema;
- Inventário de usuários da água subterrânea, através do cadastro de pontos de captação por poços tubulares existentes (<http://siagasweb.cprm.gov.br>), cisternas, além de surgências cársticas, nascentes e poços tubulares, juntamente aos dados fornecidos pelo Instituto Ekos;
- Aplicação de Técnicas de Traçadores Corantes a fim de verificação de conexão hidráulica em pontos de interesse do SCRJR: definição da malha de observação necessária à seleção dos locais favoráveis à injeção e a detecção dos traçadores corantes, e projeção das zonas de recarga do referido sistema
- Considerações geoambientais sobre o contexto hidrogeológico em que se encontra o SCRJR

Todo o processo de estudos foi baseado, inicialmente, nas atividades de compilação dos dados existentes, além do que, o conhecimento da região de estudo, por parte do corpo técnico da Hidrovia, facilitou as tarefas realizadas em campo.

### **3.1 - Compilação de dados básicos**

A atividade de compilação de dados existentes consistiu no levantamento e na análise crítica da literatura e das informações fornecidas pela contratante, revisando os dados pluviométricos, hidrológicos, hidrogeológicos, geológicos e cartográficos disponíveis, além de informações sobre captações de água subterrânea em torno da área de interesse ao estudo.

A partir desta etapa foram feitas as sistematizações do conhecimento sobre a distribuição espacial das unidades hidrogeológicas, do comportamento hidrodinâmico e das relações entre as várias unidades. Assim, contribuíram de forma efetiva na avaliação hidrogeológica, as seguintes tarefas executadas:

- Levantamento dos mapeamentos geológicos básicos disponíveis;
- Informações sobre o monitoramento de vazão de corpos d'água superficiais, com suas coordenadas, cotas altimétricas e características específicas (ANA);
- Informações sobre a qualidade físico-química das águas subterrâneas e das águas de superfície.
- Dados do monitoramento pluviométrico realizado na estação climatológica mais próxima (ANA);
- Bases topográficas e plantas cartográficas existentes, com informações das principais estruturas existentes (falhas, fraturas, contatos, etc.).

A integração destas informações serviu para contextualizar o cenário local e regional, bem como para levantar os aspectos específicos relacionados ao estudo, tais como) o conhecimento geológico, hidroquímico e hidrogeológico regional; e as condições climáticas e hidrológicas da região.

A coleta de dados hidroclimatológicos disponíveis em estações de medição pluviométrica e fluviométrica operadas pela Agência Nacional de águas – ANA; dados de leitura de cotas de lâmina d'água do rio João Rodrigues, bem como a síntese dos aspectos primordiais sobre a conformação geológica de um vasto domínio situado no extremo oeste do estado da Bahia, já permitem se antevir o cenário fisiográfico e os atributos que podem ser considerados responsáveis, ainda que

grosso modo, pelo regime de aporte de água ao aquífero cárstico e, consequentemente, pelo comportamento hidrogeológico que se mostra acoplado entre os sistemas areníticos das chapadas e os sistemas cársticos subjacentes.

### **3.2 - Inventário de usuários e pontos d'água de interesse**

Uma vez estabelecidas e elaboradas as bases de informação da rede de drenagem e dos mapas geológicos com a configuração básica dos limites litológicos em cada setor configurado pelo contorno das bacias hidrográficas de interesse, foi realizado em campo o inventário de usuários de água e pontos d'água vinculados a nascentes, surgências, poços tubulares, etc., a fim de possibilitar uma visão integrada do sistema cárstico e da distribuição espacial dos locais onde o sistema é passível de intervenção por diversos tipos de usuários da água.

O cadastro de poços tubulares pode ser considerado como a base inicial para a caracterização das potencialidades hidrogeológicas de determinado sistema, uma vez que congregam estatisticamente, para diversos ambientes hidrogeológicos, os resultados obtidos sobre os quantitativos explotados nos distintos ambientes, informando sobre aspectos relevantes sobre o uso das águas subterrâneas e sobre a condição construtivo-estratigráfica local.

Neste caso, a partir do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, cuja dimensão atual de distribuição dos poços inventariados no Brasil tem sido atualizada pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM (<http://siagasweb.cprm.gov.br>), torna-se possível verificar a presença dos poços tubulares no domínio de interesse.

### **3.3 - Aplicação das técnicas de traçadores corantes**

Esta técnica é amplamente utilizada na caracterização do regime de fluxos em ambientes cársticos, e sua aplicação deve-se a simplicidade e eficiência do método. Deve-se salientar que é uma técnica ecologicamente consagrada, em função de sua composição orgânica não contaminante. Constitui-se do lançamento dos traçadores fluorescentes (Fluoresceína ou Rodamina WT) em pontos de injeção estrategicamente selecionados em campo – poços tubulares, nascentes, surgências, condutos em cavernas, etc. – o qual é medido em outros supostamente de descarga dos fluxos, onde são instalados detectores de observação do corante, neste caso, qualitativamente.

Vários métodos têm sido utilizados para estimar a recarga ou áreas de contribuição de surgências cársticas (Ginsberg e Palmer, 2002), mas os testes com traçadores corantes fornecem o meio mais

eficaz para identificar as conexões ponto-a-ponto entre as entradas de fluxo (sumidouros ou vales cegos) e saídas (nascentes), necessárias para definir os limites de bacias hidrogeológicas em terrenos constituídos por rochas calcárias (White, 1993; Ray, 2001).

Os ensaios com traçadores corantes são métodos versáteis que podem ser empregados em um número amplo de possibilidades utilizando-se combinações de testes em campo e em laboratório, a fim de atender aos objetivos pretendidos, nas diversas escalas, e contextos geológicos distintos (Smart, 2005). A meta básica de qualquer teste com traçadores corantes é criar um sinal de fluorescência detectável na água, o qual pode ser positivamente identificado como originado do traçador corante injetado.

Como no referido caso, ensaios qualitativos foram realizados a fim de que se obtivesse os resultados de conexão hídrica entre porções a montante da surgência do SCRJR, cuja rota de fluxos ainda não foi testada, e que são coincidentes aos trechos da drenagem fluvio-cárstica do rio Tamanduá.

### **3.3.1 - Ensaios com traçadores corantes**

Por se tratar de uma região cárstica, a área de estudo é caracterizada pela presença de surgências, sumidouros, dolinas, paredões e inúmeras cavernas onde a presença de água é abundante. Para o entendimento das rotas de circulação e para a geração de informações que possam servir ao aprimoramento do modelo hidrogeológico conceitual torna-se necessária a adoção de estudos específicos de caracterização da dinâmica de fluxos subterrâneos a partir da aplicação de técnicas de conexão hidráulica baseadas, especificamente, na utilização de traçadores corantes.

O objetivo consiste em investigar os caminhos de fluxo no aquífero cárstico na porção de entorno de uma área preliminar de análise, com a finalidade de reconhecer as rotas de fluxo subterrâneo.

### **3.4 - Infraestrutura Básica**

Em consonância às etapas de realização das tarefas de aplicação de traçadores corantes, a identificação da área onde foi realizado o ensaio hidráulico serviu como primeiro passo, seguido da caracterização das condições hidrológicas locais, bem como do reconhecimento de campo e dos pontos que pudessem ser objeto de análise durante o ensaio.

### **3.4.1 - Condições Hidrológicas, Métodos de Amostragem e Escolha do Traçador**

Para a determinação das condições hidrológicas visando à aplicação dos traçadores, faz-se necessário o reconhecimento dos pontos de descarga do sistema aquífero local. Assim, a estimativa dos volumes das descargas nos pontos de interesse é realizada de forma a possibilitar o cálculo e a adequação das concentrações de corantes utilizados ao longo dos procedimentos de ensaio.

Quanto à seleção dos métodos de amostragem, são adotadas coletas manuais nos pontos de surgências e nos demais pontos de controle. Os detectores estáticos constituem-se de saches de carvão ativado que são colocados em pontos estratégicos do percurso de fluxos subterrâneos, como no interior das cavernas, e em poços tubulares, surgências e drenagens, sendo instalados de forma a permanecer em profundidade, próximo às zonas de fluxo constante.

Os traçadores corantes utilizados nos ensaios foram a Rodamina WT e a Fluoresceína. Estes compostos químicos são amplamente utilizados para essas finalidades (Aley e Fletcher, 1976; Mull *et al.*, 1988), sendo atóxicos nas concentrações adotadas nos ensaios. A seguir, encontram-se as notas explicativas sobre a questão de ecotoxicidade desses compostos químicos, bem como suas fórmulas químicas, formas de manuseio, etc.

 Avaliação do potencial de propriedades adversas de traçadores fluorescentes utilizados em estudos de águas subterrâneas

Malcom Field *et al.* (1995) avaliaram através da revisão de informações toxicológicas disponíveis, doze corantes: fluoresceína, Lissamina Flavina FF, Rodamina WT, Rodamina B, Sulpho Rodamina G, Sulpho Rodamina B, eosina, Pyranina, Phorwita BBH Pura, Tinopal 5BM GX, Tinopal CBS-X, e Diphenyl Flavina Brilhante 7GFF, além do corante intermediário ácido Amino G, a fim de reconhecer o seu potencial de ecotoxicidade.

A avaliação baseou-se em dados toxicológicos disponíveis, dados de testes com substâncias análogas, além de cálculos matemáticos reconhecidos para atividades biológicas específicas. Baseada na definição de critérios específicos para saúde humana e de ecotoxicidade aguda, a avaliação indicou que estes corantes têm pouco ou moderado nível de restrição. O uso destes traçadores para o estudo de águas subterrâneas é apropriado quando considerados os riscos potenciais à saúde humana e aos efeitos ambientais. O seu uso no meio ambiente requer que as concentrações de corantes não excedam níveis persistentes e maiores que 1 a 2 mg/L durante 24

horas, nos pontos de descarga das águas subterrâneas. Estes estudos mostraram que nenhum dos corantes fluorescentes avaliados apresentou toxicidade aguda próxima e nem acima da concentração recomendada de 2mg/L. Além disso, cumpre ressaltar que as análises não levaram em consideração nenhuma partição do corante que poderia se desenvolver naturalmente, efeitos de cosolvência, ou efeitos sinergéticos com qualquer tipo de elemento químico que possa ocorrer no meio circulante ou na água.

Concluíram assim, que, através do uso de quantidades apropriadas dos traçadores avaliados, nenhum deles deve causar efeitos toxicológicos, indicando que os mesmos podem ser amplamente utilizados nos estudos de fluxos de água subterrânea, quando consideradas as condições gerais pertinentes à saúde humana e aos potenciais efeitos ao meio ambiente.

Desse modo, mais importante e necessário, é o reconhecimento da quantidade apropriada a cada caso, de acordo com as características hidrogeológicas e hidrológicas locais, visando atender aos limites máximos de diluição dos corantes em até 2,0 mg/L em 24 h. A **Tabela 1** apresenta as informações específicas para o uso de traçadores fluorescentes, tais como fórmulas químicas, quantidades estimadas de injeção, formas de manuseio, toxicidade, etc.

### **3.4.2 - Colocação dos Detectores**

Os detectores utilizados neste experimento consistem de carvão ativado de granulometria 8 a 12 mesh. O carvão ativado possui a propriedade de absorver e reter o corante quando sua ‘nuvem’ passa pelo carvão. De forma a evitar a contaminação dos detectores com o corante, estes insumos são acondicionados de maneira especial e separados dos detectores.

A preparação dos saches de carvão ativado – detectores – pode ser feita através de sacos de tela plástica onde são colocados em torno de 15 g de carvão ativado. Estes invólucros têm suas bordas seladas, mas devido ao espaçamento da tela, permite livre passagem da água. Os invólucros são atados a uma corda de náilon com um peso situado à ponta. Este sache é então posicionado de modo que permaneça junto à zona de saturação constante dos fluxos nos locais pretendidos.

Amostragens de água visando ao conhecimento das concentrações de *background* regional foram realizadas em períodos anteriores à injeção dos corantes, para que se amostrassem os valores naturais de fluorescência do domínio de interesse.

**Tabela 1 – Aspectos característicos dos traçadores fluorescentes utilizados no ensaio**

TRAÇADOR	Fórmula Química	Estimativa da Massa de corante a ser injetada	Formas de Manuseio	Toxicidade	Observações
Fluoresceína	C <sub>20</sub> H <sub>10</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.000 g ou 2.500 ml	Pipeta, Becker e diluição em água no interior de balões plásticos com suporte de luvas plásticas (tipo cirúrgicas)	Ver Texto <sub>1</sub>	<i>Debido a que las características químicas de la Fluoresceína/Uranina la señalan, como sustancia no tóxica para el medio ambiente.</i>
Rodamina WT	C <sub>29</sub> H <sub>29</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ClNa <sub>2</sub>	500 g ou 2.500 ml	Pipeta, Becker e diluição em água no interior de balões plásticos com suporte de luvas plásticas (tipo cirúrgicas)	Ver Texto <sub>1</sub>	<i>Rodamina WT e su baja toxicidad para los organismos a concentraciones mayores de 10 ppm, por lo que organizaciones reguladoras como la USEPA<sup>2</sup> y la Europea (a través de la AESA<sup>3</sup>) han establecido que este trazador no es tóxico para el Comunidad ambiente</i>

- (1) Malcom S. Field.; Ronald G. Wilhelm; James F. Quinlan; Thomas J. Aley (1995). An Assessment of the Potential Adverse Properties of Fluorescent Tracer Dyes used for Groundwater Tracing. Environmental Monitoring and Assessment, 38: 75-96. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- (2) USEPA2. 1998. Announcement of the Drinking Water Contaminant Candidate List. Federal Register, Vol 63 (40), March 2.
- (3) AESA3. 2004. Agencia Europea de Seguridad Alimentaria: Lista de Colorantes ilegales. ([http://www.quimica.urv.es/serveis/documents/bulletins\\_aeql/102.html](http://www.quimica.urv.es/serveis/documents/bulletins_aeql/102.html))

### 3.4.3 - Injeção do Traçador

Efetuou-se a injeção de Rodamina WT e da Fluoresceína no(s) “Ponto(s) de Injeção” previamente definidos em campo. A Rodamina WT foi adicionada em pequenas quantidades, paulatinamente, de modo diluído em relação a sua concentração inicial. Desta forma, a injeção correspondeu a uma descarga pontual do corante, o qual pode ser transportado como uma ‘nuvem’ de dispersão até o(s) ponto(s) de descarga, onde já se encontravam instalados os detectores de carvão ativado.

### 3.4.4 - Coleta dos Detectores e Amostragem de Água

Os detectores colocados nos pontos de interesse foram retirados após 80 dias da data de injeção, considerando-se que os tempos de resposta dos pulsos de recarga média no sistema ocorrem entre 60 e 90 dias, o que materializa uma velocidade média mínima e máxima de aproximadamente 0,19 cm/s e 0,29 cm/s, respectivamente. Cada ponto teve ter seus registros de controle quanto ao horário e data de colocação e retirada dos detectores, e demais características do ponto. Os detectores foram acondicionados em sacos plásticos esterilizados e transportados para o local da análise, além de amostras de água do local onde se encontravam os saches de carvão ativado.

### **3.4.5 - Interpretação do Experimento**

Os dados obtidos no experimento foram analisados de forma qualitativa, visando ao reconhecimento da conexão hidráulica pela presença ou não do corante em determinado ponto de detecção. Nos pontos onde foram colocados os detectores de carvão, o ensaio se restringiu à observação do potencial de dispersão da ‘nuvem’ de corante de forma qualitativa, mas apenas em pontos que potencialmente pudessem cercar a tendência geral de fluxos subterrâneos.

## **4 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA**

### **4.1 - Geologia regional**

O primeiro autor a utilizar o termo “calcário do São Francisco” foi Derby (1881) numa histórica viagem de reconhecimento ao longo do rio São Francisco, onde descreveu várias ocorrências de calcários situadas às suas margens. A terminologia Série São Francisco-Bambuí foi empregada pela primeira vez pelos autores Oliveira & Leonards (1943) para uma extensa seqüência pelítico-carbonática que se estende do Vale São Francisco à Chapada Diamantina.

Num reconhecimento realizado a sul da bacia do São Francisco, Oliveira (1967) aplicou o termo Grupo São Francisco para um conjunto constituído pelas Formações Vila Chapada, Sete Lagoas, Serra de Santa Helena e Lagoa do Jacaré.

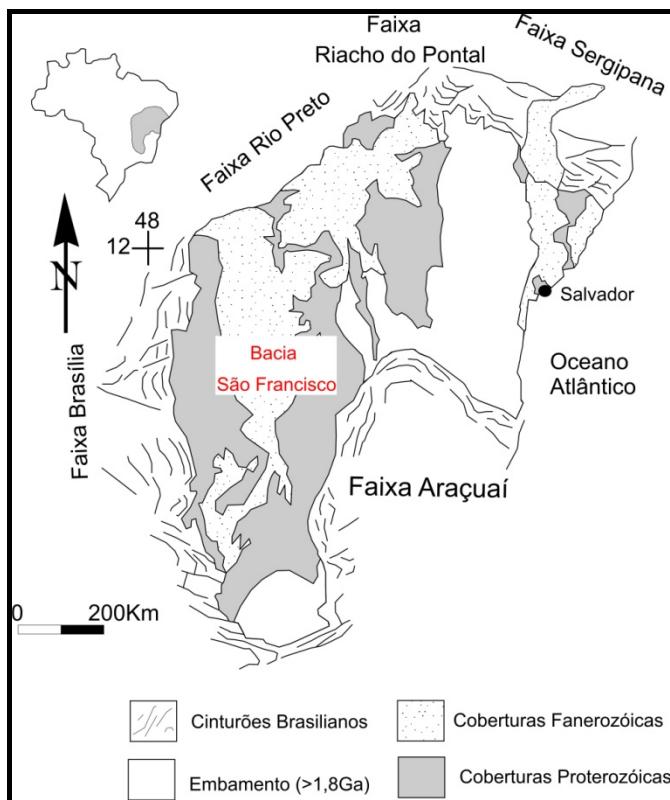
A denominação de Supergrupo São Francisco foi mencionada por Pflug & Renger (1973) ao englobar as unidades que segundo os autores seriam posteriores à orogênese que afetou a Cadeia Minas, dividindo-o em duas fácies distintas: uma epicontinental (Bambuí) e uma molassa (Macaúbas, Jequitaí, Itacolomi, Santo Antônio). O Projeto Letos (Moutinho da Costa, 1976), a Carta do Milionésimo (Bruni, 1976) e o Mapa Geológico do Estado da Bahia (Inda & Barbosa 1978) associaram ao Supergrupo São Francisco apenas os Grupos Macaúbas e Bambuí.

O Supergrupo São Francisco recobre uma extensa porção do escudo Atlântico, principalmente o Cráton São Francisco, englobando coberturas neoproterozóicas afetadas pelo evento Brasiliano (Pflug & Renger, 1973). As seqüências mapeadas tanto nos domínios da Serra do Espinhaço, quanto a oeste dela, são divididas em seqüências molassoídes, caracterizadas por arranjos estratigráficos complexos com intensas variações faciológicas em nível local e regional, e em seqüências pelítico-carbonáticas formadas geralmente por arranjos estratigráficos simples e bem definidos (Danderfer, 2000). Estas seqüências englobam as Formações Bebedouro e Salitre, ambas constituintes do Grupo

Una, no domínio fisiográfico da chapada Diamantina e nos domínios da Serra do Espinhaço formam o Grupo Macaúbas e Bambuí.

Quanto à deposição destas unidades que preenchem a Supergrupo, restam poucas dúvidas que os sedimentos se acumularam em uma bacia de caráter extensional, cuja origem provavelmente está relacionada com a evolução poli-histórica de um rift abortado.

O segmento centro-sul do Cráton homônimo (**Figura 1**), recoberto pelo Supergrupo São Francisco é denominado por alguns autores de “Bacia do São Francisco” (Martins Neto & Alkmim, 2001), que comprehende em ordem estratigráfica ascendente o Grupo Macaúbas, constituído por diamictitos e outros sedimentos glaciogênicos de pouca espessura e o Grupo Bambuí constituído por siliciclastos e calcários interestratificados. Sobreposto ao Grupo Bambuí encontram-se arenitos de idade cretácica inferior (Fernandes, 1982; Santos, 1984) da Formação Urucuia, além de coberturas arenosas detriticas e depósitos aluviais quaternários.



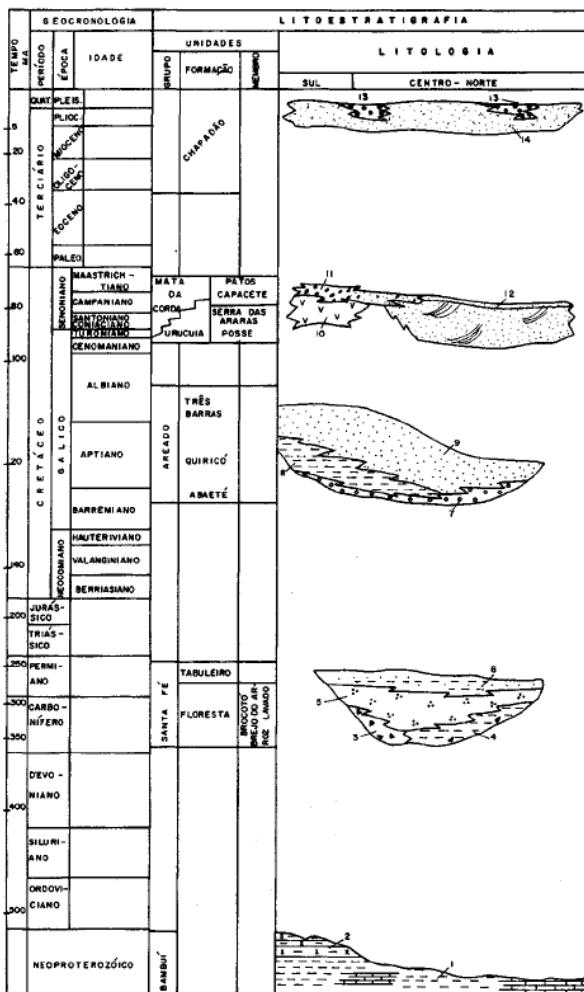
**Figura 1 - BACIA SÃO FRANCISCO NO CRÁTON** (modificado de Marshak & Alkmim, 1989)

O sistema cárstico localizado a oeste da Bahia é formado predominantemente pelas rochas do Grupo Bambuí. Estas rochas compreendem geralmente, calcárias com acamamento horizontal, que

raramente ultrapassam os 200m de espessura. O carste, propriamente dito, desenvolve-se em duas unidades geológicas: a Formação Sete Lagoas e a Formação Lagoa do Jacaré. Na área em estudo são encontrados outros tipos litológicos mais recentes que o Grupo Bambuí. Estes litotipos englobam os arenitos de idade cretácica inferior (Fernandes et. al., 1982; Santos, 1984) do Grupo Urucuia (Campos, J. E. G. & Dardenne, M. A. 1997b), além de coberturas arenosas detritícias e depósitos aluviais quaternários.

#### **4.1.1 - Litoestratigrafia**

O sistema cárstico localizado a oeste da Bahia é formado predominantemente por rochas do Grupo Bambuí, compreendendo calcários com acamamento horizontal, que raramente ultrapassam os 200m de espessura. A **Figura 2** apresenta a coluna litoestratigráfica da bacia do rio São Francisco.



**Figura 2 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO SÃO FRANCISCO**

### ***Embasamento Arqueano***

As rochas que compõem o embasamento são consideradas como do Arqueano e / ou Proterozóico Inferior, já que os dados radiométricos Rb/Sr variam de 2,0 até 2,9 Ga (Barbosa & Domingues, 1996). São granitos, granodioritos, tonalitos ou trondhjemitos apresentando como minerais maficos principais a hornblenda e a biotita. Estas rochas são encontradas no trecho sul da BR-135/BA em contato com rochas dos Grupos Urucuia e Bambuí.

### ***Grupo Macaúbas***

O Grupo Macaúbas representa uma unidade neproterozóica glacio-continental a glaciomarinha que comprehende um conjunto de metassiltitos com níveis de metarenitos grossos, argilosos e mal selecionados, localmente conglomeráticos, e diamictitos, cuja sedimentação teria se iniciado por volta de 850 Ma (Martins Neto & Alkmim *et al.* 2001). A distribuição do Grupo Macaúbas na bacia do São Francisco é restrita, coincidindo com áreas de afloramento do Supergrupo Espinhaço.

### ***Grupo Bambuí***

O Grupo Bambuí engloba um pacote de rochas pelítico-carbonáticas, não metamórficas de idade proterozóica. Litologicamente comprehendem calcários, dolomitos, margas, siltitos, argilitos, folhelhos, arcóseos resultante de uma sedimentação epicontinental. Compreende as Formações Sete Lagoas, Serra de Santa Helena, Lagoa do Jacaré, Serra da Saudade e Três Marias.

#### ***Formação Sete Lagoas***

A formação Sete Lagoas constitui a base do Grupo Bambuí e representa uma seqüência predominantemente calcária, com dolomitos, calcários dolomíticos, margas, calcários argilosos e folhelhos subordinados (RADAMBRASIL, 1982).

#### ***Formação Serra de Santa Helena***

Composta por folhelhos cinza, esverdeados e creme com intercalações subordinadas de calcário preto no topo e calcário dolomítico cinza-claro na base (Branco & Costa, 1960).

### **Formação Lagoa do Jacaré**

Compreendem calcarenitos finos, calcarenitos intraclásticos, oncolíticos e calcissiltitos pretos a cinza-escuro. Apresentam como estruturas sedimentares estratificação cruzada do tipo *hummocky*, acamamento ondulado e marcas de ondulação (Inda & Barbosa, SGM – 1996).

Na região de São Desidério, ao longo da estrada de rodagem São Desidério-Tiririca podem ser reconhecidos grandes afloramentos de calcário pretos e cinza pertencentes a esta formação. (RADAMBRASIL, 1982). Neste trabalho os afloramentos de calcário de cor preta ao longo do trecho norte da BR-135/BA são associados à Formação Lagoa do Jacaré, no entanto, Silva (1987) os associou à Formação São Desidério, descritos como calcários de cor preta, oolíticos, intercalados com níveis de marga, calcários de cor cinza-escura com intraclastos e níveis argilosos. Segundo Danderfer (2000), podem ser descritos para cada formação geológica, os principais aspectos composicionais e suas correlações com os sistemas deposicionais (**Tabela 2**).

### **Formação Serra da Saudade**

A Formação Serra da Saudade representa um conjunto predominantemente clástico, constituído por silititos, folhelhos, ardósias e argilitos de cor verde-amarelada, com lentes de calcários e margas cinza a cinza-escuro Alvarenga (1978).

### **Formação Três Marias**

A Formação Três Marias é composta por uma seqüência formada por siltitos e arcóseos de cor cinza-esverdeado. Em termos gerais, não é metamórfica apresenta-se comumente horizontalizada e pode ser reconhecida em campo pela sua esfoliação esferoidal característica (RADAMBRASIL, 1982).

**Tabela 2 - LITOESTRATIGRAFIA E SISTEMAS DEPOSIONAIS DO GRUPO BAMBUÍ, COM BASE EM Danderfer (2000)**

Formação	Composição lítica	Sistema deposicional
Três Marias	Arcóse e pelito	Marinho raso dominado por tempestade
Serra da Saudade	Pelito	Marinho raso
Lagoa do Jacaré	Calcarenito, às vezes oolíticos e com níveis de brecha intraformacional, além de calcilutito e pelito	Marinho raso a litorâneo, em parte dominado por tempestades
Serra de Santa Helena	Pelito; ocasionalmente pelito calcífero, marga calcarenito e arenito	Marinho raso, dominado em boa parte por tempestades
Sete Lagoas	<u>Mb. Lagoa Santa:</u> Calcarenito e calcirrudito; de modo restrito calcissiltito, estromatólito colunar e brecha intraformacional <u>Mb. Pedro Leopoldo:</u> pelito e calcissiltito ritmicamente intercalado; calcarenito, marga e laminito algal em quantidades	Marinho raso a litorâneo, com ação de tempestades e marés

### **Grupo Urucuia**

O termo Urucuia foi designado pela primeira vez por Oliveira & Leonards (1943) para arenitos que formam o chapadão do Urucuia, no noroeste de Minas Gerais. Esta formação abrange maior parte da área de estudo e consiste em uma sucessão de leitos de arenitos de cores diversas (marrom, rosa, vermelho e branco), de granulação fina a grossa, friáveis, caulínicos. Nesses arenitos ocorrem concreções silicosas esparsas, assim como, intercalações irregulares de conglomerados. (Fernandes, Santos *et al.*).

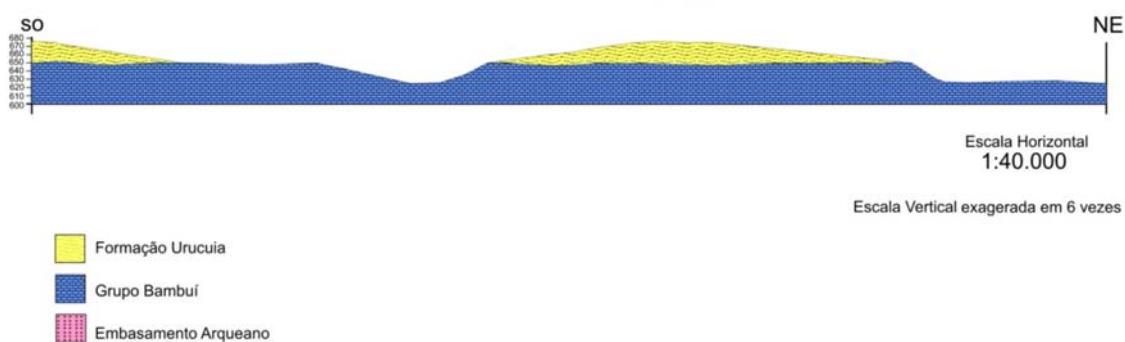
Quanto ao ambiente deposicional, o Grupo Urucuia é interpretado (Campos, J. E. G. & Dardenne, M. A. 1997b), como uma deposição fluvial com contribuição eólica (Lima & Leite, 1978; Fernandes, 1982), sendo composto por arenitos e sub-dividido nas formações Posse (com as Fácies I e 2) e Serra das Araras, respectivamente interpretadas como depósitos eólicos de campos de dunas secas, fluvial entrelaçado depositado em canais e fluvial entrelaçado sedimentado em lençóis de areia e cascalho.

Está presente desde o sul da bacia, onde é preservado em áreas isoladas e recoberto por sedimentos epiclásticos, até o norte da bacia, onde se torna a unidade predominante. A **Figura 3** mostra dois perfis onde são indicadas condições deposicionais desses arenitos, ora assentados diretamente sobre o embasamento cristalino, ora sobre os calcários do Grupo Bambuí.

### **Coberturas Arenosas Detriticas**

Estas coberturas são constituídas na maior parte de elúvios, provenientes de material do intemperismo das rochas subjacentes ligadas aos ciclos de aplanaamento destas do final do Fanerozóico (RADAMBRASIL, 1982). Apresentam uma espessura média de dois metros, predominantemente arenosa, e localmente rica em películas de ferro.

A)



**Figura 3 – PERFIS GEOLÓGICOS APRESENTANDO CAMADAS DO GRUPO BAMBUÍ COBERTAS PELO GRUPO URUCUIA E CAMADAS DO GRUPO BAMBUÍ SOBRE O EMBASAMENTO CRISTALINO**

### **Depósitos Aluviais**

Os sedimentos aluvionários são de natureza carbonática e terrígena, composta principalmente por areias, cascalhos, siltes e argilas preenchendo as calhas das principais drenagens atuais mantendo-se perenes e temporariamente inundados (RADAMBRASIL, 1982).

#### **4.1.2 - Geologia Estrutural em nível Regional**

O Domínio do Médio São Francisco corresponde a uma extensa faixa localizada a oeste do rio São Francisco, com direção N-S e compreendendo a área de ocorrência do Grupo Bambuí nos estados da Bahia e Minas Gerais, com reflexo dessa estruturação notadamente evidenciados pelo imenso chapadão que constitui a Formação Urucuia.

Quanto à estruturação geológica, pode-se dividir a região em dois subdomínios com características peculiares bem diferenciadas (RADAMBRASIL, 1982). O primeiro subdomínio localiza-se na porção setentrional da localidade de Cerro Dourado, prolongando-se em direção norte para a cidade de Wanderley, e para noroeste para a cidade de Barreiras. Este subdomínio apresenta dobramentos fechados e simétricos com eixos para ENE-OSO, e vergência para OSO suavizando para sul e para

noroeste, onde nas proximidades da cidade de Barreiras as camadas estão praticamente horizontalizadas. Ao longo do Chapadão Urucuia observa-se que os grandes rios apresentam um padrão de drenagem paralela com direção preferencial NE-SO decorrente do intenso falhamento de mesma direção que marca a região.

O segundo subdomínio estende-se na porção meridional do Cerro Dourado, prolongando-se para sul em direção as cidades de Montalvânia e Januária. Nesta porção os dobramentos praticamente inexistem, sendo as evidências indicadas pelos acamamentos horizontalizados.

Nas proximidades do município de São Desidério, os processos deformacionais tornam-se evidentes, com camadas horizontais estruturando-se em atitudes próximas a  $N60^0$  E/ $45^0$  NW ou SE. Este comportamento sugere dobras mais fechadas do que as dobras suaves encontradas na bacia.

#### **4.2 - Aspectos Geomorfológicos Regionais**

Os domínios geomorfológicos comportam-se conforme o arcabouço geológico que correspondem as litologias do Proterozóico (Grupo Bambuí), do Cretáceo (Formação Urucuia) e das coberturas e depósitos que formaram na região. Os processos geológicos foram co-responsáveis pela morfologia atual, apresentando variedades estruturais e diversidades topográficas. A estrutura geomorfológica foi organizada conforme a classificação taxonômica do RadamBrasil (1982), que compreende em:

##### ***Planícies fluviais do médio São Francisco***

Encontradas topograficamente nos talvegues dos cursos d'água que podem conter diques aluviais. São terrenos planos, sujeitos a inundação, que podem ocorrer pequena variação altimétrica, formando pequenos relevos ao longo da drenagem. Apresentam materiais arenosos e de origem colúvio-aluvial e de depósito recente.

##### ***Depressão do São Francisco***

Esta unidade estrutura nas porções arredores dos Patamares do Chapadão. Os relevos constituem-se por extensas rampas planas inclinadas partindo das escarpas e dos relevos residuais. Os residuais de calcário demonstram que essas áreas foram topograficamente mais elevadas e que foi rebaixado pelos processos de pediplanação e dissolução das rochas. Esses processos desenvolveram feições como: as rampas e as lombas convexas que descem do patamar para a depressão, em torno dos afluentes mais entalhados. (RADAMBRASIL,1982).

### ***Chapadão Central***

São chapadas referentes a planaltos com superfícies irregulares por vezes erodidas. As variações altimétricas variam em torno de 600 a 800 metros, essa diferença que conduz o curso d'água em direção a periferia do chapadão.

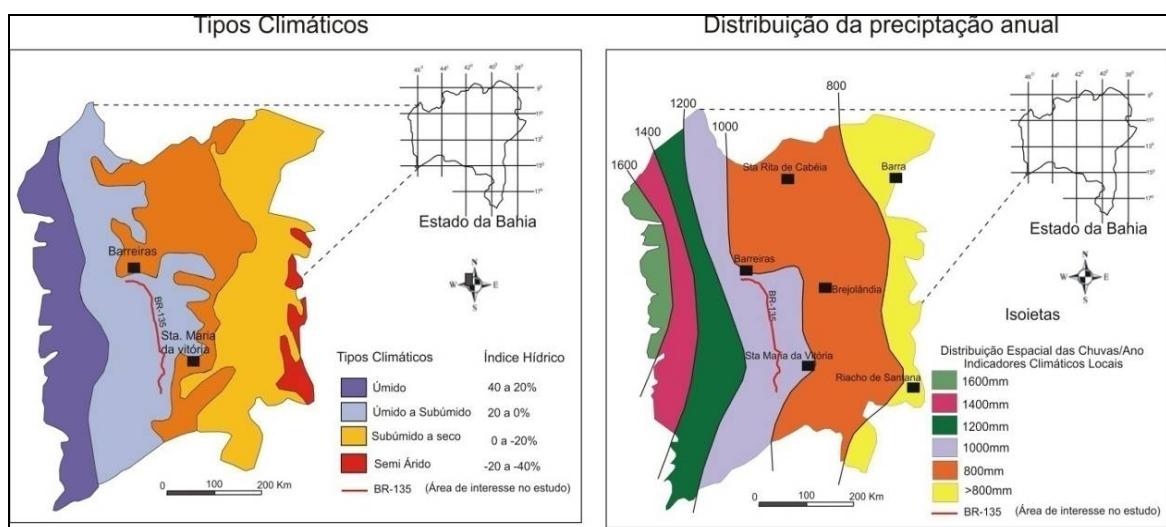
O relevo, dessas áreas, é muito variável com presença de escarpas íngremes e terrenos suaves a fortes ondulados. Pertence ao Grupo Urucuia, trata-se de um chapadão com dissecação até o nível topográfico de 600 metros de encontro com o Grupo Bambuí. Neste contato acumularam-se colúvios arenosos que moldaram os aplainamentos e posteriormente foram dissecados pelos cursos d'água.

## 5 - HIDROCLIMATOLOGIA

Em caráter regional, a identificação das características hidroclimatológicas foi promovida a partir da compilação dos dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), (<http://hidroweb.ana.gov.br>), além da compilação de dados contidos nos estudos RADAMBRASIL, 1982 e EMBRAPA (2008).

A região de estudo apresenta duas estações climáticas bem definidas: uma seca e fria que vai de maio a setembro, e uma estação chuvisca e quente, que se estabelece entre os meses de outubro a abril. De acordo com sua posição geográfica, a área apresenta temperaturas médias mínimas e máximas entre 20 e 26°C e forte radiação solar. No domínio de estudo, as temperaturas são mais amenas nos níveis altimétricos mais elevados. Já a pluviosidade regional varia de leste para oeste oscilando entre 900 e 1100 mm por ano, aproximadamente. A **Figura 4** apresentada a seguir mostra os tipos climáticos existentes, bem como as faixas de distribuição pluviométrica.

Conforme a classificação de Koppen, o tipo de clima que abrange a área é quente (Caw) e apresenta pelo menos um mês com precipitação inferior a 60 mm. A temperatura do mês mais frio é superior a 18°C e a amplitude térmica das médias mensais não ultrapassa 5°C (RADAMBRASIL, 1982). A umidade relativa média do ar é de 70%, sendo a máxima de 80% no mês de dezembro e a mínima de 50% no mês de agosto (EMBRAPA, 2008).



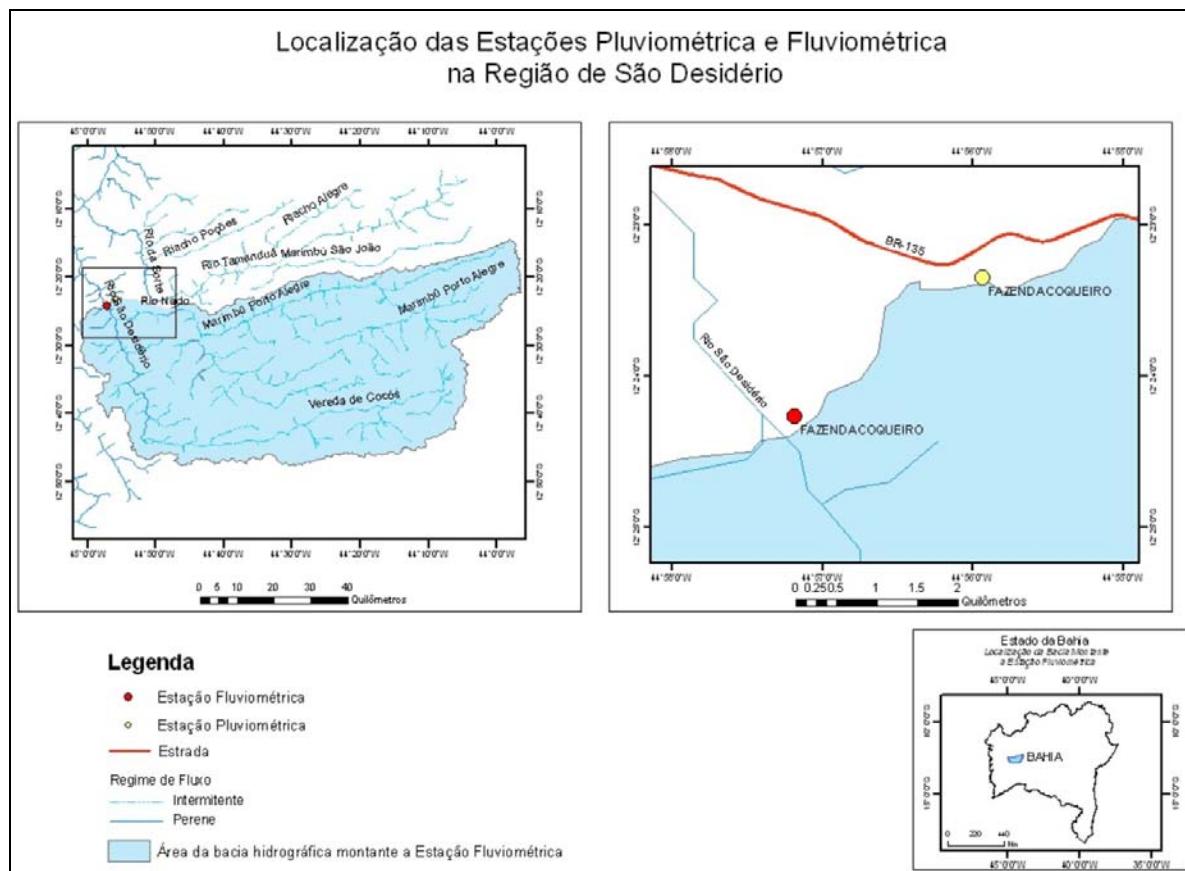
**Figura 4 - CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS REGIONAIS (EMBRAPA, 2008)**

Do ponto de vista local, as influências das precipitações no ambiente investigado são marcantes, tendo em vista, ainda, a estruturação de um ambiente cárstico situado de modo subjacente a um ambiente sedimentar arenítico. Tal configuração implica em um condicionamento específico do regime hidrológico, visto que as recargas efetivas que controlam grande parte do gradiente hidráulico no Sistema Cártico João Rodrigues, dependem dos aportes de chuvas incidentes nas unidades hidrogeológicas areníticas situadas em torno de seu domínio de ocorrência, principalmente das porções leste e sul.

O regime hidrológico local pode ser balizado pelos dados provenientes da estação de monitoramento pluviométrico, denominada Fazenda Coqueiro, apresentada na **Foto 01**. A **Figura 5** mostra o local em que se encontra instalada, conforme posicionamento na margem direita do rio São Desidério, e compreendida pelas coordenadas UTM 504.957 E e 8.628.754 N, a 501 mNM.



**Foto 01** – ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA DO RIO SÃO DESIDÉRIO, FAZENDA COQUEIRO, SÃO DESIDÉRIO



**Figura 5 – MAPA DE IDENTIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICA E FLUVIOMÉTRICA, FAZENDA COQUEIRO, (ANA 4649000)**

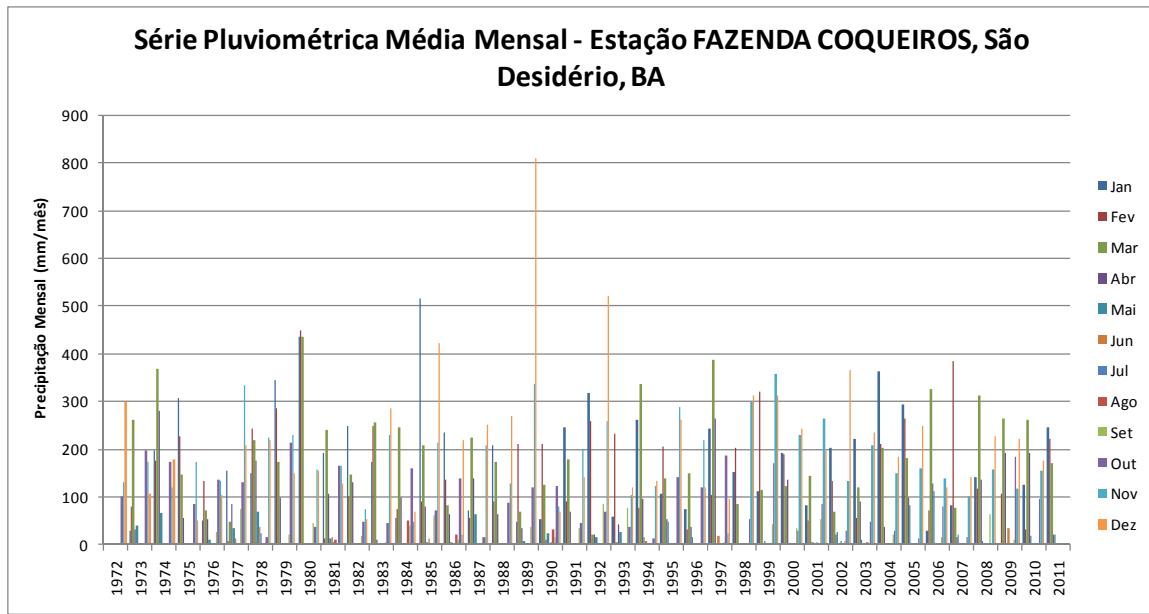
Os dados disponibilizados apresentam valores de precipitação com série temporal de 35 anos, entre os períodos de julho de 1972 a janeiro de 2011. A **Tabela 3** e o gráfico da **Figura 6** apresentam este histórico de dados, sintetizados na forma de totais mensais e anuais e organizados conforme o ano hidrológico, o qual considera setembro o mês inicial.

Percebe-se que nos meses de maio a setembro, o clima da região apresenta pequena quantidade de precipitação, indicando o período mais seco, mas nos meses de outubro a abril apresentam maior distribuição de precipitação, caracterizando período mais chuvoso, com grandes concentrações de precipitação nos meses de dezembro e janeiro (**Figura 7**).

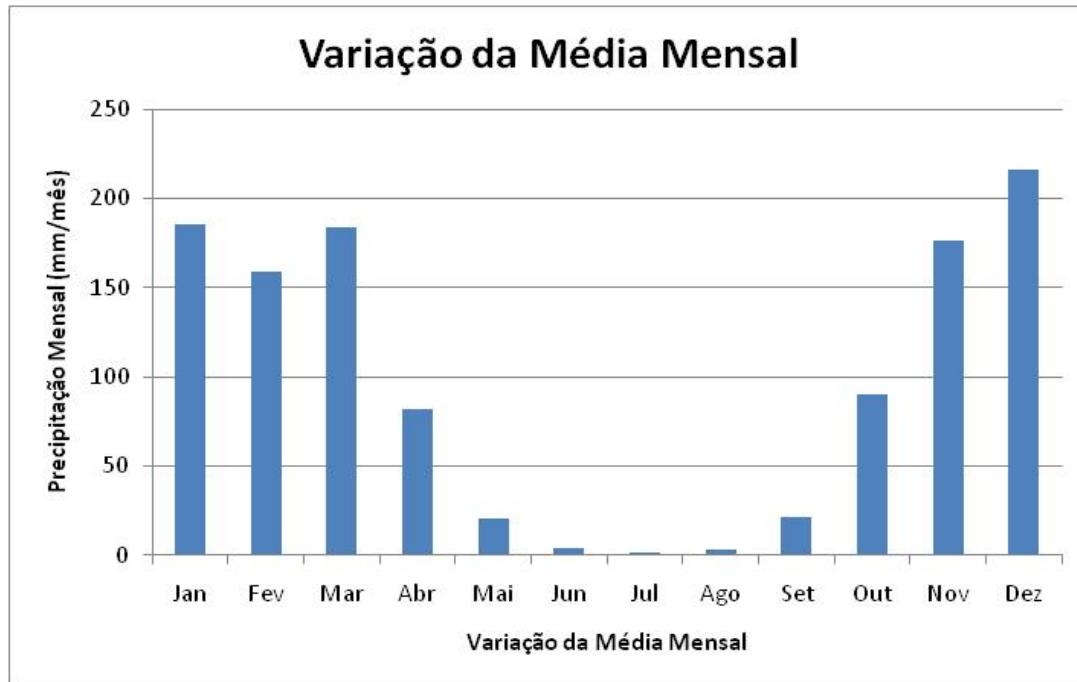
**Tabela 3 – DADOS PLUVIOMÉTRICOS DA ESTAÇÃO FAZENDA COQUEIRO, SÃO DESIDÉRIO-BA**

Ano	Dados Pluviométricos da Estação Fazenda Coqueiro, São Desidério, BA.												Precipitação Anual (mm/ano))
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1972	0						0	0	0	100,5	129,7	298,1	
1973	29	79,6	261,1	31,2	40	0	0	0	0	198,7	174,2	107,4	921,2
1974	197,8	176,2	369,4	281,8	66,6	1,4	0	0	0	174,6	121	180	1568,8
1975	307,8	227,4	146,4	55,6	0	0	0	0	0	86	173,2	51,4	1047,8
1976	51,8	133,4	72	54,2	9,2	0	0	0	26,2	136,6	134,4	103,8	721,6
1977	154	6,6	47,6	86,7	33,7	12,1	0	0	75,2	130,7	332,8	208,8	1088,2
1978	149,8	242,4	219,8	175,8	68,4	38,4	23,2	0	0	14,8	223,4	218,6	1374,6
1979	345,8	285,8	173,4	98,8	0	0	0	0	22,2	213,4	228,5	149,3	1517,2
1980	434,9	448,4	434,9	0	0	0	0	0	44,8	36	157,3	155,8	1712,1
1981	191,4	12	241,8	106,6	12,6	15	5,4	9,8	0	164,4	164,8	127,2	1051
1982	248,6	101,2	146,4	132	0	0	0	0	18,6	49,2	74,2	52,6	822,8
1983	172,8	247,8	257,2	10,2	0	0	0	0	5,6	44,4	230	285,2	1253,2
1984	55,4	75,6	244,6	98,2	3	0	0	51,4	40	160	49	70	847,2
1985	515,2	91	209	80,8	5,8	12	0	0	61,4	71,9	214,3	422,3	1683,7
1986	236	136,7	83,3	65,1	5,8	0	3,2	20,3	10,7	138,9	21,3	219,6	940,9
1987	72,2	57,1	224,4	138,2	65	0	0	0	16,6	16	208,7	252,3	1050,5
1988	209,1	90,2	173,6	63,2	0	0	0	0	0	87,3	127,7	270,9	1022
1989	47,3	210,5	68,6	34,5	8	1	0	2,5	38	119,2	337,5	809,8	1676,9
1990	53,6	212	125,4	10,3	22,9	0	6,1	31,7	14,6	124	80,3	68,5	749,4
1991	245	91,9	178,4	68,2	3,2	0	0	0	35,3	44	201,3	142,8	1010,1
1992	319,3	260	21,4	20	16,3	0	0	0	84,5	68,3	258,8	522,6	1571,2
1993	59,2	233,6	4,1	43,5	27	0	0	0	76,7	37,5	102,8	120,9	705,3
1994	262,1	77,4	336,1	97,2	15,2	9,1	0	0	0	13,3	124,1	133,2	1067,7
1995	107,7	206,5	138,3	54,5	48	0	0	0	0	142,5	289,5	263,1	1250,1
1996	73,9	31	150	36,3	17,1	0	0	2,1	0,8	119,7	218	119,6	768,5
1997	242,6	103,7	388,5	265,8	3	17,4	0	0	5,5	187,5	23,8	95,3	1333,1
1998	152,2	202,7	84,6	2,8	2,8	0	0	0	0	52	299,6	312,1	1108,8
1999	112,6	321,6	113,8	1,4	8	0	0	0	42,5	172,2	358,6	311,4	1442,1
2000	193,1	190,7	123,8	137,1	0	0	0	0	35,6	30,4	229,7	242,3	1182,7
2001	83,1	50,3	143,8	4,6	3,9	0	6,2	0	52,1	86,2	265,6	197,8	893,6
2002	203,5	133,1	70,4	19,9	26,1	0	7,8	0	8,7	28,4	134,7	367,3	999,9
2003	222,2	55,6	120,5	89,6	10	0	0	5,2	2,8	46,7	207,5	234,1	994,2
2004	362,8	212,3	202,8	36,2	0	0	0	0	21,5	28,5	150,1	185,3	1199,5
2005	295,2	264	182,3	98,1	82,6	0	0	0	0	12,8	159,4	248,3	1342,7
2006	29,4	72,2	325,8	128,1	113,1	0	0	0	16	81,3	138,9	119,6	1024,4
2007	82	384,2	76,4	17	21,2	0	0	0	0	17,1	102,3	141,9	842,1
2008	142	117,1	313	137,5	8	0	0	0	64,1	0	156,8	226,8	1165,3
2009	0	107	263,9	192,9	0	34,2	0	0	10,6	183,1	117,7	221,4	1130,8
2010	125,7	32,6	261,9	193	19,4	0	0	0	0	95,5	155,4	177,3	1060,8
2011	246,3	221	171,9	20	22,5	0							
<b>Média</b>	<b>185,1</b>	<b>159</b>	<b>183,9</b>	<b>81,7</b>	<b>20,7</b>	<b>3,6</b>	<b>1,4</b>	<b>3,2</b>	<b>21,3</b>	<b>90,1</b>	<b>176,3</b>	<b>216,3</b>	<b>1138,5</b>
<b>Mínima</b>	<b>0</b>	<b>6,6</b>	<b>4,1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>21,3</b>	<b>51,4</b>	<b>705,3</b>
<b>Máxima</b>	<b>515,2</b>	<b>448,4</b>	<b>434,9</b>	<b>281,8</b>	<b>113,1</b>	<b>38,4</b>	<b>23,2</b>	<b>51,4</b>	<b>84,5</b>	<b>213,4</b>	<b>358,6</b>	<b>809,8</b>	<b>1712,1</b>

**Fonte:** Série histórica completa registrada entre os anos 1972 e 2011 - Estação 1244019 (ANA/2011)

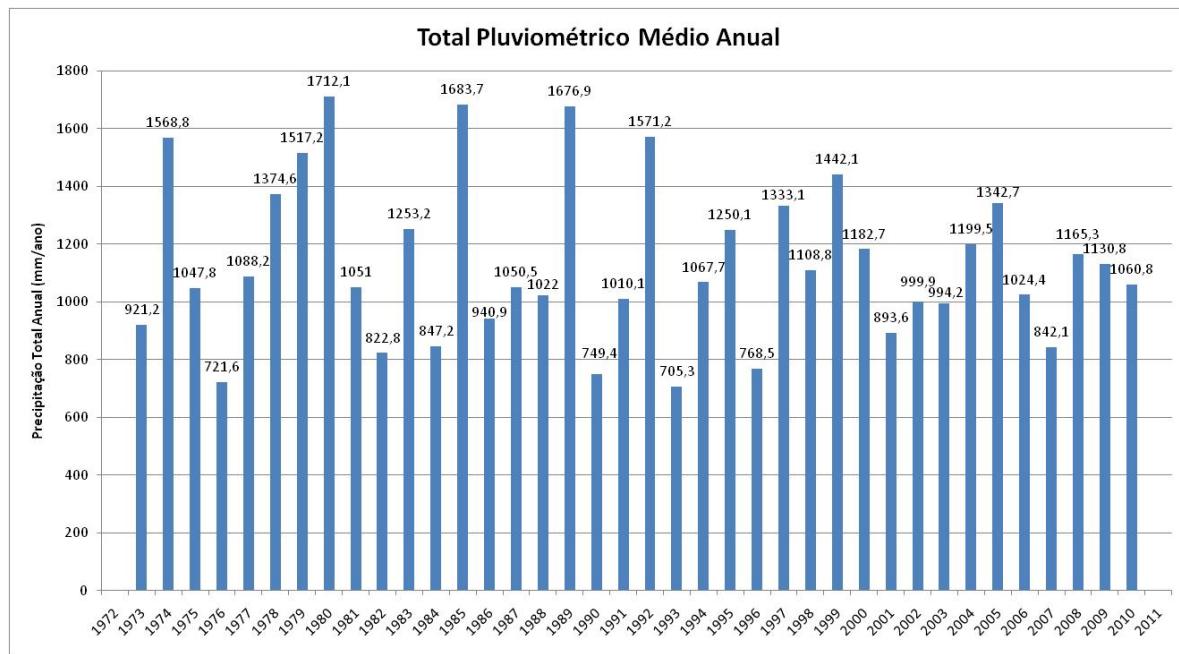


**Figura 6 – SÉRIE PLUVIOMÉTRICA MÉDIA MENSAL – ESTAÇÃO FAZENDA COQUEIRO, SÃO DESIDÉRIO-BA** (Fonte: série histórica registrada entre os anos 1972 e 2011 - estação 1244019, ANA/2011)



**Figura 7 – VARIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA MÉDIA MENSAL – ESTAÇÃO FAZENDA COQUEIRO, SÃO DESIDÉRIO, BA** (Fonte: série histórica registrada entre os anos 1972 e 2011. estação 1244019, ANA/2011)

No gráfico da **Figura 8**, pode-se observar que anos hidrológicos de 1979/80 e 1989/90 a estação registrou valores de precipitação maiores do que a média histórica. Já no ano hidrológico de 1975/76, a região apresentou média pluviométrica inferior ao da série histórica apresentada.



**Figura 8 – TOTAL PLUVIOMÉTRICO MÉDIO ANUAL – ESTAÇÃO FAZENDA COQUEIRO, SÃO DESIDÉRIO, BA** (Fonte: série histórica completa registrada entre os anos 1972 e 2011 - Estação 1244019, ANA/2011)

## 5.1 - Caracterização hidrográfica e hidrológica

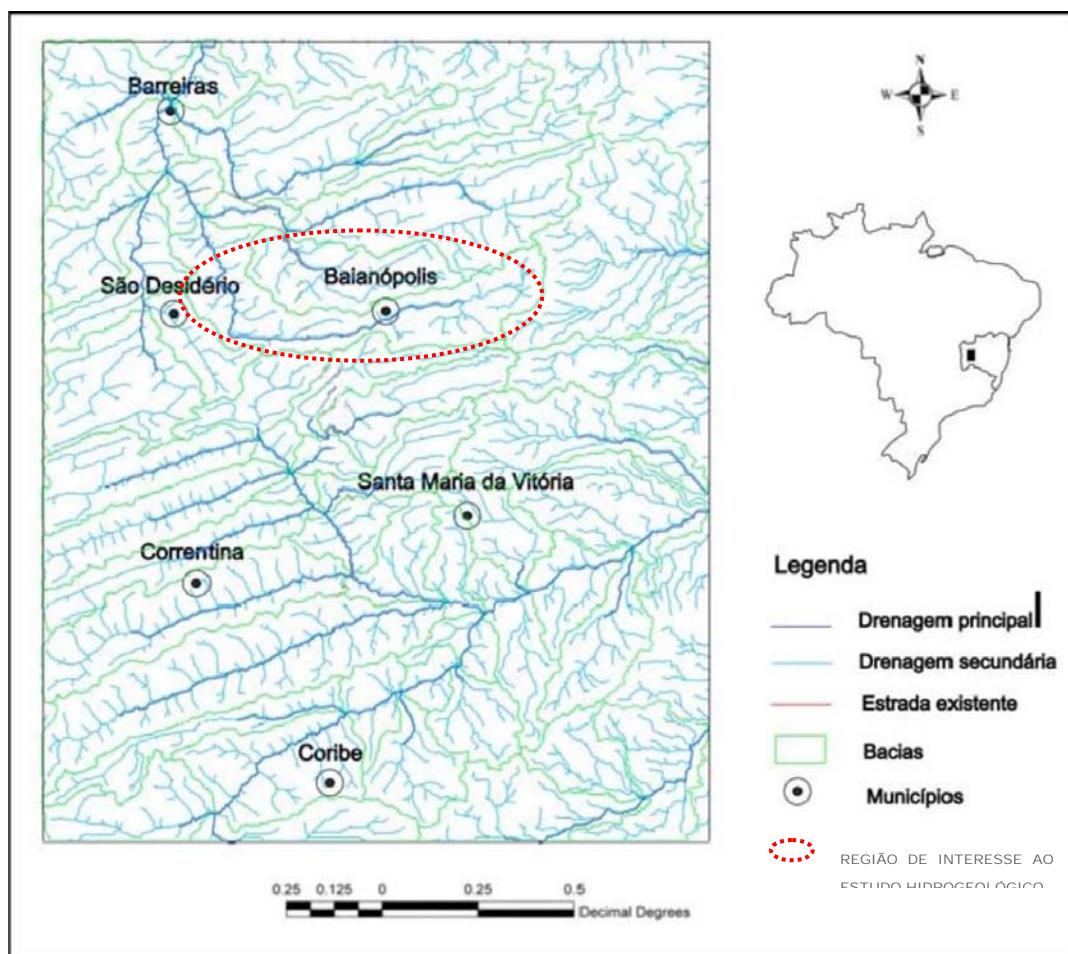
Em nível regional, os cursos d’água de interesse são representados pela rede de drenagem formadora de parte do médio curso do rio São Francisco, em sua margem esquerda. Os principais cursos d’água são os rios Grande, dos Porcos, São Desidério, Tamanduá, do Nado, das Fêmeas, Galheirão, dos Bois, das Ondas e das Pedras.

Essa rede de drenagem é formada por talvegues inclinados, limitados pelo controle da geologia estrutural. Apresentam direções paralelas, orientados predominantemente no rumo SO-NE, evidenciando padrão retangular em sua conformação geral. A **Figura 9** apresenta um esboço preliminar da referida rede de drenagem na região de interesse.

A sub-bacia do rio do Nado serve de nível de base local para as contribuições hídricas de seu entorno, sendo esta calha responsável pela coleção de águas que circulam no Sistema Cárstico João

Rodrigues. Já a bacia hidrográfica do rio São Desidério, que está situada à margem direita do rio Grande, apresenta drenagem de volume apreciável escoando no sentido norte-nordeste, confluindo na margem esquerda do médio curso do rio São Francisco, na cidade de Barra/BA.

Para a bacia do rio São Desidério, os dados de vazão obtidos na estação ANA 4649000 (ANA,2011) mostram que seu regime de descargas acompanha as oscilações climáticas locais, embora ao longo de seus 34 anos de observação possa se verificar um declínio no volume médio de seus deflúvios.

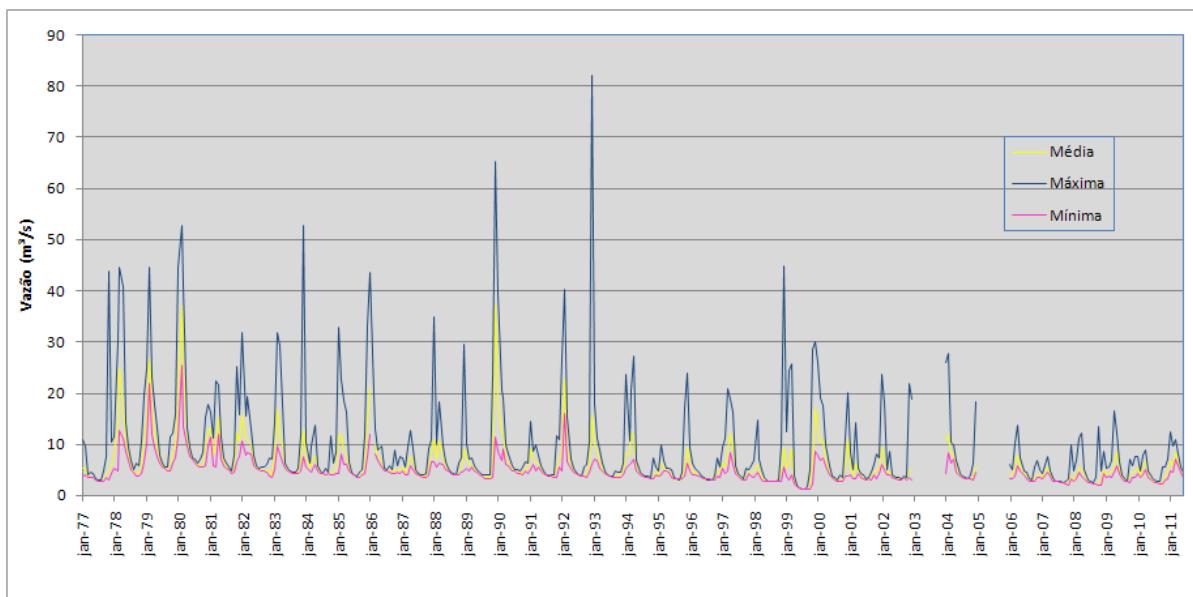


**Figura 9 – ESBOÇO PRELIMINAR DA REDE DE DRENAGEM REGIONAL**

O gráfico apresentado na **Figura 10**, a seguir, mostra os níveis de oscilação das descargas ao longo do ano, em termos de seus valores médios, máximos e mínimos respectivamente, iguais a 6,15  $m^3/s$ , 10,16  $m^3/s$  e 4,64  $m^3/s$ .

O rio São Desidério apresenta uma bacia hidrográfica, cuja área de drenagem totaliza 4.586 km<sup>2</sup>. O período de estiagem pode ser considerado aquele em que há exclusivamente a contribuição dos aquíferos para a sua calha de drenagem. Conforme indicado acima, o valor médio de descarga para um período de recorrência de 34 anos mostra uma contribuição de 4,64 m<sup>3</sup>/s, o que implica, perante sua área total de contribuição, uma vazão média específica mínima de 1,01 L/s.km<sup>2</sup>.

Em vista das limitações quanto à obtenção de dados hidrológicos específicos, relativas ao histórico de medições de descarga no curso dos rios Tamanduá e João Rodrigues, extrapolações são necessárias a fim de se estimar as contribuições hídricas para as referidas calhas de drenagem. Localmente, o rio João Rodrigues compreende um sistema hídrico nos moldes de um sistema fluvio-cárstico, cuja perenidade depende, em tese, dos aportes oriundos da bacia de drenagem do rio Tamanduá, situada imediatamente a montante da surgência cárstica do rio João Rodrigues.



**Figura 10 – DESCARGAS MÁXIMAS, MÉDIAS E MÍNIMAS ANUAIS – ESTAÇÃO ANA 46490000, RIO SÃO DESIDÉRIO, BA**

Os deflúvios da zona de contribuição do rio Tamanduá são sazonalmente intermitentes, sendo o comportamento hidrológico desta bacia, concebido inicialmente por dois cenários: o primeiro mostra-se atrelado basicamente à porção de seu alto curso, cujas características de relevo são conferidas pelo entalhamento de sua rede de drenagem elaborada, majoritariamente, por sobre as rochas areníticas da Formação Urucuia. O segundo é definido por entalhamento incipiente da rede de drenagem superficial, em seu médio e baixo curso, em decorrência, provavelmente, do contínuo

e paulatino processo de ampliação do ambiente cárstico subjacente, dada a ação conjunta dos processos de dissolução do material carbonático e do incremento do escoamento dos fluxos subterrâneos. Desse modo, pode-se esperar que as taxas de escoamento superficial apresentem-se inferiores a outros ambientes geológicos de dimensões similares, em face da capacidade de recarga inferior a dos ambientes arenítico-carbonáticos.

Todavia, em face da existência de dados de leitura das réguas limimétricas instaladas em 2008, para cinco seções fluviométricas ao longo do rio João Rodrigues, apresenta-se adiante, os resultados preliminares do comportamento das cotas de altura limimétrica que devem refletir as oscilações das descargas líquidas para as duas seções extremas do SCJR: nascente e ressurgência do Surubim. No mapa da **Figura 11**, estão identificados os locais onde se encontram as referidas réguas.



**Figura 11 – ESTAÇÕES DE MEDAÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA NO RIO JOÃO RODRIGUES, SÃO DESIDÉRIO, BA (PONTOS 1 A 5)**

## 5.2 - Levantamento dos pontos de interesse do SCRJR

Parte dos resultados foram obtidos ao longo dos estudos hidrológicos realizados pela Hidrovia em 2008, para a empresa JBR Engenharia Ltda., que, por sua vez, prestava serviços ao DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, para atendimento das demandas ambientais exigidas pelo CECAV-IBAMA, em decorrência da construção da rodovia BR-135 (Correntina-São Desidério).

Foram instaladas ao longo do Sistema Cártico João Rodrigues, cinco estações limimétricas para obtenção de leituras de lâminas d'água em pontos específicos. Os dados atualizados de medições de descarga nos mesmos pontos onde já se encontravam instalados os dispositivos de medição foram obtidos através da execução de novas medições realizadas em outubro de 2011, como descrito a seguir.

Tendo como base as imagens do Google (2008), foram selecionados os pontos em que seria mais adequada a instalação de seções de medição das descargas do curso João Rodrigues. Essas áreas de interesse para monitoramento das vazões foram então perseguidas e ajustadas em campo, tendo sido selecionadas (5) cinco seções de medição, conforme apresentado na **Tabela 4** a seguir:

**Tabela 4** - Localização dos pontos de instalação das estações de medição de vazão

Nº de Ordem	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Altitude mNM	Fotos	Descrição do Ponto
E1	516.520	8.631.018	619	1 a 4	Nascente do João Rodrigues
E2	515.598	8.632.349	612	5 e 6	Montante da Gruta do Catão e do lago Azul
E3	514.005	8.632.526	?	7 e 8	Jusante da Gruta do Catão e do lago Azul
E4	511.733	8.632.045	?	9 a 14	Dolina do sumidouro do João Baio
E5	505.262	8.628.196	508	15 e 16	Ressurgência do Surubim

Foi assim realizada a instalação das 5 (cinco) estações fluviométricas, cada uma destas constituída de uma régua de medição fixada em cantoneira galvanizada pintada na cor branca e de uma base de referência (RN) também em cantoneira galvanizada pintada na cor branca. Nesses locais, perpendicularmente ao eixo de escoamento da drenagem, foram realizadas à época (jun/2008), cinco medições de descarga líquida com uso de molinete tipo PRICE da marca GURLEY e os respectivos cálculos de descargas pelo método da meia seção. A seguir

apresenta-se um resumo das atividades realizadas em cada estação, sendo que as planilhas de dados coletados em campo encontram-se no **Anexo 1**.

### **5.2.1 - ESTAÇÃO 1 – Nascente do rio João Rodrigues**

Os serviços realizados referem-se à medição de descarga líquida, à instalação de uma seção de régua com amplitude de 0 a 100 cm sendo a estaca suporte de “cantoneira galvanizada” e régua de alumínio, e uma RNP também de “cantoneira galvanizada”.

O local determinado para instalação desta estação foi aproximadamente 150 m a jusante da estação de bombeamento d’água da prefeitura. Tendo o local escolhido uma característica de controle de estreitamento do canal, o leito composto de seixos rolados dificultou sobremaneira a instalação da estaca suporte. Após realizar o cálculo da descarga líquida obteve-se os valores apresentados na **Tabela 5** abaixo. As cotas de instalação são as seguintes: RNP: 1116 mm; régua no momento da instalação: 31 cm.

**Tabela 5** – Dados de medição de descarga líquida na Nascente do João Rodrigues

Nº de Ordem	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
E1	516.520	8.631.018	2,584	0,240	0,621 (jun/08)
			2,372	0,371	0,879 (out/11)

Abaixo, nas fotografias de números 02 a 05, encontram-se as imagens do local da nascente, bem como o de instalação da régua limimétrica e os procedimentos de medição.

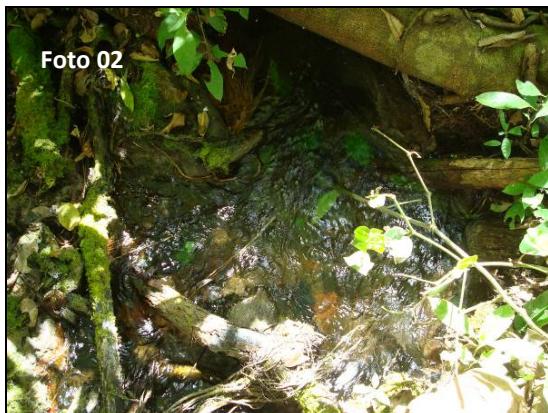
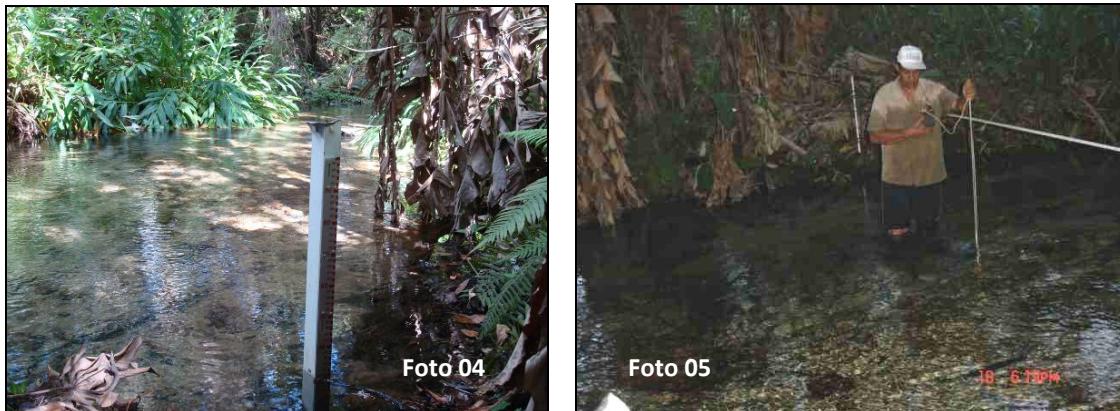


Foto 02 e 03 – Nascente do rio João Rodrigues – contato calcários Bambuí e arenitos Urucuia; Casa de máquinas de bombeamento de água para comunidades locais



Fotos 04 e 05 – Medição de vazão no curso João Rodrigues após a sua nascente, e os procedimentos de medição de descarga líquida com micromolinete

### **5.2.2 - ESTAÇÃO 2 – Rio João Rodrigues à montante da Gruta do Catão (17/06/2008)**

Os serviços realizados referem-se a uma medição de descarga líquida, à instalação de uma seção de régua com amplitude de 0 a 100 cm tendo a estaca suporte de “cantoneira galvanizada” e régua de alumínio, e uma RNP também de “cantoneira galvanizada”.

O local escolhido para instalação desta estação foi o de melhor acesso e o que reuniu as melhores condições hidráulicas para instalação e medição de descarga. Após realizar o cálculo da descarga líquida obteve-se um valor de vazão próximo ao encontrado na estação Nascente do rio João Rodrigues, como mostra a **Tabela 6** a seguir. As cotas de instalação são as seguintes: RNP: 1754 mm; régua no momento da instalação: 51 cm.

**Tabela 6** – Dados de medição de descarga líquida à montante da Gruta do Catão

Nº de Ordem	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
E2	515.598	8.632.349	2,969	0,226	0,671 (jun/08)
			2,851	0,312	0,889 (out/11)

Abaixo, nas fotografias de números 06 e 07, encontram-se as imagens do local de medição, bem como o de instalação da régua limimétrica e os procedimentos de medição e nivelamento das estacas base.



Foto 06



Foto 07

Foto 06 – Rio João Rodrigues à montante da Gruta do Catão – procedimentos de medição

Foto 07 – Rio João Rodrigues à montante da Gruta do Catão – Nivelamento de Referência

### **5.2.3 - ESTAÇÃO 3 – Rio João Rodrigues à jusante da Gruta do Catão**

Os serviços realizados referem-se a uma medição de descarga líquida, à instalação de uma seção de régua com amplitude de 0 a 100 cm tendo a estaca suporte de “cantoneira galvanizada” e régua de alumínio, e uma RNP também de “cantoneira galvanizada”.

O local determinado para instalação desta estação foi restrinido pelas condições do leito no local, uma vez que a surgência do rio na caverna à montante e o sumidouro do rio na caverna à jusante disponibilizava apenas uma faixa de aproximadamente 350 m, provocando em boa parte do trecho, uma situação de margem não definida. Após caminhamento e limpeza do leito foi determinado o local de instalação e medição, cujos valores encontram-se apresentados na **Tabela 7**. As cotas de instalação são: RNP: 0962 mm; régua no momento da instalação: 40 cm.

**Tabela 7** – Dados de medição de descarga líquida à jusante da Gruta do Catão

Nº de Ordem	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
E3	514.005	8.632.526	2,335	0,328	0,766 (jun/08)
			5,824	0,183	1,07 (out/11)

Abaixo, nas fotografias de números 08 e 09, encontram-se as imagens do local da nascente, bem como o de instalação da régua limimétrica e os procedimentos de medição.



Foto 08

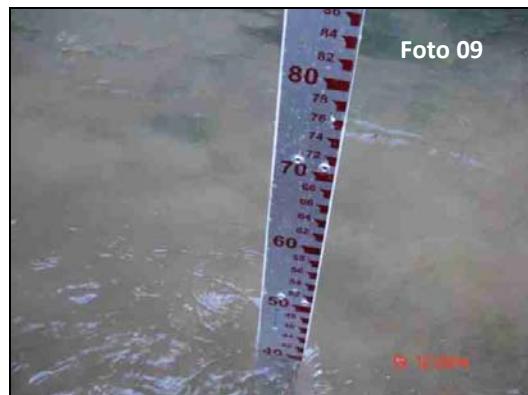


Foto 09

Foto 08 – Rio João Rodrigues à jusante da Gruta do Catão – procedimentos de medição

Foto 09 – Rio João Rodrigues à jusante da Gruta do Catão – Régua limimétrica instalada

#### **5.2.4 - ESTAÇÃO 4 – Dolina da ressurgência e sumidouro do João Baio**

Os serviços realizados em 2008 referiram-se ainda a medições de descarga líquida, à instalação de uma seção de régua com amplitude de 0 a 100 cm sendo a estaca suporte de “cantoneira galvanizada” e régua de alumínio, e uma RNP também de “cantoneira galvanizada”.

Este local de medição apresenta-se como um dos poucos locais conhecidos onde ocorre um fenômeno natural de intermitênciade descargas, ou seja, as descargas oscilam em intervalos regulares de tempo, o que pode ser provocado, possivelmente, pela existência de uma câmara áerea tipo “sifão natural” que separa dois níveis distintos de carga hidráulica: as provenientes de montante e as de jusante, no interior do maciço calcário onde se encontra a surgência João Baio. Para as medições realizadas em junho de 2008, este fenômeno provocava uma variação de vazão visível e cronometrada, em torno de 320 segundos em seu ciclo completo, ou seja, o tempo decorrido entre a vazão mínima à vazão máxima e retornando à vazão mínima.

Este fenômeno foi observado por quase 30(trinta) minutos e, com o auxílio da régua já instalada, notou-se que a cota variava entre 9 cm e 22 cm acontecendo um momento maior de estabilidade entre 19 cm e 21 cm, o que foi cronometrado em torno de 160 segundos.

Traçou-se então uma estratégia de trabalho que consistiu na realização de uma primeira medição com apenas 4(quatro) tomadas de velocidade, o que daria algo em torno de 160 segundos. Uma segunda medição foi realizada também com 4(quatro) tomadas de velocidade intercaladas com as distâncias da primeira medição. Foi possível observar, de modo surpreendente, que as profundidades se mantinham iguais às medidas anteriores quando a cota atingia 20 cm, levando a crer que o funcionamento do sifão natural libera uma vazão muito similar em todas as ocorrências do fenômeno.

Foi realizada então uma terceira medição de descarga líquida, desta vez com 8 (oito) tomadas de velocidade sendo que as 4 (quatro) primeiras dentro de um ciclo e as outras 4 (quatro) dentro de outro ciclo. Tendo realizado os cálculos destas medições encontrou-se os seguintes valores:

1<sup>a</sup> Medição - vazão: 0,535 m<sup>3</sup>/s    Área: 1,256 m<sup>2</sup>

2<sup>a</sup> Medição - vazão: 0,497 m<sup>3</sup>/s    Área: 1,216 m<sup>2</sup>

3<sup>a</sup> Medição - vazão: 0,582 m<sup>3</sup>/s    Área: 1,273 m<sup>2</sup>

Desse modo, a vazão média obtida é de 0,538 m<sup>3</sup>/s para uma área média de: 1,248m<sup>2</sup>, conforme mostra a Tabela 5 apresentada abaixo.

Pôde-se constatar que em relação a vazão correspondente às três estações de montante, há uma diferença, a menor, em torno de 0,230 m<sup>3</sup>/s. Conforme apresentado no gráfico da **Figura 12**, a seguir, verifica-se a evolução das descargas ao longo do sistema João Rodrigues, desde a nascente até a ressurgência Surubim.

**Tabela 8** – Dados de medição de descarga líquida média na Dolina do João Baio

Nº de Ordem	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Área média (m <sup>2</sup> )	Velocidade média (m/s)	Vazão média (m <sup>3</sup> /s)
E4	511.733	8.632.045	1,248	0,431	0,538 (jun/08)
			2,88	0,36	1,11 (out/11)

Abaixo, nas fotografias de números 10 a 15, encontram-se as imagens do local da surgência do João Baio, os procedimentos de instalação da régua limimétrica, de medição das descargas, registros das alterações na leitura das cotas de nível d'água na régua em função das alterações

periódicas de descarga e as áreas de surgência e escoamento dos fluxos advindos do interior do maciço carbonático.



Foto 10



Foto 11

Foto 10 – Rio João Rodrigues na ressurgência do João Baio (jun/08)

Foto 11 – Rio João Rodrigues após ressurgência do João Baio (trecho de oscilação da vazão)



Foto 12



Foto 13

Fotos 11 e 12 – Rio João Rodrigues no interior da dolina do João Baio, próximo à régua limimétrica; observe-se procedimentos de medição de vazão

Com base na atualização das medições de descarga realizada em outubro de 2011, apresenta-se a seguir os procedimentos adotados para a medição de vazão na dolina do João Baio, uma vez que as características hidrológicas encontravam-se bastante distintas daquelas observadas em 2008.

No momento da visita, o local onde foi instalada a escala para monitoramento estava inundado e sem condições para se realizar a leitura. A montante da área inundada foi observado um local apropriado para se fazer a medição. Como este ponto está a jusante de um

sifão natural, a metodologia utilizada se baseou na execução de duas medições de vazão no momento de descarga do sifão e duas medições de vazão no momento de retenção do sifão, com a intenção de se obter a média no momento de descarga e no momento da retenção. Assim, a média destas medições pode ser considerada como a vazão deste ponto.

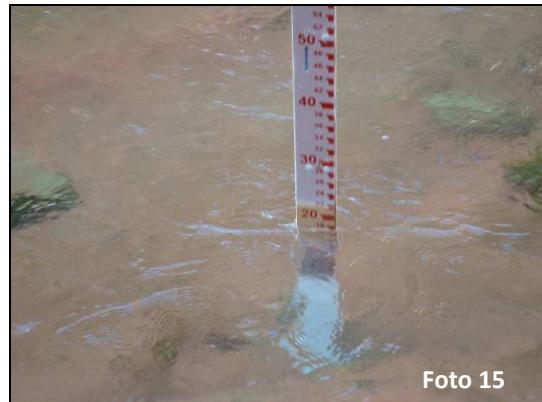
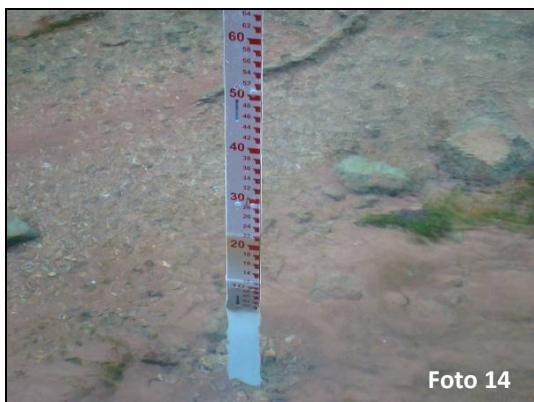


Foto 14 – Rio João Rodrigues após ressurgência do João Baio – momento de vazão reduzida com leitura da régua linimétrica em 12 cm

Foto 15 – Rio João Rodrigues após ressurgência do João Baio – momento de vazão aumentada, com leitura da régua linimétrica em 18 cm, 180 segundos após a 1<sup>a</sup> leitura

### **5.2.5 - ESTAÇÃO 5 – Poço da ressurgência do Surubim**

Os serviços realizados referem-se a uma medição de descarga líquida, à instalação de uma seção de régua com amplitude de 0 a 100 cm tendo a estaca suporte de “cantoneira galvanizada” e régua de alumínio, e uma RNP também de “cantoneira galvanizada”.

Não havia outro local mais adequado para instalação desta estação, uma vez que a ressurgência do Surubim, cuja água provém da caverna Garganta do Bacupari, situa-se acerca de 18 m de sua foz com o rio São Desidério. Após a limpeza do leito verificou-se que o rio João Rodrigues fluía normalmente não tendo muita influência com o remanso provocado por sua barra com o rio São Desidério. Informações de moradores locais, inclusive, apontam que o rio São Desidério não chega a represar o rio João Rodrigues. Após realizar o cálculo da descarga líquida obteve-se um valor de vazão próximo ao encontrado na estação Jusante do Catão, conforme **Tabela 9** apresentada a seguir.

**Tabela 9 – Dados de medição de descarga líquida média na ressurgência do Surubim**

Nº de Ordem	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
E5	505.262	8.628.196	3,801	0,205	0,781 (jun/08)
			4,38	0,256	1,122 (out/11)

As fotos 16 e 17 mostram o referido local onde todo o caudal do sistema João Rodrigues alcança as margens do rio São Desidério, em sua margem direita.

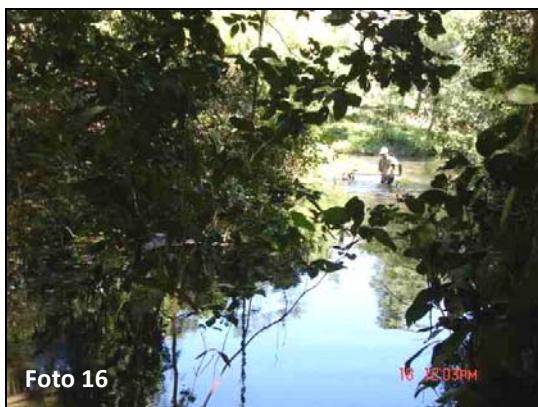


Foto 16



Foto 17

Fotos 16 e 17 – Poço do Surubim. Medição de vazão e nivelamento da base de referência

## 6 - RESULTADOS

### 6.1 - Aspectos geológicos e hidrogeológicos relevantes

O sistema hidrogeológico regional que engloba a porção do aquífero cárstico do rio João Rodrigues deve ser entendido como um grande arcabouço litoestrutural que se constitui, no tempo, por uma fase das componentes do balanço hídrico que permeia a porção porosa da cobertura arenítica Urucuia, englobando parte das capturas alogênicas. No espaço, integra-se ao domínio de abrangência do compartimento flúvio-cárstico da bacia hidrográfica do rio Tamanduá, a leste de São Desidério, por uma extensa zona de contribuição.

Nesse contexto, não menos importante do que o próprio SCRJR, toda a zona arenítica das chapadas que recobrem os calcários, no interior do polígono que circunscreve a bacia do rio Tamanduá deve ser considerada como parte integrante do sistema cárstico em questão.

O conhecimento dos domínios associados à zona de abrangência dos arenitos Urucuia na região oeste da Bahia pode ser considerado como incipiente, conforme apontado por CPRM

(2004). Até pouco tempo atrás, devido ao desconhecimento e a falta de estudos, os arenitos Urucuia eram considerados como uma cobertura de baixo potencial hidrogeológico, servindo mais como meio transmissor de água para os aquíferos subjacentes.

Entretanto, informações recentes, obtidas de usuários do aquífero em nível regional mostram que é comum a presença de poços com 250 a 300 metros de profundidade, produzindo vazões em torno de 400 m<sup>3</sup>/h e com capacidades específicas da ordem de 10 a 12 m<sup>3</sup>/h/m, (havendo registro de poço cadastrado com vazão específica de 48,69 m<sup>3</sup>/h/m). Estas informações incentivaram o interesse pelos aspectos hidrogeológicos dessa região, sendo que nos anos de 2000 a 2004, a Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia e a Universidade Federal da Bahia, executaram isoladamente ou em conjunto, estudos geofísicos elétricos com a finalidade de caracterizar o aquífero e determinar suas potencialidades hidrogeológicas.

Os arenitos Urucuia estão relacionados ao Cretáceo Superior, sendo considerados litologicamente, como uma sucessão de leitos de arenitos finos a grossos, friáveis e caulínicos, com níveis argilosos e conglomeráticos, principalmente na base. Este pacote de rochas sedimentares encontra-se sobreposto em discordância angular erosiva, ora ao Grupo Bambuí, ora às rochas cristalinas do embasamento de idade Arqueana/Proterozóica Inferior. Estas características litológicas indicam um comportamento de aquífero livre com espessuras variáveis devido a uma intensa atividade tectônica que determinou a existência de blocos elevados (“horsts”) e rebaixados (“grabens”).

Conforme citado em CPRM (2004), a espessura pode ultrapassar, em alguns locais (“grabens” no interior da bacia), os 1.000 metros. Para Amorim Junior (2003), a unidade alcança 400 metros de espessura no seu extremo ocidental. A partir de testes de bombeamento realizados em apenas três poços, foram determinados valores médios de porosidade efetiva e de condutividade hidráulica de, respectivamente 22% e  $3,0 \times 10^{-5}$  m/s, que podem ser consideradas como representativas da bacia, em nível de reconhecimento. Estes valores indicam que o Aquífero Urucuia pode ser considerado como o maior reservatório de água subterrânea do estado da Bahia e um dos maiores do Brasil.

No entanto, a exploração do aquífero relacionado aos arenitos Urucuia vem sendo realizada sem nenhum controle, principalmente em função do pouco conhecimento hidrogeológico. Quase nada se sabe sobre sua geometria, parâmetros hidráulicos, reservas, recarga, balanço

hídrico, etc. Ressalta-se que os arenitos Urucuia sustentam em grande parte as descargas dos principais afluentes do rio São Francisco, mormente aqueles da sua margem esquerda. O aumento da exploração sem o conhecimento necessário que proporcione a adoção de mecanismos de gestão do aquífero pode diminuir a descarga de base destes afluentes e consequentemente a do rio São Francisco.

Do ponto de vista qualitativo existe ainda um grande perigo de poluição da água subterrânea, haja vista, por um lado, a sua grande vulnerabilidade (características de aquíferos livres) e por outro, o intenso uso de agrotóxicos e pesticidas adicionados às zonas planas dos tabuleiros, por serem estes, a principal área agrícola da Bahia e uma das maiores do Brasil (CPRM, 2004).

Como descrito anteriormente, a configuração do arcabouço geológico regional reflete, nos arredores de São Desidério, características únicas que estão fortemente vinculadas à evolução regional da paisagem, sendo o processo de entalhamento fluvial da superfície tabular constituída pelo pacote de sedimentos areníticos da Formação Urucuia e a exposição dos calcários subjacentes do Grupo Bambuí, o cenário em que se instalaram o Sistema Cártico do rio João Rodrigues - SCRJR e as inúmeras cavidades a este associadas, direta ou indiretamente.

Quanto ao nível de conhecimento do potencial hidrogeológico associado ao meio cártico de São Desidério, este pode ser considerado também incipiente. No entanto, é sabido que tal ambiente aquífero possui atributos naturais que o qualificam como de elevado potencial hidrogeológico em face das elevadas taxas de permeabilidade e recarga inerentes às condições de dissolução do material carbonático e, consequentemente, do expressivo desenvolvimento de zonas com macro porosidades. Assim, considerando-se que os arenitos Urucuia constituem as zonas de recarga desse importante sistema cártico, o grau de vulnerabilidade natural associado aos dois sistemas deve ser considerado extremamente elevado.

De modo a caracterizar o referido domínio e fornecer subsídios para uma abordagem hidrogeológica e ambiental mais consistente, foram realizadas investigações de cunho hidrológico específico, voltadas a caracterizar as formas de circulação das águas no sistema cártico João Rodrigues, considerando-se a sua relação espacial com as zonas de recarga conformadas na superfície dos tabuleiros areníticos mais elevados topograficamente, e a zona de descarga concentrada e coincidente à ressurgência do Poço do Surubim, ainda que em parte.

Esses procedimentos de investigação buscam consubstanciar o entendimento das questões hidrogeológicas, uma vez que se reconhece a estreita relação do ambiente cavernícola e de sua fauna associada, com os regimes de aporte hídrico para o interior das cavernas.

Desse modo, as cinco estações de monitoramento hidrogeológico existentes no SCRJR, visaram, no ano 2008, ao acompanhamento da oscilação das descargas nos referidos pontos e integram os procedimentos adotados na referida análise, cujos resultados são apresentados a seguir, juntamente àqueles de qualidade das águas, dados estes recuperados da avaliação qualitativa naquele ano, em duas campanhas de amostragem. As amostragens realizadas nos anos de 2011 e de 2012 são apontadas a título de reconhecimento do cenário atual, e comparadas às anteriores, realizadas no ano de 2008.

## 6.2 - Resultados da aplicação das técnicas de traçadores corantes

### 6.2.1 - Definição da Infra-estrutura

Durante a primeira etapa de campo, realizada em outubro de 2011, percorreu-se o rio João Rodrigues desde a sua foz com o rio São Desidério, até a sua nascente principal, bem como sua potencial zona de recarga, que provavelmente se dá ao longo da bacia hidrográfica do rio Tamanduá, que se desenvolve junto à porção geográfica situada a leste de São Desidério.

Nesta etapa de campo relativa ao inventário de pontos d'água, foram registrados 28 pontos de interesse, tendo sido identificados 14 pontos para instalação de detectores passivos a base de carvão ativado e 3 pontos potenciais para injeção de traçadores corantes. A Tabela 12 identifica os pontos cadastrados.

**Tabela 12** – Lista dos pontos cadastrados em campo

Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Altitude (m):	Ensaio de traçadores	Amostra	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	EH
SD-01	Nascente	515216	8638376	619	Detector Passivo	Sim	446	7,4	22,6	95
SD-02	Sumidouro	521596	8631066	647	Não	Não				
SD-03	Poço	522473	8631260	655	Detector Passivo	Sim	654	6,95	Alterada	231,0
SD-04	Nascente	516587	8630891	566	Detector Passivo	Sim	555	6,93	26,6	191,0
SD-05	Dolina	516587	8630891	566	Não	Não				
SD-06	Curso d' água	516238	8628094	631	Detector Passivo	Sim	608	7,26	26,8	214,0
SD-07	Lagoa	514427	8632762	579	Detector Passivo	Sim	517	7,61	27,9	206,0
SD-08	Nascente	514387	8632674	560	Detector Passivo	Sim	523	7,7	26,3	209,0
SD-09	Nascente	514387	8632674	560	Detector Passivo	Sim	501	7,47	25	212,0
SD-10	Lagoa	514071	8632404	591	Detector Passivo	Sim	491	7,42	26,2	224,0
SD-11	Nascente	511714	8632060	569	Fluorômetro	Sim	521	7,66	26,1	235,0
SD-12	Nascente	505293	8628200	545	Detector Passivo	Sim	504	7,4	26	306,0
SD-13	Curso d' água	505198	8628124	516	Detector Passivo	Sim	523	7,7	26,3	209,0
SD-14	Curso d' água	504923	8628700	511	Detector Passivo	Sim	318	7,47	26,1	276,0
SD-15	Lagoa	508061	8630186	558	Detector Passivo	Sim	505	7,64	26,3	262,0
SD-16	Lagoa	534110	8637042	538	Detector Passivo	Sim	582	6,96	26,3	284,0
SD-17	Curso d' água	528963	8623142	684	Injeção	Sim	175	7,18	27,7	271,0
SD-18	Vale Seco	518745	8629840	641	Não	Não				
SD-19	Poço	520347	8630586	638	Detector Passivo	Sim	648	7,06	Alterada	231,0
SD-20	Poço	532674	8633892	663	Detector Passivo	Sim	690	7,5	Alterada	199,0
SD-21	Curso d' água	550333	8640336	669	Não	Sim	723	7,24	28,9	273,0
SD-22	Vale seco	549132	8641196	683	Não	Não				
SD-23	Poço	545576	8639818	667	Não	Sim	610	7,28	Alterada	235,0
SD-24	Sumidouro	540436	8638274	681	Não	Não				
SD-25	Dolina	541923	8638728	671	Não	Não				
SD-26	Sumidouro	542101	8638686	654	Injeção	Não				
SD-27	Poço	526965	8631286		Injeção	Não				
Média							531	7	26	230
Máxima							723	8	29	306
Mínima							175	7	23	95

### 6.2.2 - Pontos para Injeção dos corantes

Com relação aos pontos para realização de injeção de traçadores corantes no sistema, foram identificados três principais que foram considerados os potenciais pontos para injeção dos

corantes, sendo estes selecionados seguindo-se os critérios abaixo descritos. A localização dos mesmos pode ser visualizada na **Figura 23**, a seguir.

SD-24: Trata-se do primeiro sumidouro do rio Tamanduá de montante para a Jusante. Local conhecido como Pedra Branca. O conduto existente na rocha calcária está obstruído e não possui passagem para acesso ao seu interior. No momento do campo o mesmo se encontrava seco, porém segundo o proprietário na estação chuvosa, entre os meses de novembro e dezembro o rio Tamanduá começa a escoar e toda sua água é ‘perdida’ neste sumidouro. A água pára de correr no período de estiagem, ou seja, após o mês de abril.

SD-27: O poço CPRM 2900005364 não foi visitado em campo, porém segundo informações do guia local, o Sr. Jussiclebson, este poço está sem bomba há algum tempo, tornando-se um ponto satisfatório para injeção, na forma de um ponto intermediário. Localiza-se entre o ponto SD-26 e a surgência principal do rio João Rodrigues.



**FIGURA 23** - Pontos visitados em campo. Vermelho: Pontos de injeção. Verde: Instalação de Fluorímetro. Cinza: Instalação de detectores passivos. Laranja: Outros pontos visitados como dolinas e sumidouros.

SD-17: Apesar de menos provável, mas que também não pode ser descartada a hipótese, é de que parte da área de recarga do rio João Rodrigues ocorrer na bacia do rio do Nado, localizada ao sul da área. Sugeriu-se, portanto a injeção em suas águas superficiais, nas proximidades da zona de contato com as rochas carbonáticas, onde se forma uma zona encharcada, que poderia funcionar como parte das potenciais zonas de recarga do sistema cárstico João Rodrigues. No entanto, no momento da injeção, no mês de dezembro/11, verificou-se que no referido local se encontrava água estagnada, sem movimento, preferindo-se excluir tal ponto.

Com relação aos pontos para instalação de detectores passivos, foram identificados e visitados 14 pontos, sendo seis situados ao longo do sistema cárstico João Rodrigues, 1 em surgência situada ao sul da comunidade de Catolândia, a qual possui potencial para fazer parte do sistema; 4 pontos entre o ponto de injeção SD-26 e a nascente principal do rio João Rodrigues, 2 pontos no rio São Desidério, a montante e a jusante da Nascente do Surubim e 1 ponto em um pequeno rio Subterrâneo localizado entre o rio João Rodrigues e o rio São Desidério, que até o momento não se sabe a qual sistema está relacionado.

### **6.2.3 - Pontos para detecção dos corantes**

Com relação aos pontos para instalação de dispositivo ativo de detecção, a ressurgência do João Baio serviria como ponto seguro para instalação do mesmo. No entanto, devido às condições de logística para manutenção do equipamento no campo, devido à necessidade de permanência do equipamento durante vários meses no local, foi abortada a sua instalação e apenas detectores passivos à base de carvão ativado ficaram no referido local. O registro fotográfico é apresentado no **Anexo 1**, para todos os pontos visitados.

Verificou-se durante esta etapa de campo que a identificação de potenciais pontos de injeção e detecção para realização do ensaio de traçadores estava mapeada, tendo sido efetivada no período, as coletas de amostras de água para análise das concentrações ao nível de *background*, como se verifica a seguir.

### **6.2.4 - Background quanto à presença de corantes em pontos d'água no SCRJR**

Em face da definição da rede de monitoramento proposta e das coletas de água realizadas nos diversos pontos do SCRJR, puderam ser medidas as concentrações de fluorescência natural

conforme indicado nos pontos da **TABELA 13**, tendo sido todas as amostras coletadas nos dias 27 e 28 de outubro de 2011.

Como se verifica, as concentrações obtidas indicam níveis relativamente baixos de fluorescência, evidenciando o patamar ou *background* natural dos comprimentos de onda associados aos compostos existentes no meio aquífero, os quais devem ser considerados como base comparativa aos níveis de fluorescência para Rodamina WT e Fluoresceína nas águas do SCRJR, após a injeção dos mesmos.

**Tabela 13** – Resultados das medições de concentração (*background*) de corantes

Ponto	Background (ppb)	
	Fluoresceína	Rodamina wt
SD_01	0,563	0,086
SD_03	0,128	0,055
SD_04	0,212	0,109
SD_06	0,378	0,220
SD_07	0,072	0,049
SD_08	0,378	0,189
SD_09	0,407	0,096
SD_10	0,087	0,036
SD_11	0,067	0,087
SD_12	0,124	0,067
SD_13	0,844	0,420
SD_14	0,507	0,196
SD_15	0,006	0,025
SD_16	0,399	0,077
SD_17	0,956	0,201
SD_19	0,128	0,040
SD_20	0,023	0,039
SD_21	1,057	0,306
SD_23	0,371	0,259

### 6.2.5 - Injeção dos corantes

Os traçadores corantes escolhidos para o uso no estudo são a Rodamina WT e a Fluoresceína, tendo sido o primeiro injetado no sumidouro Pedra Branca (SD-24) e o segundo corante injetado no poço desativado da CPRM (SD-27).

As concentrações de corante adotadas nos referidos experimentos são decorrentes do volume de água escoada no aquífero ou zona de interesse deste, sendo as quantidades utilizadas em ambos os pontos de 400 g de rodamina WT e de 200 g de fluoresceína, respectivamente, em cada um dos pontos, conforme Worthington and Smart (2003). Desse modo, considerando-se

uma vazão de cerca de 900 L/s para a nascente do João Rodrigues, a fórmula citada pelos autores citados é expressa pela seguinte equação:

$$M = 22.(LQC)^{0,94}, \text{ onde:}$$

M = massa de corante a ser injetado (g/m³)

L = Distância prevista – 26 km para o ponto SD-24 e 10km para o ponto SD-27

Q = descarga na ressurgência considerada – aqui adotada no valor de 900 L/s

C = concentração do corante esperada na ressurgência – aqui antecipada em 0,001 g

O cálculo executado segundo a equação acima produz um valor de aproximadamente 150 g de corante para o ponto SD-27 e de 370 g para o ponto SD-24.

Como as rotas de fluxo são sempre tortuosas, acrescentou-se um pouco mais de corante como forma de garantir as concentrações esperadas nos ensaios.

As injeções foram realizadas considerando-se as quantidades apresentadas acima após a colocação de todos os detectores nos pontos indicados anteriormente, na data de 14/12/2011.

As Fotos 24 e 25 a seguir mostram o local e a injeção de Rodamina WT no ponto SD-24 e a Foto 27, a injeção no ponto SD-27.



Fotos 24 e 25 – Área de afloramento de calcários situada a 26 km da nascente do SCRJR, denominada Pedra Branca, onde se observa o aspecto local e o detalhe da fratura onde se injetou a Rodamina WT. Áreas vizinhas ficaram inundadas no dia seguinte ao da injeção, conforme mostra a Foto 26 abaixo.



Foto 26 – Trecho inundado pelas águas do rio Tamanduá que avança lentamente a partir da área Capim de Raiz, situada a 250 m do referido afloramento.



Foto 27 – Poço utilizado para a injeção da fluoresceína, situado a 10 km da nascente do SCRJR

#### **6.2.6 - Resultados obtidos após a injeção**

O fluorímetro utilizado nos estudos foi o Hitachi F-2500 e capacidade de resolução de 2,5 nm e funções de processamento de fotometria e varredura de comprimento de onda para canais de

leitura simultânea da Rodamina WT e da Fluoresceína. A **Figura 24** apresenta o modelo de equipamento utilizado nas referidas análises.



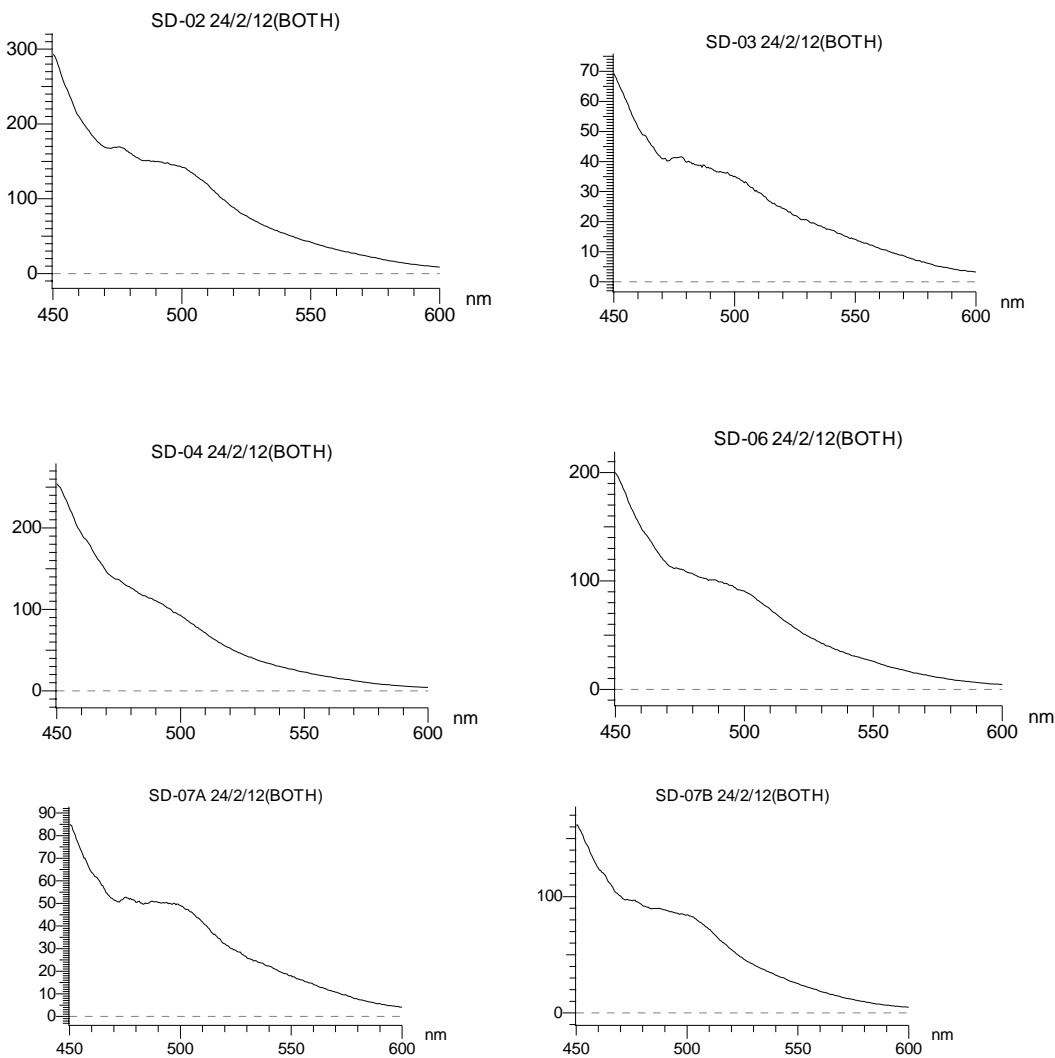
**Figura 24** – Espectro - Fluorímetro HITACHI F-2500 para medição de fluorescência na água

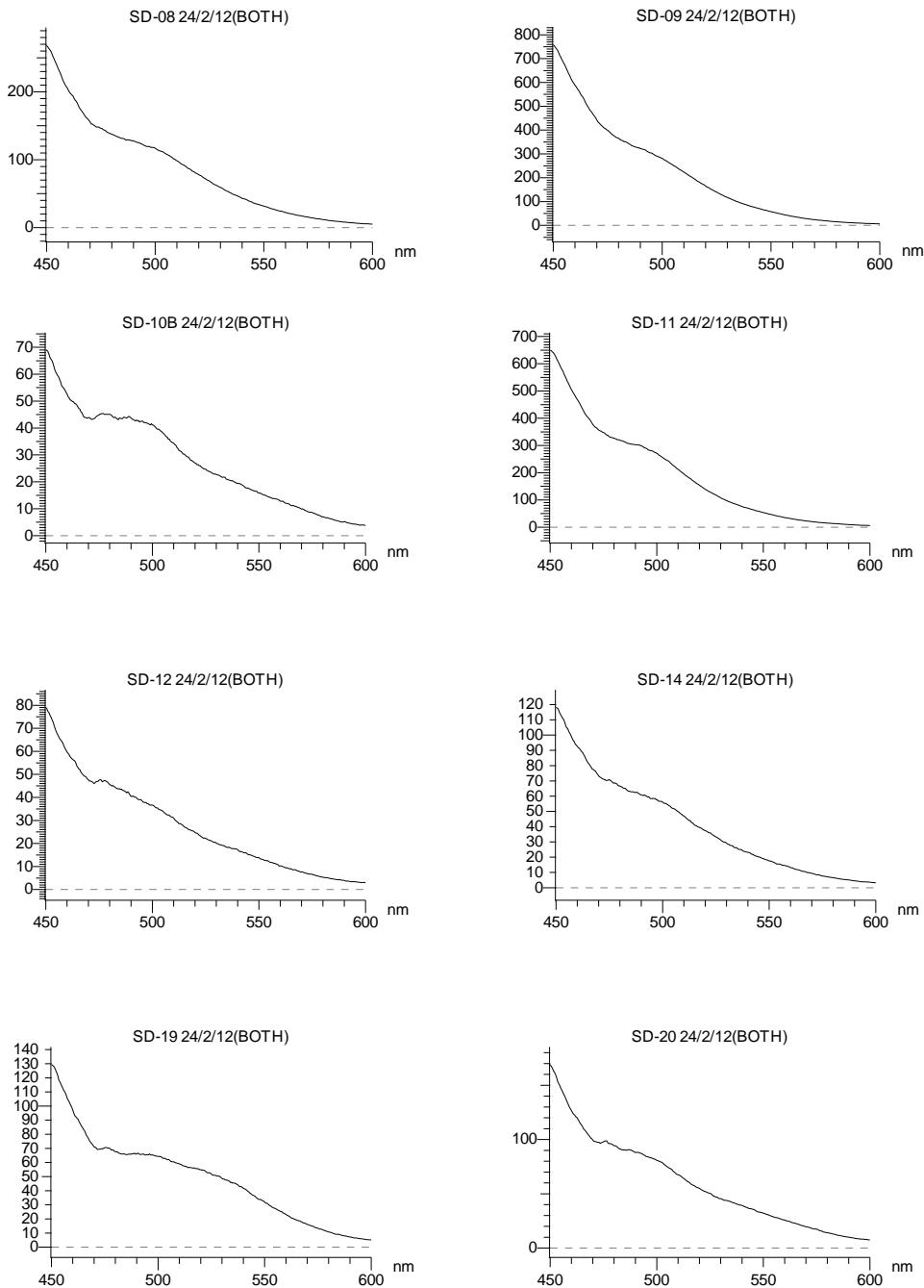
Este instrumento detecta o nível de fluorescência contida na água em intensidade de pequenas partes por bilhão.

Tais leituras ocorrem em função das diferenças que podem ser observadas entre as concentrações detectadas inicialmente nas campanhas de *background*, previamente à injeção dos corantes, e as concentrações obtidas pelas medições realizadas nos mesmos pontos onde foram amostradas as concentrações de *background*, após a injeção dos corantes. Isto decorre do fato de que, mesmo em ambientes onde supostamente haja ausência de uma dada fluorescência, a presença de certos compostos orgânicos presentes na natureza podem produzir falsos positivos, ou ainda, devido à presença de determinados níveis de turbidez da amostra, a ocorrência de falsos negativos também podem ocorrer.

O aprimoramento e a evolução do conhecimento atual, decorrente das modernas técnicas de análise, prevêem que a análise dos resultados seja realmente confiável quando em equipamentos sofisticados, cujos procedimentos se realizam em Espectro-fluorímetros que podem medir os níveis de excitação e emissão da fluorescência dos referidos compostos e, assim, serem deduzidos os tipos de ocorrência dos comprimentos de onda específicos de cada corante injetado, podendo desse modo, ser informada a sua presença ou não.

Os gráficos apresentados na **Figura 25** mostram os resultados das análises espectrais de fluorescência após a injeção nos pontos citados, para cada ponto onde foram colocados os detectores a base de carvão ativado e posteriormente coletadas amostras de água. Observa-se a ausência de picos nas faixas de incidência dos comprimentos de onda específicos da Rodamina WT e da Fluoresceína, ou seja, emissões de 558 nm e 491 nm, respectivamente. Todos os resultados podem ser considerados negativos quanto à presença dos corantes.





**Figura 25** – Gráficos demonstrativos da análise espectral de fluorescência nas faixas de varredura entre 450 nm e 600 nm (nanômetros) para as amostras de água coletadas nos referidos pontos de interesse, considerando-se que o eixo vertical dos gráficos apresenta os valores de intensidade aparente das concentrações de fluorescência dos corantes nas faixas de excitação analisadas

### **6.2.7 - Interpretação dos resultados obtidos após a injeção**

Algumas considerações devem ser feitas após a obtenção dos resultados negativos encontrados, sendo descritos abaixo os principais aspectos julgados intervenientes e, pelos quais estão associados os fatores de interesse à análise, quais sejam: a massa de corante injetada, os atributos geológicos do meio investigado e o período de amostragem dos detectores.

1.) Massa de corante injetada: diante da necessidade de se realizar um ensaio que atendesse, em princípio, às premissas de manutenção das concentrações máximas permitidas quanto aos limites de ecotoxicidade indicados, as massas injetadas dos corantes podem ter sido subestimadas, uma vez que o volume de escoamento subterrâneo do aquífero cárstico deve conter parcelas expressivas que não afluem diretamente para a surgência cárstica do rio João Rodrigues. A adoção dos volumes de descarga da surgência, apenas, devem ter então provocado neste experimento, a utilização de uma massa que se mostrou inferior ao mínimo desejado para atingir as concentrações em suas faixas de detecção.

2.) Atributos geológicos: o sistema hidrogeológico ao qual está acoplado o sistema cárstico do rio João Rodrigues representa a extensão final de um ambiente aquífero integrado, composto por rochas areníticas e calcários. Essa coexistência possibilita, ao longo do processo de denudação cárstica, o preenchimento de grande parte dos vazios da massa carbonática dissolvida, por frações do material detritico que é removido pelo entalhamento paulatino que se desenvolve junto aos platôs areníticos superficiais. Neste continuum, tem-se observado que parte significativa do sistema cárstico encontra-se entupido por frações de granulometrias diversas, potencializando a retenção dos corantes no meio poroso presente em meio às zonas fissurais e de condutos cársticos. Além desses fatores intrínsecos, vincula-se a essas variáveis o condicionamento hidrogeológico regional que se caracteriza por baixo gradiente hidráulico, fator este que se traduz na prevalência de fluxos subterrâneos mais lentos.

3.) Uma vez estabelecidos os cenários hidrogeológicos e as variáveis intervenientes no SCRJR, os resultados negativos podem ainda ter sido encontrados devido ao próprio tempo previsto pelo projeto para a realização da campanhas de amostragem. Desse modo, aventa-se a possibilidade de que, em sendo mais lentos os fluxos subterrâneos, ou havendo retenção de parte dos corantes injetados, os mesmos não tenham sido detectados no tempo necessário para seu deslocamento no meio aquífero entre as zonas de injeção e amostragem.

### **6.3 - Aspectos hidroquímicos do sistema cárstico – Campanhas 2008 / 2009**

Todas as condições citadas acima quanto às características de trânsito da água pelo sistema cárstico João Rodrigues, bem como dos aspectos inerentes ao arranjo geológico existente, compõem o cenário hidrogeoquímico que estabelece, em linhas gerais, o padrão de qualidade natural das águas circulantes no referido sistema, conforme descrito a seguir.

Diante de duas campanhas realizadas nos cinco pontos de amostragem de qualidade de água selecionados no Sistema João Rodrigues, apresenta-se a seguir uma discussão preliminar dos teores encontrados em cada ponto de coleta, sendo que os laudos laboratoriais com a descrição e a identificação das concentrações obtidas são apresentados no **Anexo 3**.

As datas de coleta foram junho/2008 e fevereiro/2009, para as duas campanhas de amostragem realizadas, buscando caracterizar o período seco e o período chuvoso, respectivamente.

Os parâmetros selecionados para caracterização hidroquímica referem-se àqueles que possuem maior interatividade com o meio geológico por onde circulam as águas, dada a grande representatividade desses elementos como indicadores do ambiente de rochas sedimentares carbonáticas e areníticas que conformam o sistema hidrogeológico local. Desse modo, os parâmetros são indicados abaixo, sendo os biológicos apenas de interesse ambiental:

- condutividade elétrica e dureza total
- alcalinidade de bicarbonatos
- cálcio, magnésio, potássio, sódio, nitrato, cloreto e sulfato
- pH e Temperatura
- parâmetros biológicos

#### **Condutividade elétrica e dureza total**

A condutividade elétrica medida nos pontos amostrados para a 1ª campanha apresentaram um valor máximo de 555 µS/cm na Nascente João Rodrigues e mínimo de 477 µS/cm

observado na Ressurgência Surubim, enquanto que a condutividade elétrica média medida para estes pontos foi de 523 µS/cm, conforme indicado na **Tabela 14** abaixo.

Comparando estes resultados com os obtidos para a segunda campanha, observa-se que houve uma diminuição nesta condutividade elétrica em todos os pontos analisados, passando de uma condutividade elétrica média de 523 µS/cm na primeira campanha para 504 µS/cm na segunda, como pode ser observado na tabela abaixo.

**Tabela 14** - Concentrações obtidas para a condutividade elétrica nas duas campanhas

Parâmetros C.E. (µS/cm)	Pontos de coleta no rio João Rodrigues					Estatística		
	Nascente	Catão Montante	Catão Jusante	João Baio	Ressurgência Surubim	Média	Máxima	Mínima
1ª campanha*	555	553	509	505	495	523,4	555	495
2ª campanha*	536	533	494	477	480	504	536	477

\* valores medidos *in loco*

Esses valores refletem certa homogeneidade quanto ao caráter litológico por onde escoam as águas do Sistema João Rodrigues, sugerindo ainda, a presença marcante das contribuições provenientes dos aportes de dissolução dos calcários que sustentam os aquíferos da região. Por outro lado, a diminuição de todos os valores na segunda campanha, deve estar refletindo o pequeno aumento das taxas de diluição dos aportes meteóricos devidos ao período úmido, visto que deve haver um atraso nos pulsos de recarga proveniente das chuvas que alcançam o sistema (água alogênicas), em detrimento das baixas contribuições autogênicas que aportam o SCRJR.

Com relação às concentrações de dureza total, o valor máximo obtido para estes pontos foi de 238 mg/L observado na estação Montante Catão e mínimo de 225 mg/L observado na Ressurgência Surubim, enquanto que a dureza total média para estes pontos foi de 231,2 mg/L (**Tabela 15**).

Comparando-se estes resultados com os obtidos na primeira campanha, observa-se que houve um aumento na concentração da dureza total, para a maioria dos pontos amostrados, passando de uma concentração média de 179,8 mg/L na primeira campanha, para 231,2 mg/L na segunda, sendo que a maior variação foi observada na Ressurgência Surubim que passou de 41 mg/L na primeira campanha para 225 mg/L na segunda. Sendo a única exceção a nascente

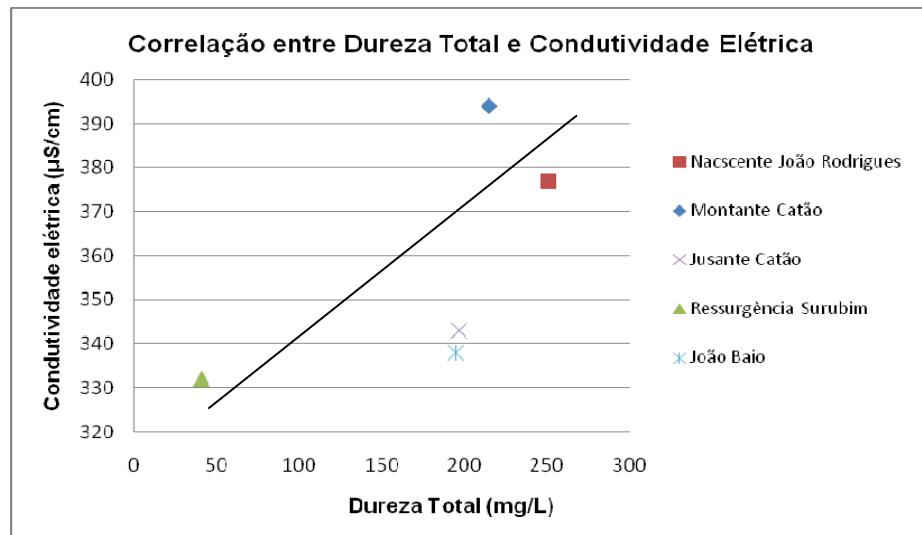
João Rodrigues que apresentou queda na sua concentração de dureza passando de 251 mg/L na primeira campanha para 236 mg/L na segunda como pode ser observado na tabela abaixo.

**Tabela 15** - Concentrações obtidas para a dureza total

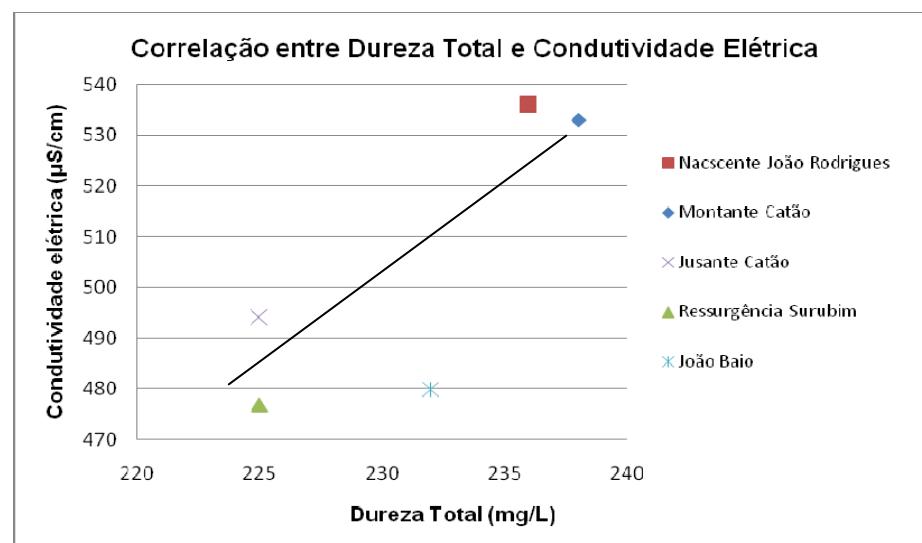
Pontos	Resultados das concentrações de Dureza Total (mg/L)							
	Nascente João Rodrigues	Montante Catão	Jusante Catão	Ressurgência Surubim	João Baio	Média	Máximo	Mínimo
1ª Campanha	251	215	197	41	195	179,8	251	41
2ª Campanha	236	238	225	225	232	231,2	238	225

O valor mínimo indicado na primeira campanha para a ressurgência do Surubim (41 mg/L), muito abaixo da média de aproximadamente 180 mg/L, deve estar refletindo a presença de uma contribuição efetiva de águas menos salinizadas. Embora não se tenha observado em campo, tal cenário poderia estar associado à presença de uma zona de contribuição dos arenitos, que, em contato com os níveis superiores de calcários que contêm o fluxo cárstico do Sistema João Rodrigues, estaria recebendo aportes de zonas areníticas saturadas situadas no topo das coberturas e se infiltrando diretamente a montante da referida ressurgência.

Verifica-se nos gráficos das **Figuras 26 e 27**, que a correlação linear positiva se mostra apenas de modo tendencial entre os parâmetros condutividade elétrica e dureza total. Observa-se também uma similaridade quanto aos valores obtidos, no que se refere às suas concentrações decrescentes de montante para jusante. De certo modo, essas tendências corroboram o atraso nos pulsos de chegada dos aportes meteóricos que adentram o SCRJR, uma vez que o pico das chuvas apresenta o máximo das concentrações de dureza das águas circulantes.



**Figura 26** - Distribuição das concentrações de condutividade elétrica e dureza total observadas na primeira campanha de coletas



**Figura 27** - Distribuição das concentrações de condutividade elétrica e dureza total observadas na primeira campanha de coletas

#### Alcalinidade Total

A alcalinidade é a capacidade de a água neutralizar ácidos e reflete a presença de carbonatos, bicarbonatos e demais constituintes básicos. Considerando-se o ambiente aquífero cárstico onde circulam as águas subterrâneas amostradas, cujas condições de pH variam numa faixa inferior a 8,3, a alcalinidade é representada essencialmente pelo íon bicarbonato.

Pelos resultados da **Tabela 16**, observa-se que a máxima concentração obtida para a alcalinidade dos bicarbonatos na 2<sup>a</sup> campanha, foi de 100 mg/L, observada em Montante Catão e, mínima de 7,44 mg/L observada na Ressurgência Surubim, enquanto que a concentração média obtida para estes pontos foi de 72,0 mg/L. Comparando-se estes resultados com os obtidos na 1<sup>a</sup> campanha, observa-se que houve uma queda na concentração deste parâmetro para todos os pontos analisados, passando de uma concentração média de 132 mg/L na primeira campanha de amostragem para 72,0 mg/L na segunda. Sendo que a maior variação foi observada na Ressurgência Surubim que passou de 143 mg/L na primeira campanha, para 7,44 mg/L na segunda campanha de amostragem.

Observa-se para a alcalinidade, um decréscimo de suas concentrações para o momento de amostragem no período úmido, o que significa uma perda na capacidade das águas neutralizarem ácidos e, por conseguinte, a diminuição do teor de bicarbonatos presentes.

**Tabela 16** - Concentrações obtidas para Alcalinidade total de bicarbonatos

Pontos	Resultados do Parâmetro Alcalinidade de Bicarbonatos (mg/L)							
	Nascente João Rodrigues	Montante Catão	Jusante Catão	Ressurgência Surubim	João Baio	Média	Máximo	Mínimo
1 <sup>a</sup> Campanha	141	134	123	143	119	132	143	119
2 <sup>a</sup> Campanha	94	100	71,5	7,44	87	72,0	100	7,44

#### Cálcio, magnésio, potássio, sódio, cloreto, nitrato e sulfato

Comparando-se os resultados obtidos para o cálcio nas duas campanhas, observa-se que houve um aumento significativo na concentração em todos os pontos analisados, passando de uma concentração média de 38,79 mg/L na primeira campanha de amostragem, para 92,64 mg/L na segunda, como pode ser observado na **Tabela 17**. Na segunda campanha, obteve-se a máxima concentração de 95,20 mg/L observada em Catão Montante e a mínima de 90,20 mg/L obtida em Catão Jusante, enquanto que a concentração média observada foi de 92,64 mg/L.

Para o magnésio a máxima concentração obtida foi de 6,40 mg/L observada em Catão Montante e na dolina do sumidouro João Baio e a mínima de 4,96 mg/L observada na Ressurgência Surubim, enquanto que a concentração média observada para estes pontos foi de 5,81 mg/L. Comparando estes resultados com os da primeira campanha de amostragem, observa-se que houve um pequeno aumento na concentração de magnésio em todos os pontos analisados, passando de uma concentração média de 3,48 mg/L na primeira campanha para 5,81 mg/L na segunda, como pode ser observado na **Tabela 17**.

Para o potássio a concentração máxima observada foi de 4,52 mg/L observada na Nascente João Rodrigues e mínima de 2,53 mg/L observada em Catão Jusante, enquanto que a média observada para estes pontos foi de 3,60 mg/L. Comparando estes resultados com os obtidos na primeira campanha de amostragem, observa-se que houve um pequeno aumento na concentração de potássio para todos os pontos analisados, passando de uma concentração média de 1,59 mg/L na primeira campanha para 3,60 mg/L na segunda, como pode ser observado na **Tabela 17**.

Para o sódio, a concentração máxima encontrada de 0,050 mg/L, observada na Ressurgência Surubim, enquanto que nos outros pontos amostrados esta concentração ficou abaixo do limite de quantificação utilizado para o método de análise que é de 0,050 mg/L. Comparando estes resultados com os obtidos para a primeira campanha de amostragem, observa-se que houve uma diminuição significativa na concentração deste elemento, passando de uma concentração média de 7,70 mg/L na primeira campanha para concentrações iguais e inferiores a 0,050 mg/L, como pode ser observado na **Tabela 17**.

Para o cloreto, a concentração máxima obtida foi de 30,80 mg/L, observada em Catão Montante e mínima de 13,00 mg/L no sumidouro João Baio, enquanto que a concentração média encontrada para estes pontos foi de 27,72 mg/L. Comparando estes resultados com os obtidos para a primeira campanha de amostragem, observa-se que houve uma diminuição na concentração deste elemento, para a maioria dos pontos analisados, passando de uma concentração média de 27,72 mg/L na primeira campanha para 23,04 mg/L na segunda. Com exceção de Catão Montante que apresentou um aumento na sua concentração de cloreto, passando de 28,10 mg/L na primeira campanha para 30,80 mg/L na segunda, como pode ser observado na **Tabela 17**.

Quanto aos resultados do elemento cloreto, deve-se atentar para o fato de que os mesmos encontram-se, em princípio, elevados para este ambiente cárstico, cuja média observada para outros ambientes similares, mostra-se, frequentemente, em concentrações inferiores a 5 mg/L. Essas concentrações de cloreto devem ser consideradas em análises posteriores, considerando-se as ocorrências dos arenitos a montante da nascente do sistema cárstico e a forma como surge o manancial em superfície, na forma de uma surgência cárstica. Isso significa o vínculo com a extensa zona de contribuição a montante do ponto da nascente,

implicando na possibilidade desse manancial se encontrar sob alguma interferência antrópica, antes mesmo de entrar em contato com os carbonatos subjacentes.

Para o nitrato observa-se que não houve alteração em sua concentração nos pontos amostrados, mantendo-se em 0,20 mg/L, com exceção do ponto localizado em Catão Jusante que apresentou uma diminuição na sua concentração de nitrato para 0,10 mg/L. Com relação ao sulfato, os dados obtidos nas duas campanhas denotam que não houve nenhuma alteração significativa para este parâmetro, apresentando suas concentrações em torno de valores menores que 2,00 mg/L como pode ser observado na **Tabela 17**.

**Tabela 17** - Resultados para os parâmetros analisados de cátions e ânions

Parâmetros (mg/L)	Coletas	Pontos					Média	Máxima	Mínima
		Nascente João Rodrigues	Montante Catão	Jusante Catão	Ressurgência Surubim	João Baio			
Cálcio Total	1ª Campanha	44,06	44,95	32,55	32,61	39,79	38,79	44,95	32,55
	2ª Campanha	94,50	95,40	90,20	90,20	92,90	92,64	95,40	90,20
Magnésio Total	1ª Campanha	3,21	3,98	3,84	3,13	3,22	3,48	3,98	3,13
	2ª Campanha	6,32	6,40	4,97	4,96	6,40	5,81	6,40	4,96
Potássio	1ª Campanha	1,47	1,54	2,05	1,43	1,48	1,59	2,05	1,43
	2ª Campanha	4,52	4,09	2,53	2,57	4,28	3,60	4,52	2,53
Sódio Total	1ª Campanha	7,45	7,67	8,83	7,12	7,42	7,70	8,83	7,12
	2ª Campanha	<LQ	<LQ	<LQ	0,05	<LQ	0,05	0,05	0,05
Cloreto	1ª Campanha	28,00	28,10	27,60	27,20	27,70	27,72	28,10	27,20
	2ª Campanha	26,80	30,80	25,70	18,90	13,00	23,04	30,80	13,00
Nitrito	1ª Campanha	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	2ª Campanha	0,20	0,20	0,10	0,20	0,20	0,18	0,20	0,10
Sulfato	1ª Campanha	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	-	-	-
	2ª Campanha	1,00	1,00	<LQ	1,00	2,00	1,25	2,00	1,00

#### pH e Temperatura

A medida do parâmetro pH (potencial hidrogeniônico) representa a medida da concentração de íons H<sup>+</sup> na água. O pH da água subterrânea varia geralmente entre 5 e 9 (Brownlow, 1996).

Nas duas campanhas, dentre os valores de pH obtidos em todos os pontos amostrados, observa-se que o máximo valor encontrado foi de 7,76 observado no sumidouro João Baio e mínimo de 7,01 observado na nascente João Rodrigues. Os resultados encontrados na primeira e segunda campanhas mantiveram certa homogeneidade, com valores variando pouco acima da faixa de pH neutro, como pode ser observado na **Tabela 18**.

**Tabela 18** - Distribuição dos valores de pH

Pontos	Resultados do Parâmetro Ph						Média	Máximo	Mínimo
	Nascente João Rodrigues	Montante Catão	Jusante Catão	Ressurgência Surubim	João Baio				
1ª Campanha	7,01	7,62	7,45	7,71	7,76	7,51	7,76	7,01	
2ª Campanha	7,1	7,64	7,6	7,48	7,65	7,494	7,65	7,1	

Esses resultados apontam, em princípio, condições de ganho de potencial hidrogeniônico de montante para jusante, dadas as menores concentrações de pH na nascente e maiores concentrações próximo à ressurgência Surubim, salvo valores elevados encontrados em João Baio. Considerando-se se tratar de um sistema cárstico constituído de modo ‘fechado’ (condição anaeróbica) a montante da nascente e, ‘aberto’ a partir da referida nascente, o tipo de interatividade do referido sistema cárstico em relação às parcelas de H<sub>2</sub>O - CO<sub>2</sub> - CaCO<sub>3</sub>, deve se constituir na regra dominante do processo, ou seja, a carstificação depende não somente do equilíbrio químico das parcelas em questão, mas também das taxas de dissolução através das quais os calcários são removidos, em resposta à composição química das águas cársticas em circulação: em alguns trechos mais saturadas e em outros, menos.

Nesse sentido, deve-se ressaltar a mudança de dinâmica aquífera proporcionada pela passagem de um sistema fechado fluindo basicamente no contato entre arenitos e os próprios carbonatos basais a montante da nascente, e o desenvolvimento do referido sistema numa situação de carste mais aberto com fluxo vadoso a jusante da mesma.

Quanto à temperatura das águas subterrâneas, os principais fatores a influenciar sua alteração são o gradiente geotérmico e a taxa de infiltração da água. Quanto mais profunda a água, mais quente a mesma será, segundo um gradiente médio de 1 °C a cada 30 m. A partir da **Tabela 19**, verifica-se que a maior temperatura foi encontrada na nascente do João Rodrigues com uma temperatura de 24,40 °C e o valor mínimo de 24,10 °C em Catão Jusante. Comparando estes resultados com os obtidos para a primeira campanha de amostragem, observa-se que houve uma pequena diminuição na temperatura média para estes pontos amostrados, passando de 25,37 °C na primeira campanha, para 24,28 °C na segunda campanha, como pode ser observado na tabela abaixo.

**Tabela 19** - Distribuição dos valores de temperatura (em °C)

Pontos	Resultados do Parâmetro temperatura							
	Nascente João Rodrigues	Montante Catão	Jusante Catão	João Baio	Ressurgência Surubim	Média	Máximo	Mínimo
1ª Campanha	26,26	26,16	24,65	24,36	25,4	25,366	26,26	24,36
2ª Campanha	24,4	24,3	24,1	24,3	24,3	24,28	24,4	24,1

Como descrito acima, observa-se mais uma vez as implicações decorrentes das formas como se manifestam a dinâmica hídrica subterrânea antes da nascente, cujo regime de fluxos em ambiente subterrâneo fechado permite o incremento da temperatura.

Perante os resultados gerais encontrados nas referidas análises, verifica-se que o Sistema Cártico João Rodrigues, apesar de manifestar uma variação de componentes iônicos cujas características são identificadas por um regime hidrogeoquímico próprio, a partir de sua nascente, exibe uma correlação herdada de zonas mais distantes, provenientes das porções saturadas entre os aquíferos areníticos situados em contato com os calcários a montante.

#### **6.4 - Análises hidroquímicas do SCRJR – campanhas de 2011**

Os resultados encontrados para as campanhas de amostragem de qualidade das águas do SCRJR nos meses de outubro de 2011 e março de 2012 são apresentados a seguir, de forma a se estabelecer um paralelo em relação às campanhas de 2008 no mesmo sistema e em relação a outros pontos adicionais que se fizeram caracterizar, como poços e cursos d’água. A Tabela 20 indicada a seguir apresenta a identificação dos locais onde foram realizadas as amostragens, bem como a relação de dados de localização de cada ponto, descrevendo-se suas coordenadas, datum, altitude e tipo de ponto amostrado.

**Tabela 20** – Lista de pontos de qualidade de água amostrados em 2011

Ponto	Coordenada E	Coordenada N	Altitude (m)	Datum	Data	Descrição
SD-01	515239	8638426	612	SAD-69	25/10/2011	Córrego em Catolândia
					29/3/2012	
SD-03	521440	8631352	668	SAD-69	25/10/2011	Poço do Sr. Antônio
					29/3/2012	
SD-04	516625	8630930	613	SAD-69	25/10/2011	Nascente do rio João Rodrigues
					29/3/2012	
SD-06	516271	8628116	631	SAD-69	25/10/2011	Gruta do Juraci
					30/3/2012	
SD-07	514468	8632802	573	SAD-69	25/10/2011	Lagoa azul, margem a NW
					29/3/2012	
SD-11	511729	8632080	584	SAD-69	25/10/2011	Surgência do João Baio
					29/3/2012	
SD-12	505293	8628200	545	SAD-69	26/6/2011	Poço do Surubim
					1/4/2012	
SD-15	508052	8630206	558	SAD-69	26/6/2011	Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério
					30/3/2012	
SD-16	534136	8637058	667	SAD-69	26/6/2011	Poço da Pedra
					30/3/2012	
SD-19	520347	8630586	638	SAD-69	27/6/2011	Poço do Sr. Juraci
					30/3/2012	
SD-23	545247	8640234	667	SAD-69	27/6/2011	Poço do Sr. Agripino
					30/3/2012	

De modo geral os resultados de qualidade de água encontrados para estes pontos podem demonstrar a relação existente na qualidade de água entre períodos de estiagem (junho) e os períodos úmidos (novembro).

De modo a comparar os resultados encontrados do ponto de vista de seus teores máximos, médios e mínimos, descreve-se a seguir as associações que podem ser verificadas no que se refere às concentrações apenas de seus íons maiores, como executado em 2008, de modo a se traçar um paralelo do conteúdo destes íons que representam mais de 90% dos elementos dissolvidos nas águas, quais sejam: os cátions cálcio, magnésio, potássio e sódio; e os ânions cloreto, bicarbonatos, sulfatos e nitratos.

Deve-se ressaltar que para as campanhas de 2011 não foram analisados pH, Condutividade elétrica e temperatura *in loco*, além de que, outros elementos analisados tais como diversos metais, não entraram nessa avaliação, que se destina apenas ao tratamento dos dados do ponto de vista puramente hidroquímico. Na Tabela 21 apresenta os resultados dos cátions analisados, juntamente com os valores máximos, mínimos e médios encontrados para a área em estudo. Os resultados obtidos nestas campanhas não apresentaram valores diferentes encontrados comumente em águas subterrâneas de ambientes cársticos.

**Tabela 21** – Concentrações dos principais cátions analisados

Parâmetros	Coletas	Pontos											Média	Máximo	Mínimo
		SD-01	SD-03	SD-04	SD-06	SD-07	SD-11	SD-12	SD-15	SD-16	SD-19	SD-23			
Cálcio (mg/L)	1º Campanha	69.0	117.0	80.0	98.0	77.0	75.0	75.0	76.0	69.0	103	95.0	84.9	117	69.0
	2º Campanha	56.0	74.0	46.0	46.0	77.0	61.0	37.0	59.0	75.0	45.0	62.0	58.0	77.0	37.0
Potássio (mg/L)	1º Campanha	1.60	0.90	2.10	1.50	2.20	1.90	2.00	2.20	1.80	1.80	2.20	1.84	2.20	0.90
	2º Campanha	<0.5	0.93	0.78	0.78	2.00	1.80	0.68	1.90	2.59	0.84	2.91	1.52	2.91	0.68
Magnésio (mg/L)	1º Campanha	2.50	1.50	3.60	3.00	3.40	3.50	3.60	3.60	2.50	3.10	3.60	3.08	3.60	1.50
	2º Campanha	2.30	1.60	1.80	1.80	3.70	3.50	1.20	3.50	3.70	1.40	2.90	2.49	3.70	1.20
Sódio (mg/L)	1º Campanha	10.0	3.20	9.90	7.10	9.20	9.40	9.60	9.70	7.90	12.0	10.0	8.91	12.0	3.20
	2º Campanha	8.50	3.30	4.50	4.50	10.0	9.80	3.40	9.90	12.5	5.60	16.5	8.05	16.5	3.30

Já na **Tabela 22** estão os resultados dos ânions analisados, tanto no período da chuva quanto da seca. No geral as concentrações encontradas estão dentro do esperado para as águas subterrâneas, com exceção dos valores de nitrato e cloreto por apresentarem concentrações ligeiramente elevadas, considerando-se o tipo de ambiente investigado.

**Tabela 22** – Concentrações dos principais ânions analisados

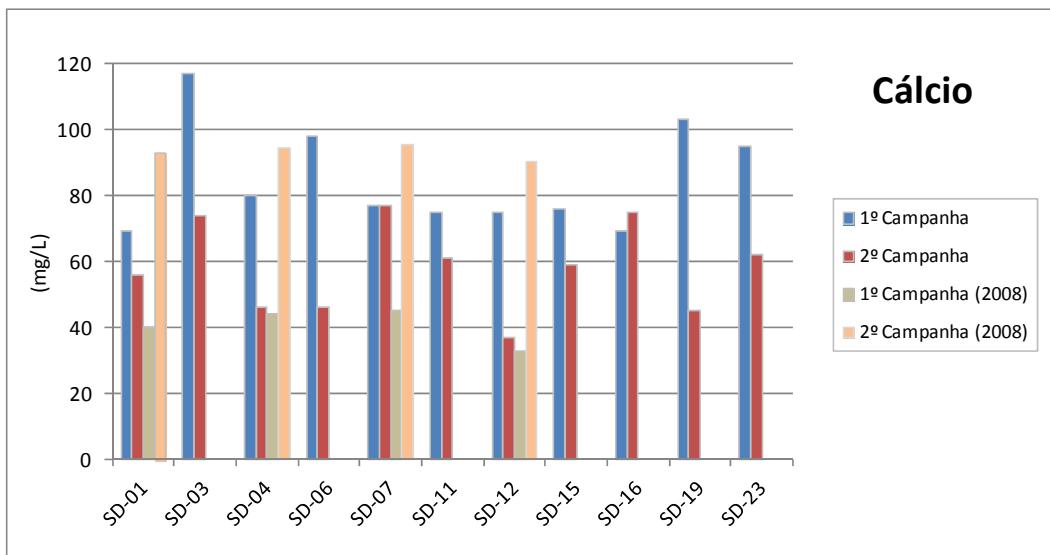
Parâmetros	Coletas	Pontos											Média	Máximo	Mínimo
		SD-01	SD-03	SD-04	SD-06	SD-07	SD-11	SD-12	SD-15	SD-16	SD-19	SD-23			
Cloreto (mg/L)	1º Campanha	19.8	5.26	28.0	23.1	27.3	27.2	-	27.4	29.8	30.0	33.4	25.1	33.4	5.26
	2º Campanha	11.5	5.86	28.4	21.4	29.0	27.6	26.5	21.5	31.7	16.3	35.9	23.2	35.9	5.86
Nitrato (mg/L)	1º Campanha	0.02	10.7	1.42	4.03	0.81	1.03	-	1.20	2.82	20.16	0.33	4.25	20.2	0.02
	2º Campanha	0.08	6.82	1.46	3.55	1.25	1.16	1.27	0.87	1.52	9.28	0.61	2.53	9.28	0.08
Sulfato (mg/L)	1º Campanha	4.24	0.32	1.05	0.95	1.09	1.25	-	1.20	0.78	1.30	0.76	1.29	4.24	0.32
	2º Campanha	1.06	0.26	1.05	0.78	1.11	1.17	1.28	1.08	0.74	0.64	0.49	0.88	1.28	0.26
Bicarbonato (mg/L)	1º Campanha	231	341	243	318	236	241	236	236	277	288	302	268	341	231
	2º Campanha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

A seguir serão apresentados graficamente os resultados obtidos para cada parâmetro analisado.

O cálcio é um dos principais responsáveis pela dureza na análise da qualidade da água, e o seu teor em águas subterrâneas variam, em geral, entre 10 e 100 mg/L (Feitosa & Filho, 2000). Sua ocorrência se dá principalmente em rochas calcárias nos minerais calcita, aragonita e dolomita. Desta maneira, foram encontrados valores relativamente elevados nas amostras analisadas, onde o maior valor encontrado na campanha de estiagem foi de 117 mg/L e no período chuvoso, de 77 mg/L.

A Figura 1 apresenta graficamente as concentrações de cálcio para cada ponto analisado em função de cada campanha amostrada, ressaltando que a primeira campanha refere-se ao período seco e a segunda campanha representa o período chuvoso. De forma comparativa, na **Figura 26**, também são ilustrados os resultados das amostragens realizadas no ano de 2008, onde a sua primeira campanha também está associada ao período de estiagem e a segunda campanha refere-se ao período chuvoso.

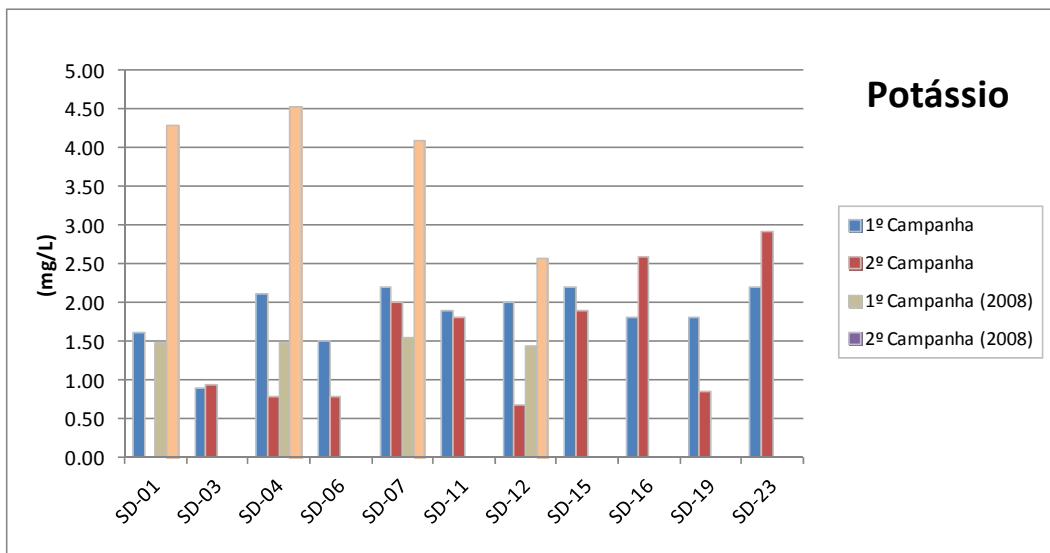
De acordo com a figura abaixo, as maiores concentrações em 2011 encontram-se na primeira campanha, ou seja, no período de estiagem. Resultado oposto comparado com as campanhas realizadas no ano de 2008, onde as maiores concentrações foram encontradas no período das chuvas (neste caso cabe uma ressalva quanto aos resultados encontrados).



**Figura 26 – Gráfico das concentrações de cálcio**

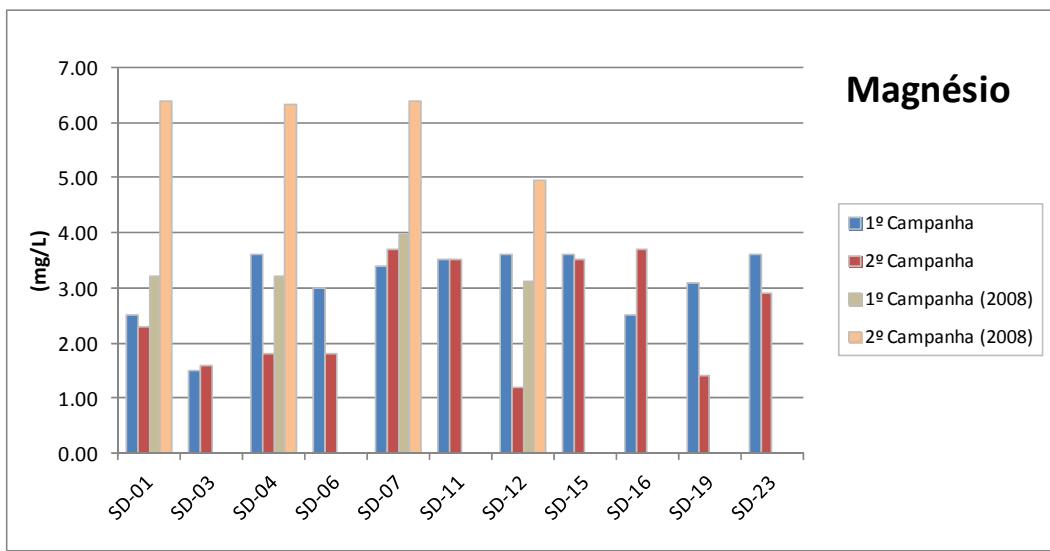
O potássio não apresenta grandes concentrações em águas subterrâneas devido ao fato de ser facilmente fixado pelas argilas e intensamente consumido pelos vegetais, além de participar intensamente em processos de troca iônica. Os teores comumente encontrados em águas subterrâneas estão entre 1,00 e 5,00 mg/L (Feitosa e Filho, 2000).

A maior concentração encontrada no período seco foi de 2,20 mg/L e no período de úmido foi de 2,91 mg/L, ambos no ponto SD-23 (Poço do Sr. Agripino). Na **Figura 27** é possível observar que as concentrações de potássio obtidas na primeira campanha são, em sua maioria, maiores que as concentrações encontradas nas amostras do período da chuva. Assim como observado nas amostras analisadas de cálcio, nas amostras analisadas no período de 2008 os maiores valores de potássio foram encontrados no período da chuva, comportamento este oposto ao observado nas campanhas mais recentes.



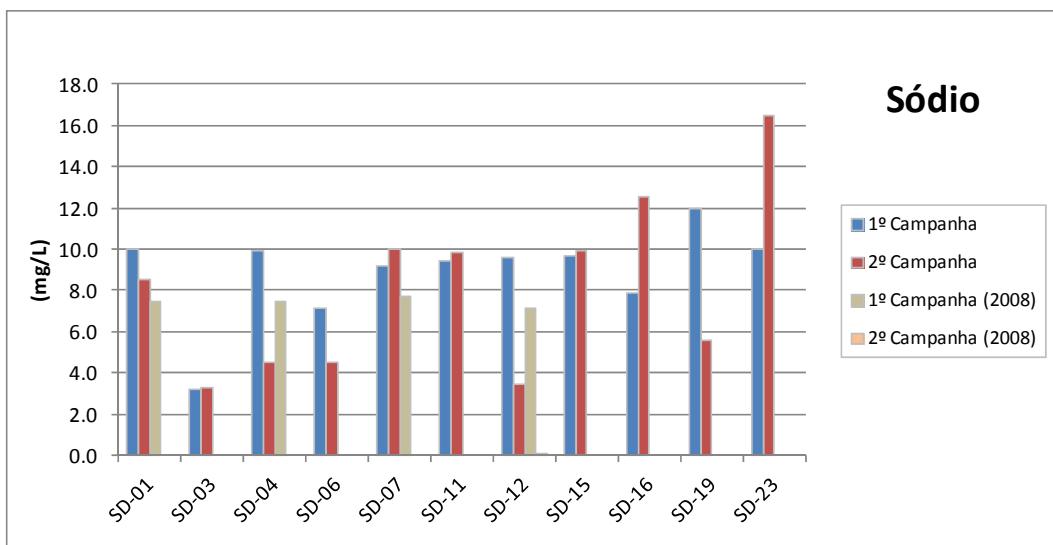
**Figura 27** – Gráfico das concentrações de potássio

O magnésio apresenta propriedades similares às do cálcio, porém é mais solúvel e mais difícil de precipitar, além disto, assim como o cálcio, é um dos responsáveis pela dureza da água. Em águas subterrâneas os teores de magnésio mais frequentes estão entre 1,00 a 40,0 mg/L (Feitosa e Filho, 2000). A maior concentração de magnésio encontrada no período seco foi de 3,60 mg/L e no período chuvoso foi de 3,7 mg/L. Na **Figura 28** é possível observar que a campanha de chuva do ano de 2008 se destaca em relação as outras campanhas analisadas.



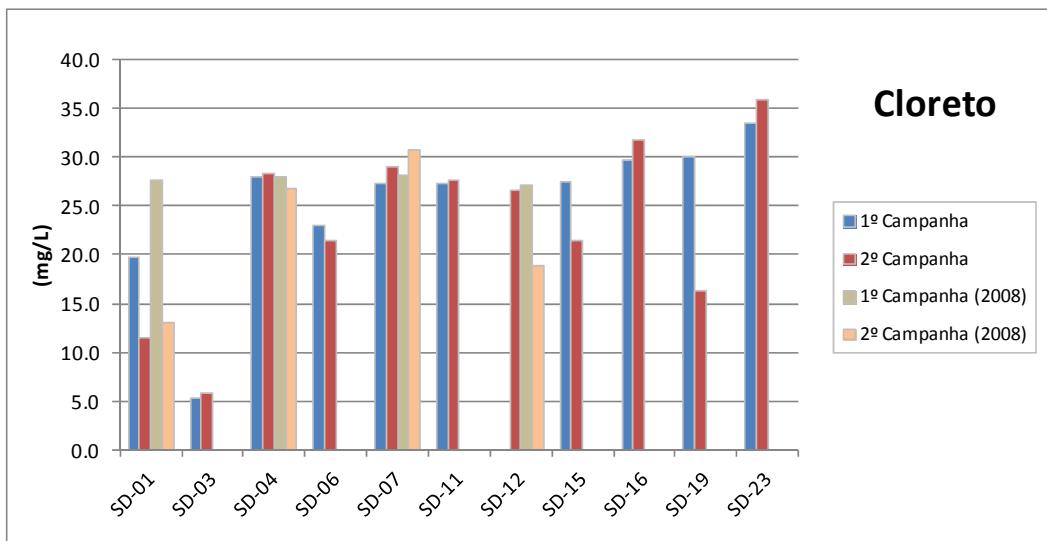
**Figura 28** – Gráfico das concentrações de magnésio

O sódio é o principal responsável pelo aumento constante da salinidade das águas naturais e, em concentrações elevadas, é prejudicial às plantas por reduzir a permeabilidade do solo por facilitar a expansão da argila. As concentrações de sódio nas águas superficiais variam geralmente entre 1,00 e 150 mg/L (Feitosa e Filho, 2000). Nas amostras analisadas o maior valor encontrado foi de 16,5 mg/L no período chuvoso, já no período da seca o maior valor encontrado foi de 12,0 mg/L. De acordo com a **Figura 29** é possível observar que, para o mesmo período, os valores de sódio obtidos no período de estiagem são ligeiramente maiores comparados com as amostras coletadas no ano de 2008, e para o período chuvoso as diferenças de concentrações estão significantemente maiores comparadas entre as amostragens de 2008 e 2011, já que no ano de 2008 a maioria dos resultados das amostras analisadas não atingiram o valor limite de detecção.



**Figura 29** – Gráfico das concentrações de sódio

O cloreto, em geral, é muito solúvel e muito estável em solução, ou seja, de difícil precipitação. Geralmente, em águas subterrâneas, os teores de cloretos são inferiores a 100 mg/L. O cloreto é um bom indicador de poluição onde altas concentrações de cloretos podem estar associadas a contaminação por aterros sanitários, lixões e lançamentos de efluentes sem tratamento (Feitosa e Filho, 2000). De acordo com a **Figura 30** os valores mais elevados estão concentrados no ponto SD-23 com concentrações de 35,9 mg/L encontrado no período da chuva e 33,4 mg/L obtido no período seco. Em geral os valores encontrados nas campanhas atuais não tiveram valores muito diferentes das amostras analisadas nas campanhas de 2008.

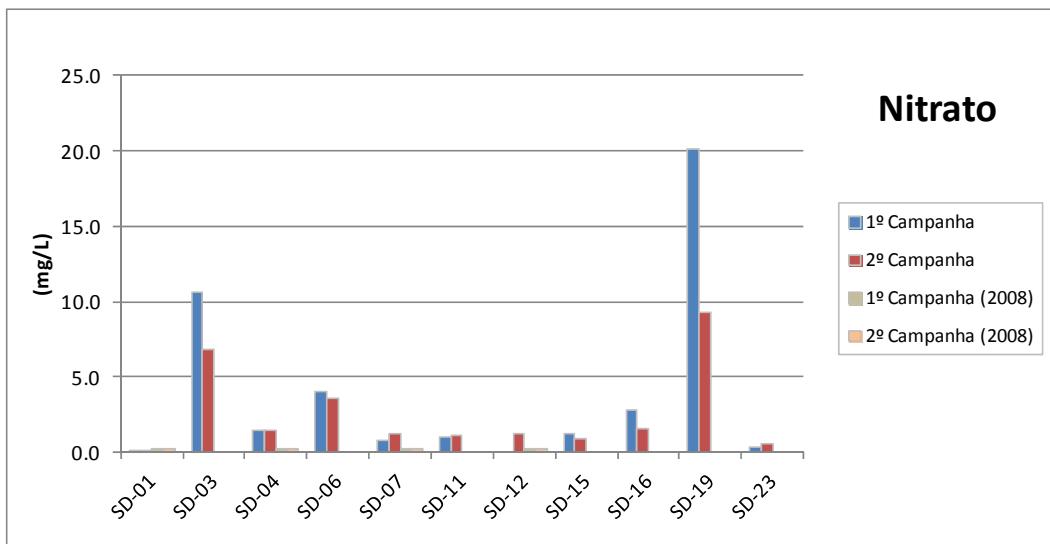


**Figura 30 – Gráfico das concentrações de cloreto**

O nitrato ocorre em geral com pequeno teor (< 5,0mg/L) e pelo fato do nitrato representar o estágio final da oxidação da matéria orgânica, teores acima de 5mg/L podem estar associados à contaminação das águas subterrâneas por atividades antrópicas.

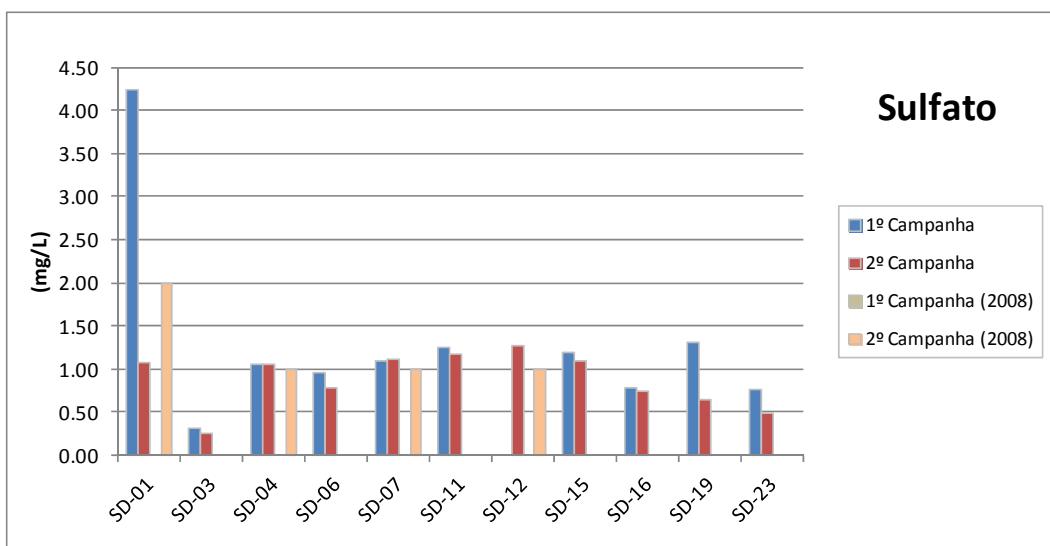
De acordo com a **Figura 31**, em dois pontos analisados (SD-03 e SD-19) os valores de nitrato foram superiores a 5,00 mg/L, onde o maior valor encontrado foi de 20,2 mg/L no período de estiagem e 9,28 mg/L no período chuvoso.

Apesar dos valores não serem tão expressivos, é necessário ter uma atenção especial em toda a área de estudo devido às concentrações de nitrato apresentar um crescimento significativo nesta última amostragem em relação aos valores obtidos nas campanhas de 2008, podendo estar associado a um aumento da intervenção humana no ambiente em estudo.



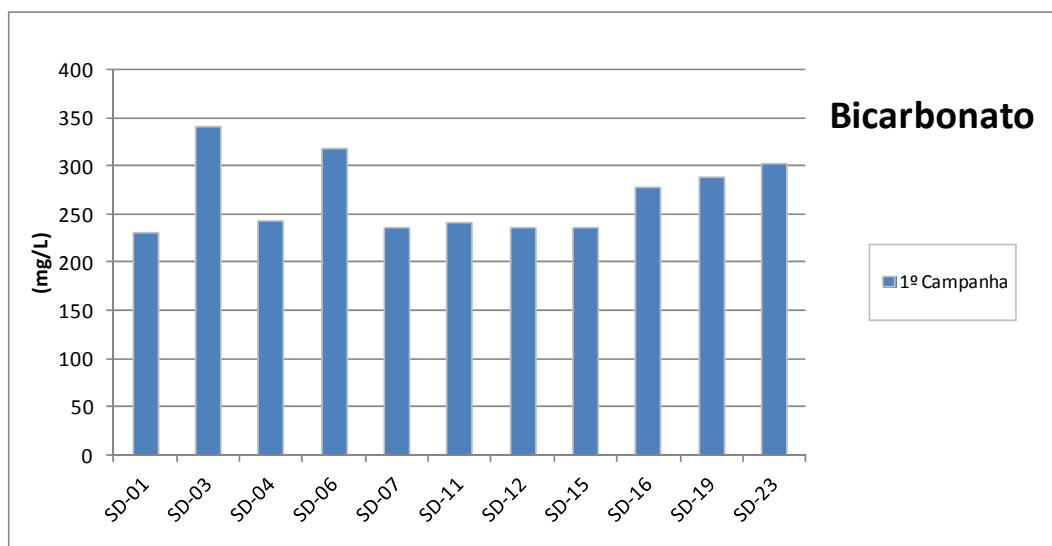
**Figura 31** – Gráfico das concentrações de nitrato

Em águas subterrâneas os teores de sulfatos são inferiores a 100mg/L. De acordo com a **Figura 32** os valores de sulfato foram relativamente baixos, com uma concentração máxima de 4,27 mg/L obtido no período seco e 1,28 mg/L no período chuvoso. Com exceção do ponto SD-01, as concentrações de sulfato não tiveram grandes variações entre os pontos analisados. Em comparação com os resultados das campanhas de 2008 os valores encontrados também não obtiveram diferenças expressivas.



**Figura 32** – Gráfico das concentrações de sulfato

O íon bicarbonato não se oxida nem se reduz em águas naturais, porém pode precipitar facilmente como bicarbonato de cálcio. Os teores de bicarbonato comumente encontrados em águas doces variam entre 50 e 350 mg/L (Feitosa e Filho, 2000). Nas amostragens realizadas observa-se que somente as análises da primeira campanha foram executadas. Como observado na **Figura 33**, no período seco o maior valor encontrado ocorreu no ponto SD-03 com uma concentração de 341 mg/L.



**Figura 33** – Gráfico das concentrações de bicarbonato

#### Considerações ambientais dos resultados encontrados

Neste tópico serão comparados os máximos valores permitidos na legislação com os obtidos nas análises das águas subterrâneas do rio João Rodrigues. Adotou-se, de forma comparativa, os valores citados na resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº. 396, de 3 de abril de 2008, acerca do padrão de potabilidade da água subterrânea destinada ao consumo humano e do padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano da Portaria do Ministério da Saúde nº. 518 de março de 2004.

A resolução nº CONAMA 396 dispõem sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas para consumo humano, além de outras providências. A Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de março de 2004, apresenta parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos de uma água para consumo humano, de modo

que esta não ofereça riscos à saúde. Esta portaria entrou em vigor em 25/03/2004 e seus padrões são os mesmos da Portaria do Ministério da Saúde nº 1469 de dezembro de 2000.

Os valores dos elementos comuns, observados tanto na legislação CONAMA quanto na Portaria 518 do Ministério da Saúde apresentam-se iguais quando se referem à potabilidade para o consumo humano. A **Tabela 23** apresenta os parâmetros e o valor máximo permitido para cada um deles.

**Tabela 23 - Padrões de Potabilidade: consumo humano Portaria Nº 518 Ministério da Saúde**

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP <sup>(1)</sup>
Cor	Pt/Co	15
Dureza	mg/L	500
Turbidez	NTU	5
Escherichia coli	NMP/100mL	Ausência em 100ml
Coliformes Fecais	NMP/100mL	Ausência em 100ml
Ferro Total	mg/L	0,3
Manganês Total	mg/L	0,1
Sódio (como N)	mg/L	200
Nitrito (como N)	mg/L	10
Cloreto	mg/L	250
Sulfato	mg/L	250

Obs.: VMP: Valor Máximo Permitido

Nas **Tabela 24 a 28** é feita uma comparação entre os resultados dos parâmetros analisados em todos os pontos de amostragem ao longo do rio João Rodrigues, verificando-se os valores que ultrapassam o valor máximo permitido (em vermelho) para o consumo humano, de acordo com a legislação (Portaria 518 do Ministério da Saúde).

**Tabela 24 - Parâmetros analisados na nascente João Rodrigues**

Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos	
		1º Campanha	2º Campanha
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	141	94
Condutividade Elétrica	µS/cm	377	536
Cor	Pt/Co	< 5	-
Dureza	mg/L	251	236
Turbidez	NTU	3,3	-
Escherichia coli	NMP/100mL	276	-
Coliformes Fecais	NMP/100mL	276	-
Enterococos (em 100 mL)	UFC/ 100 mL	50	-
Cálcio Total	mg/L	44,06	94,5
Ferro Total	mg/L	0,025	-
Magnésio Total	mg/L	3,21	6,32
Manganês Total	mg/L	< 0,0001	-
Potássio	mg/L	1,47	4,52
Sódio Total	mg/L	7,45	< LQ
Nitrito (como N)	mg/L	0,20	0,2
Cloreto	mg/L	28,00	26,80
Sulfato	mg/L	< 2	1,00
Fluoreto	mg/L	< 0,2	-

**Tabela 25** - Parâmetros analisados a montante da gruta do Catão

Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos	
		1º Campanha	2º Campanha
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	134	100,00
Condutividade Elétrica	µS/cm	394	533,00
Cor	Pt/Co	< 5	-
Dureza	mg/L	215	238,00
Turbidez	NTU	1,20	-
Escherichia coli	NMP/100mL	109	
Coliformes Fecais	NMP/100mL	109	-
Enterococos (em 100 mL)	UFC/ 100 mL	186	-
Cálcio Total	mg/L	44,95	95,40
Ferro Total	mg/L	0,003	-
Magnésio Total	mg/L	0,003	6,40
Manganês Total	mg/L	0,0025	-
Potássio	mg/L	1,54	4,09
Sódio Total	mg/L	7,67	< LQ
Nitrato (como N)	mg/L	0,20	0,20
Cloreto	mg/L	28,10	30,80
Sulfato	mg/L	28,10	1,00
Fluoreto	mg/L	< 0,2	-

**Tabela 26** - Parâmetros analisados a jusante da gruta do Catão

Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos	
		1º Campanha	2º Campanha
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	123	71,5
Condutividade Elétrica	µS/cm	343	494
Cor	Pt/Co	< 5	-
Dureza	mg/L	197	225
Turbidez	NTU	2,6	-
Escherichia coli	NMP/100mL	19	-
Coliformes Fecais	NMP/100mL	19	-
Enterococos (em 100 mL)	UFC/ 100 mL	96	-
Calcio Total	mg/L	32,55	90,20
Ferro Total	mg/L	0,061	-
Magnésio Total	mg/L	3,84	4,97
Manganês Total	mg/L	0,0054	-
Potássio	mg/L	2,05	2,53
Sódio Total	mg/L	8,83	< LQ
Nitrato (como N)	mg/L	0,20	0,10
Cloreto	mg/L	27,60	25,70
Sulfato	mg/L	< 2	< LQ
Fluoreto	mg/L	< 0,2	-

**Tabela 27** - Parâmetros analisados na ressurgência do Surubim

Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos	
		1º Campanha	2º Campanha
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	143	7,44
Condutividade Elétrica	µS/cm	332	477
Cor	Pt/Co	< 5	-
Dureza	mg/L	41	225
Turbidez	NTU	0,41	-
Escherichia coli	NMP/100mL	2	-
Coliformes Fecais	NMP/100mL	2	-
Enterococos (em 100 mL)	UFC/ 100 mL	10	-
Calcio Total	mg/L	32,61	90,20
Ferro Total	mg/L	0,035	0,0346
Magnésio Total	mg/L	3,13	4,96
Manganês Total	mg/L	< 0,0001	< 0,0001
Potássio	mg/L	1,43	2,57
Sódio Total	mg/L	7,12	0,05
Nitrato (como N)	mg/L	0,20	0,20
Cloreto	mg/L	27,20	18,90
Sulfato	mg/L	< 2,00	1,00
Fluoreto	mg/L	< 0,2	-

**Tabela 28** - Parâmetros analisados no sumidouro João Baio

Parâmetros	Unidade	Resultados Analíticos	
		1º Campanha	2º Campanha
Alcalinidade de Bicarbonatos	mg/L	119	87
Condutividade Elétrica	µS/cm	338	480
Cor	Pt/Co	< 5	-
Dureza	mg/L	195	232
Turbidez	NTU	0,48	-
Escherichia coli	NMP/100mL	15	-
Coliformes Fecais	NMP/100mL	15	-
Enterococos (em 100 mL)	UFC/ 100 mL	84	-
Calcio Total	mg/L	39,79	92,90
Ferro Total	mg/L	0,022	-
Magnésio Total	mg/L	3,22	6,40
Manganês Total	mg/L	0,0034	-
Potássio	mg/L	1,48	4,28
Sódio Total	mg/L	7,42	< LQ
Nitrato (como N)	mg/L	0,20	0,20
Cloreto	mg/L	27,70	13,00
Sulfato	mg/L	< 2,00	2,00
Fluoreto	mg/L	< 0,2	-

Conforme observado nas **Tabelas 24 a 28**, os únicos parâmetros que estão acima do valor máximo permitido para o consumo humano são Escherichia coli e coliformes fecais, para todos os pontos amostrados.

Do ponto de vista da dinâmica hídrica subterrânea, os resultados hidroquímicos obtidos, até certo ponto, podem ser considerados previsíveis, uma vez que o SCRJR desenvolve-se em uma área extensa, com contribuições de água exteriores (alogênicas) provenientes dos aportes superficiais do rio Tamanduá, e interiores (autogênicas), provenientes das recargas que ocorrem diretamente por sobre os maciços de rochas caclárias e dolinas. Este cenário denota a existência de um sistema, cujos fluxos incidentes escoam ora em ambientes vadosos, cuja concentração de CO<sub>2</sub> disponível é maximizada, como em Buraco do Inferno da Lagoa do Cemitério, Gruta do Catão e Sucupira e, em outros, diminuída pela proporção inferior de vazios, onde os caudais encontram-se basicamente preenchendo todos os poros / condutos do sistema aquífero, como nas faixas sifonadas da Gruta João Baio e dos maciços a montante do Poço do Surubim.

Como observado pelas oscilações sazonais dos teores encontrados em cada ponto, verifica-se, apesar dos hiatos de amostragem entre 2008 e 2011, existir uma dependência das concentrações iônicas nas águas do SCRJR em relação ao aporte de água nova que ingressa

para seu interior, em princípio, sendo definido por águas de composição mais dura e menos agressiva no período de estiagem e o inverso no período relativo ao fim do período úmido.

No entanto, podem ocorrer variações localizadas no interior do próprio sistema, devido à presença de zonas dos maciços com predominância de fluxos que transitam em regime laminar e, em outros locais, com fluxos notadamente em regime turbulento, onde a oxigenação é bem intensa, tornando as relações do balanço químico, ora mais propensas a existência de águas com poder de corrosão e, em outros trechos, com maior tendência a precipitação da calcita, face à variação da disponibilidade de CO<sub>2</sub> nos diversos ambientes.

### **6.5 - A Dinâmica Hídrica e o Modelo Hidrogeológico do SCRJR**

O percurso do rio João Rodrigues é conhecido a partir de sua nascente que está situada a cerca de 15 km de sua barra com o rio São Desidério. Esse traçado corresponde inicialmente a um deslocamento no sentido SE-NW, de aproximadamente 4 km até declinar para a direção SW, sendo este trajeto de cerca de 11 km de extensão até as margens do rio São Desidério.

Reconhece-se ao longo de seu percurso a presença de inúmeras cavidades em zonas totalmente afóticas, cujo alinhamento principal de condutos desenvolve-se no interior dos maciços carbonáticos de direção NE-SW e, também, por amplas dolinas de colapso que se alojam majoritariamente nessa mesma direção. Nesse contexto, ressaltam-se os atributos geológicos locais, os quais proporcionam através da superimposição das estruturas sedimentares e tectônicas mais penetrativas, tais como os planos de acamamento dos calcários e das fraturas nestes observadas, o condicionamento e o controle dos fluxos subterrâneos do sistema cárstico e região.

O padrão estrutural que se evidencia localmente apresenta atitudes predominantes junto aos planos de acamamento da rocha, variando em torno da direção E-W e o mergulho para N e NW/NE podendo oscilar desde inclinações suaves de 0 a 15 graus até 50 graus nas zonas mais perturbadas.

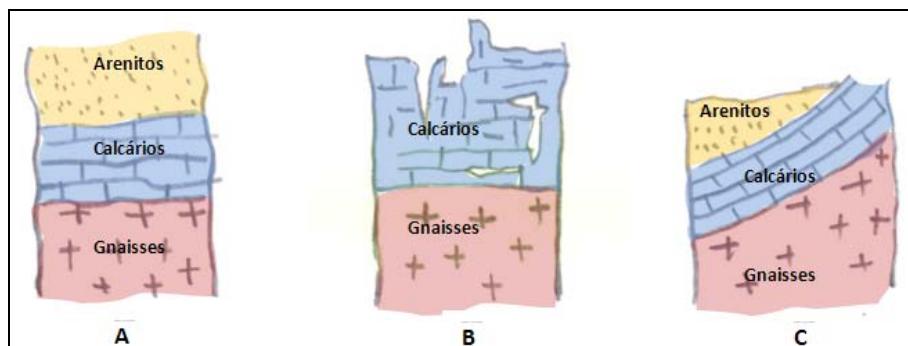
As Fotos 18 e 19 apresentadas a seguir, exibem alguns trechos onde o calcário se encontra horizontalizado e outros onde o mesmo mostra-se totalmente inclinado.



Fotos 18 e 19 – Padrões estruturais das camadas de calcário observadas nos campos de lapiás próximo a São Desidério: inclinada e horizontalizada.

Já os planos de fratura no material carbonático ocorrem preferencialmente alinhados às direções N30W-SE/90, ocorrendo também na direção aproximada NNE-SSW e N-S. Desse modo, os entalhes fluviais desenvolvem-se majoritariamente em uma dessas duas direções principais, prevalecendo a direção coincidente ao acamamento, ou seja, ENE.

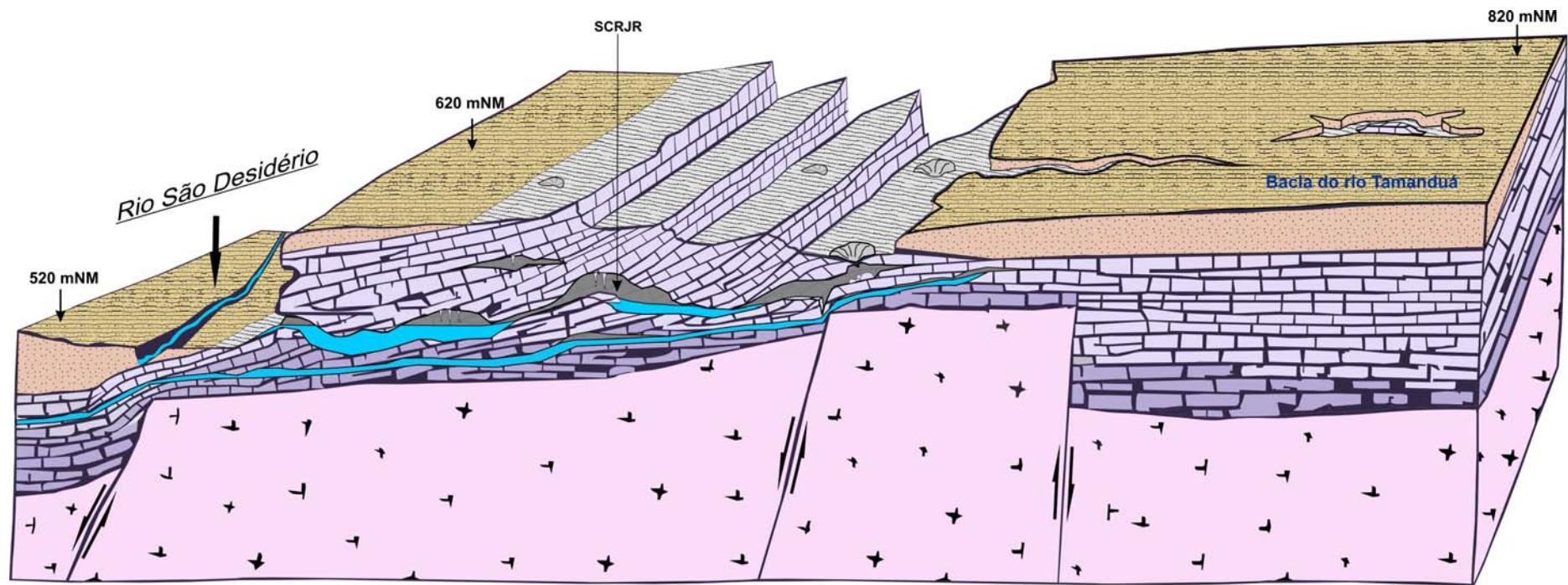
As Figuras 12 e 13 apresentadas a seguir buscam representar, de modo preliminar, um esboço das feições litológicas preponderantes, tais como atributos estruturais e estratigráficos, as quais permitem compor os modelos litoestratigráficos e morfológicos dos terrenos e sua associação com o substrato rochoso que se apresenta em superfície, ora constituído pelos maciços carbonáticos, ora pelos sedimentos areníticos, salientando-se que os complexos cristalinos não afloram na região.



**Figura 12** – Tipos mais comuns colunas litoestratigráficas existente na região de estudo. **A** – coluna padrão completa; **B** – Coluna sem arenitos, calcário aflorante e lapiás, **C** – Coluna completa exibindo zonas de calcários deformados em contato com arenitos

Do ponto de vista puramente hidrogeológico, considerando-se os atributos representados no bloco diagrama da **Figura 13**, observa-se que tal estruturação é determinante do condicionamento hídrico subterrâneo e se configura na dependência de alguns fatores:

1. A dinâmica de fluxos do rio João Rodrigues é totalmente dependente da recarga proveniente das zonas elevadas dos tabuleiros associados ao pacote de coberturas areníticas, cuja conexão pode ser mantida por algumas dezenas de quilômetros, embora suas espessuras estimadas não ultrapassem os 70 metros.
2. Parte da recarga proveniente dos aportes meteóricos por sobre esses tabuleiros areníticos, após a percolação vertical descendente, deve se concentrar na base do meio sedimentar, sendo conduzida junto à zona de contato com os materiais carbonáticos subjacentes - epicarste, dada a elevada condutividade hidráulica desses materiais porosos, e vindo aflorar na nascente do rio João Rodrigues com uma vazão mínima de 620 L/s. O gradiente hidráulico apresenta-se em sentido ao rio São Desidério atravessando inúmeras cavidades, surgências e sumidouros intermediários, refletindo um ambiente com distintos graus de interconexão.
3. A rota de fluxos subterrâneos no sistema cárstico João Rodrigues está condicionada por dois agentes principais: inicialmente, pelo eixo de fratura de direção NW-SE e em seguida, paralela a direção de acamamento da rocha carbonática, ENE-SSW.



**Figura 13 – Configuração hipotética para o modelo hidrogeológico conceitual preliminar da região de São Desidério e adjacências do SCRJR**

(Escala horizontal aproximada 1,0 cm = 500 metros)

4. A presença de níveis argilosos (Fotos 20 e 21) intercalados aos materiais carbonáticos mais puros agem como barreiras hidráulicas e potencializam, em função da estruturação e da geometria dos maciços, a ocorrência de compartimentos hidrogeológicos e o condicionamento hidráulico do sistema a padrões específicos de escoamento.



**Fotos 20 e 21** – Paredão calcário na margem do rio São Desidério; abaixo, o detalhe das porções onde ocorrem as intercalações dos níveis metapelíticos no maciço

Desse modo, observa-se que o arranjo geométrico dos atributos geológicos e estruturais citados define as condições em que se desenvolve a dinâmica de fluxos subterrâneos bem como se estabelecem as suas características hidroquímicas principais.

Do ponto de vista hidrodinâmico, a partir dos dados obtidos através das leituras dos instrumentos instalados ao longo do rio São Desidério, verifica-se que o início das chuvas, que geralmente aumentam a partir do mês de novembro, marca apenas uma modesta elevação da lâmina d'água em pontos que se situam em zonas de fluxo livre, como nas réguas de Catão Montante e Jusante, onde o escoamento é do tipo superficial e não subterrâneo (**Foto 22**).

Já em locais onde o rio João Rodrigues circula na matriz dos maciços carbonáticos, como em torno do paredão da Lagoa Azul, montante de João Baio e do Poço Surubim, as cotas de nível d'água manifestam um decaimento em virtude do tempo de trânsito mais lento, imposto pela resistência dos maciços por onde escoam entre fraturas e condutos.

Desse modo, como se observa na Lagoa Azul (**Foto 23**), os níveis d'água sofrem um atraso na resposta de sua elevação, sendo observado em pleno período de chuvas, uma sensível diminuição das cotas do nível d'água da lagoa.

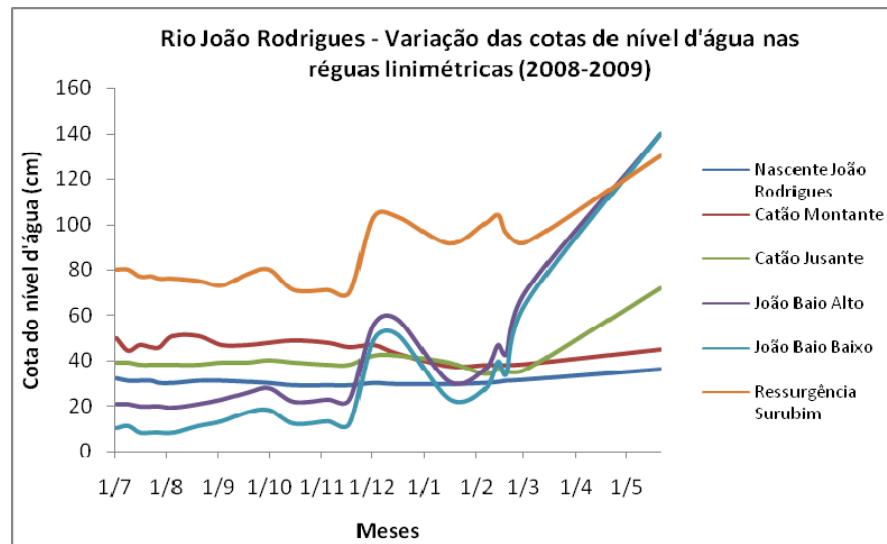


**Foto 22 e 23** – Rio João Rodrigues na Gruta do Catão e Lagoa Azul, logo acima do Catão

O gráfico apresentado na **Figura 20** ilustra essas variações, conforme dados de leitura do nível d'água nas réguas instaladas nos referidos pontos, indicados na **Tabela 29**.

**Tabela 29** – Listagem dos resultados de medição / leitura das réguas limimétricas instaladas no rio João Rodrigues, em São Desidério/BA

Estações de Medição	DATAS DE MEDIÇÕES (2008 – 2009)																				
	1/7	8/7	15/7	22/7	27/7	4/8	19/8	2/9	17/9	30/9	15/10	4/11	17/11	1/12	16/12	15/1	5/2	13/2	18/2	2/3	21/5
Nascente João Rodrigues	32	31	31	31	30	30	31	31	30,5	30	29	29	29	30	29,5	29,5	30		31	31,5	36
Catão Montante	50	44,5	47	46	46	51	51	47	47	48	49	48	46	47	43	37,5	38	38	38	38,5	45
Catão Jusante	39	39	38	38	38	38	38	39	39	40	39	38	38	42	42	39	34		35	36	72
João Baio Alto	21	21	20	20	20	19,5	21	23	26	28	22	23	23	56	58	31	36	47	43	71	140
João Baio Baixo	10	11	8	8	8	8	11	13	17	18	12	13	12	49	51	23	27	39,5	34	65,5	140
Ressurgência Surubim	80	80	77	77	76	76	75	73	78	80	71	71	70	103	103	91,5	100	104	96	92	130



**Figura 20** – Gráfico demonstrativo das variações de cota do nível d'água nas cinco estações limimétricas implantadas no rio João Rodrigues

Também no caso da nascente do rio João Rodrigues, devido a esse ponto situar-se no extremo jusante de uma extensa zona de recarga que se materializa pelo pacote de rochas areníticas sobrepostas aos calcários, há um decréscimo das vazões em virtude do atraso em que as mesmas se processam ao longo de seu trajeto pelo corpo arenítico até atingirem os carbonatos sotopostos e a própria nascente, localizada no contato de ambos.

Já no ponto representado pela estação de João Baio Alto e Baixo, no interior da referida dolina, as marcas identificam uma notável e brusca elevação que se deve ao fato da presença de maciços carbonáticos menos carstificados, exercendo maior resistência ao volume escoado livremente em seu leito junto à Gruta do Catão, a montante. Interessante ressaltar que neste cenário de maior aporte hídrico do sistema, os fenômenos de oscilação da surgência periódica do João Baio tornam-se minimizados pelo afogamento de parte do sifonamento existente no interior do maciço, embora se mantenham constantes as oscilações locais da carga hidráulica.

Na ressurgência Surubim, os níveis mostram variação expressiva, muito embora tal variação possa ser devida, também, à elevação das cotas de nível d'água do rio São Desidério, localizado muito próximo dessa estação, o que provoca uma zona de remanso a jusante.

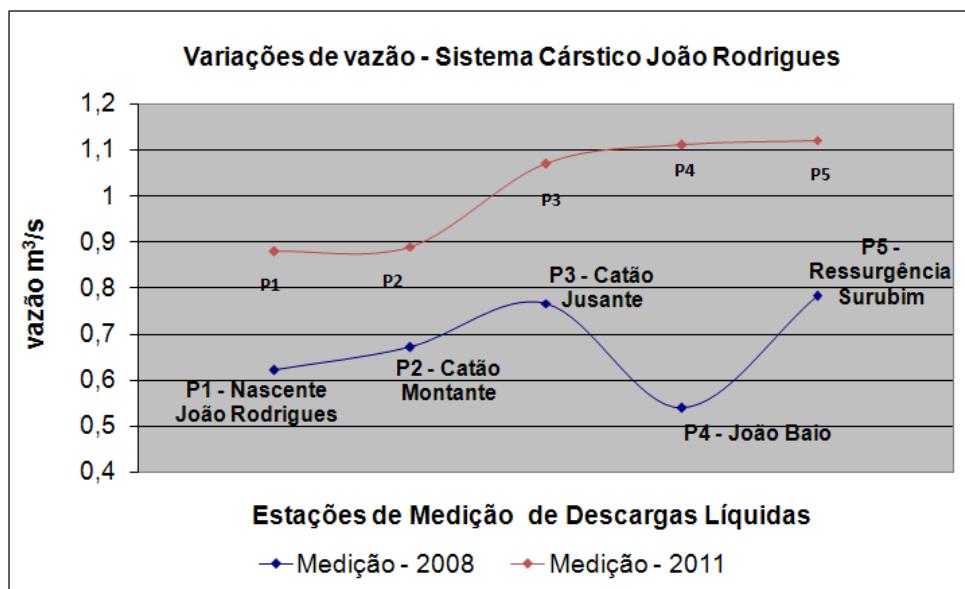
Tais variações acentuadas descritas acima estão associadas à presença de maciços calcários compartimentados pela própria alteração da intensidade de dissolução oriunda de alternâncias litoestruturais. Assim, a circulação da água fica dificultada pela ocorrência de fluxos em matriz carbonática fraturada, em contraste às zonas de maior velocidade de fluxo relacionadas à existência dos amplos condutos, como na gruta do Catão.

Na **Tabela 30** estão indicados os valores que expressam as entradas e saídas de água no sistema para períodos idênticos de medição, e que, após medições de descarga adicionais nos mesmos pontos, poderão servir para aferição dos valores de descarga médios, perante a obtenção da curva chave que expresse a melhor relação entre cota x vazão, para cada uma das seções de interesse.

**Tabela 30** – Medições em seções de entrada e saída de água no SCRJR

Estação	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Cota (m)
Nascente João Rodrigues	516.520	8.631.018	2.584	0,24	0,621 (jun/08)	31
			2.372	0,371	0,879 (out/11)	32
Ressurgência do Surubim	505.262	8.628.196	3.801	0,205	0,781 (jun/08)	81
			4.38	0,256	1,122 (out/11)	91

A **Figura 21** apresenta os valores de descarga obtidos para o rio João Rodrigues, sendo observado o contraste da seqüência crescente de vazões entre o ponto situado a jusante da Gruta do Catão e a ressurgência do Surubim, para as campanhas de medição em 2008 e 2011.



**Figura 21** – Gráfico das oscilações de descarga líquida no SCRJR

O decréscimo das descargas no João Baio deve-se, em princípio, pela condição em que o mesmo superimpõe seu regime de intermitência às descargas de sua surgência, o que, mesmo considerando medições tomadas três vezes para o momento das máximas e das mínimas que ocorrem a cada 2 minutos, prevaleceu uma média abaixo dos valores observados no ponto imediatamente a montante. Muito provavelmente isto decorre do processo de sifonamento existente no interior do maciço, o qual retém um volume expressivo de água, liberando por pulsos.

Os dados apresentados acima mostram que há um ganho de cerca de 25 % para os volumes de água entre o ponto de entrada (Nascente) e saída (Surubim) do SCRJR, desconsiderando-se neste caso, possíveis erros de medição que podem ser da ordem de até 10%. Assim, de modo conservador, cerca de 15% dos volumes escoados no SCRJR são acrescidos no interior do próprio sistema, observação esta interessante por apresentar a relevância dos volumes alogênicos que adentram o sistema, em termos qualitativos e quantitativos.

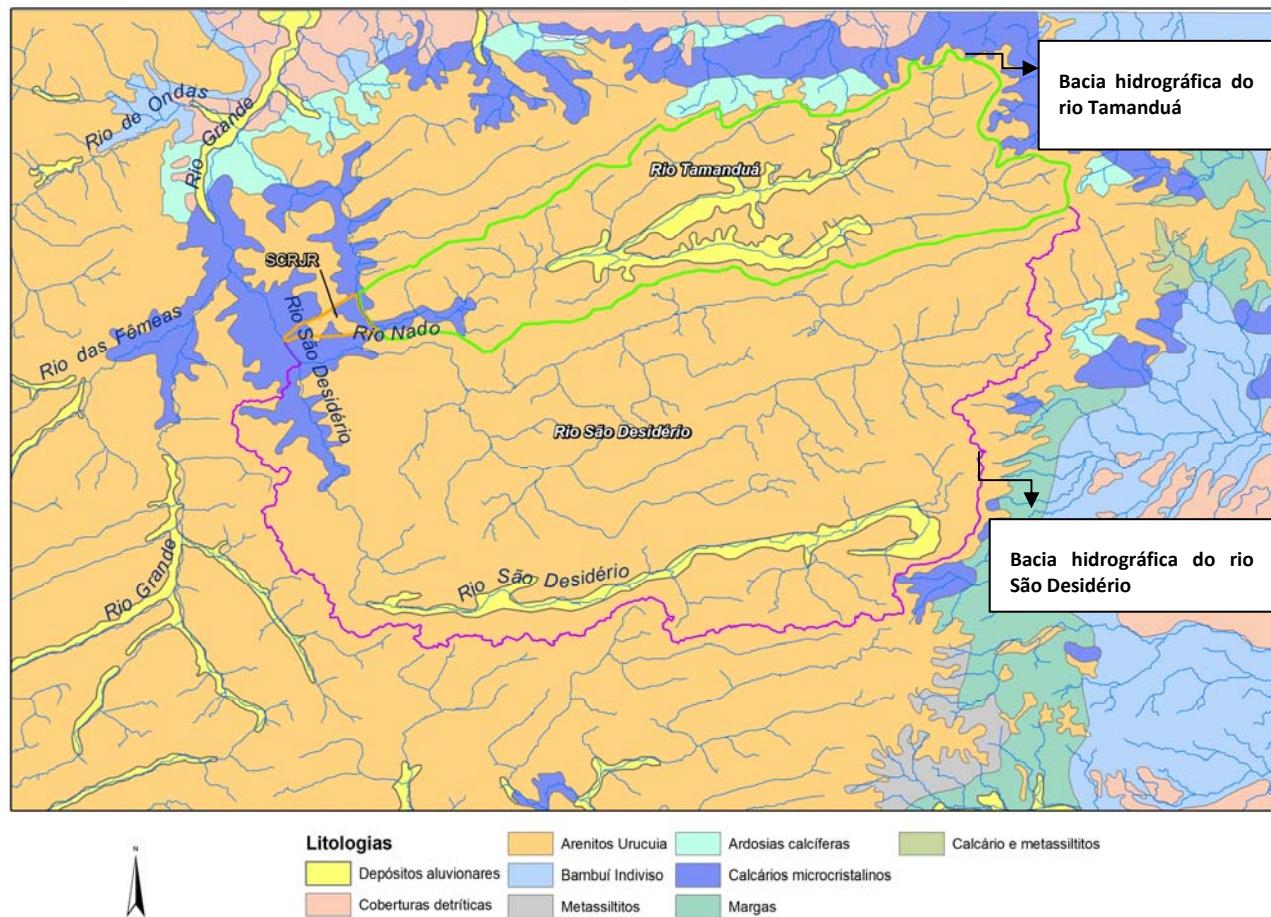
A partir dos dados observados nas leituras das cotas de nível d'água (**TABELA 10**) e de precipitações médias mensais (**FIGURA 7**) pode-se verificar que o início das chuvas, que geralmente aumentam no mês de outubro, marca pouca alteração entre a porção montante e jusante de todo o sistema cárstico, sendo as maiores diferenças apenas notadas nos períodos de maior aporte de águas meteóricas a partir do mês de dezembro.

Do ponto de vista quantitativo, considerando-se os valores de vazão média mínima caracterizadas ao fim do período de estiagem no Sistema Cárstico João Rodrigues no ano de 2011 (**Tabela 11**) pelos valores obtidos através das leituras das réguas instaladas, observa-se que 1.121 L/s totalizam os volumes que drenam todo o sistema no ponto extremo jusante, referente à ressurgência do Surubim. Esse ponto situa-se a montante da estação da ANA que mantém leituras no rio São Desidério, contribuindo, portanto, com aproximadamente 19% de seu volume total. No entanto, considerando-se que a bacia hidrográfica do rio João Rodrigues, em termos hidrogeológicos, desenvolve-se em uma área constituída por materiais equivalentes aos do rio São Desidério (topos areníticos e calcários subjacentes), algumas comparações podem ser preliminarmente estabelecidas.

Quando considerada a vazão específica de 1,01 L/s.km<sup>2</sup> para a bacia do rio São Desidério a partir dos dados obtidos até o momento, ou seja, de 4,64 m<sup>3</sup>/s de descarga média mínima para uma área de contribuição total de 4.586 km<sup>2</sup>, tal raciocínio permite, ainda que sob as devidas reservas quanto às estimativas, que até o ponto da nascente cárstica do Sistema João Rodrigues, para a vazão medida de 879 L/s, poderia ser projetada uma área de aproximadamente 870 km<sup>2</sup>, que, sendo o caso, não atingiria mais do que a metade da bacia do rio Tamanduá, como seu trecho de contribuição.

A **Figura 22** a seguir identifica a área de contribuição total do rio Tamanduá, plausível de ser considerada como potencialmente favorável ao contorno da zona de contribuição de toda a

recarga do SCRJR, totalizando 1.709 km<sup>2</sup>. Contudo, de forma a permitir que fossem corroboradas as dimensões de contribuição dos aportes de água para o interior do sistema cárstico do rio João Rodrigues, foram realizados tentativamente, estudos de conexão hídrica subterrânea a partir da aplicação de técnicas de traçadores corantes, visando obter-se uma confirmação de rotas de fluxos entre a bacia hidrográfica do rio Tamanduá e o SCRJR. A seguir apresenta-se a síntese dos resultados obtidos com este experimento.



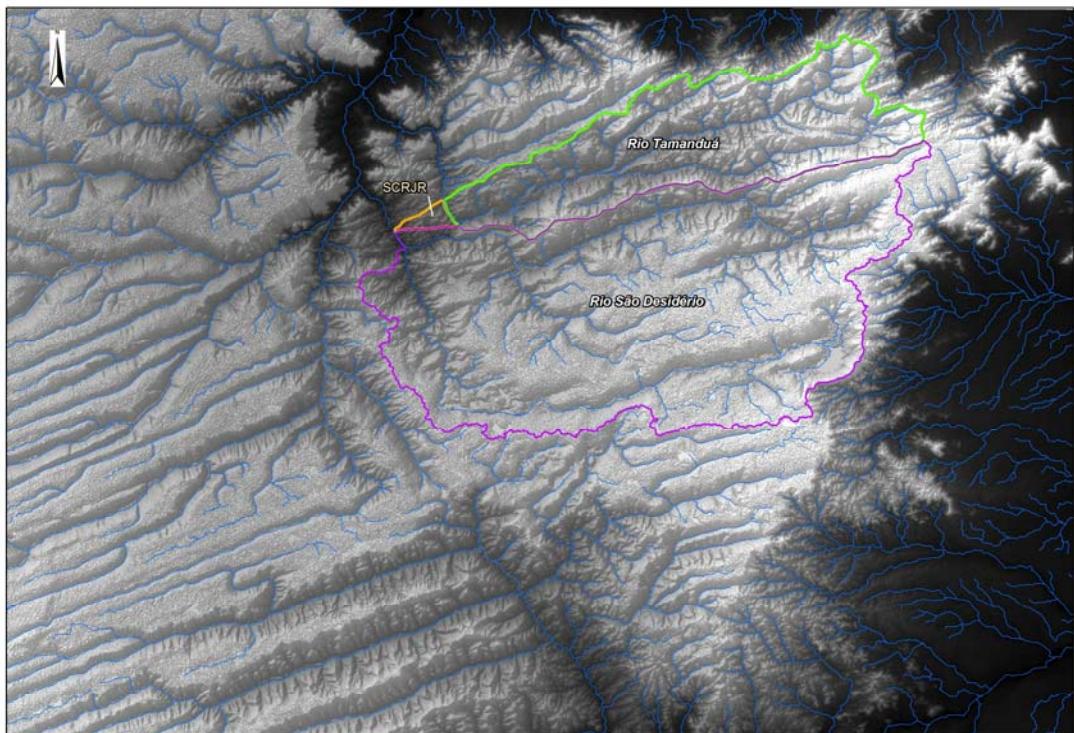
**FIGURA 22 – MAPA DEMONSTRATIVO DA SITUAÇÃO ENTRE A GEOLOGIA REGIONAL E A CONFORMAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIO SÃO DESIDÉRIO E A PROJEÇÃO DA PROVÁVEL ZONA DE CONTRIBUIÇÃO DA NASCENTE DO SISTEMA CÁRSTICO JOÃO RODRIGUES**

## 7 - ASPECTOS DE INTEGRAÇÃO REGIONAL

Os principais aspectos inerentes à existência de um ambiente tão especial quanto o cenário desenvolvido sobre a conjunção dos atributos derivados do sistema arenítico – cárstico que se permitiu construir na região de São Desidério refletem quão intrigantes e complexos podem ser esses dois tipos litológicos quando encontrados em justaposição.

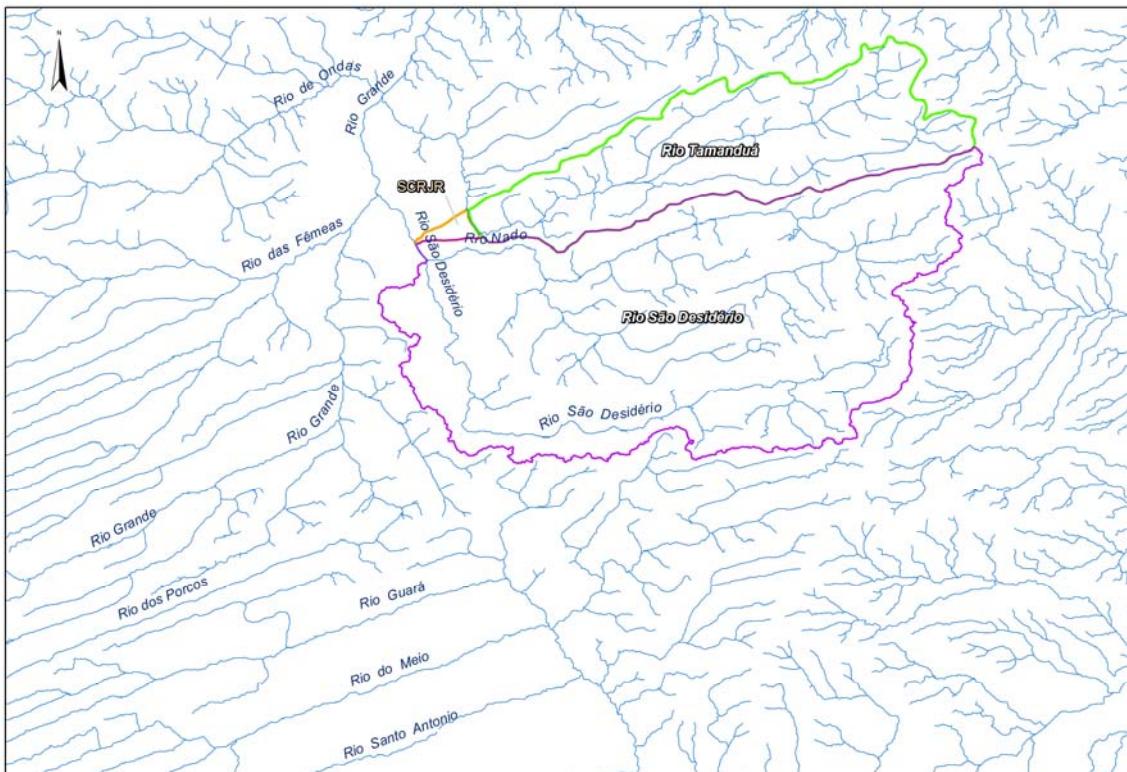
A contextualização regional do espaço em que se insere o domínio de abrangência do SCRJR e os ambientes cársticos adjacentes posicionados na porção oeste do estado da Bahia permite se estabelecer a conformação de um sistema hidrogeológico com várias feições únicas, tais como o maior lagos subterrâneo do Brasil do Buraco do Inferno da Lagoa do Cecmítério, a surgência intermitente do João Baio, os cones gigantes da Garganta do Bacupari, cujos atributos naturais são caracterizados pela presença de rochas porosas e solúveis de modo acoplado. Tal cenário constitui-se na primeira aproximação de reconhecimento da organização das estruturas ambientais que concorrem para influenciar o comportamento dinâmico dos ambientes da área de interesse deste estudo – especialmente da província espeleológica do carste de São Desidério, bem como muitas de suas estruturas locais, construídas ao longo do tempo.

Os aspectos geomorfológicos marcantes na esculturação da paisagem regional são definidos por dois compartimentos do Planalto do Divisor São Francisco – Tocantins: as vastidões do Chapadão Central e o escalonamento dos Patamares do Chapadão. Ambos esculpidos em estruturas sedimentares concordantes, representadas pelos depósitos pelítico-carbonáticos do Grupo Bambuí, sotopostos aos sedimentos areníticos cretácicos Urucuia (**Figura 28**).



**Figura 28** – As áreas claras da imagem representam o Chapadão Central (arenitos Urucuia), enquanto as mais escuras, os Patamares do Chapadão (calcários do Grupo Bambuí)

Drenagens incipientes formam-se nas extensas superfícies aplainadas e, a partir de lagoas, marimbus e veredas dão origem a inúmeros cursos d'água rigorosamente organizados em padrão paralelo de drenagem, orientados de SO a NE, em progressivo trabalho de entalhamento até alcançar a depressão do rio São Francisco, além dos Patamares do Chapadão. A **Figura 29** ilustra os padrões de organização da drenagem regional.



**Figura 29 – Padrões de organização da rede hidrográfica regional**

As planuras do Chapadão Central são o ambiente de infiltração das águas meteóricas, onde o predomínio da pedogênese sobre a morfogênese mantém estas superfícies livres da erosão, ativa apenas a partir das bordas do Chapadão, ao longo das drenagens que se impõem a recortar e abrir o planalto pela erosão remontante e recuo paralelo das encostas. As declividades quase nulas no interior do Chapadão Central condicionam a infiltração, enquanto nas bordas os declives abruptos aceleram o escoamento superficial ativando a erosão.

O aporte hídrico da região planáltina converge em duas bacias hidrográficas principais, afluentes à margem esquerda do rio São Francisco: a do rio Corrente, ao sul, e a do rio Grande, ao norte. O agrupamento das drenagens às redes ocorrem condicionados pelas lito-estruturas e capturas de cabeceiras fluviais pela erosão remontante.

As extensões do Chapadão Central, domínio dos cerrados, foram quase que integralmente ocupadas pelas lavouras temporárias de soja, algodão e sorgo e em menores extensões por pastagens plantadas. A agricultura intensiva, altamente mecanizada, com maciços investimentos de capital em insumos e máquinas prepondera entre empresas nacionais, estrangeiras e multinacionais dedicadas ao agro-negócio no oeste baiano.

Aplicações pesadas e sucessivas de adubos, fertilizantes e agrotóxicos, conferem preocupante potencial de risco de contaminação do aquífero Urucuia, rios e o do próprio aquífero cárstico subjacente.

Os Patamares do Chapadão estabelecem o contato entre as altas superfícies do Chapadão Central e o compartimento da Depressão do São Francisco. E é a partir dos aprofundamentos dos vales dos rios Grande e São Desidério, tributário do primeiro, que estes contatos aparecem como também ficam marcados os contatos entre os domínios da Savana e da Floresta Estacional Decidual, e, para jusante, desta com a Estepe, formando zonas ecotoniais logo ao norte da cidade de Barreiras.

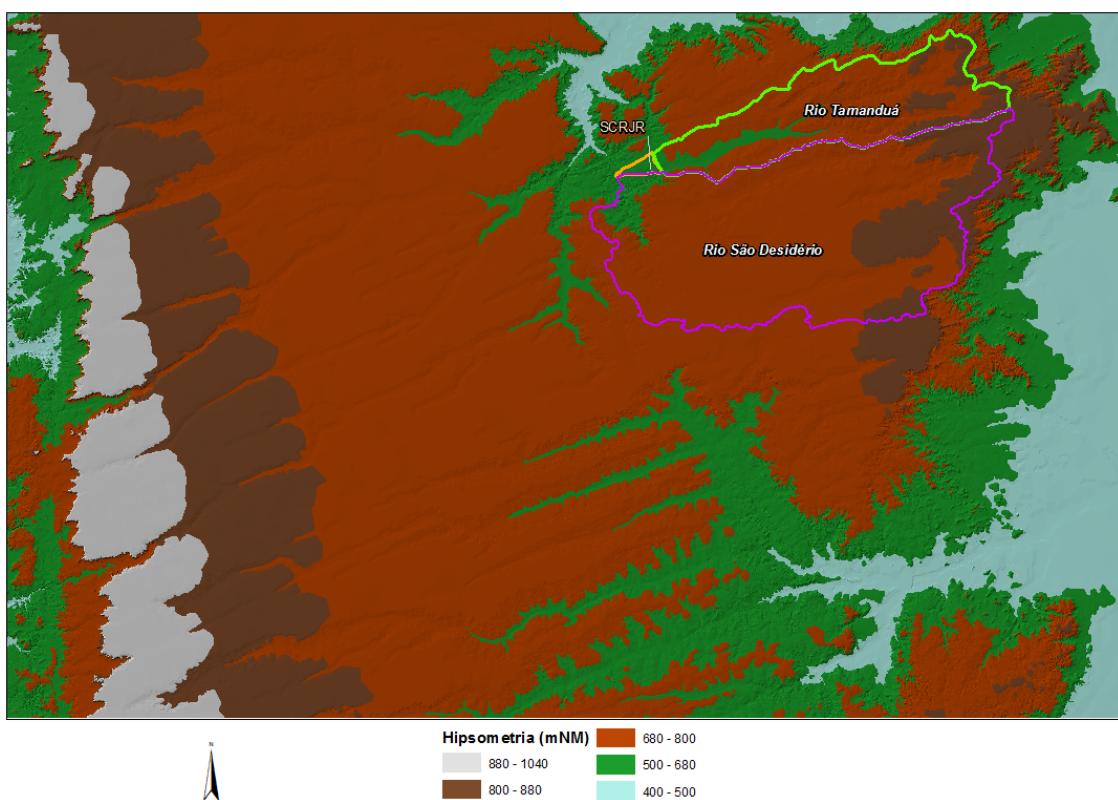
Regiões de transição entre unidades geomorfológicas e domínios vegetacionais como essa são consideradas como “áreas de tensão ecológica”, que exibem grande complexidade espacial nas relações entre ecossistemas, com interpenetrações de biomas e cruzamentos de fluxos genéticos (RADAMBRASIL, 1982).

De uma região geomorfológica à outra, os níveis altimétricos decrescem fortemente (**Figura 30**), assim como os índices pluviométricos; ambos inversamente proporcionais ao índice de aridez, que se amplia. As condicionantes climáticas impostas pelo gradiente altimétrico e a continentalidade, sem alteração das faixas latitudinais, são representadas pelas variações das formas biológicas de expressão vegetal e destas entre as associações faunísticas correlativas.

Ao adentrar os ambientes cársticos de São Desidério algumas outras condicionantes virão interferir na composição das paisagens locais dadas às características tão peculiares destes ambientes como: presença dos afloramentos de grandes maciços rochosos; ausência de cursos d’água superficiais por grandes extensões, comportamento hidrológico desde o escoamento superficial, estresse hídrico sazonal e a caducifolia da Floresta Estacional Decidual.

Há nestes ambientes, inicialmente, tanto em nível regional como local, duas notáveis expressões geomorfológicas de interrelações geossistêmicas, as quais devem ser mais uma vez ressaltadas, envolvendo dois elementos – água e rocha: os arenitos Urucuia formando excepcionais condições de recarga e armazenamento de águas meteóricas infiltrantes, cuja convergência em profundidade propiciou aportes hídricos aos estratos carbonáticos subjacentes.

Estes, susceptíveis à dissolução, foram amplamente carstificados dando origem aos aquíferos cársticos e à complexa rede subterrânea de sistemas flúvio-cársticos, mas, suplementarmente, propiciaram a ação de processos espeleogênicos, balizados por uma conjunção de fatores que vieram resultar numa das mais espetaculares expressões da fenomenologia cárstica brasileira.



**Figura 30 – Classes hispométricas regionais**

Para tanto, à trilogia elementar – água, arenito, calcário – vieram integrar-se: energia, na forma de gradiente altitudinal e hidráulico, associando processos físicos e químicos de superfície e subsuperfície; e feições litoestruturais daquelas rochas herdadas de substratos crustais para permitir a construção da paisagem atual nos domínios areníticos e calcários, estes considerados nas dimensões do endocarste e do exocarste.

A energia aplicada às águas meteóricas promoveram em superfície, processos erosivos atuantes na exsudação dos calcários pela remoção erosiva dos pacotes areníticos sobrejacentes, através da convergência do escoamento superficial na rede de drenagem que se organiza a partir das superfícies planálticas e incide sobre suas bordas rebaixando-as e abrindo os vales.

A progressiva remoção das camadas areníticas faz aparecer nos escalonamentos mais rebaixados dos Patamares do Chapadão as primeiras nuances das paisagens cársticas, denotando em superfície, as influências de processos endocársticos, ainda que as rochas calcárias se mantenham nestes níveis, encobertas. Só quando a denudação da base dos estratos areníticos se completa, expõe-se finalmente o carste. Em princípio, ao longo dos canais fluviais que cortam a base dos arenitos, expondo as primeiras cavernas marginais e, mais amplamente, depois que todo o capeamento foi removido, expondo superfícies aflorantes de maciços calcários.

Neste nível, arredor da cota altimétrica de 700m NM, espacialmente coincidente com a paisagem dominante, quando esta alcança a bacia do rio São Desidério e desce em direção ao seu vale, a exposição do topo das rochas calcárias revela ambientes nas superfícies litólicas portadoras das morfologias cársticas mais conspícuas – vastos campos de lapiás exibem diferentes tipologias desta feição característica dos processos de dissolução da rocha calcária (**Fotos 27 e 28**).



**Fotos 27 e 28** – Campo de lapiás no topo dos afloramentos calcários

Estes ambientes reúnem aspectos geo-ecológicos muito peculiares. A superfície escura da rocha calcária sofre intensa meteorização física relativa às variações do gradiente térmico diário, alcançando altas temperaturas durante o período de máxima insolação, que na latitude tropical de São Desidério é especialmente elevada, resfriando-se no período noturno, ou bruscamente, durante um temporal de verão. É comum ouvir-se os estalidos das superfícies rochosas cedendo à dilatação térmica.

O lapiasamento da rocha é tão intenso que torna bastante irregular a superfície tornando o deslocamento extremamente difícil e perigoso entre cavidades, fendas, marmitas, e facões

aguçados e cortantes formados na rocha (**Foto 29**). O estresse hídrico nestes ambientes é rigoroso, uma vez que o escoamento superficial ocorre rapidamente por entre as macro-porosidades da rocha. Pequenos nichos (marmitas) na rocha são por vezes capazes de, sazonalmente, armazenar alguma água estagnada (**Foto 30**).



**Fotos 29 e 30** – Os campos de lapiás extremamente entrecortados por fraturas e fendas profundas escondem abrigos e nichos de ocupação sazonal de água e plantas pioneiros

A singularidade do conjunto da paisagem revela belezas e qualidades muito particulares, notadamente entre as frágeis formas dos lapiás, que exibem finas cristas aguçadas em dimensões verticais decimétricas, marmitas lapiasadas em concha, lapiás verticais e horizontais (**Fotos 31 a 34**). A percepção do conjunto, não obstante a hostilidade do ambiente aproxima-a da de um jardim suspenso, ornamentado em rocha e plantas agrestes.





**Fotos 31 a 34** – Diferentes aspectos morfológicos dos lapiás da superfície dos maciços calcários

Pontualmente, a qualidade desses ambientes foi alterada pela extração de rocha em superfície (sem abertura de cavas), para produção de paralelepípedos pela prefeitura de São Desidério. Esta atividade, contudo já foi paralisada, exatamente pela constatação do impacto causado e pela opção de proteção desse ambiente.

Contudo, as iniciativas de proteção ao patrimônio natural do município baiano de São Desidério, que se orgulha de ser o maior em produção de soja e algodão, ainda são extremamente tímidas, diante da importância e magnitude de seu patrimônio espeleológico e arqueológico e de seus rios de águas límpidas, cujo conjunto representa enorme potencial econômico lastreado no turismo; considerando-se a iniciativa municipal de criação e implantação do pequeno Parque Municipal da Lagoa Azul (**Foto 35**), com 16 ha, que reúne entre seus principais atributos a gruta do Catão (**Foto 36**) e um segmento da margem da lagoa Azul.



**Fotos 35 e 36** – Lagoa Azul; mirante do Parque Municipal homônimo e Gruta do Catão

Ao penetrar o domínio das rochas calcárias no carste de São Desidério, transposto por estrada vicinal sobre a qual se projeta a BR-135, revela-se uma das mais notáveis províncias

espeleológico-arqueológicas conhecidas no Brasil, com centenas de cavernas, entre as quais destacam-se algumas de expressão singular para a espeleologia mundial, além de outros raros aspectos da fenomenologia cárstica, como a ressurgência de vazão periódica do João Baio, que só encontra similares em cinco ou seis lugares em todo o mundo, vinculada ao sistema flúvio-cárstico João Rodrigues, um dos sistemas hidrológicos subterrâneos mais extensos já conhecidos.

Afora as cavernas, entre as quais estão aquelas em que se manifestam os maiores vãos livres, de amplos tetos planos e elevada resistência estrutural, por vezes acomodando grandes e profundos lagos repletos de jangadas, que irão formar espeleotemas raros como os cones gigantes, dispostos entre cascatas no vale subterrâneo, ou coralóides de formato raro na Gruta do Catão, encontram-se inúmeras outras feições exocársticas relevantes, tais como o cânion da Lagoa Azul e o cânion do vale do rio São Desidério com seus paredões, repletos de cavernas; profundas dolinas de abatimento; campos de lapiás, etc.

O sistema hidrológico do rio João Rodrigues constitui um dos exemplos mais impressionantes de desenvolvimento flúvio-cárstico, tanto por sua extensão, estendendo-se por contribuições de montante em região de carste encoberto, quanto pelas características do soberbo vale cárstico, com segmentos endocársticos e exocársticos notáveis.

O sistema reúne ao longo do desenvolvimento de seu curso espeleotemas raros e surpreendentes, a céu aberto ou no resguardo das grutas, magníficas formações colapsadas de dolinas compondo grandes “coliseus”, onde a floresta encontra micro-climas especialmente mais úmidos para torná-la semi-decidual.

O conjunto é universalmente único e requer reconhecimento à altura por parte dos brasileiros – um Parque Nacional, cercado de outros monumentos naturais, todos reunidos nos limites de um grande e magnífico Geoparque deveria alçar o nome do município de São Desidério ao cenário e às rotas do turismo multimodal de alcance internacional, valorizando o que essa localidade do remoto oeste baiano tem de maior – o seu patrimônio natural.

Desse modo, fica proposta a área de contribuição da bacia hidrográfica do rio Tamanduá e aquele delimitado para o próprio SCRJR nas Figuras 28, 29 e 30, como os limites físicos que se mostram, por suas características naturais geológicas, topográficas e hidrogeológicas, como as mantenedoras das condições comportamentais e do regime de fluxos da surgência cárstica do

rio João Rodrigues, qualitativa e quantitativamente e, desse modo, de aproximadamente 85% dos volumes escoados no SCRJR.

## 8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise dos atributos que compõem o ambiente cártico previamente descrito, o modelo hidrogeológico proposto para o SCRJR deve considerar o nível de entendimento atual das componentes que regem o controle dos processos de recarga, circulação e descarga de todo o ambiente e das zonas limítrofes que o circunscrevem.

Inicialmente, assume-se que o SCRJR é parte integrante da bacia do rio Tamanduá, superfície esta correspondente ao ambiente imediatamente adjacente e acoplada à nascente do rio João Rodrigues, sendo assim, dependente dos aportes de recarga que afluem para esta surgência a partir de toda a água infiltrada por sobre os materiais areníticos situados a montante.

Como exposto anteriormente, a descarga média mínima computada para a surgência do rio João Rodrigues, no valor de 879 L/s, implica em uma taxa de recarga muito baixa para sistemas aquíferos de reconhecida capacidade de infiltração, onde os valores obtidos de 1 L/s.km<sup>2</sup> para contribuições específicas subterrâneas em terrenos com propriedades hidráulicas similares (arenitos, calcários carstificados, formações ferríferas, depósitos aluvionares, crostas lateríticas, dentre outros), normalmente acusam valores que podem oscilar de 15 L/s.km<sup>2</sup> a até 22 L/s.km<sup>2</sup>.

De fato, quando observadas as condições hidrológicas da bacia do rio São Desidério, a qual proporciona avaliações comparativas do ponto de vista de seu sistema aquífero, com a porção relativa ao rio Tamanduá, deve-se admitir realmente a existência de uma zona bastante anômala em termos de seu balanço hídrico.

De modo a quantificar esse balanço de massa em sua forma mais simples possível, pode-se admitir que ao longo do ano hidrológico, as taxas de evaporação e transpiração real somadas às componentes de escoamento superficial atinjam 85% do total das precipitações, ou seja, 85% de 1.140 mm que é equivalente a 171 mm anuais.

Neste caso, um cálculo básico de quantificação dos volumes de recarga dos aquíferos demonstra que, para a área de 4.586 km<sup>2</sup> da bacia do rio São Desidério até a seção de interesse coincidente à régua situada na estação da Fazenda Coqueiro, a vazão média mínima

deveria assim acusar valores não inferiores a 24,86 m<sup>3</sup>/s, ou seja, quase 5 vezes maior que o valor medido, que é de aproximadamente 4,64 m<sup>3</sup>/s. Isso já considerando um valor bastante subestimado para as taxas de evapotranspiração e escoamento superficial.

Desse modo, entende-se pelo exposto acima, que as parcelas infiltradas e que escoam em profundidade rumo aos níveis de base regionais, como o rio Grande, podem estar contabilizando a diferença que não é computada nos níveis de base locais, tais como o próprio rio São Desidério e o SCRJR, sendo os valores ‘extraviados’ equivalentes a cerca de 20 m<sup>3</sup>/s e 8,4 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

## 9 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diante dos dados apresentados nesse relatório técnico sobre a situação hidrogeológica e hidroclimatológica da região em torno do Sistema Cártico do Rio João Rodrigues, algumas questões devem ser assinaladas, quais sejam:

- a. As bacias de contribuição dos sistemas de drenagem recebem majoritariamente recargas provenientes dos ambientes constituídos por rochas areníticas a montante, embora ainda não tenha sido comprovado pelos ensaios com traçadores corantes.
- b. Devido à presença de uma estação fluviométrica com freqüência de monitoramento bem marcada para a região de São Desidério, pode-se projetar uma vazão específica de cerca de 1,01 L/s.km<sup>2</sup> como sendo uma descarga representativa das contribuições dos aquíferos (descargas de base) vinculados a tais sistemas hidrogeológicos, o que, em princípio, pode ser considerado um valor baixíssimo em se tratando de um ambiente caracterizado por rochas com elevada capacidade de armazenamento e condutividade hidráulica.
- c. A existência de um ambiente aquífero constituído por rochas carbonáticas subjacentes a esses arenitos pressupõe um controle dos processos de dissolução em subsuperfície, em que boa parte dos volumes de recarga anual nesses ambientes podem estar sendo contabilizados, em grande parte, em calhas de drenagem situadas em cotas mais baixas, conformadas por sistemas de fluxos mais profundos rumo ao nível de base regional (Rio Grande?).
- d. Como descrito fartamente ao longo deste estudo, o conjunto paisagístico da região de São Desidério está sustentado por seus atributos físicos e bióticos e requer muito cuidado e consciênciia ambiental quanto à execução de quaisquer tipos de atividades que possam manifestar potenciais efeitos prejudiciais a este patrimônio natural.
- e. Os levantamentos dos inúmeros atributos observados no local induzem ao raciocínio óbvio de que se trata de um ambiente sensível, cujo risco de alteração de suas características e de seu comportamento natural, não vale à pena correr: há de se avaliar as inúmeras possibilidades de riscos iminentes associados à antropização do espaço que alcança as suas zonas de contribuição hídrica.

- f. Entende-se, pois, que o cenário em questão, em face das suas reais fragilidades naturais e, simultaneamente, de seu potencial turístico, requer especial atenção no sentido de que sejam definidas estratégias de ocupação e do uso dos solos em um ambiente a se estabelecer em torno de um geoparque; ressaltando-se que sua extensão e limites, embora não confirmados, ainda, pelas técnicas de traçadores corantes, denotam em vista dos volumes escoados na surgência cárstica do SCRJR, necessariamente, a abrangência de uma área mínima de 870 km<sup>2</sup>. Contudo, devido às peculiaridades do ambiente, visto considerar-se que toda a zona de contribuição hidrográfica do rio Tamanduá pode interferir nos SCRJR, o seu terço montante é apresentado como o domínio adicional de proteção, que, através de medidas específicas poderão ser criteriosamente planejadas e implantadas pelos órgãos gestores federais e estaduais (Figura 31).

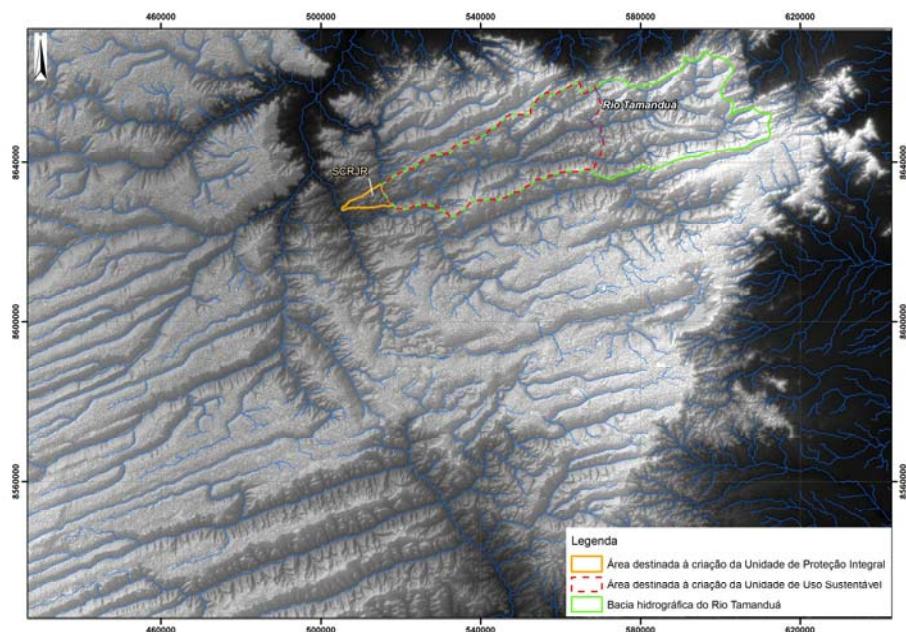


Figura 31 – Mapa de situação das áreas de contribuição propostas como UC do SCRJR

- g. Importante salientar a necessidade de que seja mantido o monitoramento dos níveis d'água ao longo do SCRJR, através de uma ação compartilhada entre os poderes públicos municipal, estadual e federal uma vez que hiatos ou lacunas na tomadas de informações trás prejuízos à interpretação da dinâmica hídrica do sistema.

- h. Quanto aos resultados das análises hidroquímicas, deve-se ressaltar que o aumento da concentração do íon cálcio entre a 1<sup>a</sup> e a 2<sup>a</sup> campanhas de 2008 deverá ser avaliado a partir de um monitoramento sistemático da qualidade natural das águas nos referidos pontos de interesse, incluindo-se os parâmetros essenciais, de Condutividade elétrica, pH e temperatura da água em todos os pontos, além de alcalinidade e dureza totais.
- i. As questões apontadas ao longo do texto sobre a fragilidade natural do SCRJR já foram apontadas no relatório de Vetores de Pressão e decorrem das características intrínsecas dos materiais litológicos presentes, dada a elevada permeabilidade do meio sobrejacente (arenitos), sobretudo naqueles locais onde os carbonatos encontram-se sob contatos rasos a esses depósitos areníticos, ou mesmo já aflorantes.
- j. Os estudos realizados como a primeira avaliação hidrogeológica do sistema cárstico do rio João Rodrigues possibilitaram o aumento do conhecimento sobre o comportamento da dinâmica hídrica destes ambientes cársticos e, através da análise de inúmeros dados técnicos, de cunho geológico, hidrológico e hidrogeológico, se propor uma zona efetiva de proteção Integral para todo o sistema.
- k. Por isso tudo, fica muito clara a vocação natural da região de São Desidério para abrigar um parque nacional, onde a vertente científica que abraça as questões arqueológicas, espeleológicas, hidrogeológicas, biológicas, históricas e de turismo e lazer impõe-se como um caráter restritivo e controlador dos tipos de uso e das formas de ocupação de seu espaço físico, sendo o próprio CECAV um centro de excelência para gerir o espaço em questão.

Quanto às indagações do CECAV, em seu Parecer Técnico Nº 11/2012, Item 7.1, tem-se a informar que:

A bacia do rio do Nado / São Desidério está submetida à condição receptora dos caudais do SCRJR e, conforme exposto anteriormente, os caudais que ‘escapam’ de toda a zona de contribuição do SCRJR-Tamanduá perfazem um total de aproximadamente 8,4 m<sup>3</sup>/s e alimentam, provavelmente, bacias com níveis de base inferiores, possivelmente a do rio Grande.

## 10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aley, T. & Fletcher, M.W. (1976). The water tracers cookbook: Missouri Speleology, v. 16, no. 3, p. 1-32.
- Aley, T. (1999). Dyes don't lie: Practical Karst Hydrology. Karst-Water Environment Symposium Proceedings. Keynote Address, pp.1-10.
- AMORIM JUNIOR, V. 2003. Avaliação Hidrogeológica do aquífero Urucuia na bacia do rio das Fêmeas usando IP-Resistividade. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 82 p
- ANA, 2011. Agencia Nacional de Águas. <http://hidrowebана.gov.br/> Estação Fluviométrica de São Desidério (Fazenda Coqueiro), Código 46490000. Série Histórica de Medição de Vazões.
- Barbosa, J.S.F. & Dominguez, J.M.L. 1996. Mapa Geológico do Estado da Bahia -Texto Explicativo, Superintendência de Geologia e Recursos Minerais.
- Branco, J.J.R & Costa, M.T. 1960. Roteiro da excursão Belo Horizonte-Brasília, Esc. Eng. Univ. Fed. Minas Gerais, Publ. 15: 9-25
- Braun, O.P.G, Mello, U. & Della Piazza, H., 1990. Bacias proterozóicas brasileiras com perspectivas exploratórias para hidrocarbonetos. Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. Petrobrás-Rio de Janeiro.
- Brownlow A.H. 1996. Geochemistry (2nd Edition). Prentice-Hall. United States of America. 580 p.
- Bruni, M.A.L. Carta geológica do Brasil ao milionésimo; folha Brasília (SD.23). Brasília, DNPM, 1976b. 162p.
- Campos, J. E. G. & Dardenne, M. A. (1997b) Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, Brasil. v. 27 (3), p. 269 – 282.
- CPRM (2004). Estudos Hidrogeológicos de Pequenas Bacias Sedimentares da Região Semi-Árida do Nordeste Brasileiro. Coord. Feitosa, F. e Vidal, C. 85p.
- Danderfer, A. 2000. Geologia Sedimentar e Evolução tectônica do Espinhaço Setentrional, Estado da Bahia. Brasília-DF. 498p. (Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Brasília).
- Derby, O.A. Contribuição para o estudo da geologia do valle do São Francisco. Archivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro (4):87-119, 1881.

Feitosa, F. & Filho, J. M. (2000). Hidrogeologia-Conceitos e Aplicações 2º Edição/[Coordenado por] Fernando A. C. Feitosa [e] João Manoel Filho-Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-EFPE, 2000. 391p il

Fernandes, P.E.C.A.; Montes, M.L.; Braz, E.R.C.; Montes, A.S.I.; Silva, L.L.; Oliveira, F.L.L.; Ghignone, J.I.; Siga Jr., O.; Castro, H.E.F. 1982. Geologia. In: Project Radambrasil. Folha SD.23, Brasília. Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 655 p. (Levantamento de Recursos Naturais, v.29), p. 25-204.

Freeze, R.A. and Cherry, J.A. (1979). Groundwater. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ

Ginsberg, M., and Palmer, A., 2002, Delineation of source-water protection areas in karst aquifers of the Ridge and Valley and Appalachian Plateaus Physiographic Provinces—Rules of thumb for estimating the capture zones of springs and wells: U.S. Environmental Protection Agency EPA 816-R-02-015, 41 p.

IBGE, 1999 - [www.ibge.com.br](http://www.ibge.com.br).

Inda & Barbosa, J.S.F. 1996. Mapa Geológico do Estado da Bahia - Texto Explicativo. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais.

Lima, E.A.M. & Leite, J.F. 1978. Projeto Estudo Global dos Recursos Minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Integração Geológica Metalogenética. Recife, DNPM-CPRM, 16 v.

Malcolm. Field, Ronaldo G. Wilhelm, James F. Quinlan and Thomas J. Aley. (1995). An Assessment for the potential Adverse Properties of Fluorescent Tracer Dyes used for Groundwater Tracing. Environmental Monitoring and Assessment 38: 75-96.

MARSHAK, S., ALKMIM, F.F. Proterozoic contraction/extension tectonics of the Southern São Francisco Region, Minas Gerais, Brazil. Tectonics, v. 8, n. 3, p.555-571, 1989.

Martins-Neto, M.A & Alkimim, F.F (2001). Estratigrafia e Evolução Tectônica das Bacias Neoproterozóicas do Paleocontinente São Francisco e suas Margens: Registro da quebra de Rodínia e colagem de Gondwana, p. 31-54. In: Pinto, C.P & Martins-Neto, M.A. (Eds) 2001. Bacia do São Francisco. Geologia e Recursos Minerais. Belo Horizonte: SBG-MG.

Moraes Rego, LF. Reconhecimento Geológico da Parte Ocidental do Estado da Bahia. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Boletim 17: 33-54. 1926.

Moutinho da Costa, L.A. Projeto leste do Tocantins/oeste do rio São Francisco; relatório final. Rio de Janeiro, DNPM/CPRM/PROSPEC, 1976. 11v. (Relatório do Arquivo Técnico da DGM 2547).

Mull, D.S., Liebermann, T.D., Smoot, J.L., and Woosley Jr., L.H. (1988) Application of dye-tracing techniques for determining solute-transport characteristics of ground water in karst terranes, Rep. EPA 904/6-88-001, U.S. Environmental Protection Agency, Atlanta, Ga., 103 p.

Nimer, E., 1989 - Climatologia do Brasil, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 2<sup>a</sup> edição, IBGE, Rio de Janeiro.

Oliveira, M.A.M. de (1967). Contribuição à geologia de parte sul da área da bacia do São Francisco e áreas adjacentes. Petrobrás, DEPIN, CENPES, Col. de Relat. de Explor., 1:71-105. R.J.

Oliveira EP, Carvalho MJ, McNaughton NJ (2004). Evolução do segmento norte do orógeno Itabuna-Salvador-Curaçá: cronologia da acresção de arcos, colisão continental e escape de terrenos. Geologia USP, Série Científica, 4: 41-53.

Oliveira, A.I. De & Leonards, O.H. Geologia do Brasil. 2.ed. ver. Atual. Rio de Janeiro, Serviço de Informação Agrícola, 1943. 831p. (Ser. Didática, 2).

Pflug, R & Renger, F. 1973. Estratigrafia e evolução geológica da margem nordeste do Craton Sanfranciscano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracaju. Anais... Aracaju, SBG. v. 2, p. 5-19.

RADAMBRASIL, 1982. Projeto Levantamento de Recursos Naturais. Folha SD 23 – Brasília, Volume 29. Mapa em escala 1:1.000.000.

Ray, J., 2001, Spatial interpretation of karst drainage basins: in Beck, B.F., and Herring, J.G., eds., Geotechnical and environmental applications of karst geology and hydrology, Proceedings of the Eighth Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Environmental and Engineering Impacts of Karst, April 1–4, 2001, Louisville, Kentucky: Lisse, Balkema Publishers, p. 235–244.

Santos, E.J & Coutinho, M.G.N.; Costa, M.P.A.; Ramalho, R. 1984. A Região de Dobramentos Nordeste e a Bacia do Parnaíba, incluindo o Craton de São Luiz e as Bacias Marginais. In: SCHOBENHAUS, C.; Campos, D.A.; Derze, R.G.; Asmus, H.E. Coords. Geologia do Brasil – Texto explicativo para o mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000. Brasília, DNPM, p. 131-189.

Serviço Geológico do Brasil - Projeto GIS Brasil - Estados de Minas Gerais e Goiás por acesso à página:  
<http://geobank.sa.cprm.gov.br>

Silva, M.E. 1987. O sistema de Dobramentos Rio Preto e suas relações com o Cráton São Francisco. Dissertação Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, 141p.

Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS por acesso à página:  
<http://siagasweb.cprm.gov.br>

Smart, C.C., 2005, Error and technique in fluorescent dye tracing, in Beck, B.F., ed., Sinkholes and the engineering and environmental impacts of karst: Reston, Va., American Society of Civil Engineers, Geotechnical Special Publication no. 144, p. 500–509.

SRH, 2004 - Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH - BA, Relatório Final, elaborado pelo Consórcio Magna / BRLi, para a Superintendência de Recursos Hídricos.

White, W. B. (1993). Analysis of Karst Aquifers. In: Alley, W. M. (Ed.) Regional Ground-Water Quality. Van Nostrand-Reinhold, New York, pp. 471-489.

Worthington, S. R.H. and Smart C. C. (2003). EMPIRICAL DETERMINATION OF TRACER MASS. FOR SINK TO SPRING TESTS IN KARST. In: Sinkholes and the Engineering and Environmental Impacts on Karst, Ed. B.F. Beck, Geotechnical Special Publication No. 122, American Society of Civil Engineers, p. 287-295.

## ANEXO 1

**PLANILHA DE DADOS DE DESCARGAS COLETADOS EM CADA ESTAÇÃO DE MEDição PARA OS PERíODOS DE 2008 e 2011**

<b>HIDROVIA</b> HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE		MEDAÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA				
CÓDIGO:	12440002	ESTAÇÃO:	Catão Montante			
Nº DA MEDAÇÃO:	001					
DATA: / /	17/06/2008	EQUIPE:	Rodney Nascimento / Douglas Nascimento			
HORA INICIO:	14:50					
HORA FIM:	15:18					
Nº DE VERTICAIS:	24					
COTA INICIO:	51					
COTA FIM:	51					
DISTANCIA PI a PF:	7.30					
C: 1.000	1000					
A1:	0.6670					
B1:	0.0117					
A2:	0.6774					
B2:	0.0018					
MOLINETE:	GURLEY					
VERT	DISTANCIA	Nº PONTOS	ROTAÇÃO	TEMPO	PROF. PARCIAL	PROFOUNDIDADE
1	0.00	0	0	00.0	0.00	0.00
2	0.50	1	0	60.0	0.07	0.12
3	1.00	1	9	42.0	0.17	0.29
4	1.30	1	14	42.7	0.24	0.40
5	1.60	1	14	40.7	0.27	0.45
6	1.90	1	14	42.5	0.30	0.49
7	2.20	1	15	40.3	0.35	0.58
8	2.50	1	15	40.2	0.35	0.59
9	2.80	1	15	41.4	0.34	0.56
10	3.10	1	15	42.0	0.35	0.58
11	3.40	1	15	41.9	0.32	0.58
12	3.70	1	17	41.8	0.35	0.59
13	4.00	1	15	42.4	0.35	0.58
14	4.30	1	15	40.3	0.31	0.51
15	4.60	1	16	41.5	0.30	0.49
16	4.90	1	16	41.4	0.28	0.46
17	5.20	1	13	41.8	0.28	0.46
18	5.50	1	15	41.8	0.26	0.44
19	5.80	1	11	44.4	0.26	0.43
20	6.10	1	10	41.4	0.18	0.30
21	6.40	1	10	41.4	0.18	0.30
22	6.70	1	08	43.5	0.16	0.26
23	7.00	1	05	56.0	0.16	0.26
24	7.30	0	00	00.0	0.00	0.00

MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA

CÓDIGO:	12440003	ESTAÇÃO:	Catão Jusante			
Nº DA MEDAÇÃO:	001					
DATA:	18/06/2008	EQUIPE:	Rodney Nascimento / Douglas Nascimento			
HORA INICIO:	11:10					
HORA FIM:	11:50					
Nº DE VERTICAIS:	18					
COTA INICIO:	40					
COTA FIM:	40					
DISTANCIA PI a PF:	6.50					
C: 1.000	1000					
A1:	0.6670					
B1:	0.0117					
A2:	0.6774					
B2:	0.0018					
MOLINETE:	GURLEY					
VERT	DISTANCIA	Nº PONTOS	ROTAÇÃO	TEMPO	PROF. PARCIAL	PROFOUNDIDADE
1	0.00	0	0	00.0	0.00	0.00
2	0.30	1	18	41.3	0.18	0.30
3	0.60	1	29	41.3	0.21	0.35
4	0.90	1	36	40.1	0.21	0.35
5	1.20	1	38	40.9	0.21	0.35
6	1.50	1	30	41.0	0.27	0.45
7	1.80	1	25	41.5	0.31	0.51
8	2.10	1	26	40.3	0.30	0.50
9	2.40	1	25	41.6	0.29	0.48
10	2.70	1	26	41.7	0.31	0.52
11	3.00	1	25	40.8	0.33	0.55
12	3.30	1	19	42.1	0.37	0.56
13	3.60	1	16	41.9	0.30	0.50
14	3.90	1	11	40.7	0.27	0.45
15	4.20	1	09	40.5	0.24	0.40
16	5.00	1	05	42.8	0.16	0.26
17	6.00	1	0	60.0	0.10	0.16
18	6.50	0	00	00.0	0.00	0.00

<b>HIDROVIA</b> HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE		MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA				
CÓDIGO:	12440004	ESTAÇÃO:	Dolina do João Baio			
Nº DA MEDIÇÃO:	001					
DATA:	18/06/2008	EQUIPE:	Rodney Nascimento / Douglas Nascimento			
HORA INICIO:	12:30					
HORA FIM:	13:30					
Nº DE VERTICAIS:	7					
COTA INICIO:	20					
COTA FIM:	20					
DISTANCIA PI a PF:	4.65					
C: 1.000	1000					
A1:	0.6670					
B1:	0.0117					
A2:	0.6774					
B2:	0.0018					
MOLINETE:	GURLEY					
VERT	DISTANCIA	Nº PONTOS	ROTAÇÃO	TEMPO	PROF. PARCIAL	PROFOUNDIDADE
1	0.00	0	0	00.0	0.00	0.00
2	0.15	1	0	60.0	0.07	0.11
3	1.15	1	34	40.7	0.19	0.32
4	2.15	1	37	40.9	0.18	0.30
5	3.15	1	25	40.6	0.24	0.40
6	4.15	1	13	41.7	0.14	0.23
7	4.65	1	00	00.0	0.00	0.00
VERT	DISTANCIA	Nº PONTOS	ROTAÇÃO	TEMPO	PROF. PARCIAL	PROFOUNDIDADE
1	0.00	0	0	00.0	0.00	0.00
2	0.15	1	00	60.0	0.07	0.11
3	0.65	1	25	40.3	0.16	0.27
4	1.65	1	21	41.7	0.13	0.22
5	2.65	1	36	40.6	0.23	0.38
6	3.65	1	25	41.2	0.21	0.35
7	4.15	1	14	44.8	0.14	0.23
8	4.65	0	00	00.0	0.00	0.00
VERT	DISTANCIA	Nº PONTOS	ROTAÇÃO	TEMPO	PROF. PARCIAL	PROFOUNDIDADE
1	0.00	0	0	00.0	0.00	0.00
2	0.15	1	00	60.0	0.07	0.11
3	0.65	1	26	41.4	0.16	0.27
4	1.15	1	32	40.3	0.19	0.32
5	1.65	1	26	30.7	0.13	0.22
6	2.12	1	25	32.2	0.18	0.30
7	2.65	1	24	40.5	0.23	0.38
8	3.15	1	36	40.3	0.24	0.40
9	3.65	1	30	43.5	0.21	0.35
10	4.15	1	16	40.4	0.14	0.23
11	4.65	0	00	00.0	0.00	0.00

<b>HIDROVIA</b> HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE		MEDAÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA					
CÓDIGO:	12440005	<b>ESTAÇÃO: Ressurgência do Surubim</b>					
Nº DA MEDAÇÃO:	001						
DATA:	/ /	17/06/2008	EQUIPE: Rodney Nascimento / Douglas Nascimento				
HORA INICIO:	:	11:15					
HORA FIM:	:	12:00					
Nº DE VERTICAIS:	23						
COTA INICIO:	81						
COTA FIM:	81						
DISTANCIA PI a PF:	7.15						
C: 1.000	1000						
A1:	0.6670						
B1:	0.0117						
A2:	0.6774						
B2:	0.0018						
MOLINETE:	GURLEY						
VERT	DISTANCIA	Nº PONTOS	ROTAÇÃO	TEMPO	ROF. PARCIA	PROFOUNDIDADE	
1	0.00	0	0	00.0	0.00	0.00	
2	0.50	1	0	60.0	0.13	0.23	
3	1.00	1	4	53.0	0.30	0.50	
4	1.30	1	12	42.6	0.28	0.47	
5	1.60	1	13	42.1	0.30	0.50	
6	1.90	1	19	42.1	0.30	0.50	
7	2.20	1	17	42.7	0.35	0.58	
8	2.50	1	20	41.3	0.33	0.55	
9	2.80	2	18	42.9	0.13		
			18	41.8	0.51	0.64	
10	3.10	2	18	41.4	0.14		
			19	42.0	0.54	0.68	
11	3.40	2	18	41.1	0.13		
			16	40.6	0.54	0.67	
12	3.70	2	16	43.4	0.14		
			15	40.8	0.54	0.68	
13	4.00	2	14	40.7	0.14		
			16	42.3	0.57	0.71	
14	4.30	2	14	43.2	0.14		
			15	43.0	0.56	0.70	
15	4.60	2	14	40.7	0.13		
			14	42.2	0.52	0.65	
16	4.90	2	13	41.3	0.14		
			10	42.3	0.56	0.70	
17	5.20	2	12	40.3	0.14		
			09	42.0	42.0	0.54	
18	5.50	2	07	45.3	0.15		
			08	44.8	0.58	0.73	
19	5.80	2	10	44.1	0.13		
			07	40.3	0.53	0.66	
20	6.10	2	08	44.5	0.13		
			04	41.7	0.49	0.62	
21	6.50	1	05	40.3	0.21	0.35	
22	7.00	1	05	46.5	0.15	0.25	
23	7.15	0	00	00.0	0.00	0.00	

CAMPANHAS DE 2011

HIDROVIA				PLANILHA DE MEDAÇÃO DESCARGA LÍQUIDA								
Estação:	NASCENTE JOÃO RODRIGUES			Rio:	JOÃO RODRIGUES		Código:					
Seção:				Tempo:			Vento:					
Medição:	VAU			Lastro (kg):			Haste (m):					
Equipe:	RODNEY/JUSSY						Data:	27/10/2011				
Hora inicio:	07:45			Cota inicio (cm):	32		Coef.Ang.:	0				
Hora fim:	08:35			Cota fim (cm):	32		Teste:	ok				
Molinete:	AOTT			Coef. A1:	0,25566		Coef. B1:	0,01234				
Nº trans.:	1,000			Coef. A2:	0,25566		Coef. B2:	0,01234				
Vertical	Inicial	Largura	Profund.	Nº Rotação	Tempo	e	Ponto	Média	Coef.	Segmento	descarga somatória	
me	0,00	0,20	0,00	0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
1	0,40	0,40	0,39	41	42,0	0,262	0,262	0,262	0,16	0,041	0,041	
2	0,80	0,40	0,38	34	42,0	0,219	0,219	0,219	0,15	0,033	0,074	
3	1,20	0,40	0,46	41	42,0	0,262	0,262	0,262	0,18	0,048	0,122	
4	1,60	0,40	0,45	53	42,0	0,335	0,335	0,335	0,18	0,060	0,183	
5	2,00	0,40	0,49	66	42,0	0,414	0,414	0,414	0,20	0,081	0,264	
6	2,40	0,40	0,49	73	42,0	0,457	0,457	0,457	0,20	0,090	0,353	
7	2,80	0,40	0,53	68	42,0	0,426	0,426	0,426	0,21	0,090	0,444	
8	3,20	0,40	0,52	68	42,0	0,426	0,426	0,426	0,21	0,089	0,532	
9	3,60	0,40	0,52	82	42,0	0,511	0,511	0,511	0,21	0,106	0,639	
10	4,00	0,40	0,46	89	42,0	0,554	0,554	0,554	0,18	0,102	0,741	
11	4,40	0,40	0,44	72	42,0	0,451	0,451	0,451	0,18	0,079	0,820	
12	4,80	0,40	0,37	44	42,0	0,280	0,280	0,280	0,15	0,041	0,862	
13	5,20	0,40	0,31	19	42,0	0,128	0,128	0,128	0,12	0,016	0,877	
14	5,60	0,30	0,16	5	42,0	0,043	0,043	0,043	0,05	0,002	0,879	
md	5,80	0,10	0,00	0	42,0	0,012	0,012	0,012	0,00	0,000	0,879	

Fotografias do trabalho executado em outubro de 2011: medições de vazão na Nascente do João Rodrigues

	
RÉGUA ANTES LIMPEZA	LIMPEZA DO CANAL
	
LOCAL DA MEDAÇÃO	CANAL ANTES DA MEDAÇÃO

HIDROVIA				PLANILHA DE MEDIÇÃO DESCARGA LÍQUIDA							
HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE											
Estação:	MONTANTE DO CATÃO			Rio:	JOÃO RODRIGUES			Código:			
Seção:				Tempo:				Vento:			
Medição:	VAU			Lastro (kg):				Haste (m):			
Equipe:	RODNEY/JUSSY							Data:	27/10/2011		
Hora inicio:	09:50				Cota inicio (cm):	60				Coef.Ang.:	
Hora fim:	10:35				Cota fim (cm):	60				0	
Molinete:	AOTT	45			Coef. A1:	0,25566				Teste: ok	
Nº trans.:	1,000				Coef. A2:	0,25566				Coef. B1: 0,01234	
										Coef. B2: 0,01234	
Vertical	Inicial	Largura	Profund.	Nº Rotação	Tempo	e	Ponto	Média	Coef.	Segmento	descarga somatória
me	0,00	0,20	0,00	0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
1	0,40	0,40	0,16	26	42,0	0,171	0,171	0,171	0,06	0,011	0,011
2	0,80	0,40	0,27	33	42,0	0,213	0,213	0,213	0,11	0,023	0,034
3	1,20	0,40	0,47	40	42,0	0,256	0,256	0,256	0,19	0,048	0,082
4	1,60	0,40	0,48	45	42,0	0,286	0,286	0,286	0,19	0,055	0,137
5	2,00	0,40	0,50	57	42,0	0,359	0,359	0,359	0,20	0,072	0,209
6	2,40	0,40	0,50	56	42,0	0,353	0,353	0,353	0,20	0,071	0,280
7	2,80	0,40	0,50	53	42,0	0,335	0,335	0,335	0,20	0,067	0,347
8	3,20	0,40	0,54	57	42,0	0,359	0,359	0,359	0,22	0,078	0,424
9	3,60	0,40	0,52	57	42,0	0,359	0,359	0,359	0,21	0,075	0,499
10	4,00	0,40	0,51	54	42,0	0,341	0,341	0,341	0,20	0,070	0,568
11	4,40	0,40	0,47	57	42,0	0,359	0,359	0,359	0,19	0,068	0,636
12	4,80	0,40	0,42	52	42,0	0,329	0,329	0,329	0,17	0,055	0,691
13	5,20	0,40	0,37	51	42,0	0,323	0,323	0,323	0,15	0,048	0,739
14	5,60	0,40	0,35	47	42,0	0,298	0,298	0,298	0,14	0,042	0,781
15	6,00	0,40	0,35	52	42,0	0,329	0,329	0,329	0,14	0,046	0,827
16	6,40	0,40	0,28	32	42,0	0,207	0,207	0,207	0,11	0,023	0,850
17	6,80	0,40	0,25	37	42,0	0,238	0,238	0,238	0,10	0,024	0,874
18	7,20	0,30	0,25	31	42,0	0,201	0,201	0,201	0,08	0,015	0,889
md	7,40	0,10	0,00	0	42,0	0,012	0,012	0,012	0,00	0,000	0,889

Fotografias do trabalho executado em outubro de 2011: medições no rio João Rodrigues na estação a montante da Gruta do Catão

	
CANAL ANTES DA LIMPEZA	MEDIÇÃO SENDO REALIZADA
	
MONTANTE DO LOCAL DE MEDIÇÃO	JUSANTE DO LOCAL DE MEDIÇÃO

HIDROVIA				PLANILHA DE MEDIÇÃO DESCARGA LÍQUIDA								
Estação:	JUSANTE DO CATÃO			Rio:	JOÃO RODRIGUES		Código:					
Seção:				Tempo:			Vento:					
Medição:	VAU			Lastro (kg):			Haste (m):					
Equipe:	RODNEY/JUSSY						Data:	27/10/2011				
Hora inicio:	10:55			Cota inicio (cm):	86		Coef.Ang.:	0				
Hora fim:	11:42			Cota fim (cm):	86		Teste:	ok				
Molinete:	AOTT			Coef. A1:	0,25566		Coef. B1:	0,01234				
Nº trans.:	1,000			Coef. A2:	0,25566		Coef. B2:	0,01234				
Vertical	Inicial	Largura	Profund.	Nº Rotação	Tempo	e	Ponto	Coef.	Segmento	descarga somatória		
me	0,00	0,20	0,00	0	0,0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000		
1	0,40	0,40	0,19	29	42,0	0,189	0,189	0,08	0,014	0,014		
2	0,80	0,40	0,38	18	42,0	0,122	0,122	0,15	0,019	0,033		
3	1,20	0,40	0,72	19	42,0	0,128	0,128	0,29	0,037	0,070		
4	1,60	0,40	0,91	19	42,0	0,128	0,128	0,36	0,047	0,116		
5	2,00	0,40	1,05	50	42,0	0,317	0,317	0,42	0,133	0,249		
6	2,40	0,40	1,04	38	42,0	0,244	0,244	0,42	0,101	0,351		
7	2,80	0,40	0,94	32	42,0	0,207	0,207	0,38	0,078	0,429		
8	3,20	0,40	0,79	32	42,0	0,207	0,207	0,32	0,065	0,494		
9	3,60	0,40	0,69	31	42,0	0,201	0,201	0,28	0,055	0,550		
10	4,00	0,40	0,68	23	42,0	0,152	0,152	0,27	0,041	0,591		
11	4,40	0,40	0,69	25	42,0	0,165	0,165	0,28	0,045	0,636		
12	4,80	0,40	0,72	23	42,0	0,152	0,152	0,29	0,044	0,680		
13	5,20	0,40	0,72	24	42,0	0,158	0,158	0,29	0,046	0,726		
14	5,60	0,40	0,66	34	42,0	0,219	0,219	0,26	0,058	0,784		
15	6,00	0,40	0,64	32	42,0	0,207	0,207	0,26	0,053	0,837		
16	6,40	0,40	0,62	32	42,0	0,207	0,207	0,25	0,051	0,888		
17	6,80	0,40	0,62	40	42,0	0,256	0,256	0,25	0,063	0,952		
18	7,20	0,40	0,59	25	42,0	0,165	0,165	0,24	0,039	0,990		
19	7,60	0,40	0,59	21	42,0	0,140	0,140	0,24	0,033	1,024		
20	8,00	0,40	0,51	17	42,0	0,116	0,116	0,20	0,024	1,047		
21	8,40	0,40	0,48	10	42,0	0,073	0,073	0,19	0,014	1,061		
22	8,80	0,40	0,33	5	42,0	0,043	0,043	0,13	0,006	1,067		
md	9,20	0,20	0,00	0	42,0	0,012	0,012	0,00	0,000	1,067		

Fotografias do trabalho executado em outubro de 2011: medições no rio João Rodrigues na estação a jusante da Gruta do Catão

	
LOCAL DA MEDAÇÃO ANTES DA LIMPEZA	CANAL SENDO LIMPO PARA A MEDAÇÃO
	
LOCAL DA MEDAÇÃO	REGISTRO DE COTA 86 cm

HIDROVIA				PLANILHA DE MEDAÇÃO DESCARGA LÍQUIDA							
Estação:	SUMIDOURO JOÃO BAIO			Rio:	JOÃO RODRIGUES		Código:				
Seção:	SUMIDOURO				Tempo:	BOM		Vento:	FRACO		
Medição:	VAU				Lastro (kg):	0		Haste (m):	0		
Equipe:	RODNEY						Data:	26/10/2011			
Hora inicio:	10:05			Cota inicio (cm):		0	Coef.Ang.:		0		
Hora fim:	10:50			Cota fim (cm):		0	Teste:		ok		
Molinete:	PIGMEU/AOTT			45	Coef. A1:	0,25566	Coef. B1:	0,01234			
Nº trans.:	1,000			Coef. A2:		0,25566	Coef. B2:	0,01234			
1º MEDAÇÃO DE VAZÃO COM O SIFÃO LIBERANDO A SAÍDA NO MOMENTO DE ESTABILIDADE											
Vertical	Inicial	Largura	Profund.	Nº Rotação	Tempo	e	Ponto	Média	Coef.	Segmento	descarga somatória
me	0,00	0,25	0,00	0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
1	0,50	0,50	0,42	38	20,0	0,498	0,498	0,498	0,21	0,105	0,105
2	1,00	0,50	0,50	58	20,0	0,754	0,754	0,754	0,25	0,188	0,293
3	1,50	0,50	0,58	52	20,0	0,677	0,677	0,677	0,29	0,196	0,489
4	2,00	0,50	0,56	30	20,0	0,396	0,396	0,396	0,28	0,111	0,600
5	2,50	0,50	0,56	42	20,0	0,549	0,549	0,549	0,28	0,154	0,754
6	3,00	0,50	0,60	39	20,0	0,511	0,511	0,511	0,30	0,153	0,907
7	3,50	0,50	0,54	35	20,0	0,460	0,460	0,460	0,27	0,124	1,031
8	4,00	0,50	0,55	41	20,0	0,536	0,536	0,536	0,28	0,148	1,179
9	4,50	0,50	0,63	34	20,0	0,447	0,447	0,447	0,32	0,141	1,320
10	5,00	0,50	0,60	30	20,0	0,396	0,396	0,396	0,30	0,119	1,438
11	5,50	0,50	0,47	32	20,0	0,421	0,421	0,421	0,24	0,099	1,537
12	6,00	0,50	0,43	30	20,0	0,396	0,396	0,396	0,22	0,085	1,623
13	6,50	0,50	0,46	25	20,0	0,332	0,332	0,332	0,23	0,076	1,699
14	7,00	0,40	0,44	15	20,0	0,204	0,204	0,204	0,18	0,036	1,735
md	7,30	0,15	0,00	0	20,0	0,012	0,012	0,012	0,00	0,000	1,735

HIDROVIA				PLANILHA DE MEDAÇÃO DESCARGA LÍQUIDA											
Estação:	SUMIDOURO JOÃO BAIO			Rio:	JOÃO RODRIGUES		Código:								
Seção:	SUMIDOURO			Tempo:	BOM		Vento:	FRACO							
Medição:	VAU			Lastro (kg):	0		Haste (m):	0							
Equipe:	RODNEY							Data: 26/10/2011							
Hora inicio:	11:10			Cota inicio (cm):	0		Coef.Ang.:	0							
Hora fim:	12:25			Cota fim (cm):	0		Teste:	ok							
Molinete:	PIGMEU/AOTT			Coef. A1:	0,25566		Coef. B1:	0,01234							
Nº trans.:	45			Coef. A2:	0,25566		Coef. B2:	0,01234							
1º MEDAÇÃO DE VAZÃO COM O SIFÃO RETENDO A SAÍDA NO MOMENTO DE ESTABILIDADE															
Vertical	Inicial	Largura	Profund.	Nº Rotação	Tempo	e	Ponto	Média	Coef.	Segmento	descarga somatória				
me	0,00	0,25	0,00	0	0,0	0,000	0,000	0,00	0,00	0,000	0,000				
1	0,50	0,50	0,25	16	20,0	0,217	0,217	0,13	0,027	0,027					
2	1,00	0,50	0,31	19	20,0	0,255	0,255	0,16	0,040	0,067					
3	1,50	0,50	0,30	18	20,0	0,242	0,242	0,15	0,036	0,103					
4	2,00	0,50	0,32	18	20,0	0,242	0,242	0,16	0,039	0,142					
5	2,50	0,50	0,34	19	20,0	0,255	0,255	0,17	0,043	0,185					
6	3,00	0,50	0,35	17	20,0	0,230	0,230	0,18	0,040	0,225					
7	3,50	0,50	0,30	16	20,0	0,217	0,217	0,15	0,033	0,258					
8	4,00	0,50	0,27	16	20,0	0,217	0,217	0,14	0,029	0,287					
9	4,50	0,50	0,46	18	20,0	0,242	0,242	0,23	0,056	0,343					
10	5,00	0,50	0,39	13	20,0	0,179	0,179	0,20	0,035	0,378					
11	5,50	0,50	0,31	13	20,0	0,179	0,179	0,16	0,028	0,405					
12	6,00	0,50	0,24	13	20,0	0,179	0,179	0,12	0,021	0,427					
13	6,50	0,50	0,24	13	20,0	0,179	0,179	0,12	0,021	0,448					
14	7,00	0,40	0,13	13	20,0	0,179	0,179	0,05	0,009	0,458					
md	7,30	0,15	0,00	0	20,0	0,012	0,012	0,00	0,000	0,458					

HIDROVIA HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE				PLANILHA DE MEDAÇÃO DESCARGA LÍQUIDA						
Estação:	SUMIDOURO JOÃO BAIO	Rio:	JOÃO RODRIGUES	Código:						
Seção:	SUMIDOURO	Tempo:	BOM	Vento:						
Medição:	VAU	Lastro (kg):	0	Haste (m):	0					
Equipe:	RODNEY			Data:	26/10/2011					
Hora inicio:	13:50	Cota inicio (cm):		Coef.Ang.:	0					
Hora fim:	14:55	Cota fim (cm):		Teste:	ok					
Molinete:	PIGMEU/AOTT	45	Coef. A1:	0,25566	Coef. B1:	0,01234				
Nº trans.:	1,000		Coef. A2:	0,25566	Coef. B2:	0,01234				
2º MEDAÇÃO DE VAZÃO COM O SIFÃO LIBERANDO A SAÍDA NO MOMENTO DE ESTABILIDADE										
Vertical	Inicial	Largura	Profund.	Nº Rotação	Tempo	e	Ponto	Coef.	Segmento	descarga somatória
me	0,00	0,25	0,00	0	0,0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
1	0,50	0,50	0,39	39	20,0	0,511	0,511	0,20	0,100	0,100
2	1,00	0,50	0,51	57	20,0	0,741	0,741	0,26	0,189	0,289
3	1,50	0,50	0,56	50	20,0	0,651	0,651	0,28	0,182	0,471
4	2,00	0,50	0,52	31	20,0	0,409	0,409	0,26	0,106	0,577
5	2,50	0,50	0,55	43	20,0	0,562	0,562	0,28	0,155	0,732
6	3,00	0,50	0,58	40	20,0	0,524	0,524	0,29	0,152	0,884
7	3,50	0,50	0,54	36	20,0	0,473	0,473	0,27	0,128	1,011
8	4,00	0,50	0,54	43	20,0	0,562	0,562	0,27	0,152	1,163
9	4,50	0,50	0,60	36	20,0	0,473	0,473	0,30	0,142	1,305
10	5,00	0,50	0,58	32	20,0	0,421	0,421	0,29	0,122	1,427
11	5,50	0,50	0,49	33	20,0	0,434	0,434	0,25	0,106	1,533
12	6,00	0,50	0,44	32	20,0	0,421	0,421	0,22	0,093	1,626
13	6,50	0,50	0,44	28	20,0	0,370	0,370	0,22	0,081	1,707
14	7,00	0,40	0,44	18	20,0	0,242	0,242	0,18	0,043	1,750
md	7,30	0,15	0,00	0	20,0	0,012	0,012	0,00	0,000	1,750

HIDROVIA HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE				PLANILHA DE MEDAÇÃO DESCARGA LÍQUIDA											
Estação:	SUMIDOURO JOÃO BAIO			Rio:	JOÃO RODRIGUES		Código:								
Seção:	SUMIDOURO			Tempo:	BOM		Vento:	FRACO							
Medição:	VAU			Lastro (kg):	0		Haste (m):	0							
Equipe:	RODNEY								Data:	26/10/2011					
Hora inicio:	14:15			Cota inicio (cm):	0		Coef.Ang.:	0							
Hora fim:	15:25			Cota fim (cm):	0		Teste:	ok							
Molinete:	PIGMEU/AOTT			Coef. A1:	0,25566		Coef. B1:	0,01234							
Nº trans.:	1,000			Coef. A2:	0,25566		Coef. B2:	0,01234							
1º MEDAÇÃO DE VAZÃO COM O SIFÃO RETENDO A SAÍDA NO MOMENTO DE ESTABILIDADE															
Vertical	Inicial	Largura	Profund.	Nº Rotação	Tempo	e	Ponto	Média	Coef.	Segmento	descarga somatória				
me	0,00	0,25	0,00	0	0,0	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000				
1	0,50	0,50	0,27	17	20,0	0,230	0,230	0,14	0,031	0,031					
2	1,00	0,50	0,30	19	20,0	0,255	0,255	0,15	0,038	0,069					
3	1,50	0,50	0,31	19	20,0	0,255	0,255	0,16	0,040	0,109					
4	2,00	0,50	0,33	19	20,0	0,255	0,255	0,17	0,042	0,151					
5	2,50	0,50	0,34	21	20,0	0,281	0,281	0,17	0,048	0,199					
6	3,00	0,50	0,34	19	20,0	0,255	0,255	0,17	0,043	0,242					
7	3,50	0,50	0,31	17	20,0	0,230	0,230	0,16	0,036	0,278					
8	4,00	0,50	0,30	18	20,0	0,242	0,242	0,15	0,036	0,314					
9	4,50	0,50	0,45	18	20,0	0,242	0,242	0,23	0,055	0,369					
10	5,00	0,50	0,42	14	20,0	0,191	0,191	0,21	0,040	0,409					
11	5,50	0,50	0,35	15	20,0	0,204	0,204	0,18	0,036	0,444					
12	6,00	0,50	0,30	14	20,0	0,191	0,191	0,15	0,029	0,473					
13	6,50	0,50	0,27	13	20,0	0,179	0,179	0,14	0,024	0,497					
14	7,00	0,40	0,18	14	20,0	0,191	0,191	0,07	0,014	0,511					
md	7,30	0,15	0,00	0	20,0	0,012	0,012	0,00	0,000	0,511					

Fotografias do trabalho executado em outubro de 2011: medições no rio João Rodrigues na estação da dolina do João Baio

LOCAL DE MEDAÇÃO	MONTANTE DA MEDIÇÃO
JUSANTE DA MEDIÇÃO	TÉCNICO EFETUANDO MEDIÇÃO
MOLINETE AOTT	CONTADOR DIGITAL

HIDROVIA				PLANILHA DE MEDAÇÃO DESCARGA LÍQUIDA							
Estação:	RESSURGÊNCIA DO SURUBIM			Rio:	JOÃO RODRIGUES		Código:				
Seção:	BARRA			Tempo:	MODERADO		Vento:	FRACO			
Medição:	VAU			Lastro (kg):			Haste (m):	0			
Equipe:	RODNEY						Data:	26/10/2011			
Hora início:	08:15			Cota inicio (cm):	91		Coef.Ang.:	0			
Hora fim:	09:35			Cota fim (cm):	91		Teste:	ok			
Molinete:	PGMEU/AOTT			45	Coef. A1:	0,25566	Coef. B1:	0,01234			
Nº trans.:	1,0000				Coef. A2:	0,25566	Coef. B2:	0,01234			
Vertical	Inicial	Largura	Profund.	Nº Rotação	Tempo	e		Coef.	Segmento	descarga somatória	
						Ponto	Média				
me	0,00	0,25	0,00	0	0,0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
1	0,50	0,50	0,14	5	45,0	0,041	0,041	0,07	0,003	0,003	
2	1,00	0,50	0,35	9	45,0	0,063	0,063	0,18	0,011	0,014	
3	1,50	0,50	0,41	27	45,0	0,166	0,166	0,21	0,034	0,048	
4	2,00	0,50	0,48	21	45,0	0,132	0,132	0,24	0,032	0,080	
5	2,50	0,50	0,55	54	45,0	0,319	0,319	0,28	0,088	0,167	
6	3,00	0,50	0,64	55	45,0	0,325	0,279	0,32	0,089	0,257	
7	3,50	0,50	0,73	64	45,0	0,376	0,342	0,37	0,125	0,381	
8	4,00	0,50	0,80	56	45,0	0,330	0,294	0,40	0,117	0,499	
9	4,50	0,50	0,84	57	45,0	0,336	0,294	0,42	0,123	0,622	
10	5,00	0,50	0,85	57	45,0	0,336	0,302	0,43	0,128	0,751	
11	5,50	0,50	0,76	52	45,0	0,308	0,271	0,38	0,103	0,853	
12	6,00	0,50	0,71	53	45,0	0,313	0,262	0,36	0,093	0,947	
13	6,50	0,50	0,70	52	45,0	0,308	0,254	0,35	0,089	1,035	
14	7,00	0,50	0,52	40	45,0	0,240	0,240	0,26	0,062	1,098	
15	7,50	0,40	0,35	29	45,0	0,177	0,177	0,14	0,025	1,123	
md	7,80	0,15	0,00	0	45,0	0,012	0,012	0,00	0,000	1,123	

Fotografias do trabalho executado em outubro de 2011: medições no rio João Rodrigues na estação da Ressurgência do Surubim

<b>REGISTRO DE COTA</b>	<b>LOCAL DA MEDIDA</b>
<b>MONTANTE DA MEDIDA</b>	<b>JUSANTE DA MEDIDA</b>
<b>MOLINETE AOTT</b>	<b>CONTADOR DIGITAL</b>

<b>HIDROVIA</b> HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE				PLANILHA DE MEDIÇÃO DESCARGA LÍQUIDA							
				Rio:	CANAL PRINCIPAL	Código:					
Estação:	CATOLANDIA			Tempo:		Vento:					
Seção:				Lastro (kg):		Haste (m):					
Medição:	VAU										
Equipe:	RODNEY/JUSSY					Data:	27/10/2011				
Hora inicio:	13:25			Cota inicio (cm):		Coef.Ang.:	0				
Hora fim:	14:15			Cota fim (cm):		Teste:	ok				
Molinete:	AOTT		45	Coef. A1:	0,0415	Coef. B1:	0,0344				
Nº trans.:	1,513			Coef. A2:	0,0636	Coef. B2:	0,0009				
Vertical	Inicial	Largura	Profund.	Nº Rotação	Tempo	e		Coef.	Segmento	descarga somatória	
						Ponto	Média				
me	0,00	0,10	0,00	0	0,0	0,000	0,000	0,00	0,000		0,000
1	0,20	0,20	0,09	45	42,0	0,079	0,079	0,02	0,001		0,001
2	0,40	0,20	0,11	67	42,0	0,101	0,101	0,02	0,002		0,004
3	0,60	0,20	0,14	104	42,0	0,137	0,137	0,03	0,004		0,007
4	0,80	0,20	0,14	99	42,0	0,132	0,132	0,03	0,004		0,011
5	1,00	0,20	0,13	32	42,0	0,066	0,066	0,03	0,002		0,013
6	1,20	0,20	0,11	19	42,0	0,053	0,053	0,02	0,001		0,014
md	1,40	0,10	0,00	0	42,0	0,034	0,034	0,00	0,000		0,014

HIDROVIA HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE				PLANILHA DE MEDIÇÃO DESCARGA LÍQUIDA								
Estação:	CATOLANDIA			Rio:	CANAL DESVIADO		Código:					
Seção:				Tempo:			Vento:					
Medição:	VAU			Lastro (kg):			Haste (m):					
Equipe:	RODNEY/JUSSY						Data:	27/10/2011				
Hora inicio:	13:25			Cota inicio (cm):			Coef.Ang.:	0				
Hora fim:	14:15			Cota fim (cm):			Teste:	ok				
Molinete:	AOTT			Coef. A1:	0,0415		Coef. B1:	0,0344				
Nº trans.:	1,513			Coef. A2:	0,0636		Coef. B2:	0,0009				
Vertical	Início	Largura	Profund.	Nº Rotação	Tempo	e		Coef.	Segmento	descarga somatória		
						Ponto	Média					
me	0,00	0,05	0,00	0	0,0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000		
1	0,10	0,10	0,14	68	42,0	0,102	0,102	0,01	0,001	0,001		
2	0,20	0,10	0,15	143	42,0	0,176	0,176	0,02	0,003	0,004		
3	0,30	0,10	0,15	201	42,0	0,233	0,233	0,02	0,003	0,008		
4	0,40	0,10	0,15	229	42,0	0,261	0,261	0,02	0,004	0,011		
5	0,50	0,10	0,15	259	42,0	0,290	0,290	0,02	0,004	0,016		
6	0,60	0,10	0,15	271	42,0	0,302	0,302	0,02	0,005	0,020		
7	0,70	0,10	0,14	289	42,0	0,320	0,320	0,01	0,004	0,025		
md	0,80	0,05	0,00	0	42,0	0,034	0,034	0,00	0,000	0,025		

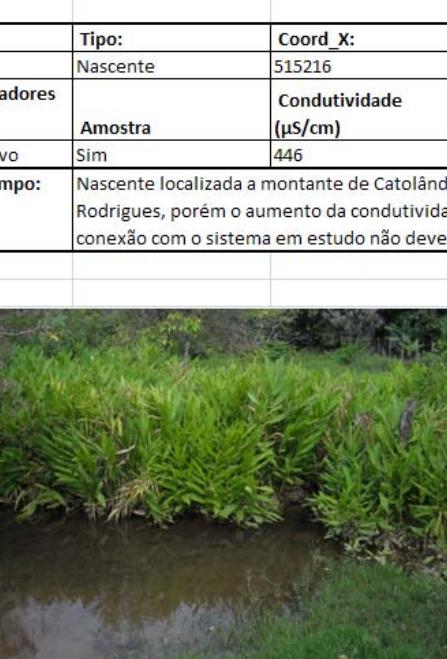
Fotografias do trabalho executado em outubro de 2011: medições de descarga em Catolândia



	
CANAL PRINCIPAL	LOCAL DA MEDAÇÃO
	
LOCAL DO DESVIO	LOCAL DA MEDAÇÃO

## ANEXO 2

PLANILHA DE DADOS COLETADOS NOS PONTOS  
INVENTARIADOS NAS ATIVIDADES DE CAMPO EM 2011

Relatório de Análise de Água - Nascente SD-01					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-01	Nascente	515216	8638376	WGS84	619
Ensaio de traçadores	Amostra	Conduvidade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	446	7,4	22,6	95
<b>Obs. de campo:</b>	Nascente localizada a montante de Catolândia. Em principio, encontra-se desconectada do sistema do rio João Rodrigues, porém o aumento da condutividade elétrica sugere influência de rochas Carbonáticas e a possível conexão com o sistema em estudo não deve ser descartada.				
Fotos:					

<b>HIDROVIA</b> HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE										
<b>Ponto:</b>	<b>Tipo:</b>	<b>Coord_X:</b>	<b>Coord_Y:</b>	<b>Sistema:</b>	<b>Altitude (m):</b>					
SD-02	Sumidouro	521596	8631066	WGS84	647					
Ensaio de traçadores		Condutividade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)					
Não	Não	-	-	-	-					
<b>Obs. de campo:</b>	Grupo de dolinas e sumidouro de águas superficiais localizado no vale seco do rio João Rodrigues.									
Fotos:										
										
										

HIDROVIA HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-03	Poço	522473	8631260	WGS84	655
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutoividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	654	6,95	Alterada	231
Obs. de campo:	Poço localizado na fazenda do Sr. Antonio Nascimento				

Fotos:



**HIDROVIA**  
HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE

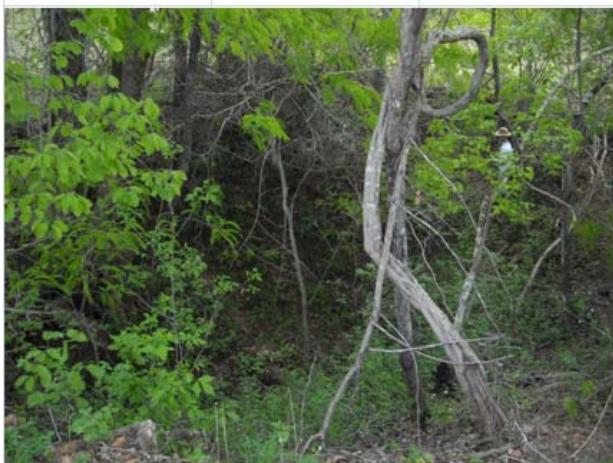
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-04	Nascente	516587	8630891	WGS84	566
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	555	6,93	26,6	191
<b>Obs. de campo:</b>	Nascente principal do rio João Rodrigues				

Fotos:


**HIDROVIA**  
HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE

Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-05	Dolina	516587	8630891	WGS84	566
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Não	Não	-	-	-	-
<b>Obs. de campo:</b>	Dolina de grande porte (15 diâmetro x 7 profundidade) localizada aparentemente em camada de arenito.				

Fotos:



HIDROVIA HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-06	Curso d água subt.	516238	8628094	WGS84	631
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	608	7,26	26,8	214
<b>Obs. de campo:</b>	Curso de água subterrâneo localizado dentro da Gruta do Jurandir. A caverna não foi totalmente explorada e mapeada. Procedência do curso de água desconhecida e aparentemente corre diretamente para o rio São Desidério.				
Fotos:	 				

HIDROVIA					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-07	Lagoa	514427	8632762	WGS84	579
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	517	7,61	27,9	206
Obs. de campo:	Amostra coletada na saída da lagoa azul, local denominado de aquário Natural				

Fotos:



HIDROVIA					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-08	Nascente	514387	8632674	WGS84	560
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	523	7,7	26,3	209
<b>Obs. de campo:</b>	Amostra coletada na surgência de água conhecida como areia movediça localizada no interior da gruta do Catão. A temperatura mais baixa sugere que esta nascente não possui conexão com a lagoa azul.				

Fotos:



**HIDROVIA**  
HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE

Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-09	Nascente	514387	8632674	WGS84	560
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	501	7,47	25	212
<b>Obs. de campo:</b>	Pequena nascente localizada dentro da gruta do catão				

Fotos:



HIDROVIA HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-10	Lagoa	514071	8632404	WGS84	591
Ensaio de traçadores	Amostra	Conduтивidade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	491	7,42	26,2	224
<b>Obs. de campo:</b>	Lagoa localizada no interior da Gruta Ernesto Pereira. Conexão com o rio João Rodrigues deve ser verificada através do ensaio com traçadores.				
Fotos:					

HIDROVIA					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-11	Nascente	511714	8632060	WGS84	569
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Fluorômetro	Sim	521	7,66	26,1	235
<b>Obs. de campo:</b>	Amostra coletada na parte externa da nascente do João Baio.				

Fotos:



Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-12	Nascente	505293	8628200	WGS84	545
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	504	7,4	26	306
<b>Obs. de campo:</b>	Ressurgência do rio João Rodrigues denominada Surubim.				

Fotos:



<b>HIDROVIA</b> HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-13	Curso d'água	505198	8628124	WGS84	516
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	523	7,7	26,3	209
<b>Obs. de campo:</b>	Rio São Desidério a montante do ressurgência do Surubim.				

Fotos:



**HIDROVIA**  
HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE

Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-14	Curso d'água	504923	8628700	WGS84	511
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	318	7,47	26,1	276
<b>Obs. de campo:</b>	Rio São Desidério a jusante do nascente do Surubim. Neste ponto é possível observar espesso pacote de tufas calcárias próximas ao leito do rio.				

Fotos:



**HIDROVIA**  
HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE

Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-15	Lagoa	508061	8630186	SAD69	558
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	505	7,64	26,3	262
<b>Obs. de campo:</b>	Amostra coletada na lagoa da Gruta denominada Buraco do Inferno.				

Fotos:



<b>HIDROVIA</b> HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-16	Lagoa	534110	8637042	WGS84	538
<b>Ensaio de traçadores</b>	<b>Amostra</b>	<b>Condutividade (µS/cm)</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Eh (RmV)</b>
Detector Passivo	Sim	582	6,96	26,3	284
<b>Obs. de campo:</b>	Terceiro Sumidouro do rio Tamanduá de montante para a Jusante. Local conhecido como Poço de Pedra. O conduto está acessível e dá acesso a uma caverna labiríntica não mapeada até o momento. Segundo o pessoal local entra água neste sumidouro somente quando chove muito e quando o primeiro e o segundo sumidouro transbordam, parando de entrar água logo após o término da chuva. Amostra coletada na lagoa dentro da Gruta.				
Fotos:	 				

HIDROVIA					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-17	Curso d' água	528963	623142	WGS84	684
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade (µS/cm)	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Injeção	Sim	175	7,18	27,7	271
Obs. de campo:	Amostra coletada no rio do nado, afluente esquerdo do rio São Desidério.				

Fotos:



### HIDROVIA

HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE

Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-18	Vale Seco	518745	8629840	WGS84	641
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutovidade (µS/cm)	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Detector Passivo	Não	-	-	-	-
Obs. de campo:	Vale seco do Rio João Rodrigues próximo a nascente principal.				

Fotos:



Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-19	Poço	520347	8630586	WGS84	638
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutoividade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	648	7,06	Alterada	231
<b>Obs. de campo:</b>	Amostra coletada da torneira proveniente do poço localizado na fazenda do Sr. Juracir de Souza. Região conhecida como Boqueirão.				

Fotos:



Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-20	Poço	532674	8633892	WGS84	663
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Detector Passivo	Sim	690	7,5	Alterada	199
<b>Obs. de campo:</b>	Amostra coletada da torneira proveniente do poço localizado no Povoado do Funil.				

Fotos:



HIDROVIA					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-21	Curso d'água	550333	8640336	WGS84	669
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutividade (µS/cm)	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Não	Sim	723	7,24	28,9	273
<b>Obs. de campo:</b>	Amostra coletada no rio Tamanduá, próximo a cidade de baianópolis. A água estava parada. Segundo moradores, nesta época do ano, o rio deixa de correr, podendo o mesmo ser classificado como intermitente.				
Fotos:					
					

HIDROVIA					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-22	Vale seco	549132	8641196	WGS84	683
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Não	Não	-	-	-	-
<b>Obs. de campo:</b>	Vale seco afluente do rio Tamanduá. Presença de dolina no seu leito.				

Fotos:



Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-23	Poço	545576	8639818	WGS84	667
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Não	Sim	610	7,28	Alterada	235
<b>Obs. de campo:</b>	Amostra coletada da torneira proveniente do poço localizado na fazenda do Sr. Agripino. Região conhecida como Capivara. O poço possui intensa precipitação de carbonato não sendo identificado nenhum local para acesso com a sonda no seu interior.				

Fotos:



HIDROVIA					
SD-24	Sumidouro	540436	8638274	WGS84	681
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Não	Não	-	-	-	-
<b>Obs. de campo:</b>	Segundo Sumidouro do rio Tamanduá de montante para a Jusante. Local conhecido como Pedra Branca. O conduto está obstruído e não possui passagem para ao seu interior. Segundo os proprietários, entra água neste local somente quando chove e o primeiro sumidouro transborda, parando de entrar água logo após o término da chuva.				
Fotos:	 				

HIDROVIA HIDROGEOLOGIA E MEIO AMBIENTE					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-25	Dolina	541923	8638728	WGS84	671
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Eh (RmV)
Não	Não	-	-	-	-
<b>Obs. de campo:</b>	Dolina localizada à jusante do sumidouro do povoado Capim de Raiz. Segundo o proprietário, quando está chovendo muito, surge água no seu interior associando-se a uma provável conexão com o sumidouro que está localizado próximo. Grande quantidades de lixo em seu interior.				
Fotos:	 				

HIDROVIA					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-26	Sumidouro	542101	8638686	WGS84	654
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutores (µS/cm)	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Injeção	Não	-	-	-	-
<b>Obs. de campo:</b>	Primeiro sumidouro do rio Tamanduá de montante para a jusante. Local conhecido como Capim de raiz. O conduto está obstruído e não possui passagem para acesso ao seu interior. Segundo os proprietários, inicia-se a entrada de água neste local logo após as primeiras chuvas (Novembro-Dezembro) e seca somente durante a estiagem.				
Fotos:	 				

HIDROVIA					
Ponto:	Tipo:	Coord_X:	Coord_Y:	Sistema:	Altitude (m):
SD-27	Poço	526965	8631286	WGS84	-
Ensaio de traçadores	Amostra	Condutores (µS/cm)	pH	Temperatura (°C)	Eh (RmV)
Injeção	Não	-	-	-	-
<b>Obs. de campo:</b>	Poço CPRM 2900005364 não visitado em campo porém segundo o Jussiclebson este poço está sem bomba. Bom ponto para injeção em ponto intermediário.				

### **ANEXO 3**

**LAUDOS LABORATORIAIS PARA AMOSTRAGENS  
REALIZADAS EM JUNHO DE 2008 E FEVEREIRO DE 2009**



**BOLETIM DE ANÁLISE Nº 59460/2008-0**  
**Processo Comercial Nº 7534/2008-2**

**DADOS REFERENTES AO CLIENTE**

<i>Empresa solicitante:</i>	Hidrovia Hidrogeologia e Meio Ambiente Ltda
<i>Endereço:</i>	Rua Albita, 131 - Sala 306 - Cruzeiro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30.310-160.
<i>Nome do Solicitante:</i>	Paulo Fernando Pessoa

**DADOS REFERENTES A AMOSTRA**

<i>Identificação do Cliente:</i>	Nascente João Rodrigues		
<i>Amostra Rotulada como:</i>	Água Subterrânea		
<i>Coletor:</i>	Interessado	<i>Data da coleta:</i>	18/6/2008 15:15:00
<i>Data da entrada no laboratório:</i>	19/06/2008 13:27	<i>Data de Elaboração do B.A:</i>	07/07/2008

**RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA**

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Alcalinidade Bicarbonatos	mg L	5	141
Alcalinidade Total	mg L	5	141
Condutividade	µS/cm	1	377
Cor	Pt/Co	5	<5
Dureza	mg L	5	251
Turbidez	NTU	0,1	3,3
Oleos e Graxas	mg L	1	2
Escherichia coli	NMP/100mL	1	276
Enterococos (em 100mL)	UFC/100 mL	1,0	50
Coliformes Fecais	NMP/100mL	1	276

**LABORATÓRIOS**

**TASQA**

*TASQA Serviços Analíticos Ltda  
CNPJ 67.994.897/0001-97  
Praça 28 de Fevereiro, 55 – Nova Paulínia  
CEP 13140-000 – Paulínia – SP  
Fone/Fax: (19) 2138-8888 / (19) 2138-8885  
Home Page: <http://www.tasqa.com.br>*

**RESULTADO ANALÍTICO**

**Nº 5991/2009-1.0**

**Amostra: 5991/2009-1.0**

Parâmetro	[CAS]	Unidade	Resultados <sup>(3)</sup>	Incerteza Expandida <sup>(2)</sup>	LQ <sup>(1)</sup>	Método
Alcalinidade Bicarbonatos	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L	94,0	0,94	5	SM21 2320
Cálcio	[7440-70-2]	mg/L	94,5	5,37	0,012	SM21 3120 B
Cloreto	[16887-00-6]	mg/L	26,8	1,078	2	SM21 4500- Cl <sup>-</sup> D
Condutividade Elétrica	---	µS/cm	536	13,2	0,5	SM21 2510 B
Dureza Total	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L	236	0,0174	0,3	SM21 2340 B
Magnésio	[7439-95-4]	mg/L	6,32	0,344	0,002	SM21 3120 B
Nitrato	---	mg/L	0,20	ND	0,10	SM21 4500- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> F
pH	---	---	7,1	0,0309	0 - 14	SM21 4500- H <sup>+</sup> B
Potássio	[7440-09-7]	mg/L	4,52	0,288	0,002	SM21 3120 B
Sódio	[7440-23-5]	mg/L	< LQ	0,0028	0,050	SM21 3120 B
Sulfato	[14808-79-8]	mg/L	1,00	0,20	1,00	SM21 4500- SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E
Temperatura	---	°C	24,4	0,6	---	SM21 2550 B

**Dt Coleta:** 13/02/2009 14:30 - **Dt Recebimento:** 18/02/2009

 <p><b>BOLETIM DE ANÁLISE N° 59459/2008-0</b> Processo Comercial N° 7534/2008-2</p>				
<b>DADOS REFERENTES AO CLIENTE</b>				
<i>Empresa solicitante:</i>	Hidrovia Hidrogeologia e Meio Ambiente Ltda			
<i>Endereço:</i>	Rua Albita, 131 - Sala 306 - Cruzeiro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30.310-160 .			
<i>Nome do Solicitante:</i>	Paulo Fernando Pessoa			
<b>DADOS REFERENTES A AMOSTRA</b>				
<i>Identificação do Cliente:</i>	Montante Catão			
<i>Amostra Rotulada como:</i>	Água Subterrânea			
<i>Coletor:</i>	Interessado	<i>Data da coleta:</i>	18/6/2008 14:45:00	
<i>Data da entrada no laboratório:</i>	19/06/2008 13:26	<i>Data de Elaboração do BA:</i>	10/07/2008	
<b>RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA</b>				
<i>Parâmetros</i>		<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Alcalinidade Bicarbonatos		mg/L	5	134
Alcalinidade Total		mg/L	5	134
Conduktividade		µS/cm	1	394
Cor		Pt/Co	5	< 5
Dureza		mg/L	5	215
Turbidez		NTU	0,1	1,2
Óleos e Graxas		mg/L	1	1
Escherichia coli		NMP/100mL	1	109
Enterococos (em 100mL)		UFC/100 mL	1,0	186
Coliformes Fecais		NMP/100mL	1	109

**LABORATÓRIOS**

**TASQA**

*TASQA Serviços Analíticos Ltda  
CNPJ 67.994.897/0001-97  
Praça 28 de Fevereiro, 55 – Nova Paulínia  
CEP 13140-000 – Paulínia – SP  
Fone/Fax: (19) 2138-8888 / (19) 2138-8885  
Home Page: <http://www.tasqa.com.br>*

**RESULTADO ANALÍTICO**

**Nº 5992/2009-1.0**

**Amostra: 5992/2009-1.0**

Parâmetro	[CAS]	Unidade	Resultados <sup>(3)</sup>	Incerteza Expandida <sup>(2)</sup>	LQ <sup>(1)</sup>	Método
Alcalinidade Bicarbonatos	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L	100	1,001	5	SM21 2320
Cálcio	[7440-70-2]	mg/L	95,4	5,42	0,012	SM21 3120 B
Cloreto	[16887-00-6]	mg/L	30,8	1,240	2	SM21 4500- Cl <sup>-</sup> D
Condutividade Elétrica	---	µS/cm	533	13,1	0,5	SM21 2510 B
Dureza Total	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L	238	0,0174	0,3	SM21 2340 B
Magnésio	[7439-95-4]	mg/L	6,40	0,348	0,002	SM21 3120 B
Nitrito	---	mg/L	0,20	ND	0,10	SM21 4500- NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> F
pH	---	---	7,64	0,0309	0 - 14	SM21 4500- H <sup>+</sup> B
Potássio	[7440-09-7]	mg/L	4,09	0,261	0,002	SM21 3120 B
Sódio	[7440-23-5]	mg/L	< LQ	0,0028	0,050	SM21 3120 B
Sulfato	[14808-79-8]	mg/L	1,00	0,20	1,00	SM21 4500- SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E
Temperatura	---	°C	24,3	0,6	---	SM21 2550 B

**Dt Coleta:** 13/02/2009 14:30 - **Dt Recebimento:** 18/02/2009

 <p><b>BOLETIM DE ANALISE N° 59457/2008-0</b> Processo Comercial N° 7534/2008-2</p>			
<b>DADOS REFERENTES AO CLIENTE</b>			
<i>Empresa solicitante:</i>	Hidrovia Hidrogeologia e Meio Ambiente Ltda		
<i>Endereço:</i>	Rua Albita, 131 - Sala 306 - Cruzeiro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30.310-160.		
<i>Nome do Solicitante:</i>	Paulo Fernando Pessoa		
<b>DADOS REFERENTES A AMOSTRA</b>			
<i>Identificação do Cliente:</i>	Jusante Catão		
<i>Amostra Rotulada como:</i>	Água Subterrânea		
<i>Coletor:</i>	Interessado	<i>Data da coleta:</i>	18/6/2008 14:25:00
<i>Data da entrada no laboratório:</i>	19/06/2008 13:25	<i>Data de Elaboração do BA:</i>	07/07/2008
<b>RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA</b>			
<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Alcalinidade Bicarbonatos	mg L	5	123
Alcalinidade Total	mg L	5	123
Condutividade	µS/cm	1	343
Cor	Pt/Co	5	< 5
Dureza	mg L	5	197
Turbidez	NTU	0,1	2,6
Oleos e Graxas	mg L	1	2
Escherichia coli	NMP/100mL	1	19
Enterococos (em 100mL)	UFC/100 mL	1,0	96
Coliformes Fecais	NMP/100mL	1	19

**LABORATÓRIOS**



**TASQA Serviços Analíticos Ltda**  
**CNPJ 67.994.897/0001-97**  
*Praça 28 de Fevereiro, 55 – Nova Paulinia*  
*CEP 13140-000 – Paulinia – SP*  
*Fone/Fax: (19) 2138-8888 / (19) 2138-8885*  
*Home Page: <http://www.tasqa.com.br>*

**RESULTADO ANALÍTICO**

**Nº 5993/2009-1.0**

**Amostra: 5993/2009-1.0**

Parâmetro	[CAS]	Unidade	Resultados <sup>(3)</sup>	Incerteza Expandida <sup>(2)</sup>	LQ <sup>(1)</sup>	Método
Alcalinidade Bicarbonatos	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L	71,5	0,7146	5	SM21 2320
Cálcio	[7440-70-2]	mg/L	90,2	5,12	0,012	SM21 3120 B
Cloreto	[16867-00-6]	mg/L	25,7	1,035	2	SM21 4500- CF D
Conduktividade Elétrica	---	µS/cm	494	12,2	0,5	SM21 2510 B
Dureza Total	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L	225	0,0174	0,3	SM21 2340 B
Magnésio	[7439-95-4]	mg/L	4,97	0,270	0,002	SM21 3120 B
Nitrito	---	mg/L	0,10	ND	0,10	SM21 4500- NO <sub>3</sub> F
pH	---	---	7,6	0,0309	0 - 14	SM21 4500- H*B
Potássio	[7440-09-7]	mg/L	2,53	0,161	0,002	SM21 3120 B
Sódio	[7440-23-5]	mg/L	< LQ	0,0028	0,050	SM21 3120 B
Sulfato	[14808-79-8]	mg/L	< LQ	0,20	1,00	SM21 4500- SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E
Temperatura	---	°C	24,1	0,6	---	SM21 2550 B

**Dt Coleta:** 13/02/2009 14:30 - **Dt Recebimento:** 18/02/2009

 <p><b>BOLETIM DE ANALISE N° 59462/2008-0</b> Processo Comercial N° 7534/2008-2</p>				
<b>DADOS REFERENTES AO CLIENTE</b>				
<i>Empresa solicitante:</i>	Hidrovia Hidrogeologia e Meio Ambiente Ltda			
<i>Endereço:</i>	Rua Albita, 131 - Sala 306 - Cruzeiro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30.310-160.			
<i>Nome do Solicitante:</i>	Paulo Fernando Pessoa			
<b>DADOS REFERENTES A AMOSTRA</b>				
<i>Identificação do Cliente:</i>	João Baio			
<i>Amostra Rotulada como:</i>	Água Subterrânea			
<i>Coletor:</i>	Interessado	<i>Data da coleta:</i>	18/6/2008 15:50:00	
<i>Data da entrada no laboratório:</i>	19/06/2008 13:28	<i>Data de Elaboração do BA:</i>	07/07/2008	
<b>RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA</b>				
<b>Parâmetros</b>		<b>Unidade</b>	<b>LQ</b>	<b>Resultados analíticos</b>
Alcalinidade Bicarbonatos		mg L	5	119
Alcalinidade Total		mg L	5	119
Conduktividade		µS/cm	1	338
Cor		PtCo	5	< 5
Dureza		mg L	5	195
Turbidez		NTU	0,1	0,48
Oleos e Graxas		mg L	1	1
Escherichia coli		NMP/100mL	1	15
Enterococos (em 100mL)		UFC/100 mL	1,0	84
Coliformes Fecais		NMP/100mL	1	15

<b>LABORATÓRIOS</b>		<b>RESULTADO ANALÍTICO</b>				
<b>TASQA</b> 		<b>TASQA Serviços Analíticos Ltda</b> CNPJ 67.994.897/0001-97 Praça 28 de Fevereiro, 55 – Nova Paulinia CEP 13140-000 – Paulinia – SP Fone/Fax: (19) 2138-8888 / (19) 2138-8888 Home Page: <a href="http://www.tasqa.com.br">http://www.tasqa.com.br</a>				
<b>Nº 5994/2009-1.0</b>						
Amostra: 5994/2009-1.0						
<b>Parâmetro</b>	<b>[CAS]</b>	<b>Unidade</b>	<b>Resultados<sup>(1)</sup></b>	<b>Incerteza Expandida<sup>(2)</sup></b>	<b>LQ<sup>(1)</sup></b>	<b>Método</b>
Alcalinidade Bicarbonatos	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L	87,0	0,87	5	SM21 2320
Cálcio	[7440-70-2]	mg/L	92,9	5,28	0,012	SM21 3120 B
Cloreto	[16887-00-6]	mg/L	13,0	0,524	2	SM21 4500- Cl <sup>-</sup> D
Conduktividade Elétrica	---	µS/cm	480	11,8	0,5	SM21 2510 B
Dureza Total	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L	232	0,0174	0,3	SM21 2340 B
Magnésio	[7439-95-4]	mg/L	6,40	0,348	0,002	SM21 3120 B
Nitrato	---	mg/L	0,20	ND	0,10	SM21 4500- NO <sub>3</sub> F
pH	---	---	7,65	0,0309	0 - 14	SM21 4500- H <sup>+</sup> B
Potássio	[7440-09-7]	mg/L	4,28	0,273	0,002	SM21 3120 B
Sódio	[7440-23-5]	mg/L	< LQ	0,0028	0,050	SM21 3120 B
Sulfato	[14808-79-8]	mg/L	2,00	0,39	1,00	SM21 4500- SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E
Temperatura	---	°C	24,3	0,6	---	SM21 2550 B

Dt Coleta: 13/02/2009 14:30 - Dt Recebimento: 18/02/2009



**BOLETIM DE ANÁLISE Nº 59464/2008-0**  
Processo Comercial Nº 7534/2008-2

<b>DADOS REFERENTES AO CLIENTE</b>			
<i>Empresa solicitante:</i>		Hidrovia Hidrogeologia e Meio Ambiente Ltda	
<i>Endereço:</i>		Rua Albita, 131 - Sala 306 - Cruzeiro - Belo Horizonte - MG - CEP: 30.310-160.	
<i>Nome do Solicitante:</i>		Paulo Fernando Pessoa	
<b>DADOS REFERENTES A AMOSTRA</b>			
<i>Identificação do Cliente:</i>		Ressurgência Surubim	
<i>Amostra Rotulada como:</i>		Água Subterrânea	
<i>Coletor:</i>		Interessado	
<i>Data da entrada no laboratório:</i>		19/06/2008 13:28	
<i>Data da coleta:</i>		18/6/2008 16:20:00	
<i>Data de Elaboração do BA:</i>		03/07/2008	
<b>RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA</b>			
<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>LQ</i>	<i>Resultados analíticos</i>
Alcalinidade Bicarbonatos	mg L	5	143
Alcalinidade Total	mg L	5	143
Conduktividade	µS/cm	1	332
Cor	Pt Co	5	<5
Dureza	mg L	5	41
Turbidez	NTU	0,1	0,41
Oleos e Graxas	mg L	1	<1
Escherichia coli	NMP/100mL	1	2
Enterococos (em 100mL)	UFC/100 mL	1,0	10
Coliformes Fecais	NMP/100mL	1	2

**LABORATÓRIOS**

**TASQA**

*TASQA Serviços Analíticos Ltda*  
 CNPJ 67.994.897/0001-97  
*Praça 28 de Fevereiro, 55 – Nova Paulinia*  
*CEP 13140-000 – Paulinia – SP*  
*Fone/Fax: (19) 2138-8888 / (19) 2138-8885*  
*Home Page: http://www.tasqa.com.br*

**RESULTADO ANALÍTICO**
**Nº 5995/2009-1.0**
**Amostra: 5995/2009-1.0**

Parâmetro	[CAS]	Unidade	Resultados <sup>(3)</sup>	Incerteza Expandida <sup>(2)</sup>	LQ <sup>(1)</sup>	Método
Alcalinidade Bicarbonatos	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L	7,44	0,0744	5	SM21 2320
Cálcio	[7440-70-2]	mg/L	90,2	5,12	0,012	SM21 3120 B
Cloreto	[16887-00-6]	mg/L	18,9	0,763	2	SM21 4500- Cl D
Condutividade Elétrica	---	µS/cm	477	11,7	0,5	SM21 2510 B
Dureza Total	---	mg CaCO <sub>3</sub> /L	225	0,0174	0,3	SM21 2340 B
Magnésio	[7439-95-4]	mg/L	4,96	0,270	0,002	SM21 3120 B
Nitrito	---	mg/L	0,20	ND	0,10	SM21 4500- NO <sub>3</sub> F
pH	---	---	7,48	0,0309	0 - 14	SM21 4500- H <sup>+</sup> B
Potássio	[7440-09-7]	mg/L	2,57	0,164	0,002	SM21 3120 B
Sódio	[7440-23-5]	mg/L	0,053	0,0030	0,050	SM21 3120 B
Sulfato	[14808-79-8]	mg/L	1,00	0,20	1,00	SM21 4500- SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E
Temperatura	---	°C	24,3	0,6	---	SM21 2550 B

**Dt Coleta:** 13/02/2009 14:30 - **Dt Recebimento:** 18/02/2009