

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

A CONTAMINAÇÃO POR NITRATO NO AQUÍFERO URBANO DE URÂNIA (SP)

Monografia de Trabalho de Formatura

TF – 18/07

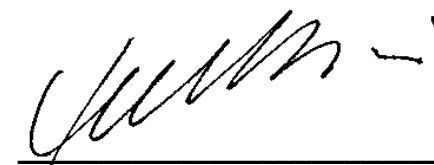
Aluno: Carlos Henrique Gil Marques
Orientador: Ricardo Hirata
Co-orientador: Rafael Terada

SÃO PAULO

2018

De acordo,

(Assinatura do Aluno)



(Assinatura do Orientador)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Ricardo Hirata pela orientação, paciência e dedicação durante toda a etapa deste trabalho

Ao meu co-orientador Rafael por estar sempre presente para discussões, correções e aventuras durante as etapas de campo e ao colaborador Paulo pelas revisões sempre que possível durante o trabalho, mesmo estando longe.

Aos colegas da Turma 57 que tornaram a graduação mais prazerosa. Destaco principalmente (em ordem alfabética pra não causar intriga) Felipe (lelek), Ingrid (Chita), Victor (Mel) e Vinicius (Mac) por todos esses anos de graduação, por estarem sempre ao meu lado, me ajudando e tornando os campos muito mais divertidos, construímos uma amizade que eu pretendo levar pelo o resto da vida

Aos colegas de outras turmas (56.58), ao Frigido, Durval, Ana, Carol, Cuveste, Jaque por me fazerem companhia nas manhãs de segunda à sexta (sempre que possível).

Agradeço a minha família por sempre me dar suporte e incentivo.

Agradeço aos meus amigos de Santos também, do time Manos FC que fundamos ainda em 2010 e continua ativo até hoje, sempre que possível quero estar com vcs, mesmo velho, jogando bola na praia.

Agradeço à CNPq pela bolsa de apoio técnico à pesquisa (370191/2018-8) e para o projeto maior (422501/2016-6).

Sumário

LISTA DE FIGURA	5
LISTA DE TABELAS	5
LISTA DE ANEXOS	6
1. RESUMO	7
2. ABSTRACT	8
3. INTRODUÇÃO	9
4. OBJETIVOS	10
5. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	11
5.1. Ciclo do Nitrogênio	11
5.3. Geologia	16
5.4. Hidrogeologia e Hidrogeoquímica	18
2.3.1. Zona não saturada	18
2.3.2. Zona saturada	20
5.5. Clima	22
6. MATERIAIS E MÉTODOS	23
6.1. Organização de um banco de dados de estudos anteriores	23
6.2. Seleção dos poços cadastrados	24
6.3. Evolução da Ocupação Urbana	25
6.4. Organização de dados em ambiente SIG	25
6.5. Tratamento de dados	26
6.6. Amostragem de água subterrânea, análises químicas e controle de qualidade.	26
7. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO	27
7.1. Evolução da ocupação urbana	27
7.2. Tratamento dos dados de nitrato de estudos anteriores	29
7.3. Evolução hidroquímica frente aos padrões de urbanização	34
7.4. Evolução geoquímica e resultados para a campanha de julho/2018	40
8. CONCLUSÕES	44
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Perímetro urbano da área de estudo com pontos de interesse, topografia e hidrografia; localização do município no Estado de São Paulo.	10
Figura 2 - Ciclo do nitrogênio com as principais reações, produtos intermediários e finais (modificado de Nikolenko <i>et al</i> , 2017).	11
Figura 3 - Potenciometria do aquífero urbano (Cagnon 2003).	22
Figura 4 - Poços cadastrados ao longo dos trabalhos, à esquerda poços cacimbas e à direita poços tubulares e de monitoramento.	24
Figura 5 - Poços selecionados para amostragem.	25
Figura 6 - Expansão da malha urbana com registro de fossas negras cadastradas por Cagnon (2003).	29
Figura 7 - Concentrações médias de nitrato para poços cacimbas (à esquerda) e tubulares (à direita) a partir das análises de Almodovar (2000), Cagnon (2003) e Maldaner (2010).	30
Figura 8 - Relação entre concentrações médias de nitrato (análises de Almodovar 2000, Cagnon 2003 e Maldaner 2010) em poços cacimbas e tubulares com a profundidade.	32
Figura 9 - Relação entre concentrações médias de nitrato e precipitação mensal em poços cacimbas e tubulares.	33
Figura 10 - Regressão linear para comparação do comportamento de nitrato e cloreto em poços cacimbas e tubulares.	33
Figura 11 - Relação entre concentrações médias de cloreto com precipitação.	34
Figura 12 - Separação de grupos de poços (A, B e C) em regiões com padrões de urbanização distintos.	35
Figura 13 - Resultados para o Grupo A.	37
Figura 14 - Resultados para o Grupo B.	38
Figura 15 - Resultados para o Grupo C.	40
Figura 16 - Diagramas Piper para os grupos de poços cacimbas (à esquerda) e tubulares (à direita).	41
Figura 17 - Diagramas Piper para o grupo A de poços cacimbas (à esquerda) e tubulares (à direita).	42
Figura 18 - Diagrama Piper para o Grupo B de poços cacimbas (à esquerda) e tubulares (à direita).	42
Figura 19 - Diagrama Piper para o Grupo C de poços cacimbas (à esquerda) e tubulares (à direita).	43
Figura 20 - Diagrama Piper para os poços cacimbas e tubulares da campanha de julho/2018.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados históricos do IBGE (1960, 1970, 1980, 1991, 2000, 2010) e prognóstico para 2018.	28
Tabela 2 - Resultados das campanhas de Almodovar (2000) de junho/98 a junho/99; Cagnon (2003) de fevereiro/00 a setembro/01; Maldaner (2010) de setembro/07 a março/09 para nitrato em poços cacimbas e tubulares.	31
Tabela 3 - Tratamento estatístico dos dados químicos e parâmetros de campo da campanha de julho/2018.	44

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Dados químicos laboratoriais e de campo de estudos prévios.....	51
Anexo 2 - Cadastro atual pertencente à campanha de maio/2018.....	66
Anexo 3 - Análises químicas e parâmetros de campo.....	69
Anexo 4 - Balanço iônico.....	72
Anexo 5 - Registro de fontes de contaminação.....	74

1. RESUMO

A cidade de Urânia (SP) está localizada sobre os domínios do Aquífero Adamantina (Sistema Aquífero Bauru) e este se encontra contaminado por nitrato, tanto na zona não saturada quanto na porção rasa. Estudos prévios indicaram que esta contaminação se deve ao processo de urbanização, inicialmente sem instalação de rede de esgoto e utilizando-se de fossas negras e posteriormente pelas fugas da rede de esgoto. Este trabalho tem como objetivo o acompanhamento histórico dessa contaminação a partir da análise de 12 campanhas de amostragem por mais de 10 anos (1998 a 2009), comparando-as com uma realizada neste projeto, em 2018. Para isso, os dados químicos e de campo dos poços cadastrados foram compilados em base SIG e foram selecionados 5 poços cacimbas e 12 tubulares para uma nova coleta, que incluiu os íons maiores, menores e traços, com ênfase na série nitrogenada. Concluiu-se que a maior contaminação está na porção rasa (até 30 m) e concentra-se nas proximidades do Córrego Comprido, representada pelos poços do Grupo A; com urbanização anterior à chegada da rede de esgoto, maior registro de fossas negras (48 fossas/km²) e onde poços cacimbas atingiram valores de mais de 100 mg/L. Notou-se que a partir de 2007, a série histórica de dados deste grupo deixou de atingir tais patamares e foram os poços tubulares que passaram a aumentar suas concentrações (até 80 mg/L), indicando a chegada da contaminação em maiores profundidades. A região sul da cidade (Grupo B) apresentou os menores valores de nitrato, tanto em poços cacimbas quanto tubulares ao longo do tempo. Isso pode ser explicada pela urbanização recente, em parte concomitante à expansão da rede de esgoto, e pela existência de poucas fossas negras (10 fossas/km²). As regiões nordeste e norte da cidade (Grupo C) são de ocupação urbana mais antiga e onde se iniciou a implantação de saneamento posteriormente à ocupação. Nesta área também se percebeu uma tendência de aumento da contaminação em poços cacimba entre 2007 e 2009 (~100 mg/L), podendo-se relacionar com vazamentos de uma rede de esgoto antiga e com pouca manutenção; enquanto a concentração em poços tubulares mantiveram-se estáveis ao longo do tempo. Em termos de evolução geoquímica das águas, observaram-se mudanças apenas nos cacimbas do Grupo C, passando de águas bicarbonatadas cálcicas para nitratadas-cloretadas cálcicas, corroborando com a tendência de aumento da contaminação. Nos poços tubulares restantes predominaram águas bicarbonatadas cálcicas em todas as campanhas majoritariamente.

2. ABSTRACT

The city of Urânia is located on the domains of the Adamantina Aquifer (Bauru Aquifer System) and it is contaminated with nitrate, both in the unsaturated zone and in the shallow portion. Previous studies have indicated that the nitrate contamination in the study area is due to the urbanization process, initially without installation of sewage system and using *in situ* sanitation system (cesspits) and later by leaks from the sewage network. This study has as main objective the historical monitoring of this contamination from the analysis of 12 sampling campaigns for more than 10 years (1998 to 2009), comparing them with the one carried out in this project, in 2018. For this, chemical and field data of the registered wells were compiled on a GIS basis and 5 dug wells and 12 tubular wells were selected for a new sampling, which included major, minor and trace ions, with emphasis on the nitrogen series. It was concluded that the highest contamination is in the shallow portion (up to 30 m) and is concentrated in the vicinity of Córrego Comprido, represented by the wells of Group A; with urbanization prior to the arrival of the sewage network, a larger register of cesspits (48/km²), and where dug wells reached values of more than 100mg/L. It was observed that as of 2007, the historical series of data of this group stopped to reach such levels and were the tubular wells that began to increase their concentrations (up to 80 mg/L), indicating the arrival of the contamination in greater depths. The southern region of the city (Group B) showed the lowest nitrate values, both in dug and tubular wells over time. This can be explained by the recent urbanization, in part concomitant to the expansion of the sewage network, and by the existence of fewer cesspits (10/km²). The northeast and north regions of the city (Group C) are of older urban occupation and where the implantation of sanitation began later on. In this area, there was also a tendency of increasing contamination in the dug wells between 2007 and 2009 (~100 mg/L), and it could be related to leaks from an old sewage network with little maintenance; while the concentration in tubular wells remained stable over time. In terms of geochemical evolution, changes were observed only in the dug wells of Group C, from calcium bicarbonated to calcium nitrate-chlorinated waters, corroborating with the increasing tendency. In the remaining tubular wells, calcium bicarbonated waters predominated in all the campaigns over time.

3. INTRODUÇÃO

O nitrato é o contaminante mais comum nas águas subterrâneas no mundo. Isso decorre de sua origem, associado ao esgoto urbano e à extensa e intensa aplicação de fertilizantes na agricultura, assim como de sua persistência química e mobilidade em aquíferos oxidados. No Brasil, a poluição por nitrato atinge quase a totalidade de suas cidades, quando estas estão sobre aquíferos freáticos (Hirata *et al.* 2015).

Na área urbana do município de Urânia (figura 1), região noroeste do Estado de São Paulo, foram detectadas concentrações de nitrato acima do padrão de potabilidade (10 mg/L N-NO_3^- , Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério de Saúde) nas águas dos poços tubulares e cacimbas que exploram o aquífero Adamantina (Sistema Aquífero Bauru) (Almodovar 2000, Cagnon 2003, Maldaner 2010) e na zona não saturada (Bertolo 2001, Bertolo *et al.* 2006, Varnier 2007, Varnier *et al.* 2017). A contaminação por nitrato em aquíferos é um problema muitas vezes negligenciado pelas autoridades públicas, mas seus impactos na sociedade podem ser graves, incluindo câncer e metahemoglobinemia.

Na área de estudo, a fonte de contaminação se deve ao processo de urbanização, que se iniciou na década de 1960 sem instalação de rede de esgoto, com efluentes lançados em fossas negras. O processo de evolução da ocupação urbana do município não se deu de maneira homogênea, visto que há registro de fossas negras concentradas em algumas porções da cidade contrastando com diferentes épocas de implantação de rede de esgoto.

Atualmente, a rede coletora de esgoto cobre quase a totalidade da cidade, porém a contaminação das águas subterrâneas por nitrato ainda persiste. De acordo com Varnier (2007) e Varnier *et al.* (2017), as fossas negras continuam a gerar nitrato por muitos anos através do nitrogênio remanescente no solo mesmo após sua desativação. Adiciona-se a este fato a possível contribuição dos vazamentos da rede de esgoto implantada e, por isso, é necessário o entendimento da relação entre o padrão de urbanização observado com as concentrações de nitrato analisadas e de como evoluiu a contaminação por nitrato no município ao longo dos anos de estudos.

Por conta disso, este trabalho buscar entender se houve evolução temporal e espacial da contaminação por conta da urbanização rápida e de maneira heterogênea pelo município. Então, foram compilados os dados químicos de estudos anteriores e gerados novos dados químicos, para que fosse feita a integração e seleção de dados de poços no tempo, em diferentes porções da área de estudo, para averiguar como a contaminação se comportou.

Este trabalho faz parte de um projeto maior, GeoUrb, que conta com apoio da CNPq (Processo 422501/2016-6), cujo objetivo é entender como a ocupação urbana e sua

infraestrutura é capaz de modificar os fluxos de água e a geoquímica de nutrientes, assim como avaliar a vulnerabilidade de aquíferos às contaminações.

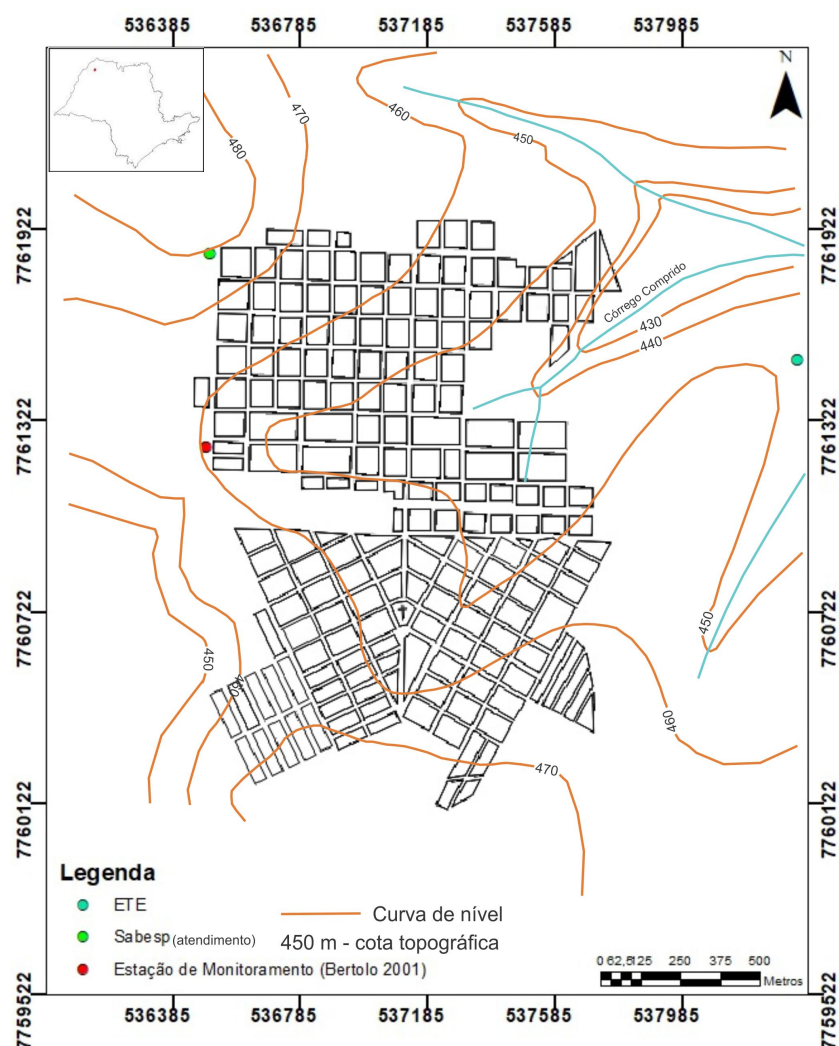


Figura 1 - Perímetro urbano da área de estudo com pontos de interesse, topografia e hidrografia; localização do município no Estado de São Paulo.

4. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal o acompanhamento histórico da contaminação de nitrato no aquífero urbano de Urânia, caracterizando a situação atual e, com isso, avaliar sua evolução no tempo e espaço. Com base nisso, serão avaliados outros parâmetros químicos para investigar evoluções geoquímicas nas águas em regiões distintas da cidade.

5. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1. Ciclo do Nitrogênio

O ciclo do nitrogênio (figura 2) é o mais complexo ciclo biogeoquímico da Terra, constituído por diversas formas de transformações, conduzidas por apenas um grupo distinto de microrganismos especializados. Quase toda enzima que os microrganismos usam para manipular nitrogênio (*ammonia monooxygenase*, *hydroxylamine oxidoreductase*, *nitrite oxidoreductase* entre outras) contém metais sensíveis a reações redox, envolvendo reservatórios de diferentes formas de nitrogênio na atmosfera, oceano, solo, sedimentos, crosta e biota (Godfrey e Glass 2011).

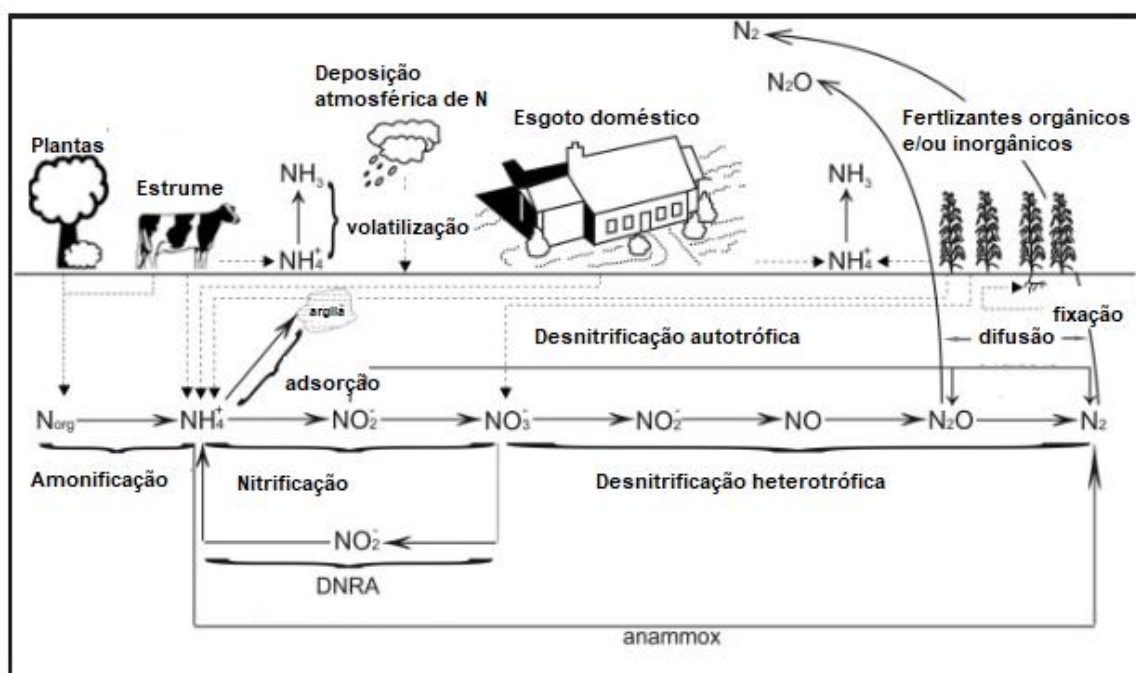


Figura 2 - Ciclo do nitrogênio com as principais reações, produtos intermediários e finais (modificado de Nikolenko *et al.*, 2017).

Os papéis que o nitrogênio desempenha para os organismos vivos podem ser agrupados em duas categorias gerais: assimilação, ou seja, a aquisição de matéria orgânica para a incorporação em biomassa, e dissimilação, que designa processos associados à extração de energia do meio ambiente (Thamdrup 2012).

A atmosfera é o maior reservatório de nitrogênio da Terra, correspondendo a 78 % de N_2 em sua composição. Esta espécie de nitrogênio é incorporada como biomassa através da fixação, processo no qual *procariontes*, *archaea* e alguns eucariontes em associação simbiótica com bactérias reduzem gás nitrogênio para amônio, formando posteriormente compostos orgânicos nitrogenados (Canfield *et al.* 2010, Thamdrup 2012).

Numa escala global, a disponibilidade de nitrogênio fixado é controlada pelo balanço entre a sua fixação e a sua reciclagem fixando-o para N_2 por transformações dissimilatórias.

Desde o século passado, a atividade humana modificou esse balanço, fixando nitrogênio por processos industriais, cultivo de leguminosas e queima de combustíveis fósseis (Thamdrup 2012). Estima-se que fontes antrópicas contribuam com metade da fixação global de nitrogênio atualmente (Canfield *et al.* 2010).

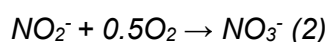
Além da fixação, degradação da matéria orgânica, uso de fertilizantes nitrogenados, vazamentos de redes de esgoto, fossas sépticas, dejetos animais, aterros são outras fontes de compostos nitrogenados para os solos, águas subterrâneas e superficiais.

Em subsuperfície, compostos nitrogenados lixiviados são transformados por processos biogeoquímicos dinâmicos do ciclo do nitrogênio, como desnitrificação, redução dissimilatória de nitrato para amônio (DNRA), nitrificação, anammox, adsorção e mineralização de matéria orgânica (Nikolenko *et al.* 2017).

A mineralização de matéria orgânica (amonificação) é um processo que leva a conversão de nitrogênio orgânico para amônia e amônio. Ocorre sob condições oxidantes e é efetuado pela maioria dos microrganismos decompositores.

A amônia produzida é liberada como gás ou dissolvida na água do solo, onde se combina a prótons formando o íon amônio. A biodegradação de amônio ocorre durante os processos de nitrificação e annamox.

Na presença de O₂, amônio é oxidado para nitrato por um grupo específico de bactérias e *archaea*. Neste caminho, conhecido como nitrificação, organismo oxidam primeiramente para nitrito (reação 1) e de nitrito para nitrato (reação 2). Os elétrons derivados durante a oxidação de amônio e nitrito serão utilizados por micróbios para fixar carbono inorgânico na ausência de luz. O gás N₂O é um subproduto deste processo, de fato, a nitrificação, tanto em ambientes terrestres quanto marinhos é uma fonte importante deste gás (Canfield *et al.* 2010).



A nitrificação é um processo sensível às condições ambientais e inibidores. Em termos de temperatura, tal processo ocorre na faixa de 4-45°C, sendo em torno de 35-42°C as melhores condições para as bactérias nitrificantes *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* (USEPA 1993).

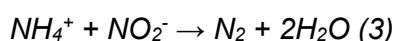
A presença de oxigênio é essencial para o crescimento das bactérias e para o aumento das taxas de nitrificação, sendo esse processo menos eficiente para valores de oxigênio dissolvido entre 0,5-2,5 mg/L (USEPA 1993).

O efeito do pH é também bastante significativo durante a nitrificação, a própria reação gera acidez e a diminuição do pH resulta na queda das taxas de oxidação de amônio,

levando à consequente queda das taxas de nitrificação. A faixa ideal é de 6,5 a 8 (USEPA 1993).

Em termos de inibidores, tanto metais pesados (Zn, Cu, Hg, Ni entre outros) como algumas formas de nitrogênio (amônia, ácido nitroso) inibem a atuação de bactérias nitrificantes acima de determinadas concentrações (USEPA 1993).

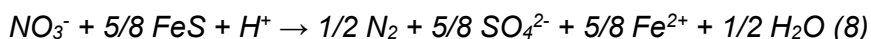
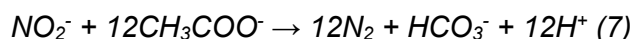
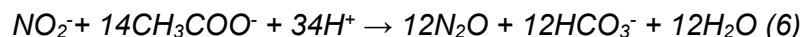
A annamox ocorre na presença de nitrito ou nitrato, que são os receptores de elétrons, e leva a conversão de amônio para N₂ e água (Nikolenko *et al.* 2017). O amônio presente em ambientes pobres em O₂ é oxidado anaerobicamente por bactérias altamente especializadas (Thamdrup 2012), de acordo com as reações (3) e (4):



Embora haja várias reações microbianas que levam à atenuação de amônio, o principal processo reativo controlando o transporte em subsuperfície é a adsorção, que ocorre como resultado de trocas catiônicas em superfícies de minerais carregadas negativamente. Em soluções aquosas de pH ácido a neutro, essa troca se dá principalmente com argilominerais, mas em valores de pH acima de 7, oxi-hidróxidos de ferro também podem contribuir significativamente. Isso ocorre porque óxidos de metais têm uma carga negativa variável em função do pH do meio e sua capacidade de adsorção é bastante dependente do pH do meio, quantidade de óxido presente e ponto de carga zero específico do mineral (Buss *et al.* 2004).

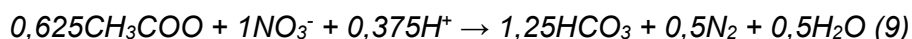
Desnitrificação é a redução anaeróbica respiratória de nitrato a nitrito, óxido nítrico, óxido nitroso até nitrogênio gás (N₂), atrelado à oxidação de matéria orgânica, hidrogênio, ferro reduzido ou espécies de enxofre, que atuam como doadores de elétron (Thamdrup 2012). É considerado o processo principal de atenuação de nitrato em condições anaeróbicas na água subterrânea (Nikolenko *et al.* 2017). Esse processo, nas águas subterrâneas, pode estar relacionado em parte ao carbono orgânico dissolvido que é carregado para zona saturada junto ao nitrato, mas na maioria dos aquíferos com altos fluxos de nitrato, a maior parte da desnitrificação está atrelada direta ou indiretamente à oxidação de fases sólidas (carbono orgânico, minerais de ferro e enxofre, manganês) (Seitzinger *et al.* 2006).

A desnitrificação geralmente ocorre em concentrações de O₂ inferiores a 0,2 mg O₂/L (condições subóxicas) (Seitzinger *et al.* 2006). Bactérias desnitrificantes que consomem matéria orgânica são heterotróficas, e aquelas que utilizam substrato inorgânico podem ser autotróficas (Thamdrup 2012). A desnitrificação convencional ocorre segundo as reações (5), (6) e (7), enquanto a desnitrificação autotrófica é exemplificada pela reação (8):



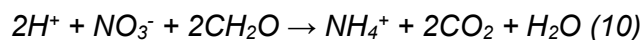
A desnitrificação pode ser inibida por altas concentrações de nitrato. Alguns estudos apontam que a inibição é decorrente da toxicidade do nitrito acumulado, especificamente as espécies de óxidos nitrosos não ionizados. Mesmo valores de pH próximos ao neutro, 6 e 7, com concentrações de nitrito de 30 a 250 mg/L $\text{NO}_2\text{-N}$ respectivamente, poderiam inibir a desnitrificação. Por conta de a inibição ocorrer em pH neutro e diminuir apenas com o aumento de pH a no mínimo 8, concluiu-se que espécies de HNO_2 eram a sua causa provável (Glass e Silverstein 1998).

Uma estequiometria simplificada para a parte de produção de energia da reação de desnitrificação (reação 9), usando acetato como o doador de elétrons, mostra o efeito na acidez (Glass e Silverstein 1998):



Nota-se que 0,375 moles equivalentes de acidez são consumidos para cada mol de nitrato reduzido para gás nitrogênio, por tanto, o pH aumenta durante a desnitrificação.

Ao invés de efetuar a desnitrificação, alguns micróbios empregam um diferente caminho de redução, conhecido como redução dissimilatória de nitrato para amônio (DNRA), que retém nitrogênio fixado no sistema (Thamdrup 2012). A redução de nitrato é acoplada à oxidação anaeróbica de carbono orgânico, produzindo amônio (Canfield *et al.* 2010), segundo a reação (10):



Quase todos os caminhos enzimáticos no ciclo do nitrogênio envolvem um metal cofator, quase todos contêm ferro, muitos apresentam cobre ou molibdênio. Estes metais são catalisadores eficientes para as reações redox, que são a espinha dorsal do ciclo do nitrogênio (Godfrey e Glass 2011).

Nas águas subterrâneas, a principal fonte de nitrato advém do processo de nitrificação, que ocorre principalmente em solos sobrejacentes (zona não saturada) (Seitzinger *et al.* 2006). O nitrato é muito solúvel na água e é prontamente lixiviado de solos eletronegativos ou com pH moderado a alto, sem sofrer influência de adsorção. Estas

propriedades, junto às diferentes fontes de contaminação por compostos nitrogenados já mencionadas, fazem desse contaminante o mais comum em aquíferos no mundo.

Simultaneamente, aquíferos poluídos por espécies de nitrogênio são fontes indiretas de emissão de óxido nítrico, produto intermediário da desnitrificação ou subproduto da nitrificação, que é um gás do efeito estufa, capaz de aprisionar grandes quantidades de calor e destruir a camada estratosférica de ozônio, influenciando na mudança climática global (Nikolenko *et al.* 2017).

5.2. Ocorrência de Nitrato e Urbanização

Alguns estudos demonstraram a correlação existente entre o processo de urbanização com o padrão de concentração de nitrato nas águas subterrâneas (Varnier *et al.* 2010, Procel-Guerra 2011, Zhang *et al.* 2015, Chitsazan *et al.* 2017) a partir de diversas metodologias.

Varnier *et al.* (2010) apresentaram os resultados de uma das áreas de estudo do projeto de monitoramento das águas subterrâneas no Estado de São Paulo efetuado pelo Instituto Geológico (IG), no caso o município de Marília, com o objetivo de avaliação de tendências de distribuição das concentrações de nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru ao longo do tempo e espaço, frente aos padrões de ocupação urbana. O estudo baseou-se no cadastro de poços, tratamento estatístico dos dados hidroquímicos e avaliação entre possíveis relações de concentração de nitrato com a expansão urbana ao longo das últimas décadas. Os resultados obtidos indicaram que as maiores concentrações de nitrato ocorrem em áreas com ocupação mais antiga, com maior adensamento urbano, sugerindo a vinculação entre o processo de urbanização e a contaminação, cuja origem provavelmente está associada aos sistemas de esgotamento sanitário (fossas antigas e vazamentos da rede de esgoto).

Procel-Guerra (2011) realizou estudo semelhante no município de Presidente Prudente, executando métodos estatísticos básicos e SIG aplicados aos dados hidrogeoquímicos pré-existentes, provenientes de 60 poços tubulares e os gerados mediante a amostragem semestral de 22 poços, distribuídos na área urbana do município. Essa avaliação permitiu dividir a área urbana em três zonas sensíveis à contaminação por nitrato. A primeira corresponde às áreas de altas concentrações de nitrato ($>45 \text{ mg/L NO}_3^-$) devido ao rápido crescimento populacional e por estar relacionada às porções mais antigas da área urbana, com rede de esgoto instalada a partir da década de 1980. A segunda zona se refere às áreas com possíveis problemas de nitrato, onde a densidade urbana (84 hab./ha) é menor que a primeira zona (120 hab./ha), com concentrações entre 23mg/L e 45 mg/L de NO_3^- e rede de esgoto instalada a partir do ano 2000. A terceira zona compreende áreas não contaminadas, com baixa densidade urbana (20 hab./ha) e concentrações

inferiores a 23 mg/L de NO_3^- , tais bairros foram implantados a partir de 2000, já com rede coletora de esgoto.

Zhang *et al.* (2015) estudaram uma das maiores regiões da China, o Delta do Rio Pérola, situado na porção sul da Província Guangdong. Essa área experimentou urbanização e crescimento econômico acelerado nas últimas duas décadas e, por conta da água superficial não suprir as necessidades da região, a água subterrânea tornou-se uma alternativa. Esse estudo realizou a coleta de 899 amostras de água subterrânea e teve como objetivos: analisar a relação entre os níveis de nitrato na água subterrânea e parâmetros de desenvolvimento socioeconômico por análise de regressão; identificar o principal mecanismo da contaminação em uma área de rápida urbanização utilizando análise de principais componentes (APC); identificar as fontes mais prováveis de nitrato pela química das águas. Os resultados revelaram que a atividade humana aumentou drasticamente os níveis de nitrato na água subterrânea, com mediana de 23,82 mg/L de NO_3^- . As principais fontes de contaminação foram águas residuais domésticas e industriais. Os mecanismos principais de condução do contaminante foram as construções urbanas, seguida do desenvolvimento industrial e crescimento populacional.

Chitsazan *et al.* (2017) estudaram o Aquífero Karaj, localizado na Província Alborz, Irã. A planície de Karaj tem grande potencial em termos de água subterrânea no Irã e todo abastecimento hídrico das cidades localizadas nela é provido deste recurso. Por conta de sua proximidade com a capital do país, a província apresenta um grande número de habitantes (2,5 % da população do Irã) e nos últimos anos, devido à infiltração significativa de esgoto, a poluição por nitrato aumentou consideravelmente (>50 mg/L NO_3^-). Devido à importância da área, foram determinadas tendências de variação temporal e espacial das concentrações de nitrato (dados de 2000 a 2013 em poços de abastecimento), utilizando softwares de estatística e ArcGIS e suas causas foram investigadas. Os resultados revelaram que as maiores concentrações encontravam-se na porção norte da área de estudo (máximo de 181,7 mg/L de NO_3^-) por conta de sua situação hidrogeológica, consistindo de sedimentos grossos na zona não saturada que atribuem alta permeabilidade, reduzindo o tempo de retenção do contaminante. Com isso, o nitrato seria carregado por fluxos verticais antes de ser completamente consumido por plantas (fixação) ou desnitrificado por bactérias. Os níveis de nitrato aumentaram de 2006 em diante e a área de água imprópria para se beber expandiu-se de 21% em 2003 para 44% em 2013.

5.3. Geologia

A área de estudo situa-se na unidade geomorfológica denominada Planalto Ocidental Paulista, que abrange cerca de 50% do Estado de São Paulo. Este planalto corresponde aos derrames basálticos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) e às coberturas sedimentares que foram depositadas na Bacia Bauru, sobrepostas a esses basaltos.

A Bacia Bauru formou-se no Neocretáceo, no centro-sul da Plataforma Sul-Americana, em evento de compensação isostática posterior ao acúmulo de quase 2000 m de lavas basálticas, ocorrido no Cretáceo Inferior. Desenvolveu-se como bacia continental interior, pós-ruptura do continente gondwânico, acumulando uma sequência sedimentar essencialmente arenosa, hoje com espessura máxima de cerca de 300 m e de área de 370.000 km (Fernandes e Coimbra 2000).

A proposta elaborada por Fernandes e Coimbra (2000), que será seguida por este estudo, entende que a estratigrafia da porção nordeste da Bacia Bauru possui duas unidades geológicas cronocorrelatas identificadas como formadoras desta bacia: grupos Caiuá e Bauru.

O Grupo Caiuá ocorre no extremo oeste do Estado de São Paulo, enquanto que o Grupo Bauru aflora na porção oriental da bacia e predomina no Estado (incluindo a área de estudo), sendo subdividido nas formações Vale do Rio do Peixe, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Araçatuba e Marília e analcimitos Taiúva. As três primeiras formações citadas correspondem à antiga Formação Adamantina, designada por Soares *et al.* (1980) e fragmentada pela proposta de Fernandes (1998).

No município de Urânia, afloram as rochas sedimentares da Formação Vale do Rio do Peixe, constituída por arenitos muito finos a finos, marrom-claro rosado a alaranjados, de seleção moderada a boa, com intercalações de siltitos e cimentação carbonática localizada. A geometria dos arenitos é predominantemente tabular submétrica de aspecto maciço com zonas de estratificação plano-paralela e estratos também tabulares com estratificação cruzada tabular e acanalada de pequeno a médio porte. Em Urânia, os arenitos argilo-siltosos avermelhados foram encontrados com espessuras de até 160 m (Almodovar 2000).

O contexto deposicional desta formação é essencialmente eólico, com extensas áreas planas na forma de lençóis de areia, com campos de dunas baixas alternando com depósitos de loesse e, subordinadamente, por torrentes esporádicas (*wadis*). O contato inferior desta formação se dá de maneira discordante e diretamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral (Fernandes e Coimbra 2000).

Estudos realizados por Paula e Silva (2003) e Paula e Silva *et al.* (2003) retomam a designação de Formação Adamantina por entenderem que a característica principal desta unidade é a variabilidade litofaciológica lateral e vertical e atribuem a ela um paleoambiente sugestivo de sedimentação fluvial em canais meandrantess, utilizando perfis geofísicos para apoiar suas interpretações.

5.4. Hidrogeologia e Hidrogeoquímica

2.3.1. Zona não saturada

A zona não saturada foi estudada por Bertolo (2001) e Bertolo *et al.* (2006), a partir da construção de uma estação de monitoramento, e por Varnier (2007) e Varnier *et al.* (2017) em outra estação experimental para monitorar uma fossa negra.

A estação de monitoramento construída por Bertolo (2001) consiste de um poço escavado, com 1,75 m de diâmetro e 11 m de profundidade onde 12 tensiômetros e lisímetros de sucção foram instalados, com inclinação de 45°, ao longo da sua parede para monitoramento de potenciais matriciais e coleta de amostras de água, respectivamente. A água do aquífero freático também pôde ser monitorada e amostrada através de um poço de monitoramento instalado no fundo do poço escavado. A estação foi construída em 1999 na porção noroeste de Urânia para possibilitar a caracterização da hidráulica da infiltração da água na zona não saturada e da sua evolução hidrogeoquímica até o aquífero freático.

A estação de monitoramento de Varnier (2007) foi construída em março de 2003 com 11,2 m de profundidade e 1,8 m de diâmetro na porção sul da cidade de Urânia, distante 1 m de uma fossa negra, desativada desde setembro de 2002. Em seu interior, foram instalados 12 lisímetros de sucção e 12 tensiômetros, metro a metro, para coleta de água da zona não saturada e leituras dos potenciais matriciais do solo, respectivamente. Adicionalmente, um poço de monitoramento foi perfurado no interior desta estação de modo a coletar amostras de água da zona saturada. Sua instalação foi efetuada com o intuito de estudar o impacto do nitrato, proveniente de uma fossa negra desativada nas zonas não saturada e saturada do Aquífero Adamantina.

Nas análises granulométricas e mineralógicas das amostras coletadas dos lisímetros por Bertolo (2001) e Bertolo *et al.* (2006) observou-se, de forma geral, a predominância de areias finas argilo-siltosas em praticamente todo o perfil. A partir de 9 m, a porcentagem da fração fina diminui e há um aumento da porcentagem da fração arenosa, com distribuição heterogênea entre frações fina, média e grossa. A mineralogia foi identificada por difração de raios-X em amostras de solo total, frações finas e grossas, revelando que todas se encontravam em um estágio avançado de intemperismo, sendo as amostras de solo total compostas principalmente por quartzo e caulinita, enquanto feldspato (microclínio) e esmectita foram encontrados apenas nas zonas mais profundas (aproximadamente 10 m). Nas frações finas a presença de quartzo foi preponderante, enquanto as frações grossas continham ilmenita, goethita, rutilo e hematita.

Os intervalos amostrados foram subdivididos em três zonas hidráulicas: *rasa*, de até 2 m de profundidade, correspondente à linha de evaporação e sob efeitos das variações sazonais de chuvas, sendo que os potenciais hidráulicos respondem rápido e intensamente a cada pequeno evento de recarga ou secagem; *intermediária*, de 2 a 7 m, onde pequenas frentes de molhamento se dissipam e apenas eventos longos de recarga ou secagem são

distinguidos por mudanças potenciais matriciais; e a *profunda*, de 7 m até o nível de água, onde valores potenciais hidráulicos são muito próximos e acompanham as variações de carga hidráulica do aquífero, indicando que o fluxo vertical descendente neste intervalo é desprezível, e que a circulação da água tem componente horizontal (Bertolo 2001, Bertolo *et al.* 2006).

A condutividade hidráulica vertical diminui ao longo das zonas, sendo maior que a horizontal até 5 m (K_z diminui de $2,42E-03$ cm/s para $1,29E-03$ cm/s), devido à ação de raízes e de animais que geram macroporos no sentido vertical. A partir desta profundidade, observa-se a presença de estrutura da rocha sedimentar original, com material compacto e, conseqüentemente, menor condutividade hidráulica vertical na zona profunda ($K_z = 1,26E-04$ cm/s). Assim, as distintas características químicas entre a parte superior e as outras zonas hidráulicas sugerem que não há conexão hidráulica direta entre a base da zona não saturada e o aquífero freático na estação de monitoramento estudada por Bertolo (2001) e Bertolo *et al.* (2006).

A capacidade de troca catiônica na zona não saturada aumenta com a profundidade até 9 m, a principal capacidade de adsorção parece estar ligada a óxidos férricos e hidróxidos no solo (Bertolo 2001, Bertolo *et al.* 2006).

A água da zona não saturada é de baixa mineralização, condutividade elétrica média de $150 \mu\text{S/cm}$ e valores de pH em torno de 6,5; há uma estratificação da composição química das águas em três zonas que coincidem com as hidráulicas descritas (Bertolo 2001). Na *zona rasa*, as águas são mais mineralizadas, bicarbonatadas cálcicas, com fortes variações temporais na composição e elevado conteúdo de nitrato principalmente durante a estiagem. Na *zona intermediária*, as águas são bicarbonatadas cálcicas magnesianas com menores íons dissolvidos em relação à primeira, principalmente Ca^{2+} e NO_3^- . Na *zona profunda*, as águas são bicarbonatadas cloretadas cálcicas magnesianas, com pH próximo a 5,0, e as concentrações de nitrato voltam a aumentar (Bertolo 2001).

A química da água do solo evolui a partir da composição química da precipitação da chuva, o Eh indica condições oxidantes +400 até +600 mV, também evidenciadas por concentrações de NH_4^+ e NO_2^- , abaixo ou próximas do limite de detecção, com possibilidade de microsítios mais redutores (zonas com alto conteúdo de matéria orgânica) (Bertolo *et al.* 2006).

Com isso, a zona não saturada é caracterizada por altas concentrações de nitrato na água e ambiente fortemente ácido. Os estudos de Varnier (2007) e Varnier *et al.* (2017) permitiram afirmar que fossas negras, mesmo inativas, continuam como fontes pontuais de contaminação em longo prazo para águas subterrâneas.

Varnier *et al.* (2017) detalharam a dinâmica da série nitrogenada e transformações de COD na zona não saturada, a partir da amostragem de água, gás e análises isotópicas das amostras da estação de monitoramento anteriormente mencionada. Os principais

processos que parecem controlar a transformação e atenuação de amônio e nitrato na zona não saturada são nitrificação e desnitrificação. O baixo valor de pH (por volta de 3,5) observado dentro e abaixo dos sedimentos da fossa negra analisada e a produção de nitrato são claras evidências de nitrificação. Há oxigênio suficiente na zona não saturada para produção de amônio (amonificação) e a coocorrência de amônio e nitrato em profundidade é uma evidência de nitrificação incompleta, a presença de amônio em profundidade retrata condições redutoras também presentes, apesar dos dados de oxigênio indicarem que a zona não saturada está em condições aeróbicas. O declínio de concentrações de sulfato com a profundidade e a presença de metano, indicam reações de redução de sulfato e metanogênese, dando suporte às condições redutoras associadas à microsítios em sedimentos de baixa permeabilidade.

Ambientes fortemente ácidos ($\text{pH} < 5$) com presença de altas concentrações de nitrato, que ocorrem na zona não saturada em questão, inibem o processo de desnitrificação, impedindo a formação do produto final N_2 e favorecendo a formação de óxido nitroso. Este composto foi observado em profundidades rasas com elevadas concentrações intimamente associadas com as altas concentrações de nitrato, sugerindo que é formado pelo processo de nitrificação (Varnier *et al.* 2017).

2.3.2. Zona saturada

O Aquífero Adamantina apresenta comportamento livre a semiconfinado, com extensão regional, respondendo por 50% do volume armazenado em todo Sistema Aquífero Bauru devido a sua grande área de ocorrência (DAEE 1976; 1979), e com suas superfícies potenciométricas fortemente influenciadas pela geomorfologia da área, onde os divisores de água subterrânea coincidem com os divisores das bacias hidrográficas e os rios efluentes locais correspondem às zonas de descarga do aquífero (Hirata *et al.* 1997).

Na área de estudo, a recarga é predominantemente proveniente da água da chuva, porém a presença de uma zona urbana influencia e adiciona novas fontes, gerando uma recarga diferenciada. A dinâmica dos fluxos de águas subterrâneas é também modificada pela instalação de redes de distribuição de água, coleta de esgoto e de drenagem urbana, juntamente com a impermeabilização do terreno e demais obras de engenharia (Foster *et al.* 1998; Lerner 2002).

Maldaner (2010) estimou a recarga na área de estudo através dos métodos de variação piezométrica e balanço hídrico, obtendo recarga média anual de 272 mm e recarga potencial anual de 252 mm respectivamente, concluindo também que, para haver recarga, é necessário que o volume médio mensal de chuva durante o ano hidrológico seja superior a 100 mm.

A descarga local se dá no Córrego Comprido, afluente do Córrego Matador, o qual atravessa a cidade de Urânia na região nordeste. De acordo com o mapa potenciométrico

confeccionado por Cagnon (2003) (figura 3), com as cotas dos níveis de água estáticos medidas em poços cacimbas, a direção preferencial de fluxo das águas subterrâneas, na porção norte da cidade, é para sudeste e na porção sul da cidade, para nordeste, ambas em direção ao Córrego Comprido.

Ensaio de bombamento foram efetuados por Cagnon (2003) em dois poços tubulares (PT-23A e PT-26). Os resultados de condutividade hidráulica calculada foram de $7,17 \times 10^{-5}$ e $8,54 \times 10^{-6}$ m/s e de transmissividade foram de $7,1 \times 10^{-3}$ e $9,2 \times 10^{-4}$ m²/s (solução de Neuman). O gradiente hidráulico variou de 0,011 a 0,025 e a velocidade de fluxo das águas subterrâneas, de $1,2 \times 10^{-5}$ e $6,26 \times 10^{-7}$ m/s.

A hidrogeoquímica das águas subterrâneas no município de Urânia foi estudada anteriormente (Almodovar 2000, Cagnon 2003, Gutierrez 2003, Maldaner 2010). Os conceitos de zona rasa (ZR), intermediária (ZI) e profunda (ZP) foram definidos por Almodovar (2000) (diferentemente da nomenclatura para os trabalhos na zona não saturada) e tais termos foram empregados para designar três zonas hidrogeoquímicas na área de estudo, de acordo com a posição dos poços.

Segundo as análises de Maldaner (2010), na ZR, representada por poços cacimbas ou rasos, predominam águas que variam de cloretada-nitratada-cálcica-magnesianas a cloretada-nitratada-sódicas, com grande variação na condutividade elétrica (desde 100 até 1500 μ S/cm) e pH ácido entre 4,4 e 6,5, destacando-se a alta concentração de nitrato neste nível, chegando a 422 mg/L. O nitrato e o pH baixo são atribuídos à contaminação originada pelo antigo sistema de fossas e por vazamentos da atual rede de coleta de esgoto. A ZI é representada pelos poços tubulares medianamente profundos, caracterizada por águas bicarbonatada-nitratada-cálcica-magnesianas, com pH próximo a neutro e condutividade elétrica de 100 a 400 μ S/cm, ocorrendo diminuição da concentração de nitrato com a profundidade. E a ZP é representada pelos poços tubulares de maior profundidade, caracterizada por águas bicarbonatada-sódicas, com pH alto de 8,5 a 11 e redução da concentração de cálcio e magnésio, ocorrendo incremento de sódio.

Bourotte *et al.* (2009) detalharam a evolução hidrogeoquímica das águas e o processo geoquímico envolvido em cada uma das zonas citadas acima. A ZR apresenta a maior parte dos íons de Na^+ , NO_3^- e Cl^- atribuída à contaminação por fossas negras e/ou uso de fertilizantes, além de apresentar condições para dissolução de minerais carbonáticos. A ZI é onde ocorre a dispersão dos contaminantes, havendo diminuição das concentrações de NO_3^- e Cl^- , assim como dissolução de minerais carbonáticos elevando os valores de pH, Ca^{2+} e HCO_3^- com a profundidade. A ZP é caracterizada pela troca iônica de Na^+ com Ca^{2+} e Mg^{2+} e dissolução de minerais carbonáticos até os seus limites de solubilidade, tornando as águas ainda mais alcalinas e elevando a concentração de HCO_3^- aos maiores valores observados.

agosto são relativamente mais secos, com precipitações médias de 29,17 mm, 17,87 mm e 19,06 mm, respectivamente.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. Organização de um banco de dados de estudos anteriores

A organização de um banco de dados de poços cacimbas e tubulares cadastrados em trabalhos anteriores (Almodovar 2000, Cagnon 2003, Maldaner 2010) (ANEXO 1) foi compilada no software Excel 2016. Também foram consultados os bancos de dados da SABESP, do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil (SIAGAS - SGB). Foram cadastrados também os poços de monitoramento presentes nos estudos de Marcolan (2009), Maldaner (2010), Bertolo *et al.* (2011).

O banco de dados realizado por este projeto apresenta 52 poços cacimbas (PC - poços escavados com profundidade de até 20 m), 42 poços tubulares (PT - particulares de 40 a 80 m de profundidade), 5 poços de monitoramento e 4 poços tubulares profundos (PP - poços de abastecimento pertencentes à SABESP com mais de 100 m de profundidade). Com o cadastro dos poços, foi efetuada a compilação de dados disponíveis, com enfoque nos poços cacimbas e tubulares, que apresentavam maiores concentrações de nitrato. No banco de dados foram cadastradas 190 análises químicas (das quais 66 são análises de campo) em poços cacimbas, 118 análises químicas (das quais 33 são análises de campo) em poços tubulares, 12 análises químicas em poços de monitoramento e 15 análises químicas em poços tubulares profundos.

Nos ensaios de campo realizados por Cagnon (2003) foi feita análise de nitrato, nitrito, amônio, ferro e cloreto, e os valores foram compilados separadamente dos ensaios laboratoriais (ANEXO 1).

A figura 4 ilustra a localização dos poços cadastrados no perímetro urbano da cidade de Urânia

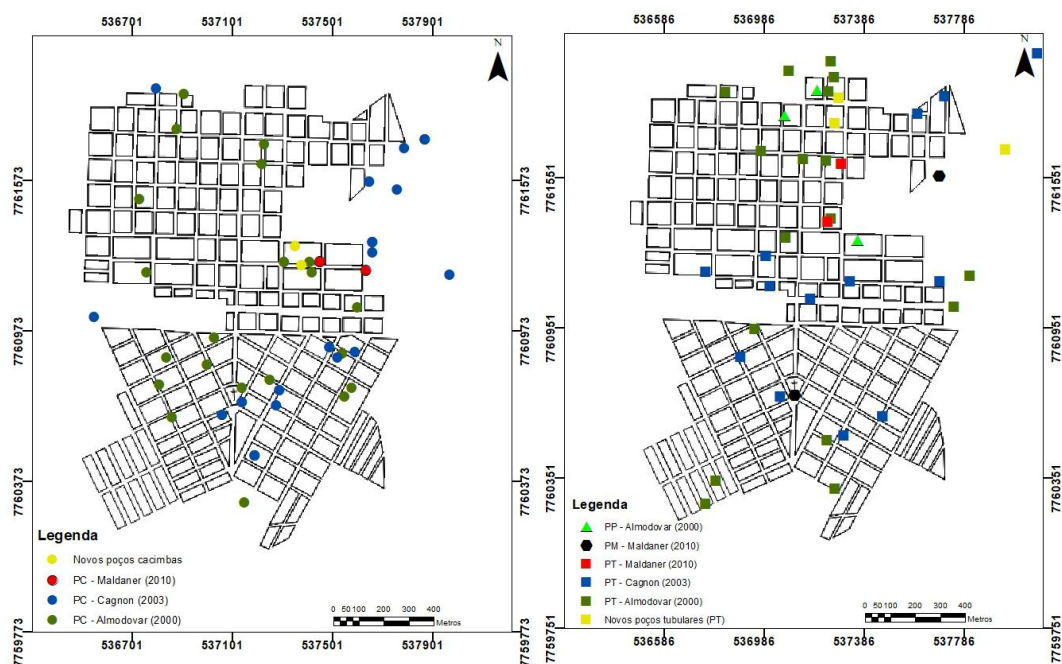


Figura 4 - Poços cadastrados ao longo dos trabalhos, à esquerda poços cacimbas e à direita poços tubulares e de monitoramento.

6.2. Seleção dos poços cadastrados

Uma campanha de reconhecimento da área realizada em maio de 2018 averiguou o cadastro de poços disponíveis. Notou-se que boa parte dos poços cacimbas cadastrados, principalmente na porção noroeste da cidade, foi tamponada ou destruída para criação de novos loteamentos ou moradias. O levantamento de informações resultou em um cadastro de 17 poços tubulares (PT), 7 poços cacimbas (PC), 3 poços profundos (PP) e 5 poços de monitoramento (PM) (ANEXO 2) encontrados durante esta etapa de campo. Deste total, 3 poços tubulares (PT-39, PT-40, PT-41) e 2 poços cacimbas (PC-52 e PC-53) são novos e não constavam em trabalhos anteriores.

Com base neste levantamento, foi realizada uma análise criteriosa priorizando poços com histórico de análises químicas, dados hidráulicos e que se localizavam em área urbana. Assim, 12 poços tubulares, 5 poços cacimbas, 3 poços profundos e 2 poços de monitoramento foram considerados para amostragens e análises químicas (figura 5) (ANEXO 3).

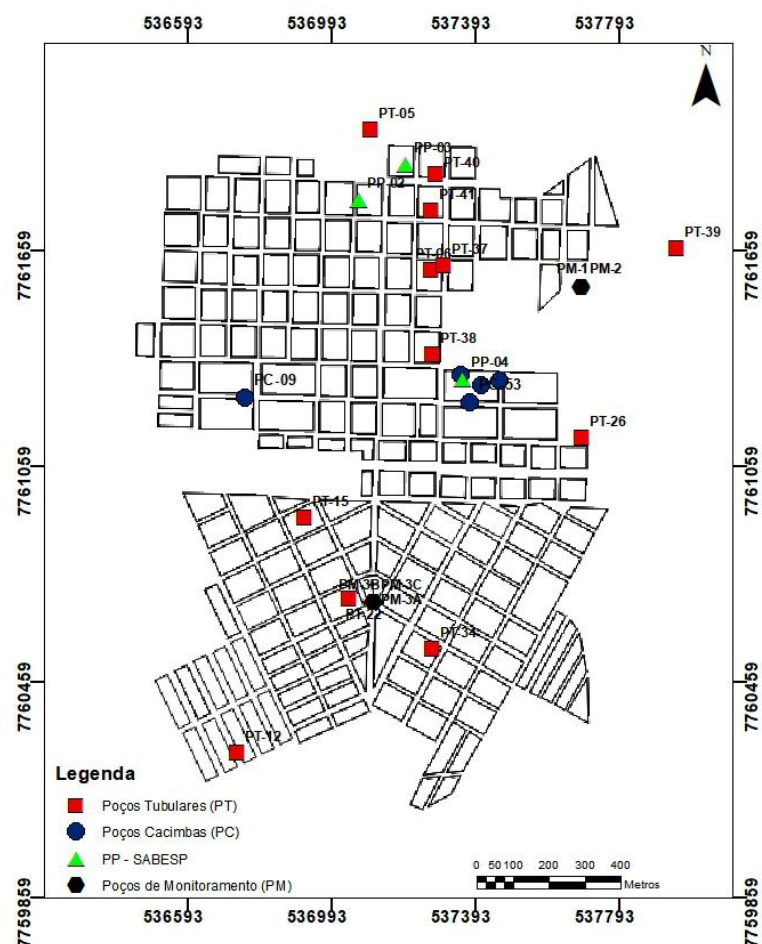


Figura 5 - Poços selecionados para amostragem.

6.3. Evolução da Ocupação Urbana

A análise da expansão da malha urbana foi realizada através de imagens de satélite, tendo como base o estudo prévio efetuado por Cagnon (2003) e durante a verificação de campo (campanha de maio de 2018) através de fotografias aéreas (1960 - 1980) e mapas de satélites (1990-2016).

A partir disso, foram desenvolvidos mapas da malha urbana ao longo das décadas de 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 e os anos de 2011 e 2016. Também foi elaborado um único mapa mostrando o processo de expansão da cidade com os novos loteamentos ao longo desses anos.

6.4. Organização de dados em ambiente SIG

Todos os dados de análises químicas, parâmetros de campo em poços cadastrados obtidos em trabalhos anteriores foram organizados e georreferenciados em base SIG, utilizando o software ArcGIS 10.1 assim como mapas geológicos, topográficos (escala 1:50000) e urbanos (escala 1:10000), obtidos junto a instituições estatais e órgãos da

prefeitura. O datum adotado foi SIRGAS 2000 para georreferenciamento de todos os mapas obtidos e gerados neste trabalho.

Todos os mapas gerados por este trabalho foram confeccionados no software CorelDraw 2014 e posteriormente georreferenciados.

6.5. Tratamento de dados

A partir do cadastro de poços presentes no banco de dados confeccionado por este trabalho, foi feito o tratamento de dados pré-existentes para que se soubesse como evoluiu a contaminação ao longo das campanhas e obter um primeiro diagnóstico da área de estudo. Para isso, alguns parâmetros físico-químicos de poços cacimbas e tubulares foram submetidos à análise estatística básica, com construção de histogramas, cálculo de médias, medianas e desvio padrão, buscando relacionar padrões de comportamento e, ao final, foi feita a distribuição dos dados espacialmente, levando-se em conta a urbanização da área e seu histórico de ocupação urbana, com o intuito de se avaliar principalmente como o processo de urbanização influenciou o padrão de concentração de nitrato, mas também outros parâmetros na área de estudo.

Ademais, foram elaborados diagramas Piper para retratar a geoquímica das águas subterrâneas a partir do software Aquachem 2014.2.

6.6. Amostragem de água subterrânea, análises químicas e controle de qualidade.

A amostragem de poços tubulares e cacimbas ocorreu na segunda campanha de campo em julho de 2018 e seguiu os seguintes critérios: concentrações anômalas de nitrato detectadas em análises anteriores, distribuição espacial das amostras, possibilidade de coleta direto da boca ou com garrafas amostradoras (*bailer*).

A amostragem foi realizada diretamente da bomba dos próprios poços, com exceção dos poços de monitoramento que foram purgados e coletados com *bailer*, sendo efetuada a purga equivalente a pelo menos $\frac{2}{3}$ do volume do poço para remoção de água estagnada.

Ao recuperar o nível d'água, foram determinados parâmetros físico-químicos em campo: pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos calculados, oxigênio dissolvido, potencial redox (ORP) e salinidade. Nas medidas de ORP, acrescentou-se 200 mV para obtenção do Eh estimado. Todas as amostras foram conservadas em isopor com gelo, garantindo a temperatura de aceitação de 4°C referente aos padrões de conservação das amostras no transporte, e enviadas aos laboratórios da Eurofins Anatech e da Departamento de Hidrogeologia da Universidade de Ouro Preto (UFOP).

Os seguintes parâmetros químicos de laboratório foram analisados pelo laboratório Eurofins Anatech: (Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) coletadas em frascos de polipropileno de 250 ml para

análises de ânions; série nitrogenada (NO_3^- , NO_2^- , N_{org} , $\text{N}_{\text{amoniaco}}$, $\text{N}_{\text{Kjeldahl}}$, N_{total}) (preservante H_2SO_4) em frascos de polipropileno de 250ml; TOC e COD (com preservantes H_2SO_4) em frascos âmbar de 500 ml; Fe^{2+} e Fe_{total} (com preservantes HCl) em *vials* de 40 ml. As amostras para série nitrogenada e COD foram filtradas com filtros de 0,45 μm .

As análises para cátions foram realizadas no laboratório da UFOP e foram coletadas em frascos de polipropileno de 180 ml, filtradas com filtro de 0,45 μm e acidificadas com HNO_3 durante a atividade de campo. Foram analisados os seguintes cátions: Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mo, Ni, Sr, Ti, V, Y, Zn, As, Pb, Al, Mn, Ca, K, Mg, Na; também foram analisados P_{total} e S_{total} .

A alcalinidade foi efetuada no laboratório do CEPAS/USP, por isso, foram coletadas amostras em frascos de polipropileno de 500 ml durante a campanha de amostragem. O ensaio de alcalinidade total foi feito por titulação, utilizando 100 ml de amostra, indicador misto, ácido sulfúrico e bureta. Nas amostras com $\text{pH} > 8$, foram realizadas análises de alcalinidade parcial utilizando fenoftaleína. O volume de ácido gasto na titulação da alcalinidade à fenoftaleína foi anotado para o cálculo da alcalinidade parcial, assim como o volume total gasto para a alcalinidade total e seguiu-se para o balanço de massa simples para determinação da alcalinidade em termos de hidróxido, carbonato ou bicarbonato.

O controle de qualidade se deu pelo cálculo do balanço iônico (ANEXO 4), utilizando-se dos íons maiores. As concentrações dos cátions e ânions maiores analisados são transformadas em miliequivalentes, de modo a se rastrear o erro de análise em termos de limite permitido, adotado como $\pm 10\%$, segundo a equação:

$$\text{Erro}(\%) = \frac{\sum \text{cátions} - \sum \text{ânions}}{\sum \text{cátions} + \sum \text{ânions}} \times 100$$

7. RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

7.1. Evolução da ocupação urbana

A análise da evolução da ocupação urbana no município de Urânia foi feita desde a década de 1960 até os dias de hoje (tabela 1). Foi elaborado também um mapa de expansão da malha urbana no tempo (figura 5).

O início da urbanização ocorreu na área a norte da linha de trem; o abastecimento de água era feito por poços privados e o sistema de saneamento *in situ* era constituído por fossas negras. Na década de 1960, não existiam ruas asfaltadas e sistema de drenagem de águas pluviais (Cagnon 2003).

Na década de 1970 iniciou-se a implantação do asfalto e de sistema de drenagem de águas pluviais. 67% da cidade era abastecida por água subterrânea captada de um poço profundo (PP-01) e a coleta de efluente teve início em 1974. Em 1977, coletava-se 59% do

efluente, a partir de redes localizadas na área norte/nordeste e todo líquido era tratado em uma lagoa aeróbia (Cagnon 2003).

Na década de 1980, o sistema de abastecimento público atendia 78% da cidade com água subterrânea. A coleta de efluentes correspondia a 64% dos quais 100% eram tratados. A implantação de um sistema de coleta de efluentes nas áreas sul e sudoeste teve início na mesma década (Cagnon 2003).

Em 1993 e em 1997 houve a separação municipal de Urânia em Aspásia e Santa Salete, respectivamente. Em 1992 teve início a implantação do sistema de saneamento na área sul/sudeste e, em 1996, na área nordeste (Cagnon 2003).

Durante a campanha de cadastro de poços em maio de 2018, averiguou-se que o efluente coletado seguia para a estação de tratamento de esgoto (ETE) e que o abastecimento de água provinha dos poços de abastecimento do município de Jales, a 12 km de Urânia, por conta das altas concentrações naturais de Cr^{6+} nas águas subterrâneas mais profundas do Sistema Aquífero Bauru (Almodovar 2000).

Cagnon (2003) realizou o registro de fossas negras da cidade, com 23 fossas/km² na área noroeste, 48 fossas/km² na área nordeste/leste e 17 fossas/km² na área sul, durante o período estudado (figura 6).

Ano	1960	1970	1980	1991	2000	2010	2018
População (hab)	17129	16829	13510	12280	8822	8836	8660
População Urbana (hab)	1708	5134	6498	7561	7063	7436	7502
População Rural (hab)	15421	11695	7012	4719	1759	1400	1158
Grau de Urbanização (%)	9,97	30,51	48,10	61,57	80,06	84,16	86,63
Total de Domicílios	3000		2844	3135	2647	3025	3210
Domicílios urbanos			1473	2029	2134	2568	
Domicílios rurais			1371	1106	513	457	
Abastecimento de água (%)				97,88	98,13	99,26	
Coleta de lixo (%)				90,34	98,17	99,61	
Esgoto sanitário (%)				79	96,3	98,71	
Área (km ²)	357,84	357,84	357,84	357,84	209,27	209,27	209,27

Tabela 1 - Dados históricos do IBGE (1960, 1970, 1980, 1991, 2000, 2010) e prognóstico para 2018.

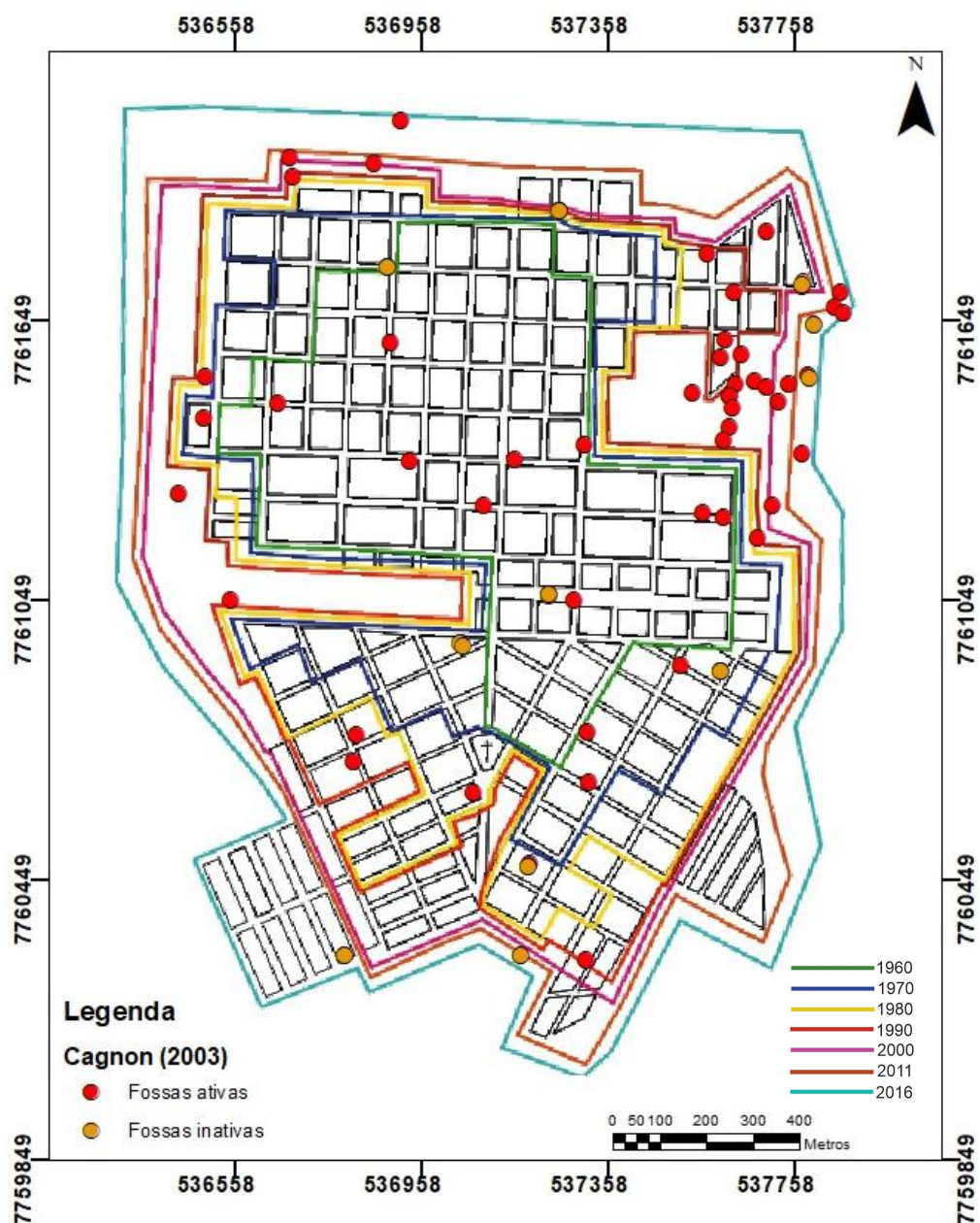


Figura 6 - Expansão da malha urbana com registro de fossas negras cadastradas por Cagnon (2003).

7.2. Tratamento dos dados de nitrato de estudos anteriores

O tratamento de dados do contaminante fundamentou-se nas análises químicas pré-existent de poços cacimbas e tubulares realizadas nos trabalhos de Almodovar (2000), com campanhas em junho/98, novembro/98 março/99 e junho/99, Cagnon (2003), com campanhas em fevereiro/00, abril/00, agosto/00, agosto/01 e setembro/01, e Maldaner (2010), com campanhas em setembro/07, setembro/08 e março/09, e também na campanha de campo deste trabalho, efetuada em julho de 2018. Os resultados mostram que 81% dos poços cacimbas e 31% dos poços tubulares cadastrados com análises químicas apresentam concentrações médias de nitrato acima de 45 mg/L NO_3^- .

A figura 7 retrata o cenário da contaminação nas diferentes porções da cidade. Foram realizadas médias dos dados de poços cacimbas e tubulares de todas as campanhas para apresentar as áreas que apresentavam as maiores concentrações e a partir daí buscar alguns padrões de concentração do contaminante com o processo de urbanização.

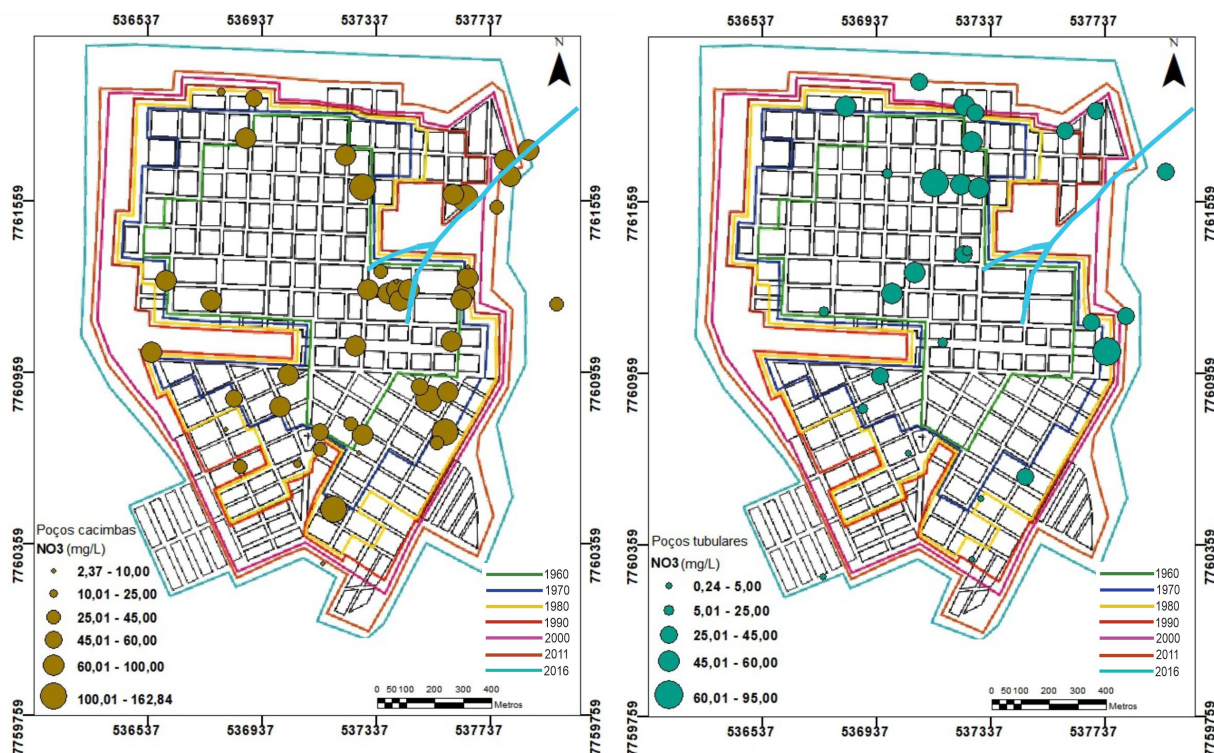


Figura 7 - Concentrações médias de nitrato para poços cacimbas (à esquerda) e tubulares (à direita) a partir das análises de Almodovar (2000), Cagnon (2003) e Maldaner (2010).

As maiores concentrações, tanto em poços cacimbas quanto tubulares, estão na região próxima ao Córrego Comprido, assim como no perímetro urbano das décadas de 1960 e 1970. Nota-se também que a porção sul da cidade apresentou as menores concentrações médias de nitrato nos poços analisados, tanto para cacimbas quanto para tubulares.

A tabela 2 apresenta os dados estatísticos para o nitrato de todas as campanhas com ensaios laboratoriais anteriores a este trabalho, realizadas entre 1998 e 2009, destacando também a quantidade de poços analisados (cacimbas e tubulares).

NO3 (mg/L)	Jun-98	Nov-98	Mar-99	Jun-99	Fev-00	Ab-00	Ago-00	Ago-01	Set-01	Set-07	Set-08	Mar-09
Número de poços cacimba	14	9	11	13	8	11	8	11	11	8	8	7
Média	80,31	70,83	79,42	88,50	39,72	82,74	82,67	72,13	61,23	100,72	109,63	88,29
Máximo	154,83	113,24	163,19	160,45	77,2	172,87	144,8	124,25	111,70	149,00	186,00	157,00
Mínimo	35,31	27,92	37,35	37,22	10,43	35,03	33,00	28,18	1,74	46,00	33,00	33,00
Mediana	65,82	78,83	69,41	85,31	37,15	69,40	80,20	65,91	73,37	96,00	94,50	76,00
Desvio Padrão	37,15	24,69	34,32	34,02	21,65	42,19	34,57	36,25	35,91	34,80	55,41	46,54

NO3 (mg/L)	Jun-98	Nov-98	Mar-99	Jun-99	Fev-00	Ab-00	Ago-00	Ago-01	Set-01	Set-07	Set-08	Mar-09
Número de poços tubulares PT	10	5	10	8	4	9	4	5	6	9	8	7
Média	33,36	39,19	35,44	47,32	21,90	35,33	34,32	30,99	18,88	33,33	34,71	34,43
Máximo	70,39	69,31	69,04	67,06	49,44	71,55	61,39	54,89	52,07	95	78	79
Mínimo	2,12	20,20	1,46	18,60	0,13	2,84	0,53	0,19	0,10	1,36	1,00	2,00
Mediana	25,64	35,41	31,97	49,35	19,02	32,59	37,68	26,05	17,44	30,00	31,50	29,00
Desvio Padrão	25,34	19,59	25,65	20,70	23,09	26,02	25,93	21,54	18,69	27,84	27,16	24,94

Tabela 2 - Resultados das campanhas de Almodovar (2000) de junho/98 a junho/99; Cagnon (2003) de fevereiro/00 a setembro/01; Maldaner (2010) de setembro/07 a março/09 para nitrato em poços cacimbas e tubulares.

O tratamento estatístico demonstra que, em média, a contaminação por nitrato manteve-se constante durante os estudos efetuados tanto para os poços cacimbas quanto para os tubulares. Notou-se também que o padrão de concentração de nitrato está intimamente relacionado com a profundidade dos poços e com os períodos de chuva e estiagem da área de estudo. Esse comportamento sugere um equilíbrio entre a entrada de substâncias nitrogenadas no aquífero e os mecanismos de redução da contaminação, provavelmente a diluição, como será discutido mais a frente.

A figura 8 retratata as concentrações médias do contaminante em todas as campanhas efetuadas nos estudos anteriores em poços que dispunham de dados de profundidade, demonstrando o cenário da contaminação com a profundidade do aquífero.

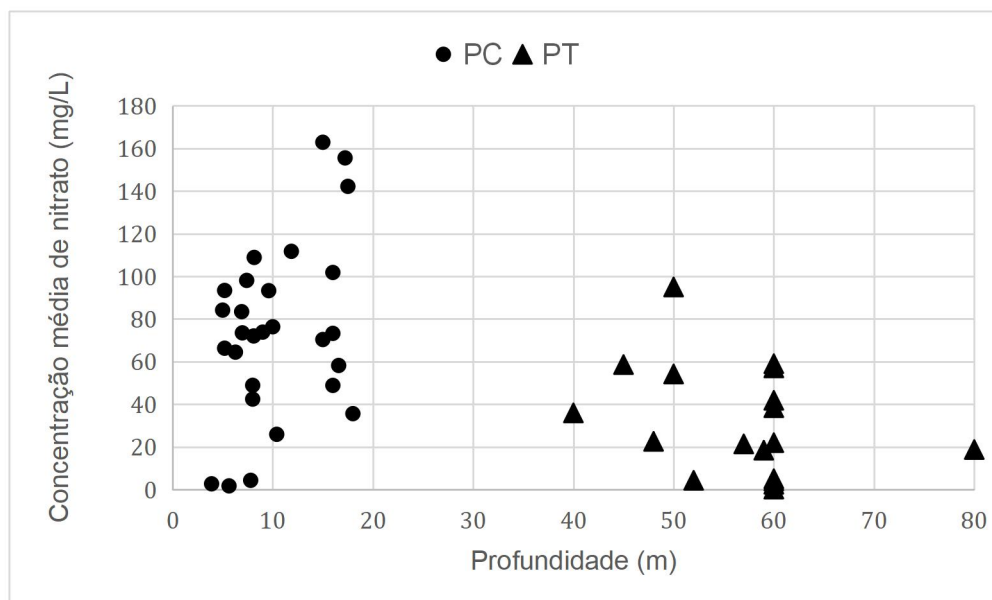


Figura 8 - Relação entre concentrações médias de nitrato (análises de Almodovar 2000, Cagnon 2003 e Maldaner 2010) em poços cacimbas e tubulares com a profundidade.

O contraste das concentrações médias de nitrato em poços cacimbas e tubulares é marcante. Na maior parte dos poços cacimbas, o contaminante ocorre em elevadas concentrações, atingindo valores de mais de 100 mg/L, enquanto nos poços tubulares observa-se uma queda brusca, com concentrações médias na faixa de 10-60 mg/L.

A figura 9 mostra o comportamento das concentrações médias de nitrato em poços cacimbas e tubulares com relação à precipitação.

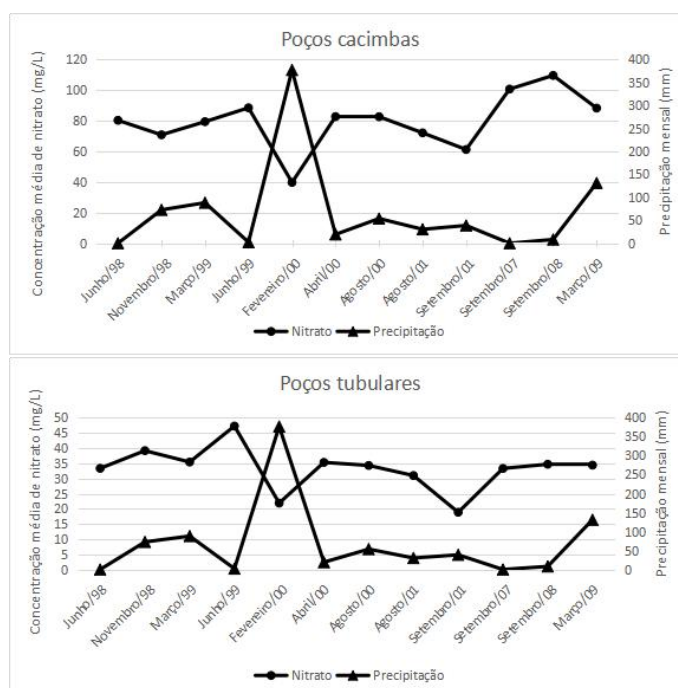


Figura 9 - Relação entre concentrações médias de nitrato e precipitação mensal em poços cacimbas e tubulares.

Para os poços cacimbas e tubulares, nota-se que, em geral, nos meses de maior volume de chuva (dezembro-março) há uma queda das médias de nitrato em relação ao mês anterior, enquanto nos períodos de estiagem (principalmente junho-agosto) as concentrações sobem.

Para averiguar se a diluição é de fato o processo atuante, foi feito o mesmo tratamento de dados para o cloreto, visto que está intimamente correlacionado com o nitrato e não sofre influência de algumas reações químicas como a desnitrificação. A análise de regressão linear foi efetuada para as concentrações médias dos estudos anteriores de poços cacimbas e tubulares (figura 10) nos períodos de estiagem e chuvosos.

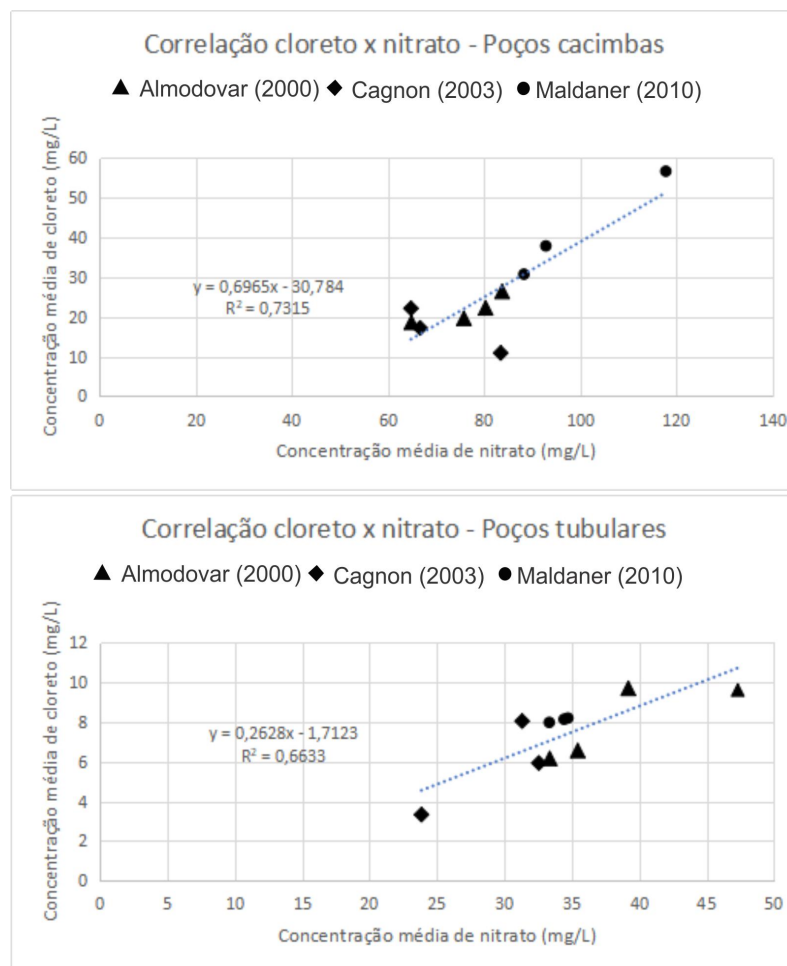


Figura 10 - Regressão linear para comparação do comportamento de nitrato e cloreto em poços cacimbas e tubulares.

A regressão linear demonstra comportamento semelhante entre nitrato e cloreto tanto para poços cacimbas quanto tubulares, sendo um indício de que ambos possam compartilhar da mesma fonte. Também foi visto que as médias de cloreto decrescem

dos poços cacimbas para os tubulares, similarmente ao nitrato, apresentando relação com a origem superficial do contaminante.

Com isso, a figura 11 mostra o mesmo efeito de diluição para o cloreto em poços cacimbas e tubulares. Porém, proporcionalmente, as concentrações de cloreto variaram muito mais que as de nitrato, atingindo quedas, tanto entre poços cacimbas quanto tubulares, para quase 1/3 da concentração original de um período de estiagem para chuvoso.

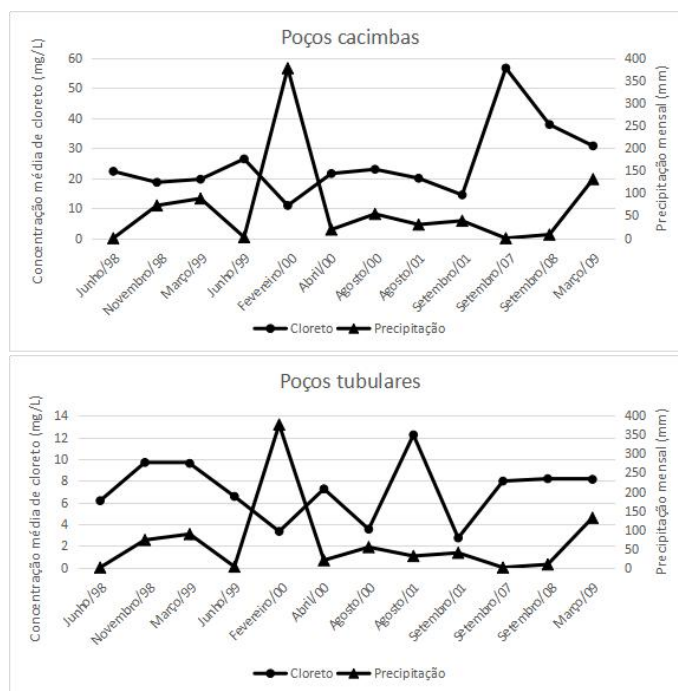


Figura 11 - Relação entre concentrações médias de cloreto com precipitação.

Isso sugere que a diluição seja o mecanismo de transporte que controla a menor concentração de nitrato e cloreto em profundidade.

7.3. Evolução hidroquímica frente aos padrões de urbanização

A figura 12 retrata grupos de poços cacimbas e tubulares localizados em áreas distintas da cidade, que apresentaram diferentes períodos de ocupação urbana, de implantação de rede de esgoto, registro de fossas negras e contexto hidrogeológico. Assim, foi possível observar três padrões distintos de evolução das concentrações de nitrato e outros parâmetros químicos, permitindo detalhar melhor a evolução hidroquímica desses grupos de poços e da contaminação na área de estudo com o tempo e espaço.

O Grupo A representa poços próximos ao Córrego Comprido, região de maior quantidade de fossas negras cadastradas (zona nordeste apresenta 48/km²), representa também uma área de descarga local do aquífero, havendo transporte de contaminantes

para este local. Além disso, a zona nordeste foi a última a receber sistema de saneamento público (apenas em 1996), portanto, a ocupação urbana prevaleceu durante a maior parte do tempo sem que houvesse uma rede coletora de esgoto.

O Grupo B representa poços localizados numa área de ocupação mais recente (década de 1990), onde a urbanização se deu, em parte, concomitante ao sistema de saneamento público (implantação inicia-se em 1985 para as áreas a sul e sudoeste da cidade), além de representar uma zona de recarga do aquífero (principalmente o extremo sul), apresentando também o menor registro de fossas negras, com 17 fossas/km² em toda a zona sul da cidade.

Os poços pertencentes ao Grupo C retratam a região de ocupação mais antiga (desde a década de 1960) e também primeira a receber rede coletora de esgoto (década de 1980), apresentando um cenário de urbanização precoce e rede de esgoto antiga. O registro de fossas negras é de 23/km² para a zona nordeste e norte da cidade.

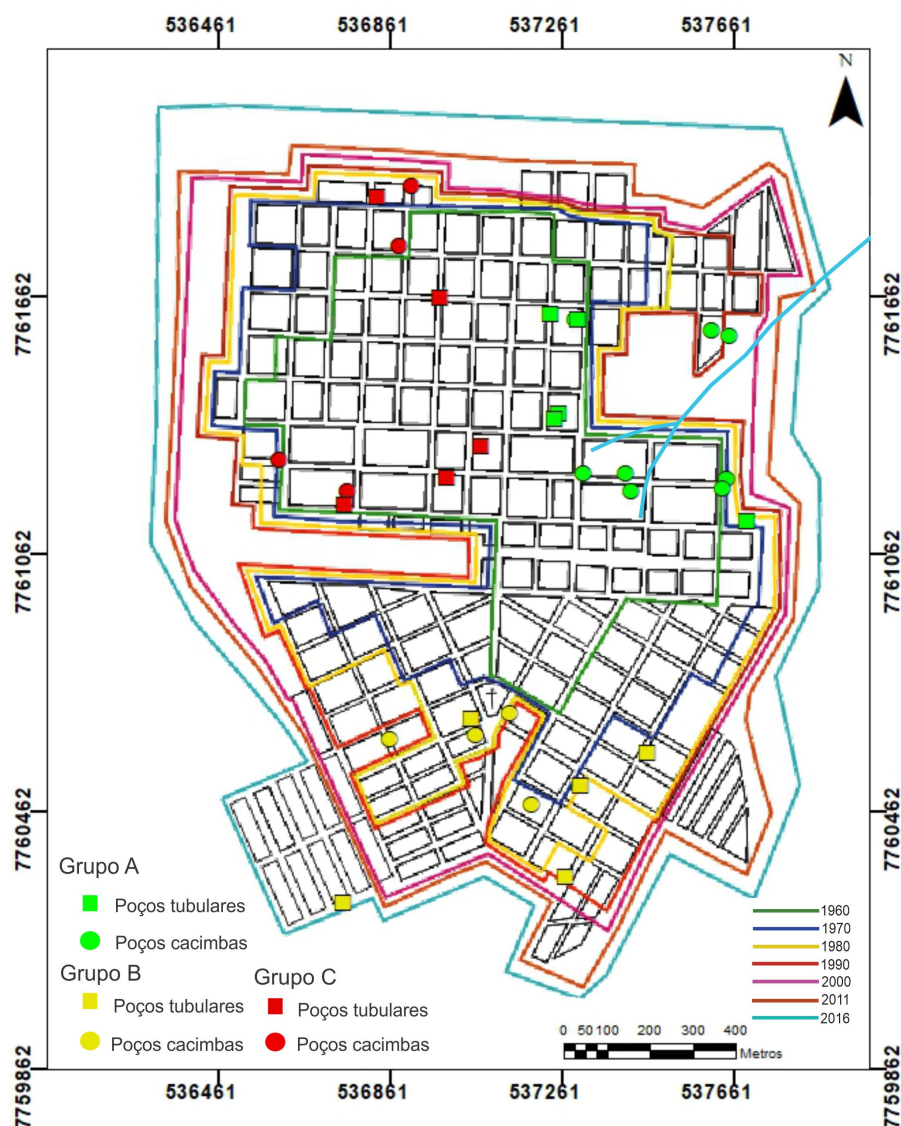
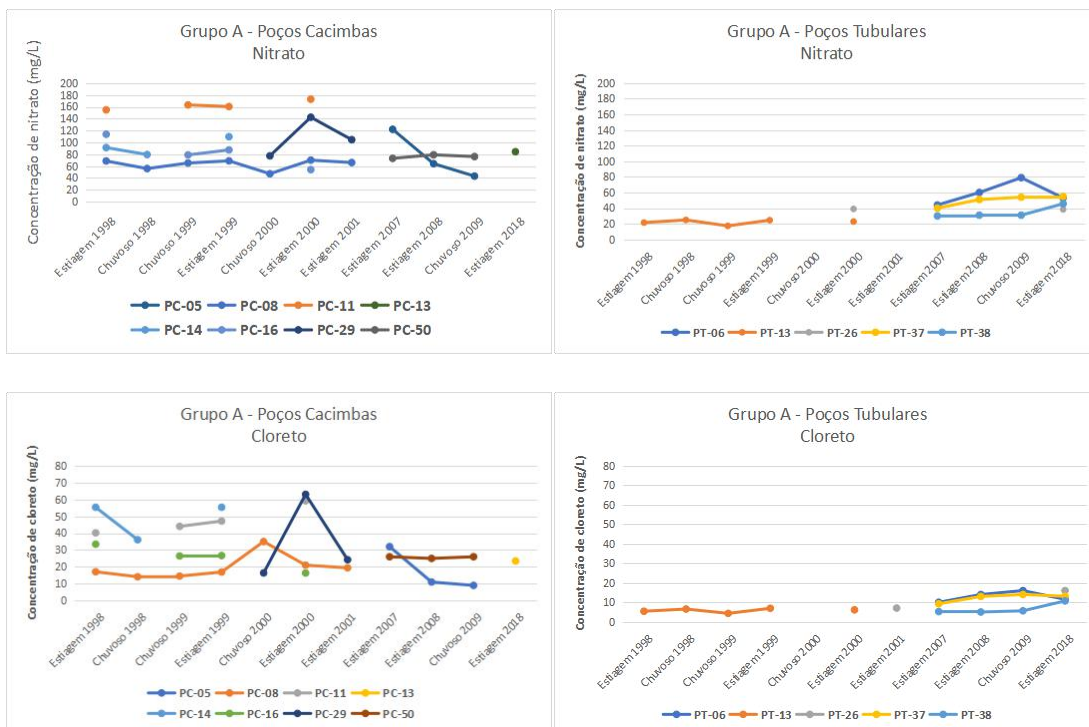


Figura 12 - Separação de grupos de poços (A, B e C) em regiões com padrões de urbanização distintos.

A caracterização de cada grupo foi feita para os principais íons presentes nas águas do aquífero urbano com base na revisão bibliográfica, são eles: cálcio, sódio, cloreto, nitrato e bicarbonato. Tal análise utilizou os dados químicos para os períodos de estiagem e chuva de todos os estudos anteriores, adicionando-se ainda os novos dados químicos gerados neste trabalho.

O Grupo A (figura 13) apresentou as maiores concentrações de nitrato em poços cacimbas, demonstrando que a área próxima ao Córrego Comprido compreende a maior parte da contaminação superficial (valores bem acima de 100mg/L). Além disso, altas concentrações de cloreto e sódio também foram observadas em poços cacimbas. Porém, nota-se que nas análises de 2007 até a campanha de 2018, não foram mais observados valores de nitrato acima de (100 mg/L). Nos poços tubulares, há um decréscimo de todos esses íons, porém, as concentrações continuam as mais elevadas se comparadas aos outros grupos, portanto, parte da contaminação atingiu maiores profundidades.

É possível que boa parte da contaminação dessa região esteja atingindo profundidades maiores, por conta do acréscimo das concentrações de nitrato de 2007 a 2018, assim como, aparentemente, houve certa diminuição da contaminação rasa das campanhas de 1998-2001 para as de 2007-2018.



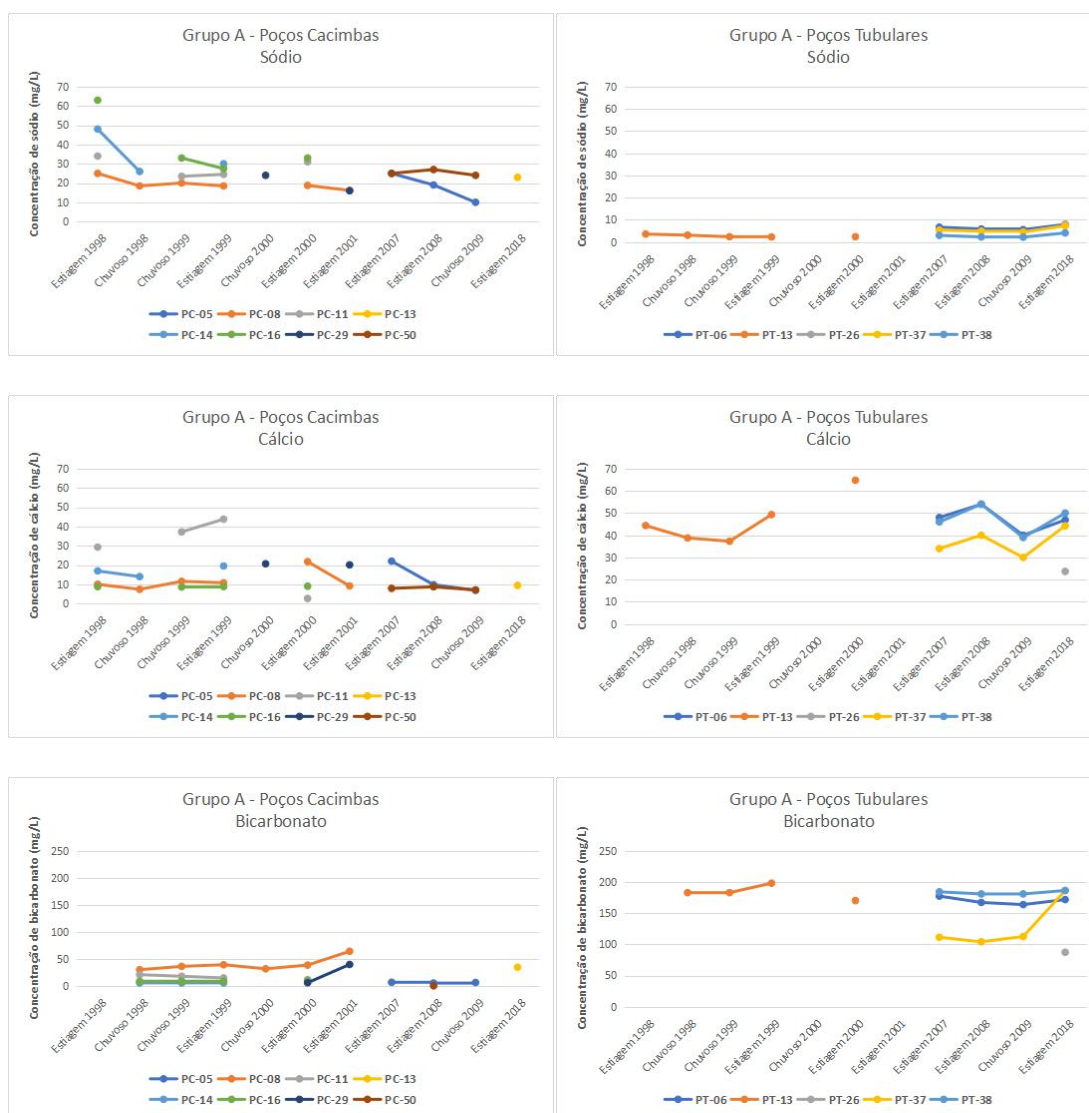


Figura 13 - Resultados para o Grupo A.

O grupo B (figura 14) apresentou as menores concentrações de nitrato, cloreto e sódio, representando a região de menor grau de contaminação da área de estudo. Os poços tubulares analisados estão quase sempre abaixo do limite de potabilidade para nitrato, indicando que a baixa contaminação rasa existente não alcança grandes profundidades.

A única exceção ao comportamento visto neste grupo ocorre com o poço PC-45, que está no cadastro de fossas negras (ANEXO 5). A presença de uma fossa inativa à montante dele indica a atuação de uma fonte pontual de contaminação que em meio à uma região de baixa quantidade de fossas negras nas imediações, não interferiu nas concentrações dos outros poços cadastrados com o passar do tempo.

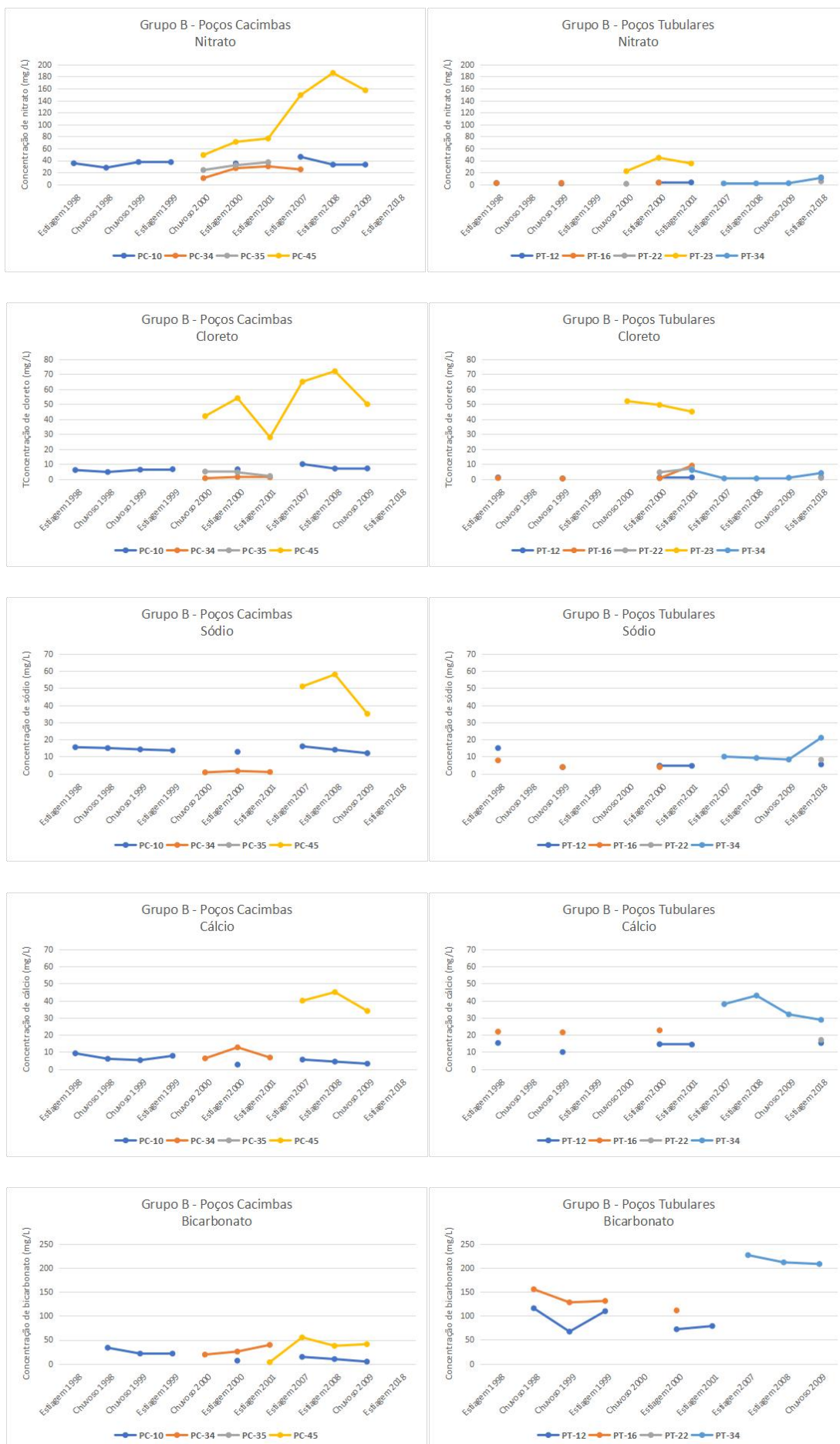


Figura 14 - Resultados para o Grupo B.

O grupo C (figura 15) apresentou concentrações elevadas de nitrato (até 100 mg/L), com cloreto e o sódio acompanhando as variações de concentração de nitrato, porém com concentrações inferiores se comparadas ao grupo A. Além disso, os poços tubulares mantêm concentrações aparentemente constantes ao longo dos anos para esses íons, enquanto os poços cacimbas apresentam tendência de aumento de suas concentrações na maioria dos poços, entre os anos de 1998 a 2009, tanto para nitrato quanto para cloreto.



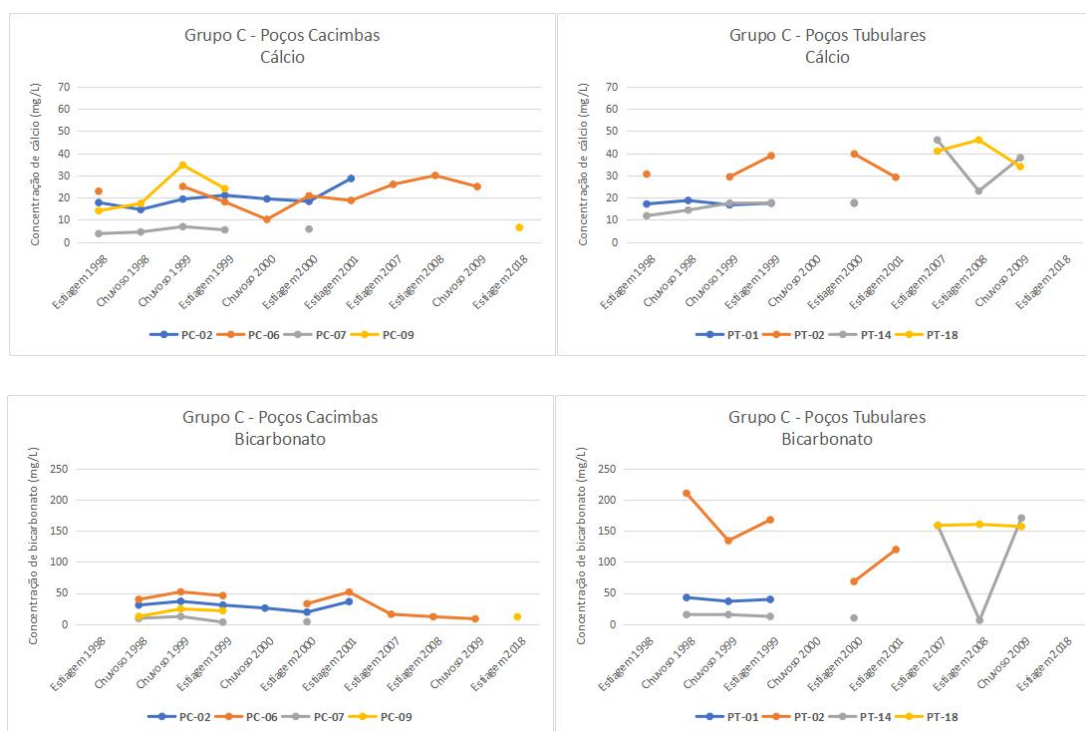


Figura 15 - Resultados para o Grupo C.

O ânion bicarbonato apresentou relação com a profundidade dos poços analisados. Há sensível aumento de suas concentrações dos poços cacimbas para os tubulares, tal comportamento é acompanhado também pelo cálcio, que é o principal cátion para os poços tubulares dos três grupos, havendo também decréscimo significativo das concentrações de sódio dos poços cacimbas para os tubulares, indicando que esse íon pode estar em parte, relacionado à contaminação rasa, assim como o nitrato e cloreto.

7.4. Evolução geoquímica e resultados para a campanha de julho/2018

Para detalhar a geoquímica de cada um dos grupos, foram confeccionados diagramas piper, investigando-se o comportamento geoquímico das águas em poços cacimbas e tubulares e possíveis evoluções em cada grupo selecionado.

Primeiramente, foram separadas as análises dos grupos de poços (figura 16), sem levar em conta o ano da campanha, para averiguar o padrão das águas de poços cacimbas e tubulares de cada região da cidade.

Nota-se que as águas dos poços cacimbas do Grupo A são ricas em sódio, cálcio, nitrato e cloreto, corroborando com a possível similaridade de fonte para esses íons, que são os dejetos de esgoto doméstico principalmente por fossas negras por conta de sua maior densidade na área deste grupo. Os cátions também podem ter origem geológica, por conta da alta intemperismo na zona não saturada.

Nas águas dos poços cacimbas do Grupo B, região de menor contaminação, predominou o ânion bicarbonato e principalmente os cátions sódio e cálcio, deixando evidente a possibilidade de origem geológica para tais íons.

Para os poços cacimbas do Grupo C, região de ocupação mais antiga, existiram tanto grupos de águas bicarbonatadas quanto nitratadas, predominando-se o cálcio como cátion principal. O predomínio do cálcio em relação ao sódio em poços cacimbas ocorreu somente para este grupo.

Para os poços tubulares, tanto o grupo A quanto B apresentaram bicarbonato como ânion principal em praticamente todos os poços analisados, assim como houve a predominância do cálcio em relação ao sódio.

Para o grupo C, houve águas mais ricas em bicarbonato e outras com maiores concentrações de nitrato e cloreto, sempre predominando o cálcio como cátion principal destas águas.

Em geral, nota-se uma evolução geoquímica com a profundidade. Há decréscimo de sódio e aumento de cálcio e magnésio dos poços cacimbas para os tubulares, assim como total predominância de bicarbonato majoritariamente.

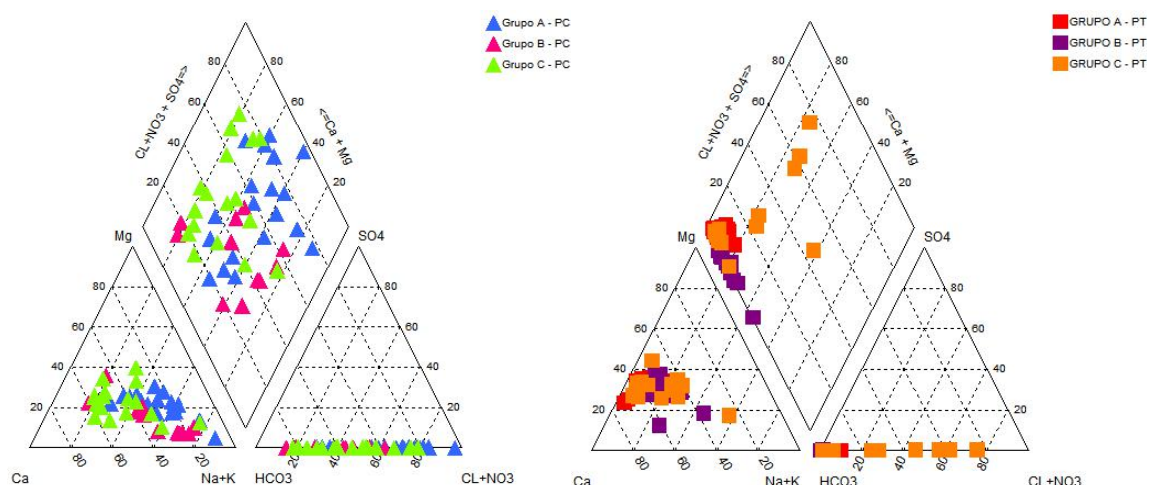


Figura 16 - Diagramas Piper para os grupos de poços cacimbas (à esquerda) e tubulares (à direita).

Em seguida, foi feita a separação das análises por ano, para cada grupo de poços, buscando-se relações entre a geoquímica das águas de poços cacimbas e tubulares com a evolução temporal dos dados.

Nas águas dos poços cacimbas do Grupo A (figura 17) observou-se predominantemente águas nitratadas-cloretadas sódicas a cálcicas. Nota-se que algumas análises de 1999-2001 ainda continham bicarbonato como ânion principal, tal comportamento é retomado em uma análise de 2018.

Nos poços tubulares (figura 17), todas as análises apontam para águas bicarbonatadas cálcicas em todas as campanhas, não apresentando evolução temporal.

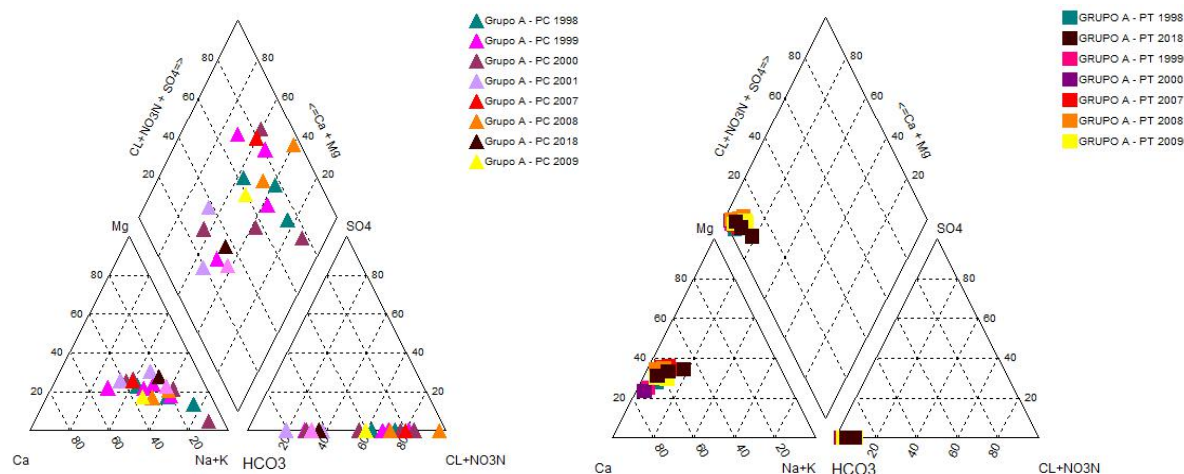


Figura 17 - Diagramas Piper para o grupo A de poços cacimbas (à esquerda) e tubulares (à direita).

As águas dos poços cacimbas do Grupo B (figura 18) apresentaram águas bicarbonatadas sódicas, sem mudanças significativas entre as campanhas.

Para os poços tubulares (figura 18), nota-se também que não há evolução geoquímica das águas com o tempo, apenas a predominância do cálcio em relação ao sódio em todas as campanhas, resultando em águas bicarbonatadas cálcicas.

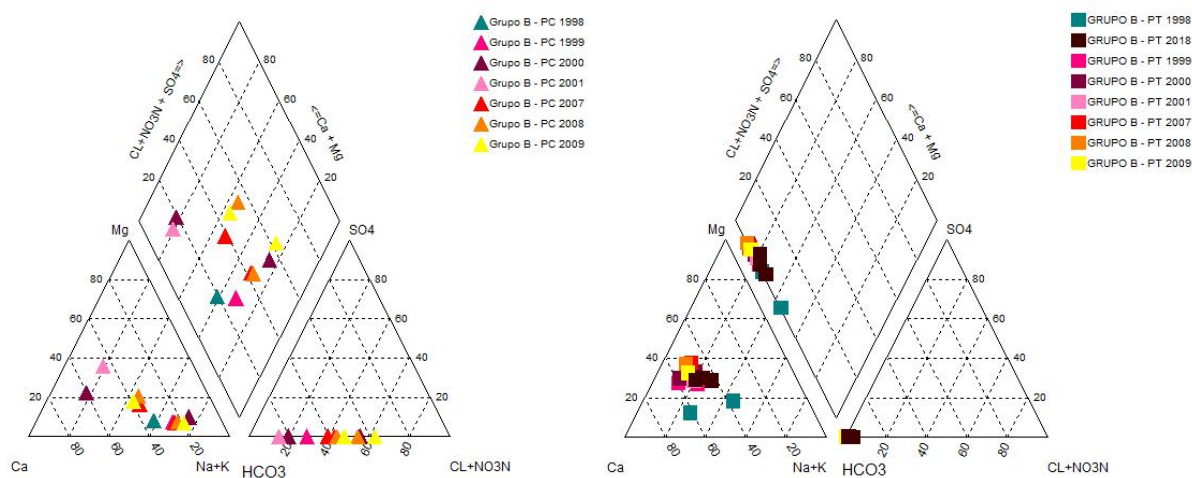


Figura 18 - Diagrama Piper para o Grupo B de poços cacimbas (à esquerda) e tubulares (à direita).

As águas dos poços cacimbas do Grupo C (figura 19) apresentaram bicarbonato como principal ânion para a maioria das análises de 1998-2001, enquanto o nitrato passou a predominar nos dados de 2007-2009, na análise de 2018 nota-se a retomada da predominância de bicarbonato. Portanto, aparentemente as águas evoluíram de bicarbonatadas cálcicas para nitratadas cálcicas até 2009, necessitando-se de mais dados para afirmações posteriores. Percebeu-se também que este grupo de poços apresentou o cálcio como principal cátion em poços cacimbas majoritariamente

Nos poços tubulares (figura 19), na maioria dos dados no tempo o bicarbonato apresenta concentrações superiores ao nitrato, portanto predominaram águas bicarbonatadas cálcicas, porém este foi o único grupo em que algumas das análises de poços tubulares (de 1999, 2000 e 2008) apresentaram nitrato junto do cloreto como ânions principais.

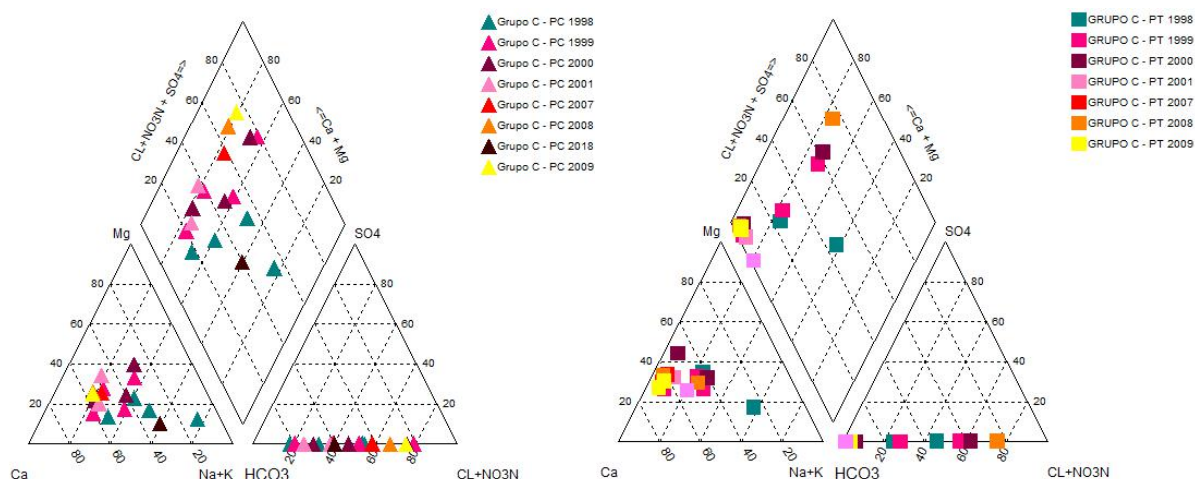


Figura 19 - Diagrama Piper para o Grupo C de poços cacimbas (à esquerda) e tubulares (à direita).

Para melhor detalhar os resultados da campanha de julho/2018, foi feito um Diagrama Piper (figura 20) somente para esta campanha de poços cacimbas e tubulares, assim como tratamento estatístico dos principais parâmetros químicos e de campo (tabela 3).

As águas dos poços cacimbas analisados apresentam condições ácidas e oxidantes, com valores de pH que variaram de 5,30 a 6,78 (média de 5,85) e valores de Eh que variaram de 182,9 a 413,5 mV (média de 344,62 mV). É classificada como nitrada-bicarbonatada sódica.

As águas dos poços tubulares analisados apresentam condições ácidas a neutras e mais oxidantes se comparadas as águas mais rasas dos poços cacimbas, com valores de pH que variaram de 5,92 a 7,72 (média de 7,34) e valores de Eh que variaram de 224,4 a 548,5 mV (média de 393,0 mV). É classificada como bicarbonatada-nitrada cálcica.

Os resultados demonstram que a contaminação, em média, permaneceu dentro da faixa de valores anteriormente observados nos outros anos, tanto para poços cacimbas quanto tubulares, comprovando que a contaminação persiste com o tempo mesmo após a desativação das fossas negras da região e expansão da rede de esgoto por quase a totalidade da cidade.

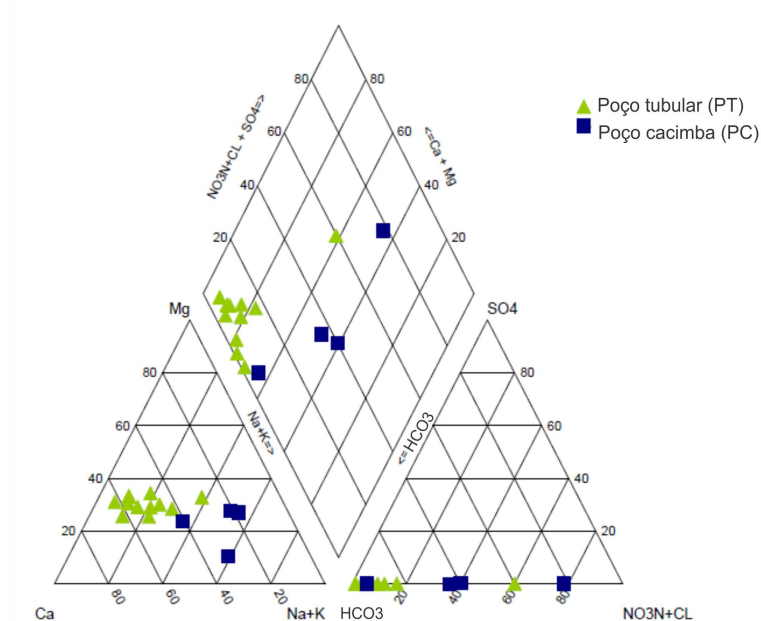


Figura 20 - Diagrama Piper para os poços cacimbas e tubulares da campanha de julho/2018.

PC = 4	pH	Eh (mV)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)
Média	5,86	323,28	22,25	6,03	7,07	14,70	62,65	22,50	58,26
Máximo	6,78	413,50	28,00	11,32	12,25	34,65	90,78	23,50	180,62
Mínimo	5,3	182,90	13,90	1,11	1,35	6,57	32,77	13,30	5,82
Mediana	5,67	348,35	23,55	5,84	7,34	8,79	63,53	22,20	23,31
Desvio Padrão	0,68	98,50	5,97	4,18	4,46	13,35	29,07	0,89	82,54

PT = 12	pH	Eh (mV)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Ca ²⁺ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)
Média	7,00	377,88	8,35	3,84	10,28	29,86	38,33	9,14	117,99
Máximo	7,72	548,50	21,01	4,49	16,96	50,02	76,17	17,50	186,44
Mínimo	5,92	224,40	4,11	2,72	5,12	7,50	5,09	0,78	64,09
Mediana	6,98	399,15	7,93	3,90	9,67	27,99	38,22	11,05	99,05
Desvio Padrão	0,50	125,77	4,52	0,60	4,10	14,20	21,43	5,85	61,13

Tabela 3 - Tratamento estatístico dos dados químicos e parâmetros de campo da campanha de julho/2018.

8. CONCLUSÕES

As águas subterrâneas do Aquífero Adamantina encontram-se contaminadas por nitrato tanto em sua porção rasa (representada por poços cacimbas) quanto intermediária (representada por poços tubulares) e tal contaminação persiste historicamente (dados químicos de 1998 a 2018), e está associada ao padrão de urbanização, uso e ocupação do solo e data de implantação de saneamento básico nas diferentes porções da cidade.

A região rasa de maior concentração de nitrato e cloreto situa-se nas proximidades do Córrego Comprido, onde havia maior densidade de fossas negras devido a ausência de rede de esgoto durante praticamente todo o processo de urbanização. Os dados de poços cacimbas do Grupo A mostram uma evolução temporal, partindo-se de valores de nitrato e cloreto que nas análises químicas de 1998-2001 atingiam mais de 170 mg/L e 60 mg/L respectivamente, para valores que nas análises químicas entre 2007-2009 e 2018 chegaram apenas próximos a 100 mg/L e 30 mg/L respectivamente, evidenciando uma diminuição da contaminação local.

Tal comportamento pode ser um indício de que com a desativação das fossas negras, muito concentradas nessa região, a expansão da rede de esgoto para essa porção da cidade diminuiu o aporte local de nitrogênio. Esta afirmação é corroborada pelo comportamento similar do cloreto, que apresenta boa relação com o nitrato em termos de origem.

A região sul da cidade de Urânia, representada pelo Grupo B de poços cacimbas e tubulares, apresentou o menor grau de contaminação por nitrato (concentrações próximas de 40 mg/L na maioria dos poços cacimbas e inferior a 20 mg/L em quase todos os poços tubulares em todos os períodos) e cloreto (em poços cacimbas e tubulares não ultrapassaram 10 mg/L majoritariamente), concluindo-se que o menor registro de fossas negras e uma urbanização tardia, em parte concomitante com a expansão da rede de esgoto na área, permitiram um melhor controle da contaminação.

Os poços do Grupo C representam a região de ocupação urbana mais antiga (década de 1960) e primeira a receber saneamento (década de 1980). A contaminação rasa é inferior aos valores observados no grupo A e superiores aos do grupo B tanto para nitrato quanto cloreto, porém notou-se uma tendência de manutenção das altas concentrações desses ânions nas análises na maioria dos poços de 1998 a 2009 (concentrações de nitrato oscilando principalmente entre 50-100 mg/L e cloreto entre 5-20 mg/L). Isso pode ser um indício de que há outra fonte de contaminação atuando ativamente nesta porção da cidade, possivelmente vazamentos de uma rede antiga de esgoto.

Na geoquímica das águas, percebe-se que nas águas dos poços cacimbas do Grupo A predominou majoritariamente o nitrato e cloreto em relação bicarbonato, confirmando a maior contaminação rasa desta porção da cidade, enquanto o Grupo B sempre predominou o bicarbonato, por conta do menor grau de contaminação. Apenas no Grupo C houve uma evolução temporal, por conta da passagem de águas bicarbonatadas cálcicas (1998-2001) para nitratadas-cloretadas cálcicas (2007-2009) em poços cacimbas, corroborando com a tendência de aumento da contaminação rasa observada.

Não foram observadas evoluções temporais para os poços tubulares, e todos apresentaram águas bicarbonatadas cálcicas predominantemente em todas as campanhas nos grupos selecionados.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almodovar, M. L. N. (2000). *A Origem Natural da Poluição por Cromo no Aquífero Adamantina, Município de Urânia (SP)*. (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo). 199p.
- Bertolo, R. A. (2001). *Hidrodinâmica e hidrogeoquímica da Zona não saturada do Aquífero Adamantina em Urânia-SP*. (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo). 218p.
- Bertolo, R., Hirata, R., & Sracek, O. (2006). Geochemistry and geochemical modeling of unsaturated zone in a tropical region in Urania, Sao Paulo state, Brazil. *Journal of hydrology*, 329(1-2), 49-62.
- Bertolo, R., Bourotte, C., Hirata, R., Marcolan, L., & Sracek, O. (2011). Geochemistry of natural chromium occurrence in a sandstone aquifer in Bauru Basin, São Paulo State, Brazil. *Applied geochemistry*, 26(8), 1353-1363.
- Bourotte, C., Bertolo, R., Almodovar, M., & Hirata, R. (2009). Natural occurrence of hexavalent chromium in a sedimentary aquifer in Urânia, State of São Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 81(2), 227-242.
- Brasil (2017). Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Diário Oficial da União, Brasília, DF.
- Buss, S. R., Herbert, A. W., Morgan, P., Thornton, S. F., & Smith, J. W. N. (2004). A review of ammonium attenuation in soil and groundwater. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 37(4), 347-359.
- Canfield, D. E., Glazer, A. N., & Falkowski, P. G. (2010). The evolution and future of Earth's nitrogen cycle. *Science*, 330(6001), 192-196.
- Cagnon, F. A. (2003). *Origem e hidroquímica do nitrato nas águas subterrâneas do Aquífero Adamantina em Urânia, SP*. (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo). 148p.
- Chitsazan, M., Tabari, M. M. R., & Eilbeigi, M. (2017). Analysis of temporal and spatial variations in groundwater nitrate and development of its pollution plume: a case study in Karaj aquifer. *Environmental Earth Sciences*, 76(11), 391.
- Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo (1976). *Estudo de águas subterrâneas; regiões administrativas 7, 8 e 9 (Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba)* São Paulo, ENCO. 4v.

- Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo (1979). *Estudo de águas subterrâneas; regiões administrativas 10 e 11 (Presidente Prudente e Marília)*. São Paulo. 3v.
- Fernandes, L. A. (1998). *Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)*. (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo). 216p.
- Fernandes, L. A., & Coimbra, A. M. (2000). Revisão Estratigráfica da parte Oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências*, 30(4), 717-728.
- Foster, S. S., Lawrence, A., & Morris, B. (1998). Groundwater in urban development: assessing management needs and formulating policy strategies. *World Bank Technical Paper*, 390.
- Glass, C., & Silverstein, J. (1998). Denitrification kinetics of high nitrate concentration water: pH effect on inhibition and nitrite accumulation. *Water Research*, 32(3), 831-839.
- Godfrey, L. V., & Glass, J. B. (2011). The geochemical record of the ancient nitrogen cycle, nitrogen isotopes, and metal cofactors. *Methods in enzymology*, 486, 483-506.
- Gutierrez, A. S. (2003). *Modelo hidrogeoquímico do Aquífero Adamantina em Urânia-SP*. (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo). 151p.
- Hirata, R.; Bastos, C.; Rocha, G. (1997). *Mapeamento da vulnerabilidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 95p.
- Hirata, R., Foster, S., & Oliveira, F. (2015). *Águas subterrâneas urbanas no Brasil: uma avaliação crítica para o desenvolvimento de políticas sustentáveis de gestão*. São Paulo, IGC USP. 112p.
- IBGE, I. (1960). Censo demográfico 1960. *IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Dados disponíveis em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=768&view=detalhes>
- IBGE, I. (1970). Censo demográfico 1970. *IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Dados disponíveis em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=769&view=detalhes>
- IBGE, I. (1980). Censo demográfico 1980. *IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Dados disponíveis em: <http://www.imp.seade.gov.br>
- IBGE, I. (1991). Censo demográfico 1991. *IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Dados disponíveis em: <http://www.imp.seade.gov.br>

- IBGE, I. (2000). Censo demográfico 2000. *IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Dados disponíveis em: <http://www.imp.seade.gov.br>
- IBGE, I. (2010). Censo demográfico 2010. *IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Dados disponíveis em: <http://www.imp.seade.gov.br>
- Lerner, D. N. (2002). Identifying and quantifying urban recharge: a review. *Hydrogeology journal*, 10(1), 143-152.
- Maldaner, C. H. (2010). *Recarga de aquífero em área urbana: estudo de caso de Urânia (SP)*. (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo). 101p.
- Marcolan, L. N. O. (2009). *Investigação hidrogeoquímica do cromo no aquífero Adamantina no município de Urânia-SP*. (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo). 148p.
- Nikolenko, O., Jurado, A., Borges, A. V., Knöller, K., & Brouyère, S. (2017). Isotopic composition of nitrogen species in groundwater under agricultural areas: A review. *Science of the Total Environment*, 621, 1415-1432.
- Seitzinger, S., Harrison, J. A., Böhlke, J. K., Bouwman, A. F., Lowrance, R., Peterson, B., ... & Drecht, G. V. (2006). Denitrification across landscapes and waterscapes: a synthesis. *Ecological applications*, 16(6), 2064-2090.
- Procel-Guerra (2011), S. T. *Contaminação por nitrato e sua relação com o crescimento urbano no Sistema Aquífero Bauru em Presidente Prudente (SP)* (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo). 132p.
- Silva, F. D. P. (2003). *Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo*. (Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista). 184p.
- Silva, F. D. P. E., Kiang, C. H., & Caetano-Chang, M. R. (2003). Perfis de referência do Grupo Bauru (K) no estado de São Paulo. *Geociências*, 22(1), 127-139.
- Soares, P. C., Landim, P. M. B., Fulfaro, V. J., & Neto, A. S. (1980). Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Brazilian Journal of Geology*, 10(3), 177-185.
- Thamdrup, B. (2012). New pathways and processes in the global nitrogen cycle. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 43, 407-428.
- USEPA (1993). *Manual. Nitrogen Control*. Report EPA/625/R-93/010. US Enviromental Protection Agency, Washington DC. 311p.

- Varnier, C. L. (2007). *Avaliação da contaminação de uma fossa negra desativada na zona não-saturada do aquífero Adamantina em Urânia (SP)*. (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo). 144p.
- Varnier, C., Iritani, M. A., Viottil, M., Oda, G. H., & Ferreira, L. M. R. (2010). Nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, área urbana do município de Marília (SP). *Revista do Instituto Geológico*, 31(1-2), 1-21.
- Varnier, C., Hirata, R., & Aravena, R. (2017). Examining nitrogen dynamics in the unsaturated zone under an inactive cesspit using chemical tracers and environmental isotopes. *Applied geochemistry*, 78, 129-138
- Zhang, Q., Sun, J., Liu, J., Huang, G., Lu, C., & Zhang, Y. (2015). Driving mechanism and sources of groundwater nitrate contamination in the rapidly urbanized region of south China. *Journal of contaminant hydrology*, 182, 221-230..

ANEXO 1

Dados químicos laboratoriais e de campo de estudos prévios

ALMODOVAR (2000) - Campanhas: Junho/98, Novembro/98, Março/99, Junho/99

Unidade das análises químicas: mg/L; N.D – não detectado; N.A – não analisado

Poços cacimbas

Poços	X	Y	Ag	Al	Ba	Br	Ca	Cd	Cl	Cr t	Cr 6	Cu	Fet	F	K	Mg	Mn	Na	Ni	NO2	NO3	Pb	PO4	SO4	Sr	Zn	T ar (°C)	T água (°C)	pH	Eh (mV)	O2	C.E. (uS/cm)	MÊS
PC-02	536880	7761780	N.D.	N.D.	0,31	0,012	17,8	N.D.	9,83	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,01	16	6,8	N.D.	13	N.D.	0,03	63,07	N.D.	0,008	0,36	0,14	0,02	25,4	25,4	6,45	485	6,3	241	Jun-98
PC-04	537230	7761720	N.D.	N.D.	0,44	0,011	28,7	N.D.	21,3	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,02	16,5	7,65	N.D.	38	N.D.	0,03	116,41	N.D.	0,007	0,55	0,24	0,01	23	24,1	6,42	471	5,38	390	Jun-98
PC-06	537310	7761250	N.D.	N.D.	0,19	0,09	22,9	N.D.	6,43	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,15	14	3,55	N.D.	7,4	N.D.	0,02	38,26	N.D.	0,06	0,59	0,11	0,04	33	26,4	6,49	491	0,74	203	Jun-98
PC-07	536910	7761920	N.D.	N.D.	0,18	0,08	3,8	N.D.	2,52	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,02	27	2,6	N.D.	14,5	N.D.	0,02	48,21	N.D.	0,06	0,1	N.D.	N.D.	20,8	22,9	5,86	501	6,46	126,6	Jun-98
PC-08	537310	7761250	N.D.	N.D.	0,24	0,02	10	N.D.	17,08	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,25	14,5	7,05	0,09	25	N.D.	0,06	68,56	N.D.	0,02	3,71	N.D.	0,01	32,4	27,2	5,88	490	0,7	252	Jun-98
PC-09	536760	7761210	N.D.	N.D.	0,21	0,014	14,1	N.D.	27,46	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,13	2,2	4,45	0,04	24	N.D.	0,07	59,05	N.D.	0,012	0,64	0,08	0,01	31	27,5	5,92	524	0,69	255	Jun-98
PC-10	536860	7760630	N.D.	N.D.	N.D.	0,011	9,25	N.D.	6,02	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,15	5	1,35	0,03	15,5	N.D.	0,03	35,31	N.D.	0,012	0,89	0,09	0,01	25,2	25,2	6,28	513	0,65	167,5	Jun-98
PC-11	537291	7761610	N.D.	N.D.	0,63	0,004	29,3	N.D.	40,17	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,14	13,5	12	0,05	34	N.D.	0,08	154,83	N.D.	0,04	0,51	0,18	0,02	26,7	25,1	5,69	494	5,6	463	Jun-98
PC-12	537808	7761647	N.D.	N.D.	0,31	0,02	16,45	N.D.	11,33	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,05	7,2	7	0,02	5,1	N.D.	0,02	54,78	N.D.	0,01	1,38	0,11	0,02	26,7	25,4	5,07	503	4,63	224	Jun-98
PC-14	537645	7761238	N.D.	N.D.	0,33	0,009	16,95	N.D.	55,34	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,19	9,2	8,15	0,07	48	N.D.	0,07	91,15	N.D.	0,012	0,19	0,08	0,02	27,5	26,7	4,82	471	5,28	369	Jun-98
PC-16	537420	7761210	N.D.	N.D.	0,38	0,012	8,8	N.D.	33,44	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,18	15	6,75	0,25	63	N.D.	0,03	113,66	N.D.	0,02	0,59	0,05	0,03	33	28,1	5,15	493	1,07	360	Jun-98
PC-17	537600	7761070	N.D.	N.D.	0,33	0,011	17,05	N.D.	24,89	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,14	8	7,05	0,1	31	N.D.	0,07	87,43	N.D.	0,02	0,9	0,06	0,03	28	27,1	5,57	489	2,4	301	Jun-98
PC-18	537265	7761054	N.D.	N.D.	0,83	0,005	12,85	N.D.	28,31	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,16	20	6,85	0,52	80	N.D.	0,03	134,86	N.D.	0,016	0,27	0,1	0,03	29,5	24,8	6	474	5,62	380	Jun-98
PC-22	537580	7760750	N.D.	N.D.	N.D.	0,012	4,8	N.D.	27,67	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,39	15,5	1,95	0,03	132,5	N.D.	0,04	58,78	N.D.	0,015	2,26	N.D.	N.D.	28,9	26,4	5,71	505	0,72	234	Jun-98

Poços	X	Y	Ag	Al	Ba	Br	Ca	Cd	Cl	Cr t	Cr 6	Cu	Fe t	F	K	Mg	Mn	Na	Ni	NO2	NO3	Pb	PO4	SO4	Sr	Zn	T ar (°C)	T água (°C)	pH	Eh (mV)	O2	C.E. (uS/cm)	HCO3	Mes
PC-02	536880	7761780	N.D.	N.D.	0,38	0,01	14,65	N.D.	10,94	N.D.	0,005	N.D.	N.D.	0,04	6,5	7,35	N.D.	5	N.D.	0,03	66,29	N.D.	0,02	0,3	0,1	0,04	37,1	26,7	6,3	561	2,8	219	30,5	Nov-98
PC-04	537230	7761720	N.D.	N.D.	0,4	0,01	23	N.D.	22,23	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,05	6,5	7,45	N.D.	20,5	N.D.	0,11	113,24	N.D.	0,015	0,61	0,16	0,01	35,7	27,2	6,35	536	2,42	332	45,75	Nov-98
PC-06	537310	7761250	N.D.	N.D.	N.D.	0,007		N.D.		N.D.	0,005	N.D.	N.D.	0,01			N.D.		N.D.	0,08		N.D.	0,02		N.D.	0,02	28,3	21,6	5,94	524	1,17	120,8	39,65	Nov-98
PC-07	536910	7761920	N.D.	N.D.	0,28	0,004	4,55	N.D.	3,19	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,02	6,5	4	N.D.	3,9	N.D.	0,009	48,29	N.D.	0,006	0,09	0,05	0,03	26,4	22,4	5,82	570	3,05	148,3	9,15	Nov-98
PC-08	537310	7761250	N.D.	N.D.	0,18	0,02	7,4	N.D.	14,13	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,04	7,3	6,9	0,09	18,5	N.D.	0,04	55,72	N.D.	0,02	1,34	N.D.	0,01	36,4	29,2	5,82	547	1,04	227	30,5	Nov-98
PC-09	536760	7761210	N.D.	N.D.	0,33	0,012	17,4	N.D.	35,66	N.D.	0	0,04	N.D.	0,23	2,2	6,35	0,06	29	N.D.	0,07	84,27	N.D.	0,018	1	0,13	0,03	38,3	28,5	5,7	553	1,54	317	12,2	Nov-98
PC-10	536860	7760630	N.D.	N.D.	N.D.	0,005	6,05	N.D.	4,71	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,07	4,4	1,1	N.D.	15	N.D.	0,009	27,92	N.D.	0,05	0,4	0,08	0,01	30,3	24,4	6,27	564	2,88	132,7	33,55	Nov-98
PC-11	537291	7761610	N.D.	N.D.	0,69	0,009		N.D.		N.D.	0	N.D.	N.D.	0,12			0,04		N.D.	0,06		N.D.	0,09		0,23	0,04	35,7	23,5	5,83	580	2,63	330	21,35	Nov-98
PC-12	537808	7761647	N.D.	N.D.	0,35	0,03	20,85	N.D.	20,41	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,07	4,2	9,15	0,03	4,1	N.D.	0,05	78,83	N.D.	0,04	2,24	0,2	0,04	32,5	24,4	5,78	595	2,97	270	15,25	Nov-98
PC-14	537645	7761238	N.D.	N.D.	0,24	0,008	14	N.D.	36,09	N.D.	0	N.D.	0,05	0,17	3,2	6,7	0,06	26	N.D.	0,06	79,37	N.D.	0,018	0,35	0,09	0,02	37,1	30,6	5,2	572	2,23	307	6,1	Nov-98
PC-16	537420	7761210	N.D.	N.D.	0,26	0,01		N.D.		N.D.	0	N.D.	N.D.	0,11			0,2		N.D.	0,07		N.D.	0,013		0,04	0,04	28,5	18,6	5,35	565	1,63	257	9,15	Nov-98

PC-17	537600	7761070	N.D.	N.D.	0,33	0,008	15,95	N.D.	20,12	N.D.	0,005	N.D.	N.D.	0,17	4,4	7,05	0,09	19	N.D.	0,05	83,54	N.D.	0,013	0,22	0,09	0,01	37,9	21,1	5,89	513	1,48	295	18,3	Nov 98
PC-18	537265	7761054	N.D.	N.D.	0,85	0,006		N.D.		N.D.	0	N.D.	N.D.	0,19		0,59		N.D.	0,05		N.D.	0,02		0,1	0,1	38	30,6	5,27	530	1,57	320	6,1	Nov 98	
PC-22	537580	7760750	N.D.	N.D.	N.D.	0,008		N.D.		N.D.	0,005	N.D.	N.D.	0,03		0,02		N.D.	0,02		N.D.	0,02		N.D.	0,01	29,7	24,5	5,75	593	2,4	156,5	12,2	Nov 98	

Poços	X	Y	Ag	Al	Ba	Br	Ca	Cd	Cl	Cr t	Cr 6	Cu	Fet	F	K	Mg	Mn	Na	Ni	NO2	NO3	Pb	PO4	SO4	Sr	Zn	T ar (°C)	T água (°C)	pH	Eh (mV)	O2	C.E. (uS/cm)	HCO3	MÊS
PC-02	536880	7761780	N.D.	N.D.	0,34	0,012	19,35	N.D.	11,16	N.D.	0,005	N.D.	0,06	0,05	6,4	7,75	N.D.	5,5	N.D.	0,05	69,41	N.D.	0,04	0,49	0,18	N.D.	30	28,2	6,22	503	4,36	237	36,6	Mar-99
PC-04	537230	7761720	N.D.	N.D.	0,34	0,014	31,2	N.D.	20,67	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,07	6,4	8,1	N.D.	19,5	N.D.	0,03	99,65	N.D.	0,04	0,58	0,38	N.D.	27	26,7	6,32	490	3,69	358	51,85	Mar-99
PC-06	537310	7761250	N.D.	N.D.	0,18	0,011	25,05	N.D.	8,82	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,03	7,9	4,45	N.D.	5	N.D.	0,012	55,81	N.D.	0,04	0,47	0,19	0,02	32	27	6,19	504	3,49	227	51,85	Mar-99
PC-07	536910	7761920	N.D.	N.D.	0,31	0,02	6,95	N.D.	2,36	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,03	6,4	4,3	0,02	3,5	N.D.	N.D.	46,4	N.D.	0,016	0,13	0,1	N.D.	27,5	26,8	5,56	530	4,76	124	12,2	Mar-99
PC-08	537310	7761250	N.D.	N.D.	0,3	0,02	11,55	N.D.	14,51	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,05	10	7,95	0,09	20	N.D.	0,07	65,11	N.D.	0,05	2,46	0,1	N.D.	35,1	32,4	5,71	491	1,2	254	36,6	Mar-99
PC-09	536760	7761210	N.D.	N.D.	0,46	0,009	34,7	N.D.	38,1	N.D.	0,005	N.D.	N.D.	0,08	2,4	8,1	0,05	29	N.D.	0,05	95,4	N.D.	0,02	0,64	0,28	N.D.	33,7	31	5,84	500	3,34	386	24,4	Mar-99
PC-10	536860	7760630	N.D.	N.D.	N.D.	0,03	5,25	N.D.	6,25	N.D.	0	N.D.	0,16	0,06	4,2	1,6	0,02	14,2	N.D.	0,03	37,35	N.D.	0,06	0,26	0,09	N.D.	29,6	29,1	5,79	497	4,79	125	21,35	Mar-99
PC-11	537291	7761610	N.D.	N.D.	0,9	0,01	37,2	N.D.	44	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,18	7,6	15,5	0,06	23,5	N.D.	0,05	163,19	N.D.	0,03	0,41	0,41	0,01	27	27,4	5,4	523	4,23	512	18,3	Mar-99
PC-12	537808	7761647	N.D.	N.D.	0,26	0,018	16,5	N.D.	14,43	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,06	3,5	7,7	N.D.	3,1	N.D.	0,02	67,78	N.D.	0,04	1,68	0,23	N.D.	37,2	36,5	5,12	535	4,65	202	12,2	Mar-99
PC-14	537645	7761238	N.D.	N.D.	0,36	0,008		N.D.		N.D.	0	N.D.	0,06	0,12			0,09		N.D.	0,02		N.D.	0,03		0,19	0,01	35	28,4	4,92	557	3,19	408	6,1	Mar-99
PC-16	537420	7761210	N.D.	N.D.	0,25	0,011	8,6	N.D.	26,45	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,12	7,7	6,55	0,2	33	N.D.	0,012	78,8	N.D.	0,02	0,67	0,09	0,02	28,5	27,6	5,1	530	2,15	303	9,15	Mar-99
PC-17	537600	7761070	N.D.	N.D.	0,28	0,009	22,35	N.D.	29,23	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,11	8,1	10,2	0,08	32	N.D.	0,04	94,74	N.D.	0,04	0,95	0,19	0,01	29,7	27,3	5,84	515	1,89	355	36,6	Mar-99
PC-18	537265	7761054	N.D.	N.D.	0,3	0,01		N.D.		N.D.	0,005	N.D.	N.D.	0,09			0,26		N.D.	0,04		N.D.	0,03		0,18	0,01	31,3	28,3	5,92	506	3,19	243	27,45	Mar-99
PC-22	537580	7760750	N.D.	N.D.	0,3	0,014		N.D.		N.D.	0	N.D.	0,07	0,1			0,09		N.D.	0,04		N.D.	0,03		0,1	0,01	29,3	28,9	5,37	535	4,04	243	12,2	Mar-99

Poços	X	Y	Ag	Al	Ba	Br	Ca	Cd	Cl	Cr t	Cr 6	Cu	Fet	F	K	Mg	Mn	Na	Ni	NO2	NO3	Pb	PO4	SO4	Sr	Zn	T ar (°C)	T água (°C)	pH	Eh (mV)	O2	C.E. (uS/cm)	HCO3	MÊS
PC-02	536880	7761780	N.D.	N.D.	N.D.	0,008	21,1	N.D.	15,28	0,02	0,005	N.D.	N.D.	0,08	6,7	7,1	N.D.	7,2	N.D.	N.D.	85,31	N.D.	0,14	0,67	0,18	0,02	18,3	18,2	6,53	549	6,1	269	30,5	Jun-99
PC-04	537230	7761720	N.D.	N.D.	0,41	N.D.	41,8	N.D.	27,07	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,09	7,3	7,7	N.D.	19	N.D.	N.D.	126,12	N.D.	0,13	0,81	0,33	N.D.	26,7	26,2	6,67	504	3,1	394	57,95	Jun-99
PC-06	537310	7761250	N.D.	N.D.	0,19	0,004	18,1	N.D.	7,74	0,02	0	N.D.	N.D.	0,12	6,9	2,8	N.D.	4,2	N.D.	N.D.	51,64	N.D.	0,08	0,51	0,13	0,27	22,7	22,6	6,24	519	3,6	183	45,75	Jun-99
PC-07	536910	7761920	N.D.	N.D.	0,29	0,003	5,5	N.D.	2,55	0,02	0,01	N.D.	N.D.	0,06	6,3	3,5	0,03	3,3	N.D.	N.D.	50,29	N.D.	0,043	0,15	0,08	0,01	16,9	17,4	5,53	568	6,1	121	3,05	Jun-99
PC-08	537310	7761250	N.D.	N.D.	0,19	0,023	10,8	N.D.	16,93	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,04	9,4	6	0,08	18,5	N.D.	N.D.	68,78	N.D.	0,2	3,58	0,2	N.D.	24,6	24,7	5,88	542	2,4	241	39,65	Jun-99
PC-09	536760	7761210	N.D.	N.D.	0,31	0,004	24,1	N.D.	40,65	N.D.	0,05	N.D.	N.D.	0,04	2,4	5,8	0,05	22,5	N.D.	N.D.	97,62	N.D.	0,44	0,97	0,09	N.D.	27,7	26,2	5,96	527	3,5	337	21,35	Jun-99
PC-10	536860	7760630	N.D.	N.D.	N.D.	0,005	7,8	N.D.	6,58	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,03	4,7	1	0,06	13,6	N.D.	N.D.	37,22	N.D.	0,065	0,46	0,34	0,1	19,3	19,5	6,62	474	4,5	135	21,35	Jun-99
PC-11	537291	7761610	N.D.	N.D.	0,64	0,012	43,8	N.D.	47,15	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,14	7,4	11,8	0,04	24,5	N.D.	N.D.	160,45	N.D.	0,1	0,54	0,26	0,1	25	25,1	5,79	519	3,2	486	15,25	Jun-99
PC-12	537808	7761647	N.D.	N.D.	0,3	0,014	21,4	N.D.	24,95	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,06	4	7,9	0,02	3,6	N.D.	N.D.	78,64	N.D.	0,19	2,09	0,28	N.D.	24,4	25	5,47	539	3,1	256	9,15	Jun-99
PC-14	537645	7761238	N.D.	N.D.	0,3	N.D.	19,5	N.D.	55,34	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,13	4,5	8,1	0,08	30	N.D.	N.D.	109,58	N.D.	0,49	0,36	0,16	N.D.	24,8	24,5	4,98	555	3,1	389	6,1	Jun-99

PC-16	537420	7761210	N.D.	N.D.	0,26	N.D.	8,8	N.D.	26,69	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,1	6,9	4,9	0,21	27,5	N.D.	N.D.	87,21	N.D.	0,087	0,24	0,06	0,02	21,9	22	5,07	489	2,4	301	9,15	Jun-99
PC-17	537600	7761070	N.D.	N.D.	0,34	N.D.	19,8	N.D.	48,65	N.D.	0	N.D.	0,06	0,09	5	7	0,1	35,5	N.D.	N.D.	116,38	N.D.	0,21	0,36	0,14	0,01	20,9	21	5,92	354	4,1	394	21,35	Jun-99
PC-18	537265	7761054	N.D.	N.D.	0,56	0,008	8,9	N.D.	23,57	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,07	5,6	4	0,36	24,5	N.D.	N.D.	81,35	N.D.	0,19	0,23	0,1	0,01	12,4	12,9	5,69	554	8	253	15,25	Jun-99
PC-22	537580	7760750	N.D.	N.D.	N.D.	0,008		N.D.		0,02	0,005	N.D.	N.D.	0,04			0,06		N.D.	N.D.		N.D.	0,11		N.D.	N.D.	20,7	20,5	5,35	493	4,1	184	21,35	Jun-99

Poços tubulares

Poços	X	Y	Ag	Al	Ba	Br	Ca	Cd	Cl	Cr t	Cr 6	Cu	Fe t	F	K	Mg	Mn	Na	Ni	NO2	NO3	Pb	PO4	SO4	Sr	Zn	T ar (°C)	T água (°C)	pH	Eh (mV)	O2	C.E. (uS/cm)	MÊS
PT-01	536831	7761895	N.D.	N.D.	0,49	0,14	17,15	N.D.	11,98	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,14	7,8	8,7	N.D.	7	N.D.	N.D.	59,67	N.D.	0,04	0,17	0,14	0,01	25,5	25,5	6,15	488	5,9	249	Jun-98
PT-02	536975	7761660	N.D.	N.D.	0,28	N.D.	30,6	N.D.	3,19	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,11	10,4	8,9	N.D.	7,6	N.D.	N.D.	13,23	N.D.	0,003	0,09	0,34	0,01	25,7	25,5	6,76	508	6,75	268	Jun-98
PT-05	537086	7761981	N.D.	N.D.	0,23	N.D.	19,35	N.D.	1,54	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,28	5,8	4,9	N.D.	4,3	N.D.	N.D.	22,12	N.D.	0,29	0,2	0,16	0,04	24,5	24,9	6,97	514	8,03	198,2	Jun-98
PT-08	537746	7761038	N.D.	N.D.	0,29	0,012	24,6	N.D.	8,36	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,3	5,8	12,35	N.D.	5,9	N.D.	0,003	70,39	N.D.	0,2	0,11	0,16	0,04	28	23,6	6,68	512	0,73	294	Jun-98
PT-11	537245	7761898	N.D.	N.D.	0,3	0,009	22	N.D.	5,58	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,17	2,6	7,5	N.D.	2,5	N.D.	0,004	57,59	N.D.	0,04	0,31	0,19	0,08	26	26,2	6,13	493	5,45	223	Jun-98
PT-12	536750	7760250	N.D.	N.D.	0,18	0,005	15,3	N.D.	1,1	0,02	0,02	N.D.	N.D.	0,19	11,2	4,55	N.D.	15	N.D.	0,004	2,24	N.D.	0,015	0,06	0,06	N.D.	25,5	26,1	6,99	491	0,7	157,1	Jun-98
PT-13	537254	7761391	N.D.	N.D.	0,26	0,003	44,38	N.D.	5,39	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,05	5,1	11,6	N.D.	3,6	N.D.	0,02	21,53	N.D.	0,07	0,17	0,34	N.D.	24,5	23,8	6,78	459	5,76	318	Jun-98
PT-14	537071	7761314	N.D.	N.D.	0,25	0,01	11,85	N.D.	17,32	N.D.	0	N.D.	0,21	0,04	5,8	4,9	0,03	28	N.D.	0,03	55,58	N.D.	0,02	0,88	0,11	N.D.	29	28,2	5,34	502	0,7	258	Jun-98
PT-15	536950	7760950	N.D.	N.D.	N.D.	0,007	4,7	N.D.	6,58	N.D.	0	N.D.	N.D.	0,15	5,9	3,05	N.D.	10,2	N.D.	0,02	29,15	N.D.	0,27	0,15	N.D.	0,02	27	26,5	5,96	494	0,66	107,9	Jun-98
PT-16	537270	7760310	N.D.	N.D.	0,21	0,003	21,9	N.D.	0,65	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,17	5,4	2,65	N.D.	7,8	N.D.	0,005	2,12	N.D.	0,007	0,09	0,1	N.D.	23,5	25,1	6,83	491	0,58	203	Jun-98

Poço	X	Y	Ag	Al	Ba	Br	Ca	Cd	Cl	Cr t	Cr 6	Cu	Fe t	F	K	Mg	Mn	Na	Ni	NO2	NO3	Pb	PO4	SO4	Sr	Zn	T ar (°C)	T água (°C)	pH	Eh (mV)	O2	C.E. (uS/cm)	HCO3	MÊS
PT-01	536831	7761895	N.D.	N.D.	0,45	0,006	18,75	N.D.	10,09	N.D.	0,005	N.D.	N.D.	0,14	6,2	7,45	N.D.	7,3	N.D.	0,03	46,19	N.D.	0,01	0,56	0,06	0,01	30,1	27,7	6,62	464	4,27	223	42,7	Nov-98
PT-02	536975	7761660	N.D.	N.D.	0,29	0,005		N.D.		N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,1			N.D.		N.D.	0,013		N.D.	0,05		0,21	0,01	28,8	27,1	6,92	531	3,57	246	210,45	Nov-98
PT-05	537086	7761981	N.D.	N.D.	0,23	0,004		N.D.		N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,19			N.D.		N.D.	N.D.		N.D.	0,07		0,11	0,04	26,4	23,7	7,52	481	3,86	186	109,8	Nov-98
PT-08	537746	7761038	N.D.	N.D.	0,24	0,007	22,45	N.D.	3,78	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,18	4	10,9	N.D.	4,7	N.D.	0,01	35,41	N.D.	0,07	0,07	0,1	0,1	33,3	22	7,18	477	2,61	251	109,8	Nov-98
PT-11	537245	7761898	N.D.	N.D.	0,31	0,007		N.D.		N.D.	0	N.D.	0,33	0,1			N.D.		N.D.	0,005		N.D.	0,02		0,12	0,23	27,4	25,7	6,4	410	3,78	216	73,2	Nov-98
PT-12	536750	7760250	N.D.	N.D.	0,18	0,005		N.D.		0,02	0,02	N.D.	N.D.	0,19			N.D.		N.D.	N.D.		N.D.	0,009		0,05	0,03	31,6	20,5	7,17	531	3,97	137,3	115,9	Nov-98
PT-13	537254	7761391	N.D.	N.D.	0,25	0,08	38,8	N.D.	6,52	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,01	3,6	10,25	N.D.	3,1	N.D.	0,02	24,86	N.D.	0,008	0,15	0,19	N.D.	27,3	21,3	7,17	532	2,83	265	183	Nov-98
PT-14	537071	7761314	N.D.	N.D.	0,26	0,016	14,4	N.D.	23,29	N.D.	0,005	N.D.	0,07	0,06	2,7	6,1	0,04	13,2	N.D.	0,08	69,31	N.D.	0,018	1,28	0,09	N.D.	27,5	25,3	5,5	495	1,58	240	15,25	Nov-98
PT-15	536950	7760950	N.D.	N.D.	N.D.	0,004	9,05	N.D.	4,83	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,04	4	5,3	N.D.	6,9	N.D.	0,014	20,2	N.D.	0,02	0,08	N.D.	0,02	29,1	24,9	6,36	515	3,13	155	42,7	Nov-98
PT-16	537270	7760310	N.D.	N.D.	0,21	0,006		N.D.		0,02	0,02	N.D.	N.D.	0,21			N.D.		N.D.	N.D.		N.D.	0,013		0,08	N.D.	31,8	21,8	7,02	547	4,04	186,3	155,55	Nov-98

Poços	X	Y	Ag	Al	Ba	Br	Ca	Cd	Cl	Cr t	Cr 6	Cu	Fet	F	K	Mg	Mn	Na	Ni	NO2	NO3	Pb	PO4	SO4	Sr	Zn	T ar (°C)	T água (°C)	pH	Eh (mV)	O2	C.E. (uS/cm)	HCO3	MÊS
PT-01	536831	7761895	N.D.	N.D.	0,39	0,018	16,75	N.D.	12,98	N.D.	0,005	N.D.	N.D.	0,33	6,4	8,05	N.D.	6,5	N.D.	0,07	61,32	N.D.	0,05	0,14	0,16	0,02	29,6	29,4	6,19	494	4,5	257	36,6	Mar-99
PT-02	536975	7761660	N.D.	N.D.	0,26	0,005	29,4	N.D.	4,28	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,08	4,6	9,9	N.D.	4	N.D.	0,014	18,44	N.D.	0,04	0,06	0,36	0,01	30,4	30,1	6,62	487	5,85	233	134,2	Mar-99
PT-05	537086	7761981	N.D.	N.D.	0,23	0,008	19,65	N.D.	1,79	N.D.	0,01	N.D.	N.D.	0,3	3,6	7,2	N.D.	2,6	N.D.	N.D.	35,07	N.D.	0,21	0,09	0,21	0,05	30,4	30,1	7,08	478	6,14	194,9	79,3	Mar-99
PT-08	537746	7761038	N.D.	N.D.	0,2	0,012	25,1	N.D.	7,46	N.D.	0,01	N.D.	0,05	0,27	4,1	11,5	N.D.	4,5	N.D.	0,04	60,1	N.D.	0,08	0,15	0,2	0,08	31,7	28,1	6,15	466	4,16	234	85,4	Mar-99
PT-11	537245	7761898	N.D.	N.D.	0,25	0,013	19,1	N.D.	7,04	N.D.	0,005	N.D.	N.D.	0,12	4,9	6,6	N.D.	5,3	N.D.	0,018	60,25	N.D.	0,03	0,33	0,2	0,07	31,8	24,6	5,97	494	4,48	211	45,75	Mar-99
PT-12	536750	7760250	N.D.	N.D.	N.D.	0,01	10	N.D.	0,39	0,02	0,02	N.D.	N.D.	0,18	2,6	3,25	N.D.	3,8	N.D.	0,009	1,46	N.D.	0,06	0,05	0,05	N.D.	26,8	26,5	6,92	491	6,31	93,3	67,1	Mar-99
PT-13	537254	7761391	N.D.	N.D.	0,21	0,018	37,3	N.D.	4,3	0,02	0,02	N.D.	N.D.	0,22	3,2	11,7	N.D.	2,4	N.D.	0,01	17,31	N.D.	0,013	0,07	0,36	N.D.	30	29,3	6,82	480	5,24	279	183	Mar-99
PT-14	537071	7761314	N.D.	N.D.	0,19	0,013	17,55	N.D.	20,94	N.D.	0,005	N.D.	0,06	0,11	2,9	7,3	0,04	13,4	N.D.	0,09	69,04	N.D.	0,03	2,17	0,18	N.D.	29,2	28,8	5,34	453	2,44	264	15,25	Mar-99
PT-15	536950	7760950	N.D.	N.D.	N.D.	0,016	7,05	N.D.	6,12	0,02	0,02	N.D.	N.D.	0,09	3,7	4,35	N.D.	6,5	N.D.	0,03	28,87	N.D.	0,05	0,11	0,04	0,04	25	26	6,41	514	2,43	112,6	21,35	Mar-99
PT-16	537270	7760310	N.D.	N.D.	N.D.	0,02	21,5	N.D.	0,36	0,03	0,03	N.D.	N.D.	0,12	2,9	5,9	N.D.	3,9	N.D.	0,013	2,56	N.D.	0,09	0,07	0,15	N.D.	27,7	27,2	6,97	502	5,9	156,2	128,1	Mar-99

Poços	X	Y	Ag	Al	Ba	Br	Ca	Cd	Cl	Cr t	Cr 6	Cu	Fe t	F	K	Mg	Mn	Na	Ni	NO2	NO3	Pb	PO4	SO4	Sr	Zn	T ar (°C)	T água (°C)	pH	Eh (mV)	O2	C.E. (uS/cm)	HCO3	MÊS
PT-01	536831	7761895	N.D.	N.D.	0,43	N.D.	17,5	N.D.	12,83	0,02	0,005	N.D.	0,07	0,04	6,2	7,6	N.D.	6,5	N.D.	N.D.	67,06	N.D.	0,21	0,14	0,15	N.D.	21,1	21	6,49	537	6,3	235	39,65	Jun-99
PT-02	536975	7761660	N.D.	N.D.	0,25	N.D.	38,9	N.D.	5,41	0,02	0,01	N.D.	N.D.	0,07	4,8	9,7	N.D.	3,8	N.D.	N.D.	18,6	N.D.	0,18	0,08	0,38	0,02	21	21,6	6,69	523	4,9	266	167,75	Jun-99
PT-05	537086	7761981	N.D.	N.D.	0,23	N.D.	20,8	N.D.	2,53	0,02	0,01	N.D.	N.D.	0,18	3,6	6,4	N.D.	2,5	N.D.	N.D.	34,81	N.D.	0,49	0,06	0,19	0,03	22,3	26,8	7,09	528	5,1	192	91,5	Jun-99
PT-08	537746	7761038	N.D.	N.D.	0,25	N.D.	32,4	N.D.	8,03	0,02	0,02	N.D.	N.D.	0,13	4	10,6	N.D.	4,4	N.D.	N.D.	65,36	N.D.	0,55	0,07	0,19	0,07	26,8	30,4	6,95	520	3,1	258	97,6	Jun-99
PT-11	537245	7761898	N.D.	N.D.	0,29	N.D.	19,5	N.D.	8,31	N.D.	0,005	N.D.	N.D.	0,05	4,8	5,6	N.D.	6,1	N.D.	N.D.	61,41	N.D.	0,26	0,51	0,21	0,11	17,8	17,9	6,25	526	5,2	223	57,95	Jun-99
PT-12	536750	7760250	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		0,04	0,04	N.D.	N.D.	0,08			N.D.		N.D.	N.D.		N.D.	0,14		0,08	N.D.	20,1	20,2	7,14	462	6	140,3	109,8	Jun-99
PT-13	537254	7761391	N.D.	N.D.	0,24	N.D.	49,3	N.D.	6,9	0,03	0,02	N.D.	N.D.	0,05	3,3	10,7	N.D.	2,3	N.D.	N.D.	24,59	N.D.	0,25	0,1	0,36	N.D.	24,2	24	7,05	514	4,1	315	198,25	Jun-99
PT-14	537071	7761314	N.D.	N.D.	0,25	N.D.	17,7	N.D.	23,74	N.D.	0,005	N.D.	0,07	0,06	2,7	6,2	0,04	11,2	N.D.	N.D.	69,4	N.D.	0,39	1,7	0,15	N.D.	14,3	14,5	5,51	519	3,7	238	12,2	Jun-99
PT-15	536950	7760950	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7,1	N.D.	9,18	0,02	0,02	N.D.	N.D.	0,02	3,6	3,5	N.D.	6,1	N.D.	N.D.	37,29	N.D.	0,85	0,13	N.D.	N.D.	18,5	17,8	5,84	474	4	129,7	15,25	Jun-99
PT-16	537270	7760310	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		N.D.		0,04	0,04	N.D.	N.D.	0,04			N.D.		N.D.	N.D.		N.D.	0,17		0,13	N.D.	19,6	19,7	6,85	476	5,5	178,3	131,15	Jun-99

CAGNON (2003) - Campanhas: Fevereiro/2000, Abril/2000, Agosto/2000, Agosto/2001, Setembro/2001

Unidade das análises: mg/L; N.D – não detectado; N.A – não analisado

Ensaio laboratorial em poços cacimbas e tubulares

POÇO	x	y	Sulfatos	Cloreto	Nitrato	Nitrito	Fluoreto	Fosfato total	Brometo	Sódio	Potássio	Cálcio	Magnésio	Estrôncio	Bário	Ferro total	Manganês	Alumínio	Cromo total	Chumbo	Cobre	Zinco	Cádmio	Níquel	Prata	Amônia	Amônio	MÊS
PC-02	536880	7761780	0,1	7,57	39,09	nd	0,011	0,22	nd	4,7	6,7	19,45	9,5	0,19	0,48	Nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PC-06	537310	7761250	0,84	9,91	28,53	nd	0,011	0,008	0,01	18,5	7,4	10,2	7,85	0,08	0,18	Nd	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PC-17	537600	7761070	0,19	17,51	64,56	nd	0,02	0,02	nd	22,5	5,1	24,2	12,2	0,16	0,4	Nd	0,14	0,05	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PC-29	537650	7761570	0,45	16,39	77,2	nd	0,02	0,014	nd	24	4,2	20,65	8,2	0,21	0,38	Nd	0,03	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PC-33	537660	7761290	0,33	11,91	23,63	nd	0,014	0,018	nd	15,8	3	16,7	9	0,1	0,23	Nd	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PC-34	537060	7760640	0,08	0,56	10,43	nd	0,013	0,11	nd	0,8	3,7	6,3	3,35	0,04	0,25	0,04	0,2	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PC-38	537590	7760890	0,14	13,41	38,56	nd	0,02	0,02	nd	36	4,8	8,65	2,75	0,05	0,2	Nd	0,13	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PC-43	536550	7761030	0,47	9,88	35,74	nd	0,011	0,07	nd	15	11,8	17,05	4,7	0,23	0,26	Nd	0,02	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PT-11	537245	7761898	0,67	6,36	49,44	nd	0,04	0,08	0,006	4,6	4,5	18,9	6,65	0,18	0,35	Nd	nd	nd	0,02	nd	nd	0,11	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PT-27	537599	7761808	0,08	4,59	32,26	nd	0,04	0,05	nd	4,7	4,5	35,05	13,35	0,69	0,33	Nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PT-28	538852	7761565	0,04	0,6	0,13	nd	0,09	0,006	nd	26,5	0,1	2,3	0,2	0,09	nd	Nd	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PT-30	538330	7762302	0,09	0,83	5,78	nd	0,12	0,02	nd	27	1	8,7	3	0,2	0,1	Nd	0,01	nd	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00
PT-100			0,11	4,29	31,63	nd	0,03	0,04	nd	4,7	4,7	35,2	13,35	0,69	0,34	0,02	0,01	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Feb-00

	POÇO	x	y	Sulfatos	Cloreto	Nitrato	Nitrito	Fluoreto	Fosfato total	Brometo	Sódio	Potássio	Cálcio	Magnésio	Estrôncio	Bário	Ferro total	Manganês	Alumínio	Cromo total	Chumbo	Cobre	Zinco	Cádmio	Níquel	Prata	Amônia	Amônio	MÊS
PC-02	536880	7761780	0,36	9,83	63,07	0,03	0,013	0,008	0,12	13	16	17,8	6,8	14	0,31	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	na	nd	Apr-00	
PC-04	537230	7761720	0,29	17,79	90,61	na	0,07	0,04	nd	4,9	7	19,5	9,75	0,19	0,48	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	Apr-00		
PC-06	537310	7761250	0,19	8,34	69,4	na	0,014	0,03	nd	4,7	7,4	20,85	4,85	0,14	0,19	nd	nd	nd	nd	nd	0,02	0,03	nd	nd	nd	na	na	Apr-00	
PC-07	536910	7761920	0,06	2,3	51,03	na	0,009	0,06	nd	3,6	6,6	5,85	4,9	0,09	0,25	nd	0,02	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	na	na	Apr-00	
PC-08	537310	7761250	0,57	26,45	80,26	na	0,05	0,05	nd	17,5	5,9	33,3	7,7	0,25	0,23	0,1	0,02	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	na	na	Apr-00	
PC-10	536860	7760630	0,13	6,5	35,03	na	0,015	0,007	nd	12,8	4	2,65	1,05	0,03	0,04	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	Apr-00		
PC-11	537291	7761610	0,29	59,17	172,87	na	0,11	0,015	nd	31	9,2	2,65	1,05	0,03	0,04	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	na	na	Apr-00	
PC-12	537808	7761647	2,59	13,78	80,1	na	0,04	0,012	nd	3,5	3,9	19,4	9,05	0,24	0,25	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	Apr-00		
PC-16	537420	7761210	1,04	16,34	53,97	na	0,04	0,009	nd	33	7,7	9	6,9	0,08	0,21	0,04	0,19	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	na	na	Apr-00	
PC-18	537265	7761054	0,22	18,99	63,59	na	0,026	0,013	nd	22	5,1	8,4	4,45	0,11	0,43	nd	0,24	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	na	na	Apr-00	
PC-22	537580	7760750	0,1	57,33	150,25	na	0,12	0,015	nd	42	7,8	8,4	4,45	0,11	0,43	nd	0,24	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	na	na	Apr-00	
PT-01	536831	7761895	0,05	9,08	36,78	na	0,02	0,29	nd	6,4	6,2	17,55	8,3	0,15	0,48	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	Apr-00	
PT-02	536975	7761660	0,1	4,99	19,23	na	0,11	0,15	nd	3,9	4,7	39,7	21,7	0,38	0,25	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	0,01	nd	0,01	nd	na	na	Apr-00	
PT-05	537086	7761981	0,06	2,06	32,59	na	0,28	0,62	nd	2,4	3,5	21,15	8,1	0,21	0,09	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	na	na	Apr-00	
PT-08	537746	7761038	0,09	9,49	67,66	na	0,39	0,32	nd	4,7	4,3	37,2	13,15	0,2	0,31	0,04	0,01	nd	0,02	nd	nd	0,09	nd	0,01	nd	na	na	Apr-00	
PT-11	537245	7761898	0,76	7,31	59,51	na	0,07	0,11	nd	5,3	4,6	20,5	7,7	0,2	0,33	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	Apr-00		
PT-12	536750	7760250	0,05	1,02	3,09	na	0,13	0,03	0,006	4,7	3,1	14,6	6	0,06	0,14	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	na	na	Apr-00	
PT-13	537254	7761391	0,07	6,11	24,74	na	0,02	0,05	nd	2,4	3,3	64,8	12,55	0,36	0,25	0,01	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	0,01	nd	na	na	Apr-00	
PT-14	537071	7761314	2,05	24,8	71,55	na	0,05	0,01	nd	12,2	2,9	17,75	8,4	0,15	0,28	0,05	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	na	na	Apr-00	
PT-16	537270	7760310	0,06	0,51	2,84	na	0,07	0,03	0,006	3,9	2,9	22,7	7,05	0,15	0,015	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,03	nd	na	na	Apr-00	

POÇO	x	y	Z	Sulfatos	Cloreto	Nitrato	Nitrito	Fluoreto	Fosfato total	Brometo	Sódio	Potássio	Cálcio	Magnésio	Estrôncio	Bário	Ferro total	Manganês	Alumínio	Cromo total	Chumbo	Cobre	Zinco	Cádmio	Níquel	Prata	Amônia	Amônio	Alcalinidade (CACO3)	Alcalinidade (HCO3 ⁻)	MES
PC-02	536880	7761780	467,51	0,1	11,71	84,03	nd	0,04	0,12	nd	5,4	6,9	18,85	8,3	0,18	0,36	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	na	na	Aug-00	
PC-08	537310	7761250	439,19	1,91	15,57	59,65	nd	0,03	0,02	nd	20	7,6	10,2	8,7	0,09	0,19	nd	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	na	na	Aug-00	
PC-17	537600	7761070	443,32	0,15	34,34	113,86	nd	0,09	0,017	nd	25	5,4	18,3	8,75	0,13	0,31	nd	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	na	na	Aug-00	
PC-29	537650	7761570	441,55	0,83	34,59	144,8	nd	0,1	0,02	nd	32	4,3	21,9	9,45	0,25	0,33	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	na	na	Aug-00	

PC-33	537860	7761290	436,88	0,89	32,58	61,22	nd	0,05	0,04	nd	15,4	3,1	16,3	8,35	0,11	0,19	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,2	na	na	Aug-00
PC-34	537060	7760640	457,93	0,72	1,41	33	nd	0,005	0,06	nd	1,6	4,6	12,75	2,85	0,06	0,26	nd	0,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	na	na	na	Aug-00	
PC-38	537590	7760890	457,93	0,15	31,53	88,41	nd	0,06	0,017	nd	37	5,7	6,6	3,15	0,05	0,19	nd	0,17	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	na	na	na	Aug-00	
PC-43	536550	7761030	456,2	0,43	21,8	76,37	nd	0,06	0,13	nd	21	12,8	7,4	6,75	0,1	0,54	nd	0,15	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	na	na	na	Aug-00	
PT-11	537245	7761898		0,89	8,07	61,39	nd	0,04	0,17	nd	6,2	5,3	20,05	7,3	0,19	0,29	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	na	na	na	Aug-00	
PT-27	537599	7761808		0,07	6,02	45,42	nd	0,1	0,03	nd	4,9	5	45,8	13,4	0,68	0,38	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	na	Aug-00	
PT-28	538852	7761565		0,04	0,66	0,53	nd	0,11	0,006	nd	28	0,2	2,8	0,1	0,09	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,21	17,4	49,1	Aug-00	
PT-30	538330	7762302		0,05	2,17	29,94	nd	0,11	0,04	nd	3,7	3,4	42,6	11,6	0,53	0,26	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	0,2	nd	nd	nd	nd	na	na	na	Aug-00	
PT-100				0,28	0,78	0,5	nd	0,08	0,004	nd	28,5	0,3	2,75	0,6	0,09	nd	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	na	na	Aug-00	

POÇO	x	y	Sulfatos	Cloreto	Nitrato	Nitrito	Fluoreto	Fosfato total	Brometo	Sódio	Potássio	Cálcio	Magnésio	Estrôncio	Bário	Ferro total	Manganês	Alumínio	Cromo total	Chumbo	Cobre	Zinco	Cádmio	Níquel	Prata	Amônia	Amônio	MES
PC-02	536880	7761780	0,23	27,99	122,25	nd	0,014	0,11	nd	5,7	8,6	27,6	13,05	0,26	0,55	nd	nd	0,05	nd	nd	0,01	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PC-04	537230	7761720	0,83	22,99	64,69	nd	0,005	0,06	nd	15,8	5,4	17,3	5,2	0,18	0,21	nd	nd	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PC-06	537310	7761250	0,06	7,29	76,52	nd	0,002	0,03	0,008	4,3	7,1	19,45	4,5	0,13	0,2	nd	nd	0,03	nd	nd	0,03	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PC-08	537310	7761250	1,7	19,43	65,91	nd	0,008	0,05	0,03	16,2	6,1	9,15	7	0,09	0,2	nd	0,14	0,08	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PC-17	537600	7761070	0,27	41,86	124,25	nd	0,009	0,005	0,007	22	5,2	24,3	10,65	0,15	0,33	nd	0,13	0,05	nd	nd	nd	0,01	nd	0,03	nd	nd	nd	Aug-01
PC-29	537650	7761570	0,5	24,22	104,51	nd	0,018	0,06	0,014	16	3,9	20,1	7,55	0,21	0,23	nd	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PC-32	537870	7761740	0,83	23,62	53	nd	0,014	0,07	0,014	11,8	3	18,9	8,05	0,13	0,14	nd	nd	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PC-34	537060	7760640	0,22	1,06	28,18	nd	nd	0,03	nd	1	3,6	9,2	3,15	0,08	0,23	nd	0,15	0,1	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PC-38	537590	7760890	0,17	32,88	84,43	nd	0,04	0,017	nd	35,5	4,3	7,9	2,3	0,04	0,13	0,02	0,13	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PC-43	536550	7761030	0,09	17,85	62,46	nd	0,011	0,04	nd	11,8	10,4	5,85	5,45	0,1	0,24	nd	0,06	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PC-48	538850	7761630	0,09	0,47	7,25	nd	nd	0,008	nd	2,5	1,9	2,65	2,2	0,03	0,08	nd	nd	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PT-11	537245	7761898	0,54	7,02	54,89	nd	0,03	0,03	nd	4,9	4,6	19,6	6,05	0,18	0,26	nd	nd	0,05	nd	nd	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PT-27	537599	7761808	0,18	6,56	47,9	nd	0,15	0,04	nd	4,7	4,6	35,65	11,85	0,7	0,24	nd	nd	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PT-28	538852	7761565	0,06	0,96	0,19	nd	0,22	0,015	0,002	25,5	0,3	2,05	0,15	0,1	0,03	nd	nd	0,03	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PT-30	538330	7762302	0,06	1,91	25,95	nd	0,11	0,06	0,014	11,8	2,8	22,85	7,85	0,39	0,14	nd	nd	0,04	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PT-36	536890	7760836	0,03	1,4	26,05	nd	0,02	0,02	0,013	0,8	4,3	5,8	2,3	0,05	0,1	nd	0,03	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PC-101	536550	7761370	3,02	44,56	50,96	nd	0,51	0,17	nd	3,1	49	17,4	3,25	0,21	0,11	0,19	nd	1,05	0,02	nd	nd	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01
PT-100			0,85	23,33	87,9	nd	0,03	0,03	nd	18	5,3	17,2	4,9	0,15	0,23	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	Aug-01

POÇO	x	y	Sulfatos	Cloreto	Nitrato	Nitrito	Fluoreto	Fosfato total	Brometo	Sódio	Potássio	Cálcio	Magnésio	Estrôncio	Bário	Ferro total	Manganês	Alumínio	Cromo total	Chumbo	Cobre	Zinco	Cádmio	Níquel	Prata	Amônia	Amônio	Alcalinidade (CaCO3)	Alcalinidade (HCO3 ⁻)	Carbono Org. Diss. (COD)	Nitrogênio Orgânico	MES
PC-02	536880	7761780	0,37	15,66	66,63	nd	0,004	46,63	0,009	8,8	9,6	29,65	12,5	0,3	0,48	nd	nd	0,04	nd	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,7	0,92	Sep-01
PC-06	537310	7761250	0,28	6,35	73,37	nd	0,003	0,032	nd	4,9	8,4	18,05	4,2	0,13	0,21	nd	nd	0,04	nd	nd	0,03	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,46	1,58	Sep-01
PC-17	537600	7761070	0,13	34,04	99,81	nd	0,04	0,027	nd	22,5	5,1	23,3	10,5	0,18	0,28	nd	0,15	0,05	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	0,62	Sep-01
PC-25	537030	7760960	0,16	14,7	111,7	nd	0,018	0,017	nd	17,5	14,5	5,3	9,9	0,09	0,5	nd	0,19	0,09	nd	nd	nd	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	1,66	Sep-01
PC-28	537250	7760780	0,28	0,41	4,34	0,027	nd	0,12	nd	2,2	2,2	0,9	0,6	nd	0,05	nd	nd	0,05	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,42	nd	nd	na	nd	Sep-01
PC-31	537788	7761705	0,08	4,14	48,89	nd	0,005	0,011	0,006	2,8	4	14,85	6,85	0,18	0,21	nd	0,03	0,04	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	nd	nd	Sep-01
PC-32	537870	7761740	0,22	13,76	75,87	nd	0,013	0,02	nd	3,9	3,7	15,95	6,8	0,18	0,04	nd	0,05	0,04	nd	nd	nd	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	0,4	nd	Sep-01
PC-34	537060	7760640	0,11	1,23	32,04	nd	0,012	nd	1	3,9	4,35	3,25	0,04	0,24	nd	0,21	0,06	nd	nd	nd	nd	0,12	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	0,32	0,48	Sep-01
PC-38	537590	7760890	0,15	32,14	82,49	nd	0,03	0,014	nd	39	4,3	7,1	2,2	0,04	0,11	0,03	0,11	0,06	nd	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	0,58	Sep-01	
PC-44	537680	7761330	0,55	8,36	1,74	nd	0,03	0,016	0,006	13,5	2	21,9	7,35	0,18	0,13	nd	0,17	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	0,58	Sep-01	
PC-45	537190	7760480	2,09	27,83	76,06	nd	0,08	0,015	0,009	23	9,8	18,8	6,15	0,15	0,39	nd	nd	0,03	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	0,31	0,58	Sep-01
PT-02	536975	7761660	0,05	5,53	22,87	nd	0,1	0,03	0,015	3,9	5	29,2	10	0,35	0,25	nd	nd	0,04	nd	nd	0,01	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	1,72	Sep-01	

PT-11	537245	7761898	0,49	6,38	52,07	nd	0,04	0,011	nd	5,1	4,8	20,25	6,15	0,19	0,28	nd	nd	0,08	nd	nd	nd	0,13	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,26	0,44	Sep-01
PT-12	536750	7760250	0,06	1,14	3,36	nd	0,16	0,014	0,003	4,6	3,3	14,35	4,85	0,08	0,18	nd	nd	nd	0,01	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,43	1,62	Sep-01	
PT-28	538852	7761565	0,05	0,94	0,1	nd	0,13	0,013	0,004	27	0,2	2,35	0,15	0,09	nd	nd	nd	0,03	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	1,72	Sep-01	
PT-30	538330	7762302	0,07	1,15	13,45	nd	0,09	0,02	nd	19,5	2,1	17,6	5,45	0,34	0,11	nd	nd	0,05	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,43	2,36	Sep-01	
PT-35			0,07	1,21	21,42	nd	0,012	0,007	0,005	1	4,2	7,7	2,6	0,08	0,16	nd	0,02	0,08	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	na	0,42	Sep-01	

CAGNON (2003) - Campanhas: Fevereiro/00; Abril/00; Agosto/00; Agosto/01; Setembro/01

Ensaios de campo em poços cacimbas e tubulares

POÇO	x	y	Temperatura (°C)	pH	Eh (mV)	Condutividade Elétrica (uS/cm)	Alcalinidade (CaCO3)	Alcalinidade (HCO3*)	Amônia	Nitrato	Oxigênio dissolvido	Cloreto	Ferro2+	MÊS
PC-02	536880	7761780	21,6	6,29		249	21,07	25,7	0,1	57	4,78	21	na	Feb-00
PC-04	537230	7761720	27,5	6,08		277	Na	na	0,5	58	3,7		na	Feb-00
PC-06	537310	7761250	27,8	5,82		170	Na	na	0,2	41	5,8	33	na	Feb-00
PC-08	537310	7761250	27,7	5,84		242	26,33	32,13	0,2	47	3,19	35	nd	Feb-00
PC-17	537600	7761070	28,8	5,5		370	39,5	48,19	0,4	72	6,91	49	na	Feb-00
PC-23	537000	7760840	27,6	6,48		208	Na	na	0,3	34	4,83	21	na	Feb-00
PC-24	537150	7760290	24,7	6,48		76	Na	na	0,6	nd	7,2	2	na	Feb-00
PC-25	537030	7760950	22,9	5,86		230	Na	na	0,3	51	3,68	19	na	Feb-00
PC-26	536810	7760760	21,5	5,69		17	Na	na	0,5	nd	4,5	16	na	Feb-00
PC-27	536840	7760870	21,8	5,34		144	126,4	154,2	0,4	31	4,53	15	na	Feb-00
PC-28	537250	7760780	23,7	6,47		202	52,67	64,25	0,2	26	4,14	12	na	Feb-00
PC-29	537650	7761570	26,8	5,69		314	Na	na	0,2	93	4,18	33	nd	Feb-00
PC-30	537760	7761540	26,9	5,79		142	Na	na	0,3	28	5,04	48	na	Feb-00
PC-32	537870	7761740	28,2	5,56		216	Na	na	0,2	52	4,32	34	na	Feb-00
PC-33	537660	7761290	27,4	5,55		262	21,07	25,7	0,2	45	4,13	12	na	Feb-00
PC-34	537060	7760640	27,4	5,41		86	15,8	19,28	0,3	21	4,82	4	nd	Feb-00
PC-35	537140	7760690	24,5	6,18		242	Na	na	0,2	24	3,04	5	na	Feb-00
PC-38	537590	7760890	27,2	5,88		272	13,17	16,06	0,2	61	7,06	51	nd	Feb-00
PC-40	537290	7760740	28,3	6,58		286	na	na	0,3	25	2,86	90	na	Feb-00
PC-41	538300	7761030	28,7	5,66		97	na	na	0,3	23	3,57	7	na	Feb-00
PC-42	538979	7761047	28,1	6,73		212	na	na	1,3	nd	2,61	3	na	Feb-00
PC-43	536550	7761030	27	6,26		253	42,13	51,4	0,3	46	4,09	20	nd	Feb-00
PC-44	537660	7761330	28,6	6,52		262	na	na	0,5	nd	2,31	51	na	Feb-00
PC-45	537190	7760480	23,6	6,61		301	na	na	0,3	49	4,55	42	na	Feb-00
PC-47	536796	7761942	28,2	6,06		176	na	na	0,3	43	3,83	18	na	Feb-00
PT-02	536975	7761660	27,7	6,82		249	na	na	0,3	10	5,02	9	na	Feb-00
PT-07	537810	7761160	27,1	6,77		184	na	na	nd	29	5,17	9	na	Feb-00
PT-100			28,9	6,56		310	126,4	154,2	0,2	33	4,45	131	na	Feb-00
PT-11	537245	7761898	29,1	6,15		206	39,5	48,19	0,4	28	4,48	10	nd	Feb-00
PT-12	536750	7760250	23,2	6,56		121	na	na	0,4	nd	4,73	2	na	Feb-00
PT-16	537270	7760310	23,1	6,75		214	na	na	0,3	nd	4,92	1	na	Feb-00
PT-18	536753	7761176	29,5	6,95		287	na	na	0,4	15	4,09	6	na	Feb-00
PT-19	536993	7761240	28,6	6,16		210	na	na	0,3	49	7,02	22	na	Feb-00

PT-21	537170	7761070	30,1	5,76		71	na	na	0,1	10	3,84	8	na	Feb-00
PT-22	537050	7760680	33	8		198	na	na	na	1	4,93	5	na	Feb-00
PT-23	537460	7760600	24,7	6,39		324	na	na	0,2	22	7,21	52	na	Feb-00
PT-25	538531	7761024	27,8	8,34		162	na	na	0,3	nd	4,56	5	na	Feb-00
PT-27	537599	7761808	28,9	6,56		310	126,4	154,2	0,2	33	4,44	62	nd	Feb-00
PT-28	538852	7761565	28,9	7,88		122	52,67	64,25	0,3	13	4,52	47	nd	Feb-00
PT-29	538080	7762050	28,9	6,63		238	na	na	0,4	nd	4,38	28	na	Feb-00
PT-30	538080	7762050	28,9	7,99		179	94,8	115,65	0,4	34	4,45	60	nd	Feb-00
PT-33	537707	7761879	29,3	7,4		223	na	na	0,4	32	5,33	21	na	Feb-00
PT-34	537304	7760523	24,2	7,5		314	na	na	0,3	nd	4,92	5	na	Feb-00
PT-35			27,7	5,89		82	na	na	0,5	18	4,46	6	na	Feb-00

POÇO	x	y	Temperatura (°C)	ph	Eh	Condutividade Elétrica	Alcalinidade (CaCO3)	Alcalinidade (HCO3*)	Amônia	Nitrato	Cloreto	MÊS
PC-01	536730	7761500	27,6	6,04	516	235	25,51	31,12	na	60	12	Apr-00
PC-02	536880	7761780	27,4	5,92	516	254	na	na	na	81	15	Apr-00
PC-04	537230	7761720	28	6,25	456	300	16,11	19,65	na	na	3	Apr-00
PC-06	537310	7761250	29,6	6,29	457	195	26,85	32,76	0,4	68	2	Apr-00
PC-07	536910	7761920	28	5,19	497	124	3,1	3,79	na	43	4	Apr-00
PC-08	537310	7761250	24,5	5,66	493	281	42,96	52,41	0,3	81	17	Apr-00
PC-10	536860	7760630	27,2	5,68	351	209	5,37	6,55	0,2	30	18	Apr-00
PC-11	537291	7761610	28,8	5,76	531	518	10,02	12,22	na	na	10	Apr-00
PC-12	537808	7761647	27,1	5,45	480	217	23,61	28,81	0,5	88	7	Apr-00
PC-16	537420	7761210	24,9	5,43	495	289	8,06	9,83	na	87	26	Apr-00
PC-18	537265	7761054	29,1	5,54	461	217	10,74	13,1	0,1	61	20	Apr-00
PC-19	537140	7760750	25,3	5,18	463	235	na	na	na	55	27	Apr-00
PC-21	537550	7760713	30,1	5,97	402	236	na	na	na	35	16	Apr-00
PC-22	537580	7760750	27,7	5,39	721	228	5,37	6,55	na	na	34	Apr-00
PC-23	537000	7760840	na	6,32	469	197	na	na	0,6	112	32	Apr-00
PC-24	537150	7760290	29,7	6,83	424	87	na	na	na	nd	1	Apr-00
PC-25	537030	7760950	na	5,08	541	214	na	na	na	74	14	Apr-00
PC-26	536810	7760760	30,2	5,65	518	24	na	na	na	nd	nd	Apr-00
PC-27	536840	7760870	na	4,7	556	229	na	na	0,6	90	16	Apr-00
PC-29	537650	7761570	31,7	5,95	424	435	na	na	0,8	140	36	Apr-00
PC-30	537760	7761540	31,9	6,51	390	196,4	na	na	na	41	12	Apr-00
PC-31	537788	7761705	32	5,73	457	189,6	na	na	na	72	5	Apr-00
PC-32	537870	7761740	31,9	5,99	422	213	na	na	na	69	22	Apr-00
PC-33	537660	7761290	31,7	5,74	427	469	na	na	0,7	116	8	Apr-00
PC-34	537060	7760640	25,9	6,06	410	114,8	na	na	na	21	2	Apr-00
PC-35	537140	7760690	25,9	5,98	413	163,6	na	na	na	25	3	Apr-00
PC-36	537523	7760869	31,1	5,49	441	233	na	na	na	68	18	Apr-00
PC-37	537490	7760910	31,5	4,75	465	206	na	na	na	58	19	Apr-00
PC-38	537590	7760890	31,6	5,2	444	301	na	na	0,4	88	3	Apr-00
PC-39	537276	7760677	30,3	5,44	451	48,3	na	na	na	9	30	Apr-00
PC-40	537290	7760740	29,8	5,99	452	334	na	na	na	76	68	Apr-00

PC-41	538300	7761030	29,8	5,66	538	95	na	na	0,6	24	1	Apr-00
PC-42	538979	7761047	na	5,91	496	198	na	na	1,2	nd	2	Apr-00
PC-43	536550	7761030	na	5,59	360	297	na	na	0,4	80	30	Apr-00
PT-02	536975	7761660	28	6,65	532	254	112,77	68,47	na	na	18	Apr-00
PT-05	537086	7761981	28	7,01	513	192	137,58	83,53	na	na	24	Apr-00
PT-08	537746	7761038	27,4	7,29	419	297	69,81	85,17	0,2	81	11	Apr-00
PT-10	537239	7760503	29,3	7,66	443	335	na	na	na	nd	1	Apr-00
PT-11	537245	7761898	na	na	na	na	36,25	44,22	na	54	7	Apr-00
PT-12	536750	7760250	26,2	7,29	413	134	59,07	72,07	0,2	nd	1	Apr-00
PT-13	537254	7761391	26,2	6,12	464	300	139,62	170,34	na	21	4	Apr-00
PT-14	537071	7761314	28	5,3	496	244	8,06	9,83	na	67	21	Apr-00
PT-16	537270	7760310	26,4	7,05	436	174	91,29	111,37	0,2	nd	10	Apr-00
PT-18	536753	7761176	20,7	7,07	478	313	na	na	0,4	20	3	Apr-00
PT-19	536993	7761240	31,2	6	500	252	na	na	0,3	67	16	Apr-00
PT-21	537170	7761070	32,4	6,08	504	83	na	na	0,1	21	5	Apr-00
PT-22	537050	7760680	31,9	6,9	465	222	na	na	0,3	nd	4	Apr-00
PT-23	537460	7760600	31,5	6,43	448	407	na	na	0,3	55	45	Apr-00
PT-24	537330	7761140	30,6	6,87	447	293	na	na	0,3	nd	2	Apr-00
PT-25	538531	7761024	29,4	8,16	414	171	na	na	0,3	nd	3	Apr-00
PT-26	537690	7761140	31,5	6,12	413	169	na	na	0,4	39	50	Apr-00
PT-27	537599	7761808	31,7	7,09	423	348	na	na	0,1	52	7	Apr-00
PT-28	538852	7761565	29,2	8,12	429	144	na	na	na	nd	1	Apr-00
PT-29	538080	7762050	na	6,41	410	286	na	na	0,5	43	3	Apr-00
PT-31	538359	7761079	31,5	6,73	381	254	na	na	na	34	9	Apr-00

POÇO	x	y	Temperatura (°C)	ph	Eh	Condutividade Elétrica	Alcalinidade (CaCO3)	Alcalinidade (HCO3*)	Amônia	Nitrato	Cloreto	Ferro2+	MÊS
PC-02	536880	7761780	24,5	5,63	558	311	15,72	19,18	0,4	67	21	nd	Aug-00
PC-04	536880	7761780	24,6	5,99	540	289	na	na	0,3	73	35	na	Aug-00
PC-06	537310	7761250	24,8	5,56	554	177	na	na	0,3	50	7	na	Aug-00
PC-08	537310	7761250	25,8	5,46	513	257	20,96	25,57	0,3	68	28	nd	Aug-00
PC-17	537600	7761070	24,7	6,14	553	235	10,48	12,79	0,3	99	39	nd	Aug-00
PC-23	537000	7760840	22,1	7,04	514	302	na	na	0,2	73	27	na	Aug-00
PC-24	537150	7760290	20,5	6,49	475	64	na	na	0,3	3	8	na	Aug-00
PC-25	537030	7760950	23	5,3	511	233	na	na	0,3	75	12	na	Aug-00
PC-26	536810	7760760	25	5,28	472	17	na	na	0,4	3	5	na	Aug-00
PC-27	536840	7760870	22,9	4,66	528	206	na	na	0,2	50	13	na	Aug-00
PC-28	537250	7760780	22,7	6,18	510	198	na	na	0,1	39	14	na	Aug-00
PC-29	537650	7761570	25	5,53	400	361	5,24	6,39	0,1	90	90	nd	Aug-00
PC-30	537760	7761540	23,1	5,85	546	172	na	na	0,3	37	13	na	Aug-00
PC-32	537870	7761740	23,1	5,74	549	200	na	na	0,3	58	15	na	Aug-00
PC-33	537660	7761290	25,1	5,45	380	257	15,72	19,18	0,1	60	45	nd	Aug-00
PC-34	537060	7760640	25,7	5,56	537	112	20,96	25,57	0,2	26	5	nd	Aug-00
PC-35	537140	7760690	21	5,79	517	172	na	na	0,2	39	6	na	Aug-00
PC-38	537590	7760890	24,3	5,31	405	262	5,24	6,39	0,1	77	37	nd	Aug-00

PC-41	538300	7761030	21,8	6,12	543	116	na	na	0,2	32	6	na	Aug-00
PC-42	538979	7761047	19,5	6,61	508	129	na	na	0,3	10	4	na	Aug-00
PC-43	536550	7761030	26,8	5,05	528	245	7,86	9,59	0,4	75	29	nd	Aug-00
PC-44	537660	7761330	24,1	6,29	290	220	na	na	0,2	3	28	na	Aug-00
PC-45	537190	7760480	25,3	6,11	517	340	na	na	0,2	71	54	na	Aug-00
PC-46	537970	7761200	19,2	6,48	543	167	na	na	0,2	39	4	na	Aug-00
PT-02	536975	7761660	25	6,41	552	251	na	na	0,3	15	9	na	Aug-00
PT-07	537810	7761160	19	6,29	534	176	na	na	0,2	39	9	nd	Aug-00
PT-11	537245	7761898	25,3	5,5	540	217	41,92	51,14	0,1	51	12	nd	Aug-00
PT-12	536750	7760250	24,8	6,08	522	125	na	na	0,1	5	4	na	Aug-00
PT-16	537270	7760310	20,5	6,71	490	214	na	na	0,3	1	3	na	Aug-00
PT-18	536753	7761176	17,9	6,83	527	294	na	na	0,2	19	5	na	Aug-00
PT-19	536993	7761240	25,1	6,08	546	211	na	na	0,3	59	24	na	Aug-00
PT-21	537170	7761070	18,8	5,78	497	80	na	na	0,4	21	8	na	Aug-00
PT-22	537050	7760680	25,2	6,9	567	192	na	na	0,2	3	5	na	Aug-00
PT-23	537460	7760600	19,1	6,52	546	331	na		0,4	34	54	nd	Aug-00
PT-25	538531	7761024	18,6	6,46	539	97	na		0,2	8	8	na	Aug-00
PT-27	537599	7761808	19,3	6,81	541	306	99,56	121,46	0,3	44	10	na	Aug-00
PT-28	538852	7761565	21,3	8,58	445	121	62,88	76,71	0,3	3	5	nd	Aug-00
PT-29	538080	7762050	22,6	5,27	543	102	na	na	0,3	22	11	na	Aug-00
PT-30	538330	7762302	22,7	7,22	503	272	104,8	127,85	0,4	28	9	nd	Aug-00
PT-32	538332	7762235	20,5	6,77	520	275	na	na	0,2	28	8	na	Aug-00
PT-33	537707	7761879	19,4	6,74	517	222	na	na	0,3	45	8	na	Aug-00
PT-34	537304	7760523	19,3	7,73	502	306	na	na	nd	3	5	na	Aug-00
PT-35	537304	7760523	27,1	5,63	563	84	na	na	0,2	19	4	na	Aug-00
PT-100			21,3	8,58	445	121	62,88	76,71	0,3	3	5	na	Aug-00

POÇO	x	y	Temperatura (°C)	ph	Eh	Condutividade Elétrica	Alcalinidade (CaCO3)	Alcalinidade (HCO3 ⁻)	Amônia	Nitrato	Oxigênio dissolvido	Cloreto	Ferro2+	MÊS
PC-02	536880	7761780	26,9	5,65	578	353	49,38	50,22	0,2	88	4,9	19	nd	Aug-01
PC-04	537230	7761720	26,1	6,21	579	269	101,08	123,32	0,2	49	4,4	43	nd	Aug-01
PC-06	537310	7761250	26,2	5,63	600	213	52,89	84,53	0,2	59	4,9	10	nd	Aug-01
PC-08	537310	7761250	28,1	5,59	569	240	52,89	64,53	0,2	50	3,2	27	nd	Aug-01
PC-17	537600	7761070	27	5,38	621	390	28,21	34,41	0,1	85	3,2	38	nd	Aug-01
PC-23	537000	7760840	27,5	6,3	516	161	na	na	0,1	27	6,3	20	nd	Aug-01
PC-24	537150	7760290	27,7	6,41	561	46	na	na	nd	nd	7,4	5	nd	Aug-01
PC-25	537030	7760950	27,2	5,36	694	272	na	na	0,3	77	8,7	27	nd	Aug-01
PC-26	536810	7760760	29,6	6,08	648	20	na	na	0,2	nd	8,2	6	nd	Aug-01
PC-27	536840	7760870	27,3	6,5	620	232	na	na	0,2	41	9,9	43	nd	Aug-01
PC-28	537250	7760780	25,8	6,39	534	220	na	na	0,3	39	6,8	15	nd	Aug-01
PC-29	537650	7761570	25,5	5,09	537	302	32,81	40,15	nd	76	5,3	32	nd	Aug-01
PC-30	537760	7761540	26,6	6,33	611	175	na	na	0,3	33	5,2	4	nd	Aug-01
PC-32	537870	7761740	26,3	5,91	622	212	na	na	0,1	56	4,8	13	nd	Aug-01

PC-33	537660	7761290	26,2	5,9	577	261	124,59	151,99	0,2	43	4,4	32	nd	Aug-01
PC-34	537060	7760640	26,8	5,98	602	102	61,12	74,56	nd	24	5	3	nd	Aug-01
PC-35	537140	7760690	28,3	5,88	635	177	na		0,2	37	8	2	nd	Aug-01
PC-38	537590	7760890	28,7	6,05	585	282	31,73	38,72	0,3	68	5,4	48	nd	Aug-01
PC-40	537290	7760740	27,4	5,98	607	286	na		0,2	59	6,4	37	nd	Aug-01
PC-41	538300	7761030	27	5,78	592	100	na		0,3	27	4,4	8	nd	Aug-01
PC-42	538979	7761047	28,6	7,03	545	274	na		0,3	nd	4,7	10	nd	Aug-01
PC-43	536550	7761030	28	5,38	640	207	12,93	15,77	0,2	50	4,6	28	nd	Aug-01
PC-46	537970	7761200	26,9	6,45	552	181	na	na	0,2	35	4,8	3	nd	Aug-01
PC-47	536796	7761942	27,8	8,19	529	187	na	na	nd	5	8	20	nd	Aug-01
PC-48	538850	7761630	26,8	5,96	575	56	71,7	87,47	0,3	11	4,5	6	nd	Aug-01
PC-101			27,7	7,29	514	315	82,27	100,37	0,3	20	6,6	na	nd	Aug-01
PT-02	536975	7761660	26,8	8,55	575	265	na	na	0,2	17	4,8	10	nd	Aug-01
PT-07	537810	7761160	25,5	8,75	570	228	na	na	0,2	32	5,3	21	nd	Aug-01
PT-11	537245	7761898	27	8,25	590	217	175,12	213,65	0,1	48	5,1	5	nd	Aug-01
PT-12	536750	7760250	26,3	6,8	567	145	na	na	0,1	nd	5,3	5	nd	Aug-01
PT-16	537270	7760310	26,6	6,73	567	219	na	na	0,3	nd	5,2	9	nd	Aug-01
PT-18	536753	7761176	27,7	7,01	562	314	na	na	0,2	19	8	10	nd	Aug-01
PT-19	536993	7761240	31,4	6,8	504	233	na	na	0,2	46	7,7	24	nd	Aug-01
PT-22	537050	7760680	29,6	6,73	528	126	na	na	0,2	nd	7,9	7	nd	Aug-01
PT-23	537460	7760600	27,7	6,55	589	297	na	na	nd	35	7,4	45	nd	Aug-01
PT-26	537690	7761140	28,4	8,25	492	168	na	na	0,4	nd	5,1	7	nd	Aug-01
PT-27	537599	7761808	26,9	7,04	550	333	538,3	656,73	0,3	37	5,4	18	nd	Aug-01
PT-28	538852	7761565	27	8,55	484	128	278,55	339,84	0,2	nd	4,6	5	nd	Aug-01
PT-29	538080	7762050	26,8	7,78	430	201	na	na	nd	12	5	11	nd	Aug-01
PT-30	538330	7762302	26,5	7,06	488	262	467,78	570,7	0,2	22	5,9	5	nd	Aug-01
PT-31	538359	7761079	26,8	6,61	566	242	na	na	0,2	27	4,1	10	nd	Aug-01
PT-33	537707	7761879	28,6	6,81	565	261	na	na	0,1	41	5,4	4	nd	Aug-01
PT-34	537304	7760523	27,6	7,55	516	331	na	na	nd	nd	8,5	6	nd	Aug-01
PT-35			27,2	6,34	610	84	56,42	68,83	0,3	22	4,2	3	nd	Aug-01

POÇO	x	y	Temperatura (°C)	ph	Eh	Condutividade Elétrica	Alcalinidade (CaCO3)	Alcalinidade (HCO3*)	Amônia	Nitrato	Oxigênio dissolvido	Cloreto	Ferro2+	MÊS
PC-02	536880	7761780	23,8	6,83	521	368	17,97	21,92	0,6	93	5,2	45	nd	Sep-01
PC-04	537230	7761720	30,6	7,34	532	252	na	na	0,4	59	6,1	46	nd	Sep-01
PC-06	537310	7761250	27,4	5,92	564	202	15,16	18,5	0,3	47	4,9	nd	na	Sep-01
PC-17	537600	7761070	23,8	5,82	550	386	6,18	7,54	0,2	97	4,4	49	nd	Sep-01
PC-25	537030	7760950	27,2	5,24	553	249	1,4	1,71	0,4	87	4,3	29	na	Sep-01
PC-26	536810	7760760	27,3	5,87	548	99,8	6,74	8,22	0,7	13	3,8	3	na	Sep-01
PC-31	537788	7761705	23,4	5,75	557	193,6	3,93	4,8	0,1	61	6,1	10	nd	Sep-01
PC-32	537870	7761740	23,5	5,78	567	209	3,93	4,8	0,1	58	5,6	49	nd	Sep-01
PC-34	537060	7760640	27,2	5,59	570	85,3	3,65	4,45	0,2	25	5	2	na	Sep-01
PC-36	537523	7760869	23,7	5,92	474	278	5,34	6,51	0,2	60	5,6	19	nd	Sep-01
PC-44	537660	7761330	27,4	6,88	437	234	94,35	115,1	0,4	nd	2,8	15	nd	Sep-01
PC-45	537190	7760480	27,4	6,55	535	280	2,75	3,36	0,3	61	5,1	28	na	Sep-01

PT-02	536975	7761660	21,1	6,74	627	233	98,28	119,9	0,3	21	5,2	7	nd	Sep-01
PT-11	537245	7761898	22,7	6,28	692	189,4	37,63	45,9	0,3	44	4,4	12	nd	Sep-01
PT-12	536750	7760250	29,6	6,99	465	141	84,58	78,79	nd	6	5,6	2	nd	Sep-01
PT-19	536993	7761240	30,8	6,56	505	195,4	na	na	0,2	48	4,8	25	nd	Sep-01
PT-28	538852	7761565	30,4	8,81	407	126,1	61,78	75,37	0,2	nd	5,3	nd	nd	Sep-01
PT-30	538330	7762302	30,3	7,54	504	217	92,66	113,05	0,3	24	5	nd	nd	Sep-01
PT-35			30,7	6,2	523	84,6	17,41	21,24	0,6	27	5,2	nd	0,5	Sep-01

MALDANER (2010) - Campanhas set/2007, set/2008/ e mar/2009

Ensaio de campo e laboratório - poços cacimbas, tubulares e de monitoramento

Pocos	X	Y	Temp. (°C)	pH	Eh (mV)	CE (µS/cm)	OD	Br	Cl	CO3	F	HCO3	NO2	NO3	PO4	SO4	Al	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	NH4	Ni	SiO2	Sr	Zn	Erro (%)
PC-05	537808	7761563	26,9	5,5	458	363	5,6	0,05	32	0	0,02	7,23	<0,02	122	<0,05	0,31	0,01	0,417	22	<0,002	<0,001	0,004	4,6	9,5	0,03	25	<0,02	0,03	25	0,25	0,02	1,7
PC-06	537310	7761250	27,7	5,7	444	292	5,2	0,03	18	0	0,02	15,78	<0,02	96	<0,05	0,45	<0,01	0,366	26	0,004	0,075	0,012	11	7,8	0,01	6,8	<0,13	0,003	49	0,188	0,18	4,44
PC-10	536860	7760630	27	5,85	458	135,1	4,6	0,46	10	0	0,04	14,46	<0,02	46	0,05	0,21	<0,01	0,064	5,6	<0,002	<0,001	<0,002	4,6	1	0,02	16	<0,03	0,001	27	0,065	0,01	-3,8
PC-36	537523	7760869	28,1	4,47	526	408	5	0,04	42	0	0,05	0	<0,02	126	<0,05	0,05	0,23	0,546	18	<0,002	0,007	0,01	5,9	8,1	0,41	38	<0,04	0,026	25	0,15	0,03	3,05
PC-40	537290	7760740	26,9	5,9	460	1645	3,1	0,16	252	0	0,24	23,01	<0,02	422	<0,05	1,9	0,24	2,547	61	<0,002	<0,001	0,011	12	33	0,45	209	<0,05	0,106	24	0,566	0,05	3,08
PC-45	537190	7760480	26,1	6,57	421	589	3,2	0,09	65	0	0,08	55,23	<0,02	149	<0,05	1,1	<0,01	0,658	40	<0,002	<0,001	<0,002	14	11	0,02	51	<0,06	0,03	40	0,397	0,01	3,11
PC-50	537453	7761250	27,8	4,97	478	244	4	0,02	26	0	<0,02	0	<0,02	73	<0,05	0,22	0,01	0,235	7,9	<0,002	<0,001	0,02	6,4	5,3	0,1	25	<0,08	0,011	29	0,067	0,01	4,45
PC-51	537635	7761216	26,5	4,69	496	222	3,9	0,03	8,2	0	0,02	0	<0,02	93	<0,05	<0,05	0,03	0,623	7,2	<0,002	0,002	0,059	7	13	0,06	5,8	<0,07	0,021	37	0,126	0,04	4,12
PM-1	537689	7761559	26,2	7,465	373	413	0,8	<2	8,2	0,35	0,28	201,36	<2	40	<5	0,27	<0,01	0,419	44	0,009	<0,001	<1	6,4	21	<1	8,4	<2	<0,001	65,6	0,548	0,01	2,54
PM-2	537689	7761559	26,9	9,172	341	196	3,3	<2	1,2	0,73	0,32	117,97	<2	0,23	0,24	1,7	0,05	0,017	1,9	0,139	<0,001	0,003	3,6	0,2	<0,001	45	<2	<1	17,5	0,088	0,01	5,44
PM-3A	537110	7760681	27,6	6,366	404	164,4	4,1	<2	3,1	0,04	0,14	78,54	<2	11	0,12	0,37	<0,001	0,208	15	0,017	<0,001	0,009	4	5,8	0,004	8,1	<2	<0,001	44,7	0,113	0,01	5,92
PM-3B	537110	7760681	28,2	7,677	397	264	2,5	<0,02	0,38	0,46	0,18	163,82	<2	0,02	0,15	0,13	0,01	0,155	26	0,089	<0,001	0,006	4,6	15	0,006	7,6	<0,02	<0,001	0,99	0,72	0,01	4,82
PM-3C	537110	7760681	28,9	10,71	222	339	0,9	<0,02	3,8	40	0,43	24,3	0,02	0,23	<0,05	13	1,43	0,043	15	0,022	<0,001	<1	10	0,1	<1	25	<0,02	<0,001	19,3	0,882	0,01	4,06
PP-02	537070	7761800	25,5	7,37	400	307	6,6	<0,02	9,9	0	0,31	107,54	<0,02	48	0,1	<0,05	<0,01	0,34	34	0,017	<0,001	<0,002	5,7	12	<0,01	7,5	<0,09	0,001	52	0,635	0,05	5,78
PP-03	537200	7761900	25,7	7,34	419	295	6,3	<0,02	5,6	0	0,33	116,07	<0,02	43	0,12	<0,05	<0,01	0,3	35	0,018	<0,001	<0,002	5,1	11	<0,01	5,4	<0,1	<0,001	56	0,855	0,01	4,69
PP-04	537360	7761300	25	8,57	371	164,7	6,2	<0,02	0,73	0	0,24	99	<0,02	0,58	0,18	<0,05	<0,01	0,024	8,6	0,083	<0,001	<0,002	1,4	2,8	<0,01	27	<0,11	<0,001	38	0,2	0,01	6,02
PP-05	538200	7761600	28,2	8,72	396	158,6	4,2	<0,02	1,2	0,36	0,26	95,59	<0,02	0,11	0,17	<0,05	0,01	0,011	5,1	0,097	<0,001	<0,002	0,8	1	<0,01	34	<0,12	<0,001	24	0,138	0,01	6,24
PT-03	537141	7761628	27,2	6	442	312	5,4	0,03	24	0	0,08	26,59	<0,02	95	<0,05	<0,05	<0,01	0,57	21	0,004	<0,001	<0,002	10	13	0,03	10	<0,14	0,018	35	0,267	0,04	2,42
PT-06	537233	7761622	27,3	7,54	390	399	6	<0,02	10	0	0,35	177,52	<0,02	44	0,05	<0,05	<0,01	0,405	48	0,015	<0,001	<0,002	6	19	<0,01	6,7	<0,15	<0,001	68	0,74	<0,01	6,17
PT-14	537071	7761314	27,9	7,18	421	331	5,2	<0,02	6	0	0,11	158,75	<0,02	27	0,28	0,28	<0,01	0,291	46	0,031	<0,001	<0,002	4,4	13	<0,01	3,1	<0,16	0,001	88	0,348	<0,01	5,97
PT-15	536950	7760950	27,9	5,8	452	140,9	5,6	0,03	12	0	0,08	12,49	<0,02	39	0,35	1	<0,01	0,102	7,5	0,015	<0,001	<0,002	5,1	5,3	<0,01	8,7	<0,22	0,001	56	0,038	0,01	5,03
PT-18	536753	7761176	27,7	7,57	176	312	5,5	<0,02	4,6	0	0,23	158,75	<0,02	22	0,21	0,05	<0,01	0,306	41	0,02	<0,001	<0,002	5,3	14	<0,01	2,8	<0,17	<0,001	81	0,43	0,01	5,71
PT-34	537304	7760523	29,2	7,7	395	345	6,2	0,02	0,46	0	0,7	226,82	<0,02	1,6	0,11	<0,05	<0,01	0,286	38	0,069	<0,001	<0,002	5,4	18	<0,01	10	<0,18	<0,001	77	0,4	<0,01	2,33
PT-36	536890	7760836	26,1	6,62	421	118,7	6,1	<0,02	0,37	0	0,13	55,88	<0,02	1,36	0,13	<0,05	<0,001	0,113	8,3	0,031	<0,001	0,008	3,3	4	<0,01	5,5	<0,19	<0,001	38	0,07	0,01	6,06
PT-37	537296	7761608	27	6,7	431	324	5,1	<0,02	9,2	0	0,17	111,44	<0,02	40	0,17	0,7	<0,001	0,328	34	0,005	<0,001	<0,002	5,5	13	<0,01	5,4	<0,2	<0,001	47	0,419	0,01	6,91

PT-38	53724 2	77613 77	28,4	7,18	451	370	4,6	<0,02	5,2	0	0,14	184,35	<0,02	30	0,2	<0,05	<0,01	0,328	46	0,017	<0,001	<0,002	5	17	<0,01	3	<0,21	<0,001	84	0,49	0,01	4,14
Sabesp	53661 4	77619 33	29,4	8,22	833	336	6,1	<0,02	15	0	0,79	151,92	<0,02	11	0,15	15	0,02	0,08	10	0,007	<0,001	<0,002	2,2	2,9	<0,01	66	<0,23	<0,001	41	0,131	0,01	3,31

Poços	X	Y	Tem p. (°C)	pH	Eh (mV)	CE (uS/cm)	OD	Cl	CO3	F	HCO 3	NO2	NO3	PO4	SO4	Al	Ba	Ca	Cr	Fe	K	Mg	Mn	Na	NH4	SiO2	Sr	Erro (%)
Esgoto	5383 53	7761 515	27,4	7,22		948		63		3,5	324,3 2	<0,0 1	<0,0 1	16	56	0,03	0,042	14	<0,0 01	0,15	22	6,4	0,037	141	40	40	0,15	6,3
PC-05	5376 08	7761 583	26,6	5,68	487	178,3		11		<0,0 03	5,74	<0,0 1	64	<0,0 1	0,036	0,09	0,12	9,8	<0,0 01	0,08	2,1	3,4	0,009	19	<0,0 2	23	0,099	7,3
PC-06	5373 10	7761 250	25	5,77	482	308		19		<0,0 03	11,81	<0,0 1	105	<0,0 1	0,11	<0,0 01	0,36	30	0,002	0,003	8,9	8,6	0,006	6,2	<0,0 2	42	0,19	5,6
PC-10	5368 60	7760 630	25,8	5,62	564	110,9		7		0,017	9,89	<0,0 1	33	<0,0 1	0,12	0,007	0,049	4,4	0,002	0,008	3,7	0,9	0,019	14	0,16	23	0,047	6
PC-36	5375 23	7760 869	26,4	4,41	569	442		48		0,036	0	<0,0 1	149	<0,0 1	<0,0 2	0,24	0,5	20	0,002	0,003	5,5	8,8	0,42	51	<0,0 2	21	0,14	4,8
PC-40	5372 90	7760 740	25,6	5,94	540	720		111		0,088	15	<0,0 1	177	<0,0 1	0,088	0,038	0,9	27	<0,0 01	<0,0 01	5,3	14	0,2	99	<0,0 2	19	0,23	5,6
PC-45	5371 90	7760 480	26,6	6,17	466	640		72		0,064	37,55	<0,0 1	186	<0,0 1	0,5	<0,0 01	0,8	45	<0,0 01	<0,0 01	13	16	0,041	58	<0,0 2		0,4	6,5
PC-50	5374 53	7761 250	27,5	5,19	507	253		25		<0,0 03	0,64	<0,0 1	79	<0,0 1	0,026	0,005	0,2	8,7	<0,0 01	0,002	5,4	5,6	0,095	27	<0,0 2	25	0,065	5,4
PC-51	5376 35	7761 216	24,4	4,8	666	209		9,8		0,017	0	<0,0 1	84	<0,0 1	0,028	0,013	0,5	7,5	0,002	0,006	5,2	13	0,052	5	<0,0 2	32	0,12	5,1
PM-1	5376 89	7761 559	28,7	7,68	430	408	1,8	9,3		0,26	183,1 2	<0,0 1	43	0,011	1,2	<0,0 01	0,35	43	0,007	<0,0 01	14	19	0,002	14		54	0,6	8
PM-2-6h	5376 89	7761 559	25,1	9,54	195	206	1,4	0,81	11,9	0,33	93,5	<0,0 1	0,58	0,061	0,53	0,079	<0,0 02	2,4	0,12	<0,0 01	4,3	0,059	<0,0 01	46		16	0,11	6,1
PM-3A-4h	5371 10	7760 681	27,1	6,48	434	135,8	2,4	2,1		0,12	66,36	<0,0 1	8,5	0,097	0,093	<0,0 01	0,16	15	0,014	<0,0 01	2,7	4,9	0,002	6,3		40	0,1	7,3
PM-3B-4h	5371 10	7760 681	28,6	7,81	420	261	1,2	0,47		0,22	163,8 2	<0,0 1	0,06	<0,0 1	0,22	<0,0 01	0,13	28	0,055	0,06	3,2	15	0,014	11		56	0,8	8,4
PM-3C-11h	5371 10	7760 681	27,3	10,96	222	374	0,7	4,2	50,59	0,4	19,8	0,086	0,22	<0,0 1	12	1,4	0,032	29	0,036	<0,0 01	7,3	<0,0 02	<0,0 01	21		19	0,95	6,3
PP-02	5370 70	7761 800	26,2	7,7	436	233		5,3		0,27	116,0 7	<0,0 1	28	0,17	<0,0 2	<0,0 01	0,16	27	0,044	<0,0 01	3	7	<0,0 01	15	<0,0 2	37	0,47	2,8
PP-03	5372 00	7761 900	26,5	7,57	428	367		4,9		0,27	121,1 9	<0,0 1	47	0,12	<0,0 2	<0,0 01	0,25	42	0,018	<0,0 01	3,9	13	<0,0 01	4,7	<0,0 2	46	1,1	9,4
PP-04	5373 60	7761 300	25,9	7,98	420	247		1,9	0,03	0,073	134,8 5	<0,0 1	8,5	<0,0 1	<0,0 2	<0,0 01	0,066	30	0,029	<0,0 01	2	12	0,002	11	<0,0 2	45	0,49	11,5
PP-05	5382 00	7761 600	25,8	8,78	392	154,7		1,1	0,36	0,23	95,59	<0,0 1	0,085	0,16	<0,0 2	0,003	0,002	5,8	0,1	<0,0 01	0,6	0,93	<0,0 01	33	<0,0 2	20	0,14	5,7
PT-06	5372 33	7761 622	26,9	7,52	451	414		14		0,28	167,2 8	<0,0 1	60	<0,0 1	<0,0 2	<0,0 01	0,39	54	0,012	<0,0 01	4,7	20	<0,0 01	5,9	<0,0 2	56	0,84	7
PT-14	5370 71	7761 314	27,3	5,31	435	260		28		<0,0 03	5,96	<0,0 1	78	<0,0 1	0,82	<0,0 01	0,3	23	0,006	0,04	3,2	8,9	0,04	12	<0,0 2	24	0,2	7,1
PT-15	5369 50	7760 950	27,9	6,18	491	117		7,8		0,061	11,49	<0,0 1	32	0,22	0,68	<0,0 01	0,075	7,6	0,018	<0,0 01	3,4	4,4	0,002	6,4	<0,0 2	43	0,034	7,9
PT-18	5367 53	7761 176	26,5	7,44	505	323		4,2		0,2	160,4 5	<0,0 1	23	0,17	<0,0 2	<0,0 01	0,28	46	0,018	<0,0 01	4	15	<0,0 01	2,3	<0,0 2	66	0,47	8,9
PT-34	5373 04	7760 523	27,7	7,85	475	335		0,4		0,66	211,6 6	<0,0 1	1,7	0,11	<0,0 2	<0,0 01	0,26	43	0,069	<0,0 01	4,1	19	<0,0 01	9,2	<0,0 2	63	0,42	8,8
PT-36	5368 90	7760 836	25,7	7,19	519	158		0,3		0,17	93,88	<0,0 1	1	0,12	<0,0 2	<0,0 01	0,23	19	0,033	<0,0 01	3,6	7,9	<0,0 01	4,3	<0,0 2	36	0,11	8,9
PT-37	5372 96	7761 608	27,2	6,74	457	304		13		0,15	104,1 2	<0,0 1	51	0,13	0,061	<0,0 01	0,33	40	0,003	<0,0 01	4,4	14	14	4,9	<0,0 2	39	0,46	15,8
PT-38	5372 42	7761 377	26,4	7,26	440	367		5		0,12	180,9 4	<0,0 1	31	0,23	<0,0 2	<0,0 01	0,29	54	0,018	<0,0 01	3,7	18	<0,0 01	2,3	<0,0 2	66	0,5	9,6
Sabesp	5366 14	7761 933	27,6	8,37	778	327		14	0,11	0,78	150,2 1	<0,0 01	10	0,1	15	0,009	0,06	11	0,007	<0,0 01	1,8	2,9	<0,0 01	68	<0,0 2	33	0,15	5,8

Pogo s	X	Y	Tem p. (°C)	pH	Eh (mV)	CE (uS/c m)	OD	Cl	CO3	F	HCO 3	NO2	NO3	PO4	SO4	Al	Ba	Ca	Cr	Fe	K	Mg	Mn	Na	NH4	SiO2	Sr	Erro (%)
Esgo to	5383 53	7761 515	29,6	7,052	33	875	0,2	64	0	0,99	293,6	<0,0 1	<0,0 1	7,4	32	0,01	0,037	10	0,004	0,11	21	3,9	0,023	117	<0,0 2	35	0,11	-8
PC- 05	5376 08	7761 583	26,7	5,548	590	133,6	2,2	9	0	0,007	6,77	<0,0 1	43	<0,0 1	0,04	<0,0 01	0,097	6,9	0,003	0,008	1,8	2,1	0,007	10	<0,0 2	22	0,078	-2,8
PC- 06	5373 10	7761 250	26,6	5,513	509	314	1,9	22	0	0,007	8,47	<0,0 1	109	0,18	0,04	<0,0 01	0,373	25	0,003	0,023	6,8	6,76	0,011	5,7	<0,0 2	40	0,191	-6
PC- 10	5368 60	7760 630	27	5,349	601	106,5	1,5	7,1	0	0,01	4,57	<0,0 1	33	<0,0 1	0,03	0,007	0,055	3,2	<0,0 01	0,012	3,9	0,718	0,019	12	<0,0 2	23	0,036	2,2
PC- 40	5372 90	7760 740	27,1	6,168	497	619	1,3	85	0	0,05	30,65	<0,0 1	134	<0,0 1	0,11	<0,0 01	0,762	28		<0,0 01	4,9	8,3	0,102	68	<0,0 2	20	0,201	1,1
PC- 45	5371 90	7760 480	27,1	6,183	498	556	1,4	50	0	0,04	40,97	<0,0 1	157	<0,0 1	0,31	<0,0 01	0,699	34		<0,0 01	14	9,4	0,016	35	<0,0 2	36	0,348	-2,8
PC- 50	5374 53	7761 250	27,6	5,015	529	250	1,8	26	0	0,01	0	<0,0 1	76	<0,0 1	0,09	0,009	0,207	7,1		0,006	6,2	4,5	0,086	24	<0,0 2	24	0,061	-0,6
PC- 51	5376 35	7761 216	26,2	4,746	554	192,5	1,8	16	0	0,01	0	<0,0 1	66	<0,0 1	0,07	0,006	0,417	5,4		0,02	5,2	7,6	0,039	4,3	<0,0 2	31	0,097	-10,6
PP- 02	5370 70	7761 800	26,7	7,33	491	317	2,4	11	0	0,24	116,0 7	<0,0 1	53	0,11	<0,0 2	<0,0 01	0,29	29		<0,0 01	48	8,8	<0,0 01	7	<0,0 2	41	0,67	9,4
PP- 03	5372 00	7761 900	26,7	7,493	485	307	2,4	4,7	0	0,18	112,6 6	<0,0 1	47	0,11	<0,0 2	<0,0 01	0,24	30		<0,0 01	4,2	8,2	<0,0 01	4,2	<0,0 2	44	0,94	-5
PP- 04	5373 60	7761 300	25,9	8,482	456	159,5	2,5	0,8	0,21	0,14	102,4 2	<0,0 1	0,43	0,14	0,2	<0,0 01	0,017	7,6		<0,0 01	1,1	2,1	<0,0 01	24	<0,0 2	28	0,18	-2,8
PP- 05	5382 00	7761 600	26	8,605	406	156,1	2,1	0,16	0,2	0,15	95,59	<0,0 1	1,2	0,16	<0,0 2	<0,0 01	0,008	4,9		<0,0 01	0,66	0,79	<0,0 01	28	<0,0 2	19	0,13	-1,8
PT- 06	5356 00	7761 300	26,2	7,386	455	428	2,3	16	0	0,28	163,8 7	<0,0 1	79		<0,0 2	<0,0 01	0,375	40		0,008	5,2	13	<0,0 01	5,6	<0,0 2	52	0,075	-12,4
PT- 14	5370 71	7761 314	26,7	7,165	465	342	2,1	6,9	0	0,06	170,7	<0,0 1	29	0,29	<0,0 2	<0,0 01	0,27	38		<0,0 01	3,5	9,3	<0,0 01	2,2	<0,0 2	72	0,33	-9,7
PT- 15	5369 50	7760 950	27	5,965	585	111,2	2,2	7,2	0	0,04	15,24	<0,0 1	25	<0,0 1	0,23	<0,0 01	0,068	5,4		<0,0 01	3,2	3,2	<0,0 01	5	<0,0 2	40	0,027	-1,6
PT- 18	5367 53	7761 176	26,9	7,461	504	320	2,1	6,4	0	0,09	157,0 4	<0,0 1	21	<0,0 1	0,81	<0,0 01	0,271	34		<0,0 01	4,3	9,9	<0,0 01	2,1	<0,0 2	64	0,435	-6,6
PT- 34	5373 04	7760 523	25,3	7,845	491	332	2,5	0,88	0	0,63	208,2 5	<0,0 1	2	0,1	<0,0 2	<0,0 01	0,249	32		<0,0 01	4,5	12	<0,0 01	8,3	<0,0 2	61	0,397	-6,5
PT- 37	5372 96	7761 608	27	6,85	557	371	2	14	0	0,13	112,6 6	<0,0 1	54	0,19	0,04	<0,0 01	0,32	30		0,003	4,8	9,2	<0,0 01	4,5	<0,0 2	36	0,42	-9,4
PT- 38	5372 42	7761 377	26,1	7,206	468	364	2,3	5,6	0	0,09	180,9 4	<0,0 1	31	0,18	0,01	<0,0 01	0,287	39	0,017	0,002	4	11	<0,0 01	2,2	<0,0 2	63	0,465	-8,5
Poça o 1			49,5	8,967	308	393	1,6	19	0,96	0,7	160,4 5	<0,0 1	0,06	<0,0 1	17	0,028	<0,0 02	1,2	<0,0 01	<0,0 01	1,1	0,01	<0,0 01	87	<0,0 2	28	<0,0 28	3,9
Poça o 2			43,8	9,155	305	337	1,8	10	0,56	0,69	157,0 4	<0,0 1	<0,0 1	<0,0 1	9,2	0,036	<0,0 02	1,1	<0,0 01	<0,0 01	0,69	0,006	<0,0 01	73	<0,0 2	29	0,025	2,4
Sabe sp	5366 14	7761 933	28,5	8,184	798	330	2,3	13	0,05	0,63	177,5 2	<0,0 1	10	<0,0 1	11	0,015	0,063	8,9	0,005	0,002	2	2,2	<0,0 01	59	<0,0 2	32	0,12	-6,5

ANEXO 2

Cadastro atual pertencente à campanha de maio/2018

Poco	X	Y	Z	Endereco	Nível d'água estático (m)	Prof. (m)	Obs.
PC-06	5366 61	7761482	455,62	R. Esperança, 219		15	bomba danificada
PC-09	5367 53	7761249	448,82	Av. Presidente Kennedy, 227		9	
PC-10	5368 67	7760597	458,93	R. Ceará, 159		18	fechado
PC-13	5374 09	7761284	439,11	R. Barao do Rio Branco, 954	4,37	5,35	
PC-15	5374 62	7761297	440	R. Barao do Rio Branco, 1854	3,37	4,63	
PC-52	5373 54	7761314	440	R. Barao do Rio Branco com Benedito Duarte Mendes	1,57	3,54	
PC-53	5373 79	7761238	445	R. Benedito Duarte Mendes, 175 - Centro	4,16	5,49	

Poco	X	Y	Z	Endereco	Nível d'água estático (m)	Prof. (m)	Obs.
PT-05	537101	7761996	465	R. Euclides da Cunha km 549,5 - Empresa Fazzio	21,53	108	
PT-06	537269	7761606	466	Av. Brasil, 684		60	
PT-12	536731	7760262	471	Final da R. Bom Jesus		52	
PT-14A	537044	7761278	452	R. Barão do Rio Branco, 546 - Clube dos 100		45	
PT-14B	537044	7761278	452	R. Barão do Rio Branco, 546 - Clube dos 100			
PT-15	536919	7760918	462	Rua Santa catarina, 1170		40	
PT-22	537043	7760690	452	Av. Brasil s/n - Igreja N.S. Fátima		60	
PT-23	537455	7760603	460	R. Dona Terezinha s/n - Centro de lazer	11,97	50	Transdutor instalado
PT-27	537599	7761808	454	R. da Saudade s/n - Cemiterio	0,96	60	Transdutor instalado
PT-34	537272	7760551	473	R. da Glória s/n - Santa Casa		60	
PT-37	537305	7761620	465	Rua Tanabi, 287			
PT-38	537275	7761372	444	Rua Tanabi, 39 - Centro			
PT-39	537952	7761666	437	R. Maranhão s/n			Novo
PT-40	537284	7761872		Av. Brasil, 30			Novo
PT-41	537270	7761770		Av. Brasil, 640			Novo
PM-1	537689	7761559	467	R. Fortaleza s/n - Antigo ginásio		40,37	
PM-2	537689	7761559	467	R. Fortaleza s/n - Antigo ginásio	17,71	95,72	
PM-3A	537110	7760681	467	R. Ademar de Barros, 39 - Centro Comunitário		32	

PM-3B	537110	7760681	467	R. Ademar de Barros, 39 - Centro Comunitário		42	
PM-3C	537110	7760681	467	R. Ademar de Barros, 39 - Centro Comunitário	25,92	100,16	Transdutor instalado
PP-02	537070	7761800		R. Fortaleza s/n		155	
PP-03	537200	7761900		R. da Saudade s/n		155	
PP-04	537360	7761300		R. Benedito Duarte Mendes com Barão do Rio Branco		109,2	

ANEXO 3

Análises químicas e parâmetros de campo

Campanha jul/2018 - Poços cacimbas

L.Q = Limite de quantificação; LD= Limite de detecção

			N amoniacal	N kjeldahl	N total (-N)	N organico										Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Li	Mo	Ni	Sr	Ti	V	Y	Zn	As	Pb	Al	Mn	Ca	K	Mg	Na	P	S	
Poco	Nitrato	Nitrito					COD	COT	Cl	SO4	PO4	Fe 2+	Fe t	Silica		ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L																										
PC-09	32,77		<0,060	2,08	9,48	< 0,100	<1,00	1,66	13,3	4,03	< 0,050	<0,150	0,288		72,24	0,881	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	8,06	<LQ	<LQ	42,30	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	8,61	6,57	1,11	1,35	13,90	0,144	1,43		
PC-13	84,14		<0,06	0,50	19,50	0,500	<1,00	<1,00	23,500	0,750	<0,05	<0,15	<0,03	33,40	266	0,674	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	68	<LQ	<LQ	<LQ	13,29	<LQ	<LQ	<LQ	59,90	9,41	5,99	7,50	22,95	0,145	0,355		
PC-15	2,71	0,0595	<0,06	17,40	18,00	17,400	<1,00	<1,00	0,534	0,035	<0,05	<0,15	<0,03	32,40	172	0,979	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	39,02	<LQ	<LQ	<LQ	19,72	<LQ	<LQ	<LQ	105	5,06	4,38	4,19	23,90	0,142	0,563		
PC-52	42,91	0,4725	2,51	4,07	13,90	1,560	3,46	3,990	22,200	6,050	0,070	<0,15	0,861	25,00	224	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	251	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	160	34,65	11,32	12,25	28,00	0,164	2,30		
PC-53	90,79		<0,06	1,90	22,20	1,900	<1,00	<1,00	21,800	1,020	<0,05	<0,15	0,108	33,20	291	1,125	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,91	<LQ	<LQ	63,35	<LQ	<LQ	<LQ	15,67	<LQ	<LQ	41,15	180	8,16	5,69	7,17	24,16	0,144	0,444		

Campanha jul/2018 - Poços tubulares e de monitoramento

Poco	Nitrato	Nitrito	N amoniacal	N kjeldahl	N total (-N)	N organico	COD	COT	Cl	SO4	PO4	Fe 2+	Fe t	Silica	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Li	Mo	Ni	Sr	Ti	V	Y	Zn	As	Pb	Al	Mn	Ca	K	Mg	Na	P	S	
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
PM-1	45,61	0,227	<0,06	2,33	12,70	2,33	<1,00	2,33	10,200	0,251	<0,05	<0,15	<0,03	52,40	390	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	9,69	<LQ	<LQ	509	<LQ	<LQ	<LQ	6,63	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	46,52	5,10	18,88	9,55	0,164	0,316	
PM-2	16,82		0,065	1,74	5,54	1,68	<1,00	<1,00	3,140	9,920	<0,05	<0,15	<0,03	21,00	59,65	<LQ	<LQ	<LQ	26,70	<LQ	29,36	<LQ	<LQ	580	<LQ	54,260	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	358	<LQ	5,37	18,87	<LQ	20,80	0,150	3,35	
PP-02	54,91		<0,06	2,30	14,70	2,30	<1,00	<1,00	12,100	0,036	0,080	<0,15	<0,03	40,00	288	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,98	<LQ	<LQ	>626**	<LQ	<LQ	<LQ	71,6	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	31,91	4,10	10,37	8,47	0,198	0,176	
PP-03	50,49		<0,06	1,20	12,60	1,20	<1,00	<1,00	7,090	<0,03	0,243	<0,15	0,074	40,90	287	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	6,62	<LQ	<LQ	>705**	<LQ	<LQ	<LQ	199	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	32,36	4,14	10,48	5,81	0,219	0,178	
PP-04	1,52	0,061	<0,06	2,56	2,92	2,56	<1,00	<1,00	0,542	0,035	<0,05	<0,15	<0,03	26,90	15,16	<LQ	<LQ	<LQ	79,40	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	170	<LQ	31,219	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	7,44	0,80	1,62	24,51	0,141	0,189	
PT-05	35,20		<0,06	2,45	10,40	2,45	<1,00	<1,00	4,560	<0,03	0,148	<0,15	<0,03	41,50	290	<LQ	<LQ	<LQ	20,17	<LQ	5,88	<LQ	<LQ	304	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	27,70	3,88	8,92	4,37	0,237	0,230	
PT-06	53,14		<0,06	1,70	13,70	1,70	<1,00	<1,00	11,500	0,072	0,086	<0,15	<0,03	54,50	377	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	9,90	<LQ	<LQ	>675**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	46,92	4,48	16,96	7,91	0,163	2,138	
PT-12	11,56		<0,06	1,65	4,26	1,65	<1,00	<1,00	1,290	0,037	<0,05	<0,15	<0,03	23,30	181	<LQ	<LQ	<LQ	27,28	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	76,87	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	15,28	3,31	5,36	5,44	0,165	0,167	
PT-15	76,17		<0,06	<0,10	17,20	<0,1	<1,00	<1,00	11,400	0,037	0,132	<0,15	<0,03	36,60	105	0,767	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	31,07	<LQ	<LQ	<LQ	33,46	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	7,50	4,49	5,12	8,62	0,191	0,249
PT-22	5,09		<0,06	1,97	3,12	1,97	<1,00	<1,00	0,778	<0,03	<0,05	<0,15	<0,03	35,90	189	<LQ	<LQ	<LQ	22,71	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	139	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	17,05	3,29	6,72	8,16	0,177	0,189
PT-26	38,40		<0,06	2,43	11,10	2,43	<1,00	<1,00	16,000	<0,03	0,160	<0,15	0,158	40,80	304	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,20	<LQ	<LQ	176	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	23,70	4,35	10,42	7,96	0,333	0,179
PT-34	10,85		<0,06	1,31	3,76	1,31	<1,00	<1,00	4,010	2,780	<0,05	<0,15	<0,03	52,60	196	<LQ	<LQ	<LQ	47,71	<LQ	8,22	<LQ	<LQ	285	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	28,81	3,14	11,75	21,01	0,148	1,21
PT-37	54,91		<0,06	<0,1	12,40	<0,1	<1,00	<1,00	13,100	0,416	0,070	<0,15	<0,03	52,40	359	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	9,40	<LQ	<LQ	>628**	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	44,27	4,37	15,78	7,36	0,165	0,309	
PT-38	45,61		<0,06	2,70	13,00	2,70	<1,00	<1,00	10,700	0,083	0,151	<0,15	1,590	97,60	306	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	13,98	<LQ	<LQ	457	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	50,02	3,69	15,17	4,11	0,213	0,204
PT-39	31,62		<0,06	1,59	8,73	1,59	<1,00	<1,00	17,500	0,654	0,121	<0,15	<0,03	34,50	286	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,88	<LQ	<LQ	518	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	47,60	2,72	11,93	9,28	0,208	0,454
PT-40	38,04		<0,06	1,81	10,40	1,810	<1,00	<1,00	4,300	0,487	0,238	<0,15	<0,03	33,80	270	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,85	<LQ	<LQ	222	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	21,14	3,92	6,82	4,88	0,209	0,391
PT-41	59,34		<0,06	1,70	15,10	1,700	<1,00	<1,00	14,500	3,540	0,078	<0,15	<0,03	33,20	282	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	5,53	<LQ	<LQ	259	<LQ	<LQ	<LQ	8,03	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	28,29	4,37	8,36	11,15	0,191	1,39

Campanha jul/2018 - Parâmetros de campo

POCO	T	ORP	Eh (mV)	pH	OD (%)	OD (mg/L)	CE (mV)	TDS (mg/L)	Salinidade	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	HCO ₃ (mg/L)
PC-15	20,2	230	430	5,84	49,2	3,48	709	453	0,11	47,78	58,26
PC-54	27,3	146,7	346,7	5,39	31,7	2,32	880	570	0,37	28,67	34,96
PC-53	28,23	150	350	5,3	25,7	1,91	863	564	0,36	4,77	5,82
PC-52	24,79	-17,1	182,9	6,78	44,2	3,33	1617	1052	0,8	148,14	180,62
PT-40	25,6	348,5	548,5	6,56		3,43	549			52,56	64,09
PT-41	25,9	265	465	6,62		4,31	695			57,34	69,91
PT-06	27,5	233,2	433,2	7,33		3,14	1074			140,98	171,88
PT-37	27,6	48,8	248,8	7,66	47	3,52	1264	821	0,6	152,92	186,45
PC-09	25,85	213,5	413,5	5,95	20,6	1,59	319	207	0,1	9,56	11,65

POCO	T	ORP (mV)	Eh (mV)	pH	OD (%)	OD (mg/L)	CE (mV)	TDS	Salinidade	Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)	HCO ₃ (mg/L)	CO ₃ (mg/L)	OH (mg/L)
PM-1	25,9	76,4	276,4	7,65	17,1	1,36	1126	731	0,53	143,36	174,79		
PM-2	25,3	412,4	612,4	10,33	30,6	2,43	649	421	0,27	66,90	0	28,65	6,49
PP-02	23,9	247,9	447,9	7,02	53,9	4,31	748	486	0,31	86,02	104,88		
PP-03	25,7	227,2	427,2	7,12	34	2,65	747	485	0,31	95,58	116,53		
PP-04	24,7	182,6	382,6	8,56	33	2,71	463	300	0,15	86,02	93,22	5,73	0
PT-05	25,8	24,4	224,4	6,86	37,3	2,9	725	471	0,31	81,24	99,05		
PT-12	27,65	72,4	272,4	7	59,3	4,49	460	299	0,15	59,74	72,83		
PT-15	24,5	197	397	5,92	45,1	3,62	324	209	0,1	9,56	11,65		
PT-22	27,7	201,3	401,3	6,84	45,3	3,42	464	302	0,15	81,24	99,05		
PT-26	26,3	31,4	231,4	6,97	89,7	6,91	887	576	0,37	71,68	87,40		
PT-34	26,9	390	590	7,72	40,2	3,06	867	562	0,36	152,92	186,45		
PT-38	26,6	74,7	274,7	7,24	47	3,61	1264	821	0,6	152,92	186,45		
PT-39	26,5	247,8	447,8	7,36	30,8	2,4	996	648	0,48	148,15	180,62		

ANEXO 4 Balanço iônico

Unidade: meq/L

POÇO	rHCO ₃ ⁻	rCO ₃ ⁻²	rOH ⁻	rSO ₄ ⁻²	rCl ⁻	rNO ₃ ⁻	rPO ₄	rCa ⁺²	rMg ⁺²	rNa ⁺	rK ⁺	rBa+2	rSr ⁺²	Soma Cations	Soma Anions	ERRO
PC-09	1,91E-01	0,00E+00	0,00E+00	8,40E-02	3,75E-01	5,29E-01	0,00E+00	3,29E-01	1,13E-01	6,04E-01	2,85E-02	1,05E-03	9,73E-04	1,076	1,178	-4,5%
PC-13	5,73E-01	0,00E+00	0,00E+00	1,56E-02	6,62E-01	1,36E+00	0,00E+00	4,71E-01	6,25E-01	9,98E-01	1,54E-01	3,87E-03	1,56E-03	2,253	2,608	-7,3%
PC-15	9,55E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,29E-04	1,50E-02	4,37E-02	0,00E+00	2,53E-01	3,49E-01	1,04E+00	1,12E-01	2,50E-03	8,97E-04	1,757	1,015	26,8%
PC-52	2,96E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,26E-01	6,25E-01	6,92E-01	1,47E-03	1,73E+00	1,02E+00	1,22E+00	2,90E-01	3,27E-03	5,76E-03	4,270	4,407	-1,6%
PC-53	9,55E-02	0,00E+00	0,00E+00	2,13E-02	6,14E-01	1,46E+00	0,00E+00	4,08E-01	5,97E-01	1,05E+00	1,46E-01	4,24E-03	1,46E-03	2,207	2,195	0,3%
PM-1	2,87E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,23E-03	2,87E-01	7,36E-01	0,00E+00	2,33E+00	1,57E+00	4,15E-01	1,31E-01	5,68E-03	1,17E-02	4,463	3,894	6,8%
PM-2	0,00E+00	9,55E-01	3,82E-01	2,07E-01	8,85E-02	2,71E-01	0,00E+00	2,68E-01	8,33E-04	9,04E-01	4,84E-01	8,69E-04	1,33E-02	1,672	1,904	-6,5%
PP-02	1,72E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,50E-04	3,41E-01	8,86E-01	1,68E-03	1,60E+00	8,64E-01	3,68E-01	1,05E-01	4,20E-03	1,44E-02	2,952	2,949	0,0%
PP-03	1,91E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,00E-01	8,14E-01	5,12E-03	1,62E+00	8,73E-01	2,52E-01	1,06E-01	4,18E-03	1,62E-02	2,870	2,930	-1,0%
PP-04	1,53E+00	9,53E-02	0,00E+00	7,29E-04	1,53E-02	2,45E-02	0,00E+00	3,72E-01	1,35E-01	1,07E+00	2,05E-02	2,21E-04	3,91E-03	1,597	1,664	-2,0%
PT-05	1,62E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-01	5,68E-01	3,12E-03	1,38E+00	7,44E-01	1,90E-01	9,96E-02	4,22E-03	6,99E-03	2,429	2,324	2,2%
PT-06	2,82E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,50E-03	3,24E-01	8,57E-01	1,81E-03	2,35E+00	1,41E+00	3,44E-01	1,15E-01	5,49E-03	1,55E-02	4,239	4,003	2,9%
PT-12	1,19E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,71E-04	3,63E-02	1,86E-01	0,00E+00	7,64E-01	4,47E-01	2,37E-01	8,49E-02	2,64E-03	1,77E-03	1,537	1,418	4,0%
PT-15	1,91E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,71E-04	3,21E-01	1,23E+00	2,78E-03	3,75E-01	4,26E-01	3,75E-01	1,15E-01	1,53E-03	7,14E-04	1,293	1,744	-14,8%
PT-22	1,62E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,19E-02	8,21E-02	0,00E+00	8,53E-01	5,60E-01	3,55E-01	8,44E-02	2,76E-03	3,19E-03	1,858	1,728	3,6%
PT-26	1,43E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,51E-01	6,19E-01	3,37E-03	1,19E+00	8,68E-01	3,46E-01	1,12E-01	4,43E-03	4,04E-03	2,519	2,506	0,3%
PT-34	3,06E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,79E-02	1,13E-01	1,75E-01	0,00E+00	1,44E+00	9,79E-01	9,13E-01	8,06E-02	2,86E-03	6,56E-03	3,423	3,403	0,3%
PT-37	3,06E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,67E-03	3,69E-01	8,86E-01	1,47E-03	2,21E+00	1,32E+00	3,20E-01	1,12E-01	5,22E-03	1,44E-02	3,980	4,322	-4,1%
PT-38	3,06E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,73E-03	3,01E-01	7,36E-01	3,18E-03	2,50E+00	1,26E+00	1,79E-01	9,47E-02	4,46E-03	1,05E-02	4,054	4,099	-0,6%
PT-39	2,96E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,36E-02	4,93E-01	5,10E-01	2,55E-03	2,38E+00	9,95E-01	4,04E-01	6,96E-02	4,17E-03	1,19E-02	3,864	3,981	-1,5%
PT-40	1,05E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,01E-02	1,21E-01	6,14E-01	5,01E-03	1,06E+00	5,69E-01	2,12E-01	1,01E-01	3,93E-03	5,10E-03	1,948	1,801	3,9%
PT-41	1,15E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,38E-02	4,08E-01	9,57E-01	1,64E-03	1,41E+00	6,97E-01	4,85E-01	1,12E-01	4,11E-03	5,96E-03	2,718	2,587	2,5%

ANEXO 5

Registro de fontes de contaminação

Registro efetuado por Cagnon (2003)

POÇO	X	Y	Quantidade de fossas	Em atividade (A) ou inativa (I)	Localização à montante (M), jusante (J) ou mesma cota (mm) do poço mais próximo	Atividade agrícola	Uso de fertilizantes orgânicos (O) e/ou inorgânicos (I)
PC-02	536880	7761780	1	I	M		
PC-05	537608	7761583	4	I/I/A/A	M/M/J/J		
PC-06	536602	7761282	3	A/A/A	M/J/J	horta	O
PC-07	536910	7761920	2	A/A	mm	horta	O
PC-12	537808	7761647	1	I	mm		
PC-14	537645	7761238	2	A/A	mm/mm		
PC-18	537265	7761054	1	A	mm		
pc-23	537000	7760840				horta	O
PC-24	537150	7760290	1	I	mm		
PC-25	537030	7760950	1	A	J		
PC-26	536810	7760760	2	A/A	mm/M		
pc-29	537650	7761570				horta	O
PC-30	537760	7761540	2	A/I	J/J		
PC-31	537788	7761705	1	A	M		
PC-32	537870	7761740	3	A/I/A	M/M/M		
PC-33	537660	7761290	1	A	M	plantação de laranja	O/I
PC-34	537060	7760640	1	A	mm		
PC-35	537140	7760690				horta	O/I
PC-37	537490	7760910	1	A	J	horta	O/I
PC-38	537590	7760890	1	I	M		
PC-39	537276	7760677	1	I	M		
PC-40	537290	7760740	1	A	M		
PC-41	538300	7761030	1	A	mm	cultivo de plantas ornamentais	O

PC-42	538979	7761047	1	A	M		
PC-43	536550	7761030	1	I	mm	plantação de café	O/I
PC-44	537660	7761330	1	A	M		
PC-45	537190	7760480	1	I	mm	horta	O
PC-46	537970	7761200	1	I	M		
PC-48	538850	7761630	2	A/A	M/M	horta	O
PC-101	536550	7761370	1	A	J	mangueiras	O
PT-01	536831	7761895	4	A/A/A/A	mm/mm/J/J	horta	O
PT-02	536975	7761660	1	A	mm		
PT-08	537746	7761038				horta	O
PT-11	537245	7761898	1	I	mm	horta	O
PT-12	536750	7760250	1	I	mm	horta	O/I
PT-13	537254	7761391	1	A	J		
PT-14	537071	7761314	3	A/A/A	M/J/J		
PT-16	537270	7760310	1	A	mm	horta	O/I
PT-21	537170	7761070	1	I	mm		
PT-25	538531	7761024	5	A/A/A/A/A	mm/J/J/J/J		
PT-27	537599	7761808	1	A	mm	plantação de café	
PT-28	538852	7761565				plantação de pinha e uva	O/I
PT-31	538359	7761079	1	A	M		
PT-33	537707	7761879	1	A	J	pomar de laranja e limão	
PT-35	537304	7760523	1	A	mm	mudas de árvores frutíferas	O/I
Imediações do Córrego Comprido			10	todas ativas			