

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

GILBERTO NICOLAI

AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATOS NA ÁGUA

SUBTERRÂNEA DO MUNICÍPIO DE CHAPECÓ – SC

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Henry Xavier Corseuil

FLORIANÓPOLIS, SANTA CATARINA, FEVEREIRO, 2001

**AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA
DO MUNICÍPIO DE CHAPECÓ – SC.**

GILBERTO NICOLAI

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós - Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

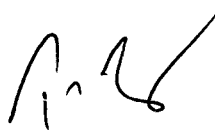
MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

na Área de Tecnologias de Saneamento Ambiental

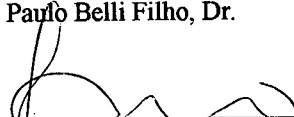
Aprovado por:



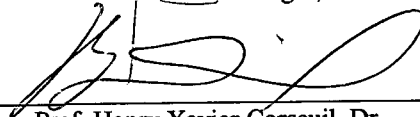
Prof. Flávio Rubens Lapolli, Dr.
(Coordenador)



Prof. Paulo Belli Filho, Dr.



Prof. Jacir Dalmagro, Dr



Prof. Henry Xavier Corseuil, Dr.
(Orientador)

FLORIANÓPOLIS, SC – BRASIL
FEVEREIRO/2001

*Não é o desafio com que nos deparamos que
determina quem somos e o que estamos nos tornando,
mas a maneira com que respondemos ao desafio,
somos combatentes idealistas, mas plenamente conscientes,
pois o ter consciência não nos obriga a termos teoria:
só nos obriga a sermos conscientes.
Problemas para vencer, liberdade para provar, e,
enquanto acreditarmos em nosso sonho,
nada é por acaso.*

(anônimo)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de estender meus agradecimentos a todas as pessoas envolvidas direta e indiretamente neste trabalho e em especial:

- Ao prof. Henry Corseuil, pela oportunidade que me concedeu de ingressar no mestrado, e suas orientações seguras durante o transcorrer da pesquisa.
- Ao Sr. Mariano Smaniotto, pessoa a qual devo muito. Sua dedicação e incentivo nos momentos mais necessários, foram excências para a conclusão desse trabalho. Não tenho palavras para expressar o meu agradecimento.
- Ao Sr Chico funcionário da Leão poços, que conhece Chapecó como poucos, pela grande auxílio na coleta do material.
- A Marilde, Marcio e Alexandre do REMAS, pela paciência, incentivo, e o grande auxílio na recepção e análise das amostras
- Aos colegas, Clarice, Viviane, Cleide, Decio e Adaiane, pela amizade, e palavras de incentivo neste dois anos do curso
- Ao amigo José Carlos Kroth, obrigado.
- Ao amigo Moacir Wagner, pela ajuda na elaboração do trabalho, pela companhia e amizade.
- Aos meus irmãos Dario, Elton e Dirson, sem a ajuda, compreensão, apoio moral e financeiro, não seria possível a realização do curso de mestrado.
- Aos meus pais, que mesmo não estando mais conosco, tenho a certeza que me acompanham.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
1.0 INTRODUÇÃO.....	01
1.1 O Oeste do Estado de Santa Catarina –Visão Geral.....	04
1.2 O município de Chapecó.....	06
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	08
2.1 O Nitrogênio.....	08
2.2 O Ciclo do Nitrogênio.....	10
2.3 Nitrificação.....	15
2.3.1 Fatores que afetam a nitrificação.....	18
2.3.2 Efeitos da nitrificação.....	20
2.4 Nitrato.....	20
2.4.1 Nitrato na água subterrânea.....	23
2.5 Fontes potenciais de nitrato na água subterrânea.....	29
2.5.1 Dejetos de suínos.....	29
2.5.2 Saneamento in situ.....	32
2.5.3 Fertilizantes agrícolas.....	36
2.5.4 Cemitérios.....	36

2.6 Doenças causadas pela ingestão de nitratos.....	37
2.6.1 Metahemoglobina.....	37
2.6.2 Carcinogênese.....	40
2.7 Tratamento para eliminação de Nitratos.....	41
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1 Geologia.....	44
3.2 Procedimento para seleção e coleta das amostras de água.....	46
3.3 Análise.....	47
3.4 Localização dos poços – interior.....	50
3.5 Localização dos poços – zona urbana.....	53
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1 Resultados da água na zona rural.....	57
4.2 Resultados dos poços na zona urbana.....	59
4.3 Nitrito.....	61
4.4 Nitrato.....	62
5.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	70
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 O ciclo do Nitrogênio do Solo (STEVENSON, 1982 IN ELDOR & CLARK, 1996).....	11
Figura 2 O Ciclo Biológico do Nitrogênio (POSTGATE, 1987).....	12
Figura 3 O Ciclo do Nitrogênio (LEHNINGER, 1991).....	13
Figura 4 A Reciclagem do Nitrogênio da Biosfera (LEHNINGER, 1991).....	16
Figura 5 Fontes e Trajetórias do Nitrogênio na Subsuperfície (ALLAN, 1979).....	24
Figura 6 Perfil esquemático ilustrando as zonas dos diferentes compostos nitrogenados na pluma.....	33
Figura 7 Comportamento da pluma contaminante no período de seca.....	34
Figura 8 Comportamento da pluma contaminante no período de chuva.....	34
Figura 9 Mapa geológico do Brasil.....	44
Figura 10 Mapa do Brasil e Santa Catarina indicando a localização do município de Chapecó.....	46
Figura 11 Esquema ilustrativo da perfuração de um poço artesiano e local onde as coletas foram realizadas.....	49
Figura 12 Modelo de cromatógrafo iônico marca DIONEX – DX 120 utilizado nas análises das amostras de água.....	48
Figura 13 Mapa do município de Chapecó com a localização dos poços coletados na zona rural do município.....	52
Figura 14 Mapa do município de Chapecó com a localização dos poços coletados na zona urbana do município.....	55

Figura 15 Gráfico de resultados do cromatógrafo iônico DIONEX – DX 120.....	56
Figura 16 Gráfico demonstrativo de poços com $\text{NO}^3 - \text{N}$ e sua distribuição de acordo com as concentrações – zona urbana.....	63
Figura 17 Gráfico demonstrativo de poços com $\text{NO}^3 - \text{N}$ na zona rural e sua distribuição de acordo com as suas concentrações.....	64
Figura 18 Gráfico demonstrativo – cidade e interior – e suas respectivas concentrações.....	65
Figura 19 Gráfico de resultados das análises zona urbana.....	66
Figura 20 Gráfico de resultados das análises zona rural.....	66
Figura 21 Gráfico comparativo entre as análises de 1998 e 2000.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais Organismos Envolvidos no Processo de Nitrificação (PAUL E CLARK, 1996).....	18
Tabela 2	Localização e profundidade dos poços coletados na zona rural do Município de Chapecó.....	50
Tabela 3	Localização e profundidade dos poços coletados na zona urbana do município de Chapecó.....	53
Tabela 4	Demonstrativo de resultados obtidos para nitrito e nitrato nas análises da água de poços artesianos na zona rural do município de Chapecó.....	57
Tabela 5	Demonstrativo de resultados obtidos para nitrito e nitrato nas análises da água de poços artesianos na zona urbana do município de Chapecó.....	59

RESUMO

O nitrato é o poluente mais freqüente nas águas subterrâneas. Em concentrações superiores a 10 mg/l $\text{NO}_3^- \text{N}$, pode causar metahemoglobina e câncer. Além do uso de fertilizantes agrícolas e criação de animais, os sistemas de saneamento *in situ*, quer por tanques sépticos ou fossas sedimentares, constituem importantes fontes de nitrato nas águas subterrâneas. No presente trabalho procurou-se avaliar a concentração de nitratos e nitritos na água subterrânea do município de Chapecó, oeste do Estado de Santa Catarina, através da coleta e análise de 100 amostras de água provenientes de poços situados no interior e na zona urbana. Os resultados mostraram que do total de poços 19 apresentaram nitrito. Desse total 13 poços estão situados na zona urbana e 6 no interior, sendo que apenas um apresentou valor acima do permitido pela legislação (1 mg/l $\text{NO}_2^- \text{N}$). O aspecto em comum é a profundidade, todos com mais de 100 metros, situados em todas as regiões do município. Com relação ao nitrato apenas um não apresentou concentração. Do total de poços na zona urbana (52 poços) amostras com até 1 mg/l $\text{NO}_3^- \text{N}$ foram 30 (57,69%). De 1 até 2 mg/l $\text{NO}_3^- \text{N}$ 12 poços (23,07%), e poços com níveis acima de 2 mg/l 10 (19,23%). Nenhum poço ultrapassou o máximo exigido por lei para o nitrato na zona urbana. No interior (44 poços analisados) poços com até 1 mg/l $\text{NO}_3^- \text{N}$ totalizaram 33 (75%), poços com 1 a 2 mg/l $\text{NO}_3^- \text{N}$ 10 (22,72%), e poços com níveis acima de 2 mg/l 1 (2,27%). Na zona rural, a exemplo da zona urbana, nenhum poço excedeu o máximo exigido por lei. Pode-se observar que a maioria dos poços, tanto da zona rural como urbana ainda não atingiu 1 mg/l $\text{NO}_3^- \text{N}$. Os níveis de nitrato são baixo na maioria deles, mas esta denunciando uma poluição, que tende a se agravar. As práticas agrícolas, o aproveitamento ou não aproveitamento adequado de dejetos de suínos e aves, a aglomeração de pessoas com sistema deficiente de captação e tratamento de esgoto, são as causas principais da poluição desse manancial. Os valores correspondentes à zona urbana são maiores e mais freqüentes devido a falta de um sistema de captação e tratamento de esgoto, que na fala deste é armazenado em fossas negras ou sépticas. Para o interior o afastamento das fontes poluidoras (chiqueiros etc.) possibilita um maior aproveitamento pelo solo.

ABSTRACT

Nitrate is the more frequent pollutant in the underground waters. In concentrations up to 10 mg/l NO_3^- - N can cause methemoglobinemia and cancer. Besides the use of agricultural fertilizers and creation of animals, the system of sanitation in situ, by septic tanks or sedimentary sewages, are important sources of nitrate in the underground waters. This work tries to evaluate the concentrations of nitrites and nitrites in the underground water of the city of Chapeco, west of the state of Santa Catarina, by collecting and analysing 100 samples of water extracted from wells in the countryside and in the urban area. The results showed that 10 wells presented nitrite, 13 of those placed in the urban area and 6 in the countryside, and just one presented value up to the allowed by the legislation (1 mg/l NO_2^- -N). The aspect in common is the depth, all with more than 100 meters, located in all area of the city. Related to nitrate, just one well didn't present concentration. Of the total of wells in the urban area (52 wells) sample with up to 1 mg/l NO_3^- -N were 30 (57,69%). Of up to 2 mg/l NO_3^- -N 12 wells (23,07%), and wells with levels above 2 mg/l 10 (19,23%). No well crossed the maximum demanded by law for the nitrate in the urban area. In the countryside (44 analyzed wells) wells with up to 1 mg/l NO_3^- -N were 33 (75%), wells with 1 to 2 mg/l NO_3^- -N 10 (22,72%), and wells with levels above 2 mg/l 1 (2,27%). In the rural area, just like the urban area, no well exceeded the maximum demanded by law. It can be observed that most of the wells, in all the city, the concentration still didn't reach 1 mg/l NO_3^- -N. The levels of nitrate are low in most of them, but they are showing pollution, that tends to become worse. The agricultural practices, the appropriated or wrong use of dejections of swine and birds, the gathering of peoples with deficient system reception and sewer treatment, are the main causes of the pollution. The values corresponding to the urban area are larger and more frequent due to the absence of a reception system and sewer treatment, that in the speech of this is stored at black or septic sewages. In the countryside the removal of the pollutant sources (pigsties etc.) makes possible a better use for the soil.

1 - INTRODUÇÃO

A água como um bem econômico e um recurso finito e vulnerável, essencial para a sustentação da vida, requer uma gestão efetiva através de ações integradas e participativas que protejam os ecossistemas naturais, e ao mesmo tempo propiciem o desenvolvimento social e econômico, com a proteção dos ecossistemas naturais. A história mostra que sempre existiu um dominador e um dominado. Esta mesma história conta que países que possuíam uma agricultura forte sempre dominavam ou até exterminavam os seus adversários, por não terem uma agricultura compatível. Na nossa história mais recente, os grandes dominadores do nosso mundo foram o Egito, Roma, Grécia, Turquia e, nos últimos séculos, França, Inglaterra, Rússia, Alemanha. Hoje é os Estados Unidos. Nos próximos 30 anos, o dominador do mundo será quem tiver água potável.

A água cobre a maior parte do planeta, porém uma pequena parcela dessa água pode e é utilizada para consumo humano e animal. A distribuição dela é de forma desigual, ficando a maior parte no oceanos. A água doce disponível encontra-se nas calotas polares, lençóis subterrâneos, rios e lagos. De acordo com ABRÃO, 2000, a água cobre 75% do globo terrestre, com uma carga de 1,4 bilhão de Km³, dessa água total, 97,3% estão nos oceanos. 2,7% de água doce assim distribuídos: 79% nas calotas polares e geleiras, 20,64% são água subterrâneas, e 0,33% de água doce superficial. Desta água, temos 53% em rios e lagos, 38% de umidade do solo, 8% de vapor atmosférico e 1% de água nos organismos vivos. O Brasil possui 24% da água líquida do mundo. Dessa água 66% estão nas bacias hidrográficas da região amazônica, onde vive 5% da população brasileira.

SANTA CATARINA (1997). O estado de Santa Catarina possui, atualmente, uma população aproximada de 4.865.000 habitantes. A acentuada migração rural e o conseqüente aumento das populações urbanas determinam uma maior necessidade de água para atender aos processos industriais e de abastecimento público. A demanda por

4

água no estado, vem apresentado uma aumento constante em função de diversos fatores. Além do crescimento vegetativo da população, cerca de 1,5% a.a., na última década em Santa Catarina, há de se considerar também o aumento decorrente do maior consumo per cápita da população, fato que tem como principal causa a concentração da população urbana no período. Da mesma forma, a elevação da atividade industrial no estado e o emprego de novas tecnologias na agricultura (uso de irrigação por exemplo) contribuíram significativamente para o aumento total da demanda.

As água superficiais em Santa Catarina conforme estudos do mesmo diagnóstico geral SANTA CATARINA (1997) (p. 81) estão contaminadas. Para a região oeste especificamente “as águas tanto superficiais quanto subterrâneas, apresentam-se deterioradas pelo uso intenso de agrotóxicos, pelo processo de erosão dos solos e principalmente pela concentração e manejo inadequado de dejetos de suínos.” De acordo com levantamentos feitos pela Fundação do Meio Ambiente – FATMA –na década de 1980 a região apresentava 230 atividades empresariais, das quais 138 foram consideradas poluidoras (hospital, pocilgas, madeireiras, abatedouros/matadouros, olaria, indústria de ração, indústria extrativa de óleo, chiqueirões, aviários e esgoto sanitários. A carga poluidora recebida na época era equivalente a um despejo diário de 300 mil habitantes

A região oeste catarinense apresenta a maior concentração de suínos por km² do país. Este fato, aliado ao alto grau de confinamento, traz como consequência um grande aumento do volume e uma grave concentração de dejetos de suínos. De acordo com a EPAGRI, 84% das fontes e pequenos mananciais da área estão contaminados por coliformes fecais. (SANTA CATARINA, 1997)

Visto que a maioria do mananciais do oeste do estado de Santa Catarina estão contaminados por agrotóxicos e despejo constante de dejetos de suínos, as atenções estão se voltado para a água subterrânea, no entanto os estudo relativos a esta área são deficientes. SANTA CATARINA (1997) “Dentre as deficiências básicas no estado quanto ao conhecimento de seus recursos hídricos, merece destaque a falta de estudos sobre os sistemas aquíferos presentes no subsolo catarinense. Como decorrências, a exploração destes mananciais subterrâneos vindo sendo feita de forma aleatória, sem o devido rigor técnico”.

Face às necessidades crescentes das última décadas, o número de perfurações de poços profundos para utilização de água subterrânea tem apresentado um considerável crescimento, notadamente em algumas regiões do estado. Estes poços visam tanto suprir o abastecimento urbano industrial quanto ao meio rural. Além do aspecto necessidade, outros fatores tem contribuído para isso. Como se sabe, a utilização de águas subterrâneas normalmente apresenta vantagens quando comparada à de água de superfícies, particularmente no que se refere a custos de tratamento, prazos de execução e proteção dos mananciais. O fator em desvantagem fica por conta, quase sempre, do elevado investimento exigido em máquinas e equipamentos de perfuração, fato que limita a ação do poder público.

De acordo com informações fornecidas pela Companhia de Águas e Saneamento de Santa Catarina – CASAN – e pela Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina – CIDASC – o estado possui atualmente quase dois mil poços profundos perfurados por estas duas companhias, além de alguns implantados na região oeste pela extinta Sudesul. Não foram incluídos no levantamento os poços artesanais de propriedade da iniciativa privada, os quais representam um número considerável no estado. Segundo levantamento efetuado pela CASAN, 1995 e pela CIDASC 1996, a região extremo oeste e meio oeste possui 765 poços profundos com uma vazão total de 5.617,00 e uma vazão média da região em 14,20 m³/h.(SANTA CATARINA, 1997)

A nível de estado, Santa Catarina apresenta uma situação delicada com relação a qualidade dos seus recursos hídricos. De acordo com a CASAN, (citado por Oliveira, 1992), o sistema de abastecimento caracteriza-se por utilizar 82% da captação a partir de mananciais superficiais, 15% nos lençóis subterrâneos e apenas 3% em outro tipo de mananciais. A extensão do problema, resulta do fato de que 80% dos recursos hídricos do território catarinense, encontram-se seriamente comprometidos em decorrência dos impactos ambientais gerados pelo lançamento de efluentes de esgoto urbano, de animais, industriais, uso inadequado de agrotóxicos e erosão (FATMA, citado por Oliveira, 1992).

Os principais fatores determinantes do grau de entropia dos mananciais catarinenses são causados pela redução de oxigênio dissolvido provocados pela

presença de compostos orgânicos em cursos d'água, proporcionando riscos de contaminação por patógenos, a intensa eutrofização verificada atualmente pela quase totalidade dos rios catarinenses, fornecendo desta forma disponibilidade alimentar para o desenvolvimento dos *simollideos* (borrachudo) e o risco de contaminação por nitratos nas águas subterrâneas que são os principais fatores determinantes do grau de entropia dos mananciais catarinenses (SILVA, 1996)

Os impactos provocados pelos dejetos de suínos oriundos da fração nitrogenada, possivelmente sejam os que determinem maiores danos, pois além de ser elemento essencial no processo de síntese causando floração das águas superficiais, o nitrogênio em contato com águas subterrâneas induz a formação de nitratos, este composto quando ingeridos consequentemente em meio anaeróbico é reduzido a nitrito no organismo, elemento conhecidamente cancerígeno (PICOT, 1992)

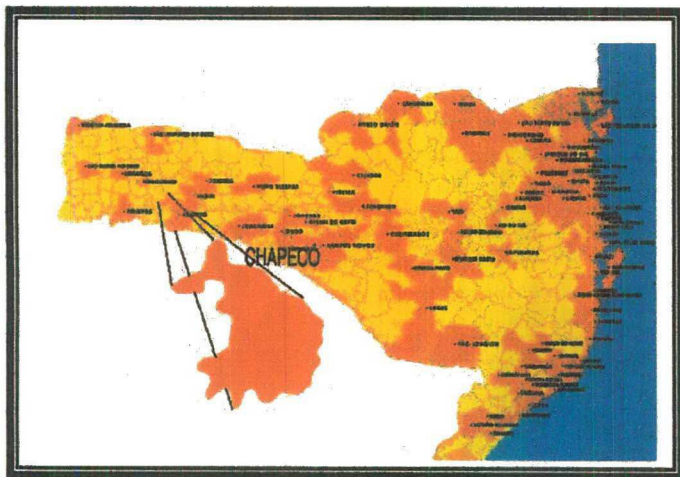
1.1 - O OESTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – VISÃO GERAL

A região oeste do estado é composta pelas bacias do rios Chapecó e Irani, esta região vem apresentado um grande crescimento socioeconômico nas última duas décadas. A população rural representa 47% (180.414 habitantes) da total (386.414 habitantes). O relevo se apresenta acidentado na sua maior parte, o que contribui para o agravamento da erosão. Da mesma forma, a cobertura vegetal da região se apresenta degradada, com apenas 17% de vegetação primária e secundária e 1% da área reflorestada. A aptidão agrícola da maior parte dos solos esta enquadrada na classe 3 e 4 (uso com restrições), o que não impede que seja a primeira em produção de grãos e uma das primeiras do estado na produção de suínos, aves e leite. (SANTA CATARINA, 1997)

Como consequência da intensa atividade agropecuária, constata-se o agravamento da erosão do solo e o assoreamento dos rios, além da grande contaminação dos mananciais por dejetos de suínos e por agrotóxicos, no oeste do estado, pois concentra cerca de 85% de todo o plantel suinícola do estado (EMATER,

1985, citado por Oliveira et. al., apud SILVA, 1996), proporcionando uma produção em torno de 25000 m³/dej/mês praticamente isentos de quaisquer tratamentos. Quando confrontada a disponibilidade de água com os diversos usos, verifica-se que há uma relativa normalidade na maior parte das sub-bacias da região. Em algumas delas, contudo, há escassez como é o caso do rio Chalana na foz, próximo de Chapecó. Neste contexto, vem aumentando a perfuração de poços profundos na área, sem um processo adequado de cadastramento e sem a necessária avaliação dos aquíferos e do potencial das águas subterrâneas da região.

1.2 - O MUNICÍPIO DE CHAPECÓ



O município de Chapecó está situado no oeste do Estado de Santa Catarina, a 689 metros acima do mar. Possui uma área rural de 594,71 km², e uma área urbana de 67,00 km². Com clima super úmido mesotérmico seu solo é latossolo roxo distrófico, terra roxa estrutura eutrófica e

distrófica com temperatura média anual de 20,17 graus centígrados. A estrutura fundiária conta com 2.800 propriedades com um total de imóveis territoriais de 33.498., sendo 12.103 desocupados e 21.395 ocupados.

O município possui uma população total de 136.878 habitantes (AMOSC/98), sendo 123.060 (88%) urbana e 16.818 (12%) rural, com uma densidade demográfica de 223,59 Hab/Km², sendo a densidade urbana de 1.368,03 Hab/Km² e rural de 31,39 Hab/km². No município existem 36.467 edificações. A CASAN possui 525.342 ligações. Não existe estação de tratamento de esgoto. A massa de resíduos sólidos recolhida diariamente é de 70 toneladas, além disso, o município possui um plantel de 383.385 bovinos, 745.574 suínos e 1.654.100 aves (IBGE, 1996 www.ibge.gov.br)

O Município de Chapecó, foi selecionado para este trabalho, face a grande produção agropecuária, suinícola, e a exploração intensiva da água subterrânea, tanto no interior do município como na zona urbana, e em face a quase inexistência de estudos relacionados com a água subterrânea neste município. O primeiro estudo relacionado ao tema (NICOLAI, 1998) constatou que as condições físico-químico e bacteriológico da

água são de boa qualidade, sendo classificada como bicarbonatada alcalina, que apresentou, no entanto índices de nitrato que merecessem maior atenção.

Desta forma, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar a presença de nitratos e nitritos na água subterrânea do município de Chapecó - SC através da coleta e análise de 100 poços artesianos localizados na zona rural e na zona urbana do município.

Neste contexto partimos da premissa de que a água já contém níveis de nitratos em virtude de resultados anteriores terem demonstrado isso, e temos como objetivos específicos:

- Detectar possíveis variações das concentrações entre a água dos poços do interior e da cidade;
- Observar variações na concentração de nitratos entre as análises de 1998 (NICOLAI, 1998) e atuais;
- Estabelecer possíveis fontes de contaminação;
- Elaborar um quadro completo, no que diz respeito a contaminação por nitratos, de todo o município de Chapecó.

2- REVISAO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – O NITROGÊNIO

O nome desse elemento provém do grego e significa “formador de nitron”, onde “nitron” se refere ao nitrato de potássio, KNO_3 . Em francês, o nome para o nitrogênio é *azoto*, que significa “sem vida”. (O pioneiro francês A.L.Lavoisier observou que um rato morreu quando mantido em atmosfera de nitrogênio.) Os sais de amônio e os nitratos eram conhecidos dos primeiros alquimistas, que também prepararam o que deveria ser o ácido nítrico. (RUSSEL, 1994)

O nitrogênio ocorre na terra como o principal constituinte do ar (~78% em volume). Compostos inorgânicos do nitrogênio não são comumente encontrados como minerais, porque a maioria deles é solúvel em água. O nitrogênio é encontrado em compostos orgânicos em todos os seres vivos, animais e plantas. Proteínas, são moléculas gigantes, cujas peças constituintes são compostos contendo nitrogênio chamados aminoácidos. (RUSSEL, 1994)

O nitrogênio é um elemento extremamente importante na síntese de proteínas pelas plantas e pode vir a ser um fator limitante na produção de alimentos. Entretanto, o nitrogênio, como todo o nutriente, pode causar problema de superprodução de algas nos corpos receptores de estações de tratamento que não forem capazes de retirar ou, ao menos, reduzir a quantidade desse elemento. Nos esgotos o nitrogênio pode aparecer de diversas formas, desde nitrogênio orgânico, amônia, até formas mais oxidativas como nitrito e nitrato. (PAGANINI, 1997).

Pode-se conhecer a presença e estimar o grau de estabilização da matéria orgânica pela verificação da forma como estão presentes os compostos de nitrogênio na água residuária. O nitrogênio presente no esgoto fresco está quase sempre todo combinado sob forma de proteína e uréia; as bactérias no seu trabalho de oxidação

biológica transformam o nitrogênio presente primeiramente em amônia, depois em nitrito e depois em nitrato. A concentração com que o nitrogênio aparece sob estas várias formas indica a idade do esgoto ou sua estabilização em relação à demanda de oxigênio. (JORDÃO & PESSOA, 1995).

Pode-se dizer que na decomposição da matéria orgânica, o nitrogênio presente nas proteínas passa por uma fase amoniacal (NH_4^+), convertendo-se daí em nitrato (NO_3^-). Nesta forma, ele pode ser absorvido pelos vegetais, chegando até os outros organismos vivos, fechando o ciclo. A presença na água dos composto nitrogenados pode indicar o tipo, frequência e distância da contaminação orgânica (OPAS, 1987)

O nitrogênio albuminóide é aquele resultante da morte dos seres vivos. Sua transformação em NH_4^+ (nitrogênio amoniacal) indica o início da oxidação, que produzirá NO_2^- (nitrito) e, em seguida NO_3^- (nitrato). Um resultado de análise de água onde o nitrogênio albuminóide aparece em concentrações maiores que o nitrogênio amoniacal indica presença de matéria não decomposta.

Caso o resultado seja o contrário, isto é, a concentração de nitrogênio amoniacal seja maior do que o de nitrogênio albuminóide, admite-se que a matéria orgânica presente na água já encontra-se em processo de decomposição. Como a transformação N-albuminóide – N- amoniacal é mais rápida quando a matéria orgânica provém de excretas animais do que em vegetais (folhas e galhos,) esse resultado indica que a água teve contato recente com excretas. (OPAS, 1980)

A presença de nitritos (NO_2^-) em concentrações elevadas indica que a matéria orgânica presente na água encontra-se a pouca distância do ponto onde foi feita a coleta para análise. Os nitritos são uma forma transitória, sendo rapidamente oxidada à nitrato NO_3^- . Sua persistência indica despejo contínuo de matéria orgânica. Os nitratos são o último estágio da oxidação do nitrogênio. Resultados de análise com altas concentrações de nitratos indicam que a matéria orgânica que entrou em contato com a água encontrava-se totalmente decomposta. Esse fato não significa que a água esteja isenta de outros contaminantes.

2.2 - O CICLO DO NITROGÊNIO

O Nitrogênio (N) é nutriente mineral encontrado freqüentemente em pouca quantidade para a nutrição das plantas e o quarto elemento mais comum na composição destas, perdendo apenas para o carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O). O átomo de nitrogênio existe em diferentes estados de oxidação e estados físicos. As alterações entre elas são comumente mediadas por organismos no solo. A facilidade com que as alterações ocorrem nos estados de oxidação resulta na formação de diferentes formas inorgânicas que desaparecem rapidamente do ecossistema. A forma NO_3^- é solúvel em água e, deste modo, sujeita a lixiviação e ao transporte pela água. As formas NH_4^+ e NH_3 estão sujeitas à volatilização e a fixação tanto pelas argila como pela matéria orgânica do solo (MOS). A escassez de nitrogênio, portanto, com freqüência limita a produtividade das plantas. Além disto, as fases gasosa e solúvel deste nutriente levam à poluição ambiental (ELDOR & CLARK, 1996).

O nitrogênio é essencial à vida e é um componente de proteínas e ácidos nucleicos em células de micróbios, animais e plantas. É irônico que o gás nitrogênio seja o gás mais abundante (79% da atmosfera da terra) (BITTON, 1994) no ar que nós respiramos e ainda é um nutriente limitado em ambientes aquáticos e em terras agrícolas, conduzindo à deficiência de proteínas que é experimentada por milhões de pessoas em países em desenvolvimento

Segundo PAUL & CLARK, 1996, o conceito de um ciclo foi formulado por Lohnis (1913), seguido da identificação das formas do N no solo e o papel dos microorganismos no movimento do N de uma forma para outra. Ele representou o N_2 como central ao ciclo e reconheceu as formas proteína, amida, NH_3 , NO_2^- e NO_3^- . (figura 01)

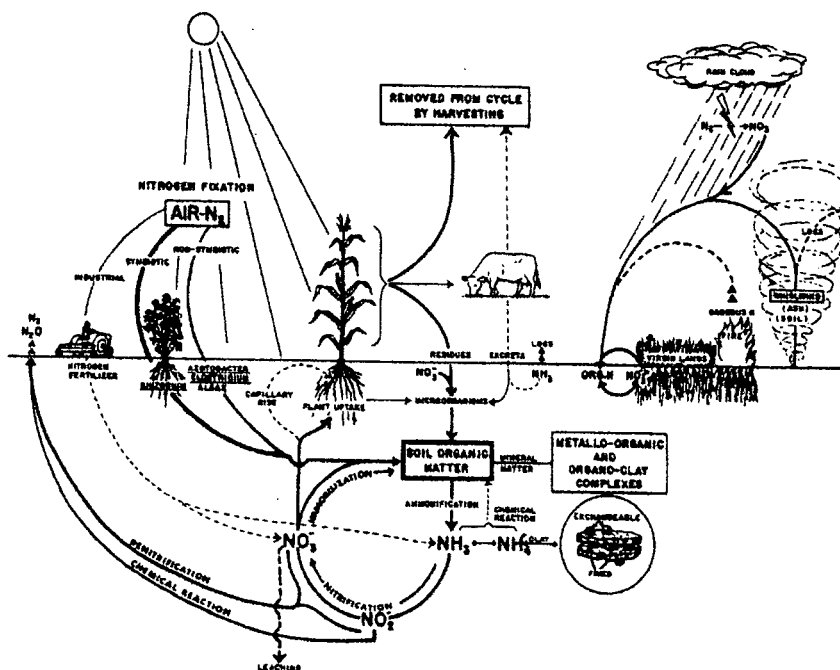


FIGURE 8.1 Nitrogen cycle in soil. (From Stevenson, 1982.)

Figura 01. Ciclo do Nitrogênio no solo. (STEVENSON, 1982 in ELDOR & CLARK, 1996)

O ciclo no nitrogênio pode ser esboçado de outras maneiras, (figura 02 e figura 03) Essencialmente ela simboliza as transformações por que passa o elemento nitrogênio (N) neste planeta através da ação dos seres vivos. O lado esquerdo e o setor inferior da fig 02 mostram a síntese de matéria viva nitrogenada (principalmente proteínas) a partir de compostos nitrogenados inorgânicos (íons nitrato, nitrito e amônia) durante o crescimento das plantas e o seu consumo por animais, seguido por sua volta ao solo como resultado da decomposição e putrefação de material vegetal e animal. O setor superior mostra a perda de nitrogênio, para a atmosfera, de nitratos e seu retorno ao ciclo pelo processo de fixação do nitrogênio. (POSTAGE, 1987)

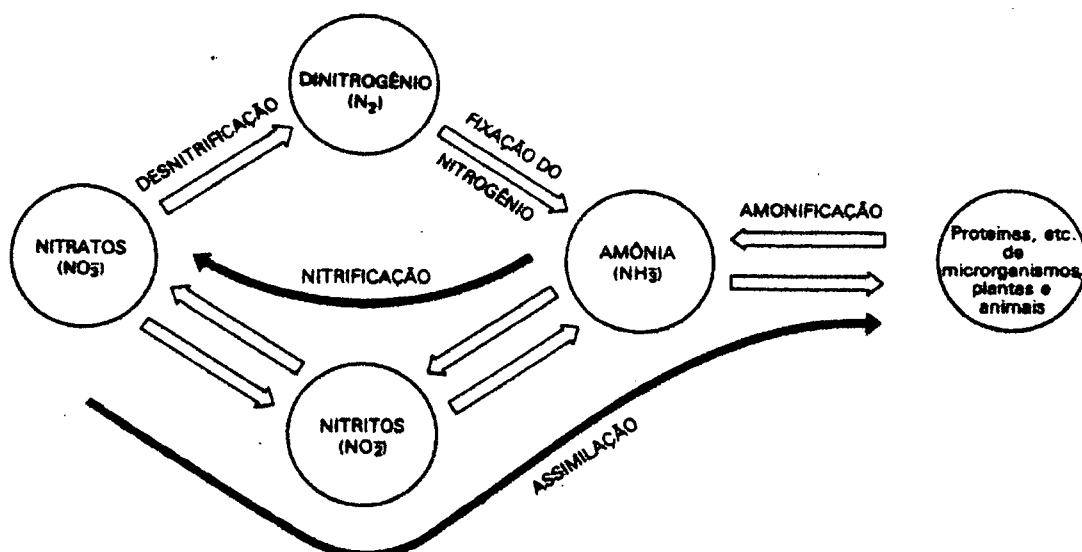


Figura 02 – Ciclo Biológico do Nitrogênio (POSTAGE, 1987)

De acordo com LEHNINGER, 1991, a primeira etapa no ciclo do nitrogênio é a fixação do nitrogênio atmosférico por organismos fixadores de nitrogênio para produzir amônia. A amônia pode ser usada pela maioria dos organismos vivos. Entretanto, há algumas importantes bactérias do solo que retiram a sua energia da oxidação da amônia a nitrito e no fim a nitrato. Pelo fato destes organismos serem extremamente abundantes e ativos, praticamente toda a amônia que atinge o solo torna-se oxidada a nitrato, processo conhecido como nitrificação. As plantas e muitas bactérias podem facilmente reduzir o nitrato de volta a amônia pela ação da nitrato redutase. Este processo é conhecido como desnitrificação. A amônia formada pode ser transformada em aminoácidos, pelas plantas, que são então utilizadas pelos animais. Como uma fonte de aminoácidos, essenciais e não essenciais, para sintetizar as proteínas animais. Com a morte dos animais, a degradação microbiana de suas proteínas retorna a amônia ao solo, onde as bactérias nitrificadoras convertem-na em nitritos (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) novamente, conforme demonstrado na figura 03

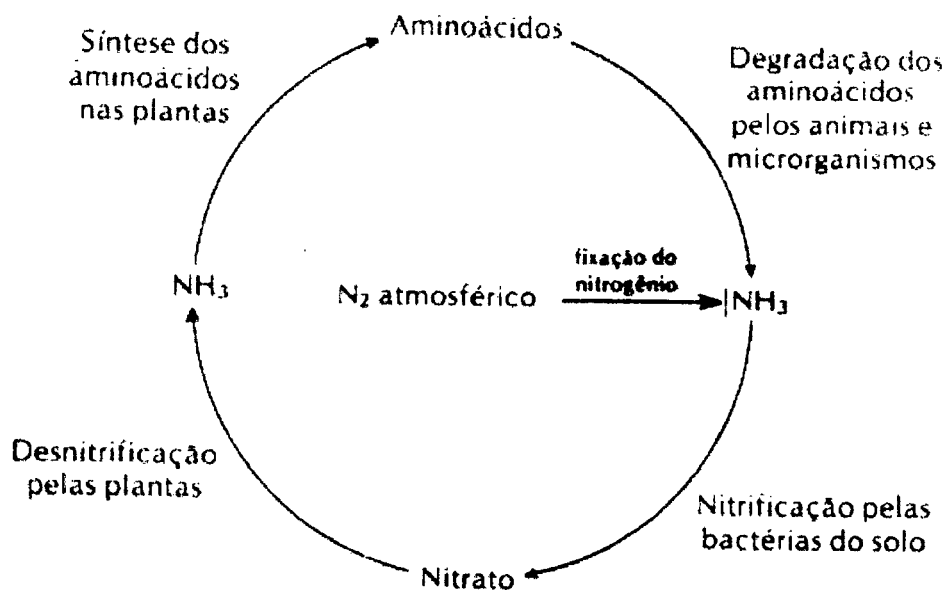


Figura 03 - O Ciclo no Nitrogênio. (LEHNINGER, 1991)

O conceito de ciclo do nitrogênio abrange o conjunto de transferências e transformações que sofre este elemento, e que tem lugar por diferentes vias, como o ar, o solo, a água, os microrganismos, as plantas, os animais e o homem. (DIAZ, 1985.)

O constante intercâmbio e transformações do nitrogênio se produzem através de processos como a fixação, amonificação, nitrificação e desnitrificação. O processo de conversão de nitrogênio gasoso a uma forma combinada se denomina fixação do nitrogênio, e se produz pela ação de uns poucos organismos, e em menor medida devido a certos processos atmosféricos. A fixação atmosférica acontece como consequência de fenômenos de ionização como tormentas elétricas, radiação cósmica etc. que cedem energia necessária para que se produza a combinação de nitrogênio com o oxigênio e o hidrogênio, formando compostos solúveis na água da chuva que se incorporam ao solo. (DIAS, 1985)

A fixação biológica do nitrogênio pode ser realizada por algumas algas e bactérias de vida autônoma (DIAS, 1985). Relativamente poucos organismos são capazes de usar (fixar) o nitrogênio gasoso (N_2) que representa perto de 80% da nossa atmosfera. Como a crosta terrestre contém muito pouco nitrogênio na forma de sais orgânicos solúveis, todos os organismos vivos dependem em última instância do nitrogênio atmosférico e dos organismos fixadores de nitrogênio. O nitrogênio pode ser fixado pelas cianobactérias ou pelas algas verdes ou azuis; elas são células totalmente auto suficientes pois são completamente autotróficas. Elas podem fixar o nitrogênio atmosférico e também realizar a fotossíntese, obtendo assim todo o carbono que necessitam do dióxido de carbono atmosférico. (LEHNINGER, 1991)

Muitas outras espécies de bactérias fixadoras de nitrogênio ocorrem no solo. Algumas delas vivem simbioticamente em nódulos de raízes de certas plantas, especialmente de membros da família das leguminosas. (LEHNINGER, 1991). Como resultado do processo de fixação aparece no solo amoníaco ou íon amônio que são absorvidos pelas plantas através de seu sistema radicular incorporando-se o nitrogênio, posteriormente nos aminoácidos e proteínas. Através da ingestão de vegetais, os animais incorporam o nitrogênio em novas proteínas, e de forma semelhante se incorpora nas proteínas humanas. (DIAZ, 1985)

O processo de amonificação compreende o conjunto de reações que, partindo da degradação dos compostos orgânicos do nitrogênio, conduzem a formação de íon amônio. Em um meio oxidante, o íon amônio produzido, seja por processo de fixação ou amonificação, se converte em seguida em nitrito e em nitrato pelo processo de nitrificação. Este é um processo de oxidação biológico que se produz em duas fases, devido a ação de dois grupos de microrganismos distintos: O grupo das *Nitrosomas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira*, *Nitrosocystis* e *Nitrosogloes* que convertem o amônio a íon nitrito, e o grupo *Nitrobacter*, que oxida o íon nitrito a íon nitrato. Ambas são bactérias autotróficas, que utilizam a energia das reações químicas inorgânicas. (DELWICHE, 1970, LEVASQUE, 1976)

2.3 - NITRIFICAÇÃO

A nitrificação converte NH_4^+ em NO_2^- e NO_2^- em NO_3^- . Resulta na produção do que era historicamente conhecido como salitre (KNO_3). A primeira fonte reconhecida de salitre foi um sal eflorescente formado sobre pedras ou tijolos expostos a NH_3 . Esta eflorescência é descrita na bíblia (levítico 14:34-53). A pólvora feita usando-se salitre foi desenvolvida pelos chineses no século X. Na Europa, plantações com salitre foram descritas por um escritor alemão no século XVI. Terra, estrume e cal eram misturados em barracões e regados com urina e esgoto. Os montes eram mantidos aerados e o salitre era extraído com água quente. Acreditava-se que NO_3^- fosse formado através de uma reação química envolvendo NH_4^+ e O_2 , com solo argiloso como catalisador químico. (PAUL & CLARK, 1996.)

Por volta de 1870, Pasteur postulou que a formação de NO_3^- era microbiológica e análoga à conversão de álcool a vinagre. A primeira evidência experimental de que a nitrificação era biológica foi dada por Schloesing e Muntz em 1877. Eles adicionaram efluente de esgoto e um tubo longo, cheio com areia esterilizada e CaCO_3 . Depois de 20 dias, NH_4^+ havia desaparecido e NO_3^- estava presente. Warington, em 1878, em Rothamsted, no Reino Unido, descobriu que a nitrificação era um processo de duas etapas envolvendo dois grupos de microrganismos. Um grupo oxidava NH_4^+ a NO_2^- , e um outro oxidava NO_2^- a NO_3^- . Entretanto ele não isolou os organismos responsáveis. Winogradsky é reconhecido como sendo o primeiro a isolar os nitrificantes. (PAUL & CLARK, 1996.)

Os microrganismos responsáveis pela nitrificação são as bactérias nitrificantes que são divididos em dois grupos principais: *Nitrosomonas* é um gênero típico dos seis que oxidam amônia a nitrito; *Nitrobacter* representa um número menor de gêneros que oxidam nitrito a nitrato. (tabela 01) Do ponto de vista ecológico elas tem duas funções importantes, uma benéfica e outra deletéria. A amônia embora seja um nutriente vegetal adequado, é menos eficiente que o nitrato, preferido pela maioria das plantas. As bactérias nitrificantes desempenham uma função útil ao tornarem o nitrogênio da amônia mas prontamente disponível para as plantas. Por outro lado, a amônia é bem

retida pelo solo, enquanto os nitratos são rapidamente levados, de sorte que a nitrificação pode resultar em perda de nitrogênio. (POSTGATE, 1987).

A figura 04 representa a reciclagem do nitrogênio da biosfera pela ação de bactérias nitrificantes.

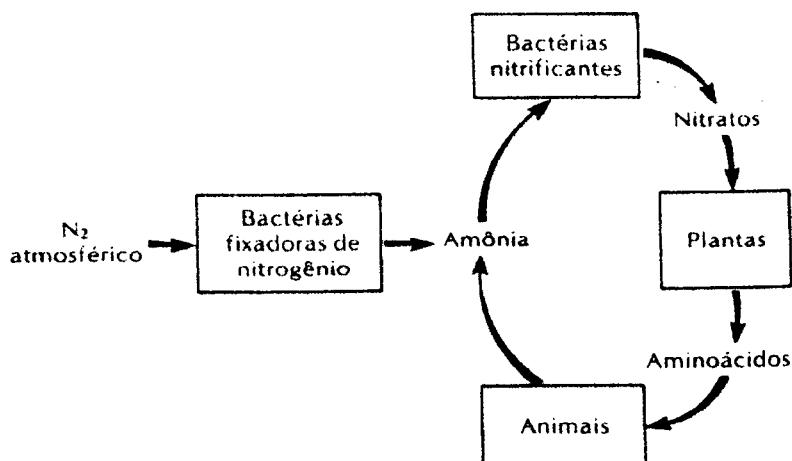


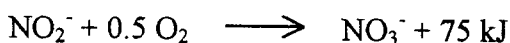
Figura 04 - A reciclagem do nitrogênio da biosfera (LEHNINGER, 1991)

A nitrificação é a conversão de amônia a nitrato através da ação de microrganismos.

1 - Conversão de NH_4^+ a NO_2^- . *Nitrosomonas* (por ex. *N. europaea*, *N. oligocarbogenes*). Outros oxidante de amônio são *Nitrospira*, *Nitrosococcus* e *Nitrosolobus* (FOCHT E VERSTRAETE, 1977, apud BITTON, 1994).



2 - A conversão de NO_2^- para NO_3^- *Nitrobacter* (por exemplo, *N. agilis*, *N. winogradski*) converte nitrito para nitrato:



Outros oxidante de nitrito são *Nitrospira* e *Nitrococcus*

Essas bactérias, além de sua importância em agricultura, como agentes da nitrificação dos solos (uma vez que os vegetais em geral, não são capazes de assimilar amônia ou nitritos, mas apenas nitratos) merecem ainda a atenção especial por uma razão análoga: elas realizam a transformação da amônia, resultante da degradação das proteínas ou aminoácidos existentes no esgoto, em nitratos, que constituem um dos mais importantes fatores limitantes no crescimento de algas. (BRANCO, 1986)

Além disso, são as bactérias do gênero *Nitrosomonas*, as responsáveis pela presença de nitritos em muitas águas, o que constitui importante indício químico de contaminação por esgotos ou outra fonte de matéria orgânica. Sendo os nitritos instáveis em água contendo oxigênio, graças principalmente à presença de *Nitrobacter*, o seu aparecimento é sempre transitório, somente se verificando no momento em que se dá a degradação de matéria orgânica; entretanto, nem sempre revela a presença de esgoto, pois a formação do húmus, ou decomposição de restos vegetais, leva igualmente à formação de nitritos. (BRANCO, 1986.)

A oxidação de NH_4^+ a NO_2^- e então para NO_3^- é um processo que rende energia. Microrganismos utilizam a energia gerada para assimilar CO_2 . Exigências de carbono para nitrificadores são satisfeitas por gás carbônico, bicarbonato, ou carbonatos. A nitrificação é favorecida pela presença de oxigênio e alcalinidade eficiente para neutralizar os íons de hidrogênio produzidos durante o processo de oxidação. (BITTON, 1994).

A intensificação da nitrificação dá-se em condições aeróbias; em solos irrigados, porém drenados, as condições serão tanto melhores quanto maiores forem as condições de aeração do solo. Em solos inundados a nitrificação ocorre nos primeiros milímetros da superfície de contato com o ar, indo ao limite da camada aeróbia-anaeróbia da lâmina d'água/solo. Assim a nitrificação depende também da profundidade da lâmina d'água, do tempo de permanência da mesma sobre o solo, dos períodos de rega e da estrutura do solo, já que a difusão do oxigênio faz-se 10^4 vezes mais rápida pelo ar do que pela massa líquida. (PAGANINI, 1997)

A tabela 01 demonstra os principais microrganismos envolvidos no processo de nitrificação

Tabela 01 - Principais microrganismos envolvidos no processo de nitrificação.
(PAUL & CLARK, 1996)

GENERO	ESPÉCIE
Oxidam NH_4^+ a NO_2^-	
<i>Nitrosomonas</i>	<i>Europeae</i>
<i>Nitrospira</i>	<i>Briensis</i>
<i>Nitrosococcus</i>	<i>Nitrosus</i>
	<i>Oceanus</i>
	<i>Mobilus</i>
<i>Nitrosovibrio</i>	<i>Tenuis</i>
<i>Nitrosolobus</i>	<i>Multiformus</i>
Oxidam NO_2^- a NO_3^-	
<i>Nitrobacter</i>	<i>Winogradski</i>
	<i>Hamburgensis</i>
	<i>Vulgaris</i>
<i>Nitrococcus</i>	<i>Mobilus</i>
<i>Nitrospina</i>	<i>Gracilus</i>
<i>Nitrospira</i>	<i>Marina</i>

2.3.1 – Fatores de Afetam a Nitrificação

Acidez – A produção de NO_3^- está relacionada com o solo e com os valores de pH da solução. Valores ideais de pH podem variar de 6,6 a 8,0. Geralmente, as taxas de nitrificação em solos agrícolas diminuem abaixo de pH 6,0 e tornam-se irrelevantes abaixo de 4,5. Valores altos de pH inibem a transformação de NO_2^- a NO_3^- . Quase todos os solos ácidos de florestas produzem NO_3^- quando distúrbios, como fogo ou derrubadas, resultam em maiores taxas de mineralização do que imobilização do N. Nitrificantes heterotróficos e/ou microcosmos podem explicar o fato de que a

nitrificação em solos florestais não é tão sensível à acidez quanto aquela que ocorre em solos agrícolas.

O pH ótimo para *Nitrosomonas* e *Nitrobactérias* está entre 7.5 e 8.5 (EPA norte-americano, 1975 apud BITTON, 1994) A nitrificação cessa a pH igual ou menor que 6.0. (PAINTER, 1970; PAINTER E LOVELESS, 1983, apud BITTON, 1994).

Aeração – Como o O₂ é um requisito obrigatório para todas as espécies, a aeração é essencial para a nitrificação. A difusão de O₂ no solo e, deste modo, a aeração, é controlada por fatores como a umidade e estrutura do solo.

Umidade e Temperatura – A umidade afeta o regime de aeração do solo; por isso o estado da água do solo tem influência na produção de NO₃⁻. A saturação com água limita a difusão de O₂, e a nitrificação é suprimida. No outro extremo, a proliferação bacteriana é retardada pela insuficiência de água. As reações gerais de mineralização que produzem NH₄⁺ são menos sensíveis a seca e temperatura baixa; por isso NH₄⁺ acumula-se em solos secos ou frios. A nitrificação. Embora lenta abaixo de 5°C, ocorre debaixo da capa de neve em muitos solos. Também é lenta acima de 40°C. A temperatura ideal está entre 30 e 35°C. A interação da temperatura, umidade, aeração e outros fatores compõem o efeito sazonal. Em áreas temperadas, a nitrificação é maior na primavera e outono e menor no verão e inverno.

A taxa de crescimento de nitrificadores é afetada através da temperatura no alcance de 8 – 30°C. A temperatura ótima informada foi ao redor de 30°C. (HITDLEBAUGH & MOLEIRO, 1981 apud BITTON, 1994).

Inibição Tóxica – Nitrificadores estão sujeitos a inibição de substrato e produtos e também são bastante sensíveis a várias combinações tóxicas presentes nas água imprópria. (BITTON, 1983; BITTON et al., 1989 apud BITTON, 1994) Parece que muitas dessas combinações são mais tóxicas as *Nitrosomonas* que as *Nitrobactérias*. Material orgânico em água imprópria não é diretamente tóxico a nitrificadores. A inibição aparente através de material orgânico pode ser indireta e pode ser devida a depleção de O₂ por heterótrofos (BARNES e BLISS, 1983, apud BITTON, 1994). As

combinações mais tóxicas para nitrificadores são cianeto, fenóis, anilinas e metais pesados (prata, mercúrio, níquel, cromo, cobre e zinco. (BITTON, 1994)

2.3.2 – Efeitos da Nitrificação

Como as plantas assimilam rapidamente NO_3^- , e o bom crescimento é geralmente considerado dependente deste processo, a nitrificação biológica é usada como um indicador da fertilidade do solo. A nitrificação também pode levar a conseqüência indesejáveis. O amônio é um cátion, adsorve os colóides do solo e é relativamente estacionário. O nitrato, por outro lado, é um ânion que é móvel na solução do solo. Sob certas condições, particularmente em solos arenosos, sujeitos a chuvas fortes, ou onde excessiva irrigação é praticada, NO_3^- será lixiviado para longe da região da raiz. (PAUL & CLARK, 1996)

O excesso de NO_3^- lixiviado do solo acaba indo para a água subterrânea, lagos e correntes. Está envolvido em: 1) crescimento excessivo das plantas e algas (eutrofização); 2) problemas de saúde como metahemoglobinemia e; 3) formação de nitrosaminas cancerígenas pela reação com outros compostos nitrogenados. Os intermediários gasosos da nitrificação poluem a atmosfera. (PAUL & CLARK, 1996)

2.4 – NITRATO

O nitrato é um íon resultante da combinação de um átomo de nitrogênio com três átomos de oxigênio (NO_3^-). Nas análises de água pode ser referido ao íon nitrato ou ao nitrogênio. (CETESB, 1978)

É um dos íons mais encontrados em águas naturais, geralmente ocorrendo em baixos teores nas água superficiais, mas podendo atingir altas concentrações em águas profundas. O seu consumo através das águas de abastecimento está associado a dois

efeitos adversos à saúde: a indução à metahemoglobinemia, especialmente em crianças, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas. (NISCHIHARA, 1998)

O nitrato constitui o produto final da estabilização aeróbica do nitrogênio orgânico (CARVAJAL et al 1980). O resultado da degradação microbiana de substâncias orgânicas nitrogenadas, como proteínas, a íons de amônia (NH_4^+) (LEWWIS et al 1982).

O nitrato é a forma mais oxidada do nitrogênio. Provavelmente é o ânion mais estável nas condições existentes nas águas superficiais. Devido à sua estreita relação com o ciclo da vida, as concentrações de nitrato são fortemente influenciadas pelas atividades das plantas e dos animais. As bactérias possuem um papel importante na relação dos nitratos na água. (BATALHA, 1977)

O nitrato é atualmente uma das maiores preocupações mundiais, quer seja pelo uso indiscriminado de agrotóxicos, quer seja pela grande produção de dejetos de suínos, aves etc., quer seja pela grande produção de efluentes líquidos humanos, e o não tratamento do mesmo. Salvo países que são exceção à regra, a maioria não faz o tratamento dos efluentes, que são jogados indiscriminadamente em rios e córregos, ou através de fossas sépticas.

A grande produção desses efluentes, faz surgir o aparecimento de nitratos, que lixiviados alcançam os rios e principalmente a água subterrânea.

O nitrato é a forma mais persistente e móvel do nitrogênio nas águas subterrâneas, em ambientes oxidantes. Além de constituir um contaminantes quando excedam a 10 mg/l $\text{NO}_3^- - \text{N}$, é também, por suas características físico-químicas, um excelente indicador de contaminação antrópica. Estudos (RITTER, 1990) tem mostrado correlações entre a presença de nitrato e de pesticidas, em áreas agrícolas nos EUA. Segundo FERREIRA & HIRATA (1993), o nitrato, procedido pela condutividade elétrica e pelos cloretos, é muito mais eficiente e preciso na indicação da contaminação por sistemas de saneamento in situ, comparativamente às bactérias coliformes, devido à baixa sobrevivência nas água subterrâneas.

Até 1984 as concentrações aceitáveis de nitrato na água aceitas pela OMS (organização Mundial da Saúde) estavam entre 50 e 100 mg/l. Concentrações acima de 100 mg/l não eram recomendadas. Em 1984 devido aos informes da incidência de metehemoglobinemia infantil, a OMS reduziu os índices recomendados a 10 mg/l NO_3^- - N ou (45 mg/l NO_3^-). (GRAY, 1994)

A poluição de água subterrânea e de superfície por nitrato se tornou um dos problemas ambientais em várias partes do mundo. O uso excessivo de fertilizantes de nitrogênio em agricultura intensiva e descarga de detritos domésticos e de animais são consideradas as principais causas que agravam o problema. (VOLOKITA et al., 1996). Preocupações com possíveis conseqüências para a saúde tem levado à adoção de um valor de diretriz (10 mg NO_3^- - N/l) em água par o consumo humano (WHO, 1984)

No Brasil os níveis máximos de nitratos em água para consumo são regulamentados pelo decreto nº 14.250 de 05 de junho de 1981, e estabelecem os teores máximos para o nitrato de 10 mg/l de NO_3^- - N e par o nitrito de 1,0 mg/l de NO_2^- - N (SANTA CATARINA, 1998).

Nos Estados Unidos o padrão é regulado pela Environmental Protection Agency (EPA) e fixou como padrão máximo de contaminação da água por nitratos em 10 mg/l NO_3^- - N e a Europa fixou os níveis máximos em 12 mg/l. (GLASS & SILVERSTEIN, 1997)

Na maioria dos solos, NH_4^+ , liberado durante a decomposição da matéria orgânica, e que não é usado imediatamente pelos organismos é rapidamente transformado em NO_3^- - N de fertilizantes adicionados como uréia, NH_4^+ ou na forma de NH_3 , está também sujeito à nitrificação. Assim que NO_3^- é formado no solo, ou adicionado por deposição úmida ou seca, está sujeita aos seguintes destinos: 1) pode sofrer redução por microrganismos, resultando em óxidos gasosos de N e em N_2 (desnitrificação); 2) pode ser absorvido por microrganismos e usado na síntese de aminoácidos (redução assimilativa); 3) estados intermediários de oxidação passam por desmutações abióticas, produzindo óxidos gasosos de N ou N_2 (quimiodesnitrificação); 4) pode ocorrer a redução completa de NO_3^- a NH_4^+ sob condições anaeróbias,

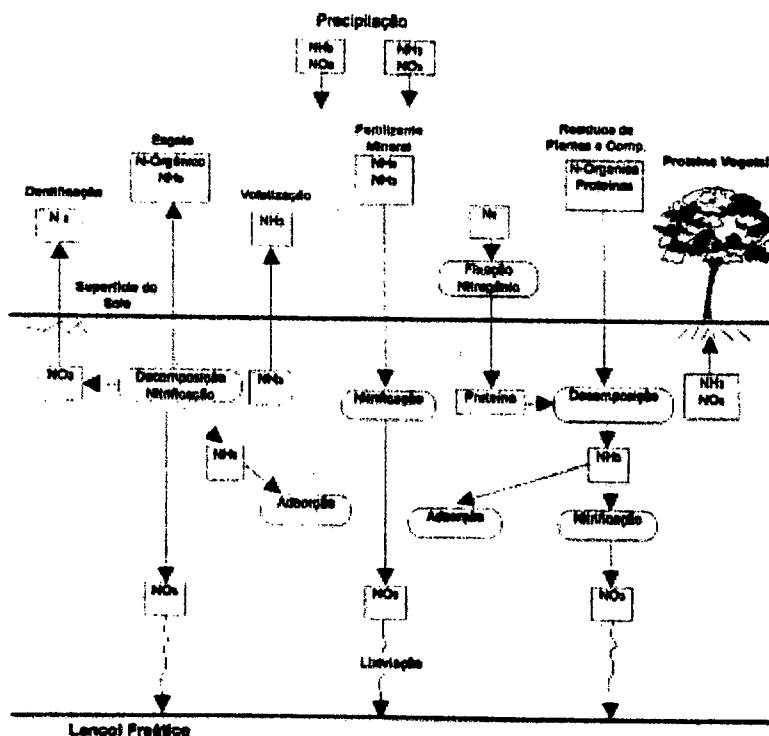
conhecida como redução assimilativa; 5) NO_3^- pode ser lixiviado até as camadas mais profundas do solo ou até as águas subterrâneas, transportado para fora do local através de escoamento superficial, ou acumular-se no local, como ocorre freqüentemente com solos arados. (PAUL e CLARK, 1996)

2.4.1 – Nitrato na Água Subterrânea

A despeito da grande importância, estudos específicos da contaminação de aquíferos por nitrogênio são ainda bastante restritos no Brasil, sobretudo quando o tema é focado com alto grau de detalhe.

As origens principais da contaminação por nitratos nos cursos d'água são: 1) O nitrato é oxidado quando a matéria orgânica é decomposta pelas bactérias presentes no solo. Se os cultivos não estão em crescimento o nitrato produzido pela ação microbiana não é utilizado pelas plantas, ele então é arrastado do solo pela água da chuva até o aquífero, ou penetrando no solo até o lençol, contaminando a água subterrânea. 2) os agricultores utilizam o nitrogênio inorgânico nos campos em forma de fertilizantes artificiais. As aplicações geralmente excedem as necessidades das plantas e a habilidade das plantas de utilizar o nitrato, desta forma o excedente de nitrato produzido, será lixiviado do solo para os aquíferos e para a água subterrânea. (GRAY, 1994).

A figura 05 demonstra as fontes e trajetórias do nitrogênio no solo e subsolo, onde existem os processos de nitrificação, desnitrificação e de que maneira o nitrato alcança a água subterrânea.



Fonte: Metcalf & Eddy Inc.⁸⁹

Figura 05 - Fontes e trajetórias do nitrogênio na subsuperfície. (ALLAN, 1979)

Os nitratos lixiviam até as camadas freáticas durante todo o ano, uma vez que o ritmo de lixiviação depende de fatores como a geologia, tipo de solo, perfil das precipitações, ritmo de utilização do nitrogênio nos cultivos, ritmo da conversão microbiana dos nitratos e o modo de aplicação dos fertilizantes. Os nitratos são muito solúveis e se dissolvem na água da chuva e infiltram mais profundamente no solo onde penetram até as águas subterrâneas por infiltração direta. Se encontram uma camada impermeável como a argila, por migração lateral no solo vão encontrar um caminho até a água subterrânea. (GRAY, 1994)

No Brasil 40% da população utiliza fossas rudimentares ou não possui qualquer sistema de tratamento que, na prática, se traduz na disposição inadequada dos efluentes líquidos, muitas vezes diretamente no aquífero (fossas negras escavadas até o nível

freático). Um agravante a este problema são as favelas, dada à grande densidade populacional e grande concentração de fossas negras. O problema da inter-relação fossa-poço não se restringe apenas às áreas faveladas. Cerca de 20% da população do país utiliza poços próprios para o seu abastecimento e somente 35% está conectada devidamente à rede de esgoto. (VERNIER, 1999).

O oeste do estado de Santa Catarina, região de destaque na suinocultura e avicultura nacional, possui um quadro crítico quanto à poluição proveniente do manejo dos dejetos de animais. A coleta e reciclagem do esterco de suínos visando a sua utilização posterior como fertilizante é uma prática que tem sido estimulada na região como uma alternativa para diminuir a sua emissão no meio ambiente. No entanto, estudos com amostras de esterco líquido proveniente de 8 municípios da região demonstraram que 42% dos produtores que adotaram esta prática apresentam problemas de manejo, transporte e aplicação do esterco, o que traz como consequência o seu derrame no solo. Tais práticas podem acarretar sérios danos ambientais, pois alguns estudos revelam que 1/3 do nitrogênio das amostras apresenta-se sob a forma de íons nitrato e, portanto apresentam perigo real de contaminação de aquíferos subterrâneos. (SCHERER et al., apud MORENO, 1998).

Uma das principais fontes de nitratos na área rural, é constituída por dejetos animais e por certas práticas de deposição de dejetos humanos. Os dejetos animais são ricos em material nitrogenado que pode ser convertido em nitratos, e este problema torna-se particularmente agudo, quando as atividades pecuárias são levadas a efeito de forma intensiva. Também o crescente uso de fertilizantes nas atividades agropastoris, resulta em elevadas concentração de nitratos nos lençóis subterrâneos. (LEWIS et. al., 1980)

Outra fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas está relacionada aos sistemas de saneamento in situ (fossas sépticas e negras). O estado de São Paulo apresenta uma média cobertura da rede de esgoto, que geralmente são lançados in natura nos cursos de água superficiais pelos efluentes domésticos. Segundo HIRATA (1992), as regiões de maior geração de nitrogênio pela disposição in situ de efluentes domésticos se associaram às áreas mais susceptíveis dos aquíferos nas regiões norte do estado; centro-norte; litoral santista e sul do estado.

Muito embora um programa intensivo de monitoramento das águas subterrâneas não tenha sido ainda implementado nestas áreas, análises químicas de poços tubulares de produção, perfurados nas últimas duas décadas, tem sugerido problemas de contaminação antrópica. As ocorrências de nitrato nas águas subterrâneas e uma comparação com as áreas críticas (norte, centro-norte, litoral santista e sul do estado de São Paulo) mostram correlações importantes, sobretudo quando associados ao uso agrícola do solo. (CAMPOS et al., 1994)

WOODWARD et al., 1961 apud LEWIS, 1980) atribuíram a causa da contaminação das águas subterrâneas por nitratos, em áreas não dotadas de sistemas de esgotos nos estado de Minnessota, ao difundido uso de tanques e sumidouros. Em uma revisão detalhada da literatura técnica sobre os tanques sépticos e seu impacto sobre o meio ambiente e a saúde pública (PATTERSON et al. 1971, apud LEWIS 1980), o desempenho insatisfatório dos tanques sépticos levou a recomendação no sentido de se fazer uso de outros métodos de disposição de esgotos nas áreas densamente povoadas, para evitar a contaminação dos lençóis subterrâneos. (BROOKS e CECH, 1979 apud LEWIS, 1980), constataram que a contaminação por nitratos dos lençóis subterrâneos, era extremamente generalizada nas áreas rurais do Texas.

HUTTON et al., (1976 apud LEWIS, 1980) atribuíram a grave e difusa contaminação por nitratos, do sistema de captação de água potável de aldeias situadas na região leste Botswana, à poluição oriunda de fossas secas. LEVIS et. al., (1980) levaram a efeito um estudo hidrogeológico na vizinhança de um poço de captação de água potável, extremamente poluído que apresentava uma concentração de nitrato superior a 135 mg/l NO_3^- -N. Os resultados deste estudo demonstraram que as fossas secas provocaram significativa concentração de material nitrogenado no solo e rochas circundantes, a partir dos quais os nitratos penetravam intermitentemente, com as precipitações pluviais.

Dados compilados por COOL e DAS, (1980 apud LEWIS, 1980) num estudo de caso sobre a poluição dos lençóis subterrâneos na Índia Central, indicavam claramente o centro da emanção dos nitratos como sendo a aldeia. A direção normal do fluxo da água subterrânea era norte sul, donde conclui-se que, os poços situados ao sul da aldeia interceptavam a água subterrânea poluída (30 a 100 mg/l de NO_3^- - N), resultante de

atividade humanas e animais no interior da aldeia. A aldeia situava-se numa planície de turfa, e embora a taxa de pluviosidade da área fosse elevada (1.000 a 1500 mm/ano) estimou-se que apenas 50mm ficava disponível para recarga.

O nitrato é um contaminador primário dos suprimentos de água potável nos EUA, com padrão (máximo nível de contaminação) fixado em 10 mg/l NO_3^- - N. O nitrato em água subterrânea está aumentando mundialmente e, porque não é removido facilmente através de tratamento de água convencional, forçou o abandono de abastecimento de água para comunidades. Por exemplo, foi calculado que em algumas áreas afetadas, 4% da provisão de água subterrânea era perdida a cada ano devido a contaminação por nitratos, que é muito mais significativa que os 0,5% de perda atribuída a contaminadores químicos e orgânicos (SPALDING e EXNER, 1993 apud GLASS e SILVERSTEIN, 1997). Visto que a remoção de nitrato da água para beber é difícil, limitações de fontes de contaminação de nitrato através de fontes domésticas e industriais está ficando comum no EUA e Europa (GLASS e SILVESTREIS, 1997).

A contaminação de nitrato em água subterrâneas em áreas agrícolas nos Estados Unidos. Em uma pesquisa estatística da qualidade da água consumida, 2,4% dos poços domésticos rurais e 1,2% de cidades provêm de poços de água subterrânea excedendo a contaminação máxima de nitrato. Em Phoenix, Arizona, mais da metade (61%) dos 224 poços do Projeto Salt River excederam os níveis máximos de nitrato em 1993. A água desses poços não pode ser utilizada para provisão de água municipal menos que seja diluída com água com níveis baixos de nitrato, até atingir níveis aceitáveis, ou seja tratada para reduzir os níveis de nitrato. (INGERSOLL e BAKER, 1997) No ano de 1985 a United States Geological Survey compilou o resultado de 124.000 análises de água de poço desde 1960, e reportou que aproximadamente 20% dos poços estavam contaminados por nitrato com níveis que excediam 3 mg/l NO_3^- - N. (MADISON e BRUNETT, 1985).

Todos os países europeus enfrentam o problema, especialmente em abastecimento de água subterrânea em áreas de atividades agrícolas intensivas. Na Bélgica 456.000 pessoas bebem água com concentrações de nitratos superiores ao limite máximo permitido, enquanto que na Dinamarca, Alemanha e França, 6,5 4,0 e 2,2% de suas respectivas populações estão recebendo em sua água potável nitratos com níveis

acima de 50 mg/l. Em todos os países europeus, assim como no Leste Europeu e algumas partes dos Estados Unidos, o problema está se agravando. (GRAY, 1994)

Em Santa Catarina, no Balneário de Campeche, segundo BORGES, (1996), os teores acima do permitido pelo Ministério da Saúde, para o íon amônia foram encontrados 18 pontos amostrados variando a concentração de 1,30 mg/l até 24,9 mg/l. O íon nitrito foi detectado somente em 4 pontos amostrados, os restantes não indicaram a presença dele, e destes só um continha teor acima do permitido. Detectou-se a presença de nitrato em quase todos os locais amostrados, com teores inferiores àqueles permitidos pelo Ministério da Saúde. Em 6 pontos, porém, foram detectados teores muito superiores ao valor máximo permitido, de 50,4 mg/l a 60,7 mg/l.

Em estudo na área metropolitana de São Paulo (NISHIHARA, 1998) onde foram analisadas 607 amostras de água de poço, 91 (15%) apresentaram teores de pelo menos uma forma de nitrogênio acima do limite permissível pela legislação paulista (0,05 mg/l –N para nitrg. Amoniacal; 0.08 mg/l –N nitrog albuminóide; 0.02 mg/l – N nitrito e 6,00 mg/l – N para o nitrato. Decreto 12.486). Dessas amostras condenadas, 44 não atenderam à legislação devido apenas ao elevado teor de nitrogênio. Das 607 amostras 24 (4,0%) apresentaram teores de nitrato em desacordo com a legislação.

Segundo a CETESB (1997), no relatório de qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo mostraram que dos 146 poços monitorados, 21 (15%) apresentaram indícios de alteração na qualidade de suas águas por nitratos.

2.5 – FONTES POTENCIAIS DE NITRATO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA

2.5.1 – Dejetos de Suínos

Para avaliar a questão da poluição por dejetos de suínos é necessário descrever as especificidades do sistema de criação desenvolvido na região. Cerca de 90% da denominada atividade suinícola comercial acontece por meio do sistema de integração agro-industrial. A concentração da atividade suinícola não obedece uma estratégia única, mas, normalmente, decorre de dois fatores simultâneos. O primeiro é consequência da busca por melhores índices produtivos, que faz com que os produtores com menor escala de produção, especialmente os ciclos completos, sejam forçados a aumentar o seu plantel. O segundo fator está relacionado a aspectos logísticos da agroindústria, uma vez que as mesmas evitam integrar produtores localizados muito distantes das suas plantas de abate. Algumas empresas estabeleceram a distância de 60 km como limite máximo para incorporar um produtor ao sistema de integração. A combinação desses fatores tem provocado uma grande concentração espacial da população suinícola em determinadas regiões. (MIRANDA, 1999)

Os resíduos da suinocultura em geral diferem dos esgotos industriais e sanitários, apresentam a maior parte da matéria orgânica na forma sólida contendo pouca água no meio, e os outros apresentam, a maior parte da matéria orgânica na forma solúvel e contendo alguns sólidos em suspensão (ANDREADAKIS, 1992)

Na prática, o grande desafio é a estimar a diluição dos dejetos em virtude dos processos produtivos utilizados, dos desperdícios, perdas de água de lavagem, bebedouros e do sistema de armazenamento utilizado. A demanda de água utilizado na limpeza varia de 2 a 6 litros/cabeça/dia para animais em terminação e porcas do rebanho segundo, respectivamente, no entanto, em observações de campo tem-se encontrado valores de até 18 litros/porca/dia. De uma forma geral, estima-se a produção de dejetos

em 100 litros/matriz/dia em ciclo completo, 60/litros/matriz/dia para as unidades de produção de leitões e 7,5 litros/dia para a de terminados. (PERDOMO, 1999)

Segundo JELINEK, (1977), OLIVEIRA, (1994) citados por PENZ JUNIOR (2000), a quantidade de dejetos produzido diariamente pelos suínos varia entre 4,9 e 8,5 de seu peso corporal. A maior parte deste volume vem da urina, cujo volume depende da água ingerida pela animal, o mesmo autor sugeriu que para cada litro de água consumido pelo suíno ocorre uma produção de 0,6 litros de dejetos líquidos.

Entre os principais componentes poluentes dos dejetos de suínos estão o nitrogênio o fósforo e alguns microminerais, como o zinco e o cobre. O problema do nitrogênio no solo é a sua transformação à nitrato. Em vários rios europeus o nitrogênio dos dejetos de animais contribuem entre 40 e 60% do nitrogênio total encontrado. Também foi verificada uma correlação positiva entre a concentração de nitrato e nitrito nos rios e o nível de aplicação de nitrogênio no solo (fertilizantes e dejetos) (LEE & COULTER, 1990 , Apud, PENZ JUNIOR, 2000)

A fim de que se possa ter um idéia sobre a magnitude do problema, basta atentar ao fato de que a produção média diária de dejetos de um suíno é de 2,35 kg/dia, 5,80 kg/dia quando acrescido de urina, podendo atingir a cifra de 8,60 kg/dia, se computado todo o volume líquido descartado (água de bebida, água descartada, água de lavagem etc.). Levando-se em conta o volume, mas também sua composição microbiológica e físico-químico, os dejetos de suínos representam um potente poluidor, degradando e contaminando o solo e mananciais de água. (ISHIZUKA, 1999)

A produção diária de dejetos de suínos é em função do tipo e tamanho do animal, da alimentação, da temperatura e da umidade na construção, e da quantidade de água na lavagem e vazamento de água (ANDREADAKIS, 1992).

Segundo KONZEN (1993), em um rebanho de 2,8 milhões de cabeças, tem-se no oeste uma produção anual de 7 milhões de metros cúbicos de esterco líquido

O Nitrogênio presente no solo ou nos dejetos e em plantas em decomposição torna-se disponível para as raízes das plantas quando convertido em nitrogênio orgânico ou íon nitrato. A fim de que as bactérias saprófitas do solo desempenhem a sua ação

transformando a matéria orgânica ou o nitrogênio amoniacal em nitrato, torna-se imperioso o lançamento no solo de quantidades de dejetos que o solo possa reter. Sabe-se que em áreas de elevada densidade de suínos, o solo não possui mais essa capacidade de assimilação e conseqüentemente não apenas o solo, como também mananciais de água superficial e/ou subterrânea estão contaminados por microrganismos patogênicos e poluídos principalmente por fósforo, potássio, nitrito e nitrato. (ISHIZUKA, 1999)

Ao contrário dos fertilizantes químicos, os dejetos de suínos possuem composição química muito variável, em função principalmente da alimentação e manejo da água empregados nos criatórios. Enquanto os fertilizantes químicos podem ser formulados para cada tipo de solo e cultura, os dejetos de suínos, apresentam, simultaneamente, vários nutrientes que se encontram em quantidades desproporcionais em relação àquelas necessárias para as plantas. Com isso, as adubações contínuas com dejetos poderão ocasionar desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo, cuja gravidade dependerá da composição desses resíduos, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das plantas, do tipo de solo e do tempo de utilização dos dejetos (SEGANFREDO, 2000)

De acordo com MORTARI, (2000) para concentrações de nitrito e nitrato, presentes no dejetos de suínos lançados ao solo, no período compreendido entre 30 e 150 dias, há uma obtenção de maiores valores médios das concentrações na ordem de 0,15 mg/l (nitrito) e 45 mg/l (nitrato). Isto indica, que comparando-se o mesmo valor à valores padrões estabelecidos em legislação ambiental (nitrito 1 mg/l NO_2 na forma de N e nitrato 10 mg/l NO_3 na forma de nitrogênio, que há possibilidade de contaminação do líquido percolado, através do lançamento dos dejetos de suínos sobre o solo estudado (8 colunas sujeitas às condições ambientais, preenchidas com solo), somente quanto a nitrato nesse momento. Porém após esse período (30 a 150 dias), a tendência nas concentrações de nitrito e nitrato nas colunas de solo é de diminuir seus valores, aproximando-se os mesmos e até atingindo valor zero no final do período.

Em algumas áreas, principalmente dentro dos grandes centros urbanos e em áreas circundantes, já existe a contaminação de água subterrânea, criando riscos potenciais para a saúde pública. No que se refere a água subterrânea, a contaminação tende a

aparecer lentamente, no entanto é muito persistente, e, em muitos casos, a purificação é tecnicamente problemática, excessivamente custosa e com frequência pouco prática.

2.5.2 – Saneamento *in situ*

Em áreas urbanizadas sem rede de esgoto, a utilização de saneamento *in situ*, como as fossas negras e sépticas, representa uma fonte potencial de poluição das águas subterrâneas. A contaminação das águas subterrâneas pode ser causada por acidente, pelo rompimento de fossas sépticas, pela proximidade entre a fossa e o poço de captação de água potável, e pela proximidade do nível d'água subterrânea. As principais enfermidades relacionadas à contaminação das águas subterrâneas por sistema de fossas sanitárias são causadas por agente biológicos e, principalmente por nitrato. (FERREIRA et. al., 1999).

As zonas urbanas residências apresentam, em grande número de casos, um panorama complexo de atividades humanas potencialmente poluidoras das águas subterrâneas. A principal preocupação é a carga vinculada à forma de saneamento sem rede de esgoto, como as fossas negras e sépticas. Nessas situações, destacam-se os seguintes problemas: a proximidade entre a fossa e o poço de captação de água potável, a profundidade inadequada da fossa, perto do nível da água subterrânea (freático) e o subdimensionamento da capacidade hidráulica da obra quanto ao volume estimado no projeto inicial (FERREIRA & HIRATA, 1993.)

A figura 06, demonstra que os compostos menos oxidados do esgoto *in situ*, como o nitrogênio orgânico e amônio encontram-se próximos ao sistema séptico, uma vez que este são estáveis em condições redutoras. A medida em que se afasta da fonte ocorre uma diminuição na concentração destas espécies a aumento gradativo na concentração relativa de nitrato. Os limites da pluma são impostos pela dispersão e por prováveis processos de denitrificação. Os poços de amostragem, pet 11, 34, 10 e 37, demonstraram que a medida que os compostos nitrogenados se afastam da fonte as formas oxidadas de amônia e nitrito são oxidadas a nitrato. As figuras 07 e 08

demonstram o comportamento da pluma contaminante nos períodos de chuvas e estiagens. Observa-se que o comportamento da pluma tende a ser mais horizontal no período de seca e mais vertical nos períodos de chuva (VARNIER, 1999)

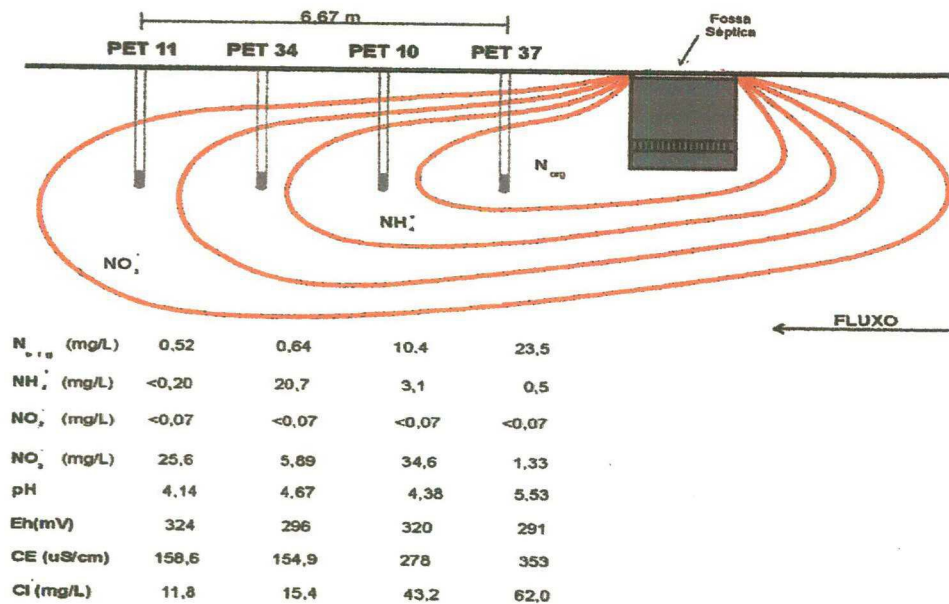
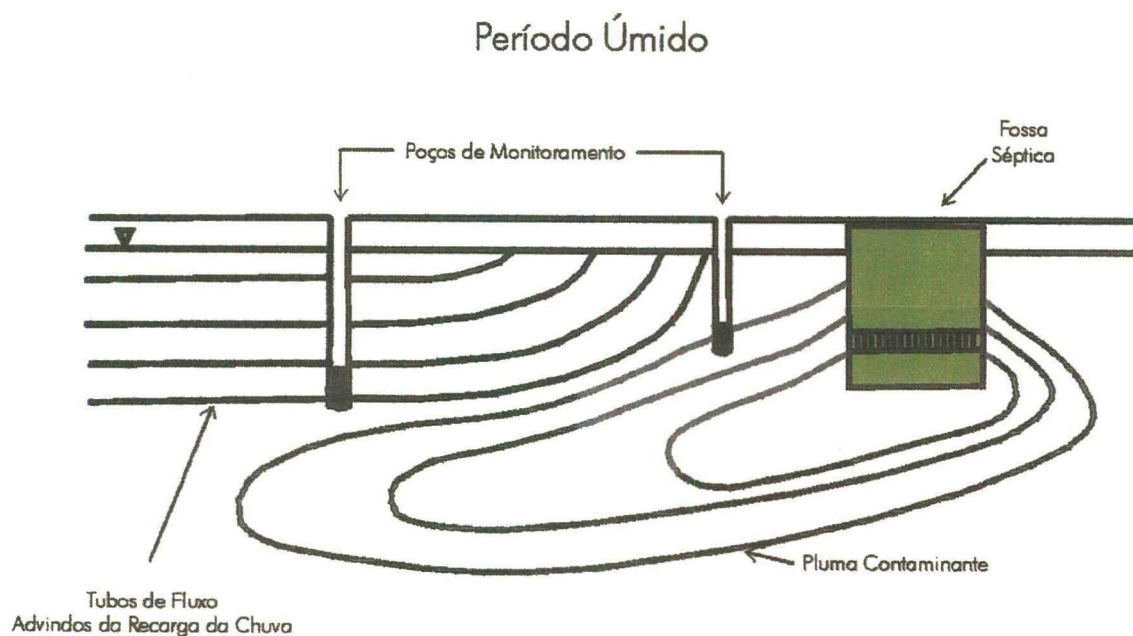
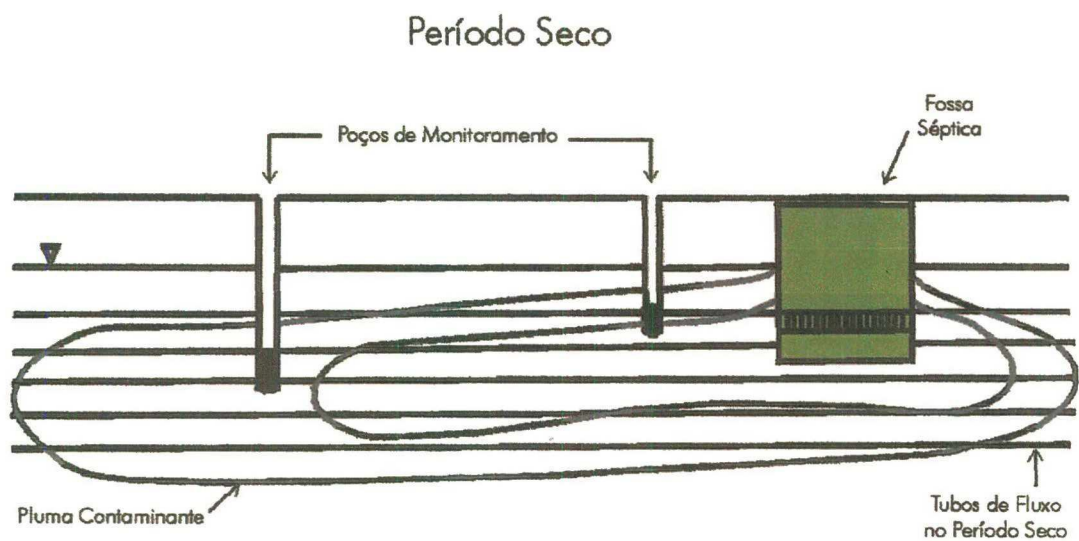


Figura 06 - Perfil esquemático ilustrando as zonas dos diferentes compostos nitrogenados na pluma (VARNIER, 1999)



Sem Escala

Figuras 07, 08 - Comportamento da pluma contaminante nos períodos de chuva e estiagem (VARNIER, 1999)

CAMPOS (1987) na sistematização de dados hidrogeoquímicos do Grupo Bauru no Estado de São Paulo relata que dos 335 poços cujas águas foram analisadas,

53 (15,8%) ultrapassaram o limite superior recomendado que é de 6 mg/l de N (Legislação Paulista). Deste total de 53 análises, 24 (43,4%) são de água de utilização doméstica, via de regra, de poços que captam água em zona rural, o que sugere poço poluídos através da proximidade com fossas negras.

BARCHA (1992) estudando os teores de nitrato no meio urbano das cidades de São José do Rio Preto, Catanduva e Mirassol, situadas na região noroeste do Estado de São Paulo, constatou, em muitos casos, a água subterrânea proveniente do aquífero Bauru utilizada para abastecimento público, já registrava a presença de teores de nitrato acima dos limites máximos da faixa recomendada pela Organização Mundial da Saúde para águas potáveis. Os maiores valores encontrados, apontados pelo autor, ocorrem nas zonas centrais do perímetro urbano das três cidades, em regiões topograficamente mais altas (zona de recarga). Segundo o autor, o fluxo subterrâneo poderia estar controlando a maior concentração de nitratos nos poços das zonas de recarga em relação aos poços nos vales dos rios (zona de descarga).

CASTRO et. al (1992) realizando análises sistemáticas de águas de 82 poços tubulares no aquífero Bauru da cidade de São José do Rio Preto, observou que das amostras analisadas, 19% apresentavam teores altos de nitrato, constituindo o indicador restritivo da potabilidade das amostras analisadas; os dados revelam que a contaminação por nitratos vem ocorrendo de forma progressiva nas águas subterrâneas nos últimos dez anos; no caso de poços profundos na zona urbana, há sugestivos elementos que reforçam a interpretação de águas contaminadas por despejo de esgotos próximos.

Chapecó possui uma população de 135.371 habitantes, sendo que 16.823 na área rural, e 118.548 (IBGE. 1996) na área urbana com uma produção média por habitante de 0.228 m³/dia.(IVAI ENGENHARIA) A cidade não possui sistema de tratamento de esgoto, sendo o mesmo despejado no córrego, ou através da utilização de fossas sépticas.

2.5.3 – Fertilizantes Agrícolas

O impacto das atividades agrícolas modernas sobre a qualidade da água subterrânea já é conhecido e estudado em alguns países industrializados desde a década de 70. O nitrato, componente de fertilizantes, é encontrado na água subterrânea em decorrência das altas taxas de lixiviação verificadas, principalmente em solos submetidos ao plantio contínuo, sustentado por aplicações de grandes quantidades de fertilizantes inorgânicos e, mais recentemente orgânicos. Alguns países como os EUA, possuem sistemas de tratamento em poços artesianos ou em estações de tratamento de água, visando a remoção única e exclusiva do nitrato. A cidade de Des Moines, no estado de Iowa, possui a maior planta ou base de tratamento de remoção de nitrato do mundo. (EMBRAPA, 2000)

2.5.4 – Cemitérios

O desenvolvimento urbano provoca aglomerados populacionais que geram impactos ambientais das mais diversas ordens, dentre eles, os relacionados com os recursos hídricos. Um dos fatores que ocasiona alteração na qualidade de águas superficiais e principalmente subterrâneas está associado à implantação inadequada de cemitérios, visto que o líquido resultante do processo de decomposição dos cadáveres se caracteriza pela alta concentração de microrganismos, muitos dos quais patogênicos (BRAS et. al, 2000)

O necro-chorume, produzido durante a putrefação, pode entrar em contato com as águas subterrâneas, principalmente em áreas com intensa precipitação pluviométrica e com o nível do lençol freático próximo à superfície, num período que pode demorar de 1 a 4 semanas (PACHECO, 1986) ou, ainda, segundo SILVA (1994), de 6 a 8 meses.

A implantação de cemitérios no Brasil não leva em consideração os aspectos técnicos necessários à proteção das água subterrâneas, o que possibilita altos riscos de

contaminação, particularmente dos lençóis freáticos. Não havia na legislação brasileira, sequer perímetros de proteção sanitárias em cemitérios. A primeira norma técnica brasileira surgiu em 1989, promulgada pela Cetesb, sendo esta norma revista e atualizada em 1993 (CETESB, 1993; SILVA, 1994).

2.6 – DOENÇAS CAUSADAS PELA INGESTÃO DE NITRATOS

2.6.1 - Metahemoglobinemia

Metahemoglobina, abreviada por Hb M, é o nome para a hemoglobina no estado de Fe (III). Ela tem cor castanha escuro e é responsável pela coloração de sangue seco e de carne envelhecida; a hemoglobina normal, na qual o ferro do heme está no estado de oxidação de Fe (II), é vermelha. Diz-se que indivíduos cujo sangue contém Metahemoglobina apresenta metahemoglobinemia, e seu sangue é castanho achocolatado. Um sintoma característico dessa condição é a cianose, evidenciado pelo tom azulado da pele (CAMPBELL, 2000)

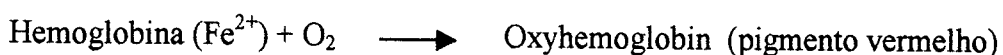
Ainda de acordo com CAMPBELL, (2000) a mudança estrutural característica da hemoglobina M é a substituição da histidina por um ligante de oxigênio aniônico em um dos sítios da ligação do Fe. Na Hb a cadeia lateral do glutamato forma um par iônico com o ferro da heme, estabilizando o estado de oxidação Fe(III) e impedindo a ligação do oxigênio.

Ocorre a metahemoglobinemia quando a concentração de metahemoglobina nos eritrócitos circulantes é maior do que as cifras normais, aproximadamente 1 por 100. O aumento da concentração de metahemoglobina acima dos valores normais podem ser originários dos seguintes fatores: (CARVAJAL et. al., 1980)

- Existência de Hb de estrutura anormal que a deixa mais susceptível à oxidação, inadequada para a redução, ou ambos os casos;
- Deficiência na capacidade de reduzir a metahemoglobina;
- Exposição à fármacos ou substâncias químicas que aumentam a oxidação de tal modo que excede a capacidade de proteção e redução dos eritrócitos.

O nitrito, agente redutor poderoso e umas das causas mais freqüentes de metahemoglobinemia adquirida. Os nitratos, se transformam em nitrito, em especial no trato gastrointestinal de lactantes, podem produzir metahemoglobinemia tóxica. Além do que, os eritrócitos dos recém nascidos são menos capazes do que as hemácias adultas de proteger a Hb contra a oxidação e de reduzir a metahemoglobina. (CARVAJAL, 1980).

Nitrato (depois de reduzido a nitrito pela ação das bactérias presentes no estômago) pode ser a causa de metahemoglobinemia em crianças e certos segmentos suscetíveis da população de adultos (navajos, esquimós, e as pessoas com deficiência genética de glucose-6-fosfato) e pode conduzir à formação de compostos carcinogênicos. A metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul), é devida à conversão de nitrato a nitrito por bactérias redutoras de nitrato na área gastrointestinal. Hemoglobina é convertida a um pigmento marrom, metahemoglobina, seguindo a oxidação, através de nitritos, de Fe^{2+} em hemoglobina para Fe_3^+ (BITTON, 1994)



Normalmente ocorre na Hb percentagem menor que 2% de MetHb sem qualquer problema. Nenhum sintoma externo é notado com até 5% de MetHb na Hb. Os primeiros sinais de cianose podem ser visto entre 5% e 10%. Sinais de hipóxia e sintomas desenvolvem-se até níveis próximos a 20% e a morte resulta em níveis de 50% ou mais de MetHb na Hb. Infecções de bexiga podem levar à formação de nitritos e nitrosaminas na bexiga, por bactérias redutoras. As nitrosamidas são reconhecidamente

carcinogênicas e podem ser responsáveis por certos tipos de cânceres gastrointestinais. (TERBLANCHE, 1991).

Envenenamentos sérios e ocasionalmente fatais tem ocorrido em crianças devido à ingestão de água de poço contendo nitrato, em uma concentração maior do que 10 mg/l – N. (BATALHA, 1977)

O desenvolvimento da metahemoglobinemia a partir do nitrato nas águas potáveis depende da sua conversão bacteriana para nitrito durante a digestão, o que pode ocorrer na saliva e no trato gastrointestinal. As crianças pequenas, principalmente as menores de 3 meses de idade, são bastante susceptíveis ao desenvolvimento desta doença devido às condições mais alcalinas do seu sistema gastrointestinal, fato também observado em pessoas adultas que apresentam gastroenterites, anemia, porções do estômago cirurgicamente removidas e mulheres grávidas. (ALABURDA, 1998)

Nos bebês, os organismos do grupo coliforme são os primeiros responsáveis pela conversão do nitrato, através da ação de enzimas a partir de aminoácidos produzindo óxido nítrico que se transforma em nitrito no trato digestivo (OLIVEIRA, 1994). Os coliformes podem crescer no ambiente gástrico com pH entre 4 e 7. As indisposições gastrointestinais e diarreias podem permitir que as bactérias responsáveis pela conversão NO_3 em NO_2 , migre do intestino para o estômago produzindo o nitrito e sendo, posteriormente absorvido pelo intestino delgado (CRAUN, 1984)

A Agência de Proteção do Meio ambiente dos Estados Unidos (EPA, 1972), baseando-se nos efeitos fisiológicos do nitrato nas crianças e face ao processo convencional de tratamento de água não ter nenhum efeito sobre sua remoção, recomenda que a concentração nos mananciais em nenhum momento ultrapasse a 10 mg/l – N (BATALHA, 1977). Norma esta que é seguida pela legislação brasileira, mais particularmente em Santa Catarina que pelo decreto nº 14250 de 05 de junho de 1981 estabelece como teores máximos de 10mg/l –N para o nitrato e 1,0 mg/l – N para o nitrito.

2.6.2 – Carcinogênese

Nos últimos tempos tem sido registrado um crescente interesse no risco de câncer associado a elevadas quantidades de nitrato na água potável. Os nitritos (e indiretamente os nitratos) podem reagir com aminas e amidos para formar nitrosaminas e nitrosamidas. A maioria dos compostos N-nitrosos tem sido comprovadamente responsáveis pela carcinogênese em um grande número de espécies animais, além de também serem considerados mutagênicos. As evidências epidemiológicas sugerem que a elevada ingestão de nitratos pode ser um fator contribuinte para o surgimento do câncer gástrico. (LEWIS, 1982).

Para que os nitratos possam produzir efeitos cancerígenos devem produzir-se uma série de reações cuja seqüência é: (DIAZ, 1985)

- Redução de nitrato a nitrito;
- Reação de nitrito com aminas ou amidas do alimento e da água para formar compostos de N-nitroso;
- Reação cancerígena de componentes N-nitroso.

Do ponto de vista epidemiológico encontrou-se em distintos países correlação entre incidência do câncer gástrico e altas concentrações de nitrato na água potável

A Organização Mundial da Saúde chama a atenção sobre a possibilidade da formação “in vivo” da nitroamina. As nitroaminas podem surgir como o produto de reações entre os nitritos ingeridos ou formados pela ação bacteriana sobre os nitratos, provenientes de várias fontes, incluindo a água e sobre as aminas secundárias e terciárias presentes nos alimentos. Adverte a OMS que, devido ao seu potencial cancerígeno, as nitroaminas são um risco possível para a saúde do homem. (BATALHA, 1977)

2.7 – TRATAMENTOS PARA ELIMINAÇÃO DE NITRATOS

A solução definitiva para o problema da presença de nitratos nas águas subterrâneas passa pela identificação das fontes e o estudo dos mecanismos de contaminação, para se poder recuperar o aquífero. Esta tarefa demanda tempo, e deve ser levado em conta outras ações que permitam prover a população de água potável em menor tempo possível. Neste sentido há uma variada bibliografia dos principais métodos aplicáveis para a eliminação de nitratos na água: desnitrificação biológica, osmose reversa, eletrodialise, e troca iônica. (DIAZ, 1985)

- O processo de desnitrificação biológica os microrganismos convertem nitrato em nitrogênio gasoso, removendo completamente o nitrogênio. Este método necessita de um aporte suplementar de carbono orgânico (açúcar, compostos lácteos), pouco compatíveis com a água de consumo e é muito sensível à temperatura, apresentando sérios problemas nos países de clima temperado no período de inverno.

- O processo de redução biológica de nitratos tem sido aplicado extenuadamente nos tratamentos de águas residuais. (DIAZ, 1985)

- No processo de osmose reversa a água passa a alta pressão através de uma membrana semipermeável que retém mais de 90% dos íons dissolvidos, e entre eles o nitrato. Este processo não é seletivo e só é economicamente viável se for necessário remover outras substâncias. O processo de osmose reversa necessita de energia relativamente intensiva e produz uma água concentrada (aproximadamente 25% da água original), que devem ser despejada com cuidado para prevenir a contaminação.

- Na eletro-diálise os íons dissolvidos na água se separam mediante dois tipos de membrana colocadas em camadas alternadas na unidade de tratamento, uma é permeável aos ânions e outra é permeável aos cátions. O movimento dos íons se realiza mediante emprego de campo elétrico.

Para a remoção do nitrato, foram propostos vários processos biológicos. Os processos incluem mudanças de íons (IE), osmose reversa (RO), eletro-diálise (ED) e

reator de biofilme (BR). Porém, a maioria dos processos tem a desvantagem de não ser seletivo para nitrato na presença de outros componentes iônicos (DHAB, 1987; DRIES et al., 1988; VAN DER HOEK et al., 1988; DENNIS E XIAOSHA, 1993, todos citados por FELEKE et al., 1997), porque águas subterrâneas e de superfície normalmente contém cátions de Na^+ K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} e ânions de HCO_3^- , SO_4^{2-} e Cl^- . A presença desses elementos pode influenciar o desempenho dos processos de remoção de nitrato de modos diferentes. Por exemplo, a presença de ânions como SO_4^{2-} , HCO_3^- e Cl^- pode reduzir a capacidade de mudança de nitrato no processo de mudança de íon, considerando que os processos osmose reversa e eletro-diálise são afetados por cada um dos componentes iônicos.

Wetlands são eficientes para remoção nitrato da água (GERSBERG et al., 1983; JOHNSON, 1991; KADLEC e ALVORD, 1989; KNIGHT et al., 1990, 1993; VAN OOSTROM e RUSSEL, 1994; HORNE, 1995, todos citados por INGERSOL e BAKER, 1997) A remoção de nitratos nos wetlands ocorrem através de plantas e denitrificação. Com altas taxas de remoção de nitratos, os wetlands são considerados o mecanismos dominante para a remoção. Os wetlands tem duas características ambientais que promovem a denitrificação; 1) os sedimentos são anóxicos, requisito para desnitrificação (potencial redox < 300 mV) e 2) o crescimento das plantas provê as quantidades de carbono necessárias para a desnitrificação. Por essas duas características wetlands podem ser um tratamento natural excelente para águas contaminadas com nitrato. BAKER, 1994 citado por INGERSOL e BAKER, 1997 postulou que a construção de wetlands seria uma alternativa barata para remediar águas subterrâneas contaminadas por nitrato.

Para GRAY (1994) existem dois modos de reduzir a concentração de nitratos nos abastecimentos de água potável. 1) melhorar as práticas agrícolas (prevenção) e subseqüentemente reduzir sua concentração no abastecimento de água (remediação). As maneiras de eliminar os nitratos no fornecimento de água incluem:

- Substituição: Na teoria seria a forma mais aceitável, porque substituiria fornecimentos altas concentrações de nitratos, por fontes de baixa concentração de nitrato. No entanto pode se tornar muito caro, porque vai necessitar novas condições e

uma fonte de abastecimento alternativo. Por esse motivo, essa prática só se aplica a pequenos e isolados recursos de água subterrânea.

- Diluição: Esta é a redução controlada de nitratos a uma concentração aceitável, pela diluição de água rica em nitratos com água de valores baixo em nitratos. Esta prática é muito utilizada na Europa. A Diluição é cada vez mais cara se as concentrações de nitrato continuarem crescendo.

- Armazenamento: Pode-se conseguir alguma eliminação de nitratos armazenando a água durante longos períodos de tempo em grandes depósitos. O nitrato se reduz a nitrogênio pela ação das bactérias em condições de baixo nível de oxigênio.

A primeira reação do público ao tomarem conhecimento de que a água potável está contaminada é ferve-la. No entanto, como todos os contaminantes inorgânicos encontrados na água, a fervura não elimina os nitratos, apenas incrementa sua concentração na água devido a evaporação. (GRAY, 1996).

Denitrificação – Alguns microrganismos podem usar nitratos substitutos para o oxigênio na respiração. O Processo é conhecido como redução desassimilatória de nitrato porque está associado com a desassimilação (oxidação) da matéria orgânica. Geralmente o nitrato é convertido em nitrito. A maior parte do nitrito formado, entra então na via assimilatória do ciclo do nitrogênio.(POSTSGATE, 1987). A denitrificação é causada por certas bactérias que, na falta de oxigênio (isto é, acceptor de hidrogênio) em seu metabolismo respiratório. Os organismos que são capazes de utilizar tanto o oxigênio dissolvido quanto os nitratos, usarão sempre o primeiro, enquanto este estiver em disponibilidade, a fim de obter a maior quantidade possível de energia para o metabolismo, mas quando o oxigênio dissolvido é extinto, eles modificam o sistema enzimático para utilizar nitratos, reduzindo-os a nitrogênio gasoso. (BRANCO, 1986)

3.0 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Geologia

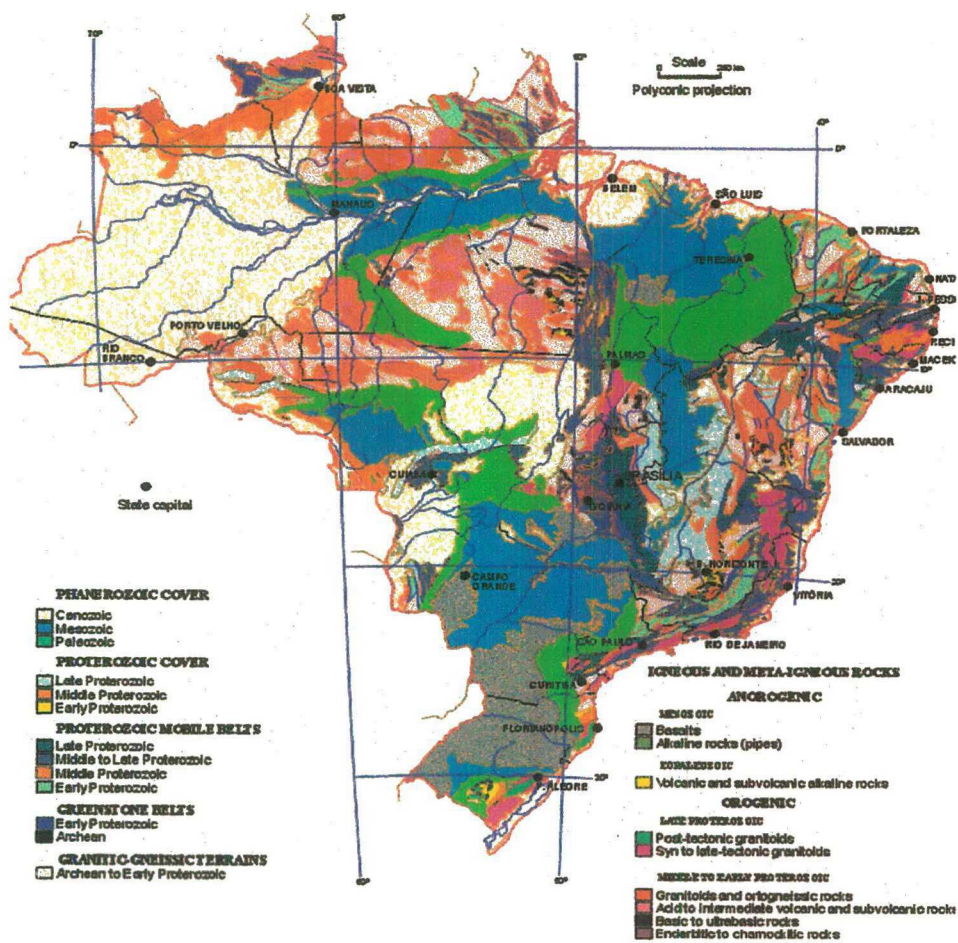


Figura 09 - Mapa geológico do Brasil.(fonte CPRM Serviço Geológico do Brasil)

A formação geológica no oeste de Santa Catarina, e na área delimitada por este trabalho (Município de Chapecó, Oeste do Estado de Santa Catarina) é constituído por Basalto. Pode-se observar pelo mapa (figura 09) que a estrutura geológica de parte do

estado do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul tem essa formação. (mapa capturado no site da CPRM, Serviço Geológico do Brasil, Ligado ao Ministério das Minas e Energia. www.cprm.gov.br/geo/braziltg.html)

As rochas ígneas fraturadas ou basalto fraturado, em definição simples são aquelas que se originam do resfriamento de uma mistura de silicato em fusão (magma), oriunda de profundidades variáveis oriundas da crosta terrestre. Quando o magma solidifica em profundidades consideráveis as rochas resultantes apresentam os minerais bem desenvolvidos, em consequência do resfriamento lento. Normalmente, não são porosas ou, então apresentam uma porcentagem muito pequena de poros. As aberturas contidas nessas rochas são exemplificadas pelas fraturas ou fissuras, resultante do processo tectônico, do próprio resfriamento ou, então, dos fenômenos de intemperismo mecânico e químico. Dessa maneira, a água nas áreas graníticas pode ser obtida, em escala relativamente reduzida, através do sistema de fraturas. (CETESB, 1978)

Ainda segundo CETESB, (1978), o basalto é um importante exemplo de rocha extrusiva ou vulcânica. Geralmente, se constitui um bom aquífero, tendo em vista a quantidade de fraturas ou fendas que apresenta.

Os aquíferos fraturados apresentam características hidrogeológicas muito diferentes dos aquíferos granulares, diferenças estas bastante fundamentais que autorizam uma revisão dos conceitos a serem aplicados, evitando-se a transposição pura e simples dos conceitos e métodos convencionais em hidrologia de meios porosos granulares para os fraturados.(HAUSMAN, 1987)

Ainda segundo HAUSMAN, (1987), a hidrologia das águas subterrâneas nos aquíferos granulados é baseada na teoria de Darcy, onde os conceitos básicos para a resolução das equações de fluxo consideram o meio como isotópicos, homogêneos, contínuos e infinitos. No caso dos aquíferos fraturados, as condições são totalmente opostas, na grande maioria dos casos, são anisotrópicos, heterogêneos, limitados e descontínuos. Em face destas diferenças fundamentais, torna-se necessários uma revisão da metodologia e da aplicação de métodos usuais para aquíferos granulares aos fraturados.

Sob o ponto de vista hidrogeológicos, os aquíferos fraturados apresentam porosidade de fratura ou intersticial, desenvolvida durante os processos tectônicos que deram origem aos sistemas fraturados compostos por juntas e falhas, cujas direções, obedecem ao desenvolvimento dos planos de disjunção, são a resposta aos esforços de tensão ou compressão. A extensão da faixa de esmagamento, é proporcional a intensidade destes esforços, criando o que é chamado de porosidade secundária. (HAUSMAN, 1987)

3.2 – Procedimento para seleção e coleta das amostras de água

O Município de Chapecó (Figura 10) foi selecionado, em virtude da grande produção suínica e agropecuária, fontes de que segundo a literatura são os grandes responsáveis pela poluição das águas superficiais e subterrâneas, e em virtude de em trabalho anterior (NICOLAI, 1998), ter sido detectado a presença de nitratos na água subterrânea. O município possui uma população total de 136.878 habitantes, sendo que 123.060 urbana e 16.818 rural. A massa de resíduos sólidos recolhida diariamente é de 70 toneladas, além disso possui um plantel de 383.385 bovinos, 745.574 suínos e 1.654.100 aves. O município não possui estação de tratamento de esgoto. Para este fim são utilizadas fossas negras ou sépticas ou canalizadas até o córrego que passa no centro da cidade. O projeto, segundo a IVAI ENGENHARIA está se iniciando e a conclusão do mesmos está prevista para 2005.

A coleta foi realizada entre os dias 15/02 a 05/03/2000. A seleção dos poços para a coleta, não obedeceu nenhum critério, a não ser a sua localização (interior ou cidade) sendo os critérios adotados pelos IBGE como limites entre zona urbana e rural. Os poços também não foram selecionados previamente, mas escolhidos devido a sua localização nos transcorrer das coletas.

A água foi coletada diretamente do poço (figura 11), abrindo-se o tubo de conexão, bombeando-se por alguns segundos e então depositados em potes com rosca de 100 ml, após a coleta condicionados em caixa de isopor com gelo. Evitou-se nas

coletas, coletar água de caixas d'água, torneiras, ou similares, que pudessem nos dar valores não corretos a respeito da concentração.

Na primeira semana, o procedimento adotado foi coletar a água na parte da tarde em potes de plástico com rosca, ao final do dia congelá-la, para no dia seguinte pela manhã, após a coleta em tubo de vidro com 100 ml com rosca, envia-las ao Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA) via aérea. Neste procedimento 50% das amostras eram congeladas e 50% mantidas sob resfriamento. A análise era feita em menos de 24hs. Na Segunda semana, as coletas foram todas feitas em pote de plástico, mantidos em caixa de isopor resfriados, para posteriormente serem congelados. As coletas foram feitas a partir de então em duplicidade.

A entrega ao LIMA foi feita pessoalmente, chegando congeladas e mantidas congeladas até a análise, que se deu 4 dias após a coleta (50% das amostras totais).

3.3 - Análise

Para se efetuar as análises as amostras foram submetidas a um processo de filtração com membrana de acetado de celulose. A leitura foi realizada em cromatógrafo iônico – marca DIONEX – DX 120 com detecção efetuada a partir de uma célula de alta performance (DS4 – Detection Stabilizer). Alíquotas de 1 ml das amostras foram injetadas manualmente em coluna para ânion IonPac (AS4A-SC – 4mm) com fluxo do eluente ajustado para 2 mL/min \pm 0.02 e condutividade total entre 17 e 18 μ S (o limite mínimo de detecção foi de 0.008 mg/l). Para a curva de calibração foi utilizado o nitrato de sódio da marca VETEC com 99% de pureza absoluta. Previamente cada lote de amostras analisadas foram utilizadas amostras padrões (com nitrato diluído a 1, 5, 15, 30 e 50 mg/l⁻¹. (anexo 2)

O DIONEX – 120 (figura.12) é um aparelho de cromatografia líquida por troca iônica. Na configuração existente ele permite analisar os seguintes íons por medida de condutividade:

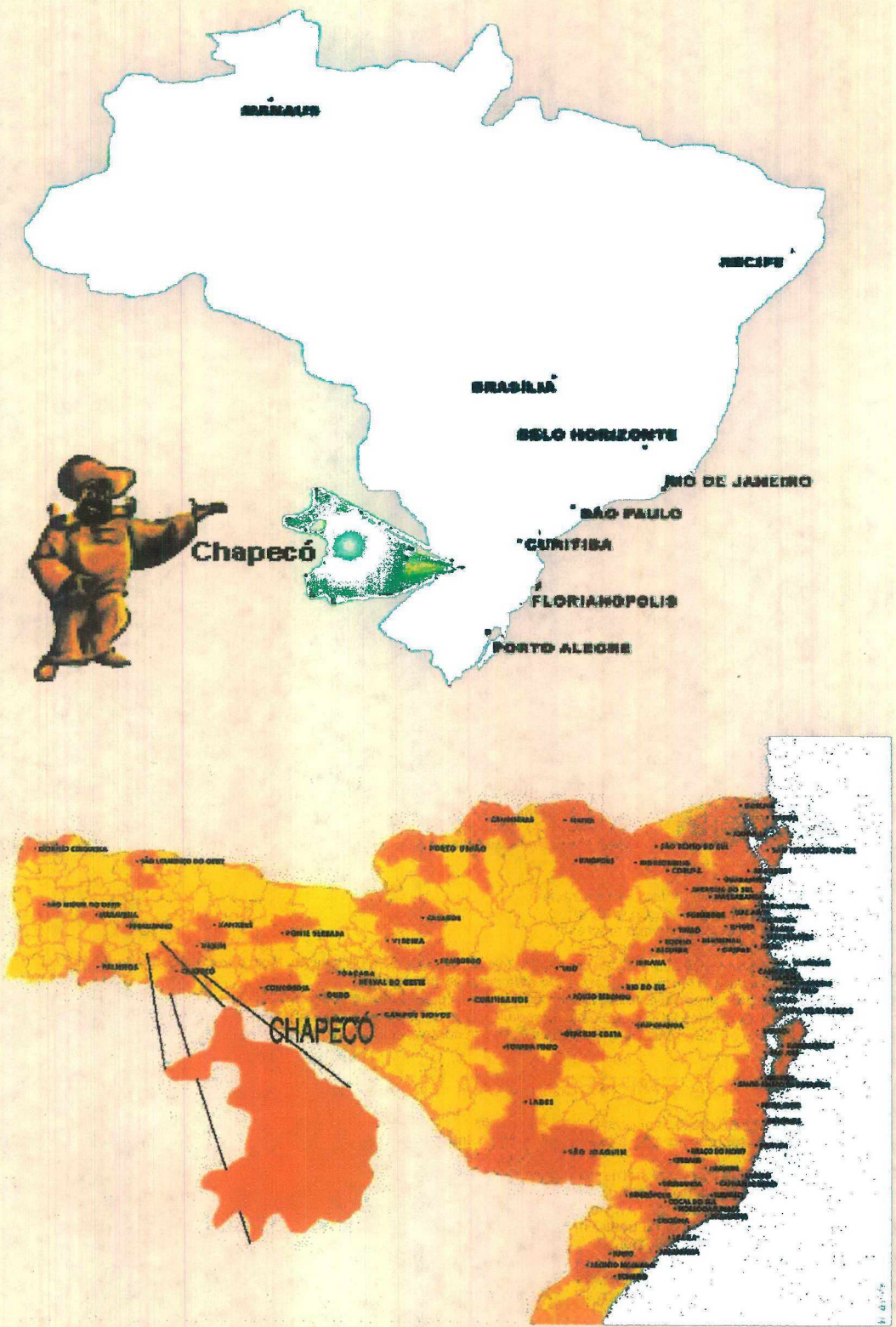


Figura 10 - Mapa do Brasil e Santa Catarina indicando a localização do município de Chapecó SC

Ânions: F^- , Cl^- , NO_2^- , HPO_4^{2-} , NO_3^- , Br^- , SO_4^{2-} ,

Cátions: Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}

A cromatografia líquida é um método físico químico de separação dos componentes de uma mistura, realizada através da distribuição destes componentes entre duas fases, que estão em contato íntimo dentro de uma coluna analítica. Uma das fases permanece estacionária enquanto a outra move-se através dela. Durante uma passagem da fase móvel (eluente) sobre a fase estacionária, os componentes da mistura são distribuídos entre as duas fases, de tal forma que cada um dos componentes é seletivamente retido pela fase estacionária, resultando em migrações diferenciais destes componentes. (www.dionex.com.)



Figura 12 - Modelo de cromatógrafo iônico marca DIONEX DX 120 utilizado na análise das amostras de água.

Local no poço onde foi realizada a coleta

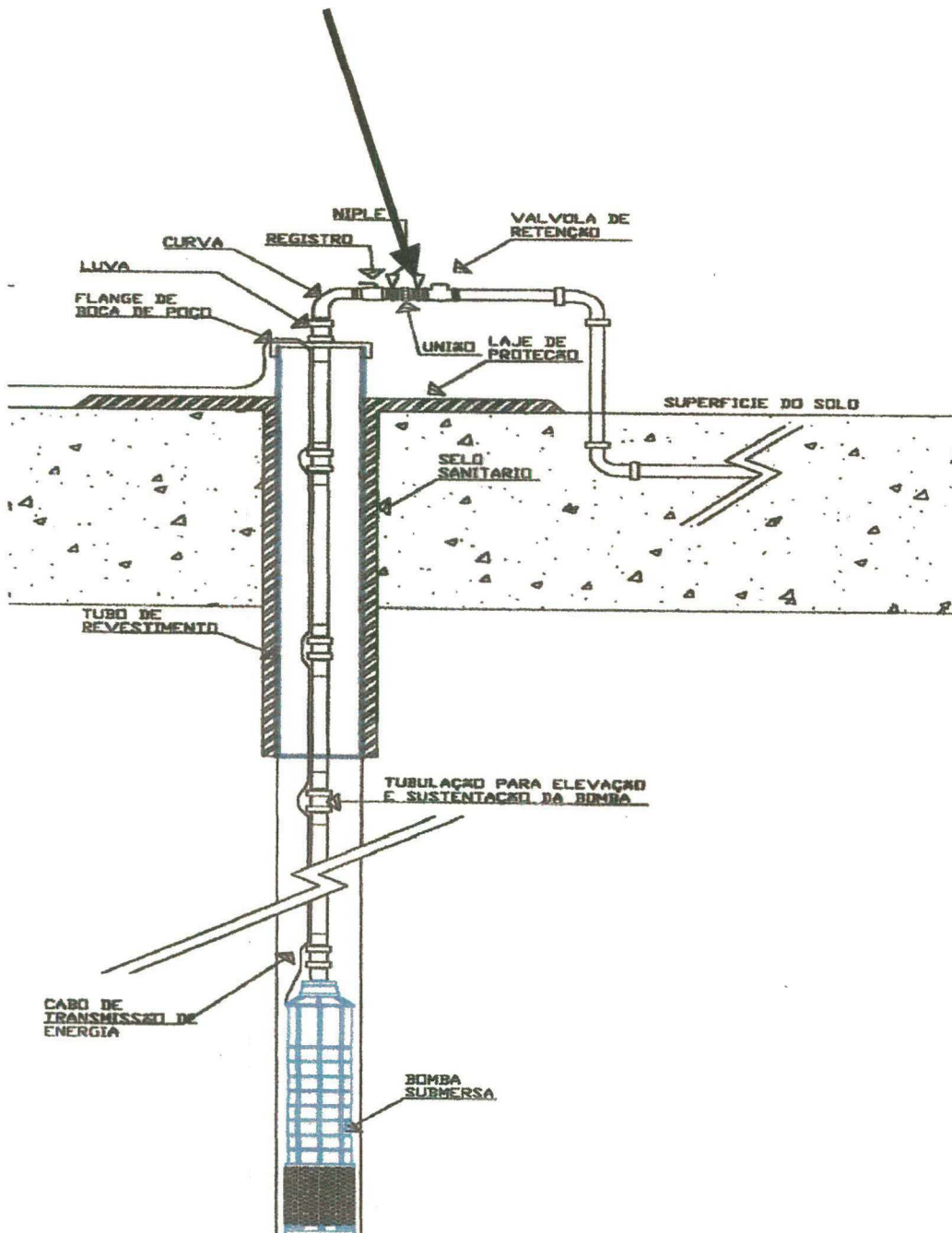


Figura 11 - Esquema ilustrativo da perfuração de um poço artesiano. (fonte Leão poços artesanais)

3.4– Localização dos Poços – INTERIOR

Abaixo estão discriminados os poços de coleta na zona rural do município, sua localização e profundidade. A numeração dos mesmos é de acordo com a coleta. Figura 13.

Tabela 02 – Localização e profundidade dos poços coletados na zona rural do município de Chapecó.

Nº DO POÇO	LOCALIZAÇÃO	PROFUNDIDADE (m)
12 – Djalma Azevedo	Jardim do Lago	66
18 – Ataíde da Silva	L ^a Faxinal do Rosa	83
19 – Gentil R Quinlan	L ^a Faxinal do Rosa	108
20 – Aparicio Quinln	L ^a Faxinal do Rosa	80
21 – Antonio Monarini	L ^a Faxinal do Rosa	113
22 – Siro Sfredo	L ^a Faxinal do Rosa	41
23 – Nelson Martinelli	L ^a Cabeceira da Divisa	126
24 – Goioem – Prefeitura	Goioen	118
25 – Posto Galli	Serrinha	126
26 – Flavio J Pradela	Distr Mal Bormann	80
27 – Ervateira Ouro Verde	Distr Mal Bormann	135
28 – Colégio Agrícola	Rodeio do Eral	148
29 – Casan	Distr Mal Bormann	130
30 – Luis Clovis Schwartz	Distr Mal Bormann	118
31 – Maria H Guella	L ^a São Francisco	120
32 – Brasplast	Rodeio Chato	82
38 – Nivaldo Tormem	Água Santa	41
39 – Erico Tormem	Linha Tormem	65
40 – Erico Tormem	Linha Tormem	47
41 – Posto abast Samuara	Trevo BR 282	117
42 – DNER – PRF	L ^a Colônia Cella	42
43 – Arlindo Milan	L ^a Colônia Cella	140

Continuação Tabela 02.

Nº DO POÇO	LOCALIZAÇÃO	PROFUNDIDADE (m)
44 – Assoc. P Artes Dilc	Lª Colônia Cella	118
45 – Sergio Milan	Lª Colônia Cella	120
46 – Ivanir Cunico	Lª Colônia Cella	150
47 – Avelino Decesaro	Lª Colônia Bacia	151
48 – Dorvalino Mafessoni	Sede Figueira	270
64 – Frig Ovides Friso	Rodeio Chato	91
65 – Luis Ruaro	Passo Ferreira	156
66 – Grêmio Esp. Indl.	Rodeio Chato	94
67 – Coutry Club	Rodeio Chato	90
68 – Maçonaria	Rodeio Chato	150
69 – Pq de Chapecó	Palmital dos Fundos	140
70 – Estof. Chapecoense	Mal Borman	144
79 – João Carlos Vicenzi	Colônia Cella	85
80 – Adão Battistello	Linha Battistello	130
81 – Comunidade	Linha Sperotto	125
82 – Comunidade	Lª Alto da Serra	125
83 – Maximino Giriton	Lª Alto da Serra	113
85 – Frigosul	Efapi	89
91 – Danilo Piram	Lª Rodeio Bonito	100
92 – Valdir Dalla Costa	Lª Rodeio Bonito	110
93 – Aldir Meneguini	Lª Caravagio	144
94 – Jorge Taufer	Lª Caravagio	115

A zona rural totalizou 44 poços. A Numeração dos mesmos, se refere a ordem de coleta e é dessa maneira que eles estão distribuídos na figura 13. Todos eles estão ativos, e abastecem um grande número da população, bem como animais (suínos, aves). A grande maioria deles é particular.

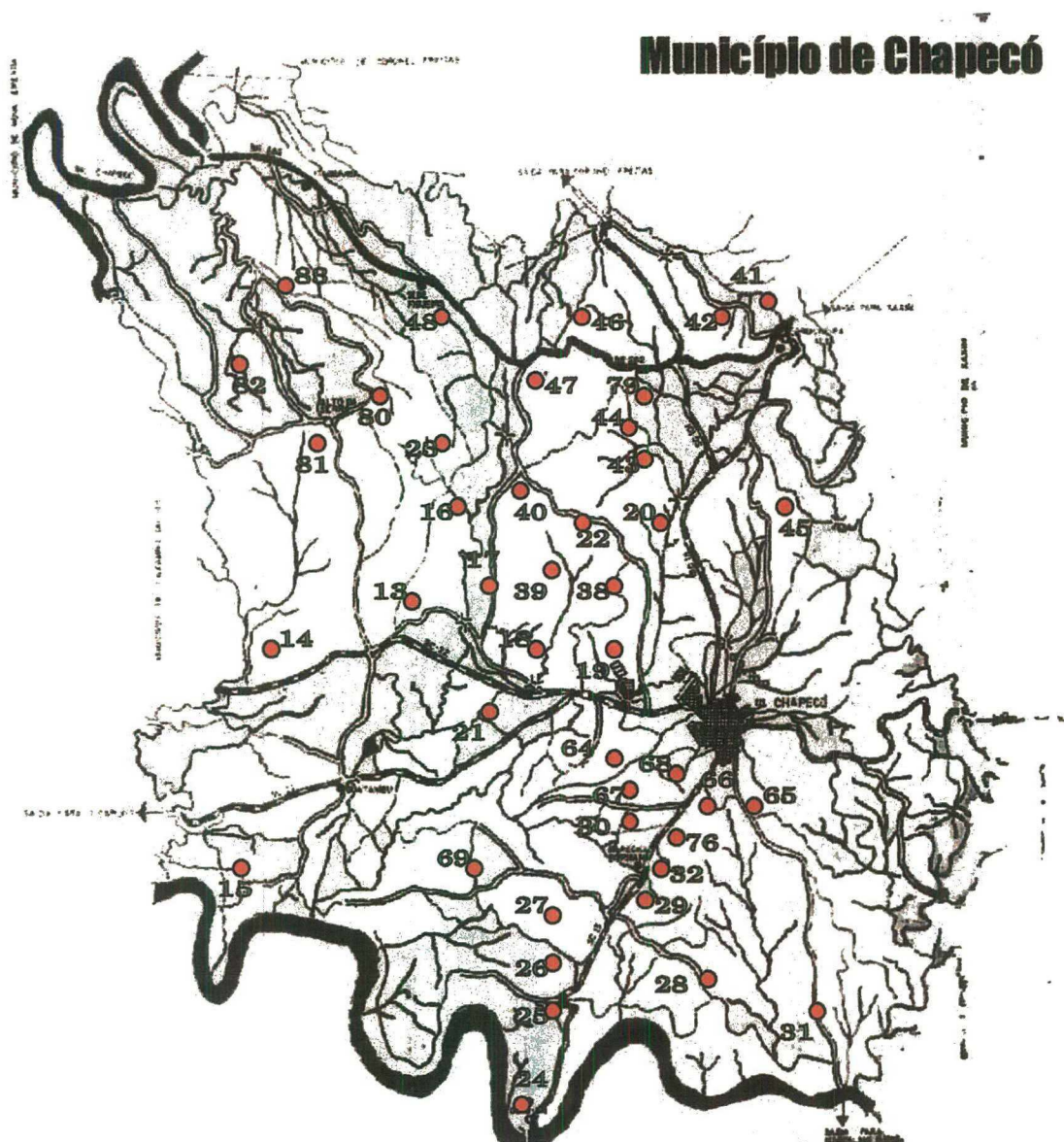


Figura 13 - Mapa do Município de Chapecó com a localização dos poços coletados na área rural do município

3.5 - Zona Urbana

Abaixo estão discriminados os poços de coleta na zona urbana do município, sua localização e profundidade. A numeração dos mesmos é a ordem da coleta. Figura 14

Tabela 03 – Localização e profundidade dos poços coletados na zona urbana do município de Chapecó - SC

N.º DO POÇO	LOCALIZAÇÃO	PROFUNDIDADE (m)
1 – Posto Catarina	B São Cristovão	101
2 – Ind Com Latic Tirol	B Jardim America	132
3 – Super Mercado Brazão	Centro	105
4 – Hich Yech Ind e Com	B Jardim América	120
5 – Auto Posto Bonassi	B Efapi	140
6 – Sede Campestre	B Efapi	100
7 – Inacio Machado	B Efapi	114
8 – Jardim do Lago (1)	Jardim do Lago	120
9 – Jardim do Lago (2)	Jardim do Lago	120
10 – Jardim do Lago (4)	Jardim do Lago	100
11 – Jardim do Lago (3)	Jardim do Lago	130
33 – Erico Ctro Abast	Centro	100
34 – Aurora	Centro	100
35 – Nereu	São Cristovão	71
36 – Org Gobbi	Centro	60
37 – Arnaldo Luzia	Alvorada	80
49 – Marvel	Acesso BR 282	120
50 – Concrexap	Acesso BR 282	120
51 – Darci Klainubing	Acesso BR 282	116
52 – Mad Leonir	Cristo Rei	120
53 – Codel	Cristo Rei	108
54 – Supermercado Alfa	Centro	45
55 – Walmor Zanella	Centro	70

Continuação tabela 03

N.º DO POÇO	LOCALIZAÇÃO	PROFUNDIDADE (m)
56 – Remil Parizollo	Centro	135
57 – Dispagro	Centro	130
58 – Leão Poços	Centro	189
59 – Posto do Rigoni	Centro	132
60 – Leão Poços Oficina	Centro	180
61 – Auto Posto Triangulo	Centro	48
62 – Brasão Centro	Centro	150
63 – Alcides Galli	Baixo Palmital	156
71 – Perfividro	Palmital	150
72 – Nazari	Palmital	150
73 – Cervejaria Kilsen	Palmital	105
74 – Posto Iguaçu	Centro	130
75 – Remil Parizzolo	São Cristovão	310
76 – Hospital Regional	B Esplanada	126
77 – SBT	B Pres Medice	148
78 – Pref. Munic Chapeco	Bairro São Pedro	83
84 – Clube Caça e Pesca	B Efapi	106
85 – Frigosul	B Efapi	89
86 – Canguru Oeste	Centro	180
87 – Indestel	B El Dourado	150
88 – Posmovil	Acesso BR 282	180
89 – Tronic	B El Dourado	90
90 – Coca Cola S/A	B Belvedere	116
95 – 2 ° BPM	B Líder	90
96 – Unesul	B Passo dos Fortes	150
97 – Rudiger Renault	Centro	120
98 – Valdir V Vanin	B Água Amarela	192
99 – Auto Posto Mega	B Maria Goretti	110
100 – Auto Posto Maris	B Pres. Medice	110

Na zona urbana foram coletados 52 poços. A numeração segue a seqüência de coleta e estão distribuídos desta maneira no figura 14. A Água destina-se a consumo, lavagem de carros, etc. A grande maioria deles é particular.

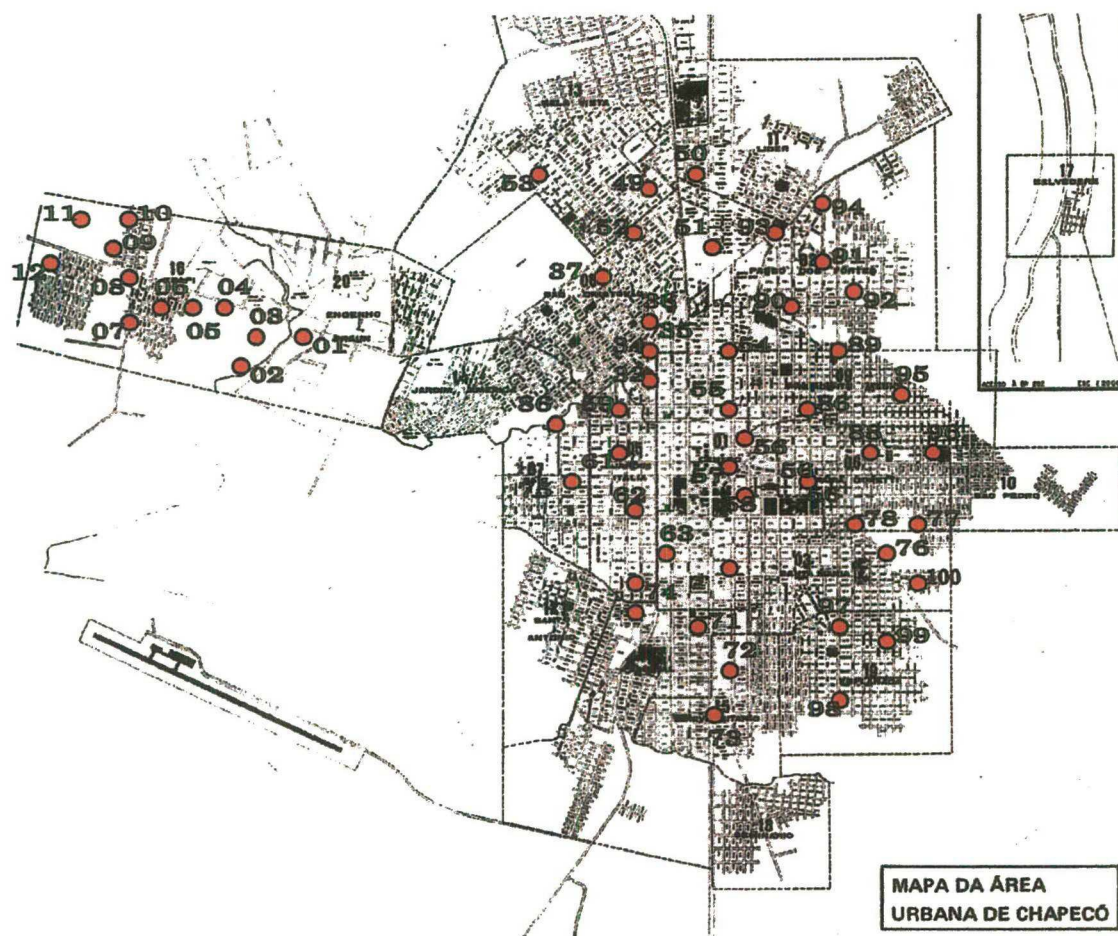


Figura 14 - Município de Chapecó – SC com a localização dos poços coletados na área urbana do município

4.0 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de nitrato na água dos poços, demonstram que a água subterrânea do município de Chapecó está recebendo nitratos em concentrações diferentes. As concentrações variam de poço para poço, existindo variações mesmo em poço localizados próximos um do outro.

Os resultados estão expressos em mg/l. Neste trabalho, em virtude da legislação brasileira e catarinense estabelecer as concentrações máximas expressas em NO₃ mg/l – em N, convertemos os resultados de NO₃ mg/l para NO₃ mg/l em nitrogênio dividindo-se o valor obtido por 4.43. Dessa forma todos os resultados apresentados aqui estão na expressão NO₃ - N. (figura 15)

***** Component Report: Components Found *****

Pk. Num	Ret Time	Component Name	Concentration mg/l	Height	Area	Bl. Code	%Delta
2	1.23	Cloreto	1.940	35656	196140	3	0.00
3	1.43	Nitrito	0.089	1130	5300	4	16.22
4	2.22	Nitrato	25.050	229943	1393775	1	0.00
5	4.63	Sulfato	0.264	1447	17014	1	0.00
Totals			27.343	268176	1612229		

#	Group Name	Amount	Area	Area%
1		0.0000	0	0.00%

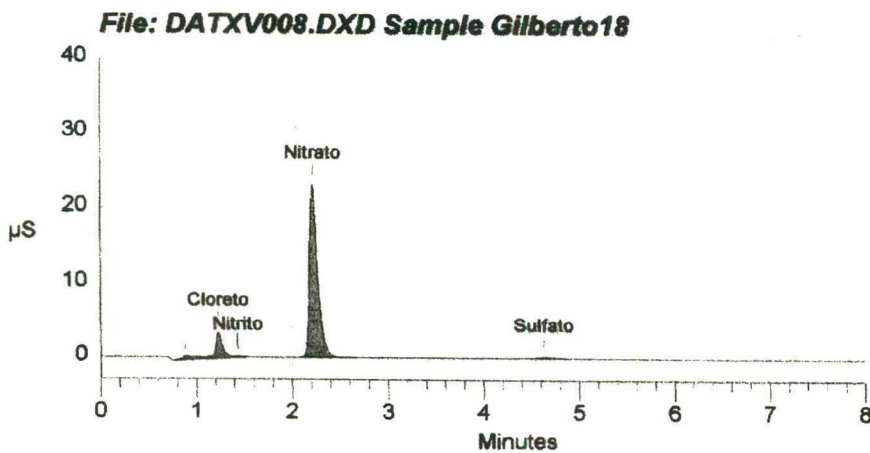


Figura 15 - Gráfico de resultados do Cromatógrafo Iônico DIONEX – DX 120

4.1 - RESULTADOS DA ÁGUA NA ZONA RURAL

Abaixo estão demonstrados os resultados obtidos para nitrato ($\text{NO}_3^- - \text{N}$) e nitrito ($\text{NO}_2^- - \text{N}$) nas análises na zona rural do município de Chapecó e a profundidade do poço coletado. A numeração dos poços é a ordem da coleta.

Tabela 04 - Demonstrativo de resultados obtidos para nitrato e nitrito nas análises da água de poços artesianos na zona rural do município de Chapecó - SC

Nº DO POÇO	PROFUNDIDADE (m)	$\text{NO}_3 - \text{N}$ (mg/l)	$\text{NO}_2 - \text{N}$ (mg/l)
12	66	3.165	-
18	83	5.655	0.027
19	108	0.450	-
20	80	0.063	-
21	113	0.027	-
22	41	0.089	-
23	126	0.427	-
24	118	0.012	-
25	126	0.380	-
26	80	0.028	-
27	135	0.345	-
28	148	0.027	-
29	130	2.599	-
30	118	0.052	-
31	120	2.491	-
32	82	0.144	-
38	41	1.150	-
39	65	0.572	-
40	47	0.399	-
41	117	0.900	-
42	42	1.437	-

Continuação tabela 04

Nº DO POÇO	PROFUNDIDADE (m)	NO ₃ – N (mg/l)	NO ₂ – N (mg/l)
43	140	3.353	-
44	118	1.687	-
45	120	1.687	-
46	150	1.484	0.318
47	151	0.336	0.789
48	270	0.013	-
64	91	0.250	-
65	156	0.496	-
66	94	0.651	-
67	90	0.650	-
68	150	0.048	0.084
69	140	0.148	-
70	144	0.093	0.187
79	85	1.969	-
80	130	0.014	-
81	125	2.718	-
82	125	0.127	-
83	113	0.126	-
85	89	0.073	-
91	100	0.300	-
92	110	0.495	-
93	144	0.607	-
94	115	0.062	0.203

4.2 - RESULTADOS DOS POÇOS NA ZONA URBANA

Abaixo estão demonstrados os valores obtidos nas análises para nitrato(NO_3^- - N), e nitrito (NO_2^- - N) da água na zona urbana do município de Chapecó, e a profundidade do poço. A numeração do poço é a ordem da coleta.

Tabela 05 – Demonstrativo de valores obtidos nas análises para nitrato e nitrito da água de poço artesianos na zona urbana do município de Chapecó - SC

Nº POÇO	PROFUNDIDADE (m)	$\text{NO}_3 - \text{N}$ (mg/l)	$\text{NO}_2 - \text{N}$ (mg/l)
1	101	5.453	-
2	132	2.210	-
3	105	0.181	0.546
4	120	0.185	0.181
5	140	1.641	-
6	100	0.390	0.036
7	114	1.030	-
8	120	0.787	0.105
9	120	1.875	-
10	100	3.736	-
11	130	0.858	-
33	100	0.149	-
34	100	4.044	-
35	71	2.786	-
36	60	0.012	-
37	80	0.408	-
49	120	0.017	0.239
50	120	0.597	-
51	116	0.272	0.368
52	120	0.024	-
53	108	0.059	-
54	45	0.094	-

Continuação tabela 05

Nº POÇO	PROFUNDIDADE (m)	NO ₃ – N (mg/l)	NO ₂ – N (mg/l)
55	70	6.601	-
56	135	4.137	-
57	130	5.484	-
58	189	4.404	-
59	132	5.458	-
60	180	2.760	-
61	48	2.854	-
62	150	1.881	-
63	156	0.021	-
71	150	1.321	1.143
72	150	0.083	-
73	105	0.864	-
74	130	4.534	-
75	310	0.756	-
76	126	0.740	-
77	148	0.862	-
78	83	1.765	-
84	106	0.972	-
85	89	0.073	0.315
86	180	0.007	0.331
87	150	-	0.276
88	180	0.016	0.253
89	90	0.049	-
90	116	1.531	0.196
95	90	4.674	-
96	150	0.393	-
97	120	0.019	-
98	192	0.244	0.203
99	110	4.431	-
100	110	0.850	-

4.3 Nitrito

Os resultados mostram que do total apenas 19 poços apresentaram nitrito, sendo que apenas 1 (poço 71) apresentou valores acima do permitido pela legislação (1 mg/l $\text{NO}_2 - \text{N}$). Do total de poços 13 estão situados na cidade e 6 no interior. Dos poços situados na cidade 7 deles (3, 49, 51, 85, 86, 87, 88,) apresentaram valores de nitrito superiores aos de nitrato. No poço nº 87 somente nitrito apareceu na análise. Dos poços situados no interior 4 poços (47, 68, 70, 94) apresentaram valores superiores de nitrito em relação ao nitrato, os demais ficaram abaixo do valor máximo permitido pela legislação.

O aspecto em comum para os poços que apresentaram nitrito é a profundidade. Todos tem mais de 100 metros de profundidade. Quanto às regiões geográficas, estão distribuídos em todas as regiões do município. Aparentemente não existe relação com a profundidade a presença de nitritos, uma vez que ele é a forma mais instável do nitrogênio. A sua presença indica fonte de contaminação próxima. Pode estar acontecendo infiltrações próximas a superfície, mas que só pode ser comprovado através de monitoramento dos poços.

A presença do nitrito, com concentrações superiores às de nitrato, é muito preocupante. O nitrito é a forma mais instável do nitrogênio e a sua presença denuncia infiltração ou fonte poluidora persistente e muito próxima ao poço. Concentrações de nitrito na água a 100 metros de profundidade são motivos para alarme, uma vez que, ou não está ocorrendo a nitrificação, por vários motivos, dentre as quais podemos citar saturação do solo, baixa aeração, influência de pH, ausência de bactérias nitrificantes, ou estão acontecendo infiltrações. Dessa maneira o nitrito também está sendo lixiviado para as camadas mais profundas, atingindo, por fim, o lençol d'água. A ingestão de nitrito através da água em concentrações elevadas acarreta maiores danos à saúde do homem do que o nitrato, uma vez que a ingestão de nitratos por si só não é muito problemática para a saúde, mas como um indicativo de poluição antrópica.

4.4 Nitrato

Com relação ao nitrato, apenas 1 poço (87) não apresentou concentração. Os demais apresentaram valores de variavam muito de poço para poço. Dessa maneira temos poço com menor nível de nitrato (86) com nível de 0.0079 de $\text{NO}_3 - \text{N}$ localizado na zona urbana e situado no ponto mais alto das coletas, até o valor máximo de 6.6011 de $\text{NO}_3 - \text{N}$ (55) localizado no centro da cidade. Nesse ponto em particular podemos observar que os valores se alteram de forma perceptível. O local é centro da cidade e baixada. Dessa maneira temos os poços, 55 com 6.6011; 56 com 4.1372; 57 com 5.4849; 58 com 4.4045; 59 com 5.4587; 60 com 2.7600; 61 com 2.8546; 62 com 1.8817; ainda no centro o poço de n° 74 com 4.5345. Todos os valores são expressos em $\text{mg/l NO}_3 - \text{N}$.

A concentração máxima de nitrato (interior e cidade) foi encontrada no poço n.º 55 (6.6011 $\text{mg/l NO}_3 - \text{N}$) localizado no centro da cidade. Prédio residencial, com sistema de fossa negra.

No interior a concentração mínima de nitrato foi do poço 24 (0.0129 $\text{mg/l NO}_3 - \text{N}$) situado às margens do Rio Uruguai, divisa com o Rio Grande do Sul. Poço comunitário. As maiores concentrações foram observadas nos poços de n.º 42; 43; 44; 45; 46; 79 todos eles na L^a Colônia Cella, além dos poços de n.º 18 L^a Faxinal do Rosa, 31 L^a São Francisco, 65 Passo Ferreira, 81 L^a Sperotto, todos eles tem em comum a presença de grandes aviários próximos ou nas imediações da fonte de água.

A concentração máxima no interior foi de 5.6546 $\text{mg/l NO}_3 - \text{N}$ (poço n.º 18) localizado na L^a Faxinal do Rosa, onde existem muitos suínos na forma de confinamento. Este mesmo poço apresentou níveis de nitrito. Para o interior, conclui-se que o maior distância entre as fontes de contaminação (chiqueiros, aviários Tc), possibilita um maior aproveitamento por parte do solo, e uma maior diluição da água, provocando níveis menores de nitrato.

Para a cidade a concentração mínima de nitrato, também a concentração mínima de todos os poços analisados foi o n.º 86 (0.0079 $\text{mg/l NO}_3 - \text{N}$), se bem que o

poço de n.º 87 não apresentou nitrato. Ambos apresentaram nitrito. A exemplo do nitrito, as concentrações de nitrato foram observadas em poços com mais de 100 metros de profundidade.

De todos os poços analisados, tanto do interior como da cidade, apenas 1 (29) recebe tratamento com cloro, e abastece aproximadamente 311 famílias.



Figura 16 – Gráfico demonstrativo de poços com NO₃ – N e sua distribuição de acordo com as suas concentrações – Zona urbana

Em um comparativo de valores podemos observar que, na zona urbana (52 poços analisados) os poços com até 1 mg/l de NO₃ – N são um total de 30 totalizando 57,69%; de 1 mg/l NO₃ – N até 2,999 totalizam 12 poços correspondendo a um percentual de 23,07%; e finalmente, poços com níveis de nitrato de 2,9999 mg/l de NO₃ – N acima, totalizando 10 poços temos um percentual de 19,23%. Nenhum poço ultrapassou o valor máximo exigido por lei para o nitrato (10 mg/l NO₃ – N). (Figura 16.)

As maiores concentrações foram observadas na cidade, o que induz a conclusão de contaminação antrópica, causada pelos dejetos humanos e resíduos domiciliares, em virtude de a cidade de Chapecó não dispor de estação de tratamento de esgoto. Para se equacionar o problema e estabelecer as possíveis soluções, é necessário o conhecimento

exato da origem dos nitrato na água. Para tanto faz-se necessário um monitoramento constante da qualidade da água, elegendo-se poços que seriam analisados periodicamente.

Para a zona rural (44 poços analisados) poços com até 1.000 mg/l $\text{NO}_3 - \text{N}$ são um total de 33 correspondendo a 75%. Níveis de nitrato de 1.000 até 2.999 mg/l de $\text{NO}_3 - \text{N}$ foram de 10 totalizando 22,72%, e finalmente, poços com níveis de nitrato acima de 2.999 mg/l de $\text{NO}_3 - \text{N}$ totalizando 1 poço temos um percentual de 2,27% do total. Na zona rural, a exemplo da zona urbana, nenhum poço excedeu o limite máximo exigido por lei, para o nitrato na água potável. Conforme demonstrado na figura 17.

Os poços na zona rural bem como os poços da zona urbana são todos protegidos, e com exceção de alguns poucos, todos eles se situam em lugares afastados de fontes potenciais de poluição. A água é utilizada para consumo humano, e animal. Não existem outras fontes de água a não ser a captada pelos poços.

GRAFICO DEMOSTRATIVO DE POÇOS ZONA RURAL

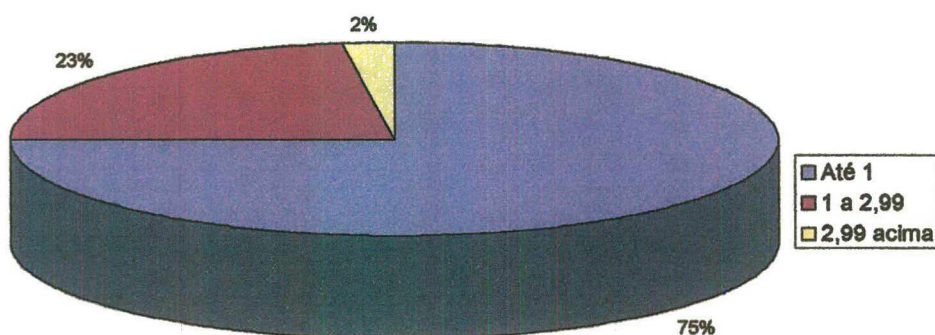


Figura 17 - Gráfico demonstrativo de poços com nitrato na zona rural e sua distribuição de acordo com às suas concentrações de $\text{NO}_3 - \text{N}$

Juntando os valores, da zona urbana e rural temos:

Valores até 1.000 mg/l $\text{NO}_3 - \text{N}$ 66 poços, totalizando 66,66%. Valores de 1.000 até 2.999 mg/l de $\text{NO}_3 - \text{N}$ totalizam 22 correspondendo a 22,22% do total, e poços com níveis de nitrato com valores acima de 2.999 mg/l de $\text{NO}_3 - \text{N}$ totalizam 11, correspondendo a 11,11%.(Figura 18)

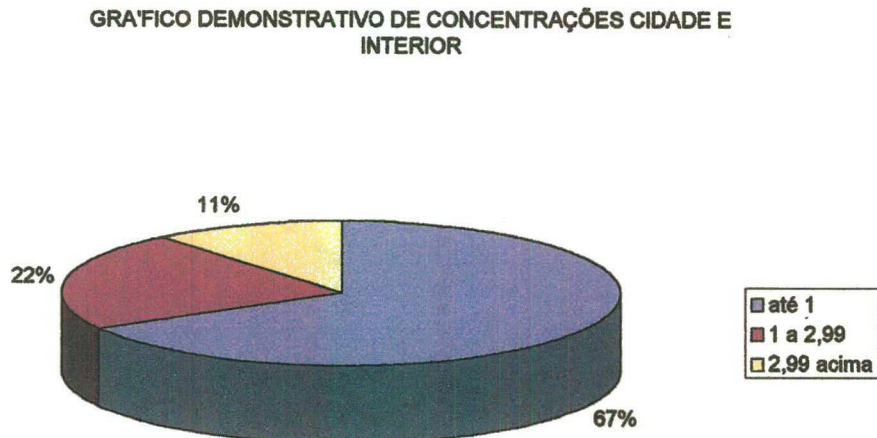
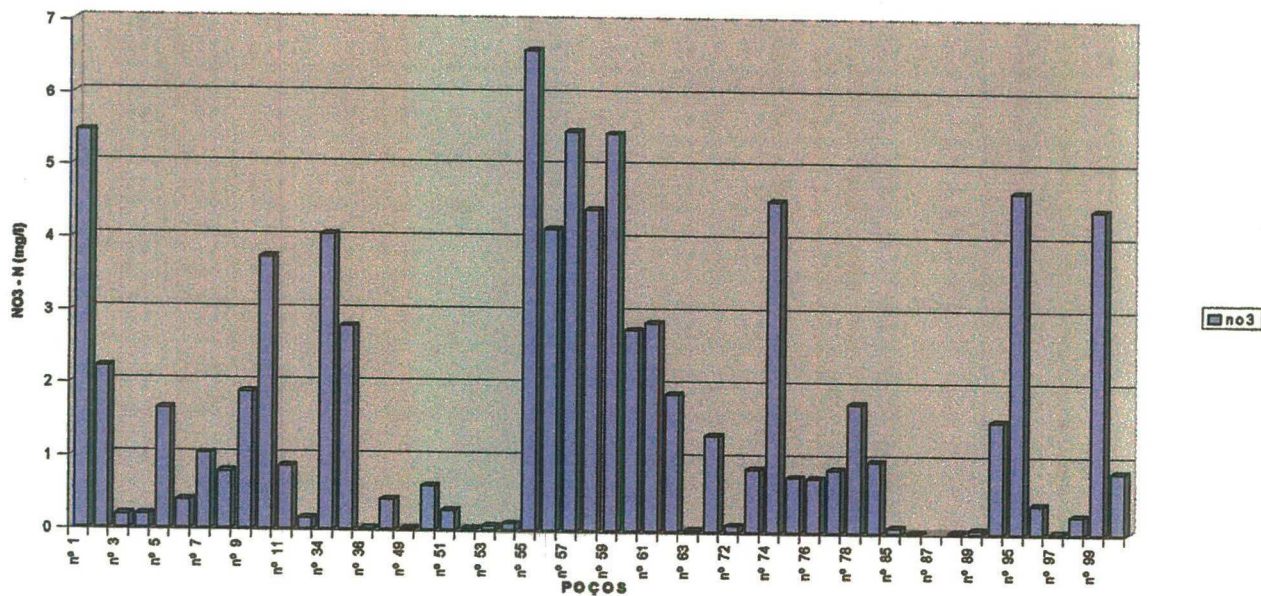
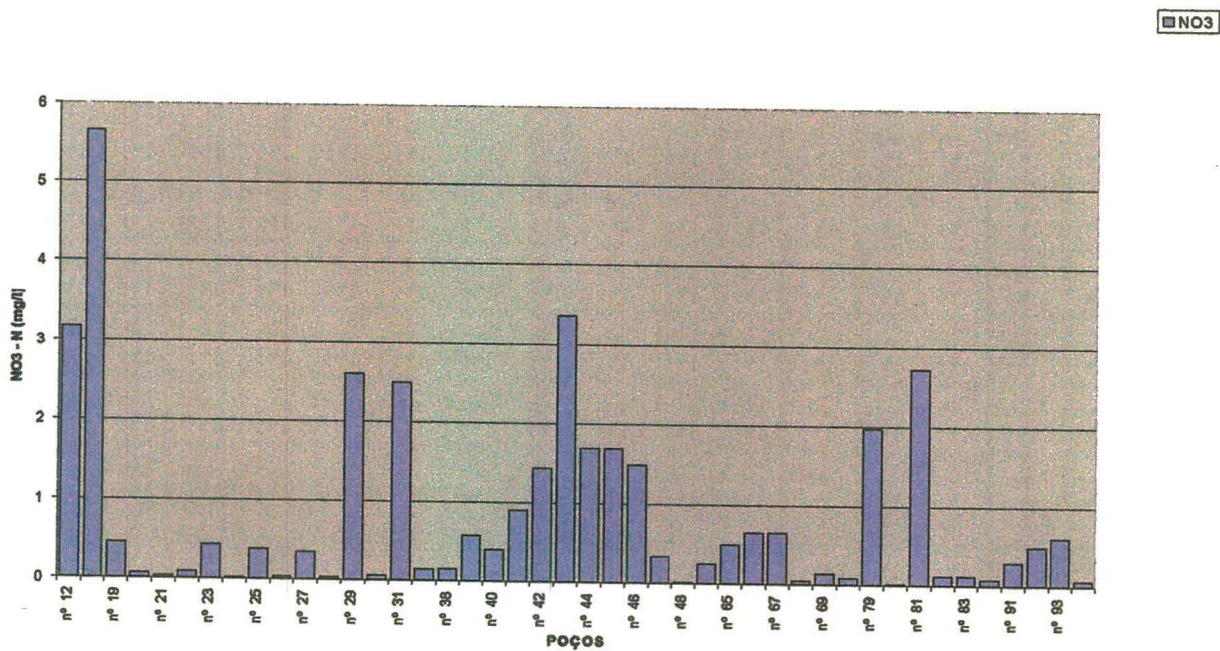


Figura 18 – Gráfico demonstrativo Cidade e Interior e suas respectivas concentrações

RESULTADO DAS ANÁLISES ZONA URBANA



RESULTADO DAS ANÁLISES ZONA RURAL



Figuras 19 e 20 – Gráfico de resultados das análises zona urbana e rural do município de Chapecó

Observando-se os valores correspondentes à cidade e interior (Figura 19 e 20), percebemos que os valores encontrados na zona urbana são maiores que a zona rural. Na zona rural, apesar de concentrações relativamente altas aparecerem, não são constantes e geralmente aparecem em pontos isolados. Na cidade, no entanto as concentrações são maiores e mais freqüentes e estão situadas nas baixada. Deduzimos que a cidade esta apresentando concentrações mais altas, devido a aglomeração, devido a falta de tratamento de esgoto da cidade, e devido ao seu derramamento no córrego, ou através de fossas (negras e sépticas).

Na zona rural, embora a produção de dejetos de suínos e aves serem muito grande, ela não é localizada em um só ponto. A distribuição é mais geográfica, o que não provoca a aglomeração de dejetos em um lugar só. Além do que, vários suinocultores e agricultores estão usando o dejetos racionalmente, na agricultura, como adubo, o que por si só, já é um meio eficaz de evitar a contaminação de rios e água subterrânea.

A aglomeração de pessoas, a grande produção de esgotos e resíduos sólidos domiciliares estão contribuindo para o surgimento de nitrato na água subterrânea. Em um comparativo, em nossa pesquisa (NICOLAI, 1998), podemos observar que a maioria dos poços analisados em 1998, nas análises atuais aumentaram (figura 21). Chamo a atenção para especialmente para o poço nº 1 e 10 da figura. Ambos estão situados em zona urbana. O primeiro (poço 01) está localizado em um distrito de Chapecó e é utilizado por aproximadamente 300 famílias. O poço 10 em 1998 estava localizado em um bairro recém construído, em virtude da instalação de um frigorífico no local. Hoje, transcorridos 2 anos a população desse mesmo bairro quadruplicou. Não existe estação de tratamento de esgoto, mas apenas fossas negras ou sépticas. Os níveis de nitrato nesse poço eram de 0.4 mg/l $\text{NO}_3 - \text{N}$ em 1998, e no trabalho atual os níveis saltaram para 1,8 mg/l $\text{NO}_3 - \text{N}$. Do total de 11 poços analisados naquele ano 8 mostraram níveis mais altos de nitrato.

Chapecó e a região oeste possuem uma particularidade que é o basalto fraturado, que é constituído de fendas e fissuras por onde a água percola. O comportamento das concentrações, que variam muito de poço para poço, localizados por vezes muito próximos uns dos outros, é uma característica do aquífero fraturado, o que dificulta

muito o estudo dos resultados, tornando-se um agravante, pois tem a capacidade de dispersar mais rapidamente o contaminante, e dar-lhe caminhos não previstos. Poder-se-ia aventar que as concentrações de nitratos observadas aqui não sejam provenientes dos dejetos de suínos, dos fertilizantes e do esgoto aqui produzidos. Realmente esta hipótese foi discutida, mas concluímos que, observando-se as análises de 1998, percebemos que nos mesmos poços houve um incremento na concentração,(figura 21) o que nos faz concluir que a água subterrânea está recebendo cargas constantes de nitrato. A presença de nitrito em alguns poços nos dá esta certeza, visto que a presença de nitrito, como uma fase transitória para o nitrato, denuncia poluição recente e persistente.

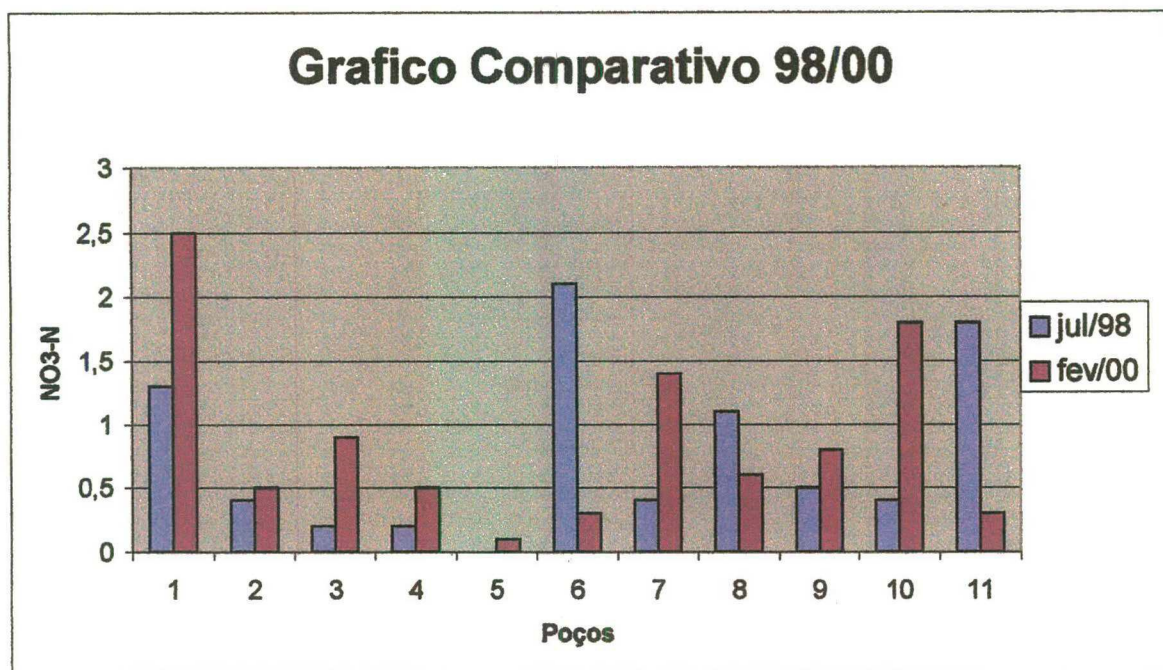


Figura 21 - Gráfico comparativo entra coletas e análises de 1998 e 2000

Da mesma forma os outros poços (excluindo-se o poço n.º 7 que é interior) todos apresentaram elevações nos níveis de nitrato. A maior exceção observa-se no poço n.º 11, que também está situado no centro da cidade. O poço referido está situado junto a um posto de gasolina. A diminuição nos níveis de nitrato sugere uma contaminação por

gasolina, o que só poderá ser comprovado analisando-se os componentes presentes na água. De qualquer forma, fica claro a influência que população e a sua produção de dejetos e resíduos, está influenciando a qualidade da água subterrânea no município de Chapecó.

A presença do nitrato na água subterrânea captada na cidade é muito provavelmente devido ao esgoto sanitário, provocado pela aglomeração de pessoas, e um sistema deficiente de deposição desse esgoto produzido. A cidade de Chapecó não possui sistema de tratamento de esgoto, sendo ele despejado ou em fossas negras ou sépticas, ou diretamente no sistema pluvial da cidade, que tem como destino o córrego que passa pela cidade. A poluição do rio é um agravante, pois a água pode se infiltrar e contaminar outros poços. A contaminação da água por fossas sépticas ou negras pode ser devido a vários problemas como por exemplo: - a não consideração do lençol subterrâneo na construção dos mesmos, sendo elas ou muito profundas ou próximas ao lençol, a ruptura ou rachadura das fossas, - o subdimensionamento na construção, sendo as fossas de capacidade menor ao esgoto produzido, havendo neste caso derrame do excedente; - e a construção de fossas sépticas apenas com camisas laterais, que servem para contenção do barranco, deixando o fundo sem a concretagem.

A presença do nitrato no interior é muito provavelmente devido aos dejetos de suínos e aves. A técnica de produção de suínos e aves em confinamento tem como consequência uma grande produção de dejetos, ricos em nitrogênio. Dessa maneira temos uma grande quantidade desse produtos armazenada em um local, que é carregada para os rios e córregos e para a água subterrânea. As concentrações no interior, em comparativo com as da cidade, se apresentaram em menores valores e de forma menos intensiva, apresentando níveis altos em poços espalhados em várias regiões, exceto na Linha Colônia Cella, onde estão aglomerados. Concluímos que no interior, por ser uma zona geográfica mais ampla, e os poços estarem mais distantes entre si, há uma menor concentração, bem como deve haver uma maior diluição do nitrato na água.

5.0 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Do total de poços analisados 19 apresentaram níveis de nitrito, sendo que apenas 1 (poço 71) apresentou valores acima do permitido pela legislação (1 mg/l NO₂-N). O poço em questão está sofrendo infiltração de um córrego situado próximo ao poço, segundo informações fornecidas pela Leão Poços Artesianos. Do total de poços 13 estão situados na cidade e 6 no interior. Dos poços situados na cidade, 7 deles (3, 49, 51, 85, 86, 87, 88), apresentaram valores de nitrito superiores ao de nitrato. No poço 87 somente nitrito apareceu na análise. Dos poços situados no interior, 4 poços (47, 68, 70, 94), apresentaram valores superiores de nitrito em relação ao nitrato; os demais ficaram abaixo do valor permitido pela legislação. O aspecto em comum para os poços que apresentaram nitrito é a profundidade. Todos têm mais de 100 metros. Quanto às regiões geográficas, não existe uma constante, os poços que apresentaram nitritos estão em todas as regiões do município.

Com relação ao nitrato, apenas 1 poço (87) não apresentou concentração. Os demais apresentaram valores que variam muito de poço para poço. Dessa maneira temos o poço com menor nível de nitrato, (86), com uma concentração de 0.0079 NO₃-N, situado no ponto mais alto das coletas, até o valor máximo de 6.6011 NO₃-N (poço 55) localizado no centro da cidade. Neste ponto em particular podemos observar que os valores se alteram de forma perceptível. O local é centro da cidade e baixada. Dessa maneira temos o poço 55 com 6.6011; o 56 com 4.1372; o 57 com 5.4849; o 58 com 4.4045; o 59 com 5.4587; o 60 com 2.7600; o 61 com 2.8546; o 62 com 1.8817 e o poço 74 com 4.5345. Todos os valores são expressos em mg/l NO₃-N. A concentração máxima de nitrato (interior e cidade) foi encontrada no poço 55 (6.6011 mg/l NO₃-N), localizado no centro da cidade; junto a um prédio residencial, com sistema de fossa negra. A concentração mínima de nitrato na cidade foi também a menor concentração de todos os poços analisados. Poço 87 e 86, o primeiro com zero de concentração e o segundo com 0.0079 mg/l NO₃-N, no entanto, ambos apresentaram nitritos. Da mesma forma que os nitritos, os nitratos foram observados em poços com mais de 100 metros de profundidade. Em um comparativo de valores podemos observar que na zona urbana (52 poços analisados) os poços com até 1 mg/l NO₃-N são um total de 30, totalizando

57,69%; de 1 até 2 mg/l NO₃-N totalizam 12 poços, correspondendo a um percentual de 23,07%; e finalmente, poços com níveis de nitrato de 2 acima mg/l NO₃-N, totalizam 10, com um percentual de 19,23%. Nenhum poço ultrapassou o valor máximo exigido por lei para o nitrato (10mg/l NO₃-N).

Para o interior, as maiores concentrações foram observadas nos poços 42 com 1.4372, 43 com 3.3535, 44 com 1.6876, 45 com 1.6874, 46 com 1.4847, 79 com 1.9698, todos eles localizados na Linha Colônia Cella, além dos poços 18 com 5.6546 na Linha Faxinal dos Rosas, 31 com 2.4616 na Linha São Francisco, 81 com 2.7183 na Linha Sperotto (todos expressos em mg/l NO₃-N). O ponto em comum entre esses poços é a presença de grandes aviários próximos ou nas imediações da fonte de água. A concentração mínima no interior foi observada no poço 24 com 0.0129 mg/l NO₃-N, poço este situado às margens do Rio Uruguai, divisa com o Estado do Rio Grande do Sul, poço comunitário. A concentração máxima foi de 5.6546 mg/l NO₃-N no poço 18 localizado na Linha Faxinal dos Rosas, local onde existem muitos suínos na forma de confinamento. Este poço apresentou também níveis de nitrito. Para a Zona rural (44 poços analisados), poços com até 1 mg/l NO₃-N são um total de 33, correspondendo a 75%. Níveis de nitrato de 1 a 2 mg/l NO₃-N totalizaram 10, correspondendo a 22,72%; e finalmente, com níveis de nitrato acima de 2 mg/l NO₃-N, 1 poço com um percentual de 2,27%. Na zona rural, a exemplo da zona urbana, nenhum poço excedeu o limite máximo exigido por lei para o nitrato na água potável. Comparando-se as zonas urbana e rural, os poços que apresentaram níveis de nitrato com até 1 mg/l NO₃-N totalizaram 66, correspondendo a 66,66%; Valores de 1 até 2 mg/l NO₃-N totalizaram 22, correspondendo a 22,22% do total de poços; e poços com níveis de nitrato acima de 2 mg/l NO₃-N totalizaram 11, correspondendo a 11,11%. Observando-se os valores correspondentes à cidade e interior percebemos que os valores encontrados na zona urbana são maiores que na zona rural.

Finalmente, concluímos que a água subterrânea existente no município de Chapecó, está recebendo nitratos, em concentração ainda inferior ao estabelecido pela legislação, proveniente de dejetos de suínos, aves e bovinos, esgoto humano e fertilizantes agrícolas. As concentrações se mostraram relativamente altas e mais persistentes na zona urbana, em particular no centro da cidade. Para o interior as

maiores concentrações foram observadas na L^a Colônia Cela, local onde existem muitos aviários e chiqueirões, e como consequência uma grande produção de dejetos, que excetuando-se alguns poucos casos, não são utilizados na agricultura.

Recomendações e sugestões:

A água subterrânea do oeste de Santa Catarina, particularmente de Chapecó, carece de maiores estudos e cuidados. O assunto não tem merecido até o momento, maiores atenções. A utilização da água não é completamente conhecida, o que deve estar acarretando desperdícios, e mau uso da mesma. Faz-se necessário um amplo esclarecimento à população sobre a problemática da água para o futuro, para que ela seja usada racionalmente.

- Um estudo mais amplo da água subterrânea, incluindo-se outros componentes, para se verificar se a água está recebendo outros compostos.

- Eleger poços de monitoramento constante, para se verificar as diferenças sazonais e concentrações, para identificar os pontos mais críticos de poluição, e dessa forma poder-se efetuar um trabalho de esclarecimento, prevenção e remediação.

- Para o interior deve-se incentivar a prática da adubação verde. As leguminosas em simbiose com bactérias fixam o nitrogênio à planta, evitando a lixiviação, e após a lavra essas plantas devolvem para o solo o nitrato, reduzindo dessa maneira, também, a utilização crescente de fertilizantes nitrogenados.

- Maiores estudos do comportamento do nitrato no basalto fraturado em Chapecó e na região oeste.

6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAÃO, Sebastião F. (2000) **Água um bem precioso**. Profissional, Santa Catarina, nº 8, 10-12, dezembro/1999.
- ALABURDA, Janete. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poço**. Saúde Pública, São Paulo, v. 32, nº 2, abr. 1998.
- ALLAN, Freeze R. (1979) **Groundwater Contamination**. Nitrogen. Hall, Inc. USA. P 413-417.
- ANDREADAKIS, A.D. (1992). **Anaerobic digestion of piggery wastes**. *Wat. Sci. Tech.* Vol. 2 nº 1, p 9-16
- BACHA, S.F. (1992). **Nitratos em água subterrânea no meio urbano**. In Congresso Brasileiro Geologia, 37. São Paulo, 1992. Boletim... SBG, São Paulo, 2:200-201.
- BATALHA, Luttembarck B. **Controle da qualidade da água para consumo humano**: Cetesb, 1977. São Paulo, 198 p.
- BITTON, Gabriel. (1994). **Wastewater Microbiology**. John Wiley & Sons, Inc, USA, 478 pp.
- BORGES, Freitas Sérgio. **Características hidroquímicas do aquífero freático do Balneário Campeche, ilha de Santa Catarina – SC**. Florianópolis: UFSC, 1996. 85 p. Mestrado.
- BRANCO, Samuel Murgel. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3. ed. São Paulo: Cetesb/Ascetesb, 1986. 640 p.
- BRAS, Vera; BECKMANN, Lucia; SILVA, L. C. (2000). **Integração de resultados bacteriológicos e geofísicos na investigação da contaminação de águas por cemitérios**. Fortaleza CE: I joint world congress on grounwater. CD-ROM.
- CAMPBELL, Mary K. **Bioquímica**. 3 ed. Porto Alegre; Artes Médicas Sul, 2000.

- CAMPOS, H.C.N.S. (1987). **Contribuição do estudo hidrogeoquímico do grupo Bauru no Estado de São Paulo**. São Paulo, 160p. Mestrado.
- CARVAJAL, Avelino A. (1980) **Nitrato em águas subterrâneas**. Causa de metahemoglobina em lactantes. *Revista Cubana Higiene e Epidemiologia*. Cuba, vol. 18, 228-235, julho/setembro, 1980.
- CETESB, (1977). **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no estado de São Paulo**. São Paulo, CETESB. 70p.
- CETESB. (1978) **Água Subterrânea e poços tubulares**. 3. Ed. São Paulo 481 p.
- CETESB. 1998. **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo**. CETESB, São Paulo.
- COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUA E SANEAMENTO. (1995) **Plano diretor de água para o Litoral Norte de Santa Catarina: relatório de diagnósticos dos sistemas existentes e de oferta e demanda**. Florianópolis, 1995. V.1
- CRAUN, G.F. (1984). **Health aspects of groundwater pollution**. In *Groundwater pollution microbiology*, New York, p 135-179.
- DIAZ, Fernando M. (1985) **Contaminacion de las aguas subterrâneas por nitratos situacion existente en el Aglomerado Bonaerense**. CEPIS/OMS. 30pp
- EMBRAPA. (2000). **Informativo meio ambiente & agricultura nº 25**. Ano VII, nº 25. Janeiro/fevereiro/marco. Na internet: <http://www.cnpma.embrapa.br//materias/materiais25.html>
- FELEKE, Z.; ARAKI, K.; SAKAKIBARA, Y. (1997). **Selective reduction of nitrate to nitrogen gas in biofilm-electrode reactor**. *Wat.Res.* 32(9) pp. 2728-2374. 1997.
- FERREIRA, L. & HIRATA, R.C.A. (1993). **Determinação dos riscos de contaminação das águas subterrâneas por sistema de saneamento in situ**. In *Simpósio Brasileiro Recursos Hídricos.*, 10 Simp. Rec. Hidr. Cone Sul, 1 Gramado, 1993. Anais.... ABRH, Gramado v.4, p. 443-452.

- FERREIRA, L.M.R.; HIRATA, R.C.A. (1993) **Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas por sistema de saneamento in situ**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 10., Gramado. Anais... Porto Alegre: ABRH, p 443-52
- GLASS, Charles; SILVESTEINS, Joann. **Cinética de denitrificação de água com alta concentração de nitrato: efeito do pH na inibição e acumulação de nitratos**. Watter Research. Great Britain, v. 32, nº 3, p 831-839, 1998.
- GRAY, N.F. (1994) **Calidad del agua potable**. Problemas y soluciones. Trad. John Wiley. Espanha: Acribia, 1994. Tradução de Drinking Water Quality. Problems and Solutions.
- HAUSMAN, Abraão. (1987) **IV curso sobre água subterrânea**. Aquíferos fraturados. Rio de Janeiro. Julho de 1997.
- HIRATA, R.C.A.; BASTOS, C.R.A.; ROCHA, G.A. (1992). **Mapa da vulnerabilidade e riscos de poluição das águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo. IG-SMA e CETESB, 3v.
- IBGE. (1996) **Censo agropecuário Brasil 1996**. Disponível na Internet Site www.ibge.gov
- INGERSOL, Todd L; BAKER, Lawrence A. (1997) **Nitrate removal in wetland microcosms**. Water Research. Great Britain. Vol. 32,nº 3, p 677-684, 1998.
- ISHIZUKA, Mazuno M. (1999). **Suínos**. Capturado em 22/07/2000, online. Disponível na Internet www.usp.br//mizuno/http.
- JORÃO, E.P.; PESSOA, C.A. (1995) **Tratamento de esgotos domésticos** 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 720 p.
- KONZE, E.A. (1980) **Avaliação quantitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejo em forma líquida**. UFMG Belo Horizonte, 1980. Dissertação de Mestrado.
- LEHNINGHER, Albert Lester. **Princípios de bioquímica**; São Paulo; Sarvier, 7 ed. 1991.

- LEWIS, W.; FOSTER, S.; DRASAR. (1980) **O risco de poluição do lençol freático por sistema de deposição local de esgoto.** Ministério do Desenvolvimento urbano e meio ambiente. CEPIS, 91 p.
- MADISON, R.J.; BRUNET.J. (1985) **Overview of the occurrences of nitrate in groundwater of the United States.** National water summary, 1984, p. 93-135.
- MIRANDA, R Claudio. **Suinocultura sustentável.** A suinocultura no oeste catarinense e o desenvolvimento sustentável. Suinocultura industrial. Porto Feliz. SP. N.º 140 p. 12-16.ago/set 1999.
- MORENO, F.N. (1998) **Avaliação experimental do potencial do chorão na fitorremediação de aquíferos contaminados por nitratos, etanol e benzeno.** Florianópolis, UFSC, 1998, 91pp. Dissertação de Mestrado.
- MORTARI, Jr. R.J et al. **Autodepuração e contaminação de dejetos de suínos no solo.** In SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro, Bh. Anais..... ABES, 2000. P. 906-913. Documento III-45
- NICOLAI, Gilberto. (1998) **Determinação físico/químico e bacteriológico da água de poços artesianos no município de Chapecó – SC.** Chapecó: UNOESC, 1998. 51p. TCC graduação, biologia.
- NISHIHARA, L. (1998) **Presença de compostos de nitrogênio em água de poço.** Saúde Pública, v 32 (2). São Paulo. Abr. 1998.
- OLIVEIRA, P.A.V. de (coord) (1993) et. al.. **Manual de Manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 188 p.
- OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. **Controle de doenças transmissíveis ao homem.** 13ª ed..
- PACHECO, A (1986) **Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento.** SPAM (agosto): 25-37.
- PAGANINI, Wanderlei da Silva. **Disposição de esgotos no solo: escoamento à superfície.** São Paulo: Fundo Editorial da Aesabesp, 1997

- PAUL, A.Eldor; CLARK, Francis, E. (1996). **Soil microbiology and biochemistry**. Academic Press, California, USA.
- PENZ, Jr. A.M. **Influência da nutrição na preservação do meio ambiente**. In. 5º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 2000, São Paulo, SP. Anais.... Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. P 53-69.
- PERDOMO, C.C. **Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia; EMBRAPA/CNPSA, 1999. 2 p. (EMBRAPA/CNPSA. Comunicado técnico, 12)
- POSTGATE, John. (1987) **Nitrogen Fixation**. Edward Arnold Publischers. 2 ed.
- RITTER, W. (1990) **Pesticide contamination of grounwater in the United State a review**. J. Environ. Sci. Health. B(25): 1-29.
- RUSSEL, John B. (1994) – Química geral. **Nitrogênio**. 2 ed. V. 2, São Paulo.
- SANTA CATARINA (1998) **Legislação sobre recursos hídricos**. Secretaria do Estado de Santa Catarina. Florianópolis.
- SANTA CATARINA, (1997). Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias Hidrográficas de Santa Catarina. Diagnóstico Geral**. Florianópolis, 1997. 163 p.
- SÃO PAULO, (1993) **Determinação de riscos de contaminação de águas subterrâneas**. Instituto Geológico. Boletim nº 10. São Paulo, 91 p
- SEGRANFREDO, Milton A. **Equação de dejetos**. Suinocultura Industrial. Porto Feliz, SP. N.º 144. P. 14-18, Abr/Mai 2000
- SILVA, F.C.M. (1996) **Tratamento dos dejetos de suínos utilizando lagoa de alta taxa de degradação em batelada**. Florianópolis. UFSC, 1996. Dissertação de Mestrado.
- SILVA, F.C.M. **Tratamento dos dejetos de suínos utilizando lagoa de alta taxa de degradação em batelada**. UFSC, 1996. 98p. Mestrado.

- SILVA, M.L. (1994) **Degradação ambiental causada por cemitérios**. I congresso de engenharia civil. UFJF. MG
- SPALDING, R.F, EXNER, M.E. (1993) **Occurrence of nitrate in groundwater – a review**. J. Environmental. Qual. 22, 392-402.
- TERBLANCHE, A.P.S (1991) **Health hazards of nitrate in drinking water**. Water. V. 17(1), p 77-88. USA.
- VARNIER, Claudia. (1999) **Contaminação da água subterrânea por nitrato no parque ecológico do Tietê – São Paulo – Brasil**. Fortaleza – CE. I Congresso Brasileiro Integrado de Águas Subterrâneas. CD-ROM.
- WHO (1984) **Guidelines for drinking water quality**. Vol. 1. Geneva.
- WOLOKITA, M., BELKIN, S., (1996) **Biological denitrification of drinking water using newspaper**. *Wat. Res.* 30(04), 965-971

ANEXO (01)

Nº	Nome	Localização	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (Mg/l)	Temp (°C)	Ph	Vazão (mil/l/h)	Prof (m)	Obs
01	Posto Catarina	B São Cristovão	5,4530		21.9	6.5	25.000	101	Posto de gasolina
02	Ind. Com Latic Titor	B Jardim América	2,2102		22.8	9.20	12.000	132	Vale aberto
03	Super Merc. Brazão	Centro	0,1810	0,5466			10.000	105	Coleta pública
04	Hich Tech ind e com	B Jardim América	0,1853	0,1811	21.7	5.8	5.000	120	Poço com infiltração superficial
05	Auto posto Bonassi	B Efapi	1,6418		21.1	7.62	8.000	140	Relevo suavemente ondulado
06	Sede Campestre	B Efapi	0,3901	0,0369			1.000	100	Clube particular
07	Inacio Machado	B Efapi	1,0307		21.9	6.15	5.140	114	Posto de gasolina e abastece 4 famílias
08	Jardim do Lago (poço 1)	Jardim do Lago	0,7874	0,1058	21.2	6.9	5.000	120	Poço abastece várias famílias comunitário
09	Jardim do Lago (poço 2)	Jardim do lago	1,8756		22.8	6.95	15.000	120	Comunitário
10	Jardim do Lago (poço 4)	Jardim do lago	3,7368		20.9	5.5	10.100	100	Comunitário
11	Gardim do lago (poço 3)	Jardim do lago	0,8589		21.2	6.74	15.000	130	Comunitário
12	Djalma V Azevedo	Jardim do Lago	3,1650		25.2	6.15	9.000	66	Poço Localizado ao lado do arroio
13	Anna Cristina Knapp	Linha Simonetto			22.4	9.37	5.000	141	Abastece família e aquicultura
14	Zandavalli	Linha Zandavalli					6.000	150	Comunitário
15	Ibama	Linha Queiroz			19.8	7.7	18.000	150	Vale aberto
16	Dorival Giliotto	Linha Cab da divisa					6.500	89	Consumo humano e animal
17	Ari Tibola	Lª Faxinal dos Rosas			21.1	6.86	8.000	46	Locação vale aberto próx a arroio. Abastece 08 famílias e grandes aviários próximo à fonte
18	Ataide da Silva	Lª Faxinal dos Rosas	5,6546	0,0271			8.000	83	Abastece 03 famílias
19	Gentil Rosa Quilian	Lª Faxinal dos Rosas	0,4492		22.0	7.72	8.000	108	Vale aberto abastece 03 famílias
20	Aparicio Quilian	Lª Faxinal dos Rosas	0,0637		20.7	7.30	7.333	80	Vale aberto abastece 03 famílias
21	Antonio Monarini	Lª Faxinal dos Rosas	0,0275				24.000	113	Chiqueiros acima da fonte
22	Siro Sfredo	Lª Faxinal dos Rosas	0,0896		21.4	7.20	16.500	41	Locação vale aberto perto do córrego abastece 02 famílias
23	Nelson Martinelli	Lª Cabeceira da Divisa	0,4271		20.6	7.94	8.000	126	Vale aberto abastece 02 famílias
24	Goioen – Prefeitura	Goioen	0,0129				24.000	118	Comunitário Próximo ao Rio Uruguai divisa com o RS.
25	Posto Galli	Serrinha	0,3804		22.5	6.93	2.000	126	Posto de gasolina
26	Flavio José Pradella	Mal Bormann	0,0280				3.000	80	Consumo particular
27	Ervateira Ouro Verde	Mal Bormann	0,3458				3.000	135	Fabrica de erva mate

Nº	Nome	Localização	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	Temp (°C)	pH	Vazão (mil/l/h)	Prof. (m)	Obs
28	Colégio Agrícola	Rodeio do Herval	0,0273				13.650	148	Consumo pelos alunos
29	Casan	Mal Bormann	2,5995		20.0	7.05	15.000	130	Locação em baixado relevo ondulante. Poço comunitário. Água clorada antes da distribuição. Abastece 311 famílias.
30	Luis Clovis Shwartz	Mal Bormann	0,0526		20.0	5.64	2.500	118	Poço antigo. Uso principal aviários. Abastece 03 famílias
31	Maria Helena Guella	Lª São Francisco	2,4916		20.6	7.04	9.000	120	Locação vale aberto. Abastece aviários e chiqueiros além de 03 famílias.
32	Brasplast	Rodeio Chato	0,1447		20.0	6.75	4.000	82	Fabrica. Consumo particular
33	Erico citro Abast Aurora	Citro	0,1490				20.000	100	Abastece fábrica da Aurora
34	Aurora	Centro	4,0449				10.000	100	Abastece fábrica da Aurora
35	Nereu	São Cristovão	2,7865				6.800	71	Consumo particular
36	Org. Gobbi	Centro	0,0120				10.000	60	Poço comunitário
37	Arnaldo Luzia	Alvorada	0,4084				4.000	80	Abastece várias famílias
38	Nivaldo Tormem	Água Santa	0,1503		20.9	5.95	25.000	41	Aviários e chiqueiros próximos à fonte.
39	Erico Tormem	Linha Tormem	0,5727		20.1	7.66	14.600	65	Próxima à fábrica de resina plástica
40	Erico Tormem	Linha Tormem	0,3991		20.3	7.27	18.000	47	Chiqueiros 150 m acima da fonte
41	Posto abast Samuara	Trevo br 282	0,9002				7.200	117	Poço localizado 100 m acima da fonte
42	DNER e PRF	Lª Colonia Cella	1,4372		21.4	6.32	15.840	42	Vale aberto
43	Arlindo Milan	Lª Colonia Cella	3,3535		21.3	7.42	4.500	140	Abastece 04 famílias. Aviários 100 m acima da fonte
44	Assoc. Poço artes Dilson Cechim	Lª Colônia Cella	1,6876		21.0	7.53	25.000	118	Chiqueiros 100 m acima da fonte
45	Sergio Milan	Lª Colonia Cella	1,6874		20.7	7.79	4.800	120	Locação em bacia. Vários aviários em volta da fonte acima e abaixo.
46	Ivanir Cúnico	Lª Colônia Bacia	1,4847	0.3180	19.5	8.11	10.000	150	Locação em bacia. Abastece 11 famílias. Aviários acima da fonte 500 m.
47	Avelino Decesaro	Lª Colônia bacia	0,3366	0.7899	20.8	9.50	3.000	151	Abastece 02 famílias. Aviários acima da fonte 200 m

Nº	Nome	Localização	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	Temp (°C)	pH	Vazão (mil/l/h)	Prof. (m)	Obs
48	Dorvalino Mafessoni	Sede Figueira	0,0131		19.0	10.32	6.000	270	Vale fechado. Abastecimento público. Água salobra.
49	Marvel	Acesso BR 282	0,0176	0,2393			6.000	120	Fabrica. Consumo particular
50	Concrexap	Acesso BR 282	0,5971				12.000	120	Fabrica. Consumo particular
51	Darci Klainubing	Acesso Br 282	0,2725	0,3680	22.1	10.0	12.000	116	Abastece público e animal. Relevo fundo do vale. Próximo ao rio são José.
52	Mad Leonir	Cristo Rei Ctro	0,0244				6.000	120	Consumo particular
53	Codel	Cristo Rei – Ctro	0,0598				8.000	108	Consumo particular
54	Supermercado Alfa	Centro	0,0946				8.000	45	Abastecimento público
55	Walmor Zanella	Centro	6,6011				4.000	70	Condomínio
56	Remir Parizollo	Centro	4,1372		21.4	7.24	1.650	135	Posto de gasolina
57	Dispagro	Centro	5,4849				3.000	130	Consumo particular
58	Leão Poços	Centro	4,4045				12.000	189	Abastecimento público
59	Posto do Rigoni	Centro	5,4587				6.000	132	Posto de gasolina
60	Leão Poços - oficina	Centro	2,7600				2.500	180	Consumo particular
61	Auto posto Triângulo	Centro	2,8546				15.000	48	Posto de gasolina
Nº	Nome	Localização	N-NO ₃		Temp (°C)	pH	Vazão (mil/l/h)	Prof (m)	Obs
62	Brazão Centro	Centro	1,8817				2.500	150	Abastecimento comunitário
63	Alcides Galli – posto dos Galli	Baixo Palmital	0,0214		22.2	10.22	5.000	156	Posto de Gasolina
64	Frig Ovides friso	Rodeio Chato	0,2501		21.2	7.35	5.500	91	Matadouro de bois
65	Luis Ruaro	Passo Ferreira	0,4962		20.5	7.3	30.000	156	Água utilizada pela Chapecó avícola. Abastece 20 famílias.
66	Grêmio Esportivo Industrial	Rodeio Chato	0,6515		19.9	6.40	8.000	94	Abastece 03 famílias
67	Country Club	Rodeio Chato	0,6508				5.000	90	Clube particular
68	Maçonaria	Rodeio Chato	0,0485	0,0848			3.000	150	Família residente. Consumo particular
69	Pq de Chapecó	Palmital dos fundos	0,1481		22.8	7.05	20.000	140	Aviários da Chapecó Avícola acima de fonte

Nº	Nome	Localização	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	Temp (°C)	pH	Vazão (mil/l/h)	Prof. (m)	Obs
70	Estofaria Chapecoense	Mial Borman	0,0932	0,1878			10.000	144	Consumo público
71	Perfividro – Só pedra	Palmital	1,3212	1,1439			6.000	150	Fabrica. Consumo particular
72	Nazari	Palmital	0,0831				6.000	150	Residencia. Consumo compartilhado
73	Cervejaria Kilsen	Palmital	0,8648		22.7	6.40	15.200	105	Segundo informante Edgar – Químico água de boa qualidade com exames feitos regularmente.
74	Posto Iguaçú	Centro	4,5345				1.700	130	Posto de gasolina
75	Remi Parizzolo	São Cristovão	0,7567		21.1	7.35	3.600	310	Posto de gasolina
76	Hospital Regional e Hemoec	B Esplanada	0,7406		22.4	6.10	31.680	126	A água não está sendo utilizada no momento. Possível contaminação.
77	SBT TV o Estado	B Pres Médice	0,8621		21.0	6.80	8.333	148	Consumo compartilhado
78	Pref. munic de Chapecó	Bairro São Pedro	1,7652		21.9	6.50	10.000	83	Consumo público
79	João Carlos Vicenzi	Colônia Cella	1,9698				2.300	85	Consumo humano e animal
80	Adão Battistello	Linha Battistello	0,0140				7.500	130	Poço não é utilizado. Aviários acima da fonte
81	Comunidade	Lª Sperotto	2,7183		21.0	7.18	8.200	125	Aviários muito próximos à fonte. Abastece 13 famílias.
82	Comunidade	Lª Alto da Serra	0,1275		21.1	7.74	12.000	125	Abast. 13 famílias. Loc. em vale aberto próx ao córrego.
83	Maximino Giriton	Lª Alto da Serra	0,1266		21.3	9.15	12.000	113	03 chiqueiros com 300 cada acima da fonte 300 m
84	Clube Caça e Pesca Caramuru	Bairro Efapi	0,9729				14.666	106	
85	Frigosul	Bairro Efapi	0,0731	0,3155			14.000	89	Consumo particular
86	Canguru Oeste	Centro	0,0079	0,3317			4.000	180	Poço situado no ponto mais alto da cidade. Fábrica de embalagens.
87	Indestel	B El Dourado	0,0000	0,2762			3.000	150	Fabrica. Consumido pelos funcionários
88	Posmovil	Acesso BR 282	0,0167	0,2534			1.000	180	Fabrica. Consumida pelos funcionários
89	Tronic	B El Dourado	0,0499				20.000	90	Fabrica. Consumida pelos funcionários
90	Coca Cola S/A	Bairro Belvedere	1,5318	0,1960	20.5	7.22	47.000	116	Vale aberto

Nº	Nome	Localização	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	Temp (°C)	pH	Vazão (mil/l/h)	Prof. (m)	Obs
91	Danilo Piram	L ^a Rodeio Bonito	0,3002				5.000	100	Aviários 300 m acima da fonte
92	Valdir Dalla Costa	L ^a Rodeio Bonito	0,4959				4.000	110	Aviários 200 m acima da fonte
93	Aldir Meneguim	L ^a Caravagio	0,6077		22.9	8.03	5.500	144	Aviários 200 m acima da fonte
94	Jorge Tauffer	L ^a Caravagio	0,0625	0,2034	21.4	8.75	20.000	115	Aviários 200 m acima da fonte
95	2º BPM	Bairro Líder	4,6747		21.5	9.28	12.000	90	Abastece 15 famílias
96	Unesul	Bairro Passo dos fortes	0,3932				9.000	150	Posto de lavagem de ônibus e consumo publico
97	Rudiger Renault	Centro	0,0196				15.000	120	Consumo particular
98	Valdir Vicente Vanim	Água amarela	0,2449	02454	19.5	8.78	1.000	192	Relevo ondulado.
99	Auto Posto Mega	Maria Goretti	4,4312				4.000	110	Posto de Gasolina
100	Auto Posto Maris	B Presidente Médice	0,8503				5.000	110	Posto de Gasolina

Obs. Valores de pH, vazão, profundidade e temperatura foram obtidos através de laudos efetuados pelo CPRM (Serviço Geológico do Brasil) Projeto Oeste de Santa Catarina – Cadastro de Pontos de água e Leão Poços Artesianos.

ANEXO (2)

```

=====
File   : c:\peaknet\method\DATXW002.DXD Report Date: 29/02/2000 09:48:14
le Name: autocal2r                      Collected  : 29/02/2000 09:40:10
ct #   : 2                               Vial #     :
od File: c:\peaknet\method\remas.met    Last Update: 29/02/2000 09:39:32
em Name: dionex                          Detector   : DX-120
Level  : 2                               Analyst    :
=====
    
```

***** COMPONENTS FOUND IN THIS RUN *****

COMPONENT NAME	OLD RET.TIME	MEASURED RET.TIME	NEW RET.TIME	OLD RESPONSE	MEASURED RESPONSE	NEW RESPONSE
loreto	1.23	1.23	1.23	4.486e+005	4.599e+005	4.599e+005
itrito	1.43	1.43	1.43	3.044e+005	3.037e+005	3.037e+005
itrato	2.28	2.27	2.27	2.181e+005	2.225e+005	2.225e+005
osfato	3.67	3.65	3.65	7.134e+004	7.087e+004	7.087e+004
ulfato	4.62	4.62	4.62	2.731e+005	2.804e+005	2.804e+005

```

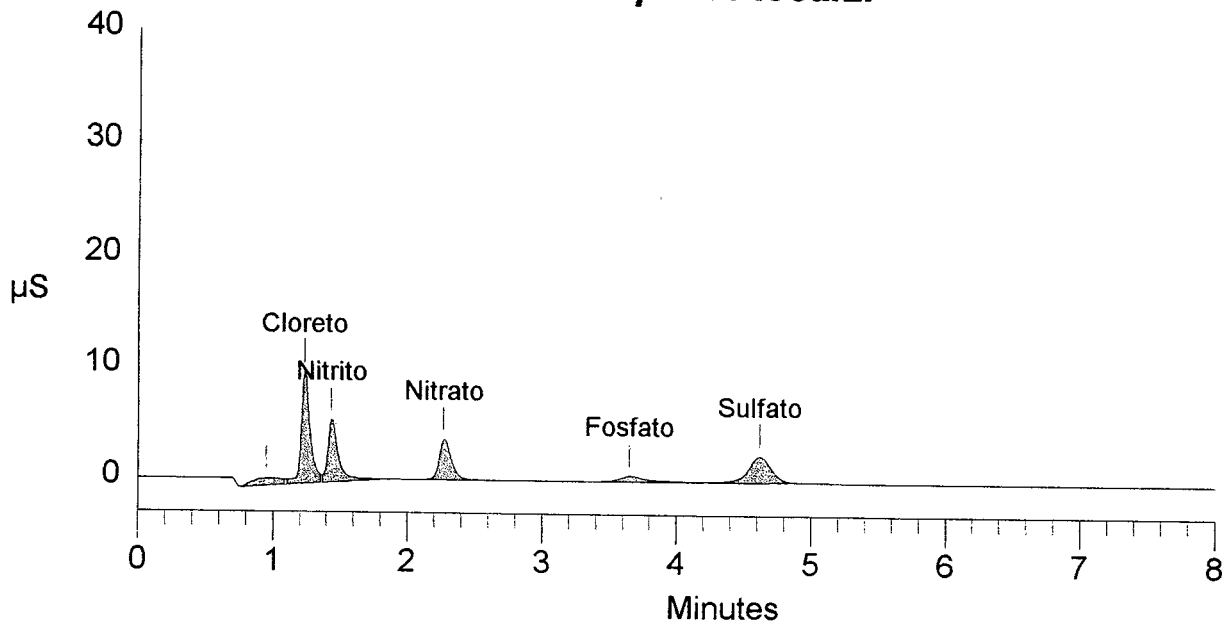
=====
File   : c:\peaknet\method\DATXW002.DXD Report Date: 29/02/2000 09:48:14
le Name: autocal2r                      Collected  : 29/02/2000 09:40:10
ct #   : 2                               Vial #     :
od File: c:\peaknet\method\remas.met    Calibrated  : 29/02/2000 09:48:14
em Name: dionex                          Detector   : DX-120
mn Type:                               Operator   : Fernanda
Points: 2400                             Rate      : 5.00 Hz
le Name:                               ID:50 06 43 Moduleware : 1.00
=====
    
```

ration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk. Width	Threshold
nal	1	1	0.00	8.00	1000	10.00	0.50	

***** Component Report: Components Found *****

Ret Time	Component Name	Concentration mg/l	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1.23	Cloreto	5.000	99545	459919	2	0.00
1.43	Nitrito	5.000	55295	303718	2	16.22
2.27	Nitrato	5.000	35624	222508	1	0.00
3.65	Fosfato	5.000	5121	70869	2	0.00
4.62	Sulfato	5.000	23370	280394	2	0.00
Totals		25.000	218955	1337407		

oup Name	Amount	Area	Area%
	0.0000	0	0.00%



```

=====
a File   : c:\peaknet\method\DATXW003.DXD Report Date: 29/02/2000 09:56:42
ple Name: autocal3r           Collected  : 29/02/2000 09:48:39
ect #    : 3                   Vial #     :
hod File : c:\peaknet\method\remas.met   Last Update: 29/02/2000 09:48:14
tem Name : dionex              Detector   : DX-120
. Level  : 3                   Analyst    :
=====
    
```

***** COMPONENTS FOUND IN THIS RUN *****

COMPONENT NAME	OLD RET.TIME	MEASURED RET.TIME	NEW RET.TIME	OLD RESPONSE	MEASURED RESPONSE	NEW RESPONSE
Cloreto	1.23	1.23	1.23	8.993e+005	9.301e+005	9.301e+005
Nitrito	1.43	1.43	1.43	5.894e+005	6.031e+005	6.031e+005
Nitrato	2.27	2.25	2.25	4.595e+005	4.720e+005	4.720e+005
Fosfato	3.65	3.63	3.63	1.564e+005	1.625e+005	1.625e+005
Sulfato	4.62	4.60	4.60	5.667e+005	5.856e+005	5.856e+005

```

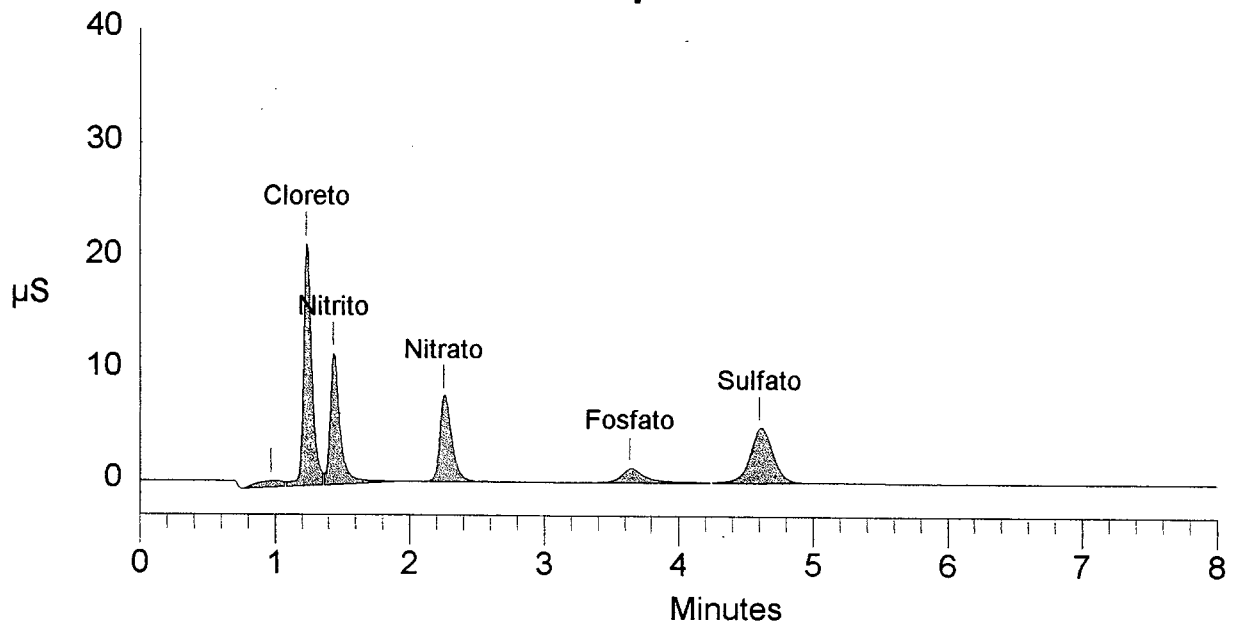
=====
a File   : c:\peaknet\method\DATXW003.DXD Report Date: 29/02/2000 09:56:42
ple Name: autocal3r           Collected  : 29/02/2000 09:48:39
ect #    : 3                   Vial #     :
hod File : c:\peaknet\method\remas.met   Calibrated : 29/02/2000 09:56:42
tem Name : dionex              Detector   : DX-120
umn Type :                      Operator    : Fernanda
a Points : 2400                 Rate       : 5.00 Hz
ule Name :                      ID:50 06 43 Moduleware : 1.00
=====
    
```

Integration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk. Width	Threshold
Manual	1	1	0.00	8.00	1000	10.00	0.50	

***** Component Report: Components Found *****

Ret Time	Component Name	Concentration mg/l	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1.23	Cloreto	10.000	215091	930104	2	0.00
1.43	Nitrito	10.000	116620	603080	2	16.22
2.25	Nitrato	10.000	75100	471984	1	0.00
3.63	Fosfato	10.000	12335	162503	2	0.00
4.60	Sulfato	10.000	48474	585594	2	0.00
Totals		50.000	467620	2753264		

Group Name	Amount	Area	Area%
	0.0000	0	0.00%



```

=====
File   : c:\peaknet\method\DATXW004.DXD Report Date: 29/02/2000 10:05:08
le Name: autocal4r                      Collected  : 29/02/2000 09:57:05
ct #   : 4                              Vial #     :
od File: c:\peaknet\method\remas.met    Last Update: 29/02/2000 09:56:42
em Name: dionex                          Detector   : DX-120
Level  : 4                              Analyst    :
=====
  
```

***** COMPONENTS FOUND IN THIS RUN *****

COMPONENT NAME	OLD RET.TIME	MEASURED RET.TIME	NEW RET.TIME	OLD RESPONSE	MEASURED RESPONSE	NEW RESPONSE
loreto	1.23	1.25	1.25	1.835e+006	2.506e+006	2.506e+006
itrito	1.43	1.43	1.43	1.211e+006	1.549e+006	1.549e+006
itrato	2.25	2.25	2.25	1.000e+006	1.361e+006	1.361e+006
osfato	3.63	3.63	3.63	1.144e+006	4.605e+005	4.605e+005
ulfato	4.60	4.60	4.60	1.508e+006	1.567e+006	1.567e+006

```

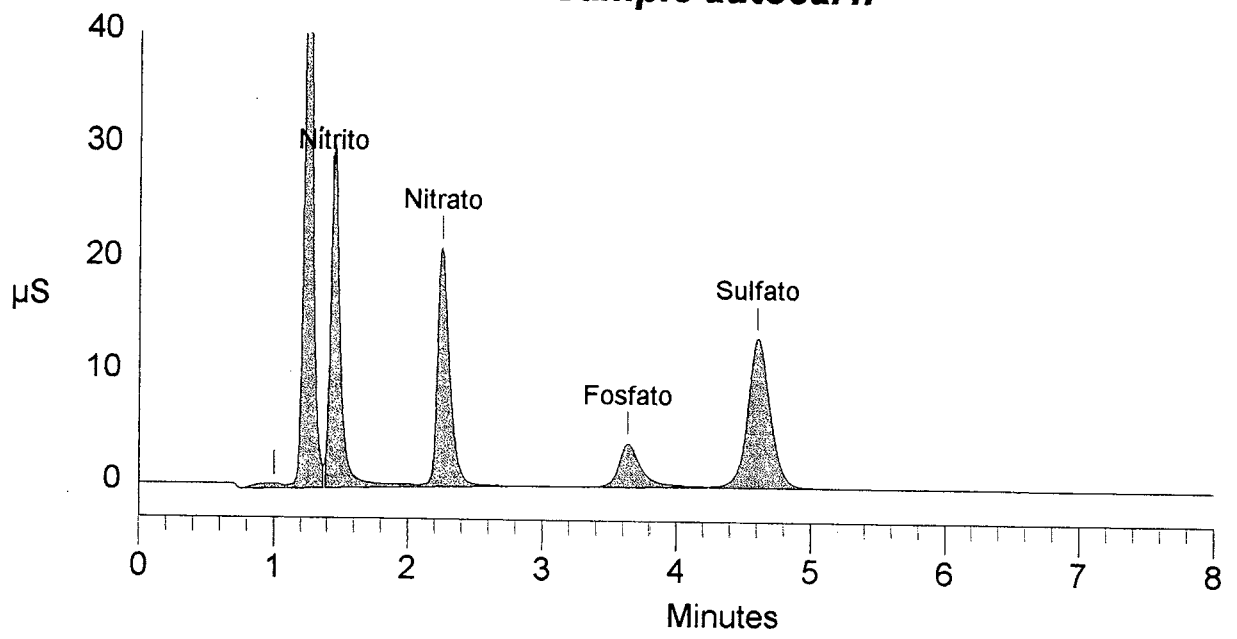
=====
File   : c:\peaknet\method\DATXW004.DXD Report Date: 29/02/2000 10:05:08
le Name: autocal4r                      Collected  : 29/02/2000 09:57:05
ct #   : 4                              Vial #     :
od File: c:\peaknet\method\remas.met    Calibrated  : 29/02/2000 10:05:08
em Name: dionex                          Detector   : DX-120
mn Type:                               Operator   : Fernanda
Points: 2400                             Rate      : 5.00 Hz
le Name:                               ID:50 06 43 Moduleware : 1.00
=====
  
```

ration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk. Width	Threshold
nal	1	1	0.00	8.00	1000	10.00	0.50	

***** Component Report: Components Found *****

Ret Time	Component Name	Concentration mg/l	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1.25	Cloreto	25.000	582510	2505594	2	0.00
1.43	Nitrito	25.000	265731	1548520	2	14.67
2.25	Nitrato	25.000	213113	1361458	2	0.00
3.63	Fosfato	25.000	38491	460541	2	0.00
4.60	Sulfato	25.000	134440	1567272	2	0.00
Totals		125.000	1234285	7443385		

oup Name	Amount	Area	Area%
	0.0000	0	0.00%



```

=====
a File : c:\peaknet\method\DATXW005.DXD Report Date: 29/02/2000 10:13:35
Sample Name: autocal5r Collected : 29/02/2000 10:05:31
Sect # : 5 Vial # :
Method File: c:\peaknet\method\remas.met Last Update: 29/02/2000 10:05:08
Sample Name: dionex Detector : DX-120
Injection Level : 5 Analyst :
=====
    
```

COMPONENTS FOUND IN THIS RUN

COMPONENT NAME	OLD RET.TIME	MEASURED RET.TIME	NEW RET.TIME	OLD RESPONSE	MEASURED RESPONSE	NEW RESPONSE
Cloreto	1.25	1.27	1.27	5.028e+006	5.324e+006	5.324e+006
Nitrito	1.43	1.47	1.47	2.895e+006	3.032e+006	3.032e+006
Nitrato	2.25	2.23	2.23	2.759e+006	2.948e+006	2.948e+006
Fosfato	3.63	3.62	3.62	3.182e+006	1.034e+006	1.034e+006
Sulfato	4.60	4.57	4.57	3.266e+006	3.448e+006	3.448e+006

```

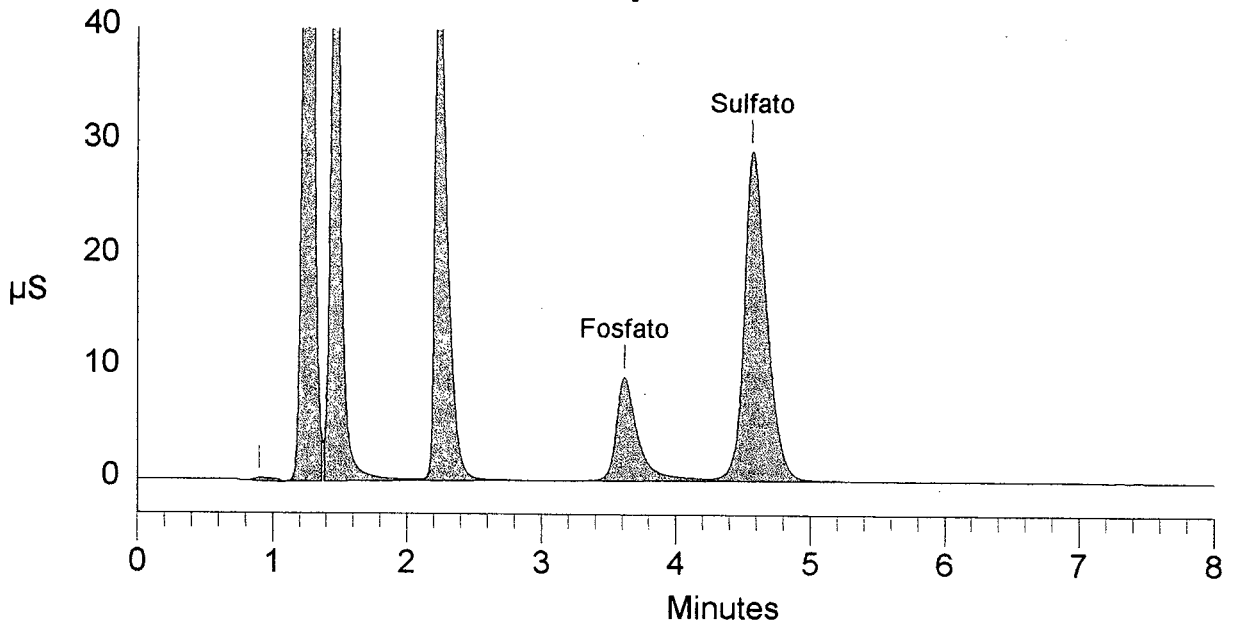
=====
a File : c:\peaknet\method\DATXW005.DXD Report Date: 29/02/2000 10:13:35
Sample Name: autocal5r Collected : 29/02/2000 10:05:31
Sect # : 5 Vial # :
Method File: c:\peaknet\method\remas.met Calibrated : 29/02/2000 10:13:35
Sample Name: dionex Detector : DX-120
Injection Type: Operator : Fernanda
Sample Points: 2400 Rate : 5.00 Hz
Sample Name: ID:50 06 43 Moduleware : 1.00
=====
    
```

Integration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk. Width	Threshold
Integral	1	1	0.00	8.00	1000	10.00	0.50	

Component Report: Components Found

Ret Time	Component Name	Concentration mg/l	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1.27	Cloreto	50.000	1106017	5324115	2	0.00
1.47	Nitrito	50.000	598755	3032486	2	15.79
2.23	Nitrato	50.000	456253	2948175	2	0.00
3.62	Fosfato	50.000	91829	1034379	2	0.00
4.57	Sulfato	50.000	292904	3448422	2	0.00
Totals		250.000	2545759	15787577		

Group Name	Amount	Area	Area%
	0.0000	0	0.00%



```

=====
File      : c:\peaknet\method\DATXW001.DXD Report Date: 29/02/2000 09:39:32
Sample Name: autocallr           Collected   : 29/02/2000 09:31:24
Sect #    : 1                   Vial #      :
Method File: c:\peaknet\method\remas.met Last Update: 28/02/2000 14:52:04
Sample Name: dionex              Detector    : DX-120
Level : 1                        Analyst      :
=====
    
```

***** COMPONENTS FOUND IN THIS RUN *****

COMPONENT NAME	OLD RET.TIME	MEASURED RET.TIME	NEW RET.TIME	OLD RESPONSE	MEASURED RESPONSE	NEW RESPONSE
Cloreto	1.23	1.23	1.23	1.252e+005	1.359e+005	1.359e+005
Nitrito	1.43	1.43	1.43	7.115e+004	8.744e+004	8.744e+004
Nitrato	2.23	2.28	2.28	4.120e+004	4.051e+004	4.051e+004
Fosfato	3.67	3.67	3.67	1.024e+004	7.392e+003	7.392e+003
Sulfato	4.63	4.62	4.62	5.155e+004	5.188e+004	5.188e+004

```

=====
File      : c:\peaknet\method\DATXW001.DXD Report Date: 29/02/2000 09:39:32
Sample Name: autocallr           Collected   : 29/02/2000 09:31:24
Sect #    : 1                   Vial #      :
Method File: c:\peaknet\method\remas.met Calibrated  : 29/02/2000 09:39:32
Sample Name: dionex              Detector    : DX-120
Sample Type:                      Operator    : Fernanda
Sample Points: 2400               Rate       : 5.00 Hz
Sample Name:                      ID:50 06 43 Moduleware : 1.00
=====
    
```

Integration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area Reject	Pk. Width	Threshold
Manual	1	1	0.00	8.00	1000	10.00	0.50

***** Component Report: Components Found *****

Ret Time	Component Name	Concentration mg/l	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1.23	Cloreto	1.000	20810	135929	2	0.00
1.43	Nitrito	1.000	12040	87442	2	16.22
2.28	Nitrato	1.000	6600	40507	1	0.00
3.67	Fosfato	1.000	557	7392	1	0.00
4.62	Sulfato	1.000	4295	51880	1	0.00
Totals		5.000	44302	323150		

Group Name	Amount	Area	Area%
	0.0000	0	0.00%

