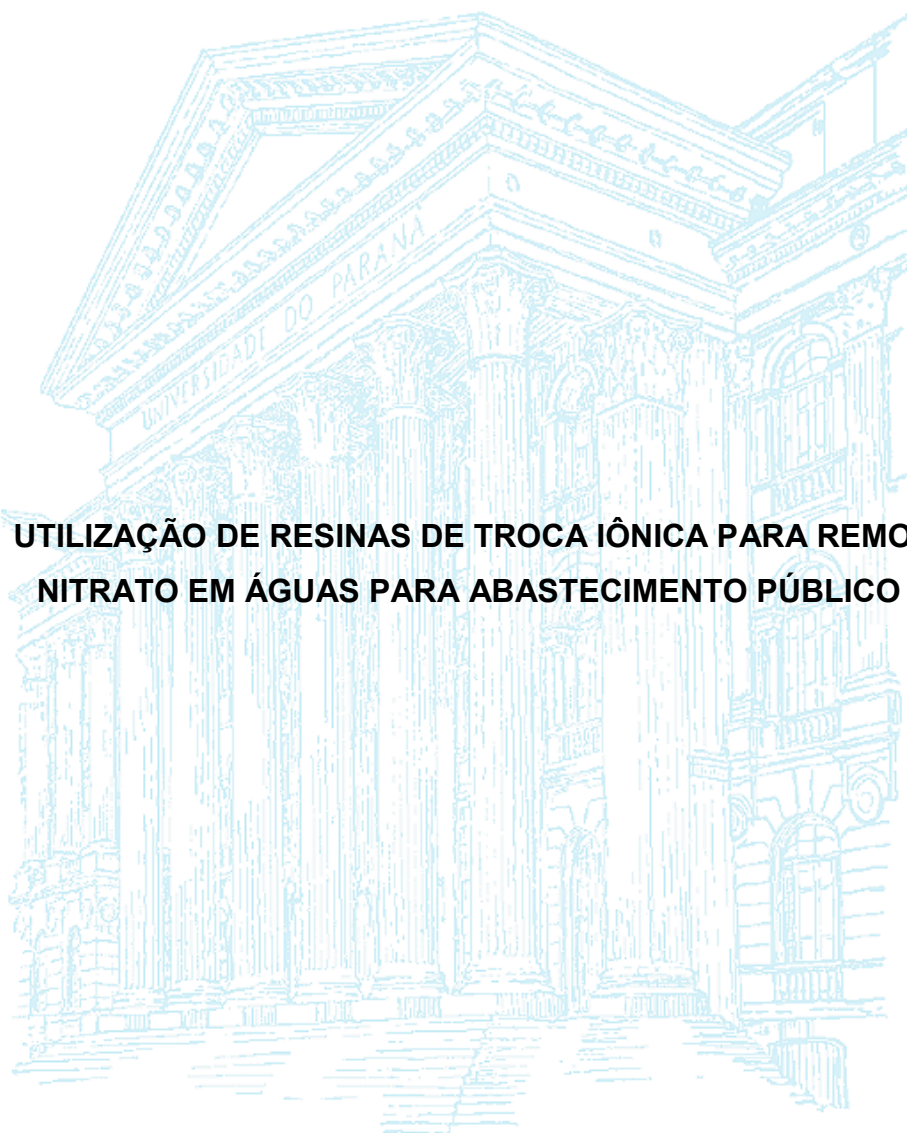


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MANUELLE KARVAT



**UTILIZAÇÃO DE RESINAS DE TROCA IÔNICA PARA REMOÇÃO DE  
NITRATO EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO**

CURITIBA

2017

MANUELLE KARVAT

**UTILIZAÇÃO DE RESINAS DE TROCA IÔNICA PARA REMOÇÃO DE  
NITRATO EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial, no Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Professor Dr. Uwe Menzel  
Corientador: Professora Dra. Karen Juliana Amaral

CURITIBA

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS/UFPR  
BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

---

K18u

Karvat, Manuelle

Utilização de resinas de troca iônica para remoção de nitrato em águas para abastecimento público / Manuelle Karvat. – Curitiba, 2017.

155 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, 2017.

Orientador: Uwe Menzel.

Coorientadora: Karen Juliana Amaral.

1. Resinas de troca iônica. 2. Nitrato. 3. Remoção de nitrato. 4. Natal-RN (Brasil).  
I. Universidade Federal do Paraná. II. Menzel, Uwe. III. Amaral, Karen Juliana. Título.

CDD: 660.2

---



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEIO AMBIENTE  
URBANO E INDUSTRIAL

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **MANUELLE KARVAT** intitulada: **UTILIZAÇÃO DE RESINAS DE TROCA IÔNICA PARA REMOÇÃO DE NITRATO EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 15 de Dezembro de 2017.

KAREN JULIANA DO AMARAL

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

MARGARETE CASAGRANDE LASS ERBE

Avaliador Interno (UFPR)

KARINE ISABEL SCROCCARO

Avaliador Externo (SOCIESC)



“No meio de toda a dificuldade encontra-se a oportunidade.”

(Albert Einstein)

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a ciência por me fazer curiosa de forma a buscar os porquês das perguntas que sempre tive.

Agradeço também ao Ser Maior, por me dar luz aonde só existiam trevas.

Agradeço também a minha mãe Elena que sempre me apoiou em todos os momentos me dando força e me incentivando nos momentos mais difíceis.

Agradeço à todos os professores deste Programa de Mestrado, pela instrução e dedicação em repassar seus conhecimentos.

A Union Equipamentos pelo patrocínio deste projeto.

A meu grande amigo Geison Tibéra, por toda a atenção, carinho e paciência que teve comigo ao longo desta jornada.

Um agradecimento especial aos Mestres Paulo Vítor Lucca e Ana Paula Sessegolo Pimpão pelo incentivo, pelo suporte, pela amizade e por nunca me deixarem desistir dos meus objetivos, por mais difícil que a caminhada seja.

## RESUMO

Água é um insumo essencial à vida. Entretanto, por falta de saneamento básico, este recurso está ameaçado graças à contaminação que o ser humano vem provocando. Uma das formas de poluição ocorre com o lançamento de despejos irregulares de esgoto, que são dispensados irregularmente no solo, percolando até aquífero. A amônia presente nesses despejos, por meio do ciclo do nitrogênio, se converte em nitrito e depois em nitrato, chegando até o aquífero, contaminando a água. Este é o caso das águas subterrâneas da cidade de Natal, localizada no estado do Rio Grande do Norte, onde foram verificados níveis de nitrato acima do permitido pela Portaria do Ministério da Saúde, nº 2914, de 12 de dezembro de 2011 (10 mg/L NO<sub>3</sub>). A remoção deste componente pode ser realizada com a tecnologia de troca iônica, que se baseia no intercâmbio iônico utilizando princípio de afinidade química com a utilização de esferas de copolímeros de estireno e divinilbenzeno. Em um período de junho de 2016 a março de 2017, para a potabilização de um poço contaminado no bairro da Candelária, em Natal, um filtro automático utilizando essa tecnologia foi instalado, operando com uma vazão de 12 m<sup>3</sup>/h, em leito fixo, utilizando filtro de areia como pré-tratamento. Nos meses de junho a novembro obteve-se eficiência média de 86 % e durante campanha extra realizada em novembro, obteve-se eficiência média de 91 %. Já durante a campanha extra realizada em março, observou-se a preferência do íon sulfato pela resina, bem como um aumento no teor de cloreto na água bruta, que influenciaram diretamente na remoção do íon nitrato, alterando a *performance* da planta piloto. Realizando um *Payback* da planta piloto, verificou-se um valor médio de 6,4 meses. Fazendo um estudo do custo da água desnitrificada pela planta piloto, observou-se um valor de R\$ 0,70 por m<sup>3</sup>, valor 13 vezes mais barato do que o cobrado pela companhia de saneamento local.

Palavras-chave: Resinas de Troca Iônica. Nitrato. Remoção de Nitrato. Natal-RN.

## ABSTRACT

Water is an essential input to life. However, due to lack of basic sanitation, this resource is threatened thanks to the contamination that the humans been doing. One of the forms of pollution occurs with the launch of irregular sewage dumps, which are dispensed irregularly in the soil, percolating up to groundwater. The ammonia present in these dumps, through the nitrogen cycle, becomes nitrite and then into nitrate, reaching the groundwater, contaminating the water. This is the case observed in the groundwater of the city of Natal, located in the state of Rio Grande do Norte, where nitrate levels were higher than allowed by Ministry of Health Ordinance No. 2914 of December 12, 2011 (10 mg/L  $\text{NO}_3$ ). Removal of this component can be accomplished with ion exchange technology, which is based on the ion exchange of ions using chemical affinity principle with the use of styrene and divinylbenzene copolymer beads. From June 2016 to March 2017, an automatic filter using this technology was installed at a flow rate of 12 m<sup>3</sup>/h in a fixed bed, using a fixed bed, for the purification of a contaminated well in the Candelária district of Natal. sand filter as pre-treatment. In the months of June to November, an average efficiency of 86 % was obtained and during an extra campaign in November, an average efficiency of 91 % was obtained. Already during the extra campaign in March, the preference of the sulfate ion was observed for the resin, as well as an increase in the chloride content in the raw water, which directly influenced the nitrate ion removal, altering the performance of the pilot plant. Performing a Payback of the pilot plant, an average value of 6.4 months was verified. A study of the cost of denitrified water by the pilot plant showed a value of R \$ 0.70 per m<sup>3</sup>, which is 13 times cheaper than that charged by the local sanitation company.

Key-words: Ion Exchange. Nitrate. Nitrate Removal. Natal-RN.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo do Nitrogênio .....	22
Figura 2 – Zona Saturada e Não Saturada .....	24
Figura 3 – Sintomas de Asfixia .....	34
Figura 4 – Aspecto da Resina de Troca Iônica.....	37
Figura 5 – Tamanho da Resina de Troca Iônica .....	37
Figura 6 – Estrutura de Resinas.....	38
Figura 7 – Estrutura da Resina de Troca Iônica .....	39
Figura 8 – Resina Catiônica Fortemente Ácida .....	40
Figura 9 – Resina Catiônica Fracamente Ácida .....	40
Figura 10 – Resinas Aniônicas fortemente básicas.....	41
Figura 11 – Resina fracamente básica.....	41
Figura 12 – Capacidades típicas de trocadores fortes (–) tipo 1 (–) tipo 2.....	42
Figura 13 – Capacidades típicas de trocadores médios (–) tipo 1 (–) tipo 2 .....	42
Figura 14 – Processos de Troca Iônica (1 e 2), Regeneração (3), e Ativada (4) .....	43
Figura 15 – Esquema de Mecanismo de Troca.....	44
Figura 16 – Reação de Sulfonação da Resina Catiônica .....	49
Figura 17 – Montagem do da Planta Piloto .....	54
Figura 18 – Localização do poço: Brasil.....	55
Figura 19 – Localização do poço: Cidade de Natal .....	56
Figura 20 – Localização do poço: Bairro da Candelária .....	57
Figura 21 – Bombas de Pressurização .....	59
Figura 22 – Placa de Identificação da Bomba de Pressurização .....	59
Figura 23 – Layout da Planta Piloto Escala.....	60
Figura 24 – Válvula Automática.....	61
Figura 25 – Crepina Inferior tipo Estrela.....	62
Figura 26 – Crepina Superior tipo Cone.....	62
Figura 27 – Internos dos Vasos.....	62
Figura 28 – Hidráulica da Planta Piloto .....	63
Figura 29 – <i>By Pass</i> da Planta Piloto .....	63
Figura 30 – Reservatório de Armazenamento de Água Isenta de Nitrato .....	63
Figura 31 – Organização dos Materiais Filtrantes dentro do FMU .....	65

Figura 32 – Display da Válvula Automática .....	66
Figura 33 – Ciclo de Trabalho da Válvula Automática.....	66
Figura 34 – Operação dos Filtros .....	67
Figura 35 – Operação de Retrolavagem dos Filtros .....	68
Figura 36 – Funcionamento do Sistema Venturi .....	69
Figura 37 – Tanque de Salmoura.....	70
Figura 38 – Agitador do Tanque de Salmoura.....	71
Figura 39 – Coloração da Água Antes do da Planta Piloto .....	77
Figura 40 – Coloração da Água Depois da Planta Piloto .....	77
Figura 41 – Variação de Cor Junho a Novembro de 2016 .....	78
Figura 42 – Variação de Nitrato e Eficiência no FN de Junho a Novembro de 2016.....	80
Figura 43 – Variação de pH de Junho a Novembro de 2016 .....	83
Figura 44 – Variação do Sulfato de Junho a Novembro de 2016 .....	85
Figura 45 – Variação de Cloreto de Junho a Novembro de 2016.....	86
Figura 46 – Chuva Acumulada Mensal da Cidade de Natal em 2014 .....	88
Figura 47 – Chuva Acumulada Mensal da Cidade de Natal em 2016 .....	88
Figura 48 – Variação de Nitrato Durante Campanha de Novembro de 2016 .....	90
Figura 49 – Oscilação de Nitrato e Sulfato na Campanha de Março de 2017 .....	93
Figura 50 – Variação de Nitrato, Sulfato e Cloreto na Campanha de Março/2017 ....	95
Figura 51 – Variação de Amônia, Nitrito, Nitrato e Cloreto (Jun/2016 a Mar/2017)...	96
Figura 52 – Chuva Acumulada Mensal da Cidade de Natal em 2017 .....	97

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da Campanha de Cor de Junho a Novembro de 2016 .....	78
Tabela 2 – Resultados da Campanha de Nitrato de Junho a Novembro de 2016.....	79
Tabela 3 – Eficiência da Remoção de Nitrato de Junho a Novembro de 2016 .....	82
Tabela 4 – Resultados da Campanha de pH de Junho a Novembro de 2016 .....	83
Tabela 5 – Resultados da Campanha de Sulfato de Junho a Novembro de 2016 ....	84
Tabela 6 – Resultados da Campanha de Cloreto de Junho a Novembro de 2016....	86
Tabela 7 – Análises de Nitrato na Água Bruta e na Saída da Planta Piloto .....	87
Tabela 8 – Campanha de Avaliação do Nitrato: Novembro 2016.....	89
Tabela 9 – Campanha de Avaliação: Março 2017.....	92

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vulnerabilidade do Aquífero na Absorção de Nitrato.....	26
Quadro 2 – Características de Sistemas para Remoção de Nitrato .....	35
Quadro 3 – Resinas de Troca Iônica e Suas Características .....	46
Quadro 4 – Parâmetros Realizados na Análise Inicial .....	58
Quadro 5 – Amostragem da Saída do FN .....	72
Quadro 6 – Amostragem para Verificação do FN.....	73
Quadro 7 – Análise Inicial da Qualidade do Poço de Estudo .....	75
Quadro 8 – Consumo Mensal da Planta Piloto.....	98
Quadro 9 – Tarifas Aplicadas com Energia e Sal.....	99
Quadro 10 – Payback da Planta Piloto – Ciclo de 24 horas .....	99
Quadro 11 – Payback da Planta Piloto – Ciclo de 18 horas .....	100



## LISTA DE SIGLAS

CAERN	Companhia de Águas e Esgoto do Estado do Rio Grande do Norte
CO	Capacidade de Operação
CT	Capacidade de Troca Total
DVB	Divenilbenzeno
FM	Filtro Multicamadas de Areia
FN	Filtro para Remoção de Nitratos
PRFV	Polietileno Revestido com fibra de vidro
PVC	Policloreto de Vinila
RN	Rio Grande do Norte

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
OBJETIVO GERAL .....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>22</b>
2.1. O NITROGÊNIO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	22
2.2. O ABASTECIMENTO DA CIDADE DE NATAL.....	27
2.3. A PROBLEMÁTICA DO NITRATO .....	33
2.4. A TECNOLOGIA DE TROCA IÔNICA .....	36
2.5. CAPACIDADE DE TROCA .....	44
2.6. SELETIVIDADE DA RESINA.....	49
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>53</b>
3.1. FINALIDADE DA PLANTA PILOTO.....	53
3.2. LOCALIZAÇÃO DO POÇO DE ESTUDO .....	55
3.3. ANÁLISE INICIAL DA QUALIDADE DE ÁGUA DO POÇO DE ESTUDO.....	57
3.4. MONTAGEM DA PLANTA PILOTO.....	59
3.5. INSTALAÇÃO .....	64
3.6. OPERAÇÃO.....	65
3.7. LAVAGEM DOS FILTROS.....	70
3.8. REGENERAÇÃO.....	70
3.9. AMOSTRAGEM.....	71
3.10. VERIFICAÇÃO DA REMOÇÃO DO FN .....	72
3.11. RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO .....	74
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>75</b>
4.1. ANÁLISE INICIAL DA ÁGUA.....	75

4.2. PERÍODO DE JUNHO A NOVEMBRO 2016 .....	76
4.2.1. Cor .....	76
4.2.2. NITRATO .....	79
4.2.3. pH.....	82
4.2.4. Sulfato .....	84
4.2.5. Cloreto.....	85
4.3. PERÍODO DE NOVEMBRO A DEZEMBRO 2016 .....	87
4.3.1. Nitrato.....	87
4.4. PERÍODO DE MARÇO DE 2017 .....	91
4.4.1. Campanha de avaliação de nitrato, sulfato, amônia e cloreto.....	91
4.5. RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO DA PLANTA PILOTO .....	98
4.5.1. <i>Payback</i> da Planta Piloto .....	98
4.5.2. Valor da Água Desnitrificada.....	100
5. CONCLUSÃO .....	101
REFERÊNCIAS.....	103
ANEXO 1 – ANÁLISE LABORATORIAL: NOVEMBRO DE 2014.....	109
ANEXO 2 – ANÁLISE LABORATORIAL: JUNHO DE 2016 .....	110
ANEXO 3 – ANÁLISE LABORATORIAL: JULHO DE 2016.....	111
ANEXO 4 – ANÁLISE LABORATORIAL: AGOSTO DE 2016 .....	113
ANEXO 5 – ANÁLISE LABORATORIAL: SETEMBRO DE 2016 .....	115
ANEXO 6 – ANÁLISE LABORATORIAL: OUTUBRO DE 2016.....	116
ANEXO 7 – ANÁLISE LABORATORIAL: NOVEMBRO DE 2016.....	118
ANEXO 8 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016–Água Bruta.....	119
ANEXO 9 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016–Água Tratada..	120
ANEXO 10 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016–Água Brut. 2..	121
ANEXO 11 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016–Água Trat. 2..	122
ANEXO 12 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016–Água Trat. 3..	123

ANEXO 13 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 I .....	124
ANEXO 14 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 II .....	125
ANEXO 15 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 III .....	126
ANEXO 16 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 IV .....	127
ANEXO 17 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 V .....	128
ANEXO 18 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 VI .....	129
ANEXO 19 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016 VII .....	130
ANEXO 20 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016 VIII .....	131
ANEXO 21 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO/2017 I .....	132
ANEXO 22 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO/2017 II .....	133
ANEXO 23 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 III .....	134
ANEXO 24 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 IV .....	135
ANEXO 25 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 V .....	136
ANEXO 26 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 VI .....	137
ANEXO 27 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 VII .....	138
ANEXO 28 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 VIII .....	139
ANEXO 29 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 IX .....	140
ANEXO 30 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 X .....	141
ANEXO 31 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XI .....	142
ANEXO 32 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XII .....	143
ANEXO 33 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XIII .....	144
ANEXO 34 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XIV .....	145
ANEXO 35 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XV .....	146
ANEXO 36 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XVI .....	147
ANEXO 37 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XVII .....	148
ANEXO 38 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XVIII .....	149
ANEXO 39 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XIX .....	150

ANEXO 40 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XX .....	151
ANEXO 41 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXI .....	152
ANEXO 42 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXII ....	153
ANEXO 43 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXIII ...	154
ANEXO 44 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXIV ...	155
ANEXO 45 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXV ....	156
ANEXO 46 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXVI ...	157

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um insumo necessário à vida terrestre. É um recurso estratégico para o desenvolvimento da vida (JÚNIOR E MELO, 2001). Devido à escassez de águas superficiais no nordeste brasileiro, a maior parte das regiões emprega águas subterrâneas para abastecimento público, como é o caso de Natal, RN, que utiliza a água do aquífero Dunas-Barreiras (FONSECA et al., 2006).

O crescimento urbano acelerado traz consequências que prejudicam a qualidade dos mananciais de água potável. Uma destas consequências é o lançamento de esgoto sanitário sem tratamento em locais de fácil penetração no solo (BUCCO et al., 2010).

Segundo Nóbrega, Araújo e Santos (2008), a contaminação tem sido atribuída a fatores como o crescimento urbano acelerado, associado com a precariedade do sistema de saneamento básico (sendo largamente utilizado o sistema de fossa e de sumidouro) e do sistema de drenagem. O que culmina no comprometimento da qualidade das águas utilizadas para abastecimento da população, bem como para uso industrial.

No Brasil, os sistemas de sumidouros e fossas sépticas são muito utilizados devido ao seu baixo custo de construção e operação e em alguns locais é empregado como solução para destinação do esgoto substituindo o saneamento (TORRES, 2011).

Sabe-se que a principal causa de contaminação provém da falta de sistema de saneamento básico no município de Natal. E que, passado o processo de decomposição da matéria orgânica presente nos efluentes, faz com que haja o surgimento do  $\text{NO}_3^-$  (JÚNIOR E MELO, 2001).

A prática inadequada de lançamento de esgotos sanitários por sistemas de fossas sépticas e sumidouros, pode contaminar lençóis freáticos e aquíferos com várias espécies nitrogenadas, como o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) (CABRAL et al., 2007). Estudos no Brasil e no mundo vem relacionando esta contaminação com a densidade populacional e com áreas saneadas e não saneadas, como Melo, Queiroz e Hunziker (1998) que associou o crescimento populacional, com o aumento de lançamento de esgotos e, conseqüentemente, o aumento da concentração destas espécies nitrogenadas em lençóis freáticos. Dessa maneira, substâncias químicas

como compostos nitrogenados e também cloretos podem ser indicativos de poluição por matéria orgânica (COSTA et al., 2012).

Segundo França, Loiola e Lima (2012), em águas subterrâneas um dos contaminantes mais presentes é o nitrogênio dissolvido na forma de íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), originado principalmente do desenvolvimento de atividades agrícolas e do despejo de esgotamento sanitário. A concentração deste íon vem aumentando e, conseqüentemente, ameaçando muitos sistemas subterrâneos de abastecimento.

Uma vez que o esgoto é jogado em sistemas de fossas sépticas e sumidouros (BROTTO E SILVA, 2014), os compostos nitrogenados acabam lixiviando até mananciais subterrâneos, que, no nordeste brasileiro, são fontes de abastecimento da população, já que a água superficial é escassa, ou inexistente.

Como o nitrato é encontrado na sua forma iônica, o que faz com que sua mobilidade seja elevada, ele consegue atingir facilmente as águas subterrâneas, especialmente quando estas se encontram mais próximas ao solo (ambiente fortemente oxidante), em sedimentos com elevada permeabilidade ou em rochas fraturadas (que dispõe de teores elevados de oxigênio gasoso dissolvido) (FRANÇA, LOIOLA E LIMA, 2012).

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) pode chegar às águas subterrâneas por meio da introdução de esgotos domésticos e industriais, e também pela percolação de fertilizantes agrícolas em áreas cultivadas (FRANCA et al., 2006). É um contaminante persistente com grande mobilidade, não degradando facilmente em sistemas aeróbios (CABRAL, 2004). O nitrato é uma das últimas formas de degradação da amônia, excretadas pelo ser humano em seus dejetos (MELO, QUEIROZ E HUNZINKER, 1998). Desta forma, sua presença caracteriza uma contaminação não recente, pois o nitrogênio encontra-se em seu último estágio de decomposição (THEODORO & THEODORO, 2011). Estas contaminações elevam a concentração de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) que se oxida até a forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) pela ação de bactérias nitrificadoras.

O padrão de potabilidade da Portaria do Ministério da Saúde nº 2914 (2011) estabelece um limite máximo de 10 mg/L  $\text{NO}_3\text{-N}$  para águas de abastecimento. Teores acima deste limite podem causar doenças como metahemoglobinemia (Síndrome do Bebê Azul) e câncer gástrico (CABRAL et al., 2007), além de estar relacionado com casos de cefaleia, taquicardia, cor azulada, pessoas com indicação

para hemodiálise e diminuição de ácido gástrico no estômago (FONSECA et al., 2006 apud FRUHLING, 1986).

A absorção de nitrato pelo organismo ainda auxilia na formação de células cancerígenas, podendo causar câncer de estômago. Em bebês, este composto causa a metahemoglobinemia, doença que dificulta a oxigenação do sangue, podendo levar a óbito, se não tratada a tempo. Sendo assim, torna-se necessário a remoção deste contaminante a níveis seguros para consumo (THEODORO & THEODORO, 2011).

A metodologia mais usual aplicada para remoção de nitratos em águas residuais é através da degradação biológica do nitrogênio até seu estágio de oxidação final, em sua forma gasosa ( $N_2$ ), que é um gás inerte, sendo realizado em estações de tratamento, no qual consiste em etapa terciária ou complementar, vindo depois do tratamento preliminar (sólidos grosseiros), primário e secundário (tratamentos físicos e biológicos) (BROTTO E SILVA, 2014).

Entretanto, este tipo de remoção visa principalmente o tratamento de águas residuais com vários parâmetros de contaminação, realizados em várias etapas, não sendo específico para remoção do íon nitrato. Portanto, não se torna aplicável em águas para abastecimento oriundas de poços subterrâneos, contaminados somente por este poluente.

Tendo-se em vista a problemática do assunto abordado, é que se justifica o estudo, pesquisa e aplicação de alternativas viáveis e efetivas para remoção deste componente nocivo à saúde, que é encontrado em níveis não adequados para consumo humano, em águas subterrâneas da cidade de Natal, que devido à falta de mananciais superficiais, faz a captação de águas subterrâneas para abastecimento humano.

Portanto, se faz necessários estudos e testes em larga escala para confirmar a efetividade do método de remoção de nitratos com resinas de troca iônica, com a finalidade de consumo humano.



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso de resinas de troca iônica para remoção de nitrato em águas para abastecimento.

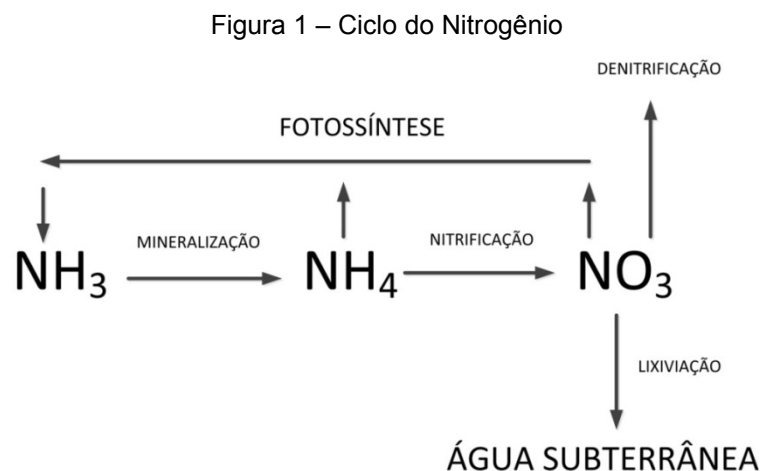
### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a remoção de Nitrato ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) por planta piloto de troca iônica com resina seletiva na região de Natal-RN;
- Analisar a relação custo/benefício da planta piloto de troca iônica, para verificação de sua aplicação para abastecimento público.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. O NITROGÊNIO EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Nitrogênio é um dos principais elementos bioquímicos do planeta juntamente com carbono, oxigênio, enxofre e fósforo. Os ciclos destes elementos são de grande importância, já que são necessários para manutenção da vida (TREDOUX, ENGELBRECH E ISRAEL, 2009). Sendo muito representativo na atmosfera, e se apresentando de diversas formas como amônia ( $\text{NH}_3$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e também na sua forma elementar ( $\text{N}_2$ ). De acordo com o ciclo do nitrogênio (Figura 1), naturalmente o nitrato pode se formar através da oxidação da amônia com o auxílio de bactérias em um processo chamado nitrificação, mas processos antropológicos vêm aumentando drasticamente os níveis de nitrato, especialmente em águas subterrâneas (HALLER et al., 2014).



Fonte: Adaptado de Gallo e Basso (2013)

Os compostos de nitrogênio, como nitritos e nitratos, na maior parte das situações onde ocorrem, têm efeito benéfico e positivo, já que são essenciais para funções biológicas de animais e vegetais. Entretanto, estes mesmo componentes são muito tóxicos se a ingestão ultrapassar 120 mg/kg (TREDOUX, ENGELBRECH E ISRAEL, 2009).

Dentre os compostos, o nitrato é a forma mais comum do nitrogênio. É um composto solúvel e estável, persistindo por décadas sem que haja degradação da

molécula, se acumulando a altos níveis nos solos, devido aos lançamentos que ocorrem de forma recorrente (NOLAN et al., 1998).

No meio aquoso, o nitrogênio é encontrado sob diversas formas, dependendo do seu nível de oxidação, sendo o nitrato sua forma mais oxidada. O nitrogênio orgânico (uréia, aminoácidos, peptídeos, entre outros) pode ser assimilado pelos produtores primários, originando o nitrogênio orgânico dissolvido, cujas principais fontes são os fitoplânctons e as macrófitas aquáticas. Outra forma de nitrogênio que pode ocorrer é o nitroso, que acontece apenas em zonas que disponibilizam oxigênio, pois trata-se de um processo aeróbio. Ainda, quando encontrado em águas com valores superiores a 0,1 mg/L, há a indicação que a contaminação biológica é recente (FONSECA, 2008).

O nitrogênio, em uma de suas formas, é carregado pela chuva percolando os horizontes mais profundos dos solos chegando até as águas subterrâneas, contaminando-as. Este poluente pode ser oriundo de fertilizantes, processos industriais, sistemas sépticos e combustão de automóveis (NOLAN et al., 1998).

Já no solo, uma série de transformações são necessárias para a conversão de nitrogênio orgânico em nitrato, que têm a tendência de infiltrar e serem assimilados por lençóis freáticos, sendo que, adições significativas deste composto favorecem o processo. Esta premissa é válida tanto para adições em forma de fertilizantes, quanto para certos tipos de cultura, que favoreçam a nitrificação do nitrogênio já presente no solo (TREDoux, ENGELBRECH E ISRAEL, 2009).

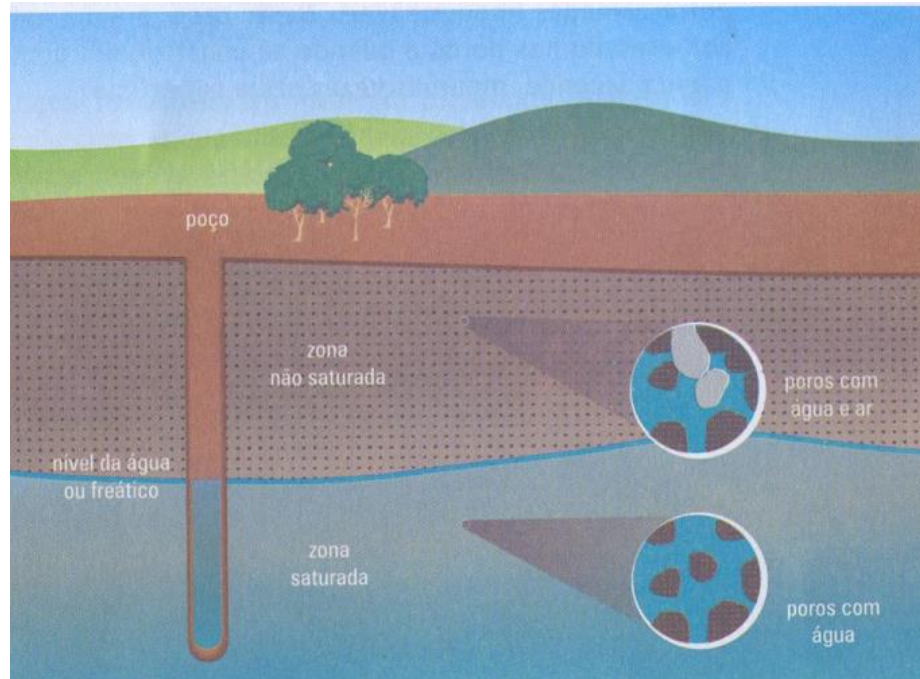
De acordo com Fonseca (2008), o processo de nitrificação ocorre na zona não saturada do solo, onde há matéria orgânica e oxigênio, ambos em quantidades suficientes. O nitrato também pode ser oriundo de processos de infiltração de efluentes, porém, neste caso, por ser ambiente anaeróbio, as quantidades de nitrato são menores.

A mobilidade deste composto ocorre, pois os seus íons apresentam carga negativa, portanto não são atraídos pelas partículas do solo, logo não ocorre sua adsorção. Deste modo, a contaminação é muito problemática devido a sua elevada mobilidade, ampla distribuição, prejudicial a saúde humana e animal e pela sua estabilidade em sistemas aeróbicos e (FONSECA, 2008).

A zona não saturada encontra-se entre a superfície e o nível freático (Figura 2), representado a primeira e mais importante barreira contra a contaminação das águas subterrâneas, além de efetuar a troca de cátions e a biodegradação de

hidrocarbonetos e compostos orgânicos sintéticos, tornando-se de suma relevância sua proteção, uma vez que sua contaminação indica o início da redução da qualidade da água na zona saturada (FONSECA, 2008).

Figura 2 – Zona Saturada e Não Saturada



Fonte: Fonseca (2008)

Em se tratando de poluentes persistentes e móveis, como é o caso dos nitratos, a sua maior redução de concentração é mais eficiente na zona não saturada, isso em função dos mecanismos de diluição e dos processos de absorção pelas plantas. Ressalta-se que todos os processos que ocorrem na zona não saturada também ocorrem na zona saturada, porém com intensidade reduzida (FONSECA, 2008).

Desde a década de 60, a inserção de nitrato em solos e consequentemente em águas subterrâneas devido à utilização de fertilizantes, intensa exploração de fazendas, contaminação através de indústrias e efluentes domésticos, vêm aumentando. Por causa de sua alta estabilidade e solubilidade, este composto possui baixa taxa de precipitação e adsorção, percolando através dos horizontes dos solos, fazendo sua remoção complicada com a utilização de métodos convencionais para tratamento de água na maior parte dos casos (REZENDE et al., 2016).

Os locais contaminados com este composto geralmente sofreram uma carga de nitrogênio oriundo de descarte de dejetos humanos e animais, despejos industriais e tanques sépticos. Países como os Estados Unidos tiveram suas águas subterrâneas contaminadas devido a este tipo de descarte. Existem muitos casos de contaminação por nitrato por meio de tanques sépticos, onde a exposição do solo se dá pela densidade deste tipo de sistema. Em áreas muito populosas, a poluição através de fossas sépticas é a maior fonte de contaminação de águas subterrâneas, de forma com que, em áreas menos populosas a poluição é menor, devido ao menor despejo de dejetos no solo e conseqüentemente percolação em águas subterrâneas (HALLER et al., 2014).

Fossas sépticas realizam a digestão anaeróbica dos dejetos humanos, recebendo águas residuárias de uma determinada localidade, que depois de um tempo de retenção, reduz o teor de sólidos e matéria orgânica, clarificando o resíduo para ser encaminhado a uma área de absorção, que pode ser um corpo receptor qualquer ou até mesmo o solo (FILHO E CASTRO, 2005).

De acordo com Lima et al. (2007), a presença de fossas ou sumidouros mal instalados ou operados faz com que os poluentes, lançados diretamente nas camadas absorventes, não passem pela camada que promove a filtragem da água no solo. Dando origem aos caminhos preferenciais que atingem diretamente as águas subterrâneas.

Segundo Nolan et al. (1998), a poluição com nitrato depende de sua quantidade lançada no solo, seu grau de infiltração até o corpo hídrico, bem como o quanto suscetível é a sua assimilação pelo aquífero. Existem algumas variáveis que interferem diretamente no grau de contaminação como:

Permeabilidade do solo: quanto mais arenoso for, ou seja, quanto maior sua porosidade maior será a taxa de infiltração de componentes. Dessa forma, se o solo for pouco poroso (menor teor de areia e maior teor de argila) poderá haver uma redução da contaminação, mesmo com altos índices de nitrato no local. Em associação com um alto regime de chuvas, a taxa de percolação aumenta devido ao arraste de minerais, dentre eles o nitrato, por meio do fluxo de água. Dessa forma, a frequência e intensidade de chuvas faz com que compostos presentes no solo sejam arrastados para horizontes mais profundos, e dependendo da capacidade de assimilação do corpo hídrico, podem haver contaminações severas.

**Vegetação:** A vegetação impede a percolação do nitrato para o corpo hídrico subterrâneo, pois além de agregar as moléculas do solo com as suas raízes, diminuindo a porosidade do solo e caminhos preferenciais, dependendo da espécie, pode também fazer a sua assimilação como substrato, realizando processos de nitrificação e desnitrificação. Assim, mesmo com altos teores de nitrato presentes no solo, a contaminação dos lençóis freáticos pode ser reduzida.

**Assimilação do Corpo Hídrico:** A assimilação de nutrientes oriundos do solo, incluindo nitrato, vai depender das características do aquífero como: sua taxa de recarga de água, e se é confinado (localizado entre camadas de rochas). Dessa forma, se o aquífero for confinado e a recarga ocorrer com águas isentas de nitrato, existirá uma redução da assimilação de componentes oriundos do solo.

Para se estabelecer o risco de contaminação de um aquífero, segundo Fonseca (2008), deve-se conhecer a interação entre diversos fatores como: vulnerabilidade, entendida como a suscetibilidade ao recebimento da carga contaminante; condições hidrogeológicas; e levantamento das fontes poluidoras, bem como avaliação de suas cargas. Consistindo um processo complexo, em que devem ser identificados os fatores que contribuem para a migração dos contaminantes. Já Nolan et al. (1998) fez um estudo nos Estados Unidos, relacionando o teor de nitrogênio ao montante populacional e a vulnerabilidade do aquífero em absorver o composto, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Vulnerabilidade do Aquífero na Absorção de Nitrato

<b>Magnitude do Risco</b>	<b>Inserção de Nitrogênio</b>	<b>Vulnerabilidade do aquífero</b>
Alto	Alto montante de nitrogênio ou alta densidade populacional.	Solo Poroso e sem vegetação.
Moderadamente Alto	Alto montante de nitrogênio ou alta densidade populacional.	Solo pouco Poroso ou com vegetação.
Moderadamente Baixo	Baixo montante de nitrogênio e baixa densidade populacional.	Solo Poroso e baixa vegetação.
Baixo	Baixo montante de nitrogênio e baixa densidade populacional.	Solo pouco Poroso ou com vegetação.

Fonte: Adaptado de Nolan et al. (1998)

Entretanto, em determinadas situações, o aquífero pode apresentar alta vulnerabilidade, porém sem correr o risco de contaminação, classificando-o em: livre,

confinado ou semiconfinado. Sendo que a contaminação livre ocorre na zona não saturada e as demais (confinada ou semiconfinada) ocorrem na zona saturada. A zona não saturada apresenta um preenchimento parcial das rochas com líquido, enquanto na zona saturada este preenchimento é total (FONSECA, 2008).

## 2.2. O ABASTECIMENTO DA CIDADE DE NATAL

Devido a questões de escassez de água no Nordeste e as implicações sociais e econômicas causadas por este fator, a utilização de fontes subterrâneas tem aumentado. Neste sentido, é crucial que este recurso apresente qualidade ambiental adequada. Quando esta situação é constatada, juntamente com o custo relativamente baixo, torna-se viável sua exploração, o que vem ocorrendo na maioria dos casos (FONSECA, 2008).

Natal é a capital do estado de Rio Grande do Norte (RN), dispondo de aproximadamente 170 km<sup>2</sup>, cuja drenagem ocorre pelo rio Potengi (que divide a cidade em norte e sul) e também pelo oceano Atlântico. Sua altitude média é de 31 m (FONSECA et al., 2006).

Águas subterrâneas são a principal fonte para abastecimento público de muitas cidades, especialmente em localidades onde ocorrem escassez de águas superficiais, como é o caso de Natal, que utiliza cerca de 80 % de seu consumo do aquífero Dunas-Barreiras (FONSECA, 2008).

O Aquífero Dunas-Barreiras é o principal reservatório da bacia costeira do RN, abastecendo Natal e diversas outras cidades costeiras. Sendo que sua maior exploração ocorre nas localidades onde a espessura dos sedimentos do Grupo Barreiras é maior, fato este observado na zona sul de Natal (FONSECA et al., 2006).

Segundo Júnior e Melo (2001), o Sistema Aquífero Dunas-Barreiras é formado por um sistema único, as dunas e os sedimentos do Grupo Barreiras, sendo seu comportamento classificado como do tipo livre. Deste modo, as dunas transferem as águas de infiltração em direção aos estratos inferiores de constituição arenosa do Grupo Barreiras.

O aquífero Dunas-Barreiras possui condições favoráveis a sua utilização, devido a características geológicas e climáticas que permitem a infiltração, recarga, circulação e renovação das águas subterrâneas. Além de dispor de grandes

reservas exploráveis, da ordem de  $280 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ , o que corresponde ao abastecimento cerca de 80 % de Grande Natal (regiões Norte e Sul) que é onde ocorre a maior parte da captação (FONSECA, 2008).

Ainda de acordo com a Prefeitura Municipal de Natal (2014), os 170 poços tubulares administrados pela CAERN apresentam profundidade variando de 35 a 150 m e vazão de exploração variando de 15 a 180  $\text{m}^3/\text{h}/\text{poço}$ , que operam 24 h por dia.

Ainda, segundo Fonseca et al. (2006), na zona sul de Natal, o maior consumo ocorre por poços subterrâneos que captam água da bacia Dunas-Barreiras e pela Lagoa do Jiqui. Enquanto na zona norte o maior consumo se dá pela Lagoa de Extremoz e por poços subterrâneos, também do aquífero acima citado.

Em Natal o sistema de abastecimento está dividido em dois subsistemas (norte e sul), separados pelo rio Potengi, ambos administrados pela Companhia de Águas e Esgoto do Estado do Rio Grande do Norte (CAERN). Os mananciais que abastecem o sistema norte são: Lagoa do Extremoz, Bacia do Rio Doce – 75 % (fonte superficial) e Aquífero Dunas-Barreiras – 25 % (fonte subterrânea). Já o subsistema sul é abastecido pela Lagoa do Jiqui, Sub-Bacia do rio Pitimbu – 25 % (fonte superficial) e Aquífero Dunas-Barreiras – 75 % (fonte subterrânea). Com isso fica evidenciada a dependência do seu sistema de abastecimento de mananciais superficiais pertencentes a outros municípios (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 2014).

A região metropolitana de Natal é predominantemente abastecida por águas subterrâneas provenientes do Aquífero Dunas-Barreiras que, devido a sua formação geológica, é favorecido pela facilidade de infiltração e renovação da água. Porém, este mesmo fator também pode propiciar a contaminação (JÚNIOR E MELO, 2001).

Mesmo que grande parcela da população seja abastecida por águas subterrâneas, a problemática a poluição desses mananciais mostrou-se presente, devido à falta de saneamento básico, desenvolvimento de atividades industriais, falta de políticas de preservação e de ações de combate ao desperdício (FONSECA, 2008).

Segundo a Prefeitura Municipal de Natal (2014), outro fator que contribui para a contaminação de águas subterrâneas em Natal é a proximidade com os mananciais superficiais, que em sua maioria não apresentam boas condições para consumo, e que devido ao relevo, facilita sua infiltração.



Na zona sul de Natal, Vasconcelos (2002) efetuou um estudo nos poços de captação que constatou a presença de nitrato nas águas subterrâneas. Isto está relacionado com o despejo de esgoto sanitário sem tratamento em que a matéria orgânica é degradada para nitrato.

Júnior e Melo (2001) constataram que em regiões próximas a Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) o nível de contaminação por nitrato é inferior a 1 mg/L ( $\text{N-NO}_3^-$ ), ou seja, está dentro do limite permitido pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011. Mas a medida em que se afasta da ETE as concentrações do poluente apresentam crescimento considerável, relacionando assim a contaminação com a falta de tratamento de esgotos.

A presença do íon nitrato em águas subterrâneas utilizadas para abastecimento da cidade de Natal já havia sido identificada desde 1980. Naquela época, os valores elevados foram atribuídos a problemas construtivos em poços e sua respectiva proximidade com as fossas e outras fontes de contaminação (JÚNIOR E MELO, 2001).

Segundo Melo, Queiroz e Hunziker (1998), inicialmente as águas subterrâneas são consideradas como de boa qualidade. Porém, foi verificado no Aquífero Dunas-Barreiras a contaminação por nitratos em limites superiores ao sugerido pela Organização Mundial da Saúde. Este Aquífero apresenta um sistema hidráulico único, do tipo livre e, devido às características geomorfológicas e hidrogeológicas da região em que está inserido, atribuem alta vulnerabilidade à contaminação.

Na cidade de Natal, na região de ocorrência do nível aquífero suspenso, (representado pela região das dunas - Aquífero Dunas), é um local de aporte e armazenamento temporário de esgotos provenientes de fossas e sumidouros situados nas proximidades, apresentando saturação de água e superfície potenciométrica muito rasa ou mesmo aflorante na forma de lagoa. Devido a sua elevada porosidade há grande disponibilidade de oxigênio, o que propicia a formação de bactérias nitrificadoras aeróbicas, convertendo a matéria orgânica em nitrato. Em seguida, por meio de fluxo vertical descendente, ocorre a contaminação do Aquífero Barreiras (semiconfinado e profundo) (JÚNIOR E MELO, 2001).

Quando o sistema hidráulico é classificado como sendo livre, isso indica que as águas subterrâneas estão em constante renovação e com baixos teores de

nitrato, situação esta observada na região de Ponta Negra (zona sul) (JÚNIOR E MELO, 2001).

Em Natal, cuja principal fonte de abastecimento provém do Aquífero Dunas-Barreiras, a problemática da contaminação ocorre pela impureza com características químicas dissolvidas na forma de íon, o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Este município dispõe de aproximadamente 5.224 poços pertencentes tanto a Companhia de Abastecimento de Águas do Rio Grande do Norte (CAERN) quanto a particulares, deste total cerca de 82% apresentam contaminação por nitratos (FONSECA, 2008).

Lima, Pedrosa e Rocha (2008) elaboraram um monitoramento em poços de captação de água em Natal entre o período de 2003 a 2006. Como resultado constatou-se que menos de 20% da população é contemplada pelo sistema de esgotamento sanitário, as demais utilizam fossas sépticas ou sumidouros, gerando como subproduto da degradação da matéria orgânica o nitrato. Em função disso, na zona sul, 52% dos 74 poços amostrados apresentaram concentração de nitrato acima do valor máximo permitido. E na zona norte, a mesma situação se repete em 71 % dos 32 poços amostrados.

A Prefeitura Municipal de Natal (2014) fez um estudo que mostrou que não há grande contaminação por nitrato são os bairros de Ponta Negra e San Vale, mas que vem apresentado aumento gradual em sua concentração, o que indica que a qualidade da água do aquífero está comprometida. Visando a amenização desta problemática a CAERN tem feito a diluição das águas subterrâneas, contaminadas com nitrato, com as águas de mananciais de superfície, cuja exploração já está em seu limite máximo.

Segundo a Prefeitura Municipal de Natal (2014), a contaminação por nitrato em águas subterrâneas (que abastem Natal), é uma realidade que vem crescendo. A sua principal fonte são os esgotos sanitários despejados sem tratamento prévio, por meio de infiltração oriundas de fossas sépticas e sumidouros, que ainda ocorre em cerca de 70% do município. A concentração de nitrato nos poços monitorados é diretamente proporcional a densidade demográfica, onde as atividades urbanas são mais intensas e onde o nível de água é mais superficial. Ainda, o processo de expansão urbana também tem contribuído para a contaminação do recurso, pois o sistema de saneamento básico não vem acompanhando o desenvolvimento. Isso gera dois problemas: o aumento da demanda de consumo de água e a contaminação dos mananciais (especialmente por nitrato).

De acordo com a Prefeitura Municipal de Natal (2014), outros parâmetros considerados para a determinação da qualidade da água, tais como cloreto, ferro e condutividade elétrica, encontram-se dentro dos limites legais para o consumo humano nas águas subterrâneas da cidade de Natal. Deste modo, o tratamento da água apresenta baixo custo, pois é necessário apenas realizar a remoção do nitrato, dispensando todo o tratamento convencional, necessitando em alguns casos apenas desinfecção e correção do pH. Assim o consumo de água subterrânea torna-se uma alternativa mais viável e atrativa do que o consumo de água de água superficial, que se encontram fora dos padrões legais, necessitando tratamento (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 2014).

Segundo Fonseca (2008), existem diversas fontes de contaminação das águas, sendo elas: pontuais, lineares e difusas. As fontes pontuais são aquelas que atingem o aquífero em um ponto específico, são altamente concentradas e sua dispersão ocorre na forma de pluma.

As fontes lineares são caracterizadas pela infiltração de águas superficiais de rios e canais contaminados, importante destacar que isso depende do sentido de fluxo hidráulico existente entre o curso d'água e o aquífero subjacente, ou seja, dependendo do fluxo a contaminação pode ocorrer do corpo hídrico para o aquífero, ou do aquífero para o corpo hídrico. Já a poluição difusa é caracterizada por apresentar baixas concentrações e abranger grande área. As formas de dispersão dos poluentes ocorrem por meio de ventos e chuvas. E as suas principais fontes são oriundas de uso urbano (contemplando o conjunto de fossas sépticas e sumidouros), industrial e atividade agrícola (FONSECA, 2008).

Quanto a formação do Dunas-Barreiras, destaca-se: cobertura superficial de areias de dunas, formação de bacias fechadas, ocorrência de lagoas, e a conexão hidráulica entre as dunas com os sedimentos Barreiras (NÓBREGA, ARAÚJO E SANTOS, 2008).

Quanto ao balanço hídrico do aquífero que abastece Natal verificou-se que ele permanece em constante equilíbrio, pois o volume efetivo de recarga e de exploração anual são de igual magnitude. Assim, a recarga efetiva é capaz de atender as demandas atuais e futuras de consumo de água em Natal. Mas, para promover este equilíbrio, é necessário que permaneçam as condições de infiltração de água da chuva, bem como a infiltração de águas servidas no solo, o que ao mesmo tempo é uma fonte de recarga do aquífero, também consiste em uma das

principais fontes de sua contaminação (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 2014).

O Aquífero Dunas-Barreiras apresenta elevada porosidade e baixo índice de escoamento superficial, característica essa conferida a formação dunar, e atuam como receptoras de precipitação e, por consequência, como fonte de recarga para o Barreiras (NÓBREGA, ARAÚJO E SANTOS, 2008).

Devido a periodicidade de renovação do Aquífero Dunas-Barreiras, por meio da chuva, ele dispõe de grande potencial hidrogeológico que ainda não foi totalmente explorado. Devido à suscetibilidade à contaminação, um dos maiores desafios de Natal é a manutenção da qualidade da água para abastecimento (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 2014).

O abastecimento do Dunas-Barreiras (zona de recarga) pode ocorrer de forma direta ou indireta. Na zona de recarga direta a água infiltra diretamente para o aquífero por meio de afloramentos e fissuras nas rochas. Enquanto na zona de recarga indireta a infiltração ocorre pela drenagem superficial e do fluxo subterrâneo indireto (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 2014).

No município de Natal a recarga do aquífero ocorre de duas formas, sendo elas: de águas servidas e natural. A recarga de águas servidas se dá pela infiltração do esgoto, sendo, portanto, também chamada de sumidouro. Enquanto na recarga natural, proveniente de precipitações na área de exploração, a infiltração profunda atinge o aquífero. Sendo que nas áreas onde o relevo é plano e dispõe de arborização e aquíferos livres, a taxa de recarga é maior. Deste modo as principais áreas de recarga do município são: Ponta Negra, Capim Macio, Lagoinha, Parque das Dunas, Barreira do Inferno, San Vale, e Bacia do Rio Doce (zona norte) (PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL, 2014).

De acordo com Júnior e Melo (2001), a principal zona de recarga do Aquífero ocorre na zona sul de Natal, que caracteriza-se por dispor de baixa ocupação urbana que, associada com a presença de dunas de elevada altitude, faz com que seja criada uma zona preferencial para infiltração da água da chuva.

Deste modo, em Natal, em função do sistema de disposição de efluentes domésticos, principalmente fossas e sumidouros, suas águas subterrâneas estão propensas a sofrer contaminação. O que leva ao aumento na concentração de nitrato causado pela biodegradação dos efluentes (MELO QUEIROZ E HUNZIKER, 1998).

Diante do exposto, visando à melhoria da qualidade das águas subterrâneas, diversas medidas devem ser tomadas como: diagnosticar a situação atual dos municípios que utilizam o Aquífero Dunas-Barreiras como fonte de abastecimento, de modo a monitorá-los; fiscalizar o processo de perfuração dos poços; controlar as fontes poluidoras; e implementar um sistema de esgotamento sanitário que contemple toda a população (NÓBREGA, ARAÚJO E SANTOS, 2008).

### 2.3.A PROBLEMÁTICA DO NITRATO

A Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011) trata dos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Na referida Portaria são estabelecidos padrões de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde, dentre elas o nitrato, cujo valor máximo permitido é de 10 mg/L de  $\text{NO}_3\text{-N}$  calculado como nitrogênio. Este parâmetro é um indicador de contaminação subterrânea adotado mundialmente, isso devido à alta mobilidade e persistência do nitrato, podendo contemplar grandes áreas (CUNHA, 2014).

Em relação a ocorrência de nitrato e nitrito, bem como a sua respectiva interação com a saúde, Fonseca (2008) identifica que a ingestão de altas doses pode causar câncer de estômago e de esôfago, e em bebês de até 6 meses pode causar a metahemoglobina, também conhecida por síndrome do bebê azul. Esta última caracteriza-se por tornar ineficaz o transporte de oxigênio, podendo levar a morte por asfixia.

Crianças menores que 6 meses possuem um pH levemente ácido em seu estômago, necessitando de auxílio da flora intestinal para realizar a digestão, que também possui capacidade de oxidar nitrato ( $\text{NO}_3$ ) ao tóxico nitrito ( $\text{NO}_2$ ), entrando na corrente sanguínea e reagindo com a hemoglobina, que é a responsável por carregar o oxigênio, impedindo sua circulação e transporte para o corpo, fazendo com que partes do corpo como boca, dedos e olhos fiquem arroxeados, trazendo sinais de sufocação (Figura 3). Essa condição é chamada de metahemoglobinemia, ou síndrome do bebê azul (MAHLER, COLTER E HIRNICK, 2007).

Figura 3 – Sintomas de Asfixia



Fonte: The New York Times (2007)

Desde 1945 foram registrados mais de 2000 casos de crianças com Metahemoglobinemia na Europa e América do Norte, com morte em 7 % dos casos. Em um relatório datado de 1950, houve 144 casos com 14 mortes durante um período de 30 dias em Minnesota, mostrando que a contaminação por este componente não deve ser ignorada (HALLER et al., 2014).

O nitrato ainda pode interagir com compostos orgânicos oriundos de pesticidas, como aminas secundárias formando N-nitrosaminas, que são conhecidas por auxiliar na formação de vários tipos de câncer. A quantidade aceitável e considerada segura para seres humanos e animais é de até 10 mg/L ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), sendo que teores acima já se tornam perigosos para crianças menores que 6 meses (MAHLER, COLTER E HIRNICK, 2007).

A metahemoglobina é uma doença que desenvolve cor de pele azul-acinzentada em crianças, e pode ser causada pela ingestão de leite materno, devido ao consumo de água contaminada pela mãe. Assim o nitrato é convertido em nitrito e, eventualmente em N-nitrosaminas, passando para o leite materno (ARAÚJO et al., 2011).

Outros estudos, como o de Rademacher, Young e Kanarek (1992), indicam que o consumo de água contaminada por nitrato pode estar relacionado com a ocorrência do linfoma de Hodgkin's, hipertensão, problemas relacionados com a tireoide, defeitos de nascimentos e até mesmo a abortos. Em contraposição, West

(2001) afirma que não é possível relacionar o consumo de nitratos e nitritos com a ocorrência de doenças.

Segundo Fonseca (2008), a presença de nitratos torna-se um problema para a segurança alimentar, tanto para a conservação dos alimentos (entre a colheita e o consumo; colorantes para carnes, embutidos e alguns derivados de peixe), como também para o processo digestivo. E em lugares próximos a criação de gado ou em cultivos onde são aplicados fertilizantes, a água já se encontra imprópria para consumo humano, sendo mais prejudicial aos recém-nascidos.

O nitrato é um composto muito solúvel e muito difícil de remover. Infelizmente, tratamentos caseiros como filtração, desinfecção e abrandamento não são efetivos e o aquecimento da água gera ainda mais nitrato no meio. Assim outros tratamentos são mais indicados como troca iônica, destilação e osmose reversa. Estes tratamentos possuem custos de investimento, operação e manutenção diferentes, sendo que a troca iônica apresenta a melhor relação custo/benefício, pois possui o menor custo de operação e manutenção, sendo seu investimento levemente maior (Quadro 2) (MAHLER, COLTER E HIRNICK, 2007).

Pessoa e Nunes (2008) reforçam a existência de diversas tecnologias para a remoção do nitrato das águas, destacando a troca iônica, tratamento biológico, osmose reversa e processos eletroquímicos, todas dotadas de limitações.

Quadro 2 – Características de Sistemas para Remoção de Nitrato

<b>Método</b>	<b>Valor de Investimento</b>	<b>Manutenção</b>	<b>Observações</b>
Destilação	\$ 250 - \$1.500	Remoção de sólidos periódica	Processo Simples, fácil operação, mas com altos custos energéticos.
Osmose Reversa	\$ 300 - \$1.300	Troca das membranas	Perda de fluxo para rejeito, alta manutenção.
Troca Iônica	\$ 600 - \$ 2.200	Disposição do rejeito salino	O teor de sódio presente pode ser prejudicial para humanos e plantas.

Fonte: Adaptado de Mahler, Colter e Hirnick, 2007

No caso da troca iônica a resina adotada deve dispor de elevadas quantidades de NaCl para que sua regeneração ocorra periodicamente. Nos processos biológicos há a possibilidade de contaminação microbiológica da água.

Em se tratando da osmose reversa são gerados efluentes de complexo tratamento e descarte (KOPARAL & OGUTVEREN, 2002).

Existem formas de remoção de nitrato com custo de investimento maior como é o caso do sistema da troca iônica, mas que sua manutenção é pequena, e existem aquelas com investimento menor e manutenção maior, como é o caso da osmose reversa, devendo a relação custo/benefício ser estudada antes da aplicação da forma de tratamento.

#### 2.4. A TECNOLOGIA DE TROCA IÔNICA

A tecnologia de troca iônica tem cerca de 100 anos e foi desenvolvida inicialmente para realizar o tratamento de água, no final da década de 1930. Desde então, vem sendo aprimorada e desenvolvida, utilizando copolímeros de estireno e divinilbenzeno (DVB), e também copolímeros de acrílico e metacrílico, de forma a melhorar e aperfeiçoar o processo de troca iônica (FONSECA, 2008 apud BETZ, 1980).

Esta tecnologia faz uma permuta de íons de acordo com a necessidade, utilizando um fluido como meio de transporte. As resinas podem ser de origem natural, como estruturas rochosas porosas como as zeólitas (silicatos de alumínio), ou artificiais, que são criadas e desenvolvidas especialmente para esta finalidade. Sua estrutura é composta de duas partes principais: a parte estrutural que funciona como base ou camada de suporte (geralmente compostos de estireno ou DVB), e a parte funcional, onde ficam os sítios ativos que realizam a adsorção dos íons, podendo ser agrupamentos de amins terciárias ou agrupamentos sulfônicos (FONSECA, 2008).

Desde então, uma variedade de grupos funcionais foram adicionadas às matrizes poliméricas. Fatores como porosidade e tamanho da partícula foram aprimoradas durante o processo de polimerização, bem como sua estabilidade física e química. Estes melhoramentos levam ao abandono das zeólitas anteriormente utilizadas para esta finalidade (WHEATON & LEFEVRE, 2000).

Ainda segundo Wheaton & Lefevre (2000) troca iônica é um método de separação que realiza um intercâmbio mutável de íons entre uma fase sólida e um líquido sem que haja mudança na estrutura da fase sólida. A grande vantagem da tecnologia de troca iônica está no fato de ser reutilizável várias vezes, portanto o



processo é reversível. Trocadores iônicos são inertes, não causando risco à saúde humana, e como possuem sítios ativos específicos, podem atuar em diversas finalidades, realizando a troca iônica de diversos compostos. Podem ser utilizadas em segmentos alimentícios, farmacêuticos, cosméticos, processos galvânicos, petroquímicas, indústrias químicas em geral, podendo ser utilizadas em situações específicas, como remoção de íons contaminantes.

A matriz deste meio filtrante é porosa, inerte e não solúvel em água, contendo grupos trocadores iônicos, que definem seu tipo, e são os responsáveis por receber os íons presentes nos fluido (COLLINS, BRAGA E BONATO, 1997).

Resinas do tipo convencionais são compostas de uma matriz de polímeros interligados de forma relativamente homogênea, e podem ser encontrados geralmente na forma esférica (Figura 4), com seu tamanho (Figura 5) variando de cerca de 0,3 mm a 1,2 mm, ou sendo uniforme, sem variar seu tamanho (WHEATON & LEFEVRE, 2000).

Figura 4 – Aspecto da Resina de Troca Iônica



Fonte: O Autor (2017)

Figura 5 – Tamanho da Resina de Troca Iônica



Fonte: O Autor (2017)

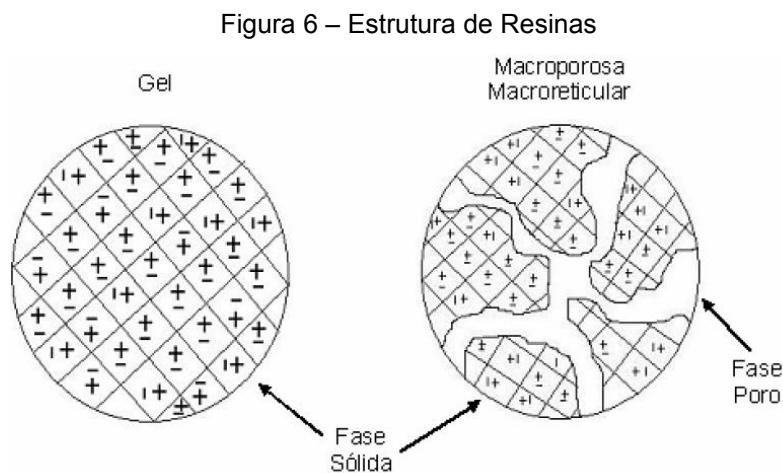
A preparação do trocador iônico começa com a síntese de sua matriz, ou seja, pela polimerização de substâncias como o estireno, seguida da copolimerização com o DVB, que é o principal encarregado das ligações cruzadas (*Cross-Linkage*) em sua estrutura final (GUIMARÃES, 2010).

A produção das resinas envolve a polimerização do poliestireno com o DVB que serão as matrizes ou “esqueletos” para os sítios ativos, que realizarão a troca iônica. A quantia de DVB influenciará diretamente na porosidade (cruzamento das ligações) da resina (COLLINS, BRAGA E BONATO, 1997).

A quantidade de DVB introduzida no processo é representada pela taxa DVB, que está diretamente associada com sua solubilidade. Esta taxa representa os

cruzamentos de suas cadeias, dessa forma, quanto maior a taxa de DVB menor sua solubilidade. Associações de polímeros com menos de 0,1 % de DVB são solúveis, entretanto se a taxa DVB for alta, não só a solubilidade diminui, mas também a sua porosidade e inchamento, e assim aumentando a rigidez, que por consequência diminui a eficiência, já que haverá uma maior resistência para as moléculas migrarem ao interior da resina, dificultando a troca iônica. Teores de DVB em resinas comerciais variam entre 8 a 12 % (ABRÃO, 2014).

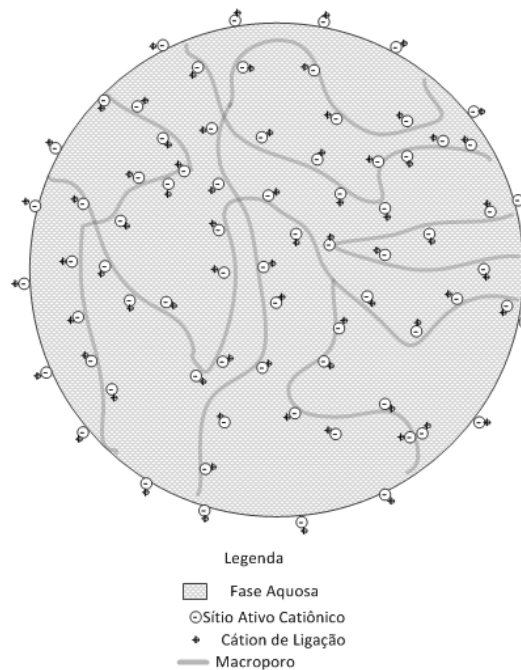
As resinas com teor de DVB abaixo de 9% possuem características de um gel, com poros com tamanho de 10 a 15 angstroms (WHEATON & LEFEVRE, 2000). Já resinas com valores entre 10 e 11 % de DVB são classificadas como isoporosas, e aquelas com altos teores (< 11 %) classificadas como macroporosa ou macrorreticular (Figura 6), estas últimas tendo grande índice de ligações cruzadas e poros com diâmetro entre 20 a 1000 nanômetros (JACKSON, 1986).



Fonte: Wheaton & Levefre, 2000

A ligação da parte estrutural com o sítio ativo ocorre por meio de ligação covalente, formando um macro íon (Figura 07). Dessa forma íons de cargas opostas são atraídos por forças eletrostáticas denominados contra íons, de forma que possam ser trocados por quantidade equivalente de vários íons de mesma carga, tornando a resina neutra eletronicamente (SANTOS FILHA, 1991).

Figura 7 – Estrutura da Resina de Troca Iônica



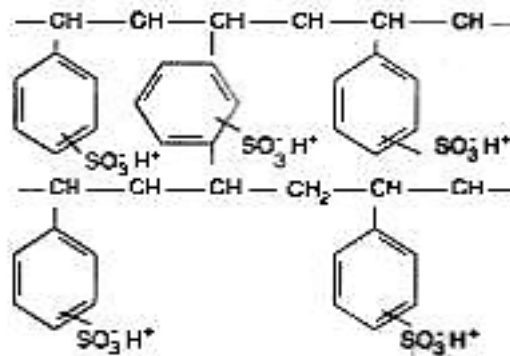
Fonte: Adaptado de Wheaton & Lefevre (2000)

Para que a troca ocorra é necessário que o material a ser retido seja de carga oposta, assim se os íons fixos da matriz são positivos, os íons deslocáveis ou trocáveis devem ser negativos, mas se estes forem positivos, então a matriz deve ter carga negativa. Estes trocadores são chamados de trocadores aniônicos e catiônicos, respectivamente (ABRÃO, 2014).

A capacidade de troca e a seletividade são características fundamentais de uma resina, pois são os aspectos essenciais de seu funcionamento. Estes aspectos determinam a escolha da resina mais assertiva durante um projeto, de acordo com a finalidade. Expressam também a quantidade de íons que a resina conseguirá captar, e a seletividade expressa quais os tipos de íons que serão atraídos para os sítios ativos, sendo relacionada com a natureza do grupo funcional do trocador (SANTOS FILHA, 1991).

Atualmente, dentre os grupos funcionais mais usuais existem aqueles que são do tipo forte e os do tipo fraco. Dentre as resinas catiônicas, as fortemente ácidas (Figura 08) são à base de grupos radicais sulfonados como  $-\text{SO}_3\text{H}$  e  $-\text{CH}_2-\text{SO}_3\text{H}$ , que tem afinidade com todos os cátions presentes no fluido e por isso são muito utilizadas em processos de desmineralização (FONSECA, 2008).

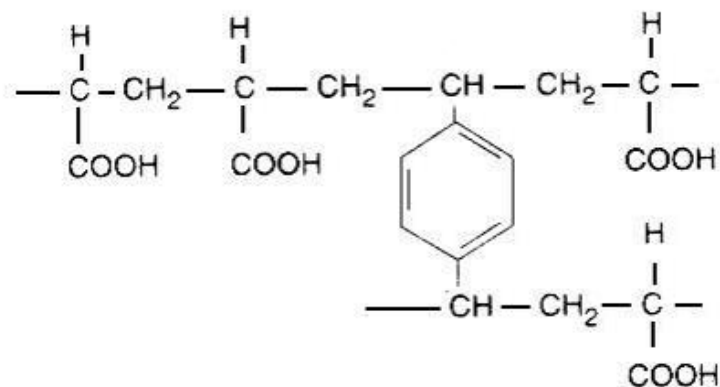
Figura 8 – Resina Catiônica Fortemente Ácida



Fonte: Fonseca, 2008

Já as resinas catiônicas fracamente ácidas (Figura 09), têm grupo radical funcional a base de  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{SH}$ ,  $-\text{PO}_3\text{H}_2$ , e possuem afinidade com íons como cálcio e magnésio, mas pouca afinidade com sódio, e por isso são indicadas para processos de abrandamento (FONSECA, 2008).

Figura 9 – Resina Catiônica Fracamente Ácida



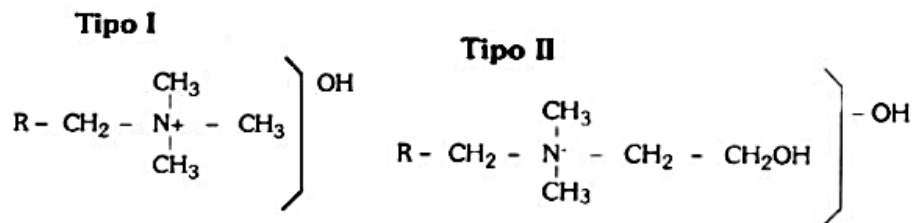
Fonte: Fonseca, 2008

Já as do tipo fortemente básicas (Figura 10), possuem grupos a base de amina terciária (Tipo I) e quaternária (Tipo II)  $-\text{NR}$ , podem ter grupos ativos tri-metil amina e di-metiletanolamina respectivamente, sendo a primeira com afinidade a

todos os ânions e a segunda possuindo menor afinidade com sílica, facilitando seu escape (FONSECA, 2008).

Pela maior eletronegatividade da resina do tipo I fortemente básica, esta resina possui maior interação química com ácidos fracos, como ácido carbônico e ácido silícico, já que seu grupo funcional é fortemente alcalino, tendo maior retenção da sílica do que a resina aniônica do tipo fracamente básica (WHEATON & LEFEVRE, 2000).

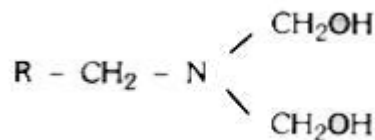
Figura 10 – Resinas Aniônicas fortemente básicas



Fonte: Adaptado de Fonseca, 2008

As resinas fracamente básicas (Figura 11) tem grupo funcional di-metil amina, sendo menos alcalino, tendo afinidade com sulfatos e cloretos, mas não teram grande afinidade com sílica e gás carbônico dissolvido (FONSECA, 2008).

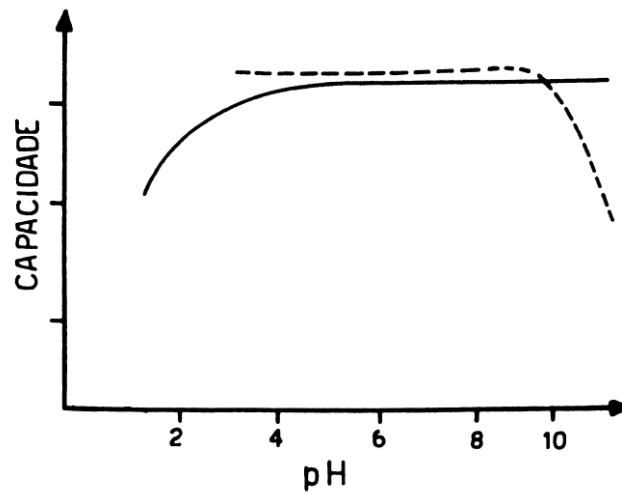
Figura 11 – Resina fracamente básica



Fonte: Fonseca, 2008

As resinas de matrizes fortes ficam completamente ionizadas em grande faixa de pH, possuindo assim boa capacidade de troca nas diferentes faixas (Figura 12), ao passo que os trocadores iônicos considerados fracos ou médios são influenciados diretamente por este fator (Figura 13), alterando sua capacidade de troca significativamente (COLLINS, BRAGA E BONATO, 1997).

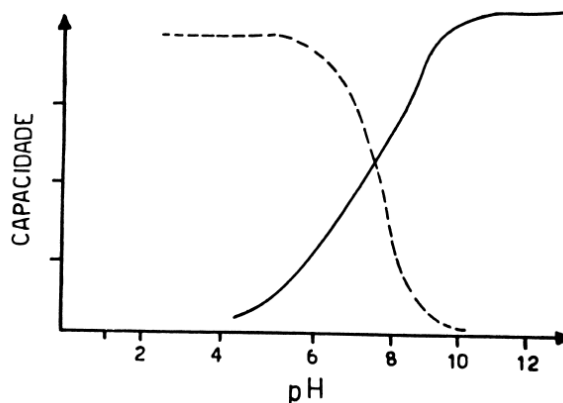
Figura 12 – Capacidades típicas de trocadores fortes (–) tipo 1 (--) tipo 2



Fonte: Collins, Braga e Bonato, 1997

Desta maneira para uma maior efetividade na troca iônica, as fases líquidas em contato com resinas de matrizes fracas ou médias devem estar com pH entre 11 e 12 ao passo que os eluentes que entram em contato com resinas de matrizes fortes podem estar em uma faixa entre 4 a 11.

Figura 13 – Capacidades típicas de trocadores médios (–) tipo 1 (--) tipo 2

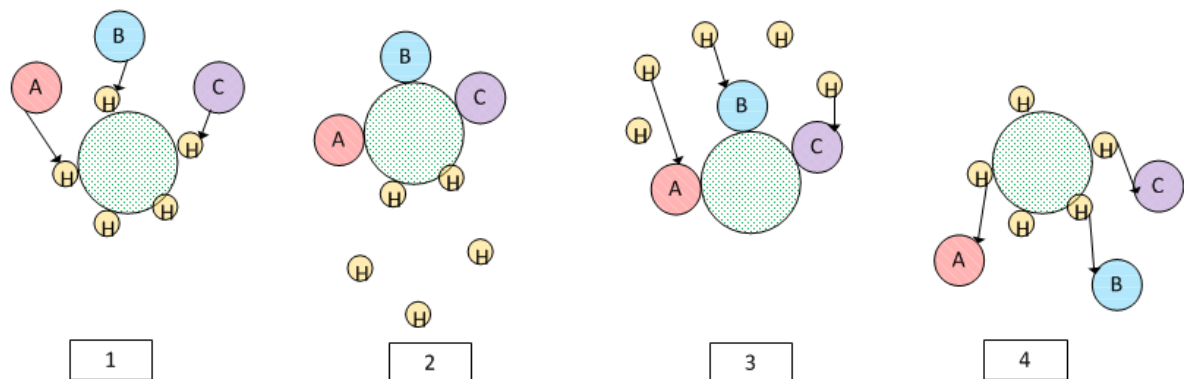


Fonte: Collins, Braga e Bonato, 1997

Devido ao número de sítios ativos dentro da estrutura da resina ter um valor específico, variando de acordo com seu tipo de grupo funcional, a capacidade de troca de uma resina fica limitada a este número, de forma que, durante o processo de intercâmbio iônico, haverá um momento onde não será possível mais trocas,

tendo sua capacidade de troca iônica exaurida, ficando em um estado de saturação. Como o processo de troca iônica é reversível (SANTOS FILHA, 1991), é possível realizar um processo de regeneração com a inserção de produtos químicos, ativando seus grupos funcionais (Figura 14), e removendo os íons capturados anteriormente, tornando a resina novamente apta para a remoção de compostos indesejáveis do meio líquido.

Figura 14 – Processos de Troca Iônica (1 e 2), Regeneração (3), e Ativada (4)



Fonte: O Autor, 2017.

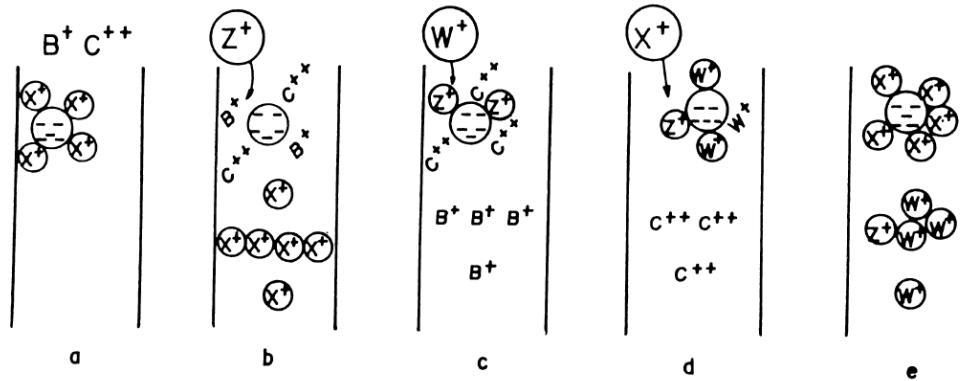
O trocador iônico deve ser projetado de maneira que os íons a serem adsorvidos tenham fácil acesso aos sítios ativos da resina, bem como os íons trocáveis tenham a facilidade de difundir-se para fora da matriz com velocidades razoáveis, de forma que o equilíbrio seja atingido em pouco tempo (ABRÃO, 2014).

O processo de troca iônica é similar ao de um processo de separação por meio de método cromatográfico, já que a fase estacionária (resina) é altamente carregada, sendo que solutos de cargas contrárias serão adsorvidos seletivamente da fase móvel. Estes solutos podem ser eluídos, por meio de deslocamento com outros íons com carga similar, porém com maior interação com a fase estacionária (GUIMARÃES, 2010). Portanto troca iônica pode se definir como uma troca reversível de íons entre duas fases imiscíveis.

Quando há a necessidade de remoção de dois ou mais componentes do meio líquido, por motivos de relevância econômica ou técnica, pode-se realizar uma eluição em várias etapas, de maneira que, durante o processo, cada componente se desprenderá do meio sólido de acordo com o eluente aplicado, dessa forma as trocas iônicas se darão por afinidade com o meio líquido (Figura 15), onde alguns

íons são separados do eluente enquanto outros são retidos pela fase móvel . (GUIMARÃES, 2010).

Figura 15 – Esquema de Mecanismo de Troca



Fonte: Collins, Braga e Bonato, 1997

Quando há a necessidade de uma eluição de várias etapas os componentes adsorvidos são separados de acordo com sua seletividade perante a resina, ou seja, o composto com maior afinidade será retido enquanto outros serão rejeitados.

## 2.5. CAPACIDADE DE TROCA

Existem duas formas de avaliar a capacidade de troca de um trocador iônico, podendo ser através de capacidade total ou capacidade operacional. A capacidade de troca total (CT) pode ser medida por meio da resina seca, parcialmente seca, ou molhada, e é realizada com sua carga total de íons, ou seja, já regenerada. A medição é realizada avaliando-se a remoção de um íon, através de métodos analíticos, em uma determinada quantidade de resina. Sua absorção de água, sua massa seca, e sua massa em condição úmida dependem tanto de matriz polimérica, quanto da maneira e ambiente em que será aplicada (WHEATON & LEFEVRE, 2000).

A capacidade total é o número teórico de íons que podem ser trocados por volume ou massa de resina, quando esta se encontra em estado seco. Já a capacidade de operação (CO) é o nome dado à capacidade de troca quando esta se



encontra em operação em coluna, ou seja, é a medição da *Performance* sob condições adequadas indicadas pelo fornecedor (WHEATON & LEFEVRE, 2000).

Características como tipo e tamanho do trocador, CT, nível de regeneração, tipo e qualidade da solução aplicada, temperatura e distribuição afetam diretamente este fator, pois são variáveis que influenciam o desempenho. Dessa forma a CO é a medida real da capacidade de um determinado trocador iônico em remover certo número de íons quando em operação (WHEATON & LEFEVRE, 2000).

As condições de operação também influenciam diretamente na CO, já que aspectos como vazão, tempo de retenção, tipo de regeneração (dosagem de químicos, enxágue, etc.) e seletividade da resina, podem propiciar melhor ou pior adsorção do íon ao sítio ativo da cadeia polimérica (WHEATON & LEFEVRE, 2000).

Cada tipo de resina possui uma capacidade de troca diferente, conforme ilustra quadro 03.

Quadro 3 – Resinas de Troca Iônica e Suas Características

<b>Resina</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Tipo</b>	<b>Capacidade de troca (eq/L)</b>	<b>Aplicação Usual</b>	<b>Forma</b>	<b>Grupo Funcional</b>
C100	Purolite	Fortemente Ácida	2.0	Desmineralização/ Abrandamento	Gel	Ácido Sulfônico
A520 E	Purolite	Fortemente Básica	0.9	Remoção de Nitratos	Macroporosa	Amônio Quartenário, Tipo I
PFA 300	Purolite	Fortemente Básica	1.4	Desmineralização	Gel Uniforme	Amônio Quartenário, Tipo II
SST60	Purolite	Fortemente Ácida	3.8	Desmineralização/ Abrandamento/ Remoção de Ferro	Gel Uniforme	Ácido Sulfônico
IMAC HP555	Rohm and Haas	Fortemente Básica	0.9	Remoção de Nitratos	Macroporosa	Amônio Quartenário
A400	Purolite	Fortemente Básica	1.3	Desmineralização	Gel	Amônio Quartenário, Tipo I
AMBERLITE IRI20 Na	Rohm and Haas	Fortemente Ácida	2.0		Gel	Ácido Sulfônico
AMBERLITE PWA15	Dow Chemical	Fortemente Básica	1.3	Remoção de Nitratos	Gel	Amônio Quartenário

Fonte: Adaptado de Fonseca 2008.

A capacidade de uma resina é medida em equivalentes iônicos encontrados em uma unidade de medida, podendo ser por kg ou L. Estes equivalentes iônicos são medidos em Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), já que sua massa molecular é igual a 100. Em quaisquer soluções, a quantidade de íons catiônicos (expressos em  $\text{CaCO}_3$ ) deve ser igual à de íons aniônicos (expressos em  $\text{CaCO}_3$ ), trazendo a solução ao equilíbrio iônico com carga neutralizada. Essa forma de expressar os íons em uma mesma medida iônica expressa ambos em um mesmo termo, utilizando uma medida unificada, através de um mesmo composto padrão (MICHAUD, 2017).

A capacidade de troca de uma resina é expressa como eq/L (equivalentes por litro de resina), e auxilia na medição da campanha de operação da mesma. O termo Campanha se refere à quantidade (expressa em volume) que a resina consegue realizar a troca iônica antes de sua saturação ou exaustão, que é o momento onde a resina não consegue mais realizar a troca iônica, necessitando de regeneração, já o termo Ciclo de operação se refere à quantidade de horas antes da exaustão da resina, ou seja, é a razão entre campanha e vazão (MICHAUD, 2017).

Outra forma de expressar a capacidade de troca de uma resina é por meio do termo “*Bed Volume*”, que mede a quantidade de litros de solução (de concentração conhecida) que 1 litro de resina é capaz de tratar. Dessa forma, se uma solução possui uma concentração de 5 meq/L de um determinado soluto e a resina possui um equivalente de 1300 meq/L, então dividindo 1300 por 5, tem-se 260 *Bed Volumes*, ou seja, a resina conseguirá operar com 260 litros de solução (WINDSOR, 2012).

Segundo Michaud (2017) a capacidade também pode ser medida fazendo uma relação entre a vazão de operação, a concentração da solução e o volume da resina através da seguinte expressão [1]:

Equação 1 – Capacidade da Resina

$$Cap = \frac{Q \cdot C}{V}$$

[1]

Onde:

Cap: Capacidade da resina (meq/L);

Q: Volume total de solução produzida isenta do íon de remoção (L)

C: Concentração do íon de interesse (meq/L);

V: Volume da resina utilizada (L)

A conversão e verificação das unidades na etapa de dimensionamento é de extrema importância, já que todas as variáveis são levadas em consideração, e um pequeno erro pode alterar a quantidade de resina necessária para uma determinada situação, alterando condições de projeto, podendo torna-lo inadequado à demanda necessária.

Outro aspecto que deve ser considerado é a conversão de todos os íons em um mesmo termo de medição, atualmente o mais utilizado é a expressão em termos de  $\text{CaCO}_3$  (por sua massa molecular ser 100), tornando a conversão mais fácil. Para que tal conversão seja realizada, dados como a massa molecular do composto, e sua valência são necessárias, conforme indica relação (MICHAUD, 2017) [2]:

Equação 2 – Conversão dos Termos em meq/L

$$\text{meq/L} = \frac{50}{M/V}$$

[2]

Onde:

Meq/L: Expressão do íon por meio da equivalência com  $\text{CaCO}_3$

M: Massa molecular do composto

V: Valência que o íon apresenta

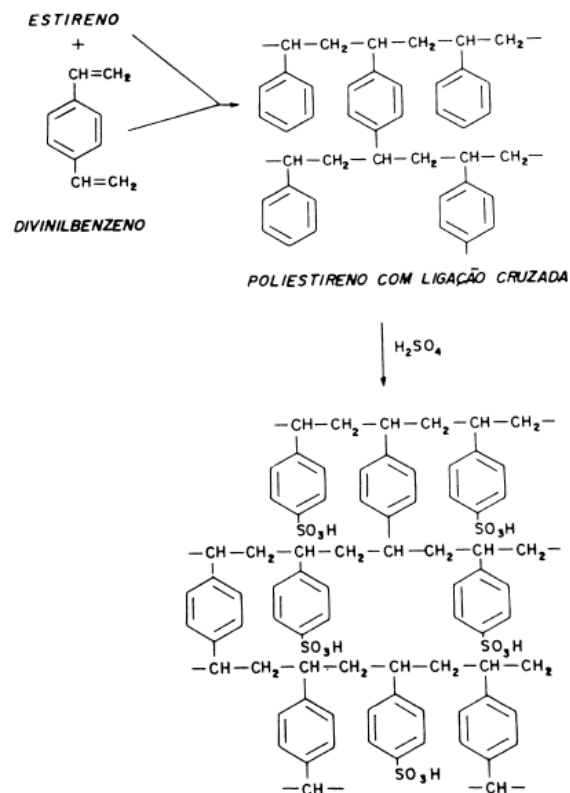
A conversão das unidades em um mesmo termo de aferição se torna indispensável para verificação da capacidade de troca, pois dessa forma os teores do (s) íon (s) de interesse são contabilizados de uma mesma maneira, relacionando-os com o volume de fluido aplicado e volume de resina.

## 2.6. SELETIVIDADE DA RESINA

A estrutura principal de uma resina é composta de material poroso, inerte, insolúvel em água, geralmente são estruturas poliméricas sintéticas com ligações cruzadas, apresentando ligações covalentes com os sítios ativos, que podem possuir afinidade com cátions, ou ânions; portanto possuem carga oposta àquela do composto que será retido. Sendo assim, uma resina catiônica atrai íons catiônicos, sendo sua carga negativa. Já a resina aniônica atrai ânions, sendo sua carga iônica positiva (FONSECA, 2008).

A reação para inserção dos sítios ativos dependerá se a resina será catiônica ou aniônica. Para resina catiônica, ocorrerá a sulfonação do anel benzeno através da reação (Figura 16) com ácido sulfúrico concentrado. Já as resinas do tipo aniônico sofre reação de clorometilação do anel benzênico, seguida geralmente por uma reação com amina quaternária, possuindo estrutura similar a catiônica, mas com grupo funcional  $-\text{CH}_2-\text{N}^+ \text{R}$ , sendo  $\text{R}^-$ ,  $\text{OH}^-$  ou  $\text{Cl}^-$  (COLLINS, BRAGA E BONATO, 1997).

Figura 16 – Reação de Sulfonação da Resina Catiônica



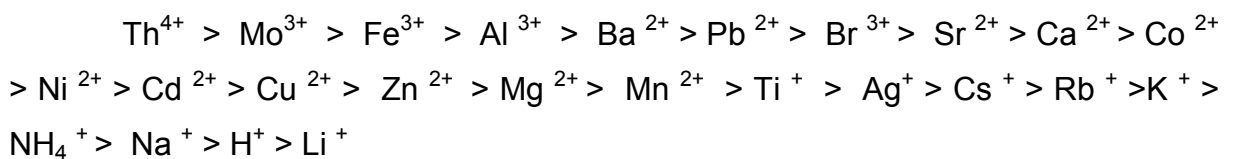
Fonte: Adaptado de Collins, Braga e Bonato, 1997

As resinas aniônicas do tipo forte possuem matriz de Estireno-Divenilbenzeno, e são classificadas em tipo 1 e 2. As do primeiro tipo possui como grupo funcional a amina quaternária, que é originada de uma reação da trimetilamina com a matriz polimérica, após a reação de clorometilação. Como possui grupo fortemente básico, possui afinidade com ânions de ácidos fracos como ácido silícico e ácido carbônico (COLLINS, BRAGA E BONATO, 1997).

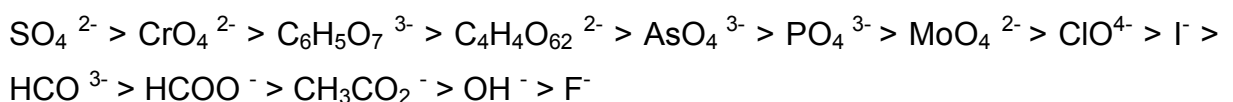
Ainda segundo Collins, Braga e Bonato (1997), a seletividade de uma determinada resina é de extrema importância para seu emprego em um determinado processo, pois depende diretamente da forma de operação. Alguns fatores como carga iônica do íon, tipo de resina, e tamanho da molécula interferem diretamente na retenção de íons. Desta forma uma resina se torna mais seletiva devido a:

- a) Haver grande número de ligações cruzadas na estrutura polimérica;
- b) Alta carga iônica, assim o íon sentirá mais afinidade com o sítio ativo, sobrepondo outros íons.
- c) Tamanho maior da partícula, já que partículas com raios maiores (por mais que sejam de mesma carga iônica) possuem menor afinidade com a resina devido ao poder de polarização do íon hidratado.

Com base nas premissas acima citadas, os íons catiônicos foram classificados na seguinte ordem decrescente de afinidade:



E para íons aniônicos:



Por mais que a valência seja a responsável pela afinidade dos íons às resinas, a quantidade de um determinado íon pode favorecer sua afinidade pela resina, de tal forma que se há uma grande concentração de íon em uma determinada solução, este íon será mais facilmente adsorvido aos sítios ativos,

dessa forma, o efeito da valência é diminuído, podendo até ser invertido (COLLINS, BRAGA E BONATO, 1997).

Dessa forma a resina de troca iônica acaba dando preferência para:

- Íons que tem alta carga;
- Íons com pequeno tamanho (Possuindo facilidade de penetrar nos poros da resina);
- Íons com grande capacidade de polarização;
- Íons com fraca interação com o fluido.

O sítio ativo na resina vai favorecer o íon nitrato sobre o íon cloreto numa proporção de 20 vezes, ou seja, o íon nitrato vai ter mais afinidade com a resina enquanto sua concentração no meio for 20 vezes menor em comparação com o cloreto (THE DOW CHEMICAL COMPANY, 1971).

O estudo da troca iônica vem ocorrendo há mais de cem anos, e vários autores fizeram estudos sobre essa tecnologia que cada vez mais vem sendo utilizada, tanto nos ramos industriais, comerciais, para potabilidade e também tratamento de resíduos.

Aultman (1950) realizou um estudo sobre a dessalinização de água do mar, incluindo remoção de nitratos, utilizando um desmineralizador de leito separado, onde um leito com resina catiônica removia os cátions da água e outro leito contendo resina aniônica removia os ânions da água. A eficiência média atingida para remoção de nitratos foi de 37 %.

Applebaum (1978) tentou descontaminar águas com alto teor de sólidos totais dissolvidos, através de resina aniônica sintética de base forte. Seus estudos mostraram pouca efetividade da desnitrificação, mas verificou uma melhora na regeneração utilizando solução de cloreto de sódio com concentração acima de 10 %.

Calmon (1979) fez um estudo com troca iônica através de leito fixo em escala laboratorial, verificando uma maior efetividade na remoção de sulfato (35%) do que de nitrato (21 %).

Johnson & Mustermam (1979) avaliaram a remoção de sulfato e nitrato através de uma coluna contendo resina fortemente básica, em escala laboratorial, obtendo eficiências médias de remoção de 22 % para sulfatos e 14 % para nitratos.

Cunha (1992) realizou testes para desnitrificação de águas contaminadas, com objetivo de potabilização, utilizando carvão ativado como pré-tratamento, e resina fortemente básica para remoção iônica, com regeneração com cloreto de sódio a 10 %, obtendo eficiências que variaram de 35 % a 46 %.

Barros e Souza (1994) realizaram a aplicação de resina fortemente básica para remoção de nitratos na Califórnia em escala industrial. A eficiência obtida foi de 46% para águas com baixos teores de sulfato, enquanto para águas com altos teores de sulfato a eficiência observada foi de 35 %.

Slater (2003) realizou um estudo para remoção de nitrato em águas com altos teores de carbonato, utilizando resina aniônica, e pré tratamento com carvão ativado e areia. A eficiência média obtida foi de 24,5 %, com regeneração por meio de solução de cloreto de sódio a 8 %.

Rohm and Haas Co. (2006) realizou um estudo para remoção de nitratos e sulfatos em escala média e em águas carbonatadas, com resina fortemente básica e regeneração com solução de cloreto de sódio a 6 %, obtendo eficiência de 42 %.



### 3. METODOLOGIA

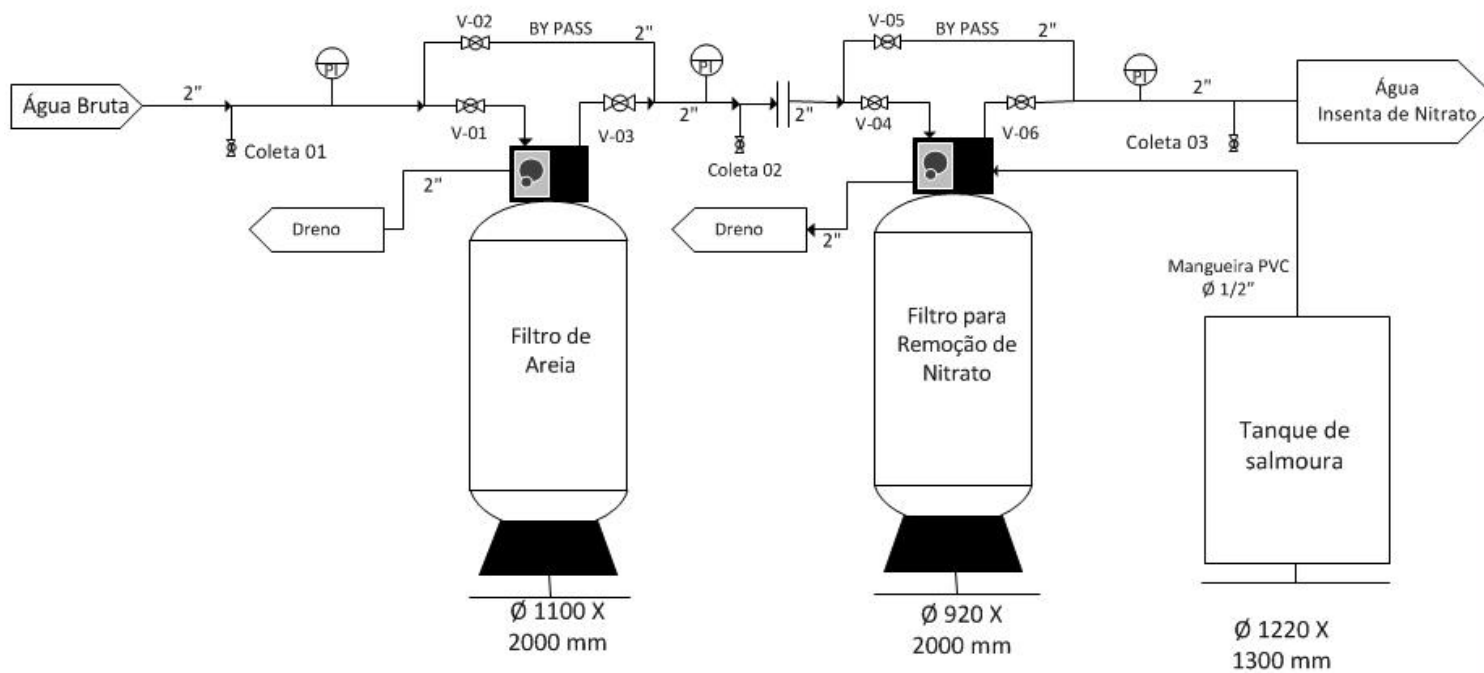
#### 3.1. FINALIDADE DA PLANTA PILOTO

A planta piloto baseou-se em remoção de nitrato em água contaminada através de tecnologia de troca iônica, na qual a água contaminada passa por um filtro de areia e depois um leito filtrante contendo resina em fluxo descendente, com operação automatizada por meio de válvula automática multi-vias como ilustra Figura 17.

A água tratada foi destinada para abastecimento de uma área comercial contendo lojas, cinema, e restaurantes, totalizando um fluxo de suprimento de aproximadamente 12 m<sup>3</sup>/h de água, isenta de nitrato.

O tratamento de água na localidade teve o intuito de tornar seu consumo nesta área comercial mais econômico, utilizando a água de poço já existente, e previamente outorgado pelo IGARN – Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte, com o conhecimento dos usuários de sua contaminação com nitrato.

Figura 17 – Montagem do da Planta Piloto



Fonte: O Autor, 2017

### 3.2. LOCALIZAÇÃO DO POÇO DE ESTUDO

O poço utilizado para a aplicação do teste em planta piloto localiza-se no bairro Candelária, na cidade de Natal, estado do Rio Grande do Norte (Figuras 18, 19 e 20).

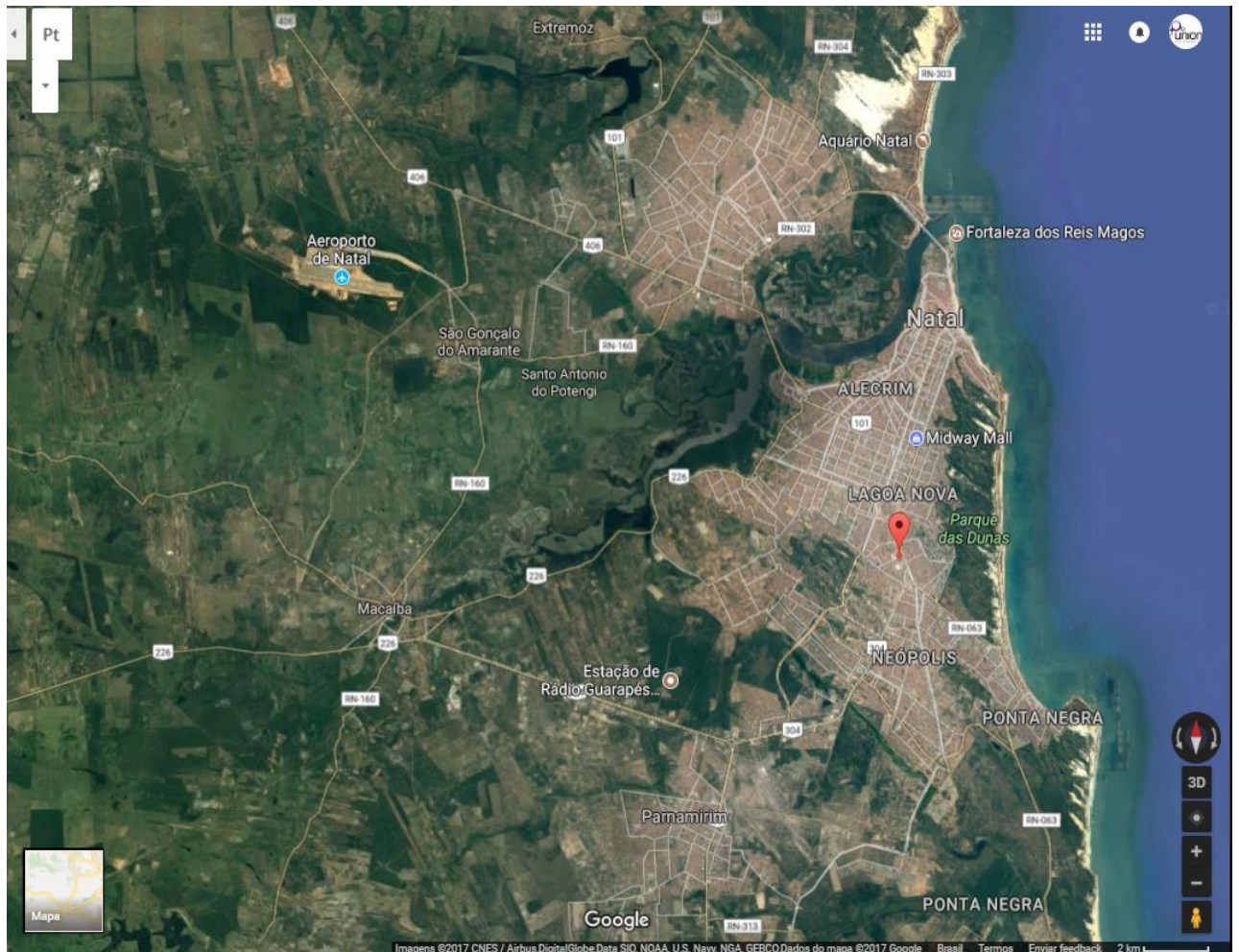
Figura 18 – Localização do poço: Brasil



Fonte: Google Earth, 2017

O poço para retirada de água é tubular e a fonte de água é do Aquífero Dunas Barreiras, Bacia Hidrográfica da Faixa Litorânea leste de Escoamento Difuso. A sucção é realizada com tubulação de diâmetro externo de 6 polegadas, com uma de bomba submersa de 4 CV, com voltagem 380 V, a 90 metros de profundidade e crivo a 55 metros, possuindo vazão total de 13 m<sup>3</sup>/h.

Figura 19 – Localização do poço: Cidade de Natal



Fonte: Google Earth, 2017

Como observado, o poço de aplicação da planta piloto está localizado na zona central da cidade de Natal, em zona litorânea, onde o solo é mais poroso pela alta concentração de areia.



Figura 20 – Localização do poço: Bairro da Candelária



Fonte: Google Earth, 2017

Devido a esta localização central onde foi aplicada a planta piloto, observa-se uma densidade populacional grande, além da presença de vários centros comerciais e centros de serviço, além de supermercados, shoppings, restaurantes e também perto da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

### 3.3. ANÁLISE INICIAL DA QUALIDADE DE ÁGUA DO POÇO DE ESTUDO

Foi realizada uma coleta da água do poço por meio de amostragem no local de estudo, para realização de uma verificação da qualidade da água na data de 06 de novembro de 2014, com de análise físico-química laboratorial realizada por laboratório terceirizado, seguindo metodologia sugerida pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22<sup>th</sup> edition. (AMERICAN PUBLIC

HEALTH ASSOCIATION, 2012). Os parâmetros analisados no laboratório, bem como seus métodos estão descritos no Quadro 04.

Quadro 4 – Parâmetros Realizados na Análise Inicial

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Método</b>
Temperatura	°C	Termométrica
Cor	uH	Colorimetria
Turbidez	uT	Turbidimetria
pH	-	Potenciometria
Condutividade Elétrica	$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ @ 25°C	Condutivimetria
Sólidos Totais	mg/L @ 105°C	Gravimetria
Sólidos Dissolvidos	mg/L	Gravimetria
Sólidos em Suspensão	mg/L	Gravimetria
Alcalinidade total	mg/L $\text{CaCO}_3$	Titulometria
Alcalinidade de hidróxido	mg/L $\text{CaCO}_3$	Titulometria
Alcalinidade Carbonato	mg/L $\text{CaCO}_3$	Titulometria
Alcalinidade Bicarbonato	mg/L $\text{CaCO}_3$	Titulometria
Dureza Total	mg/L $\text{CaCO}_3$	Titulometria
Nitrogênio Amoniacal	mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$	Colorimetria
Nitrito	mg/L $\text{NO}_2\text{-N}$	Colorimetria
Nitrato	mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$	Colorimetria
Cálcio	mg/L $\text{Ca}^{++}$	Titulometria
Sódio	mg/L $\text{Na}^+$	Fotometria de Chama
Magnésio	mg/L $\text{Mg}^+$	Titulometria
Potássio	mg/L $\text{K}^+$	Fotometria de Chama
Ferro Total	mg/L $\text{Fe}^{++} \text{Fe}^{+++}$	Colorimetria
Carbonato	mg/L $\text{CO}_3^-$	Titulometria
Bicarbonato	mg/L $\text{HCO}_3^-$	Titulometria
Sulfato	mg/L $\text{SO}_4^-$	Colorimetria
Cloreto	mg/L $\text{Cl}^-$	Titulometria

Fonte: O Autor, 2016

Os parâmetros avaliados foram físico-químicos de forma a avaliar a qualidade da água como um todo, observando não somente as formas nitrogenadas, mas diversos parâmetros, de forma a fazer um comparativo se a planta piloto afetaria outros parâmetros como cloreto ou pH.

### 3.4. MONTAGEM DA PLANTA PILOTO

Os filtros foram enviados ao local do teste (Natal-RN) sem material filtrante, e com hidráulica de forma pré-montada, de forma a evitar rupturas devido a movimentação dos vasos durante transporte de Curitiba (onde foram pré montados), até Natal (local de Instalação). A rede hidráulica foi enviada em 6 pedaços roscáveis, e o material filtrante foi enviado em sacaria de 50 kg (areia) e 25 kg (resina). A montagem *In Loco*, e também inserção de materiais filtrantes foram realizadas por equipe local especializada.

Para pressurização da água na planta piloto foram utilizadas 2 bombas tipo centrífuga com potência de 2/3 CV (Figuras 21 e 22), que succionavam a água do poço, proporcionando pressão de 3,5 bar na planta piloto.

Figura 21 – Bombas de Pressurização



Fonte: O Autor,2017

Figura 22 – Placa de Identificação da Bomba de Pressurização



Fonte: O Autor,2017

Previamente ao filtro de remoção de nitrato (FN) foi instalado um filtro de areia multicamadas (FM) de granulometrias diferentes, com o objetivo de remoção



de turbidez, cor e sujidades de tamanho até 40 micra, uma vez que estas substâncias que tendem a tamponar os poros da resina, impedindo-a de realizar a troca iônica. Em casos extremos de contaminação da resina com matéria orgânica, pode ocorrer oxidação de sua estrutura polimérica, causando ruptura da esfera. Uma vez que a esfera se rompe, sua capacidade de troca iônica é inutilizada.

Para a construção do Filtro Multicamadas de areia (FM), foi utilizado 01 vaso de pressão de PRFV (Polietileno Revestido com fibra de vidro) (Figura 23), com diâmetro externo de 1100 mm e altura total de 2000 mm de coloração amêndoa, classe de pressão 100 psi, de fabricação chinesa, abaulado tanto na parte superior quanto na parte inferior, com estrutura auto-portante em polietileno, formato trapézio tipo saia para sua suportes.

Figura 23 – Layout da Planta Piloto Escala



Fonte: O Autor, 2017

Já para a montagem do Filtro para Remoção de Nitrato (FN) (Figura 23), foi utilizado sistema similar ao Filtro Multicamadas, com diferença no tamanho do vaso, possuindo diâmetro externo de 920 mm e altura de 2000 mm.



Para mistura e armazenamento da solução de Salmoura, foi construído um tanque de polipropileno com proteção Ultravioleta (Figura 23), com diâmetro de 1,22 metros, altura total de 1,3 metros, e espessura de 6 mm totalizando 1519 L, provido de conjunto agitador com motor 1/3 CV, pás tipo hélice em aço INOX 304, e haste também em INOX 304, com altura de 0,8 m.

A operação de ambos filtros foi realizada com auxílio de válvula automática (Figura 24) rosqueada no topo de cada vaso, que controlou a operação de filtração na planta piloto, permitindo fluxos descendente e ascendente, inserção de produto químico durante regeneração no filtro de nitrato e também posterior enxágue dos leitos.

Figura 24 – Válvula Automática



Fonte: Runxin, 2017

Para impedir escape de resina para fora dos filtros, foram colocadas crepinas – telas plásticas de polietileno que possuem fissuras de 0,2 mm localizadas tanto na parte superior quanto na parte inferior do vaso para permitir somente a passagem de água, mantendo material filtrante dentro dos vasos. A crepina inferior (Figura 25), tipo estrela, impede a fuga de resina no momento de fluxo descendente e a crepina superior (Figura 26), tipo cone, impede o escape de resina no momento de fluxo ascendente dos filtros.

Figura 25 – Crepina Inferior tipo Estrela



Fonte: Water Warehouse, 2017

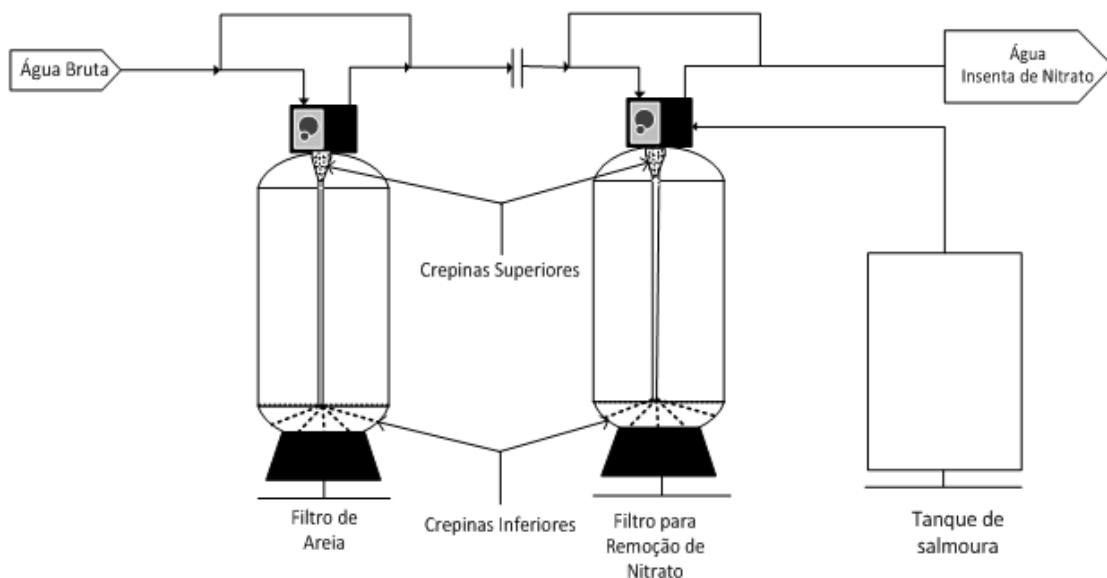
Figura 26 – Crepina Superior tipo Cone



Fonte: Water Warehouse, 2017

Ainda no interior dos vasos, foi inserido centralmente um tubo de Policloreto de Vinila (PVC), para auxiliar no controle dos fluxos de água que entram e saem dos filtros, com encaixe superior na válvula automática, e em sua parte inferior se encontrou o encaixe para a crepina inferior (Figura 27).

Figura 27 – Internos dos Vasos



Fonte: O Autor, 2017

A hidráulica dos filtros (Figura 28) consistiu em tubulações de diâmetro externo de 2" para: entrada de água bruta, saída de água isenta de nitrato, fluxo para dreno, sucção de salmoura (filtro de remoção de nitrato). A hidráulica dos filtros

teve um formato quadrado, que incluía válvulas manuais em PVC para controle de fluxo de entrada e saída, e também uma linha dedicada ao *By Pass* (Figura 29), no caso de necessidade de manutenção. As pressões foram medidas e verificadas por meio de manômetros em aço inoxidável, com conexão traseira, que possuíam faixa de medição de 0 a 7 bar, e glicerina como líquido interno.

Figura 28 – Hidráulica da Planta Piloto



Fonte: O Autor, 2017

Figura 29 – *By Pass* da Planta Piloto



Fonte: O Autor, 2017

Depois de passar pela planta piloto, a água isenta de nitrato foi clorada com solução de Hipoclorito de Sódio a 10 % até atingir 2,0 ppm de Cloro Livre, com a utilização de bomba dosadora peristáltica, e seguiu para um reservatório de 50 m<sup>3</sup> (Figura 30), onde ficou armazenada até seu consumo.

Figura 30 – Reservatório de Armazenamento de Água Isenta de Nitrato



Fonte: O Autor, 2017

### 3.5. INSTALAÇÃO

O restante da instalação da planta piloto foi montada na cidade de Natal, de forma que as tubulações foram montadas há cerca de 5 m da sucção do poço, e dentro dos vasos de pressão foram colocados 900 L de Resina Aniônica de Troca Iônica seletiva modelo UNION-TI-NO<sub>3</sub> no Filtro para Remoção de Nitratos (FN), com capacidade de troca de 0,9 meq/L, e cerca de 900 kg de Material filtrante para o Filtro de Areia Multicamadas (FM) (Figura 31) com auxílio de funil, ambos de fornecimento da empresa Union Equipamentos, da seguinte maneira:

- 1- Removeu-se as válvulas cabeçote rosqueando delicadamente, desencaixando o tubo central localizado dentro do vaso, tomando cuidado para não deixar a crepina superior deslizar pelo tubo, removendo-a.
- 2- Tampou-se os tubos centrais com fita adesiva resistente, para impedir que o material filtrante entrasse dentro dos tubos.
- 3- Inclinou-se os vasos de pressão de forma que o material filtrante pudesse deslizar pelas paredes antes de chegar ao fundo. Durante esta operação manteve-se o mesmo inclinado.
- 4- Colocou-se aproximadamente 40 cm de altura de água, de forma com que as camadas inferiores sofressem menos impacto ao chegarem ao fundo do vaso evitando a quebra das crepinas inferiores.
- 5- Colocou-se o material filtrante com auxílio de um funil, tomando cuidado para que o tubo central permanecesse centralizado e alinhado com o bocal do vaso, tomando cuidado para não quebrar as crepinas, visto que as camadas inferiores de areia possuem alta densidade.
- 6- Quando foi colocado cerca de 300 kg em ambos vasos, retornou-se os vasos para a posição vertical, e fez-se uma leve inclinação para o lado oposto, de forma a nivelar o leito filtrante, em seguida ajustando-se os vasos no local de instalação, finalizando o preenchimento com o material filtrante.
- 7- Encaixou-se as crepinas superiores na válvula (girando levemente) e no tubo central dentro do vaso.
- 8- Rosqueou-se a válvula automática no topo do vaso, até fechar completamente (cerca de  $\frac{3}{4}$  de volta a mais depois de já firme).
- 9- Ligou-se a válvula automática no ponto de força (110 ~ 220 V monofásico).

Figura 31 – Organização dos Materiais Filtrantes dentro do FMU

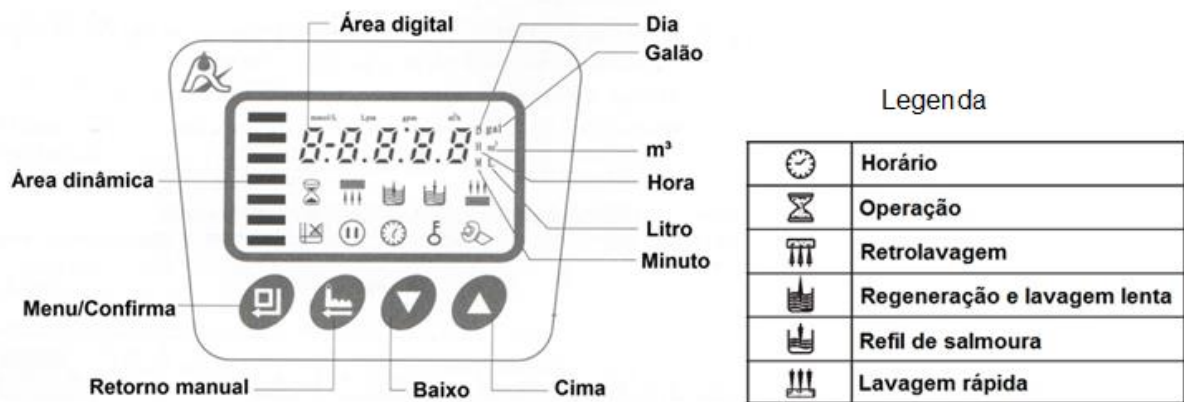


Fonte: O Autor, 2017

### 3.6. OPERAÇÃO

A operação da planta piloto foi realizada pela válvula automática localizada no topo do vaso, que controlou a operação de filtração dos Filtros, permitindo fluxo descendente, bem como os fluxos durante o momento de regeneração. Assim cinco funções foram realizadas, aparecendo seus respectivos símbolos indicativos no display (Figura 32).

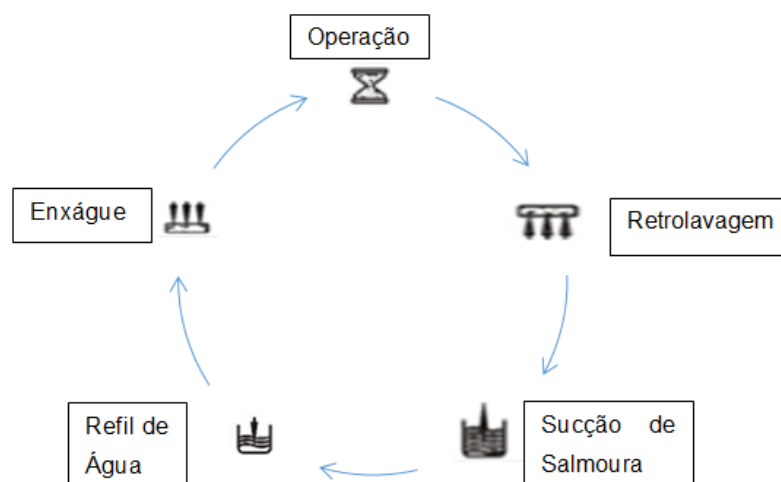
Figura 32 – Display da Válvula Automática



Fonte: Union Equipamentos, 2017

As operações trabalham em etapas, assim, quando uma operação finaliza, a válvula realiza uma modulagem interna das vias de passagem de fluxo, alterando para outra operação, até todas as operações serem realizadas, iniciando se um novo ciclo de trabalho (Figura 33), ressaltando que as etapas de retrolavagem, sucção de salmoura, e enxágue fazem parte da regeneração da resina, e que o refil de água é um suporte para que a operação fique automatizada.

Figura 33 – Ciclo de Trabalho da Válvula Automática



Fonte: O Autor, 2017


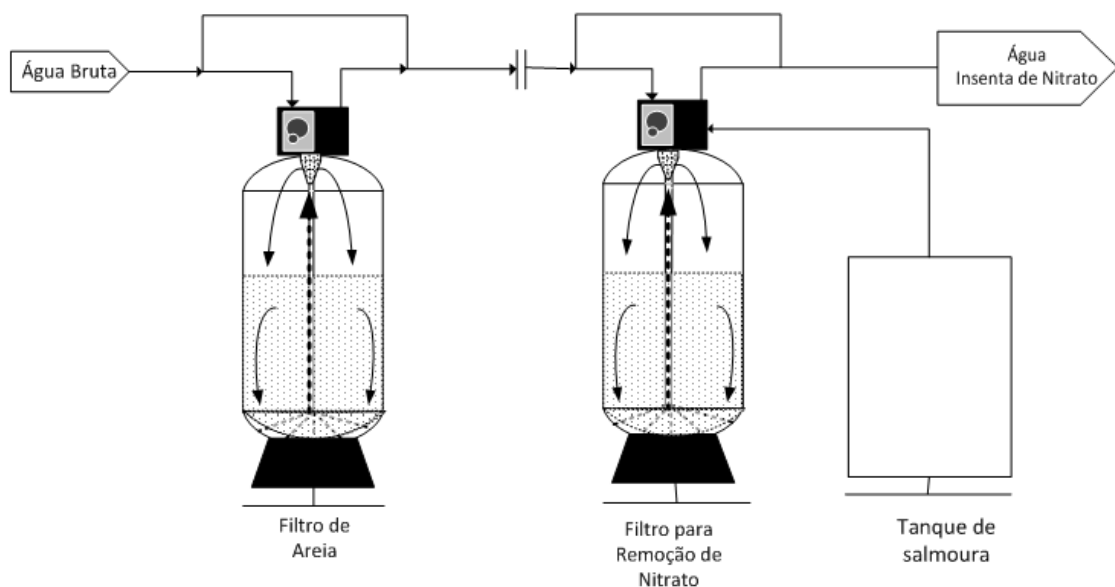

Operação (remoção de nitrato): É indicada pelo display com o símbolo  onde o fluxo permanece descendente, fazendo a água passar pela crepina superior, percorrer todo o leito filtrante passando pela crepina inferior subindo pelo tubo central e saindo por outra tubulação de água filtrada. Conforme indicado pelo fabricante, esta operação tem duração de 24 horas ou produção de 288 m<sup>3</sup> de água tratada - denominada Campanha (Figura 34), que foi o volume calculado de água isenta de nitrato que a planta piloto teve a capacidade de produzir antes de as resinas entrarem em saturação.

Figura 34 – Operação dos Filtros



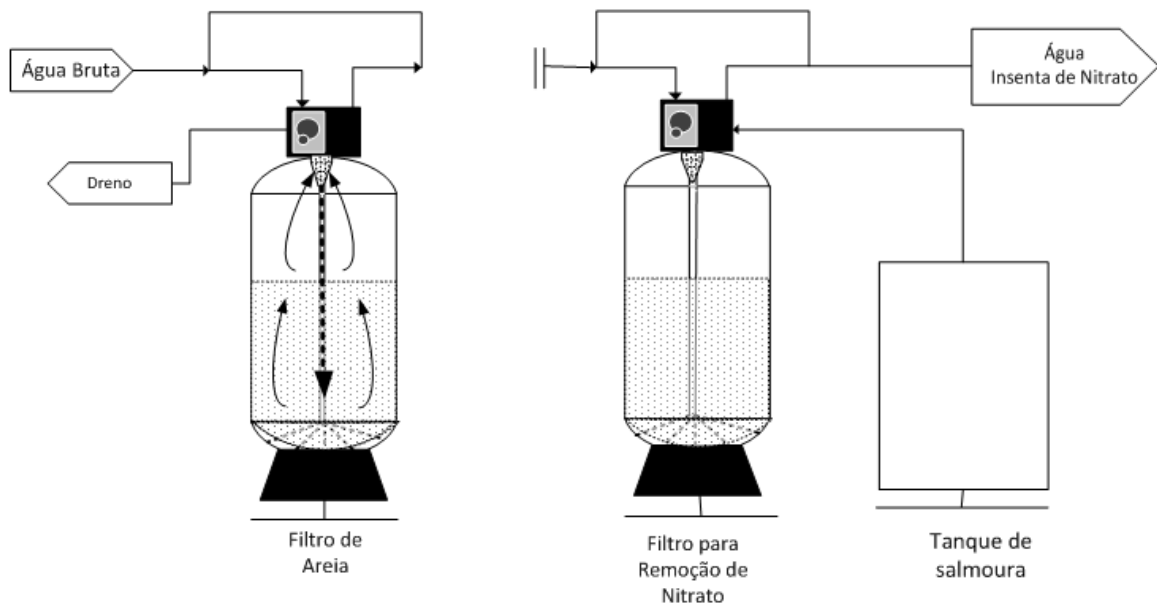
Fonte: O Autor, 2017

Retrolavagem: é indicada pelo símbolo  com fluxo entrando pelo tubo central passando pela crepina inferior e leito de resina, promovendo fluxo ascendente e expandindo o leito, seguindo pela crepina superior e saindo pela tubulação de dreno (Figura 35). O diâmetro da passagem do fluxo nessa operação reduz 30 %, conseqüentemente baixando vazão de entrada para aproximadamente 8,5 m<sup>3</sup>/h, aumentando pressão de operação para 5,5 bar. Conforme indicado pelo fabricante esta operação teve duração de 20 min.

Vale ressaltar que durante esta etapa todo o fluxo de saída muda, seguindo para dreno de forma a não contaminar a tubulação de água desnitrificada. A entrada de água continua a mesma, então quando o FN está em retrolavagem, a água passa

pelo FM, mas a saída se dá pelo dreno. Quando o FM está fazendo retrolavagem, o fluxo de entrada de água para o FN é interrompida e este permanece em *Stand By*.

Figura 35 – Operação de Retrolavagem dos Filtros



Fonte: O Autor, 2017


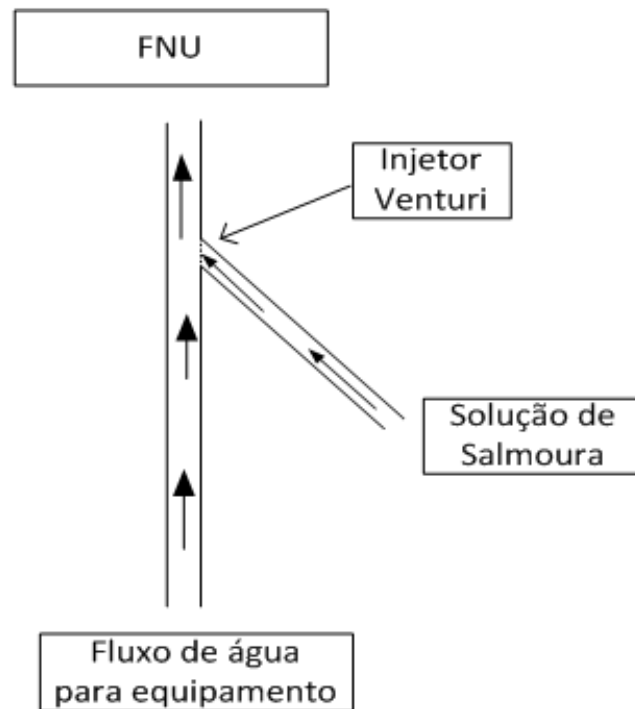

Sucção de Salmoura: é indicada pelo símbolo  com fluxo descendente assim como quando em operação. Durante esta etapa da regeneração abre-se um fluxo adicional de *Inlet*, correspondente ao da entrada da solução de salmoura, e por meio da pressão de fluxo adjunto à sucção, este líquido é arrastado para dentro do vaso, ocorrendo um regime tipo venturi (Figura 36). Conforme indicado pelo fabricante, esta etapa teve duração de 60 minutos que é o tempo necessário de contato entre a salmoura e as resinas para que a regeneração ocorra adequadamente.




Figura 36 – Funcionamento do Sistema Venturi



Fonte: O Autor, 2017

Refil de Água: é indicada pelo símbolo  onde ocorreu o enchimento de água dentro do tanque de salmoura, facilitando a operação para a preparação da solução. A água bruta entrou pela válvula, passou pelo leito de filtração e seguiu para o tanque de salmoura, funcionando como um pré-enxágue. A água dentro do tanque serviu para posterior sucção no próximo ciclo de regeneração. Conforme visto *in loco*, para que o tanque de salmoura enchesse com a quantidade de água indicada pelo fabricante foi necessário que esta etapa tivesse duração de 16 minutos.

Enxágue: é indicada pelo símbolo  onde ocorreu o enxágue de salmoura no leito das resinas, removendo o excesso de sal que ficou acumulado durante regeneração. Após esta etapa de enxágue, a válvula modulou novamente retornando para operação. Conforme indicado pelo fornecedor, para que o enxágue do excesso de salmoura ocorresse satisfatoriamente, esta etapa teve duração de 40 minutos.

### 3.7. LAVAGEM DOS FILTROS

Devido à presença de pequenos particulados e eventuais sujidades no material filtrante, após a colocação do material filtrante e antes de iniciar a operação, fez-se uma lavagem dos materiais filtrantes, composta de etapa de retrolavagem (Para remover os materiais finos) e enxágue (para assentar as camadas filtrantes e remover o restante da sujeira). Todo o procedimento foi realizado primeiramente no FM, pois é primeiramente por onde passa o fluxo de água, e posteriormente no FN. Depois deste procedimento o filtro encontrou-se pronto para iniciar funcionamento.

### 3.8. REGENERAÇÃO

Após o ciclo de 288 m<sup>3</sup>, se fez necessária a regeneração do FN, realizando a troca do nitrato aderido na resina por cloreto, através da passagem da solução de solução de NaCl (Cloreto de sódio) a uma concentração aproximada de 10% (m/m), em fluxo descendente, de forma a converter o estado da resina de saturada para regenerada com auxílio do tanque de salmoura (Figura 37).

Figura 37 – Tanque de Salmoura



Fonte: O Autor, 2017

Durante cada etapa de regeneração foram consumidos 145 kg de cloreto de sódio na forma de sal médio moído isento de iodo, dissolvidos em 1400 L de água. Para dissolução do sal, o agitador alocado acima do tanque foi utilizado de forma a homogeneizar a solução (Figura 38), evitando que o sal se acumulasse no fundo do tanque.

Figura 38 – Agitador do Tanque de Salmoura



Fonte: O Autor, 2017

A regeneração foi realizada através da inserção de 1400 L da solução de cloreto de sódio a  $\pm 10\%$  (m/m), em fluxo descendente, onde sua sucção era realizada com sistema venturi, passando pelo leito de resina durante 60 minutos, trocando o nitrato aderido na resina por cloreto, com esse fluxo seguindo para dreno.

### 3.9. AMOSTRAGEM

As coletas para verificação da remoção de nitrato foram realizadas por meio de tomadas de amostra na saída dos filtros durante operação, coletadas na tubulação de amostragem contendo válvula para coleta, e as análises foram

realizadas por laboratórios terceirizados, localizados na região de Natal - RN, (Quadro 05).

Quadro 5 – Amostragem da Saída do FN

<b>Mês (2016)</b>	<b>Análise</b>	<b>Metodologia</b>
Junho, Julho, Agosto, Setembro, Outubro, Novembro	Temperatura, Cor, Turbidez, pH, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos, Sólidos em Suspensão, Alcalinidade total, Alcalinidade de hidróxido, Alcalinidade Carbonato, Alcalinidade Bicarbonato, Dureza Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, Cálcio, Sódio, Magnésio, Potássio, Ferro Total, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloreto.	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th edition. (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012).
Junho, Julho, Agosto, Outubro	Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th edition. (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012).

Fonte: O Autor, 2017

Como a água seria destinada a consumo humano, parâmetros microbiológicos como Coliformes Totais e Termotolerantes também foram avaliados, de forma a verificar todas as diretrizes da legislação vigente.

### 3.10. VERIFICAÇÃO DA REMOÇÃO DO FN

Para analisar a remoção de nitrato do FN foi feita sua verificação quantitativa por meio de análises laboratoriais em laboratórios terceirizados, observando se a quantidade de saída da planta piloto obedecia a Portaria de Potabilidade do Ministério da Saúde, nº 2914 de 2011, ou seja, teor igual ou inferior a 10 mg/L de NO<sub>3</sub>-N, observando o comportamento da planta piloto durante o período de estudo.

Para melhor verificação dos resultados e efetividade da planta piloto, foram realizadas campanhas extras de análises laboratoriais em laboratórios diferentes,

(comprovação de resultados) em novembro de 2016 e março de 2017, verificando o ponto de saturação da resina (Quadro 6).

Quadro 6 – Amostragem para Verificação do FN

Período	Laboratório	Metodologia	Parâmetro
22 de Novembro de 2016	Aquanalous	Standard Methods for the examination of water and wastewater, 21th edition (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012).	Nitrato
	Central Lab	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th edition (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012).	
	Funcern	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th edition (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012).	
Campanha de 24 e 25 Novembro de 2016	Central Lab	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th edition (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012).	Nitrato
Campanha de 22 de Março de 2017	Aquanalous	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition. (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012).	Cor, Turbidez, pH, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais, Sólidos Dissolvidos, Sólidos em Suspensão, Alcalinidade total, Alcalinidade de hidróxido, Alcalinidade Carbonato, Alcalinidade Bicarbonato, Dureza Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrito, Nitrato, Cálcio, Sódio, Magnésio, Potássio, Ferro Total, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloreto, Salinidade.

Fonte: O Autor, 2017

Na campanha de novembro coletaram-se amostras das 18h 30 do dia 24 de novembro até às 13h do dia 25 de novembro, e na campanha de março foram coletadas amostras das 8h até às 20h do dia 22 de março de 2017.

### 3.11.RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO

Para verificação da relação custo benefício da planta piloto foi avaliado o custo da água fornecida pela concessionária Companhia de Saneamento do Estado do Rio Grande do Norte – CAERN, comparando com o custo operacional da planta piloto, relacionando valores de: custo do operador, energia da bomba para pressurização do sistema, valor de sal utilizado para regeneração, e custo da água extraída do poço, verificando ainda o valor de *Pay Back* simples da planta piloto, baseado na economia mensal.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ANÁLISE INICIAL DA ÁGUA

Após uma avaliação inicial da qualidade de água do poço de estudo realizada em 06 de novembro de 2014 (Anexo 1), verificou-se que dois parâmetros analisados não se enquadravam na Portaria de Potabilidade nº 2914 do Ministério da Saúde: nitrato, que se apresentou 30% acima do limite permissível, e pH que se encontrou levemente ácido (Quadro 07) .

Quadro 7 – Análise Inicial da Qualidade do Poço de Estudo

Parâmetro	Unidade	Método	Resultado	Limite Permissível*
Temperatura	°C	Termométrica	25	N/A**
Cor	uH	Colorimetria	3,0	15
Turbidez	uT	Turbidimetria	0,8	5
<b>pH</b>	-	<b>Potenciometria</b>	<b>5,98</b>	<b>6,0 a 9,5</b>
Condutividade Elétrica	$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}@ 25^{\circ}\text{C}$	Condutivimetria	311,0	N/A
Sólidos Totais	mg/L @ 105°C	Gravimetria	155,3	N/A
Sólidos Dissolvidos	mg/L	Gravimetria	154,3	1000
Sólidos em Suspensão	mg/L	Gravimetria	1,0	N/A
Alcalinidade total	mg/L $\text{CaCO}_3$	Titulometria	16	N/A
Alcalinidade de hidróxido	mg/L $\text{CaCO}_3$	Titulometria	0	N/A
Alcalinidade Carbonato	mg/L $\text{CaCO}_3$	Titulometria	0	N/A
Alcalinidade Bicarbonato	mg/L $\text{CaCO}_3$	Titulometria	16	N/A
Dureza Total	mg/L $\text{CaCO}_3$	Titulometria	20	500
Nitrogênio Amoniacal	mg/L $\text{NH}_3\text{-N}$	Colorimetria	0,08	1,5
Nitrito	mg/L $\text{NO}_2\text{-N}$	Colorimetria	0	1,0
<b>Nitrato</b>	<b>mg/L <math>\text{NO}_3\text{-N}</math></b>	<b>Colorimetria</b>	<b>12,96</b>	<b>10</b>
Cálcio	mg/L $\text{Ca}^{++}$	Titulometria	15,8	N/A

Continuação Quadro 7 – Análise Inicial da Qualidade do Poço de Estudo

Parâmetro	Unidade	Método	Resultado	Limite Permissível*
Sódio	mg/L Na <sup>+</sup>	Fotometria de Chama	23,6	200
Magnésio	mg/L Mg <sup>+</sup>	Titulometria	10,96	N/A
Potássio	mg/L K <sup>+</sup>	Fotometria de Chama	3,0	N/A
Ferro Total	mg/L Fe <sup>++</sup> Fe <sup>+++</sup>	Colorimetria	0,07	0,3
Carbonato	mg/L CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Titulometria	0	N/A
Bicarbonato	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Titulometria	19,52	N/A
<b>Sulfato</b>	<b>mg/L SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	<b>Colorimetria</b>	<b>9,0</b>	<b>250</b>
<b>Cloreto</b>	<b>mg/L Cl<sup>-</sup></b>	<b>Titulometria</b>	<b>42,0</b>	<b>250</b>

\* Limite estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde nº 2914.

\*\*Não Aplicável

Fonte: O Autor, 2017

Esse valor de nitratos acima do permitido pela legislação no centro da cidade de Natal pode estar vinculado com uma contaminação por esgotos oriundos de fossas sépticas e sumidouros, que percolam até águas subterrâneas, conforme estudos de Melo, Queiroz e Hunziker (1998), Lima et al. (2007) e Costa et al. (2012), indicando uma contaminação antiga, pelo fato de não haver altos teores de nitrogênio amoniacal e nitrito, componentes que indicam contaminação recente, já que pelo ciclo do nitrogênio, o nitrato é o último estágio de degradação, de acordo com estudos feitos por Fonseca (2008).

## 4.2. PERÍODO DE JUNHO A NOVEMBRO 2016

### 4.2.1. Cor

Ao coletar amostras na entrada e na saída da planta piloto para coleta, pode-se verificar uma diferença significativa na coloração entre a entrada e a saída, mostrando que o FM conseguiu atingir seu objetivo de remoção de sujidades, tornando a água incolor (Figuras 39 e 40).



Figura 39 – Coloração da Água Antes do da Planta Piloto



Fonte: O Autor, 2017

Figura 40 – Coloração da Água Depois da Planta Piloto



Fonte: O Autor, 2017

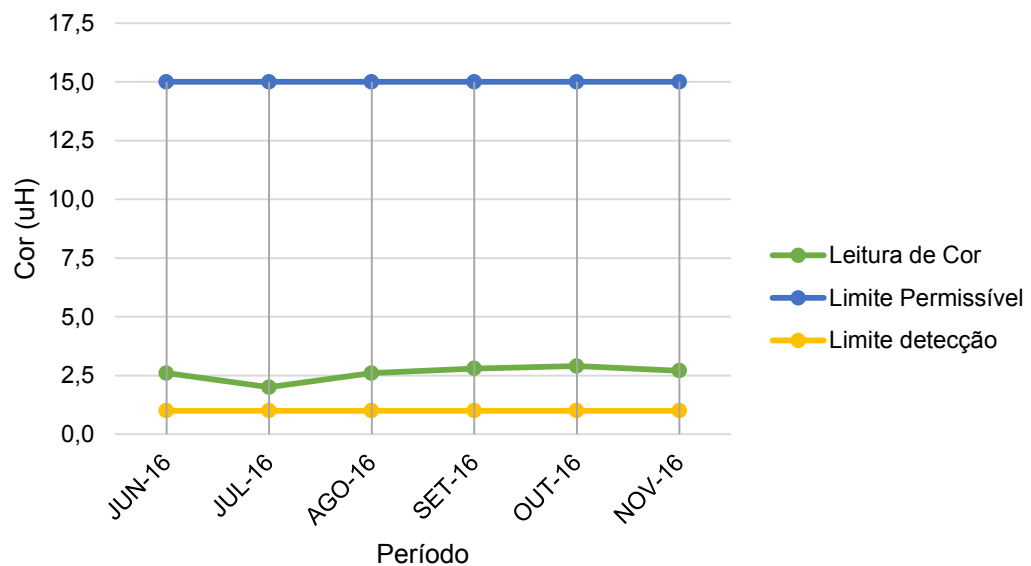
Apesar de o parâmetro de cor ter se apresentado dentro do limite permissível para consumo humano em todas as análises, que é de 15 uH (Tabela 1), inclusive na análise inicial, e ter se mostrado bastante estável (Figura 41), com Desvio Padrão de 0,3 uH. De acordo com o fabricante, a sujidade existente verificada por meio da Figura 39 poderia se acumular gradativamente nos poros da resina, causando um entupimento dos sítios ativos, ou uma ruptura das esferas, impedindo a troca iônica e diminuindo a eficiência do Filtro para Remoção de Nitratos.

Tabela 1 – Resultados da Campanha de Cor de Junho a Novembro de 2016

Mês	Valor de Cor (uH) na Saída da Planta Piloto
Junho	2,6
Julho	2,0
Agosto	2,6
Setembro	2,8
Outubro	2,9
Novembro	3,0

Fonte: O Autor, 2017.

Figura 41 – Variação de Cor Junho a Novembro de 2016



Fonte: O Autor, 2017

Por mais que visualmente houvesse diferença na coloração das amostras, entre a entrada e a saída da planta piloto, não foi suficiente para que interferisse significativamente no valor do parâmetro cor, se comparado com o valor de água bruta referente a novembro de 2014.

#### 4.2.2.NITRATO

As análises referentes às coletas feitas na saída do filtro durante etapa de remoção de nitrato, do mês de junho a novembro de 2016 (Anexos 2 a 7), mostraram que houve a remoção do teor de nitrato a níveis aceitáveis para consumo humano, segundo Portaria nº 2914 ( $\leq 10$  mg/L  $\text{NO}_3\text{-N}$ ) (BRASIL, 2011), conforme sintetiza a Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da Campanha de Nitrato de Junho a Novembro de 2016

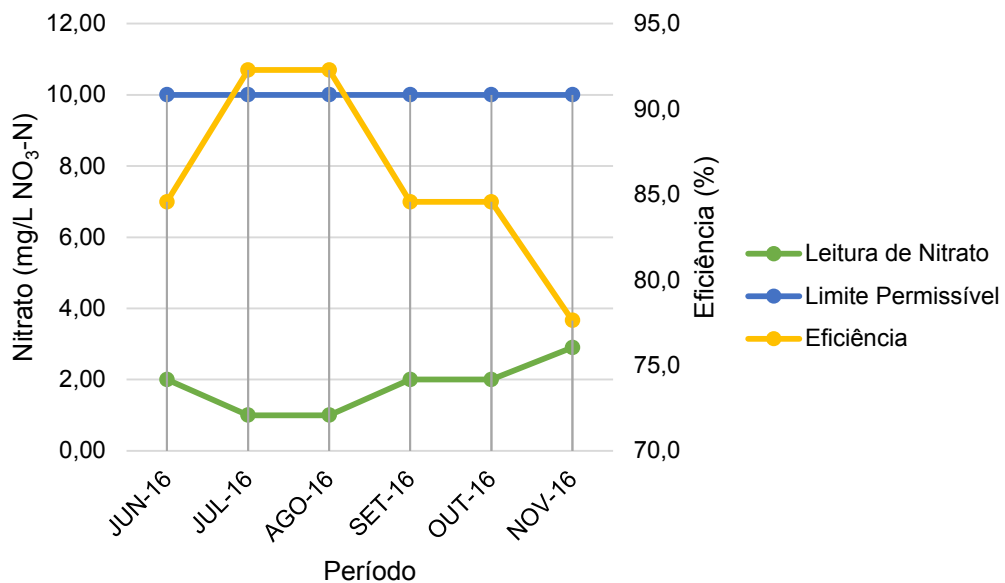
<b>Mês</b>	<b>Valor de Nitrato (mg/L <math>\text{NO}_3\text{-N}</math>) na Saída da Planta Piloto</b>
Junho	2,0
Julho	1,0
Agosto	1,0
Setembro	2,0
Outubro	2,0
Novembro	2,9

Fonte: O Autor, 2017

De acordo com o fabricante, a remoção de nitrato do equipamento só foi possível, pois este composto era iônico, pois se o nitrato fosse de origem orgânica, ou seja, ligado com cadeias carbônicas, a utilização da resina não seria efetiva.

Dentro das análises efetuadas, houve variação do teor de nitrato da saída do Filtro, de 1,0 a 2,9 mg/L de  $\text{NO}_3$  obtendo-se eficiência de remoção de 78 a 92 % de eficiência (Figura 42).

Figura 42 – Variação de Nitrato e Eficiência no FN de Jun. a Nov. de 2016



Fonte: O Autor, 2017

As eventuais flutuações de processo que estão intrinsecamente relacionadas com a *Performance* da Planta Piloto como:

1 – Oscilações de Vazão: A oferta de água oriundo do poço variar devido a fatores climatológicos como regime pluvial afetando na recarga do aquífero conforme Nóbrega, Araújo e Santos (2008) e Fonseca (2008) e também fatores antropogênicos como um maior consumo de água por outros consumidores que utilizam o mesmo aquífero; desta forma afetando diretamente a sucção da bomba que ocorre a 90 metros de profundidade;

2 – Alterações na qualidade da água do poço: Alterações no regime de chuvas como secas prolongadas e enchentes, além de mais ou menos inserções de nitrato no solo devido a contaminação através de esgotos que de acordo com a Prefeitura Municipal de Natal (2014), podem alterar a qualidade de água no aquífero. Entretanto como a sua velocidade de movimentação é lenta, a poluição captada atualmente é antiga, se comprovando não só pelo fato de a cidade ser antiga com ausência de saneamento básico, mas também pelo teor de amônia e nitritos, que representam poluição recente, serem baixos, conforme estudos de Fonseca (2008).

As chuvas ainda podem auxiliar no aumento da percolação dos nitratos acumulados no solo nas águas subterrâneas, aumentando a concentração por causa da alta porosidade do aquífero como mostrou Nolan et al. (1998).

Assim, estas alterações de qualidade da água podem aumentar o teor de nitrato, reduzindo a capacidade, bem como trazer íons concorrentes o que diminui a redução da adsorção do íon nitrato pelo sítio da resina conforme Collins, Braga e Bonato (1997) mostraram em seus estudos.

Outro fator bastante relevante é a quantidade de cloretos presentes na água bruta que pode ser indicativo de poluição por meio de esgotos, conforme Costa et al. (2012) indicaram.

Como a planta piloto estava localizada em cidade litorânea (zona de estuário), o poço poderia ter absorvido essa carga salina devido a proximidade com o mar, e uma grande concentração desse íon causa uma espécie de regeneração na resina, pois, segundo o fabricante, ofertando uma carga de cloreto muito maior do que uma carga de nitrato é como se um processo de regeneração estivesse sendo feito. Dessa maneira a resina terá mais afinidade pelo cloreto, devido ao seu excesso não realizando a remoção de íon nitrato.

2 – Sucção da Salmoura: Deve ser realizada adequadamente, pois esta etapa é muito relevante no processo da troca iônica já que é o principal fator no momento da regeneração da resina. Segundo fabricante e também de acordo com Wheaton & Lefevre (2000), no caso de uma regeneração inadequada, a resina terá capacidade reduzida, pois seus sítios ativos ainda estarão preenchidos com nitrato, não estando aptos a uma nova remoção.

Dessa forma, se a solução tiver com concentração inferior a 10 % (m/m), ou ainda se o tempo de contato entre a resina e a salmoura não for suficiente, a regeneração será ineficiente.

De acordo com o fabricante, alterações da vazão da planta piloto também podem interferir diretamente na regeneração, pois como a etapa de sucção ocorre através de sistema venturi, uma alteração da vazão alteraria a sucção da salmoura, tornando-a mais rápida ou mais lenta, então se a vazão aumentar durante regeneração, a sucção da salmoura será mais rápida, podendo não haver tempo de contato suficiente entre as fases, não realizando a regeneração de forma adequada.

Apesar destes fatores alterarem na efetividade do FN, o filtro conseguiu absorver todas as flutuações de processo sem que isso impedisse a remoção do íon nitrato a níveis aceitáveis para consumo humano, ou seja,  $\leq 10 \text{ mg/L NO}_3\text{-N}$ .

Comparando-se valor de saída da planta piloto durante os meses de junho a novembro com o valor bruto obtido inicialmente de nitrato, puderam-se verificar eficiências de 78 a 92 %, conforme ilustra Tabela 3, apresentando desvio padrão de apenas 5,6 % na eficiência.

Tabela 3 – Eficiência da Remoção de Nitrato de Junho a Novembro de 2016

<b>Mês</b>	<b>Eficiência</b>
Junho	85%
Julho	92%
Agosto	92%
Setembro	85%
Outubro	85%
Novembro	78%

Fonte: O Autor, 2017

Para verificar a capacidade real de troca da resina, converteu-se os valores em termos de equivalente em  $\text{CaCO}_3$ , e na sequência aplicou-se a fórmula que MICHAUD (2017) propôs [1], chegando-se ao resultado de 2,83 meq/L, sendo cerca de 3 vezes maior do que o valor que o fabricante havia passado, o que indica que, apesar da presença de alguns fatores que pudessem afetar sua eficiência, a resina estava desempenhando alta *performance*. Fazendo uma relação dessa capacidade de troca com o de outras resinas (Quadro 3), observa-se que a resina demonstrou maior capacidade de troca tanto com resinas seletivas como com resinas convencionais.

#### 4.2.3.pH

Com relação ao pH da água de saída da planta piloto, pode-se verificar uma variação (Figura 43) no seu resultado, em alguns meses um aumento e outro uma redução nos valores, podendo ser devido a fatores climatológicos ou antropológicos

diversos que interferiram na recarga do aquífero, de acordo com Fonseca (2008), que podem ter alterado este parâmetro. Dessa forma pode se observar que a planta piloto não contribui para aumento ou diminuição de pH, conforme observado na análise de água bruta – novembro de 2014 (Quadro 7), em comparação com as análises do período (Tabela 4).

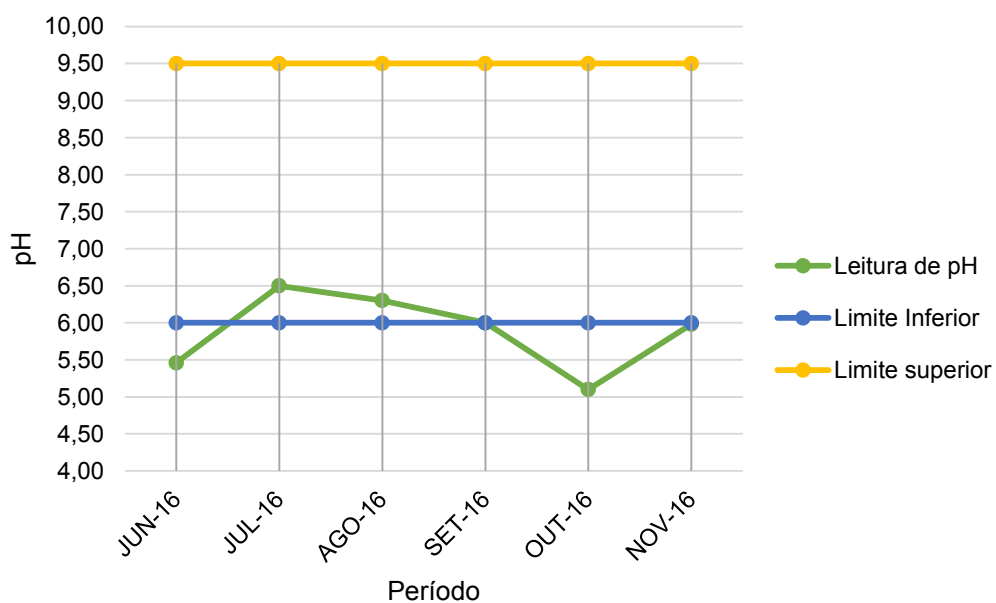
Tabela 4 – Resultados da Campanha de pH de Junho a Novembro de 2016

Mês	Valor de pH na Saída da Planta Piloto
Junho	5,46
Julho	6,50
Agosto	6,30
Setembro	6,0
Outubro	5,10
Novembro	5,98

Fonte: O Autor, 2017

Nos meses de junho, outubro e novembro, observou-se que o teor de pH ficou fora da legislação, que permite valores de pH de 6,0 a 9,5.

Figura 43 – Variação de pH de Junho a Novembro de 2016



Fonte: O Autor, 2017

Conforme observado, e de acordo com estudos realizados por Collins, Braga e Bonato (1997), o pH apresentado pela água encontra-se adequado (4 a 12) para que a resina desempenhasse sua melhor *performance*, apresentando Desvio Padrão de 0,5.

#### 4.2.4.Sulfato

Segundo Mahler, Colter e Hirnick (2007), a remoção de nitrato por meio de troca iônica é muito efetiva, exceto quando a água contém quantidade significativa de sulfato, que compete diretamente no processo de troca.

Analisando o teor de sulfato na saída da planta piloto (Tabela 5), que é o principal íon concorrente do nitrato devido sua maior valência na última camada de elétrons, pode-se verificar que houve variação significativa, apresentando Desvio Padrão de 16,3 mg/L Cl durante o período (Figura 44).

Ressalta-se que durante todo o período (junho a novembro) o teor de sulfato ficou dentro do limite permissível por lei que é  $\leq 250$  mg/L de  $\text{SO}_4$ .

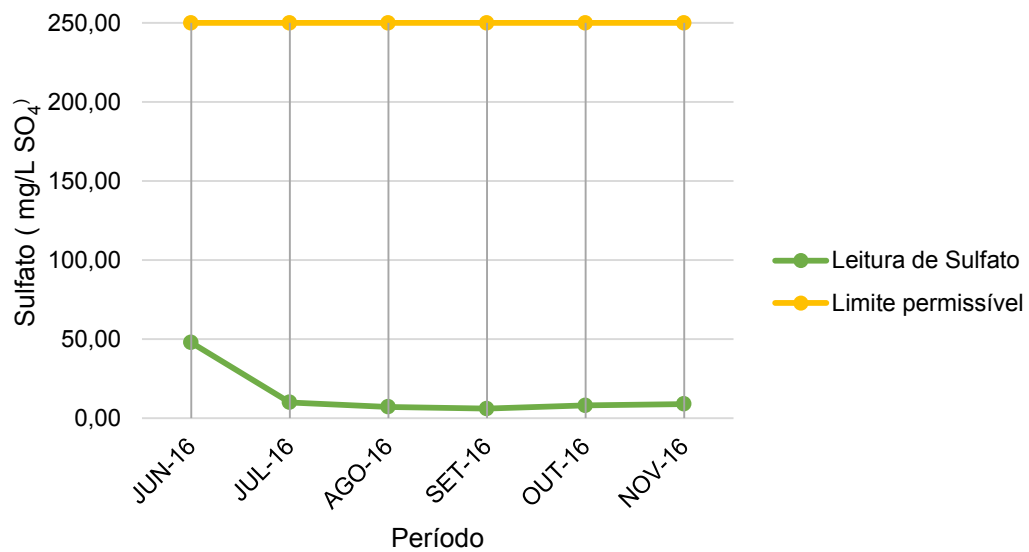
Tabela 5 – Resultados da Campanha de Sulfato de Junho a Novembro de 2016

<b>Mês</b>	<b>Valor de Sulfato (mg/L <math>\text{SO}_4</math>) na Saída da Planta Piloto</b>
Junho	47,0
Julho	10,0
Agosto	7,10
Setembro	6,0
Outubro	8,0
Novembro	9,0

Fonte: O Autor, 2017



Figura 44 – Variação do Sulfato de Junho a Novembro de 2016



Fonte: O Autor, 2017

Houve uma oscilação nos valores, principalmente verificada a queda do mês de junho para o mês de julho. Entretanto esse valor não causou perda de eficiência significativa da planta piloto, já que a resina tem preferência por este íon, conforme já verificado pelo baixo Desvio Padrão (5,6 %) na eficiência de remoção do nitrato.

#### 4.2.5. Cloreto

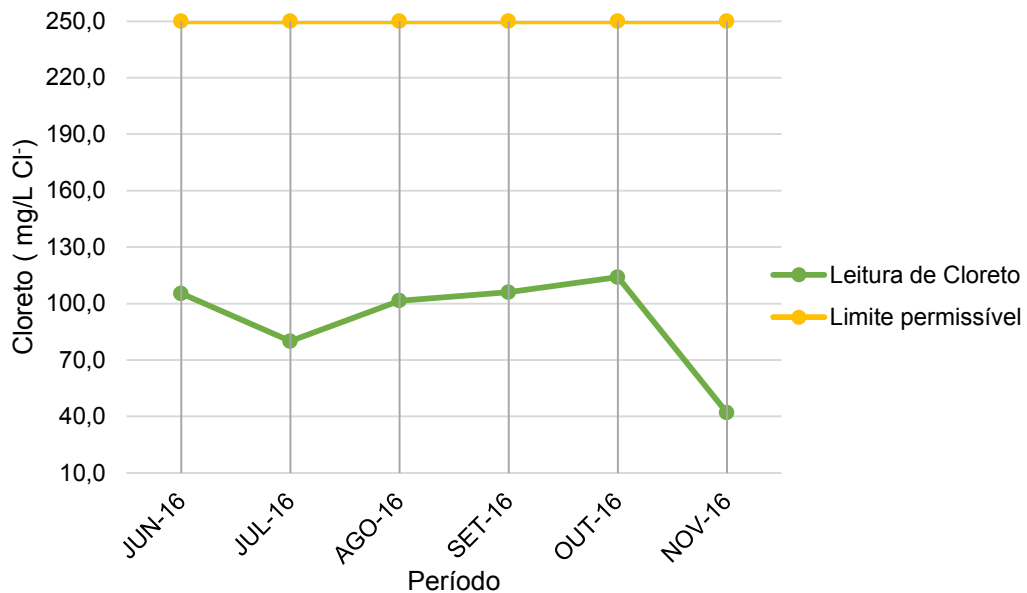
Com relação ao Cloreto, observou-se que houve variação dos valores deste componente (Tabela 6 e Figura 45), que segundo fabricante, poderia ser explicada por sua retenção no leito filtrante, realizando uma espécie de regeneração com o cloreto oriundo da água bruta, expulsando o nitrato para fora do meio, o que levaria a um aumento do teor de nitrato na saída do da planta piloto. Entretanto, essa variação não afetou significativamente a eficiência do filtro de forma a comprometer a redução da absorção de nitrato, já que não houve grande oscilação (> 10 %) na eficiência de remoção.

Tabela 6 – Resultados da Campanha de Cloreto de Junho a Novembro de 2016

Mês	Valor de Cloreto (mg/L Cl <sup>-</sup> ) na Saída da Planta Piloto
Junho	105,29
Julho	80,0
Agosto	101,50
Setembro	106,0
Outubro	114,0
Novembro	42,0

Fonte: O Autor, 2017

Figura 45 – Variação de Cloreto de Junho a Novembro de 2016



Fonte: O Autor, 2017

Como no processo de troca iônica há a troca dos íons de nitrato pelos íons de cloreto, segundo fabricante, é normal observar um leve acréscimo no teor deste componente na saída da planta piloto, se comparado com seu valor de entrada. Entretanto este acréscimo não ocorreu de forma significativa, de forma a extrapolar os níveis da Legislação de Potabilidade, que estabelece valor de até 250 mg/L de Cl<sup>-</sup> que conforme Figura 45, manteve-se estável, apresentando Desvio Padrão de 26,8 mg/L de Cl<sup>-</sup>.

### 4.3. PERÍODO DE NOVEMBRO A DEZEMBRO 2016

#### 4.3.1. Nitrato

Em virtude do decréscimo da eficiência da planta piloto na remoção de nitrato, realizou-se análises extras em 3 laboratórios diferentes (averiguação dos resultados) nas datas de 21 e 22 de novembro de 2016 (Anexos 8 a 12), para verificação da quantidade de nitrato na água bruta e também na saída da planta piloto, de modo a confirmar se a diminuição da eficiência estava relacionado com o possível aumento da quantidade de nitrato, verificando sua *performance* (Tabela 7).

Tabela 7 – Análises de Nitrato na Água Bruta e na Saída da Planta Piloto

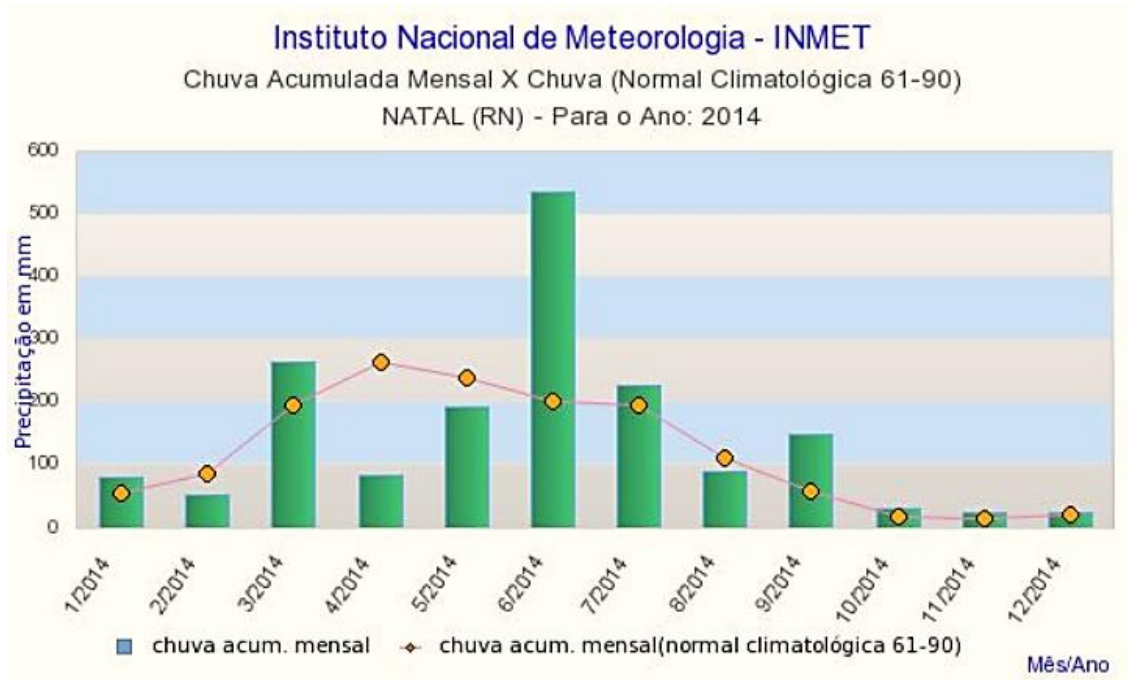
Laboratório	Água Bruta (mg/L NO <sub>3</sub> )	Saída da Planta Piloto (mg/L NO <sub>3</sub> )
Aquanalous	33,82	1,21
Central Lab	33,6	1,39
Funcern	-	1,27

Fonte: O Autor, 2017

No momento da coleta da amostra, foi verificado o teor de nitrato na saída do equipamento, mostrando-se inferior ao limite da legislação (10 mg/L), mostrando que a planta piloto absorveu o aumento de nitrato de mais de 100 % na água bruta.

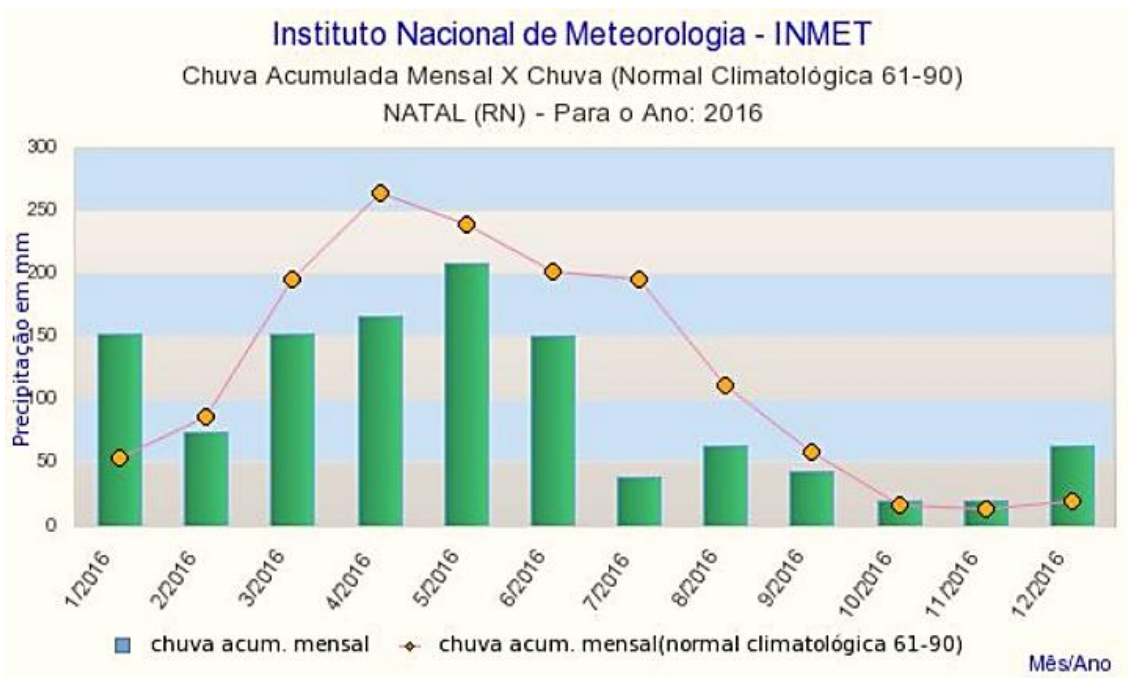
Fazendo uma relação entre o aumento no nível de nitrato e o índice pluviométrico da região, observa-se que no mês de novembro de 2014, quando foi feita a análise inicial de água bruta, o índice pluviométrico médio foi em torno de 24 mm (Figura 46), e em novembro de 2016 foi de 39,3 mm (Figura 47).

Figura 46 – Chuva Acumulada Mensal da Cidade de Natal em 2014



Fonte: INMET, 2017

Figura 47 – Chuva Acumulada Mensal da Cidade de Natal em 2016



Fonte: INMET, 2017

Este aumento no índice pluviométrico pode ter relação com o acréscimo no valor de nitrato (12,98 mg/L para 33,6 mg/L), uma vez que, segundo Nolan et al.

(1998) e Fonseca (2008), a quantidade de chuvas influencia na percolação de componentes, incluindo o do nitrato, fazendo com que este percole através dos horizontes do solo, atingindo águas subterrâneas

Como o teor de nitrato mostrou-se muito acima do valor projetado em novembro de 2014 (12,98 mg/L  $\text{NO}_3$ ), um aumento superior a 100 %, realizou-se uma regeneração dupla (duas em sequência) na planta piloto na data de 23 de novembro de 2016, de forma a remover totalmente de todos os íons nitrato da resina.

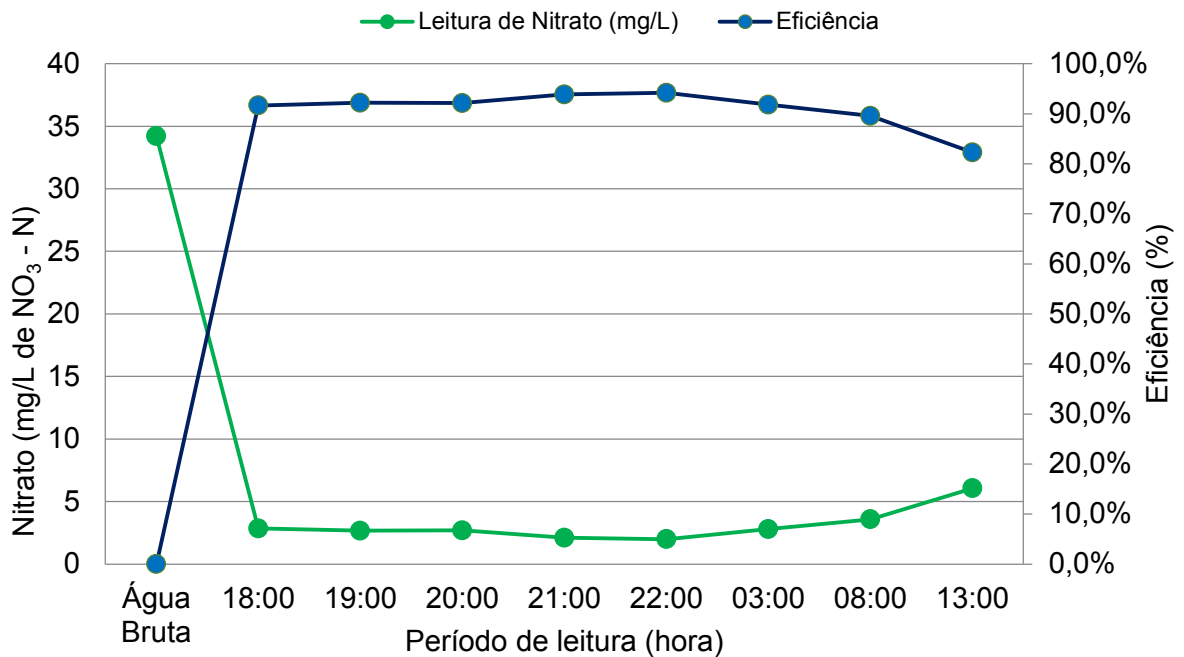
Uma campanha de análises (Anexos 12 a 19) foi realizada na data de 25 de novembro de 2016, e teve o intuito de verificar o ciclo efetivo da resina, ou seja, a verificação da quantidade de horas que a planta piloto conseguia executar a troca iônica antes de sua saturação, medindo-se a quantidade de nitrato na saída da planta piloto de hora em hora e avaliando sua eficiência baseada no resultado da análise bruta de 22 de novembro de 2016 (Tabela 8 e Figura 48).

Tabela 8 – Campanha de Avaliação do Nitrato: Novembro 2016

<b>Hora</b>	<b>Leitura de Nitrato (mg/L)</b>	<b>Eficiência (%)</b>
18:00	2,85	92%
19:00	2,67	92%
20:00	2,69	92%
21:00	2,1	94%
22:00	1,99	94%
02:00	2,8	92%
08:00	3,57	90%
13:00	6,06	82%

Fonte: O Autor, 2017

Figura 48 – Variação de Nitrato Durante Campanha de Novembro de 2016



Fonte: O Autor, 2017

Apesar do aumento significativo de nitrato na entrada da planta piloto, pode-se observar que este conseguiu absorver este impacto reduzindo seu teor a um valor aceitável pela legislação, durante as primeiras 18 horas de operação.

Devido ao resultado após 18h30 de operação já apresentado valores de 6,06 mg/L NO<sub>3</sub>, que segundo o fabricante seria uma indicação da saturação da resina. Para contornar esta situação, ainda conforme orientações do fabricante ajustou-se o ciclo da planta piloto para 18 horas de operação, totalizando 216 m<sup>3</sup> de campanha, em uma produção de 12 m<sup>3</sup>/h, de forma evitar o escape de nitrato da resina quando esta já se encontra saturada, evitando valores acima de 10 mg/L NO<sub>3</sub> na saída da Planta Piloto.

Fazendo uma avaliação da capacidade de troca da resina utilizando a equação proposta por Michaud (2017) [1], obteve-se uma capacidade de troca de 2,77 meq/L, sendo levemente mais baixa do que no período de junho a novembro, mas ainda 3 vezes maior do que a capacidade de troca informada pelo fabricante.

Dessa forma o teor de sal aplicado aumentou, pois a campanha anterior era de 24 horas, consumindo 1440 kg de sal por mês (10 regenerações), passando

então para 18 horas, com um consumo de sal de 1920 kg mensais (13 regenerações).

Fazendo uma valoração de sal, com um valor de R\$ 0,74/kg, um custo que com uma campanha de 24 horas era de R\$ 1.065,60 mensais passou a ser de R\$ 1.420,80 mensais.

Após isso a planta piloto permaneceu sem operar até março de 2017, de forma a verificar se ainda havia viabilidade no projeto.

#### 4.4. PERÍODO DE MARÇO DE 2017

##### 4.4.1. Campanha de avaliação de nitrato, sulfato, amônia e cloreto

Seguindo orientações do fabricante, devido a parada de 4 meses da planta piloto, foi necessário realizar mais uma vez a regeneração dupla, e então uma nova campanha completa de análises foi realizada de forma a verificar se o ciclo de operação continuaria em 18 horas, e verificar o comportamento de outros íons, conforme Tabela 9.

Tabela 9 – Campanha de Avaliação: Março 2017

PARAMETRO	8h		9h		10h		11h		12h		13h		14h		15h		16h		17h		18h		19h		20h	
	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí	Ent	Saí
Cor aparente (uH)	4	2	3	4	3	2	3	1	3	1	1	0	2	0	2	2	0	1	0	0	1	0	0	2	1	2
Turbidez (UT)	0,51	0,34	0,85	0,34	0,51	0,17	0,17	0,34	0	0,17	0	0,17	0	0,17	0	0,17	0,17	0	0,17	0,17	0,17	0,17	0	0	0	0
pH	6,01	5,96	5,89	5,8	6,08	5,92	6,09	5,97	6,07	6,01	5,81	5,92	5,93	5,89	5,97	5,95	5,87	5,83	6,03	5,86	6,06	5,86	5,93	5,53	5,91	5,72
Sólidos Totais (mg/L)	781	781	781	776	780	775	780	773	779	769	769	765	778	769	779	770	780	762	776	762	778	762	778	770	778	769
Condutividade (uS/cm)	1285	1282	1285	1281	1291	1278	1290	1276	1299	1267	1248	1246	1260	1249	1266	1259	1280	1238	1435	1409	1436	1408	1436	1416	1431	1418
Dureza Total (mg/L)	136	138	136	140	146	140	134	134	140	142	138	138	136,6	132	130	132	132	136	142	132	138	136	136	134	148	138
Amônia (mg/L NH <sub>3</sub> )	3,61	3,75	3,6	3,68	3,51	3,45	3,94	3,54	3,9	3,58	3,66	3,44	3,48	3,57	3,58	3,64	3,57	3,6	3,94	3,65	3,58	3,55	3,7	3,56	3,13	3,78
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> )	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> )	17,5	7,3	14,8	7	18,2	7,25	16,35	6,8	18,15	4,75	5,55	5,37	16,05	5,1	18,55	5,7	16,95	12,5	16,8	36,5	18,55	40,25	17,1	14,1	12,05	11,35
Sódio (mg/L Na)	153	161	168	173	169	176	168	192	159	163	180	180	168	176	176	192	178	140	155	153	167	141	171	173	170	160
Potássio (mg/L K)	35,0	34,0	34,1	34,0	27,2	40,8	34,0	32,3	39,1	34,1	29,9	34,1	34,0	34,0	30,6	34,1	30,6	31,6	27,2	28,4	27,2	25,5	34,0	34,0	32,3	44,6
Sulfato (mg/L SO <sub>4</sub> )	2,31	0,02	1,07	0	3,17	0	2,88	0,02	1,83	10,21	9,55	10,5	2,88	9,83	2,98	11,26	1,93	9,17	3,55	11,93	4,02	13,74	4,5	0	4,12	0
Cloreto (mg/L Cl)	348	370	373	390	370	399	369	410	363	367	386	390	370	378	372	403	378	322	349	319	360	299	370	390	381	375

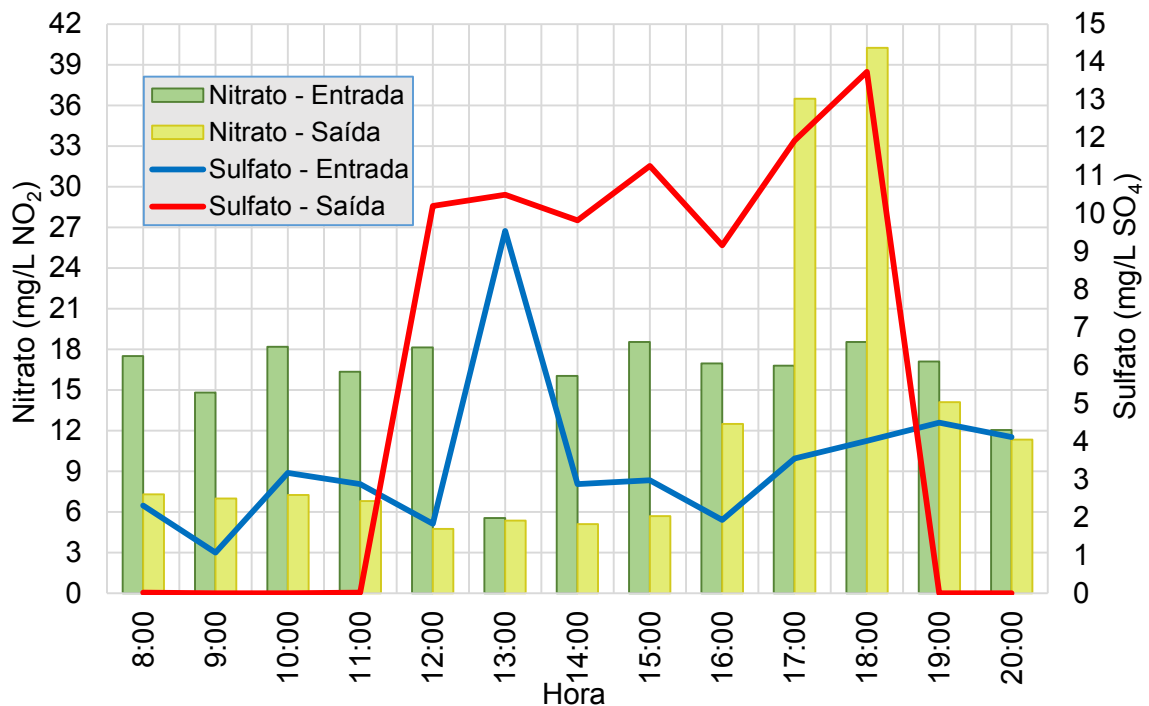
Fonte: O Autor, 2017



Com essa nova campanha (Anexos 20 a 45) verificou-se que o teor de nitrato começou a ficar fora dos parâmetros da legislação ( $>10$  mg/L  $\text{NO}_3$ ) entre as 15 e 16 horas, totalizando um ciclo de 7 horas de operação, que, de acordo com o fabricante foi o período de início da saturação da resina.

Ainda durante esta campanha de análises observou-se que, no período das 8 às 12 horas, o teor de sulfato foi todo absorvido pela resina, mostrando sua preferência por este íon, reduzindo seu escape do filtro a valores próximos a zero, conforme estudos de Collins, Braga e Bonato (1997) (Figura 49). Entretanto no período das 8 às 12 horas, houve um aumento de sua concentração, sendo superior que sua quantidade antes da planta piloto. Segundo o fabricante, este desprendimento do íon sulfato da resina ocorreu pelo alto teor de cloreto, realizando uma espécie de regeneração na planta piloto, absorvendo cloreto e desprendendo sulfato (Figura 50).

Figura 49 – Oscilação de Nitrato e Sulfato na Campanha de Março de 2017



Fonte: O Autor, 2017

A absorção e desprendimento do cloreto podem ser observados pelas variações dos valores durante a campanha. No período das 8 da manhã até o meio dia (período de absorção efetiva do sulfato), houve um desprendimento de cloreto,

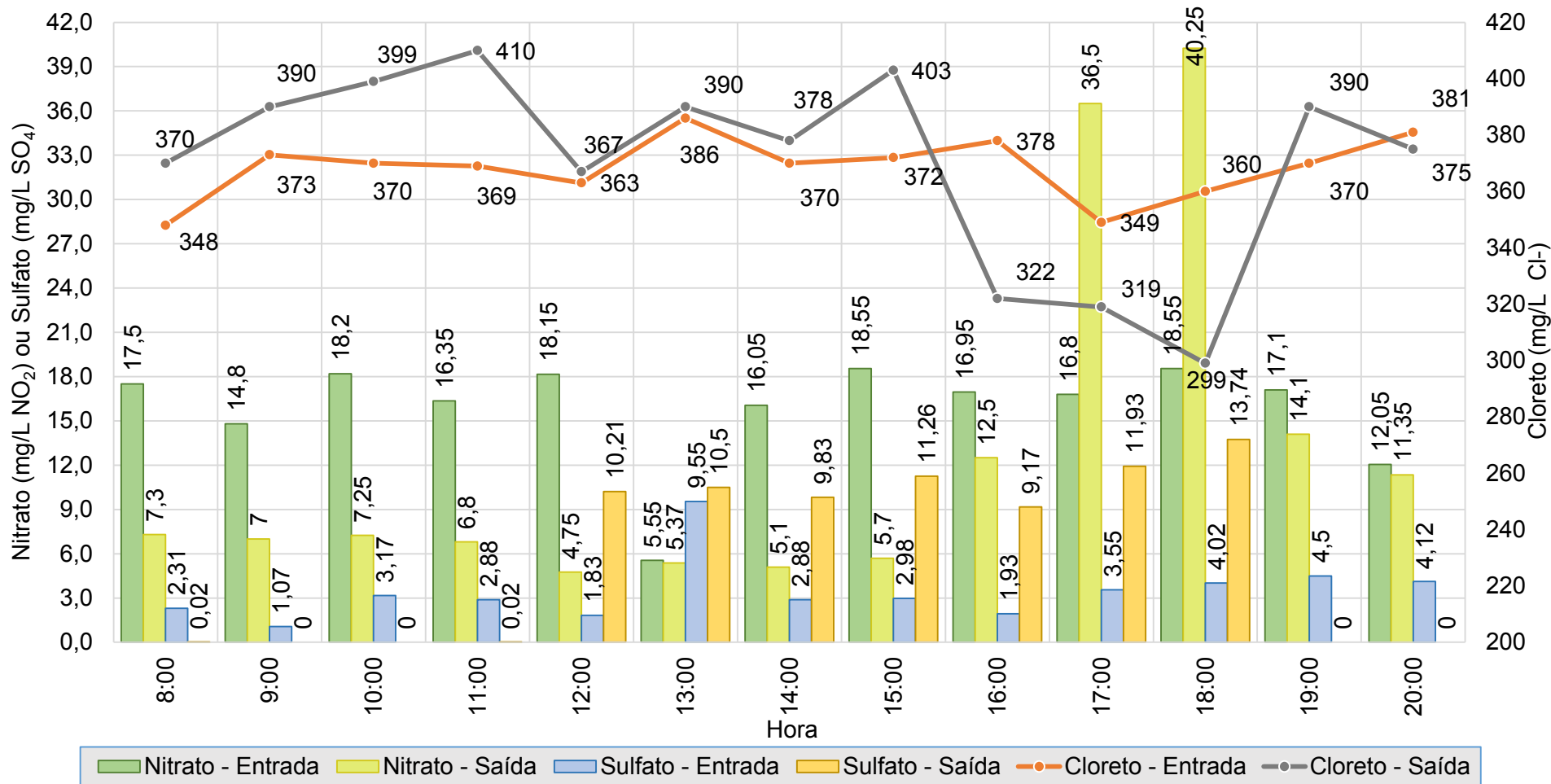
ou seja, um leve aumento em sua concentração na saída do filtro, mostrando um intercâmbio iônico entre íon sulfato e o íon cloreto (Figura 49).

Já no período das 13 horas até às 15 horas da tarde, houve uma leve absorção de sulfato, devido a um pico de concentração observado às 13 horas, elevando levemente o teor de cloreto na saída da planta piloto (Figura 50).

Das 16 às 18 horas, pode-se observar uma redução de cloreto da saída do filtro, indicando sua absorção e uma possível regeneração, já que os valores de nitrato e sulfato neste período na saída do filtro chegaram aos seus valores mais elevados durante a campanha (Figura 50). Dessa maneira, a resina estava absorvendo cloreto e liberando nitrato e sulfato.

No período das 19 às 20 horas, na saída da planta piloto, verificou-se um aumento no teor de cloretos, uma leve redução nos teores de nitrato, e uma remoção quase completa de sulfato, que segundo o fabricante, indicaria que a resina terminou o suposto processo de regeneração, preenchendo seus sítios ativos com cloreto e voltou a remover íons de maior afinidade, como o nitrato e o sulfato (Figura 50).

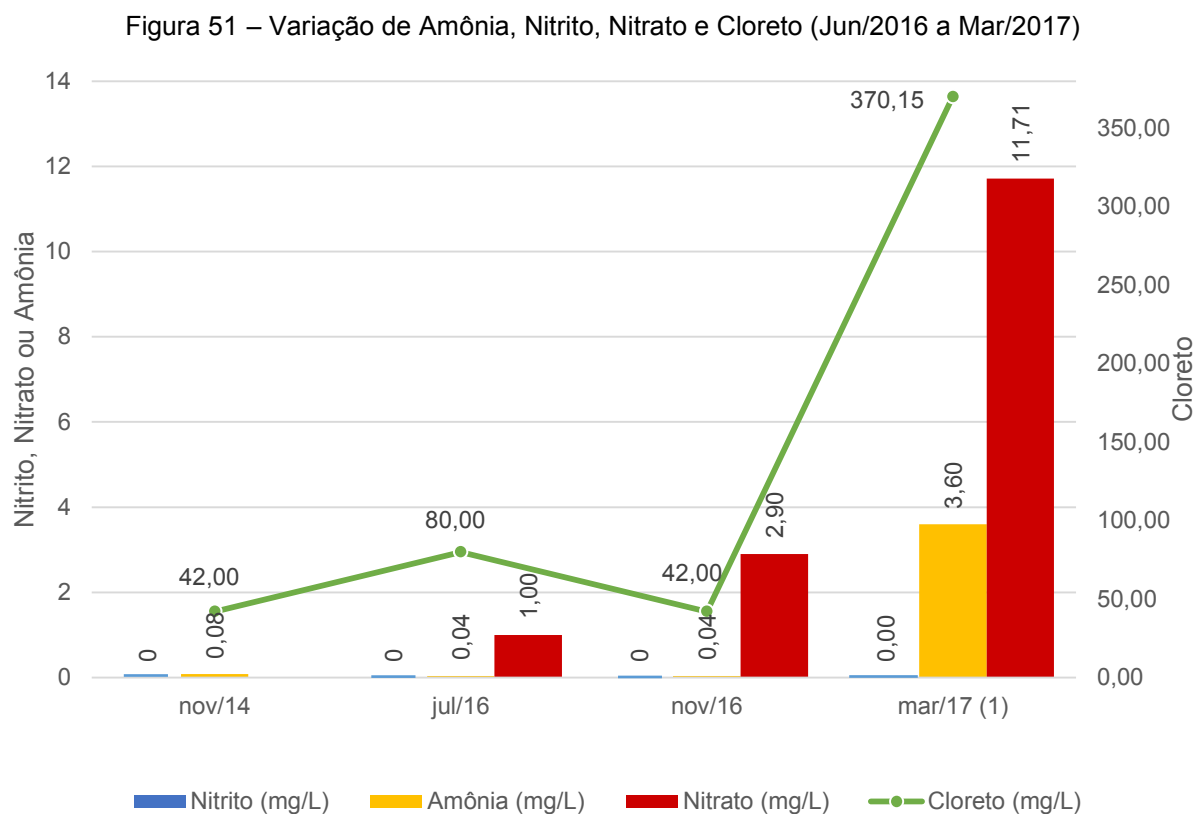
Figura 50 – Variação de Nitrato, Sulfato e Cloreto na Campanha de Março/2017



Fonte: O Autor, 2017

Esse fenômeno de preferência da resina pelo cloreto sobre o nitrato pode ser explicado pela pesquisa realizada pela The Dow Chemical Company (1971), que verificou a preferência da resina pelo íon cloreto sobre o nitrato quando este se encontrava a uma concentração 20 vezes maior.

Comparando os valores de amônia, nitrato, nitrito e cloreto obtidos na campanha de março com os da análise de água bruta (novembro de 2014), verificou-se que tanto o teor de cloreto quanto o teor de amônia tiveram aumentos significativos (Figura 51), indicando que entre novembro e março pode ter ocorrido uma contaminação recente de esgotos, já que se fosse uma contaminação mais antiga, de acordo com o ciclo do nitrogênio, os teores de nitrato e nitrito teriam aumentado ao invés da amônia, conforme estudos de Theodoro & Theodoro (2011).



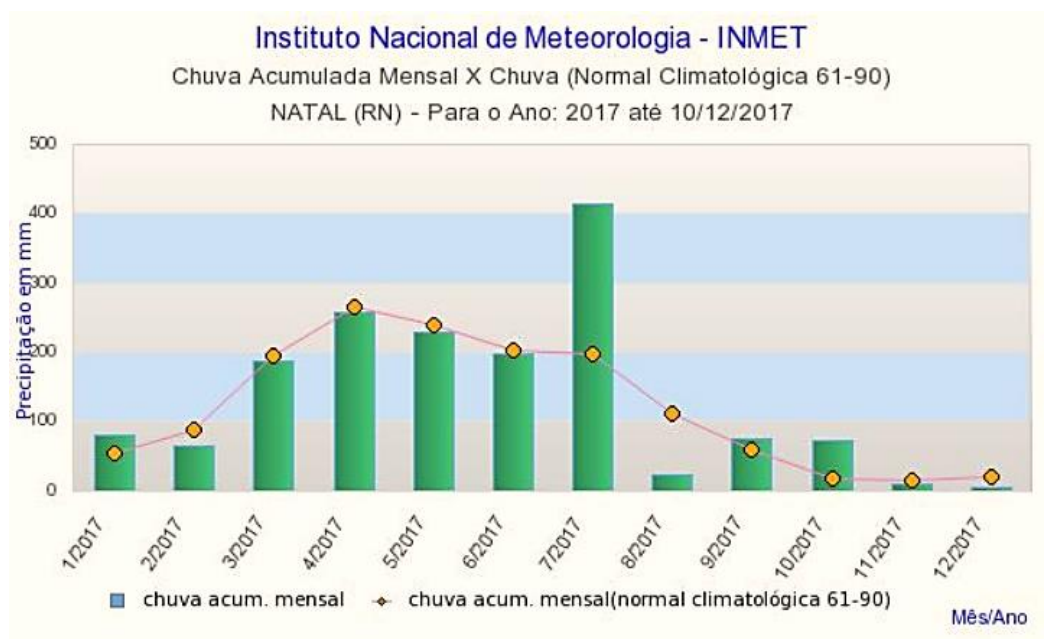
Fonte: O Autor, 2017

Conforme observado, a contaminação recente elevou os níveis de amônia nitrato e cloreto, mas sem alterações nos níveis de nitrito. O valor de cloreto aumentou mais de 200 % se comparado com novembro de 2014 (42 mg/L), se

enquadrando fora da Portaria da Potabilidade nº 2914 do Ministério da Saúde, que estabelece valor máximo de 250 mg/L.

Fazendo uma relação do teor de nitrato com a pluviosidade nos meses de novembro de 2016 e março de 2017, pode-se observar que houve uma redução no teor de nitrato na água bruta de 33,6 mg/L para de 15,89 mg/L (média água bruta na campanha de março de 2017). Fazendo uma relação com a pluviosidade, houve um aumento de 39,3 mm para quase 200 mm (Figura 52), o que pode ter influenciado na percolação do íon nitrato, reduzindo sua concentração.

Figura 52 – Chuva Acumulada Mensal da Cidade de Natal em 2017



Fonte: INMET, 2017

Fazendo uma análise da capacidade de troca obtida durante a campanha de março de 2017, aplicando-se a equação de Michaud (2017) [1], obteve-se uma capacidade de troca de 1,68 meq/L, valor menor do que os obtidos no período de junho a novembro (2,88 meq/L), e também na campanha realizada em novembro (2,77 meq/L). Essa redução pode ser devido ao aumento no teor de sulfato na água bruta, diminuindo assim a absorção de nitrato (devido à sua preferência por este íon), e também devido ao aumento do teor de cloreto, forçando uma regeneração no equipamento.

Devido a esta flutuação verificada nos parâmetros de nitrato, sulfato, cloreto e amônia, houve um receio por parte do consumidor de continuar a utilizar a planta

piloto para remoção do nitrato, já que, como havia muitas variáveis oscilando, e dessa forma seria necessário um acompanhamento mais assíduo em sua operação, com campanhas de avaliação mais frequentes, e conseqüentemente mudanças em ciclos de operação e na quantia de sal consumido mensalmente, não se tornando mais interessante a sua utilização por parte do consumidor, sem contar que ainda foi verificado um teor de cloreto acima do permitido por lei (250 mg/L), se fazendo necessária sua remoção para que a água pudesse ser consumida. Vale ressaltar que a planta piloto foi projetada para remoção de nitratos, não sendo apta para remoção de cloretos. Assim houve a parada da operação da planta piloto após esta campanha.

#### 4.5. RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO DA PLANTA PILOTO

##### 4.5.1. *Payback* da Planta Piloto

Para realizar o *Payback* da planta piloto, primeiro levantou-se seu consumo mensal, incluindo energia elétrica e custo com o sal usado na regeneração, conforme Quadro 8.

Quadro 8 – Consumo Mensal da Planta Piloto

<b>Consumo Mensal da Planta Piloto</b>	
<i>Energia Elétrica</i>	
Bomba*	666,96 kWh
Válvula automática*	14,4 kWh
<i>Regeneração</i>	
Sal**	1440 kg

\*Considerando operação de 8 horas diárias, 30 dias mensais.

\*\*Considerando 10 regenerações mensais (ciclo de operação de 24 horas).

Fonte: O Autor, 2017

Na sequência, foram levantadas as tarifas aplicadas no local, tanto com energia elétrica como com sal para a regeneração, conforme mostra Quadro 9.

Quadro 9 – Tarifas Aplicadas com Energia e Sal

<b>Tarifas Aplicadas</b>	
Energia elétrica (kWh/h)	R\$ 0,61
Sal (kg)	R\$ 0,74
Água da Concessionária (m <sup>3</sup> )	R\$ 9,64
Mão de Obra (hora)	R\$ 14,20

Fonte: CAERN (2017), COSERN (2017)

Com base nos valores gastos mensalmente, pode-se calcular o *Payback* da Planta Piloto, fazendo uma relação entre o valor gasto da planta piloto com a economia mensal de água da concessionária, resultando em 6,19 meses, conforme quadro 10.

Quadro 10 – Payback da Planta Piloto – Ciclo de 24 horas

<b>Payback da Planta Piloto</b>	
Valor de Investimento	R\$ 162.000,00
Valor Mensal de Energia	R\$ 415,62
Valor Mensal de Sal	R\$ 1.065,60
Valor da Mão de Obra	R\$ 142,00
Valor da Água da Concessionária*	R\$ 27.763,20
Economia Mensal	R\$ 26.139,98
<b>Payback da Planta Piloto**</b>	<b>6,19 meses</b>

\*Considerando consumo de 2.880 m<sup>3</sup> mensais.

\*\*Já excluindo valor de operação.

Fonte: O Autor, 2017

Fazendo o *Payback* da planta piloto operando com o ciclo de 18 horas (verificado em novembro de 2016), obteve-se um aumento no consumo mensal de sal, já que o FN faria 13 regenerações mensais, e não 10 (ciclo de 24 horas). Fazendo a relação entre a economia mensal e o valor do investimento do equipamento, obteve-se 6,29 meses (quadro 11), um tempo baixo, se for considerada a vida útil da resina de 3 anos, como informa o fabricante.

Quadro 11 – Payback da Planta Piloto – Ciclo de 18 horas

<b>Payback da Planta Piloto</b>	
Valor de Investimento	R\$ 162.000,00
Valor Mensal de Energia	R\$ 415,62
Valor Mensal de Sal	R\$ 1.420,80
Valor da Mão de Obra	R\$ 184,60
Valor da Água da Concessionária*	R\$ 27.763,20
Economia Mensal	R\$ 25.742,18
<b>Payback da Planta Piloto**</b>	<b>6,29 meses</b>

\*Considerando consumo de 2.880 m<sup>3</sup> mensais.

\*\*Já excluindo valor de operação.

Fonte: O Autor, 2017

#### 4.5.2. Valor da Água Desnitrificada

Fazendo uma valoração do custo mensal do tratamento realizado com o equipamento, obtem-se, em um ciclo de 18 horas, um valor de R\$ 2.021,02, para produção de 2.880 m<sup>3</sup> de água desnitrificada.

Fazendo a relação entre o custo e a produção, obtêm-se um valor de R\$ 0,70 por m<sup>3</sup>, um valor 13 vezes menor do que o valor cobrado pela concessionária local (CAERN) (R\$ 9,54 m<sup>3</sup>), tornando a utilização da planta piloto economicamente mais viável do que a rede pública.



## 5. CONCLUSÃO

O poço fonte de estudo mostrou contaminação com Nitrato, e uma alteração no parâmetro de pH, estando os demais parâmetros analisados de acordo com a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde;

O Filtro Multicamadas mostrou-se eficiente na remoção de cor, turbidez e sujidades, impedindo que estas se acumulassem no inferior das esferas de troca iônica, impedindo intercâmbio iônico.

Nos meses de Junho a Novembro de 2016 pode-se verificar eficiência de até 92 % da remoção de nitrato pela planta piloto utilizando tecnologia de troca iônica, mantendo seus níveis em acordo com a Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde sem que houvesse aumento no teor de cloreto de forma significativa;

Conforme verificado pelas campanhas de avaliação, a Planta Piloto não alterou o teor de pH, mas este encontrou-se com valor adequado para operação da planta piloto.

Nos meses de Junho a Novembro de 2016, verificaram-se alterações nos teores medidos de sulfato e cloreto, mas que não foram significativas a ponto de comprometerem a eficiência na remoção de nitrato pela planta piloto;

Na campanha de análises de novembro de 2016, verificou-se que a resina estava saturando antes das 24 horas de ciclo de operação, alterando-se seu ciclo para 18 horas.

Já na campanha de análises de março de 2017, verificou-se uma contaminação recente por esgotos, verificada pelo aumento dos teores de amônia e cloreto. Nessa campanha também se verificou a preferência da resina pelo íon sulfato e uma interferência causada pelo teor de cloreto, interferindo diretamente na *performance* da planta piloto. Ainda durante este período verificou-se que o teor de nitrato na água bruta estava acima do permitido pela legislação, que é  $\leq 250$  mg/L.

Com relação à capacidade de troca, esta superou o esperado (0,9 meq/L), obtendo-se valores de 2,88 meq/L durante meses de junho a novembro de 2016, 2,77 meq/L na campanha de análises de novembro de 2016, e 1,68 meq/L na campanha de março de 2017. Essa redução da capacidade de troca em março de 2017 pode ser devido à interferência do sulfato, que é íon concorrente, e da regeneração forçada causada pelo alto teor de cloreto na água bruta.

Pelo fato de haverem alterações na qualidade de água, o que resultou em alterações na operação da planta piloto, esta foi desligada em março de 2017, pelo fato do consumidor necessitar de menor operação.

Verificou-se *Payback* médio de 6,4 meses, viabilizando economicamente o projeto, gerando água um custo de R\$ 0,70 por m<sup>3</sup> de água tratada, sendo 13 vezes mais barato do que a companhia de saneamento municipal CAERN, tornando-se uma alternativa viável para tratamento de águas contaminadas com nitrato.

O fato de haver a presença do íon sulfato, que é concorrente do íon nitrato na água bruta, e também o fato da presença de cloreto em um teor 20 vezes maior que o nitrato, inviabilizaram a utilização da planta piloto, já que esta é aplicável em casos específicos de remoção de nitrato, e se verificou necessária também a remoção de cloreto, que se apresentou acima do permitido por lei.

Uma alternativa para remoção simultânea de cloreto e nitrato para a potabilização deste poço, seria utilizando sistema de osmose reversa, verificando sua operacionalização e relação custo/benefício através de uma planta piloto, que tem como princípio a utilização de membranas semipermeáveis que realizam a rejeição de sais através de barreira física, não sendo específico para um só tipo de íon, resolvendo a problemática do poço estudado.

## REFERÊNCIAS

- ABRÃO, A. **Operações de Troca Iônica**. 2014. INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES - IPEN - CNEN/SP. São Paulo. Disponível em <<https://www.ipen.br/biblioteca/slr/cel/0399>> Acesso em 03 set. 2017
- APPLEBAUM, R. A., **Desmineralization by Ion Exchange in Water Treatment**. Academic Press; 122.4:23-27, New York, 1978.
- AULTMAN, W. W.. **Desalting Sea Water for Domestic Use**. Journal American Association Water Works .123A: 5, 6.Virginia, 1950.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington; 2012, 1360 pp. ISBN 978-087553-013-0
- ARAÚJO, P. P.; OLIVEIRA, F. DE A.; CAVALCANTE, I. N.; QUEIROZ, J. C. B.; CARNEIRO, B. S.; TANCREDI, A. C. F. N. S. Classificação hidroquímica e contaminação por nitrato no aquífero livre Barreiras na bacia do rio Capitão Pocinho região do médio rio Guamá, na Amazônia oriental. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 266-281, 2011.
- BARROS, E.R. & SOUZA, F.E. Anion íon exchange for treatment industry water; Journal Rohm and Haas, July 1994.
- BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 dez. 2011.
- BROTTO, M. E.; SILVA, L.C.M. . **Nitrato em Água: Ocorrência e Consequências**. 2014. Disponível em: <[http://www.creasp.org.br/institucional/meio\\_ambiente](http://www.creasp.org.br/institucional/meio_ambiente)>. Acesso em: 06 de abr. 2015.
- BUCCO, S.; SKORONSKI, E.; PADOIN N.; BORTOLATTO, L.B.; OLIVEIRA, D.C. de; JOÃO, J. J.. **Estudo da Remoção de Nitrato Presente em Água para Abastecimento Utilizando Biomassa do Bambu como Absorvente**. 25ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. 2010. Disponível em: <<http://sec.s bq.org.br/cdrom/31ra/resumos/T1642-2.pdf>>. Acesso em 06 abr. 2015.
- CAERN – COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Estrutura Tarifária. Disponível em <<http://lojavirtual.caern.com.br/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalCaernAction.do>> Acesso em: 30 nov. 2017.
- CABRAL, N. M. T.; **Comportamento dos indicadores de contaminação por efluentes domésticos nas águas do aquífero Barreiras nos bairros do reduto, Nazaré e Umarizal - Belém/PA**. In: XIII Congresso Brasileiro de águas subterrâneas, 2004, Cuiabá. Anais do congresso em CD, 2004. v. 1.

CABRAL ; RIGHETTO, A.M ; QUEIROZ, M. A., **Comportamento do Nitrato em Poços do Aquífero Dunas/Barreiras nas Explorações Dunas e Planalto, Natal, RN, Brasil.** 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n3/v14n3a03>>. Acesso em: 06 abr. 2015.

CALMON, C. and Gold, H., **Development of anion exchange for nitrate removal, Ind. Water Eng.**, 16(2), 10-16 ,1979.

COLLINS, C.H., BRAGA, G.L., BONATO, P.S.. **Fundamentos de Cromatografia.** 1997. 262 Páginas. Editora da UNICAMP. Campinas, SP.

COSERN – COMPANHIA ENERGÉTICA DO RIO GRANDE DO NORTE. Tabela de tarifas e preços finais de energia elétrica – grupo B. Disponível em < file:///C:/Users/MANUELE/Downloads/Novos%20Pre%C3%A7os%20Finais\_Grupo%20B%20Dezembro\_Res%20Homologat%C3%B3ria%202.222\_2017.pdf> Acesso em: 30 nov. 2017.

COSTA, C. L.; LIMA, R. F.; PAIXÃO, G. C.; PANTOJA, L. D. M. **Avaliação da Qualidade das Águas Subterrâneas em Poços do Estado do Ceará, Brasil.** Seminário das Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v. 33, n. 2, p. 171-180, jul./dez. 2012.

CUNHA, M. C.. A Avaliação da Concentração de Íons de Nitrato nos Poços Tubulares que Abastecem Nova Parnamirim. **Revista Científica da Escola de Gestão e Negócios**, Universidade Potiguar, ano 3, n. 1, p. 11-18, ago./2013 mar./2014. 2014.

CUNHA, O.A. . **Estudos de Aplicação da Resina IMAC-HP-555 para Repotabilização de Águas Contaminadas por Nitratos; ensaios v1-12-14.** Rohm and Haas publication. 1992.

FILHO, D. G. N.; CASTRO, D. A. de. . **Influência das Fossas Sépticas na Contaminação do Manancial Subterrâneo por Nitratos e os Riscos para os que Optam pelo Autoabastecimento como Alternativa dos Sistemas Públicos de Distribuição de Água.** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande – MS. 2005.

FONSECA, A. L. DA.; ARAÚJO, A. L. C. DE.; MELO, J. L. DE S.; VALE, M. B.; CUNHA, O. A. A. DA; PEREIRA, R. **Aproveitamento de Águas Contaminadas por Nitratos do Aquífero Dunas-Barreiras para Abastecimento Humano na Cidade de Natal/RN-Estimativa de Custo do metro cúbico da Água Desnitrificada.** XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal, **Anais...** Natal, 2006.

FONSECA, A. L.. **Uso da tecnologia de troca iônica no tratamento de águas contaminadas com Nitrato do Aquífero Dunas-Barreiras, Natal/RN – Brasil.** Natal, 2008. 129 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

FRANÇA, A. M. DE M.; LOIOLA, H. G.; LIMA, J. O. G. DE. O Nitrogênio na Forma de Nitrato Presente em Águas do Semiárido Cearense. Associação Norte-Noroeste de Química. **Revista no Brasil**. 2012.

FRANCA, R. M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P.; MENDONÇA, L. A. R.; BESERRA, M. C. **Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte – CE**. Revista Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 92-102, 2006.

GALLO, L. A.; BASSO, L. C. **O Nitrogênio e o Ciclo do Nitrogênio**. 2013. Disponível em <<http://docentes.esalq.usp.br/luagallos/nitrogenio.htm>>. Acesso em 11 nov. 2017

GUIMARÃES, D. **Tratamento de efluentes ricos em sulfato por adsorção em resinas de troca iônica**. 2010. 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

HALLER, L.; McCARTHY, P.; O'BRIEN, T.; RIEHLE, J.; STUHLREHER T. . **Nitrate pollution of groundwater** , 2014. Relatório de estágio. Alpha Water Systems INC. Disponível em <<file:///C:/Users/Projetos/Downloads/A%20Global%20Assessment%20of%20Nitrate%20Contamination%20in%20Groundwater.pdf>> Acesso em 15 out.2017.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Gráficos de Tempo. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>> Acesso em 09 dez. 2017

JACKSON, E. . **Hydrometallurgical extraction and reclamation**. 1ª ed. New York: John Wiley & Sons, 1986. p. 78 – 90.

JOHNSON, M. S. & MUSTERMAM J. L.. **Removal of sulfate and nitrate by strongly base anion exchange**, *Journal AWWA*, 71(6), 343-348, 1979.

JÚNIOR, E. R. DE C.; MELO, J. G. DE. **O Papel da Estrutura Hidrogeológica na Contaminação das Águas Subterrâneas por Nitrato em Natal/RN**. XII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. *Anais...* 2001.

KOPARAL, A. S.; OGUTVEREN, U. B. . Removal of Nitrate from Water by Electroreduction and Electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*, B89, p.83-94. 2002.

LIMA, A. M.; SILVA, P. K. L.; ARAÚJO, E. C. B.; PEREIRA, E. B.; GOMES, A. K. M.; LEITE, M. R. O. . **Avaliação das Concentrações de Nitrato no Sistema de Abastecimento de Água na Cidade de Natal**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e 8o Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2007.

LIMA, J. C. DE; PEDROSA, V. DE A.; ROCHA, W. J. S. DA. Avaliação da Concentração de Nitrato nas Águas Subterrâneas no Bairro do Farol, em Maceió-Alagoas. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador. **Anais...** Salvador. 2008.

MAHLER, R.L.; COLTER, A.; HIRNICK, R.. **Nitrate and groundwater**. Quality Water for Idaho. University of Idaho, College of Agricultural and Life Sciences, 2007, CIS 872, p.1-4.

MELO, J. G. DE; QUEIROZ, M. A.; HUNZIKER, J. Mecanismos e Fontes de Contaminação das Águas Subterrâneas de Natal/RN por Nitrato. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. **Anais...** 1998

MICHAUD, C.F. **The capacity of Ion Exchange Resin**. Water Conditioning and Purification Magazine. Março 2017. Disponível em <<http://www.wcponline.com/2017/03/20/capacity-ion-exchange-resin/>> Acesso em 23 nov. 2017.

NÓBREGA, M. M. S. DE; ARAÚJO, A. L. C.; SANTOS, J. P. DOS. Avaliação das Concentrações de Nitrato nas Águas Minerais Produzidas na Região da Grande Natal. **Holos**, ano 24, v. 3, p. 4-25. 2008.

NOLAN, B.; RUDDY, B.C.; HITT, K.J.; HELSEL, D.R. **A National Look at Nitrate Contamination of Ground Water**. Water Conditioning and Purification, January 1998, v. 39, nº. 12, p. 76-79. Disponível em: <[https://water.usgs.gov/nawqa/nutrients/pubs/wcp\\_v39\\_no12/](https://water.usgs.gov/nawqa/nutrients/pubs/wcp_v39_no12/)> Acesso em 10 ago. 2017.

PESSOA, G. DE P.; NUNES, A. I. Remoção de Nitrato por Eletrocoagulação como Alternativa ao Tratamento de Água de Aquíferos Subterrâneos Contaminados. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal. **Anais...** Natal, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NATAL. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Natal/RN**: Produto 02 – Diagnóstico da Situação do Saneamento. Natal/RN, 2014.

RADEMACHER J.J.; YOUNG T. B.; KANAREK, M.S.. **Gastric cancer mortality and nitrate levels in Winconsin drinking water**. Arch. Environ. Healt. 1992.

REZENDE, D; NISHI, L.; COLDEBELLA, P. F.; SILVA, M. F.; VIEIRA, M. F.; VIEIRA, A. M. S.; BERGAMASCO, R.; FAGUNDES-KLEN, M. R.. **Groundwater nitrate contamination: Assessment and treatment using Lam. Seed extract and activated carbon filtration**. Canadian Journal of Chemical Engineering, v. 1, p. n/a-n/a, 2016.

ROHM AND HAAS Co. **Water treatment using anion exchange in fixed bed: removal nitrate**, v.512, No.6.p.28-30, april, 2006.

RUNXIN, 2017. **Online Catalogue**. Disponível em < [http://en.runxin.com/en/zpro\\_247.htm](http://en.runxin.com/en/zpro_247.htm)> Acesso em 30 de Setembro de 2017.

SANTOS FILHA, M. M. **Sistemas Automatizados Empregando Resina de Troca Iônica para Determinação dos Íons Amônio, Cloreto e Sulfato em Águas Naturais**. Campinas, 1991.122 p.Tese (Doutorado) – Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas.

SLATER, M. **Continuous exchange: Carbonates water, a survey of recent applications, Effluent and Water treatment journal**. September 1981, vol.21.No 9, p416-422. 2003.

THE DOW CHEMICAL COMPANY. Nitrate Removal From Wastewaters By Ion Exchange. Water Quality Office – Environmental Protection Agency. Project 17010. Walnut Creek, California. 1971.

THE NEW YORK TIMES. **Cyanotic Tetspell**. Publicado em 1/08/2007. Disponível em<<http://www.nytimes.com/imagepages/2007/08/01/health/adam/18134CyanoticTetspell.html>> Acesso em 16 de novembro de 2017.

THEODORO, P. S. ; THEODORO, J. D. P. ; MORI, L. **Remoção de Nitrato por Meio da Eletrocoagulação das Aguas do Rio Toledo**. In: III ENDICT- Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica, 2011, Toledo-Pr. III ENDICT- Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica, 2011. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/toledo/estrutura-universitaria/diretorias/dirppg/anais-do-endict-encontro-de-divulgacao-cientifica-e-tecnologica/anais-do-iii-endict/REMO-aO%20DE%20NITRATO%20POR%20MEIO%20DA%20ELETROCOAGULA-aO%20DAS%20AGUAS%20DO%20RIO%20TOLEDO.pdf>> Acesso em: 06 abr. 2015.

TORRES, R. M.. **Remoção biológica de nitrato em água de abastecimento humano utilizando o endocarpo de coco como fonte de carbono**. 2011. 119 f. **Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental; Meio Ambiente; Recursos Hídricos e Hidráulica)** - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

TREDOUX, G. ENGELBRECH, P. ISRAEL, S. **Nitrate in Groundwater**. 2009.Gezina: Water Research Comision by CSIR, Natural Resources and the Environment, Stellenbosch. Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.600.4781&rep=rep1&type=pdf>> Acesso em 05 ago.2017

UNION EQUIPAMENTOS. **Manual do Equipamento para Remoção de Nitratos**. Imagem cedida ao Autor. 2017.

VASCONCELOS, N.S. **O avanço da contaminação por nitrato nas águas subterrâneas da zona sul de Natal-RN**. 2002, 95f., Dissertação (Mestrado em Geologia).Departamento de Geologia, Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Natal-RN

WATER WAREHOUSE. **Catálogo de Crepinas**. Mensagem eletrônica enviada para o autor. 11 out. 2017.

WHEATON , R.M., LEFEVRE, L.J., **Dow Liquid Separations: DOWEX Ion Exchange Resins— Fundamentals of Ion Exchange**. The Dow Chemical Company, 2000. Disponível em <[http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh\\_0032/0901b803800326ca.pdf](http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_0032/0901b803800326ca.pdf)> Acesso em 06 Jul. 2017

WINDSOR, B. **Ion Exchange Design – Hand Calculation**. Purolite International Inc. SCI. Setembro, 2012. Disponível em <[file:///C:/Users/Projetos/Desktop/Brian\\_Windsor\\_calculation.pdf](file:///C:/Users/Projetos/Desktop/Brian_Windsor_calculation.pdf)> Acesso em 23 de novembro de 2017.



## ANEXO 1 – ANÁLISE LABORATORIAL: NOVEMBRO DE 2014



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Por uma Água de Qualidade

Certificado nº 2396

Livro de Registro	01/2014	Página: 281	
Responsável pela coleta	Central Hidrolab		
Material analisado	Água		
Data da coleta	06 de Novembro de 2014	Hora da coleta	--
Entrada no laboratório	06 de Novembro de 2014	Hora Entrada laboratório	--
Proprietário	Shopping Cidade Jardim		
Endereço	*****		
Município	Natal/RN		
Origem	Poço		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

## ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA DA ÁGUA

DETERMINAÇÃO	MÉTODO	LIMITE DE DETECÇÃO	LIMITE PERMISSÍVEL	VALOR ENCONTRADO
Temperatura, °C	Termométrica	-	ND	25,0
Cor, uH	Colorimetria	1,0	15	3,0
Turbidez, uT	Turbidimetria	0,1	5	0,8
pH	Potenciometria	-	6,0 a 9,5	5,98
Condutividade elétrica, $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ a 25° C	Conduvimetria	1,0	ND	311,0
Sólidos totais a 105° C, mg/L	Gravimetria	-	ND	155,3
Sólidos dissolvidos mg/L	Gravimetria	-	1000	154,3
Sólidos em suspensão, mg/L	Gravimetria	-	ND	1,0
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	16
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	16
Dureza total mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	500	20,0
Nitrogênio Amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub> -N	Colorimetria	0,01	1,5	0,08
Nitrito, mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	1,0	0
Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	10	12,96
Cálcio, mg/L Ca <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	15,8
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	200	23,6
Magnésio, mg/L Mg <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	10,96
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	ND	3,0
Ferro total, mg/L (Fe <sup>++</sup> + Fe <sup>+++</sup> )	Colorimetria	0,01	0,3	0,07
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	ND	0
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	19,52
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Colorimetria	0,01	250	9,0
Cloreto, mg/L Cl <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	250	42,0

OBS: Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. O limite máximo permitido é regulamentado de acordo com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).

ND: Limite não definido pela legislação em vigor

Proibida a reprodução parcial deste documento.


Emitido em: Natal 10 de Novembro de 2014.

Maria das Graças Santiago  
CRBio 36.831 / 5 - D

CNPJ 05.980.399/0001-38 - Insc. Mun. 152.398-8

Rua Kerginaldo Cavalcante, 279 - Nova Descoberta - CEP 59075-240 - Natal/RN 1/1  
Fone: (84) 3231-8464 - Fax: (84) 3234-4411 - Cel.: (84) 8812.4602  
E-mail: hidrolab@superig.com.br - Site: www.centralhidrolab.com.br

## ANEXO 2 – ANÁLISE LABORATORIAL: JUNHO DE 2016



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

*Por uma Água de Qualidade*

Certificado n° 1368/2016
Termo de Responsabilidade n° 261/2016


Livro de Registro	01/2016	Página: 128
Responsável pela coleta	Natalhidro	
Material analisado	Água	
Data da coleta	15 de Junho de 2016	Hora da coleta: 11h45min
Entrada no laboratório	15 de Junho de 2016	Hora Entrada laboratório: 11h50min
Proprietário	Natal Shopping	
Endereço	****	
Localidade	Natal/RN	
Origem	Saída do Poço	
Observação	Frasco de coleta do Cliente	

### ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA DA ÁGUA

DETERMINAÇÃO	MÉTODO	LIMITE DE DETECÇÃO	LIMITE PERMISSÍVEL	VALOR ENCONTRADO
Temperatura, °C	Termométrica	-	ND	25
Cor, uH	Colorimetria	1,0	15	2,6
Turbidez, uT	Turbidimetria	0,1	5	0,7
pH	Potenciometria	-	6,0 a 9,5	5,46
Condutividade elétrica, $\mu\text{scm}^{-1}$ a 25° C	Condutivimetria	1,0	ND	504,0
Sólidos totais a 105° C, mg/L	Gravimetria	-	ND	322,56
Sólidos dissolvidos mg/L	Gravimetria	-	1000	322,56
Sólidos em suspensão, mg/L	Gravimetria	-	ND	0
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	59
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	59
Dureza total mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	500	60
Nitrogênio Amoniacoal, mg/L NH <sub>3</sub> - N	Colorimetria	0,01	1,5	0,07
Nitrito, mg/L NO <sub>2</sub> - N	Colorimetria	0,01	1,0	0
Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> - N	Colorimetria	0,01	10	2,0
Cálcio, mg/L Ca <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	11,0
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	200	21,16
Magnésio, mg/L Mg <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	33,96
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	ND	7,02
Ferro total, mg/L (Fe <sup>++</sup> + Fe <sup>+++</sup> )	Colorimetria	0,01	0,3	0,06
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	72,58
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub>	Colorimetria	0,01	250	27,84
Cloreto, mg/L Cl <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	250	105,29

OBS: Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. O limite máximo permitido é regulamentado de acordo com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011 (Federal).  
 ND: Limite não definido pela legislação em vigor.  
 Proibida a reprodução parcial deste documento.

Emitido em: Natal 20 de Junho de 2016.



Marta dos Santos Santiago  
CRB6-38231/5 - D

CNPJ 05.980.399/0001-38 - Ins. Mun. 152.396-8  
 Rua Kerginaldo Cavalcante, 279 - Nova Descoberta - CEP 59075-240 - Natal/RN  
 Fone: (84) 3231-8404 - Fax: (84) 3234-4411 - Cel.: (84) 8812-4602  
 E-mail: hidrolab@supeng.com.br - Site: www.centralhidrolab.com.br



## ANEXO 3 – ANÁLISE LABORATORIAL: JULHO DE 2016



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Por uma Água de Qualidade

Certificado n° 1877/2016

Termo de Responsabilidade n° 310/2016

Livro de Registro	01/2016	Página: 118	
Responsável pela coleta	Natalhidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	14 de Julho de 2016	Hora da coleta	--
Entrada no laboratório	14 de Julho de 2016	Hora Entrada laboratório	08h55min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	*****		
Localidade	Natal/RN		
Origem	Torneira da Cisterna		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA

## RESULTADO DO TESTE COLIFORME TOTAL

Parâmetro	Valor Máx. Permitido	Material Analisado
Água para consumo humano	Ausente em 100 mL	Ausente em 100 mL

RESULTADO DO TESTE DE *Escherichia coli* ou COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Parâmetro	Valor Máx. Permitido	Material Analisado
Água para consumo humano	Ausente em 100 mL	Ausente em 100 mL

**RESULTADO:** A água encontra-se **própria** de acordo com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal), em relação ao padrão microbiológico.

**OBSERVAÇÃO:** Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra coletada

- Análise realizada de acordo com o STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater 21<sup>th</sup> Edition.
- \*Aprovado pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA)
- Aprovado pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC)

**MÉTODO:** Substrato enzimático cromogênico-fluorogênico 9223 B\*

Proibida a reprodução parcial deste documento

Emitido em: Natal, 18 de Julho 2016.

Maria das Graças Santiago  
CRBio 36.831 / 5 - D

Pág 1/1



# CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Por uma Água de Qualidade

Certificado nº 1588/2016

Termo de Responsabilidade nº 310/2016

Livro de Registro	01/2016	Página: 187	
Responsável pela coleta	Natalhidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	14 de Julho de 2016	Hora da coleta	--
Entrada no laboratório	14 de Julho de 2016	Hora Entrada laboratório	08h55min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	*****		
Localidade	Natal/RN		
Origem	Torneira da Cisterna		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

## ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA DA ÁGUA

DETERMINAÇÃO	MÉTODO	LIMITE DE DETECÇÃO	LIMITE PERMISSÍVEL	VALOR ENCONTRADO
Temperatura, °C	Termométrica	-	ND	25,0
Cor, uH	Colorimetria	1,0	15	2,0
Turbidez, uT	Turbidimetria	0,1	5	0
pH	Potenciometria	-	6,0 a 9,5	6,5
Condutividade elétrica, $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ a 25° C	Condutivimetria	1,0	ND	492,0
Sólidos totais a 105° C, mg/L	Gravimetria	-	ND	246
Sólidos dissolvidos mg/L	Gravimetria	-	1000	246
Sólidos em suspensão, mg/L	Gravimetria	-	ND	0
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	18
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	18
Dureza total mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	500	20,0
Nitrogênio Amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub> -N	Colorimetria	0,01	1,5	0,04
Nitrito, mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	1,0	0
Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	10	1,0
Cálcio, mg/L Ca <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	16,8
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	200	25,76
Magnésio, mg/L Mg <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	10,94
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	ND	2,78
Ferro total, mg/L (Fe <sup>++</sup> + Fe <sup>+++</sup> )	Colorimetria	0,01	0,3	0,03
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Titulometria	1,0	ND	0
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	ND	34,0
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Colorimetria	0,01	250	10,0
Cloreto, mg/L Cl <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	250	80,0

OBS: Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. O limite máximo permitido é regulamentado de acordo com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).

ND: Limite não definido pela legislação em vigor

Proibida a reprodução parcial deste documento.

Emitido em: Natal 18 de Julho de 2016.

Maria das Graças Santiago  
CRBio 36.831 / 5 - D

CNPJ 05.980.399/0001-38 - Insc. Mun. 152.398-8  
Rua Kerginaldo Cavalcante, 279 - Nova Descoberta - CEP 59075-240 - Natal/RN  
Fone: (84) 3231-8464 - Fax: (84) 3234-4411 - Cel.: (84) 8812-4602  
E-mail: hidrolab@superig.com.br - Site: www.centralhidrolab.com.br



## ANEXO 4 – ANÁLISE LABORATORIAL: AGOSTO DE 2016



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Por uma Água de Qualidade

Certificado nº 2187/2016

Termo de Responsabilidade nº 372/2016

Livro de Registro	01/2016	Página: 137	
Responsável pela coleta	Natalhidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	04 de Agosto de 2016	Hora da coleta	11h05min
Entrada no laboratório	04 de Agosto de 2016	Hora Entrada laboratório	11h15min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	*****		
Localidade	Natal/RN		
Origem	Saída do Tratamento		
Observação	Frasco de coleta do Cliente		

## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA

## RESULTADO DO TESTE COLIFORME TOTAL

Parâmetro	Valor Máx. Permitido	Material Analisado
Água para consumo humano	Ausente em 100 mL	Ausente em 100 mL

RESULTADO DO TESTE DE *Escherichia coli* ou COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Parâmetro	Valor Máx. Permitido	Material Analisado
Água para consumo humano	Ausente em 100 mL	Ausente em 100 mL

**RESULTADO:** A água encontra-se **própria** de acordo com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal), em relação ao padrão microbiológico.

**OBSERVAÇÃO:** Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra coletada

- Análise realizada de acordo com o STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wasterwater 21<sup>th</sup> Edition.
- \*Aprovado pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA)
- Aprovado pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC)

**MÉTODO:** Substrato enzimático cromogênico-fluorogênico 9223 B\*

Proibida a reprodução parcial deste documento

Emitido em: Natal, 08 de Agosto 2016.

Maria das Graças Santiago  
CRBio 36.831 / 5 - D

Pág 1/1

CNPJ 05.980.399/0001-38 - Insc. Mun. 152.398-8

Rua Kerginaldo Cavalcante, 279 - Nova Descoberta - CEP 59075-240 - Natal/RN

Fone: (84) 3231-8464 - Fax: (84) 3234-4411 - Cel.: (84) 8812-4602

E-mail: hidrolab@superia.com.br - Site: www.centralhidrolab.com.br



# CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Por uma Água de Qualidade

Certificado n° 1856/2016

Termo de Responsabilidade n° 372/2016

Livro de Registro	02/2016			Página: 22
Responsável pela coleta	Natalhidro			
Material analisado	Água			
Data da coleta	04 de Agosto de 2016	Hora da coleta	11h05min	
Entrada no laboratório	04 de Agosto de 2016	Hora Entrada laboratório	11h15min	
Proprietário	Natal Shopping			
Endereço	*****			
Localidade	Natal/RN			
Origem	Saída do Tratamento			
Observação	Frasco de coleta do Cliente			

## ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA DA ÁGUA

DETERMINAÇÃO	MÉTODO	LIMITE DE DETECÇÃO	LIMITE PERMISSÍVEL	VALOR ENCONTRADO
Temperatura, °C	Termométrica	-	ND	25
Cor, uH	Colorimetria	1,0	15	2,6
Turbidez, uT	Turbidimetria	0,1	5	0,4
pH	Potenciometria	-	6,0 a 9,5	6,3
Condutividade elétrica, $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$ a 25° C	Condutivimetria	1,0	ND	601,0
Sólidos totais a 105° C, mg/L	Gravimetria	-	ND	319,0
Sólidos dissolvidos mg/L	Gravimetria	-	1000	319,0
Sólidos em suspensão, mg/L	Gravimetria	-	ND	0
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	28
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	28
Dureza total mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	500	40,0
Nitrogênio Amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub> -N	Colorimetria	0,01	1,5	0,03
Nitrito, mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	1,0	0
Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	10	1,0
Cálcio, mg/L Ca <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	15,9
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	200	30,0
Magnésio, mg/L Mg <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	9,26
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	ND	3,26
Ferro total, mg/L (Fe <sup>++</sup> + Fe <sup>+++</sup> )	Colorimetria	0,01	0,3	0,04
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Titulometria	1,0	ND	0
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	ND	41,5
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Colorimetria	0,01	250	7,10
Cloroeto, mg/L Cl <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	250	101,5

OBS: Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. O limite máximo permitido é regulamentado de acordo com a Portaria MS n° 2914 de 12/12/2011(Federal).

ND: Limite não definido pela legislação em vigor

Proibida a reprodução parcial deste documento.

Emitido em: Natal 09 de Agosto de 2016.

Maria das Graças Santiago  
CRBio 36.831 / 5 - D

CNPJ 05.980.399/0001-38 - Inc. Mun. 152.398-8


Rua Kerginaldo Cavalcante, 279 - Nova Descoberta - CEP 59075-240 - Natal/RN

Fone: (84) 3231-8464 - Fax: (84) 3234-4411 - Cel.: (84) 8812-4602

F-mail: hidrolab@superio.com.br - Site: www.centralhidrolab.com.br



## ANEXO 5 – ANÁLISE LABORATORIAL: SETEMBRO DE 2016



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

*Por uma Água de Qualidade*

Certificado n° 2163/2016      Termo de Responsabilidade n° 470/2016

Livro de Registro	02/2016		
Responsável pela coleta	Natal/RN	Página: 60	
Material analisado	Água		
Data da coleta	09 de Setembro de 2016	Hora da coleta	11h45min
Entrada no laboratório	09 de Setembro de 2016	Hora Entrada laboratório	12h00min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	.....		
Localidade	Natal/RN		
Origem	Poço Tubular		
Observação	Frasco de coleta do Cliente		

**ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA DA ÁGUA**


DETERMINAÇÃO	MÉTODO	LIMITE DE DETECÇÃO	LIMITE PERMISSÍVEL	VALOR ENCONTRADO
Temperatura, °C	Termométrica	-	ND	25,0
Cor, uH	Colorimetria	1,0	15	2,8
Turbidez, uT	Turbidimetria	0,1	5	0,6
pH	Potenciometria	-	0,0 a 9,5	6,0
Condutividade elétrica, µs/cm * 25° C	Condutivimetria	1,0	ND	548,0
Sólidos totais a 105° C, mg/L	Gravimetria	-	ND	350,72
Sólidos dissolvidos, mg/L	Gravimetria	-	1000	350,72
Sólidos em suspensão, mg/L	Gravimetria	-	ND	0
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	36
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	36
Dureza total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	500	50,0
Nitrogênio Amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub> - N	Colorimetria	0,01	1,5	0,06
Nitro, mg/L NO <sub>2</sub> - N	Colorimetria	0,01	1,0	0
Nitro, mg/L NO <sub>3</sub> - N	Colorimetria	0,01	10	2,0
Cálcio, mg/L Ca <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	27,0
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>	Potometria de chama	0,01	200	38,10
Magnésio, mg/L Mg <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	16,0
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>	Potometria de chama	0,01	ND	2,90
Ferro total, mg/L (Fe <sup>++</sup> + Fe <sup>+++</sup> )	Colorimetria	0,01	0,3	0,05
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	49,54
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub>	Colorimetria	0,01	250	8,0
Clorato, mg/L Cl <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	250	106,0
Cloro Residual Livre	Titulometria	-	0,2 a 2,0	1,0

OBS: Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. O limite máximo permitido é regulamentado de acordo com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).

ND: Limite não definido pela legislação em vigor.

Proibida a reprodução parcial deste documento.

Emitido em: Natal 14 de Setembro de 2016



Maria dos Graças Sarmento  
CRB4 20.001 / 5 - 0

CNPJ 05.980.399/0001-38 - Insc. Mun. 152.398-B

Rua Kerginaldo Cavalcante, 279 - Nova Descoberta - CEP 59075-240 - Natal/RN

Fone: (84) 3231-8484 - Fax: (84) 3234-4411 - Cel: (84) 8812-4602

E-mail: hidrolab@superig.com.br - Site: www.centralhidrolab.com.br

## ANEXO 6 – ANÁLISE LABORATORIAL: OUTUBRO DE 2016



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Por uma Água de Qualidade

Certificado nº 2851/2016

Termo de Responsabilidade nº 544/2016

Livro de Registro	01/2016	Página: 179	
Responsável pela coleta	Natalhidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	10 de Outubro de 2016	Hora da coleta	--
Entrada no laboratório	10 de Outubro de 2016	Hora Entrada laboratório	09h31min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	*****		
Localidade	Natal/RN		
Origem	Poço Tubular		
Observação	Frasco de coleta do Laboratorio		

## ANÁLISE BACTERIOLÓGICA

## RESULTADO DO TESTE COLIFORME TOTAL

Parâmetro	Valor Máx. Permitido	Material Analisado
Água para consumo humano	Ausente em 100 mL	Ausente em 100 mL

RESULTADO DO TESTE DE *Escherichia coli* ou COLIFORMES TERMOTOLERANTES

Parâmetro	Valor Máx. Permitido	Material Analisado
Água para consumo humano	Ausente em 100 mL	Ausente em 100 mL

**RESULTADO:** A água encontra-se própria de acordo com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal), em relação ao padrão microbiológico.

**OBSERVAÇÃO:** Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra coletada

- Análise realizada de acordo com o STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater 21<sup>th</sup> Edition.
- \*Aprovado pela U.S. Environmental Protection Agency (EPA)
- Aprovado pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC)

**MÉTODO:** Substrato enzimático cromogênico-fluorogênico 9223 B\*

Proibida a reprodução parcial deste documento

Emitido em: Natal, 13 de Outubro de 2016

Maria das Graças Santiago  
CRBio 36.831 / 5 - D

Pág 1/1





# CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Por uma Água de Qualidade

Certificado nº 2439/2016

Termo de Responsabilidade nº 544/2016

Livro de Registro	02/2016	Página: 94	
Responsável pela coleta	Natalhidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	10 de Outubro de 2016	Hora da coleta	--
Entrada no laboratório	10 de Outubro de 2016	Hora Entrada laboratório	09h31min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	*****		
Localidade	Natal/RN		
Origem	Poço Tubular		
Observação	Frasco de coleta do Cliente		

## ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA DA ÁGUA

DETERMINAÇÃO	MÉTODO	LIMITE DE DETECÇÃO	LIMITE PERMISSÍVEL	VALOR ENCONTRADO
Temperatura, °C	Termométrica	-	ND	25,0
Cor, uH	Colorimetria	1,0	15	2,9
Turbidez, uT	Turbidimetria	0,1	5	0,6
pH	Potenciometria	-	6,0 a 9,5	5,10
Condutividade elétrica, $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$ a 25° C	Condutivimetria	1,0	ND	538,0
Sólidos totais a 105° C, mg/L	Gravimetria	-	ND	344,32
Sólidos dissolvidos mg/L	Gravimetria	-	1000	344,32
Sólidos em suspensão, mg/L	Gravimetria	-	ND	0
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	34
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	34
Dureza total mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	500	45,0
Nitrogênio Amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub> -N	Colorimetria	0,01	1,5	0,03
Nitrito, mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	1,0	0
Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	10	2
Cálcio, mg/L Ca <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	26,8
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	200	34,78
Magnésio, mg/L Mg <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	15,0
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	ND	2,60
Ferro total, mg/L (Fe <sup>++</sup> + Fe <sup>+++</sup> )	Colorimetria	0,01	0,3	0,06
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	ND	0
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	51,5
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Colorimetria	0,01	250	8,0
Cloreto, mg/L Cl <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	250	114,0
Cloro Residual Livre	Titulometria	-	0,2 a 2,0	4,0

**OBS:** Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. O limite máximo permitido é regulamentado de acordo com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).

**ND:** Limite não definido pela legislação em vigor

**Proibida a reprodução parcial deste documento.**

Emitido em: Natal 13 de Outubro de 2016.

Maria das Graças Santiago  
CRBio 36831 / 5 - D

CNPJ 05.980.399/0001-38 - Insc. Mun. 152.398-8

Rua Kerginaldo Cavalcante, 279 - Nova Descoberta - CEP 59075-240 - Natal/RN

Fone: (84) 3231-8464 - Fax: (84) 3234-4411 - Cel.: (84) 8812-4602

F-mail: hidrolab@superio.com.br - Site: www.centralhidrolab.com.br

## ANEXO 7 – ANÁLISE LABORATORIAL: NOVEMBRO DE 2016



# CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Por uma Água de Qualidade

Certificado nº 2718/2016

Termo de Responsabilidade nº 615/2016

Livro de Registro	02/2016	Página: 127	
Responsável pela coleta	Natalhidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	09 de Novembro de 2016	Hora da coleta	11h20min
Entrada no laboratório	09 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	--
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	*****		
Localidade	Natal/RN		
Origem	Poço Tubular		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

### ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA DA ÁGUA

DETERMINAÇÃO	MÉTODO	LIMITE DE DETECÇÃO	LIMITE PERMISSÍVEL	VALOR ENCONTRADO
Temperatura, °C	Termométrica	-	ND	25,0
Cor, uH	Colorimetria	1,0	15	2,7
Turbidez, uT	Turbidimetria	0,1	5	0,5
pH	Potenciometria	-	6,0 a 9,5	5,9
Condutividade elétrica, $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$ a 25° C	Condutivimetria	1,0	ND	529,0
Sólidos totais a 105° C, mg/L	Gravimetria	-	ND	338,5
Sólidos dissolvidos mg/L	Gravimetria	-	1000	338,5
Sólidos em suspensão, mg/L	Gravimetria	-	ND	0
Alcalinidade total, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	30,0
Alcalinidade de hidróxido, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade carbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	0
Alcalinidade bicarbonato, mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	30,0
Dureza total mg/L CaCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	500	44,0
Nitrogênio Amoniacal, mg/L NH <sub>3</sub> -N	Colorimetria	0,01	1,5	0,04
Nitrito, mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	1,0	0
Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	10	2,90
Cálcio, mg/L Ca <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	24,2
Sódio, mg/L Na <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	200	35,0
Magnésio, mg/L Mg <sup>++</sup>	Titulometria	1,0	ND	12,16
Potássio, mg/L K <sup>+</sup>	Fotometria de chama	0,01	ND	3,0
Ferro total, mg/L (Fe <sup>++</sup> + Fe <sup>+++</sup> )	Colorimetria	0,01	0,3	0,06
Carbonato, mg/L CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	ND	0
Bicarbonato, mg/L HCO <sub>3</sub>	Titulometria	1,0	ND	45,6
Sulfato, mg/L SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Colorimetria	0,01	250	7,79
Cloreto, mg/L Cl <sup>-</sup>	Titulometria	1,0	250	95,5
Cloro Residual Livre	Titulometria	-	0,2 a 2,0	0,3

OBS: Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. O limite máximo permitido é regulamentado de acordo com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).

ND: Limite não definido pela legislação em vigor

Proibida a reprodução parcial deste documento.

Emitido em: Natal 14 de Novembro de 2016.

Maria das Graças Santiago  
CRBio 36.831 / 5 - D

CNPJ 05.980.399/0001-38 - Insc. Mun. 152.398-8

Rua Kerginaldo Cavalcante, 279 - Nova Descoberta - CEP 59075-240 - Natal/RN

Fone: (84) 3231-8464 - Fax: (84) 3234-4411 - Cel.: (84) 8812-4602

E-mail: hidrolab@suneria.com.br - Site: www.centralhidrolab.com.br



## ANEXO 8 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016–Água Bruta



<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO Nº 4116/2016</b>	
<b>DADOS DO CLIENTE</b>	
<i>Solicitante: Natal Hidro</i>	<i>Município: Natal- RN</i>
<i>Local: Natal Shopping Center</i>	<i>Coleta: O Cliente</i>
<b>DADOS DA AMOSTRA</b>	
<i>Origem: Poço (Água Bruta)</i>	<i>Data de entrada: 22/11/2016</i>

<b>RESULTADOS ENCONTRADOS</b>			
<b>PARAMETROS</b>	<b>Limite de Detecção</b>	<b>V.M.P<sup>(1)</sup></b>	<b>Poço (Água Bruta)</b>
<b>FÍSICO-QUÍMICA</b>			
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	33,82
<b>(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria nº2914 de 12/12/2011</b>			
<b>ND –Limite não definido pela legislação em vigor</b>			
<b>LAUDO TÉCNICO: A amostra analisada não se encontra de acordo com a Portaria citada para o ensaio de Nitrato.</b>			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN


Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 9 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016–Água Tratada



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO Nº 4118/2016	
DADOS DO CLIENTE	
<i>Solicitante: Natal Hidro</i>	<i>Município: Natal- RN</i>
<i>Local: Natal Shopping Center</i>	<i>Coleta: O Cliente</i>
DADOS DA AMOSTRA	
<i>Origem: Água Pos-Tratamento</i>	<i>Data de entrada: 22/11/2016</i>

RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARAMETROS	Limite de Detecção	V.M.P <sup>(1)</sup>	Água Pos-Tratamento
<b>FÍSICO-QUÍMICA</b>			
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	1,21
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria nº2914 de 12/12/2011			
ND – Limite não definido pela legislação em vigor			
LAUDO TÉCNICO: A amostra analisada encontra-se de acordo com a Portaria citada.			

  
 Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
 CRBio - 5 Nº 11.157  
 Respª Técnica

## ANEXO 10 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016–Água Brut. 2



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

*Por uma Água de Qualidade*

Certificado n° 2815/2016

Termo de Responsabilidade n° 630/2016

Livro de Registro	02/2016	Página: 139	
Responsável pela coleta	Central Hidrolab		
Material analisado	Água		
Data da coleta	22 de Novembro de 2016	Hora da coleta	08h26min
Entrada no laboratório	22 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	--
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	*****		
Localidade	Natal/RN		
Origem	Poço Bruto		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

### ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA DA ÁGUA

Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	10	33,6
--	--------------	------	----	------

**OBS:** Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. O limite máximo permitido é regulamentado de acordo com a Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).

**ND:** Limite não definido pela legislação em vigor

**Proibida a reprodução parcial deste documento.**

Emitido em: Natal, 23 de Novembro de 2016.

Maris das Graças Santiago  
CRBio 39831 / 5 - D

CNPJ 05.980.399/0001-38 - Insc. Mun. 152.398-8

Rua Kerginaldo Cavalcante, 279 - Nova Descoberta - CEP 59075-240 - Natal/RN

Fone: (84) 3231-8464 - Fax: (84) 3234-4411 - Cel.: (84) 8812-4602

E-mail: hidrolab@suenerio.com.br - Site: www.centralhidrolab.com.br

## ANEXO 11 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016–Água Trat. 2



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

*Por uma Água de Qualidade*

Certificado n° 2816/2016

Termo de Responsabilidade n° 632/2016

Livro de Registro	02/2016	Página: 139	
Responsável pela coleta	Central Hidrolab		
Material analisado	Água		
Data da coleta	22 de Novembro de 2016	Hora da coleta	08h40min
Entrada no laboratório	22 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	--
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	*****		
Localidade	Natal/RN		
Origem	Poço Tratado		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

### ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA DA ÁGUA

Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	Colorimetria	0,01	10	1,39
--	--------------	------	----	------

**OBS:** Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. O limite máximo permitido é regulamentado de acordo com a Portaria MS n° 2914 de 12/12/2011(Federal).

**ND:** Limite não definido pela legislação em vigor

**Proibida a reprodução parcial deste documento.**

Emitido em: Natal, 23 de Novembro de 2016.

\_\_\_\_\_  
 Maria das Graças Santiago  
 CRBio 36.831 / 5 - D

## ANEXO 12 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016–Água Trat. 3



FUNDAÇÃO DE APOIO A EDUCAÇÃO E AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO RN  
NÚCLEO DE ANÁLISES DE ÁGUAS, ALIMENTOS E EFLUENTES



## CERTIFICADO DE ANÁLISE N.º 4340/2016

MATERIAL: ÁGUA	ORIGEM: ---
LOCAL DE COLETA: TRATADO	COLETADO POR: O INTERESSADO
DATA DE COLETA: 22/11/2016	DATA DE ENTRADA: 22/11/2016
MUNICÍPIO: CRUZETA	LOCALIDADE: RN
SOLICITANTE: CENTRAL HIDROLAB	
CPF/CNPJ: 05.980.399/0001-38	
ENDEREÇO: RUA KERGINALDO CAVALCANTE, 279, NOVA DESCOBERTA	
CONTATOS: (84) 3231-8464/ 9 8716-7667	ORDEM DE SERVIÇO Nº: 8857


## RESULTADOS ANALÍTICOS

PARÂMETROS	UNIDADE	TÉCNICA UTILIZADA <sup>(1)</sup>	LIMITES PERMISSÍVEIS <sup>(2)</sup>	LIMITES DE QUANTIFICAÇÃO <sup>(3)</sup>	RESULTADOS
Nitrato	mg/L N	Colorimetria	10,0	0,10	1,27

(1) - METODOLOGIA UTILIZADA: APHA et al. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22th Washington D C: American Public Health Associations, 2012;  
(2) - REFERÊNCIA: Portaria MS nº 2914, de 12 de dezembro de 2011 (Federal) - Padrão de Potabilidade.  
(3) - Limite mínimo quantificável. (ND) - Não Determinado pela Legislação.

Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada.

Natal (RN), 23 de novembro de 2016

  
Douglas Nilson de Moraes Ferreira  
Laboratorista em Meio Ambiente  
Mat. SIAPE 1461708  
CRQ 15.100.275

Pg. 01/01



## ANEXO 13 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 I



# CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Por uma Água de Qualidade

Certificado nº 2890/2016 Termo de responsabilidade 651/2016

Livro de Registro	02/2016			Página: 149
Responsável pela coleta	NatalHidro			
Material analisado	Água			
Data da coleta	24 de Novembro de 2016	Hora da coleta	18h00min	
Entrada no laboratório	25 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	15h20min	
Proprietário	Natal Shopping			
Endereço	Av. Senador Salgado Filho ,			
Município	Natal/RN			
Origem	Filtro do Poço/ Amostra 01			
Observação	Frasco de coleta do Laboratório			

### ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA POTABILIDADE DA ÁGUA

Determinação	Técnica Utilizada	Limite permissível	Valor Encontrado
Nitrato, mg/L $\text{NO}_3^- - \text{N}$	Espectrofotométrica	10	2,85

OBS: Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. Os limites máximos permitidos são regulamentados pela Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).  
 ND: Limite não definido pela legislação em vigor.  
 Proibida a reprodução parcial deste documento.

Emitido em: Natal, 28 de Novembro de 2016.

Maria das Graças Santiago  
 CRBio 36.851 / 5 - D

Pág 1/1



## ANEXO 14 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 II



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

*Por uma Água de Qualidade*

Certificado nº 2891/2016

Termo de responsabilidade 651/2016

Livro de Registro	02/2016	Página: 149	
Responsável pela coleta	NatalHidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	24 de Novembro de 2016	Hora da coleta	15h00min
Entrada no laboratório	25 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	15h20min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	Av. Senador Salgado Filho ,		
Município	Natal/RN		
Origem	Filtro do Poço/ Amostra 02		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

### ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA POTABILIDADE DA ÁGUA

Determinação	Técnica Utilizada	Limite permissível	Valor Encontrado
Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	Espectrofotométrica	10	2,67

**OBS:** Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. Os limites máximos permitidos são regulamentados pela Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).

**ND:** Limite não definido pela legislação em vigor.

**Proibida a reprodução parcial deste documento.**

Emitido em: Natal, 28 de Novembro de 2016.

\_\_\_\_\_  
 Maria das Graças Santiago  
 CRBio 36.831 / 5 - D

Pág 1/1

## ANEXO 15 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 III



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Por uma Água de Qualidade

Certificado nº 2892/2016

Termo de responsabilidade 651/2016

Livro de Registro	02/2016	Página: 149	
Responsável pela coleta	NatalHidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	24 de Novembro de 2016	Hora da coleta	20h00min
Entrada no laboratório	25 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	15h20min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	Av. Senador Salgado Filho ,		
Município	Natal/RN		
Origem	Filtro do Poço/ Amostra 03		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

### ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA POTABILIDADE DA ÁGUA

Determinação	Técnica Utilizada	Limite permissível	Valor Encontrado
Nitrato, mg/L $\text{NO}_3^- \text{ N}$	Espectrofotométrica	10	2,60

**OBS:** Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. Os limites máximos permitidos são regulamentados pela Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).  
**ND:** Limite não definido pela legislação em vigor.  
**Proibida a reprodução parcial deste documento.**

Emitido em: Natal, 28 de Novembro de 2016.

\_\_\_\_\_  
 Maria das Graças Santiago  
 CRBio 35.631 / 5 - D

Pág 1/1

## ANEXO 16 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 IV



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

*Por uma Água de Qualidade*

Certificado nº 2893/2016

Termo de responsabilidade 651/2016

Livro de Registro	02/2016	Página: 149	
Responsável pela coleta	NatalHidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	24 de Novembro de 2016	Hora da coleta	21h00min
Entrada no laboratório	25 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	15h20min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	Av. Senador Salgado Filho		
Município	Natal/RN		
Origem	Filtro do Poço/ Amostra 04		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

### ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA POTABILIDADE DA ÁGUA

Determinação	Técnica Utilizada	Limite permissível	Valor Encontrado
Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> - N	Espectrofotométrica	10	2,10

**OBS:** Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. Os limites máximos permitidos são regulamentados pela Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).  
**ND:** Limite não definido pela legislação em vigor.  
**Proibida a reprodução parcial deste documento.**

Emitido em: Natal, 28 de Novembro de 2016.

Maria das Graças Santiago  
 CRBio 36.831 / 5 - D

Pág 1/1



## ANEXO 17 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 V



**CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.**

Certificado nº 2894/2016      Termo de responsabilidade 651/2016

*Por uma Água de Qualidade*

Livro de Registro	02/2016	Página: 149	
Responsável pela coleta	NatalHidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	24 de Novembro de 2016	Hora da coleta	22h00min
Entrada no laboratório	25 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	15h20min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	Av. Senador Salgado Filho ,		
Município	Natal/RN		
Origem	Filtro do Poço/ Amostra 05		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

## ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA POTABILIDADE DA ÁGUA

Determinação	Técnica Utilizada	Limite permissível	Valor Encontrado
Nitrato, mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	Espectrofotométrica	10	1,99


OBS: Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. Os limites máximos permitidos são regulamentados pela Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).  
 ND: Limite não definido pela legislação em vigor.  
 Proibida a reprodução parcial deste documento.

Emitido em: Natal, 29 de Novembro de 2016.

\_\_\_\_\_  
 Maria das Graças Santiago  
 CRBio 36.831 / 5 - D

Pág 1/1

## ANEXO 18 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOVEMBRO/2016 VI



**CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.**  
*Por uma Água de Qualidade*

Certificado nº 2911/2016      Termo de responsabilidade 651/2016

Livro de Registro	02/2016		Página: 149
Responsável pela coleta	Natal/Hidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	25 de Novembro de 2016	Hora da coleta	02h00min
Entrada no laboratório	25 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	15h20min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	Av. Senador Salgado Filho ,		
Município	Natal/RN		
Origem	Filtro do Poço/ Amostra 09		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

## ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA POTABILIDADE DA ÁGUA

Determinação	Técnica Utilizada	Limite permissível	Valor Encontrado
Nitrato, mg/L. NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	Espectrofotométrica	10	2,65

**OBS:** Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. Os limites máximos permitidos são regulamentados pela Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).  
**ND:** Limite não definido pela legislação em vigor.  
**Proibida a reprodução parcial deste documento.**

Emitido em: Natal, 28 de Novembro de 2016.

\_\_\_\_\_  
Maria das Graças Santiago  
CRBio 36.031/5 - D

Pág 1/1

## ANEXO 19 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016 VII



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

Certificado nº 2904/2016 Termo de responsabilidade 651/2016

Livro de Registro	02/2016	Página: 149	
Responsável pela coleta	NatalHidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	25 de Novembro de 2016	Hora da coleta	08h00min
Entrada no laboratório	25 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	15h20min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	Av. Senador Salgado Filho ,		
Município	Natal/RN		
Origem	Filtro do Poço/ Amostra 15		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

### ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA POTABILIDADE DA ÁGUA

Determinação	Técnica Utilizada	Limite permissível	Valor Encontrado
Nitrato, mg/L $\text{NO}_3^- - \text{N}$	Espectrofotométrica	10	3,57

OBS: Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. Os limites máximos permitidos são regulamentados pela Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).  
 ND: Limite não definido pela legislação em vigor.  
 Proibida a reprodução parcial deste documento.

Emitido em: Natal, 26 de Novembro de 2016.

Maria das Graças Santiago  
 CRBio 36/531 / 5 - D

Pág 1/1

## ANEXO 20 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA NOV/2016 VIII



## CENTRAL HIDROLAB SERVIÇOS LTDA.

*Por uma Água de Qualidade*

Certificado nº 2909/2016 Termo de responsabilidade 651/2016

Livro de Registro	02/2016	Página: 150	
Responsável pela coleta	NatalHidro		
Material analisado	Água		
Data da coleta	25 de Novembro de 2016	Hora da coleta	13h00min
Entrada no laboratório	25 de Novembro de 2016	Hora Entrada laboratório	15h20min
Proprietário	Natal Shopping		
Endereço	Av. Senador Salgado Filho ,		
Município	Natal/RN		
Origem	Filtro do Poço/ Amostra 20		
Observação	Frasco de coleta do Laboratório		

### ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA POTABILIDADE DA ÁGUA

Determinação	Técnica Utilizada	Limite permissível	Valor Encontrado
Nitrato, mg/L $\text{NO}_3^- - \text{N}$	Espectrofotométrica	10	6,06

OBS: Os resultados emitidos aplicam-se exclusivamente à amostra analisada. Os limites máximos permitidos são regulamentados pela Portaria MS nº 2914 de 12/12/2011(Federal).

ND: Limite não definido pela legislação em vigor.

Proibida a reprodução parcial deste documento.

Emitido em: Natal, 28 de Novembro de 2016.

Maria das Graças Santiago  
CRBio 36831 / 5 - D

Pág 1/1



## ANEXO 21 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO/2017 I



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N° 928/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02 -8h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 02 -8h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uFP <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	4,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,51
pH	-	6,00 à 9,50	6,01
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	781,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	781,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.285,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	136,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,61
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,002
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	17,50
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	12,24
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,55
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	153,00
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,95
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	7,46
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	2,31
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	347,89
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40

(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011  
 (2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não definido pela legislação em vigor

**LAUDO TÉCNICO:** A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de Amônia, Nitrato e Cloreto.

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
 CRBio -5 N°11.157  
 Resp. Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacarú Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br



## ANEXO 22 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO/2017 II



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°927/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01 -8h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 01 -8h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	2,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,34
pH	-	6,00 à 9,50	5,96
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	2,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	779,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	781,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.282,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,08
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,08
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	138,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,75
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	7,30
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	13,06
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,55
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	161,07
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,02
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,97
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	0,02
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	369,89
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia e Cloreto			

Diima Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 23 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 III



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO Nº 930/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02 -9h		Data de entrada: 22/03/2017	Colta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARAMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 02 -9h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	3,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,85
pH	-	6,00 à 9,50	5,89
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	1,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	780,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	781,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.285,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	136,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,60
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,002
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	14,80
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	13,06
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,06
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	168,16
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,06
Ferro, mg/l Fé <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	7,46
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	1,07
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	372,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40

(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria nº2914 de 12/12/2011  
 (2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não definido pela legislação em vigor

**LAUDO TÉCNICO:** A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
 CRBio -5 N°11.157  
 Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 24 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 IV



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°929/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01 -9h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P <sup>(1)</sup>	Ponto 01 -9h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	4,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,34
pH	-	6,00 à 9,50	5,80
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	1,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	775,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	776,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.281,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,08
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,08
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	140,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,68
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,002
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	7,00
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	12,24
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	26,51
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	173,04
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,02
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,97
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	0,00
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	389,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não definido pela legislação em vigor			
LAUDO TÉCNICO: A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrtton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 25 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 V



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO Nº 932/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02 -10h	Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente	
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 02 -10h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	3,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,51
pH	-	6,00 à 9,50	6,08
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	780,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	780,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.291,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	146,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,51
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	18,20
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	12,24
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	27,96
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	168,89
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	27,22
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,02
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	3,17
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	369,89
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria nº2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não definido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dília Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacarú Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br



## ANEXO 26 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 VI



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°931/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01 -10h		Data de entrada: 22/03/2017	Colêta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARAMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 01 -10h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	2,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 à 9,50	5,92
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	775,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	775,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1278,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	140,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,45
Nitrato, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	7,25
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	13,06
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	26,03
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	175,88
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	40,82
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,02
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	7,46
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	0,00
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	398,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40

(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria nº2914 de 12/12/2011  
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L. )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não definido pela legislação em vigor

**LAUDO TÉCNICO:** A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia e Cloreto

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Resp° Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacarú Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 27 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 VII



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO Nº 934/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02 -11h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P <sup>(1)</sup>	Ponto 02 -11h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	3,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 à 9,50	6,09
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	780,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	780,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1290,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	134,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,94
Nitrato, mg/l de N	0,02	1,00	0,002
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	16,35
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	12,24
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,06
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	167,95
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,02
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	7,46
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	2,88
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	368,89
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria nº2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não definido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 28 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 VIII



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°933/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01 -11h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARAMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 01 -11h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	1,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,34
pH	-	6,00 à 9,50	5,97
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	773,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	773,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.276,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	134,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,54
Nitrato, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	6,80
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	11,52
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,55
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	191,57
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	32,31
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	0,02
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	409,87
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não definido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 359 | Mandacarú Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 29 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 IX



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N° 936/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02-12h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 02-12h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	3,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,00
pH	-	6,00 à 9,50	6,07
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	779,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	779,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.299,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	140,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,90
Nitrato, mg/l de N	0,02	1,00	0,002
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	18,15
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	12,24
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	26,51
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	159,42
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	39,13
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	1,83
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	362,89
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dília Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN  
Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br



## ANEXO 30 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 X



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N° 935/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01-12h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 01-12h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	1,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 a 9,50	6,01
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	769,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	769,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.267,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	142,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,58
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	4,75
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	10,61
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	27,96
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	163,20
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,05
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,02
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	10,21
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	366,89
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não de finido pela legislação em vigor			
LAUDO TÉCNICO: A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de Amônia e Cloreto.			

Diima Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 31 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XI



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°938/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02-13h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 02-13h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	1,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,00
pH	-	6,00 a 9,50	5,81
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	769,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	769,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.248,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	138,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,66
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	5,55
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	13,06
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,55
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	180,02
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	29,87
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	9,55
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	385,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não definido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia e Cloreto.			

Dílma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio-5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 32 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XII



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°937/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01-13h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 01-13h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	0,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 à 9,50	5,92
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	765,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	765,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.246,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	138,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,44
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	5,37
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	11,42
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	26,51
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	180,26
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,06
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,04
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	10,50
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	389,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40

(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011  
 (2) Unidade Hazen ( mg P<sub>T</sub>-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não de finido pela legislação em vigor

**LAUDO TÉCNICO:** A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia e Cloreto.

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
 CRBio -5 N°11.157  
 Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN  
 Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 33 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XIII



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°940/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02-14h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 02-14h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	2,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,00
pH	-	6,00 à 9,50	5,93
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	778,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	778,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.260,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	136,60
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,48
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	16,05
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	13,06
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,06
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	168,49
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,01
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	2,88
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	369,89
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L.)      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br



## ANEXO 34 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XIV



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N° 939/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01-14h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P <sup>(1)</sup>	Ponto 01-14h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	0,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 a 9,50	5,89
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	769,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	769,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.249,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	10,20
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	10,20
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	132,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,57
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	5,10
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	11,42
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,06
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	175,75
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,02
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	12,44
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	9,83
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	377,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L ) (3) Unidade de Turbidez N.D –Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 35 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XV



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N° 942/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02-15h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 02-15h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	2,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,00
pH	-	6,00 a 9,50	5,97
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	779,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	779,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.266,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	10,20
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	10,20
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	130,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,58
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	18,55
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	11,42
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	24,58
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	176,47
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	30,61
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,04
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	12,44
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	2,98
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	371,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não definido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dílma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio-5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 36 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XVI



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°941/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01-15h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P <sup>(1)</sup>	Ponto 01-15h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	2,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 à 9,50	5,95
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	770,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	770,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.259,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	132,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,64
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,002
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	5,70
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	12,24
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	24,58
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	191,91
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,06
Ferro, mg/l Fé <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,02
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	11,26
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	402,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia e Cloreto.			

Dirlma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br



## ANEXO 37 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XVII



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°944/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02-16h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 02-16h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	0,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 à 9,50	5,87
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	780,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	780,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.280,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	10,20
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	10,20
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	132,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,57
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	16,95
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	10,60
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,54
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	178,35
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	30,63
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	12,44
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	1,93
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	377,80
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 38 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XVIII



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°943/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01-16h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 01-16h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	1,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,00
pH	-	6,00 à 9,50	5,83
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	762,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	762,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.238,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	136,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,60
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	12,50
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	10,69
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	26,51
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	139,50
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	31,64
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	7,46
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	9,17
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	321,89
Salimidade, ‰	-	N.D	0,40

(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011  
 (2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não de finido pela legislação em vigor

**LAUDO TÉCNICO:** A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto.

Dilmá Bezerra Fernandes de Oliveira  
 CRBio -5 N°11.157  
 Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 39 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XIX



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°946/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02-17h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P <sup>(1)</sup>	Ponto 02-17h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	0,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 à 9,50	6,03
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	776,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	776,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.435,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	142,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,94
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	16,80
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	13,05
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	26,51
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	154,77
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	27,21
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,04
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	7,46
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	3,55
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	348,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade de Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não de finido pela legislação em vigor			
LAUDO TÉCNICO: A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 40 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XX



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°945/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01-17h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.MP <sup>(1)</sup>	Ponto 01-17h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	0,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 à 9,50	5,86
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	762,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	762,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.409,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	132,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,65
Nitrato, mg/l de N	0,02	1,00	0,002
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	36,50
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	14,68
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	23,13
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	153,14
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	28,39
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,02
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	11,93
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	318,89
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não definido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br




## ANEXO 41 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXI



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°948/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02-18h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 02-18h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	1,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 à 9,50	6,06
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	778,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	778,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.436,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	138,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,58
Nitrato, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	18,55
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	13,81
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,06
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	166,61
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	27,21
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	4,02
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	359,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40

(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria nº2914 de 12/12/2011  
 (2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não de finido pela legislação em vigor

**LAUDO TÉCNICO:** A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de Amônia, Nitrato e Cloreto.

  
 Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
 CRBio -5 N°11.157  
 Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN  
 Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 42 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXII



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°947/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01-18h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 01-18h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	0,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,17
pH	-	6,00 à 9,50	5,86
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	762,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	762,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.408,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	6,12
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	136,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,55
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,005
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	40,25
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	12,24
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,54
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	140,71
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	25,52
Ferro, mg/l Fé <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,04
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	7,46
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	13,74
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	298,90
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dirlma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 43 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXIII



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°950/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02-19h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.MLP <sup>(1)</sup>	Ponto 02-19h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	0,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,00
pH	-	6,00 à 9,50	5,93
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	778,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	778,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.436,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	10,20
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	10,20
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	136,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,70
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,002
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	17,10
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	12,24
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,54
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	170,62
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,02
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	12,44
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	12,44
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	4,50
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	369,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D –Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br



## ANEXO 44 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXIV



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N° 949/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01-19h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 01-19h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	2,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,00
pH	-	6,00 a 9,50	5,53
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	770,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	770,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.416,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,08
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,08
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	134,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,56
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	14,10
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	13,87
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	24,10
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	172,53
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	34,01
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,02
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,97
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	0,00
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	389,87
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N° 11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacarú Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 45 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXV



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N°952/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 02-20h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P <sup>(1)</sup>	Ponto 02-20h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	1,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,00
pH	-	6,00 à 9,50	5,91
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	778,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	778,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.431,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	8,16
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	148,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,13
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	12,05
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	13,06
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	27,96
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	170,23
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	32,33
Ferro, mg/l Fe <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,03
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	9,95
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	4,12
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	380,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio-5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br

## ANEXO 46 – ANÁLISE LABORATORIAL: CAMPANHA MARÇO DE 2017 XXVI



ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA CERTIFICADO N° 951/2017			
DADOS DO CLIENTE			
Solicitante: Cond. Civil Pro-Indiviso do Natal Shopping Center		CNPJ: 03.553.283/0001-97	
End.: Av. Sen. Salgado Filho, S/N – Capim Macio		Município: Natal-RN	
DADOS DA AMOSTRA			
Origem: Ponto 01-20h		Data de entrada: 22/03/2017	Coleta: O Cliente
RESULTADOS ENCONTRADOS			
PARÂMETROS	Limite de Detecção	V.M.P. <sup>(1)</sup>	Ponto 01-20h
FÍSICO-QUÍMICA			
Cor Aparente, uH <sup>(2)</sup>	15,00	15,00	2,00
Turbidez, UT <sup>(3)</sup>	5,00	5,00	0,00
pH	-	6,00 à 9,50	5,72
Sólidos suspensos, mg/l	-	N.D	0,00
Sólidos totais dissolvidos, mg/l	-	1.000,00	769,00
Sólidos totais, mg/l	-	N.D	769,00
Condutividade elétrica, µs/cm a 25°C	-	N.D	1.418,00
Alcalinidade total, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,08
Alcalinidade a hidróxido, mg/l	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade carbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Alcalinidade bicarbonato, mg/l CaCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,08
Dureza total, mg/l	1,00	500,00	138,00
Amônia, mg/l NH <sub>3</sub>	0,24	1,50	3,78
Nitrito, mg/l de N	0,02	1,00	0,003
Nitrato, mg/l de N	0,24	10,00	11,35
Cálcio, mg/l de Ca <sup>+</sup>	0,40	N.D	13,05
Magnésio, mg/l de Mg	0,24	N.D	25,54
Sódio, mg/l Na <sup>+</sup>	1,00	200,00	159,62
Potássio, mg/l K <sup>+</sup>	1,00	N.D	44,56
Ferro, mg/l Fé <sup>++</sup>	0,04	0,30	0,04
Carbonato, mg/l CO <sub>3</sub>	1,00	N.D	0,00
Bicarbonato, mg/l HCO <sub>3</sub>	1,00	N.D	4,97
Sulfato, mg/l SO <sub>4</sub>	0,94	250,00	0,00
Cloreto, mg/l Cl <sup>-</sup>	0,49	250,00	374,88
Salinidade, ‰	-	N.D	0,40
(1) Valores máximos permitidos, conforme portaria n°2914 de 12/12/2011			
(2) Unidade Hazen ( mg Pt-Co/L )      (3) Unidade de Turbidez      N.D – Limite não de finido pela legislação em vigor			
<b>LAUDO TÉCNICO:</b> A amostra analisada não se encontra de acordo com a portaria citada para os ensaios de pH, Amônia, Nitrato e Cloreto.			

Dilma Bezerra Fernandes de Oliveira  
CRBio -5 N°11.157  
Respª Técnica

CNPJ: 09.604.264/0001-29

Av. Ayrton Senna, 389 | Mandacaru Mall | Sala 23 | CEP: 59080-100 | Capim Macio | Natal/ RN

Fone: 84 3217.8386 contato@aquanalous.com.br