

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUACAO**  
**IFG CAMPUS GOIÂNIA**  
**MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

**Marcus Vinícius Ramos**

**REMOÇÃO SIMULTÂNEA DE FERRO E MANGANÊS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZANDO VERMICULITA VISANDO ABASTECIMENTO PÚBLICO**

**Goiânia, 2016.**

**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUACAO**  
**IFG CAMPUS GOIÂNIA**  
**MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS**

Marcus Vinícius Ramos

**REMOÇÃO SIMULTÂNEA DE FERRO E MANGANÊS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZANDO VERMICULITA VISANDO ABASTECIMENTO PÚBLICO**

Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG (PPG-TPS- IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Tecnologias de Redução e Gerenciamento de Resíduos.

Orientador: Profa. Dra. Warde Antonieta da Fonseca-Zang

Coorientador: Prof. Dr. Joachim Werner Zang

**Goiânia, 2016.**

R1753r Ramos, Marcus Vinícius.

Remoção simultânea de ferro e manganês de águas subterrâneas utilizando vermiculita visando abastecimento público / Marcus Vinícius Ramos – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2016.

139 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Warde Antonieta da Fonseca-Zang.

Co-orientador: Prof. Dr. Joachim Werner Zang.

Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Inclui anexo.

1. Águas subterrâneas – Ferro e manganês. 2. Tratamento de água potável - SANEAGO – Aparecida de Goiânia - GO. I. Fonseca-Zang, Warde Antonieta da (coorientadora). II. Zang, Joachim Werner (orientador). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. IV. Título

CDD 628.162

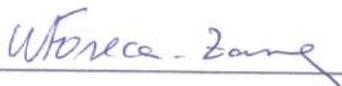
Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Alisson de Sousa B. Santos CRB1/ 2.266  
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
IFG CAMPUS GOIÂNIA  
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Marcus Vinícius Ramos

REMOÇÃO SIMULTANÊA DE FERRO E MANGANÊS DE ÁGUAS  
SUBTERRÂNEAS UTILIZANDO VERMICULITA VISANDO ABASTECIMENTO  
PÚBLICO

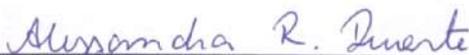
Programa de Pós-Graduação stricto sensu em  
Tecnologia de Processos Sustentáveis do IFG  
(PPGTPS - IFG) - Dissertação de Mestrado  
Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de  
Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa:  
Tecnologia de Redução e Gerenciamento de  
Resíduos.



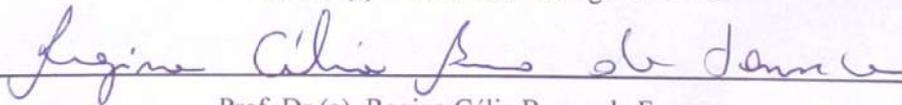
Prof. Dr (a). Warde Antonieta da Fonseca Zang (orientador)



Prof. Dr. Joachim Werner Zang (coorientador)



Prof. Dr (a). Alessandra Rodrigues Duarte



Prof. Dr (a). Regina Célia Bueno da Fonseca

Aprovado em: 07/11/2016

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar a força necessária para superar todas dificuldades.

À minha mãe e ao meu pai, pelo apoio e por suas orações!

À minha querida Alanna, por estar sempre ao meu lado, pelo companheirismo, amizade, compreensão, alegria, amor e pelo lanchinho no momentos difíceis porque ninguém é de ferro!

Aos orientadores Warde e Joachim, com ideais para mudar o mundo! Sempre me incentivando a buscar o melhor. Obrigado pela cumplicidade e amizade!

Aos meus colegas de sempre da 3ª turma do mestrado. Obrigado por estarmos todos juntos nessa jornada e pelo companheirismo!

Aos laboratórios de química e coordenação de química do IFG, campus Goiânia, sem o apoio seria impossível realizar essa pesquisa.

À Saneago, em nome da Maura e Carlos, por abrir as portas à parceria em busca de soluções na pesquisa aplicada para resoluções dos problemas de abastecimento.

Aos técnicos operadores dos sistemas e funcionários da Saneago de Goiânia e Aparecida de Goiânia, sempre solícitos em me atender.

À Fundação de Apoio à Pesquisa de Goiás pelo auxílio financeiro.

Ao CRTI da UFG por realizar algumas análises importantes para a pesquisa.

Obrigado!

*Quem tem sede, não quer saber a fórmula da água.*  
(Fernando Tavares)

Título: REMOÇÃO SIMULTÂNEA DE FERRO E MANGANÊS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZANDO VERMICULITA VISANDO ABASTECIMENTO PÚBLICO

Autor: Marcus Vinícius Ramos

Orientador: Warde Antonieta da Fonseca-Zang

Coorientador: Joachim Werner Zang

## RESUMO

Íons de ferro (Fe) e manganês (Mn) são encontrados naturalmente no solo e em rochas abaixo da superfície que chegam a aquíferos confinados. Os íons desses elementos podem chegar a reservas de água subterrânea pela chuva ou por outros meios. Em ambiente redutor, com deficiência de oxigênio, ferro e manganês são reduzidos a seus estados de oxidação solúveis  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ . O uso de águas subterrâneas para abastecimento público que possuem essas características tem crescido nas últimas décadas, levando a busca de tratamentos diversos para remover tais íons em excesso a fim de atender normas de potabilidade de água para Fe e Mn em todo mundo. A remoção por troca iônica por minerais naturais, tais como os minerais de argila ou argilominerais, tem sido timidamente estudada na remoção simultânea de cátions de Fe e Mn; e a partir de amostras naturais são poucos os trabalhos na literatura. Nesta pesquisa, a vermiculita expandida tem sido testada para a remoção simultânea de Fe e Mn de amostras de água subterrânea de sistemas de captação pública. Testes em batelada e contínuo (coluna de leito fixo) foram realizados indicando as potencialidades desse argilossilicato em realizar troca iônica de espécies solúveis  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ . Níveis de remoção mais elevados foram alcançados para os íons de ferro, chegando a 100% em 15 minutos em modo batelada. Melhor resultado mostrou para Mn a capacidade de troca iônica de vermiculita expandida de 1 g/ 0,03 mg L<sup>-1</sup> Mn, com 84,03% de remoção em 45 minutos de tratamento. O manganês mostrou maior resistência, exigindo maior tempo para ser removido para atingir o limite de potabilidade pretendido (0,1 mg.L<sup>-1</sup>). Melhor resultado de capacidade de remoção (q) para remover íons Fe e Mn juntos obtidos em batelada ficaram na faixa de 0,66 a 0,70 mg por grama de vermiculita. Em coluna de leito fixo depende das condições de teste (vazão, massa do leito) e a água a tratar (características físico-químicas, concentrações de Fe e Mn), sendo o melhor resultado em modo contínuo para capacidade de remoção máxima ( $q_{\text{max}}$ ) de 4,55 mg.g<sup>-1</sup> para Fe e Mn, com concentrações de água bruta a 2,25 mg.L<sup>-1</sup> para Fe e 0,30 mg.L<sup>-1</sup> para Mn, com vazão média do leito de 1,55 L.min<sup>-1</sup>. Funções logarítmicas se ajustaram aos dados a fim de estimar melhor capacidade de remoção (q) de acordo com condições experimentais dadas. Os resultados mostraram razoáveis e plausíveis comparados com literatura, de modo determinante a propor uma escala maior de tratamento piloto em sistema real de captação pública de água subterrânea.

**PALAVRAS-CHAVE:** Remoção de ferro e manganês, água potável, água subterrânea, vermiculita, troca iônica.

**TITLE: SIMULTANEOUS REMOVAL OF IRON AND MANGANESE FROM GROUND WATER USING VERMICULITE FOR PUBLIC WATER SUPPLY**

**AUTHOR:** Marcus Vinícius Ramos

**ADVISER:** Warde Antonieta da Fonseca Zang

**CO-ADVISER:** Joachim Werner Zang

**ABSTRACT**

Iron (Fe) and manganese (Mn) ions are found naturally in soil and rocks below the surface and may reach aquifers. These ions can reach groundwater reserves by rain or by other means. Under reducing environment, with oxygen absence, iron and manganese are reduced to their soluble oxidation states  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Mn}^{2+}$ . The use of groundwater for public supply has grown in recent decades, leading to research treatments to remove the excess of ions to meet drinking water standards. The ion removal by ion exchange using natural minerals, such as clay minerals, have been studied in the simultaneous removal of Fe and Mn cations, and from natural samples there are few studies in the literature. In this research, the expanded vermiculite has been tested for the simultaneous removal of Fe and Mn cations in groundwater samples of public supply systems. Tests in batch and continuous (fixed-bed column) were performed indicating the potential of the vermiculite to perform ion exchange of soluble species  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  and  $\text{Mn}^{2+}$ . Removals were achieved for Fe ions, reaching 100% in 15 minutes. Best result showed the Mn ion exchange capacity of expanded vermiculite of  $1 \text{ g} / 0.03 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} \text{ Mn}$ , with 84.03% removal in 45 minutes of treatment. Manganese showed greater removal resistance, requiring more time to achieve the limit standard ( $0.1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ). The relative cation characteristics indicate preference for the cation exchange sites of the vermiculite (smaller radius and greater load). The hydrated ionic radius of  $\text{Mn}^{2+}$  is  $4,38\text{\AA}$  (angstrom) and  $\text{Fe}^{3+}$  is  $4,28\text{\AA}$ . That could explain the preference of vermiculite by iron in cation exchange. The observed best results in batch system were in the range of  $0.62$  to  $0.66 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  to remove simultaneously ions of Fe and Mn. This preference was also observed in tests continuously for fixed-bed column to verify the removal capacity ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{L}$ ) required in a short time in order to meet the limits for Fe and Mn ions in drinking water. The results show that fixed bed column depends on the test conditions and the treated water quality. The best result for the highest removal capacity was  $4.55 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  for Fe and Mn with raw water concentrations  $2.25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  for Fe and  $0.30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  for Mn, with an average flow rate of  $1.55 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ . Logarithmic functions were adjusted to the data in order to better estimate ( $q_{\text{max}}$ ) according to the experimental conditions. The results were reasonable and plausible compared to literature, in a determinant way to propose a larger scale of pilot treatment in the real system of public abstraction of groundwater.

**KEYWORDS :** iron and manganese removal, drinking water, groundwater, vermiculite, cation exchange.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de água no planeta. Fonte: (BRASIL/MMA, 2007) .....	21
Figura 2 - a) litologia e a permeabilidade das rochas; b) porosidade da rocha de acordo com tipo de aquífero. Fonte: (IRITANI; EZAKI, 2009) (Adaptado).....	23
Figura 3 - Mapa geológico da cidade de Aparecida de Goiânia (modificado). Fonte: (RODRIGUES <i>et al.</i> , 2005).....	25
Figura 4 - Tempo de circulação da água subterrânea em diferentes aquíferos. Fonte: (IRITANI; EZAKI, 2009) .....	26
Figura 5 - Diagrama de estabilidade de ferro e manganês em água. No eixo y, os valores de potenciais redox (PE). Fonte: (AHMAD, 2012).....	27
Figura 6 - Desferrização por aeração tipo tabuleiro. Fonte: (DI BERNARDO,1993 apud PRIANTI JUNIOR <i>et al.</i> , 2004)).....	30
Figura 7 – Modelo de estrutura de vermiculita brasileira. Fonte: (VALÁŠKOVÁ; MARTYNKOVÁ, 2012).....	43
Figura 8 - Composição química de vermiculitas comerciais. Vermiculita de Goiás obtida da mina de Catalão-GO da Brasil Minérios. Fonte: (MARCOS; RODRÍGUEZ, 2010).....	43
Figura 9 - a) vermiculita não expandida; b) vermiculita aquecida a 1000°C por 1 min; c) vermiculita tratada com HCl; d) vermiculita tratada com H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> . Fontes: (HASHEM; AMIN; EL-GAMAL, 2015; MARCOS; RODRÍGUEZ, 2016) .....	47
Figura 10 - Localização da área de estudo. Caixas de reunião de vários poços. Caixa de reunião sistema Independência Mansões. Caixa de reunião sistema Tiradentes. Fonte: Google maps (Map data ©2015 Google).....	50
Figura 11– Influência da geologia e hidrogeologia na área de estudo. Fonte: (RODRIGUES <i>et al.</i> , 2005) modificado .....	51
Figura 12 - Características do perfil geológico dos poços da área de estudo. Fonte: SIAGAS (modificado).....	52
Figura 13 - Poços da área de estudo localizados em ocupação urbana. Em azul, poços do sistema Tiradentes; em verde, poços do sistema Independência Mansões. Fonte: Google Earth©2016 e Saneago .....	53
Figura 14 - Pontos de coleta individual dos poços no sistema Independência Mansões. Os pontos se localizam ao lado da caixa de reunião, ao fundo à direita da imagem.....	53
Figura 15 – Coleta de água no poço 8, sistema Tiradentes .....	55
Figura 16 - Fluxograma das etapas da parte experimental.....	58
Figura 17- Sistema montado no local do poço para ensaio em coluna de leito fixo .....	66
Figura 18 - Série histórica de análises físico-químicas de alguns poços da área de estudo, de 2009 a 2014. No eixo x são os poços. Linha horizontal vermelha indica limite de potabilidade, acima dessa linha estão poços acima do limite permitido pela legislação. Dados cedidos pela Saneago para essa pesquisa.....	69
Figura 19 – Resultado dos testes de remoção simultânea em batelada nas águas de estudo 1, 2 e TIR8. Depleção da concentração do metal na fase líquida. Mn: íons manganês; Fe: íons ferro. ....	78
Figura 20 - Capacidade de remoção dos testes de batelada nas águas de estudo .....	79
Figura 21 - Concentração dos íons na fase líquida durante o tempo de filtração no 1º ciclo de tratamento .....	84
Figura 22 - Porcentagem de remoção pelo tempo total do ensaio no 1º ciclo de troca iônica. ....	85
Figura 23 - Porcentagem de remoção pelo tempo de filtração em relação a capacidade de remoção (q), à esquerda, e o fator de remoção (C/Co), à direita, para Fe e Mn durante no 1º ciclo de troca iônica .....	86

Figura 24 - Capacidade de remoção $q$ (mg/g) pelo tempo no 1º ciclo de troca iônica .....	87
Figura 25 - Concentração dos íons na fase líquida durante o tempo de filtração no 2º ciclo de tratamento .....	88
Figura 26 - Porcentagem de remoção pelo tempo total do ensaio no 2º ciclo.....	89
Figura 27 - Porcentagem de remoção pelo tempo de filtração em relação a capacidade de remoção ( $q$ ), à esquerda, e o fator de remoção ( $C/Co$ ), à direita, para Fe e Mn durante 2º ciclo de tratamento .....	90
Figura 28 - Capacidade de remoção $q$ (mg/g) pelo tempo de filtração em minutos no 2º ciclo de troca iônica.....	91
Figura 29 - Concentração dos íons na fase líquida durante o tempo de filtração no 3º ciclo de tratamento .....	92
Figura 30 - Porcentagem de remoção pelo tempo total de ensaio no 3º ciclo.....	93
Figura 31 - Porcentagem de remoção pelo tempo de filtração em relação a capacidade de remoção ( $q$ ), à esquerda, e o fator de remoção ( $C/Co$ ), à direita, para Fe e Mn para o 3º ciclo de filtração.....	94
Figura 32 - Capacidade de remoção $q$ (mg/g) pelo tempo de filtração em minutos no 3º ciclo de filtração .....	95
Figura 33 - Função logarítmica de uma remoção ideal de íon metálico usando vermiculita em coluna leito fixo .....	98
Figura 34 - Comparação visual do gráfico ( $q$ ) do terceiro ciclo de tratamento para ferro. À esquerda, a condição real do terceiro ciclo. À direita, o gráfico extrapolado desse ciclo.	99

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produtos para a remoção de íons ferro e manganês em água. Fonte: (FRANCISCHETTI, 2004).....	33
Tabela 2 - Capacidade máxima de remoção de manganês em vários argilominerais. Fonte: (KASHIF UDDIN, 2017) Modificado .....	38
Tabela 3 - Composição química de vários argilominerais naturais. Fonte: (KASHIF UDDIN, 2017).....	40
Tabela 4 – CTC de alguns argilominerais. ....	45
Tabela 5 - Poços amostrados na área de estudo.....	57
Tabela 6 - Parâmetros analíticos e métodos realizados por essa pesquisa nas amostras de água bruta e tratada.....	59
Tabela 7 - Limite detecção do equipamento para Fe e Mn e equações das curvas de calibração .....	60
Tabela 8 - Parâmetros analíticos realizados pela Saneago na água subterrânea. Os parâmetros marcados com asterisco foram realizados na 2ª fase da parte experimental. O restante, na 1ª fase.....	60
Tabela 9- Condições experimentais para todos testes em batelada. O tempo de contato considerado foi aquele necessário para atingir valor de concentração para ferro e manganês permitido pela legislação. pH <sub>0</sub> : pH no início.....	64
Tabela 10 - propriedades físicas da coluna utilizada .....	66
Tabela 11 – Esquema para os ensaios contínuos. Em cada sistema realizou ciclos de filtração com tipo de ensaio: remoção simultânea. Controle feito: Condutividade/Vazão/ pH/ Temperatura e teor de Fe e Mn. ....	67
Tabela 12 - Caracterização da água bruta realizada pelo autor durante amostragem na 1ª fase da pesquisa. Em negrito, teores acima do limite de potabilidade (0,3ppm para Fe e 0,1ppm para Mn). Em asterisco, amostras acidificadas em locais onde coletou somente para caracterização dos metais. Os teores de Fe e Mn são as médias das medidas e seus desvios padrão. ....	70
Tabela 13 – Caracterização da água bruta realizada pela Saneago durante amostragem na 1ª fase da pesquisa. Em negrito, teores acima do limite de potabilidade de acordo com portaria MS 2914 de 2011. ....	72
Tabela 14 - Resultados da caracterização da água bruta realizada pelo autor e pela Saneago durante amostragem na 2ª fase da pesquisa. Em negrito, teores acima do limite de potabilidade. Em asterisco, análises feitas pela Saneago .....	73
Tabela 15 - Composição química da vermiculita ativada e não ativada.....	74
Tabela 16 - Análise granulométrica da vermiculita bruta.....	74
Tabela 17 - Resultados dos testes de remoção de Fe e Mn em batelada utilizando vermiculitas bruta e ativada pelo método 1. Os valores de concentrações de Fe e Mn são as médias e desvios padrão. O tempo de contato vermiculita /amostra considerado foi aquele necessário para obter concentrações de Fe abaixo de 0,3ppm e de Mn abaixo de 0,1ppm na fase líquida. ....	75
Tabela 18 - Resultados das capacidades de remoção (q) obtidas durante o tempo de experimento nos testes de remoção simultânea em batelada. Em negrito, melhor resultado obtido. ....	78
Tabela 19 - Resultados das variáveis medidas durante os ciclos de tratamento em coluna de leito fixo. Tempo é relativo à filtração durante o processo. Temperatura relativa à água bruta e da água tratada durante o processo. ....	83

Tabela 20 - Capacidades máximas de remoção ( $q_{\max}$ ) obtidas para Fe e Mn em coluna de leito fixo durante o tempo de cada ciclo .....	97
--	----

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>2 CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O TEMA DA PESQUISA .....</b>	<b>19</b>
2.1 ÁGUA NO PLANETA .....	19
2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	20
2.2.1 Aquífero Serra das Areias – Aparecida de Goiânia/GO .....	22
2.2.1.1 Características da água do Sistema Araxá .....	23
2.2.1.2 Geologia, geoquímica e poços tubulares profundos .....	24
2.2.1.3 Hidrogeoquímica de interesse .....	25
2.2.1.3.1 Ferro e Manganês .....	26
2.3 PROBLEMAS CAUSADOS PELA PRESENÇA DE ÍONS FERRO E MANGANÊS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	28
2.4 TRATAMENTO DE ÁGUA POTÁVEL COM EXCESSO DE FERRO E MANGANÊS .....	29
2.4.1 Métodos convencionais para a remoção de ferro e manganês .....	29
2.4.1.1 Aeração, sedimentação e ou filtração .....	29
2.4.1.2 Oxidação por agentes oxidantes e precipitação com filtração .....	30
2.4.1.3 Utilização de complexante Orto-Polifosfato .....	32
2.4.1.4 Adsorção .....	32
2.4.2 Troca Iônica .....	33
2.5 MINERAIS DE ARGILA E A CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA .....	36
2.5.1 Vermiculita .....	41
2.6 POSSÍVEL PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA UTILIZANDO VERMICULITA .....	47
<b>3 CAPÍTULO II – DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA .....</b>	<b>50</b>
3.1 MATERIAL E MÉTODOS .....	50
3.1.1 Área de Estudo .....	50
3.1.2 Amostragem das águas dos poços .....	53
3.1.2.1 1ª fase da parte experimental: etapa de remoção em batelada .....	55
3.1.2.2 2ª fase da parte experimental: testes em campo de remoção em coluna de leito fixo .....	56
3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL .....	58
3.2.1 Caracterização das águas dos poços da área de estudo .....	59
3.2.2 Caracterização e preparação da vermiculita .....	61
3.2.3 Testes de remoção em modo batelada: 1ª fase experimental .....	62
3.2.3.1 Preparo da solução sintética e das águas de estudo .....	62
3.2.3.2 Remoção de íons Fe e Mn nas amostras em estudo .....	63
3.2.4 Testes de remoção em modo contínuo (coluna de leito fixo): 2ª fase experimental .....	65
3.2.4.1 Preparo da coluna com meio trocador e ensaio na coluna de leito fixo .....	65
3.2.5 Análises Estatísticas .....	67
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>68</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DOS POÇOS .....	68
4.1.1 Avaliação dos dados hidroquímicos da área de estudo .....	68
4.1.2 Caracterização da água na 1ª fase experimental .....	70
4.1.3 Caracterização da água na 2ª fase experimental .....	72
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA VERMICULITA .....	73
4.3 TESTES EM MODO BATELADA: 1ª FASE EXPERIMENTAL .....	74
4.3.1 Remoção de íons Fe e Mn em solução sintética .....	76
4.3.2 Remoção simultânea de íons Fe e Mn nas águas de estudo .....	76
4.4 TESTES EM MODO CONTÍNUO (LEITO FIXO) .....	81

4.4.1	Remoção de íons Fe e Mn presentes na água do poço – Primeiro ciclo de troca iônica/Filtração em leito fixo .....	83
4.4.2	Remoção de íons Fe e Mn presentes na água do poço – Segundo ciclo de troca iônica/Filtração em leito fixo .....	87
4.4.3	Remoção de íons Fe e Mn presentes na água do poço – Terceiro ciclo de troca iônica/Filtração em leito fixo .....	91
4.4.4	Avaliação do Processo de Troca Iônica/ Remoção de íons Fe e Mn em coluna de leito fixo.....	95
4.4.4.1	Aspecto técnico operacional de possível implantação de sistema de troca iônica .....	99
4.4.4.2	Sugestões para a reutilização da vermiculita saturada (não regenerada).....	100
4.4.4.3	Proposta de implantação de sistema piloto de filtros de troca iônica na empresa parceira.....	100
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>102</b>
	REFERÊNCIAS .....	105
	<b>ANEXO A – SÉRIE HISTÓRICA DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE ALGUNS POÇOS DA ÁREA DE ESTUDO REALIZADOS PELA SANEAGO NO PERÍODO DE 2009 A 2014.....</b>	<b>114</b>
	<b>RESUMO DO CURRÍCULO LATTES .....</b>	<b>140</b>
	<b>ENDEREÇO PARA ACESSAR.....</b>	<b>140</b>

## INTRODUÇÃO

A escassez de água para abastecimento público vem se agravando atualmente no Brasil e no mundo, o que leva forçosamente à busca de fontes alternativas seguras, principalmente para demanda de água potável à população. Nesse sentido, as águas subterrâneas de poços profundos advindas de aquíferos se tornam uma solução potencialmente segura, desde que faça seu uso de forma sustentável e garanta a quantidade e qualidade de sua recarga. No Brasil, segundo dados do IBGE (2002), cerca de 55 % dos distritos são abastecidos por água subterrânea e 16% dos municípios brasileiros utilizam exclusivamente desse recurso hídrico para abastecimento público (BRASIL/MMA, 2007).

A captação de boa parte das águas para abastecimento público feita pela companhia de saneamento de Goiás, Saneago, no município de Aparecida de Goiânia-GO é proveniente de águas subterrâneas do aquífero Serra das Areias (CARRARO; LOPES, 2006; RODRIGUES *et al.*, 2005). Em especial nos chamados sistemas Independência Mansões e Tiradentes, foco desse estudo.

A qualidade dessa água subterrânea depende da composição da rocha que a contém, uma vez que se dá pelo contato com esse material. E está condicionada à interação água-rocha e à conservação de áreas de recarga do aquífero onde há atividade antrópica, dado os processos de lixiviação (NARCISO; GOMES, 2004; MOYOSORE *et al.*, 2014).

Na Saneago, o tratamento das águas de manancial subterrâneo, com fins de abastecimento público, geralmente se limita à cloração e fluoretação. Isso quando não há outro parâmetro fora dos padrões estabelecidos na legislação (PEREIRA *et al.*, 2009).

Em vários poços dos sistemas de captação subterrânea da Saneago em Aparecida de Goiânia, nota-se cor avermelhada na água, evidenciando presença de ferro. Tal observação pôde ser explicada pelas medições feita por Narciso e Gomes (2004); Pereira *et al.*, (2009) dos teores de ferro nos poços, onde verificaram ferro (Fe) e manganês (Mn) acima do permitido pela portaria MS nº 2914/2011 do Ministério da Saúde que trata da potabilidade da água para consumo humano e estabelece máximo de 0,3 mg.L<sup>-1</sup> para ferro e 0,1 mg.L<sup>-1</sup> para manganês (BRASIL, 2011).

É comum em várias partes do mundo encontrar naturalmente ferro e manganês em águas subterrâneas dos aquíferos. Geralmente são encontrados juntos e quando presentes na água em suas formas solúveis, eles são incolores. Mas, se oxidados, devido ao contato com oxigênio do ar ou à cloração da água, formam-se precipitados, de cor avermelhada, no caso do ferro e de cor negra, no caso do manganês (BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, 2003; EL-HABAACK *et al.*, 2013; LAND, 1999; SATTERFIELD, 2015; VULPASU; RACOVITEANU, 2016; WATER RESEARCH FOUNDATION (WRF) AND EPA, 2015; WATER STEWARDSHIP, 2007; FEITOSA, F. A. C.; MANOEL-FILHO, 2000; INGLEZAKIS *et al.*, 2012; AHMAD, 2012).

Segundo Cleasby (1983) apud Moruzzi e Reali (2012), podem ser encontradas, geralmente, várias espécies químicas de ferro e manganês de forma solúvel em águas subterrâneas: alguns hidróxidos complexos de Fe(II) podem estar presentes na forma de  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{FeOH}^+$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3^-$ ; o Mn(II) pode apresentar-se como  $\text{Mn}^{++}$ ,  $\text{MnOH}^+$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_3^-$ ; assim como o Fe(III), que pode estar presente na forma solúvel como  $\text{Fe}^{+++}$ ,  $\text{FeOH}^{++}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$ . Segundo o mesmo autor outros complexos são possíveis como: complexos inorgânicos com bicarbonato, sulfato ou fosfato.

Wegrzyn *et al.*, (2013) e Inglezakis *et al.*, (2010 e 2012) investigaram tratamentos de água poucos agressivos para abastecimento com excesso de ferro e manganês, usando materiais naturais como minerais de argila, tipo clinoptilolita e vermiculita, que têm capacidade de troca iônica, adsorvente e pode ser regenerável. Além dessas, esses materiais tem a vantagem de ter boa disponibilidade, baixo custo e exigir pré-tratamento mínimo para uso como meio filtrante. Wegrzyn *et al.*, (2013) mostraram com os experimentos realizados, em modo batelada, semi-batelada e em coluna, a capacidade da vermiculita expandida adsorver quantidade significativa de  $\text{Fe}^{3+}$ . Nesse estudo, a vermiculita expandida sem nenhum pré-tratamento teve o melhor resultado em modo semi-batelada. Já em Inglezakis *et al.*, (2010), a vermiculita, bem como as suas formas-sódio foram usadas para a remoção simultânea de ferro (1,5 ppm) e manganês (0,5 ppm) a partir de amostras de água subterrânea. A remoção de Fe foi maior do que Mn para vermiculita. Em particular, os níveis de remoção de Fe e Mn foram entre 88-94% e 65-100%, respectivamente. O pré-tratamento, bem como o uso de tamanho de partícula menor aumentaram a remoção de ambos os metais.

Em outro trabalho, Inglezakis *et al.*, (2012), mostraram eficácia de remoção simultânea de ferro e manganês de 100 e 75% para vermiculita de tamanho médio de partícula de 0,84-1,0 mm, onde em sistema de leito fixo de circuito fechado constataram ser mais promissor para o tratamento de águas subterrâneas.

Para remoção de tais íons metálicos, investiga-se nesse trabalho tratamento real de água subterrânea de sistema de captação pública de modo a sugerir um processo mais sustentável, mais limpo, de modo que minimize: insumos químicos, etapas do processo e, conseqüentemente, consuma menos energia, tempo e custos em face dos tratamentos convencionais; com fim de propor tratamento em escala maior para Saneago como meio alternativo de solução da problemática de ferro e manganês em excesso em poços tubulares no sistema de captação pública na cidade de Aparecida de Goiânia-GO.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem como objeto pesquisar tecnologia de remoção de íons ferro e manganês de águas subterrâneas utilizando vermiculita, colaborando com a Saneago na recuperação de poços de água subterrânea visando atender legislação que limita o máximo de 0,3 ppm de ferro e 0,1 ppm de manganês em água para consumo humano. A água subterrânea para abastecimento público pesquisada são originariamente de dois sistemas de captação localizados no município de Aparecida de Goiânia, denominado Tiradentes e Independência Mansões.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Levantar no local da pesquisa e na Saneago dados de caracterização da qualidade da água e de geoquímica relacionados com a temática da pesquisa.
- Coletar dados técnicos da área de estudo e dos poços, como: altitude, morfologia, profundidade, geologia, hidroquímica, etc.;
- Caracterizar a água bruta segundo características de dados da geologia e hidroquímica dos poços da área de estudo;

- Selecionar os locais dos poços subterrâneos conforme caracterização da água e o monitoramento físico-químico da Saneago;
- Experimentar em escala laboratorial tratamentos em batelada e contínuo, fazendo uso de vermiculita como meio de troca iônica para remoção simultânea dos íons de Ferro e Manganês;
- Desdobrar os resultados da pesquisa, propondo um sistema em escala maior para a Saneago testar na recuperação da água subterrânea dos locais pesquisados.

## 2 CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O TEMA DA PESQUISA

### 2.1 ÁGUA NO PLANETA

Segundo dados do relatório mundial da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o Desenvolvimento de Recursos Hídricos (2015) - Água para um Mundo Sustentável, o mundo enfrentará um déficit de 40% no abastecimento de água até 2030 e atualmente 20% dos aquíferos - grandes reservatórios que concentram água no subterrâneo e abastecem nascentes e rios - estejam explorados acima de sua capacidade. Essa fonte, fornece água potável à metade da população mundial e é de onde provêm 43% da água usada na irrigação para agricultura (WWAP/ONU-UNESCO, 2015).

Nesse mesmo relatório, diz que até 2050 a agricultura mundial necessitará produzir 60% a mais de alimentos, e nos países em desenvolvimento 100% a mais. Levando em conta que o principal recurso hídrico para esse tipo de atividade é a água subterrânea. E entre 2000 e 2050, prevê um aumento de 400% da demanda global de água pela indústria manufatureira, afetando todos os outros setores, com a maior parte desse aumento ocorrendo em economias emergentes e em países em desenvolvimento (WWAP/ONU-UNESCO, 2015).

De acordo com esse mesmo relatório, especialistas dizem o que tem em comum água e desenvolvimento sustentável vai muito além de suas dimensões sócio-econômicas-ambientais. São áreas críticas de desafio para um desenvolvimento sustentável: a saúde humana, a segurança alimentar e energética, a urbanização e o crescimento industrial, bem como as mudanças climáticas, onde através da água, as políticas públicas e ações de vital importância para esse desenvolvimento podem ser fortalecidas (ou esmorecidas).

A falta ou restrição em abastecimento de água principalmente, saneamento e higiene tem um grande custo financeiro, incluindo a perda considerável nas atividades econômicas. A fim de alcançar o acesso universal, é preciso progredir rapidamente em relação aos grupos desfavorecidos e assegurar a não discriminação da prestação desses serviços. Uma realidade desse modelo é observada na região onde é a área de estudo desse trabalho.

Segundo o mesmo relatório da UNESCO supracitado, os investimentos em abastecimento de água e saneamento resultam em ganhos econômicos substanciais; em regiões em desenvolvimento, o retorno do investimento foi estimado entre US\$5 e US\$28 por cada Dólar investido. De acordo com dados desse relatório estima-se que seriam necessários 53 bilhões de dólares por ano, ao longo de cinco anos, para atingir a cobertura universal – uma pequena soma, uma vez que representa menos de 0,1% do PIB mundial de 2010. (WWAP/ONU-UNESCO, 2015) Afirmam os especialistas que tal valor de retorno se justifica pois há incremento na saúde, bem estar, segurança alimentar e educação das pessoas atingidas.

Não obstante, diante da problemática da água, as nações unidas através da Rio+20 reconheceu que “a água está no centro do desenvolvimento sustentável”.

## **2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Água subterrânea é toda água que existe abaixo da superfície do terreno e circula nos espaços vazios, denominados poros, existentes entre os grãos que formam os solos e as rochas. Em alguns tipos de rocha, a água circula através de fraturas, que são porções onde as rochas se romperam devido à movimentação da crosta terrestre. Ao se infiltrar no solo, a água da chuva passa por uma porção do terreno chamada de zona não saturada (ZNS) ou zona de aeração, onde os poros são preenchidos parcialmente por água e por ar. Por ação da gravidade, continua em movimento descendente. No seu percurso, o excedente de água acumula-se em zonas mais profundas, preenchendo totalmente os poros e formando a zona saturada (ZS). A água que circula na zona saturada é chamada de água subterrânea. O limite entre as zonas não saturada e saturada é chamado de lençol freático. Os espaços entre as rochas saturadas que permitem a circulação, armazenamento e extração de água são chamados de aquíferos (BRASIL/MMA, 2007; IRITANI; EZAKI, 2009).

De acordo com Brasil/MMA (2007), do volume total de água do planeta, 97,5% é salgada, compondo os mares e oceanos, e apenas 2,5% é doce, sendo que 68,9% estão nas calotas polares, geleiras e neves eternas (cumes das montanhas), 0,9% corresponde à umidade do solo e pântanos, 0,3% aos rios e lagos e 29,9% são águas subterrâneas.

Desta forma, do total de água doce disponível para uso, desconsiderando a presente nas calotas polares, geleiras e neves eternas, as águas subterrâneas representam um total de 96%, como apresentado na Figura 1.

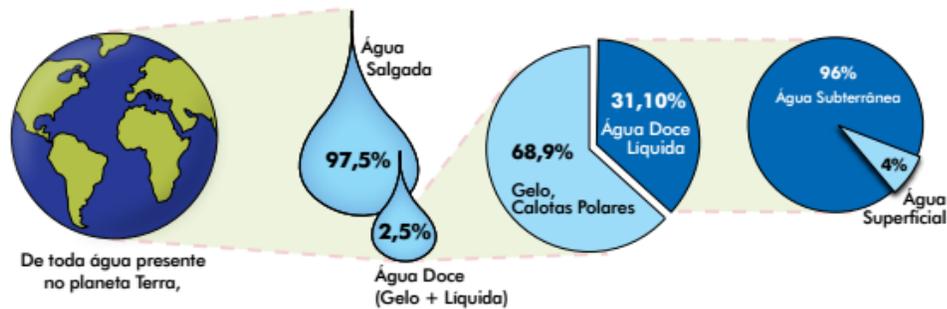


Figura 1 - Distribuição de água no planeta. Fonte: (BRASIL/MMA, 2007)

Em todo o mundo, 2,5 bilhões de pessoas dependem exclusivamente de recursos de água subterrânea para satisfazer as suas necessidades básicas diárias de água, e centenas de milhões de agricultores dependem de águas subterrâneas para sustentar seus meios de vida e contribuir para a segurança alimentar de tantos outros (UNESCO/ONU, 2012).

Em termos globais houve um aumento do estresse hídrico gerado pelo uso das águas subterrâneas, principalmente para uso em irrigação (WWAP/UNESCO, 2015; ANA, 2013; BRASIL/MMA, 2007; WWAP/ONU-UNESCO, 2015). Contudo, falta mecanismos de monitoramento, qualidade e gestão mais sustentável e segura do consumo de águas subterrâneas.

A Comissão Europeia para qualidade da água, em European Commission (2014), assim como outros organismos WWAP/UNESCO (2015), Brasil/MMA (2007) e outros pesquisadores discutem a importância de obter Índices de Qualidade de Água Subterrânea para consumo humano (IQAS<sub>CH</sub>) para monitorar os aquíferos a fim de identificar contaminações antrópicas ou não, racionalizar seu uso, preservação e gestão consciente (IRITANI; EZAKI, 2009; NARCISO; GOMES, 2004; SANTOS, 2009).

Uma das principais causas de contaminação de águas subterrâneas é por meio de atividades antrópicas (humanas): drenagem ácida de minas, uso extensivo de agrotóxicos, uso indiscriminado do solo em ocupações urbanas, atividades industriais e agroindustriais, lixões e

aterros, poços profundos mal instalados ou abandonados, esgotos e fossas. Onde tais atividades podem atingir direta e indiretamente as áreas de recarga dos aquíferos. (ANA, 2013; BRASIL/MMA, 2007; SANTOS, 2009).

### **2.2.1 Aquífero Serra das Areias – Aparecida de Goiânia/GO**

No município de Aparecida de Goiânia-GO onde se localiza o aquífero Serra das Areias é apresentado pela formação geológica Sistema Araxá, correspondendo a aquíferos vinculados à porosidade secundária de xistos, quartzo xistos e quartzitos, rochas com formação geológica do Grupo Araxá. Os aquíferos podem ser classificados quanto ao tipo de porosidade da rocha armazenadora em granular, fissural (fraturado) e cárstico (BRASIL/MMA, 2007). O que se predomina no município de Aparecida de Goiânia é do tipo fraturado.

Em função das características pedológicas e hidrogeológicas observam-se no município, dois domínios aquíferos: o Domínio Poroso, caracterizado por possuir porosidade intergranular; e o Domínio Fraturado, associado a reservatórios em rochas, onde a porosidade é do tipo secundária fissural (juntas, fraturas, falhas, zonas de cisalhamento, etc). Na figura 2, exemplo de tipos de porosidade e permeabilidade em região de aquífero. O principal parâmetro utilizado para a distinção dos dois domínios foi o tipo de porosidade associada a cada um (RODRIGUES *et al.*, 2005).

O Domínio Fraturado é representado por aquíferos livres, descontínuos, anisotrópicos, sendo diretamente recarregados pela infiltração das águas de precipitação, a partir do Domínio Poroso sobreposto e a das águas de drenagem superficial. (RODRIGUES *et al.*, 2005).

Rodrigues *et al.*, (2005) explicam que em função da chamada tectônica rúptil (fraturamento), ao qual o conjunto rochoso foi submetido, e das características reológicas dos xistos, ou seja, da dificuldade de escoamento na sua formação, a densidade do fraturamento é muito baixa, dificultando a exploração do potencial hídrico destes reservatórios subterrâneos. Esta característica do Sistema Aquífero Araxá, aliado ao fato da região apresentar espessa cobertura de solos, requer que a locação dos pontos de captação (poços tubulares profundos) seja preferencialmente realizada com o auxílio de análises geológicas e métodos geofísicos.

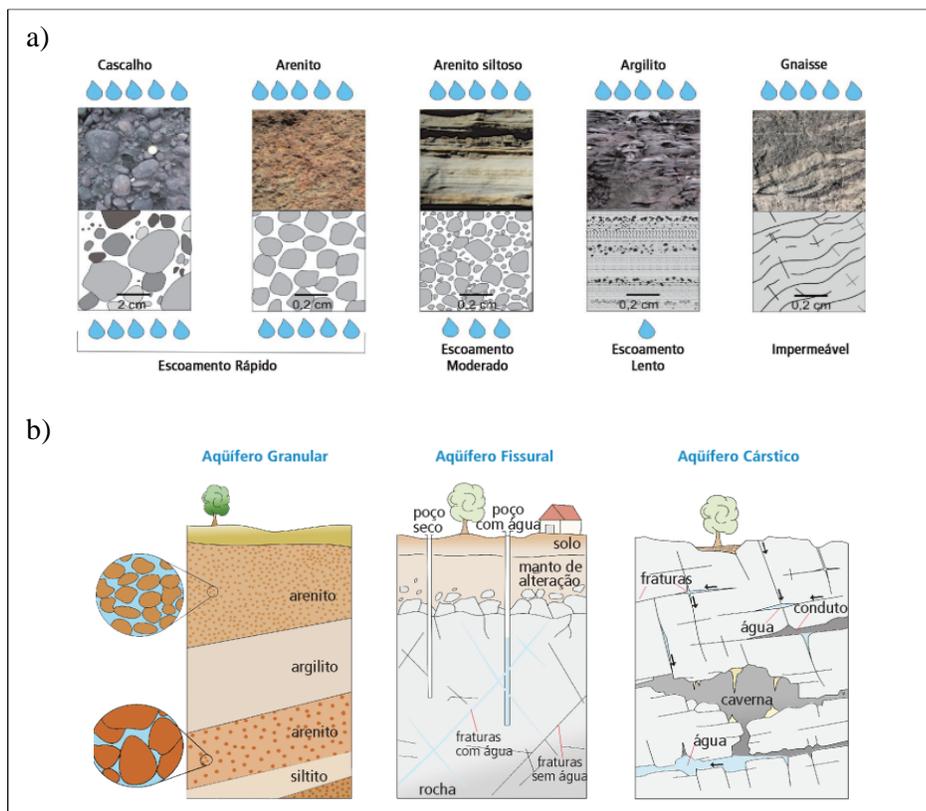


Figura 2 - a) litologia e a permeabilidade das rochas; b) porosidade da rocha de acordo com tipo de aquífero. Fonte: (IRITANI; EZAKI, 2009) (Adaptado)

### 2.2.1.1 Características da água do Sistema Araxá

São poucos os trabalhos na literatura em que analisam as águas subterrâneas da região do Grupo Araxá. Rodrigues *et al.*, (2005) faz um estudo qualitativo somente do domínio poroso, do lençol freático, no município de Aparecida de Goiânia-GO.

Narciso e Gomes (2004) analisaram quantitativamente somente ferro (Fe) em uma série de poços do aquífero Serra das Areias. Indicando em muitos deles excesso de ferro total.

Moruzzi e Reali (2012) descrevem que as águas subterrâneas podem apresentar apreciáveis quantidades de dióxido de carbono dissolvido ( $30-50 \text{ mg.L}^{-1}$ ) e os carbonatos podem ser dissolvidos para formas solúveis, como o bicarbonato ferroso ou manganoso ou ainda na forma de sulfato.

### 2.2.1.2 Geologia, geoquímica e poços tubulares profundos

O entendimento da geologia é importante para a compreensão de como as rochas e suas estruturas controlam as feições geomorfológicas (relevo), os tipos e composição de solos, os reservatórios subterrâneos de água e o condicionamento das águas superficiais. A geologia do município de Aparecida de Goiânia é integralmente representada por um conjunto de rochas metamórficas, denominadas de Grupo Araxá (LACERDA FILHO *et al.*, 1999 apud RODRIGUES *et al.*, 2005). São rochas formadas a cerca de 1 bilhão de anos, por complexos processos geológicos. Inicialmente, sedimentos argilosos e arenosos foram depositados em ambientes de mares rasos a profundos, soterrados e posteriormente submetidos a elevadas pressões e temperaturas, que resultaram em metamorfismo que modificou os sedimentos originais, constituindo uma interação dos minerais pré-existentes e a sua transformação em novos.

O Grupo Araxá é caracterizado por xistos e quartzitos (Marini, 1981; Fuck *et al.*, 1993 e 2000; e Pimentel 1992 e 1995 apud Rodrigues *et al.*, 2005). Os xistos são rochas ricas em micas (muscovita, biotita e clorita), sendo constituídas por quartzo, granada e mais raramente feldspatos e turmalina. Os quartzitos são rochas ricas em quartzo e podem conter concentrações variáveis de micas (muscovita). Navarro e Zanardo (2005) relatam que rochas metaultramáficas (serpentinitos, talco xistos, clorita xistos) ocorrem intercaladas nos metassedimentos do Grupo Araxá. Esses mesmos autores analisaram por Fluorescência de Raios X (FRX) elementos maiores e traço nas rochas do Grupo Araxá. Dentre as rochas, as amostras de clorita xisto apresentaram concentrações de MgO variando entre 23,89 e 31,84% e maiores teores de TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MnO. Na figura 3 pode ser visto o mapa geológico de Aparecida de Goiânia-GO.

Nessa perspectiva de característica geológica que se predominam os poços tubulares profundos do Sistema Araxá do Aquífero Serra das Areias, com profundidade média de 101 metros, atingindo rochas onde se encontram espécies químicas lixiviadas e ou dissolvidas devido à interação na interface geoquímica água-rocha (NARCISO; GOMES, 2004; RODRIGUES *et al.*, 2005).

Esses processos complexos de reações, relatam Moruzzi e Reali (2012) ocorrem em ambiente redutor, ou seja, com ausência de oxigênio (ar), onde íons metálicos estão em equilíbrio de forma solúvel, como ferro e manganês e também cálcio e magnésio aumentando a dureza da água. Dessa forma, terminam em ocasionar diversos problemas no abastecimento público, uma vez que esses íons se encontram acima dos limites de potabilidade.

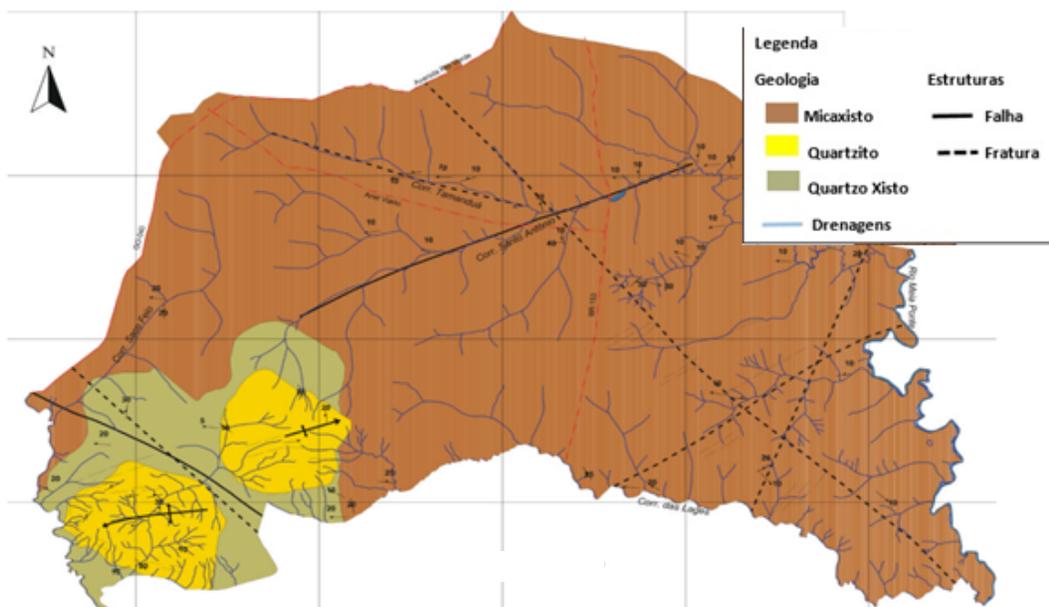


Figura 3 - Mapa geológico da cidade de Aparecida de Goiânia (modificado). Fonte: (RODRIGUES *et al.*, 2005)

### 2.2.1.3 Hidrogeoquímica de interesse

No aquífero Serra das Areias contém naturalmente ferro e manganês proveniente ora de lixiviação por processos de intemperismo geológico, ora por dissolução dos elementos contidos nas rochas. Esse mecanismo pode ser explicado devido ao tempo em que a água pode ficar em contato com a rocha, interagindo e seguindo seu fluxo, como pode ser observado na figura 4. Onde a água pode ficar por anos e décadas seguindo seu curso. Já em relação à lixiviação no sistema Araxá, Selby (1982) apud Carraro e Lopes (2006) ressalta:

Sendo os micaxistos rochas pouco resistentes ao intemperismo químico, tal fato, associado à longa atuação do clima tropical subúmido sobre as rochas, fez com que a velocidade de intemperismo fosse maior que a de remoção -

pedogênese maior que a morfogênese - promovendo o desenvolvimento de solos espessos e de vertentes rebaixadas devido ao grande volume de material disponível para remoção. As vertentes assumiram formas convexas que, provavelmente, resultam do processo de rastejamento de solo, e de erosão por escoamento difuso, processos naturais envolvidos na sua evolução (SELBY, 1982).

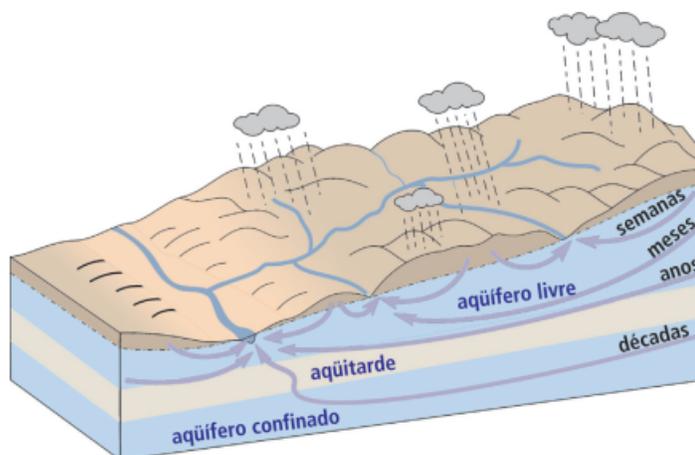


Figura 4 - Tempo de circulação da água subterrânea em diferentes aquíferos. Fonte: (IRITANI; EZAKI, 2009)

Além disso, têm-se a mobilidade de acordo com a propriedade de hidrólise das espécies químicas, dado pela razão de sua carga/ raio iônico, que depende do pH do meio. Que de acordo com valor dessa razão e condições do ambiente subterrâneo podem indicar se essas espécies químicas são solúveis e permanecem em solução durante o processo de intemperismo e transporte; se são precipitados por hidrólise ou, ainda, se formam complexos solúveis (NARCISO; GOMES, 2004). Esse tempo de circulação é uma variável que incide fortemente na existência de espécies químicas de ferro e manganês até hoje, nos dias atuais, no aquífero Serra das Areias.

#### 2.2.1.3.1 Ferro e Manganês

Águas subterrâneas contém ferro e manganês naturalmente devido ao processo de lixiviação através do solo, rochas e minerais. Ao longo da sua descida, a água da chuva dissolve os íons a partir destas fontes e os deposita nas águas subterrâneas. O pH da água e o oxigênio

dissolvido (OD) durante esse processo desempenham um papel importante na quantidade de íons lixiviados. Maior acidez e níveis mais altos do oxigênio dissolvido durante a lixiviação propicia uma maior oxidação e, portanto maior carreamento para águas subterrâneas. (CHATURVEDI; DAVE, 2012).

A água que contém esses íons metálicos ao alcançar locais profundos, como no aquífero confinado da Serra das Areias (tipo de aquífero na figura 4), encontram um ambiente redutor que facilita reações que alteram o equilíbrio reacional, onde há reduções químicas desses íons. Além disso há a interação da água com a rocha característica da região do sistema Araxá: xisto, mica e micaxisto (muscovita, biotita e clorita), que quimicamente contém ferro e manganês em suas composições. (NAVARRO; ZANARDO, 2005; RODRIGUES *et al.*, 2005).

A especiação do ferro e manganês em águas pode ser observada na figura 5.

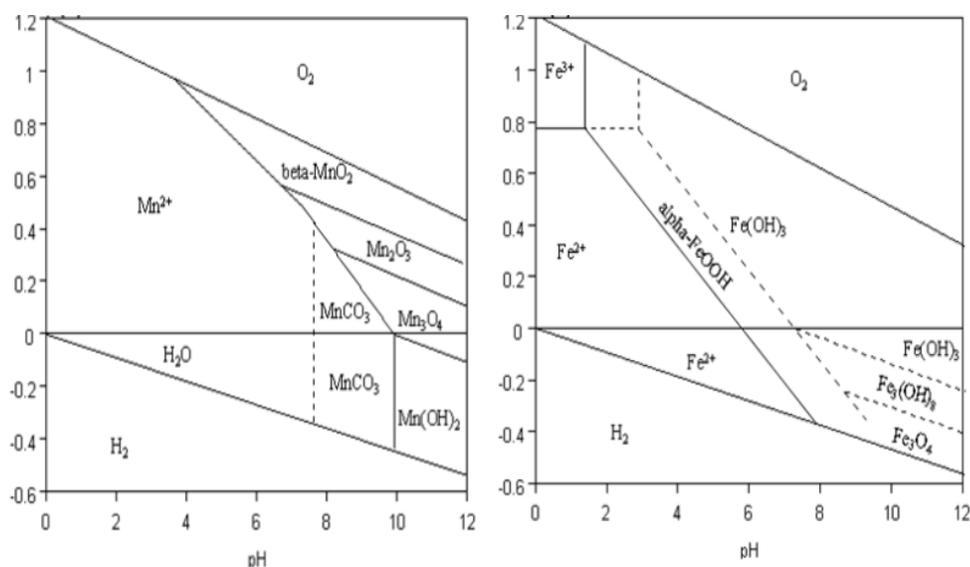


Figura 5 - Diagrama de estabilidade de ferro e manganês em água. No eixo y, os valores de potenciais redox (PE). Fonte: (AHMAD, 2012)

Em geral, em ambiente redutor de águas subterrâneas, a estabilidade do íon ferro e manganês não depende apenas do pH, mas também da atividade de elétrons no meio que é representado por um potencial redox PE. Valor positivo alto de PE indica condições oxidantes onde o ferro e manganês são insolúveis e baixos valores de PE indica condições redutoras onde o

ferro ou manganês são solúveis. Por isso, as espécies compostas de ferro e manganês tendem a se manterem solúveis no aquífero Serra das Areias (SILVEIRA, 1988 apud AHMAD, 2012).

### **2.3 PROBLEMAS CAUSADOS PELA PRESENÇA DE ÍONS FERRO E MANGANÊS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Ferro e manganês ocorrem naturalmente juntos em águas subterrâneas no Brasil e no Mundo. Diversos trabalhos relatam sobre a ocorrência desses metais nos aquíferos e problemas causados, tanto em países desenvolvidos e em desenvolvimento, como em todo norte dos Estados Unidos, todo sul do Canadá; El Salvador, Egito, Nigéria, África do Sul, Bangladesh, Croácia, Eslováquia, Escócia, Suécia, dentre outros (BRIEF, 1998; BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, 2003; EL-HABAACK *et al.*, 2013; FRISBIE *et al.*, 2012; HAYNES *et al.*, 2015; ISAEVA; CASTRO, 2011; MOYOSORE *et al.*, 2014; NEW HAMPSHIRE/US, 2013; VULPASU; RACOVITEANU, 2016; WATER RESEARCH FOUNDATION (WRF) AND EPA, 2015; WATER STEWARDSHIP, 2007; CARRARO; LOPES, 2006; EUROPEAN COMMISSION, 2014; NARCISO; GOMES, 2004; OLIVEIRA; SCHMIDT; FREITAS, 2010; A. AKL; YOUSEF.; ABDELNASSER., 2013; AHMAD, 2012; BARLOKOVÁ; ILAVSKÝ, 2010; CIVARDI; TOMPECK, 2015; ELLIS; BOUCHARD; LANTAGNE, 2000; FRISBIE *et al.*, 2012; GROSCHEEN *et al.*, 2009; HASSOUNA; SHABAN; NASSIF, 2014).

Como as águas subterrâneas são importantes fontes de abastecimento público e privado em todo mundo, a presença de ferro e manganês é um grande problema no tratamento dessas águas, como no Brasil, para atender as exigências legais de limites máximos permitidos para potabilidade. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) estabelece limite máximo para o ferro a 0,3 ppm e 0,05 ppm para manganês na água potável, enquanto a Organização Mundial de Saúde (OMS) define limite máximo aceitável para ferro e manganês de 0,3 e 0,1 ppm, respectivamente, na água potável (INGLEZAKIS *et al.*, 2010).

Ferro e manganês causam problemas estéticos e operacionais, tais como odor, gosto metálico e cor marrom-avermelhada, mancha e deposição nos sistemas de distribuição de água que levam à alta turbidez. Água colorida é formada quando o ferro na forma de Fe (II) que se oxida e, em seguida, forma partículas de hidróxidos férricos, incrustando tubulações (GROSCHEEN *et al.*, 2009; INGLEZAKIS *et al.*, 2010; PEREIRA, 2009).

Em particular o manganês, segundo estudos indicaram, ele pode estar associado a problemas neurológicos/cognitivos em crianças por déficit ou excesso de manganês no organismo (BOUCHARD *et al.*, 2011; CHUNG *et al.*, 2015; EPA, 2010; HAYNES *et al.*, 2015; UNIVERSITY OF MARYLAND MEDICAL CENTER (UMMC), 2016; WATER RESEARCH FOUNDATION (WRF) AND EPA, 2015).

## **2.4 TRATAMENTO DE ÁGUA POTÁVEL COM EXCESSO DE FERRO E MANGANÊS**

### **2.4.1 Métodos convencionais para a remoção de ferro e manganês**

Segundo Moruzzi (2012), muitos são os métodos para a remoção de ferro e manganês. Os processos mais comuns utilizados em tratamento de águas de abastecimento em escala industrial são:

- aeração-filtração;
- cloração-filtração e,
- oxidação com agentes oxidantes fortes seguida da filtração.

De acordo com O'Connor (1971) apud Moruzzi (2012), o ferro e manganês podem ser precipitados como carbonatos em águas contendo alcalinidade, pela adição de cal ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) ou soda cáustica ( $\text{NaOH}$ ).

#### **2.4.1.1 Aeração, sedimentação e ou filtração**

Leal (2013), Maciel (1999) e Ramos (2010) relatam que o esquema de tratamento Aeração, sedimentação e filtração (com e sem a adição de cloro e de alcalinizante para ajuste do pH) devem ser preferido sempre que a concentração de ferro na água exceder de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ , pois, sem o auxílio da sedimentação, a excessiva carga de flocos de hidróxido férrico ( $\text{Fe}^{3+}$ ) levada ao filtro ocasionaria sua rápida colmatação, exigindo frequentes lavagens. (LEAL, 2013; MACIEL, 1999; RAMOS, 2010).

O processo de desferrização inclui a aeração e filtração para as águas que contêm bicarbonatos dissolvidos e ausência de oxigênio. No caso da desferrização, o objetivo é introduzir oxigênio do ar para a oxidação de compostos de ferro e manganês contidos na água. (AZEVEDO NETTO, 1987).

Para controle ou remoção de ferro e manganês da água pode-se utilizar um processo de aeração, sedimentação e filtração conjugado ao uso de oxidantes como o cloro, dióxido de cloro, ozônio e alcalinizante (Figura 6) (DI BERNARDO, 1993).

O aerador de tabuleiro, é o mais indicado para a adição de oxigênio e conseqüentemente oxidação de compostos ferrosos ou manganosos. Formado por três bandejas iguais, superpostas e perfuradas, onde a água percola através de uma camada granular (carvão mineral-coque) de  $\frac{1}{2}$  a 6", o que concorre para acelerar as reações de oxidação, passando posteriormente por um filtro rápido de pressão, o qual retém os compostos de metais oxidados.

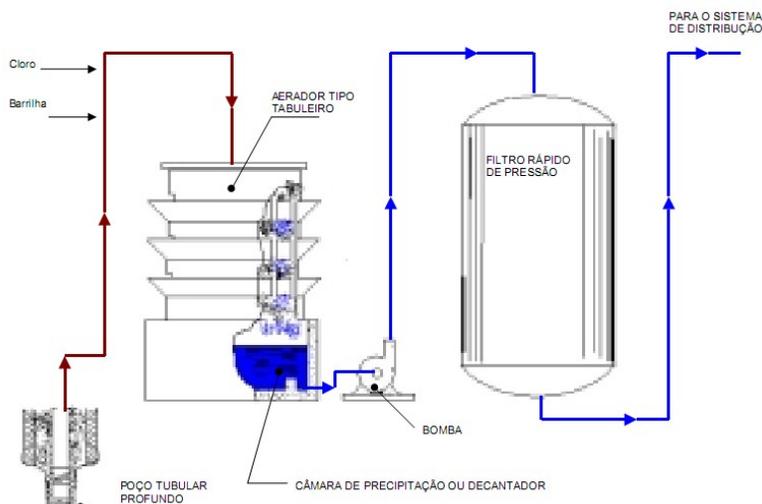


Figura 6 - Desferrização por aeração tipo tabuleiro. Fonte: (DI BERNARDO, 1993 apud PRIANTI JUNIOR *et al.*, 2004))

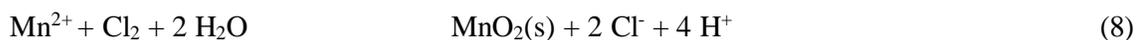
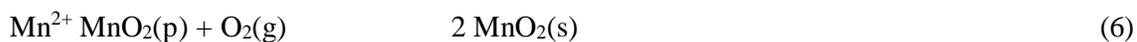
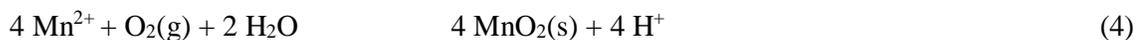
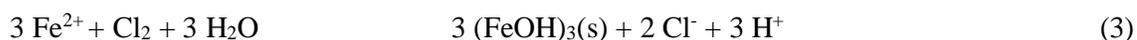
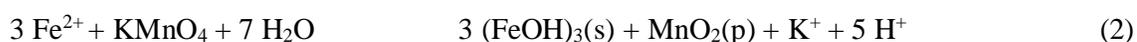
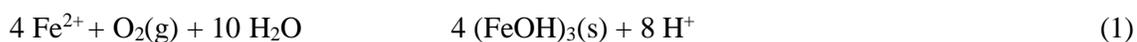
#### 2.4.1.2 Oxidação por agentes oxidantes e precipitação com filtração

Para remoção de ferro e manganês em estações de tratamento, vários autores descreveram formas diversas de uso de agentes oxidantes para formação de precipitado e posterior filtração (AZEVEDO NETTO, 1987; DI BERNARDO, 1993; FILHO; PEREIRA, 1997;

MORUZZI; REALI, 2012; PEREIRA, 2009; PRIANTI JUNIOR *et al.*, 2004; PRIANTI JUNIOR; AROUCA; CARMO, 1998; QUEIROZ, 2013).

Os mais descritos tradicionalmente são: permanganato de potássio, cloro, dióxido de cloro, ozônio ou peróxido de hidrogênio (com ou sem adição de alcalinizante).

Conforme Di Bernardo e Dantas (2005) apud Ramos (2010), o uso de oxidantes causa a formação do precipitado de ferro em valores de pH superiores a 6,5, mas no caso do manganês, geralmente é necessário um valor de pH maior que 8 para que ocorra a formação do precipitado desse metal. Quando são usados oxidantes na água bruta contendo ferro e manganês solúveis, as principais reações que podem ocorrer são as de (1) a (8), a seguir:



Ramos (2010) e Moruzzi e Reali (2012) detalham que para os processos acima, inicialmente, deve-se conhecer as concentrações de ferro e de manganês na água a ser tratada, tanto de amostra natural quanto digerida. Com isso, pode-se prever a necessidade ou não do uso da

pré-oxidação. As demais características da água são necessárias, tendo em vista a escolha da técnica de tratamento apropriada a cada caso.

#### **2.4.1.3 Utilização de complexante Orto-Polifosfato**

Uma solução amenizadora bastante utilizada é de produtos químicos que complexam o metal de interesse a fim de deixá-lo solúvel, ou seja, em um estado de oxidação mais reduzido. Essa opção é muito usada para o ferro, pois esse quando oxidado oferece cor e turbidez na água. O complexante mais utilizado com esse propósito é o orto-polifosfato, inicialmente aplicado a  $5 \text{ mg.L}^{-1}$  do produto durante cinco dias, reduzindo-se para  $1,6 \text{ mg.L}^{-1}$  por um período de quatro dias e finalmente fixando uma dosagem média de  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$  (PRIANTI JUNIOR *et al.*, 2004).

Vários trabalhos especificam o uso de produto à base de orto-polifosfato, devido às suas propriedades: sequestrante de metais, manutenção dos metais em suspensão na forma solúvel impedindo a incrustação e possibilitando a remoção destas, além desse produto formar uma película protetora nas paredes das tubulações, minimizando os ataques corrosivos. (BENEDICTO; ANDRADE, 2005; OLIVEIRA; SCHMIDT; FREITAS, 2010)

No entanto, todos afirmam que essa é uma medida paliativa, já que os íons não são removidos da água, mas sim estabilizados na forma de complexos químicos.

#### **2.4.1.4 Adsorção**

Segundo Mello *et al.*, (2011), adsorção é o processo de transferência de um ou mais constituintes (adsorbatos) de uma fase fluida (adsortivo) para a superfície de uma fase sólida (adsorvente). No processo de adsorção as moléculas ou espécies químicas presentes na fase fluida são atraídas para a zona interfacial devido à existência de forças atrativas não compensadas na superfície do adsorvente.

A filtração adsortiva é uma alternativa de tratamento para remoção de ferro e manganês que permite a sorção dos metais solúveis e ao mesmo tempo a retenção de partículas pelo leito

filtrante (LEAL, 2013). Esse autor descreve vários leitos filtrantes comerciais tais como GreenSand Plus™, BIRM®, CLACK MTM®, GEH®, carvão ativado, carvões adsorventes e zeólitas sintética e semi-sintéticas, sendo estas últimas geralmente tratadas quimicamente, e recomendadas principalmente quando os níveis de ferro e manganês na água são elevados. (VISTUBA, 2010 apud LEAL, 2013)

Alguns exemplos comerciais de meios filtrantes adsorventes:

Tabela 1 - Produtos para a remoção de íons ferro e manganês em água. Fonte: (FRANCISCHETTI, 2004)

	<b>Fabricante Fornecedor</b>	<b>Composição</b>	<b>Regeneração</b>	<b>Referência</b>
Greensand	Vários	Areia recoberta com óxidos de manganês	Retro lavagem com KMnO <sub>4</sub>	VIRARAGHAVAN <i>et al.</i> , 1999.
BIRM®	Clack Corporation, EUA	Dióxido de manganês	Retrolavagem	CLACK CORPORATION, 2004.
Controllmaster MF574®	Controllmaster, Brasil	Zeólitas naturais e sintéticos	Retrolavagem	CONTROLLMASTER, 2004.
Catalox®	Aquacorp, Brasil	MnO <sub>2</sub> (80%)	Retrolavagem com cloro	VEIGA, 2004.
GEH®	Wasserchemie GmbH & Co, Alemanha	Hidróxido férrico granular	Retrolavagem	WASSERCHEMIE, 2004.
CARBOTRAT AP®	Carbonífera Criciúma, Brasil	Carvão mineral	Retrolavagem	MADEIRA <i>et al.</i> , 2004.

#### 2.4.2 Troca Iônica

Tradicionalmente a troca iônica para fins de tratamento desmineralizante da água se dá por resinas poliméricas sintéticas de caráter ácido ou básica, chamadas de resinas catiônicas ou aniônicas.

Segundo Folzke (2013) e Patil *et al.*, (2016), a remoção de metais por troca iônica consiste em um processo unitário no qual determinados íons de uma dada espécie contidos em um material insolúvel de troca (resinas trocadoras de íons) são substituídos por outros íons presentes em uma solução. Quando atingida a capacidade máxima de retenção de íons, pode-se efetuar

a regeneração da resina, que consiste na passagem de uma solução adequada, ácida ou básica, com uma concentração suficientemente elevada para deslocar os cátions e ânions retidos na resina. A quantidade de regenerante é dependente do tipo de resina a ser regenerada (MIERZWA, 2002 apud FOLZKE, 2013; PATIL; CHAVAN; OUBAGARANADIN, 2016)

Em tratamento de água, geralmente, a troca iônica é utilizada na remoção de íons cálcio e magnésio de águas duras. Porém, em águas muito duras, devido à capacidade limitada das resinas de troca iônica, o processo de tratamento poderá resultar na necessidade de utilização de grande quantidade de resinas, ou, regenerações bastante frequentes (MIERZWA, 2002 apud FOLZKE, 2013).

Especificamente para remoção dos íons metálicos ferro e manganês, a zeólita sintética e semissintética tem sido mais utilizada em estações de tratamento. E pela dificuldade maior de remoção do manganês, vários autores descrevem a preferência pela troca iônica ou adsorção. (ALVES, 2008; CELTA BRASIL, 2002; DELKASH; EBRAZI BAKHSHAYESH; KAZEMIAN, 2015; FIGUEIREDO, 2014; NATURALTEC, 2014; SNATURAL, 2015)

Patil *et al.*, (2016) apresenta uma série de meios filtrantes utilizados para remoção de manganês em trabalhos de vários autores. Podem ser observados alguns exemplos no quadro 1:

Quadro 1 – Meios trocadores/ adsorventes (modificados, sintéticos e naturais) e condições usados para remoção de manganês de águas residuárias. Fonte: (PATIL; CHAVAN; OUBAGARANADIN, 2016)

Adsorbent	pH	Initial Mn(II) conc.	Removal efficiency (%) or adsorption capacity	Experimental conditions
Carbon impregnated with cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB)	7	50	82.2% 43mg/g	Temp.: 70±0.5°C Time: 420min
Carbon impregnated with sodium dodecyl sulfate	7	50	70.5% 47mg/g	Temp.: 70±0.5°C Time: 420min
Unmodified mesoporous carbon	7	50	56.8% 40mg/g	Temp.: 70±0.5°C Time: 420min
Granular activated carbon	NA	NA	2.5451mg/g	Room temp. Time: 6h Adsorbent dosage: 0.2–0.9g
Granular activated carbon	7	2	79.05%, 2mg/g	Room temp. Time: 30min Adsorbent dosage: 2g/L
Amberlite IR-120H	7	2	96.65%, 4.9mg/g	Room temp. Time: 30min Adsorbent dosage: 2g/L
Polyhydroxyl-polyurethane foam	6–8	5	99–100%, 8.13µmol/g	Temp.: 25°C Time: 30min Adsorbent dosage: 0.1g/25mL
Glycine modified Chitosan	6	5×10 <sup>-3</sup> M	1.3mmol/g	Temp.: 25°C Time: 150min
Polyvinyl alcohol/chitosan (PVA/CS) hydrogel	5	5–100	84.5%, 10.515mg/g	Temp.: 30±1°C Time: 5–120min Adsorbent dosage: 0.1–1g/100mL
Poly (sodium acrylate)-graphene oxide (PSA-GO) double network hydrogel	6	20–600	84%, 165.5mg/g	Temp.: 303K Adsorbent dosage: 1mg/mL Adsorption capacity for Cd(II): 238.3mg/g
Polyaniline/sawdust composite	10	100	90.28%, 58.824 mg/g	Time: 30min Adsorbent dosage: 10g/L
Chitosan/polyethylene glycol blend membrane	2.9–5.9	2–10	18mg/g	Temp.: 27±2°C Time: 60min Agitation speed: 300rpm
Water-soluble chitosan	5–9	0.45–363 mmol/L	94.59%	Temp.: 20°C Adsorbent dosage: 400mg/L Agitation speed: 300rpm
Surfactant modified alumina	4.04–8.05	20–100	74%, 2.04mg/g	Temp.: 303K Agitation speed: 110–150rpm Contact time: 30min
Natural zeolite	6–6.8	3.86meq/L	0.26meq/g	Temp.: 20°C Contact time: 120min Adsorbent dosage: 2.5g/L
Natural zeolite activated with NaCl	6–6.8	3.64meq/L	0.77meq/g	Temp.: 20°C Contact time: 120min Adsorbent dosage: 2.5g/L
Natural zeolite	6	25–250	7.68mg/g	Temp.: 25°C Contact time: 240min Agitation speed: 200rpm
Al-zeolite	6	25–250	25.12mg/g	Temp.: 25°C Contact time: 240min Agitation speed: 200rpm

## 2.5 MINERAIS DE ARGILA E A CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA

O termo argila permite vários conceitos subjetivos e interpretativos, discorre Meira (2001), afirmando que terminam indefinível e com vários sentidos. Diz o autor que os conceitos de argila dependem da formação profissional, técnica ou científica (geólogos, pedólogos, agrônomos, químicos, mineralogistas, petrólogos, ceramistas, engenheiros civis, sedimentólogos, etc.). Esses defenderão e darão a ênfase no sentido que lhes couber, ou pelas suas propriedades, ou pelas suas aplicações. Para Kashif Uddin (2017), o termo argila aplica-se aos materiais que têm um tamanho de partícula menor que 2 micrômetros, e também para a família de minerais que têm composições químicas semelhantes e características estruturais de cristal comum.

Mello (2011) salienta que argilominerais é um termo usado para designar especificamente os filossilicatos, que são hidrofílicos e conferem a propriedade de plasticidade às argilas.

Meira (2001) explica que minerais como o quartzo, feldspatos, micas, anfíbolos e piroxênios, constituintes das rochas silicatadas da crosta terrestre, quando expostos às intempéries tornam-se instáveis. A água que penetra nos poros, nas clivagens e pequenas fraturas desses minerais dissolve os suas formas liberando seus componentes. A reorganização destes em solução, com participação de água, oxigênio, dióxido de carbono e íons dissolvidos permite a formação de minerais argilosos e, conseqüentemente, de argilas que ficarão em equilíbrio nas condições climáticas. (MEIRA, 2001)

Biondiv *et al.*, (2000) apud Mello (2011) salienta que as composições químicas e mineralógicas, a granulometria, a capacidade de troca de cátions, a área superficial específica, os sais solúveis e a quantidade de matéria orgânica são as principais propriedades primárias das argilas cerâmicas. Santos (1975 e 1992) apud Mello (2011) define argilas como materiais naturais, terrosos, de granulação fina que, quando umedecidos com água apresentam certa plasticidade (Santos, 1975 e 1992). (MELLO *et al.*, 2011)

De fato, na literatura o termo argila é utilizado de forma genérica e subjetiva, mas geralmente há uma inclinação para o entendimento e intertextualidade na comunidade científica de que argila faz-se referência ou a classificação, ou a denominação: minerais argilosos ou minerais de argila ou argilominerais.

Segundo Valášková e Martynková (2012), o esforço para esclarecer os significados de 'argila', os termos 'argilas' e 'minerais de argila' foi tema de comissões de nomenclatura comum (JNCs) da *Internacional Association pour l'Etude des Argiles* (AIPEA) e da *Clay Minerals Society* (CMS).

Segundo Pinnavaia & Beall (2001) e Gomes (1988) apud Mello *et al.*, (2011); os argilominerais são silicatos de Al, Fe, Mg hidratados, com estruturas cristalinas em camadas (filossilicatos) por folhas contínuas de tetraedros de SiO<sub>4</sub>, ordenados de forma hexagonal, condensados com folhas octaédricas de hidróxidos de metais tri e divalentes.

Diversos estudos são atualmente desenvolvidos pela ciência com o objetivo de criar materiais capazes de atuar com grande eficácia em processos adsortivos e de troca catiônica em argilominerais (ABOLLINO *et al.*, 2008; COELHO; SANTOS; SANTOS, 2007; EL-BAYAA; BADAWY; AIKHALIK, 2009; FERNANDES; SILVA, 2014; FILHO, 2015; FRANÇA; ARRUDA, 2006; HUO *et al.*, 2012; KASHIF UDDIN, 2017; MEDEIROS; GREATI; LIMA, 2014; MELLO *et al.*, 2011; NUNES, 2005; REINHOLDT *et al.*, 2013; ROTENBERG *et al.*, 2009; TERTRE *et al.*, 2013; TERTRE; PRÊT; FERRAGE, 2010; WEGRZYN *et al.*, 2013); entre os materiais mais pesquisados, estão as estruturas lamelares sintéticas e naturais como a esmectita, bentonita, talco, zeólitas, montmorillonita, vermiculita e caulinita. (MELLO *et al.*, 2011)

Kashif Uddin (2017), faz referência de diversos argilominerais, na tabela 2, sendo usados como removedores de manganês. Sendo o argilomineral caulinita com maior capacidade de remoção de manganês.

Tabela 2 - Capacidade máxima de remoção de manganês em vários argilominerais. Fonte: (KASHIF UDDIN, 2017) Modificado

Adsorbent	Adsorbate	Adsorption capacity, qm (mg/g)
	Manganese (II)	
Smectite		3.13
Natural clay		11.36
Montmorillonite		4.80
Bentonite		6.00
Kaolinite		0.44
Kaolinite		149.25
Bentonite		94.34
Gabon clay		12.41
Clinoptilolite		0.07
Diatomite-perlite composite		100.00
Mangolian Clinoptilolite		6.11
Sepiolite		22.90
Montmorillonite		16.20
Sulfuric treated kaolin		1.41
Bentonite		12.41

A capacidade de troca catiônica (CTC) de minerais de argila é definida como a quantidade de cátions disponível para a troca a um dado pH, é expressa em meq/100g (miliequivalente/100g), que é equivalente a cmol/ kg (centimol/kg). (VALÁŠKOVÁ; MARTYNKOVÁ, 2012). Aprofundam, Aguiar *et al.*, (2002), afirmando ser uma das propriedades mais importantes, que resulta do desequilíbrio das cargas elétricas na estrutura cristalina devido às substituições isomórficas, às ligações químicas quebradas nas arestas das partículas e à interação dos íons  $H_3O^+$  com as cargas nestas ligações quebradas. Completa ainda que para neutralizar estas cargas, existem cátions trocáveis, que estão fixos eletrostaticamente ao longo das faces e entre as camadas estruturais dos argilominerais.

Guerra *et al.*, (2009) apud MELLO (2011) e Aguiar *et al.*, (2002), relatam que a facilidade de troca de cátions do argilomineral varia em função da concentração dos íons trocáveis e adsorvidos, da dimensão (raio iônico), da natureza, de seu potencial de hidratação e a afinidade dos materiais trocadores com os cátions. E são trocados internamente com diferentes energias

e podem não estar ligados ao retículo cristalino pela mesma força em todos os argilominerais. (NOGUERA; FRITZ; CLÉMENT, 2011)

Nessa interação, Aguiar *et al.*, (2002) e Malandrino (2006) reforçam, que o poder de troca de um cátion será maior, quanto maior for a sua valência e menor a sua hidratação. A força com que um íon é atraído é proporcional à sua carga iônica e por resultado, em geral, íons com carga (valência) maior são mais fortemente atraídos pelo material.

Entre cátions de mesma valência, a seletividade aumenta com o raio iônico, em função do decréscimo do grau de hidratação, pois quanto maior for o volume do íon, mais fraco será seu campo elétrico na solução e, conseqüentemente, menor o grau de hidratação. Assim, para uma mesma série de íons, o raio hidratado é geralmente inversamente proporcional ao raio iônico do cristal. Contudo, o grau de hidratação do íon depende da viscosidade da solução, da temperatura, da presença de interferentes e de vários outros fatores, podendo ter um valor variável em função de determinada aplicação. (AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002; APOLLARO *et al.*, 2013; MALANDRINO *et al.*, 2006; VALÁŠKOVÁ; MARTYNKOVÁ, 2012)

No mineral illita, depois de sua secagem, o potássio fixa-se quase irreversivelmente, sendo este fato muito importante para a adubação de solos agrícolas. (AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002). Tal propriedade pode ser entendida pela CTC do mineral. A diferença na CTC deve-se à natureza e localização dos sítios ativos na rede do argilomineral. Na montmorilonita, por exemplo, esses sítios estão localizados tanto na superfície externa quanto na intercama, em virtude da carga negativa presente no sítio de Al (alumínio) hexacoordenado, enquanto na caulinita os sítios ativos são restritos à superfície externa. (AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002)

A elevada área específica dos argilominerais facilita os fenômenos de troca entre os íons dos argilominerais e o estado líquido. O segundo aspecto refere-se ao potencial de expansão das camadas basais quando colocadas em contato com as águas (exceto as de camada 1:1, que não são expansivas), que além de aumentar o volume inter planar basal, facilita as reações físico-químicas de troca iônica. Como consequência destas propriedades ocorre alterações nas propriedades de capacidade de troca catiônica e de hidratação (Guerra *et al.*, 2009; Santos, 1992) (MELLO *et al.*, 2011)

Kashif Uddin (2017) elencou inúmeros trabalhos com os resultados de composição química (tabela 3) dos argilominerais naturais, e afirma que os valores de perda por ignição indicam que as argilas tem menor matéria carbonácea e maior matéria mineral e isso confirmam claramente que a argila e minerais de argilas têm o potencial excelente para ser usado como um adsorvente eficaz em reduzir a concentração de vários contaminantes, especialmente os metais pesados, em tratamento de águas e águas residuais, porque elas são ricamente compostas por sílica, alumina, ferro, cálcio, e óxidos de magnésio.

Tabela 3 - Composição química de vários argilominerais naturais. Fonte: (KASHIF UDDIN, 2017)

Natural Clays	Elemental composition (% weight)								
	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Loss on ignition(LOI)	CaO	NaO	K <sub>2</sub> O	MgO
Montmorillonite	65.34	2.38	12.89	0.52	8.06	0.24	0.53	1.54	0.95
Indigenous clay	46.22	0.68	38.40	–	13.47	0.86	–	–	0.37
Pure Smectite	50.08	6.00	17.40	–	20.31	0.28	1.39	0.84	3.95
Egyptian clay	50.65	4.61	30.31	1.65	–	0.27	0.16	–	0.20
Kaolinite clay	53.70	2.00	43.60	0.10	–	–	–	0.50	–
Illitic clay	62.72	5.58	14.34	0.82	–	7.27	1.01	3.59	1.82
Beidellite	58.08	2.96	29.92	0.22	–	0.63	1.85	0.22	5.48
Indian clay	48.12	2.48	34.54	0.40	12.44	0.83	–	–	0.50
<b>Vermiculite</b>	<b>39.00</b>	<b>8.00</b>	<b>12.00</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>3.00</b>	<b>–</b>	<b>4.00</b>	<b>20.00</b>
Kaolin	46.70	0.75	37.33	<0.01	13.68	<0.10	<0.10	0.93	<0.10
Nigerian clay	48.62	2.88	34.82	0.01	11.54	0.10	0.06	0.94	0.23
Ball clay	53.70	1.99	31.31	1.91	10.03	0.41	0.44	Nil	Nil
Landfill clay	42.35	13.36	16.06	–	–	22.51	1.56	2.50	1.68
Algerian clay	23.34	8.86	7.02	–	–	0.78	–	4.07	1.91
Tunisia clay	52.50	3.00	18.20	–	16.00	2.81	1.78	1.50	2.45
Burkina Faso clay	56.51	4.11	23.24	0.66	11.64	1.46	0.10	1.77	0.54
Sepiolite	55.21	0.15	0.43	0.05	19.21	0.20	0.10	0.15	24.26
Jebel Tajra clay	62.72	5.58	14.34	0.82	–	7.27	1.01	3.59	1.82
China clay	46.22	0.68	38.40	–	13.47	0.86	–	–	0.37
Palygorskite	56.50	3.63	7.87	0.05	19.84	0.20	0.07	0.28	10.81
Ugwuoba Clay	47.32	1.14	25.91	–	13.56	4.39	2.86	1.07	3.14
Attapulgate	58.38	–	9.50	0.56	–	0.40*	–	–	12.10
Clinoptilolite	65.52	1.04	9.89	0.21	10.02	3.17	2.31	0.88	0.61
Hectorite	62.71	–	–	–	–	–	3.23	–	17.12

### 2.5.1 Vermiculita

Os depósitos brasileiros e mundiais de vermiculita ocorrem principalmente em formações rochosas dentro das zonas de complexos máficos-ultramáficos e carbonatitos. (BRASIL. DNPM/MME, 2016)

O Brasil detém 10% das reservas mundiais de vermiculita, ocupando a terceira posição no cenário mundial. As reservas nacionais se concentram principalmente em Goiás (66,7%). Segundo DNPM (2016), a produção interna de 2014 teve sua principal destinação para a agricultura, na qual é utilizada como condicionador de solos, com uma representatividade de 87%. Os demais usos foram na construção civil, fabricação de isolantes térmicos e de isolantes acústicos e 10% para fabricação de peças para freios.

A aplicação da vermiculita está intimamente ligada às suas propriedades físicas, decorrentes de sua estrutura cristalina. Quando expandido, o produto resultante apresenta baixa densidade e alta capacidade de isolamento térmico, acústico e elétrico. Não se decompõe ou deteriora, sendo inodoro, não prejudicial à saúde e possuindo também propriedades lubrificantes, bem como pode absorver até cinco vezes seu peso em água. Essas propriedades lhe dão uma extraordinária condição de uso nos campos de construção civil, agricultura, indústria química, equipamentos, materiais especiais e outros (BRASIL. DNPM/MME, 2016). No mundo destaca-se, dentre as inúmeras aplicações, as principais segundo Reis (2001):

**Construção Civil;** - Carga em tintas e massas anti-fogo para paredes, teto e portais. - Lã de rocha - Isolante térmico e acústico - Miolo de divisórias e portas corta-fogo - Agregado leve para concreto - Massa em blocos de concreto e tijolos leves para construção - Moldes de proteção de estruturas metálicas retardando fogo por 240 minutos - Isolante para lajes e paredes - Impermeabilizante em lajes de cobertura - Câmaras a prova de fogo e som.

**Indústria;** - Isolantes térmicos têxteis - Isolante termo acústico para construção naval - Embalagens a prova de choque e fogo - Elemento filtrante - Isolante de câmaras frias - Carga na formulação de fibra de vidro - Blocos e cerâmicas refratárias - Absorção de óleos, pesticidas e metais pesados - Revestimento de moldes para fundição de ferro e alumínio - Lubrificante de junções de trilhos durante ajuste térmico - Componente de graxas lubrificantes.

**Química;** - Elaboração de formulações químicas organominerais devido a sua elevada capacidade de troca catiônica e de absorção de água.

- Substituição de asbestos - Controladores e reguladores da densidade - Em misturas com resinas.

**Agricultura e Horticultura;** - Fonte de nutrientes Ca, K, Mg no período de estiagem - Inibidor de lixiviação de micro e macro nutrientes de adubos - Retentores de água em jardinagem e agricultura - Germinação de sementes - Condicionador de solos ácidos e argilosos - Veículo para inseticidas, herbicidas, fungicidas e fumigantes.

Em termos conceituais, em definição, a vermiculita é um argilomineral pertencente ao grupo dos filossilicatos do tipo 2:1 (figura 7) e pode ser encontrada tanto na fração argilosa de determinados solos, como na forma de placas de dimensões centimétricas. (CHIEKO SHINZATO, 1995)

A vermiculita, silicato de alumínio, magnésio e ferro, é um mineral do grupo das micas. É um mineral hidratado, produto da alteração de micas, mais comumente a biotita. Os minerais comumente associados à vermiculita são: biotita, hidrobiotita, apatita, anfibólio, flogopita, diopsídio, clorita, amianto, talco e minerais argilosos. Tem sua gênese por intemperismo, em zonas de falhas ou por alteração hidrotermal em baixa temperatura. (BRASIL. DNPM/MME, 2016)

Segundo Robert (1968) apud Chieko Shinzato (1995), a vermiculitização ocorre em meio neutro ou básico, em presença de soluções ricas em cátions, onde o potássio interfoliar das micas pode ser substituído por cátions mais hidratáveis como  $Mg^{2+}$  e  $Ca^{2+}$ . Esse processo é reversível e sua evolução conduz à formação de minerais hidratados com grande capacidade de troca catiônica (CTC).

A capacidade de troca catiônica, cuja unidade de medida é dada em miliequivalentes por 100 gramas de material (meq/100g), mede a capacidade do mineral trocar alguns de seus cátions com outros do meio. No caso da vermiculita essa troca ocorre principalmente com os íons fixos no espaço inter planar do mineral. (CHIEKO SHINZATO, 1995)

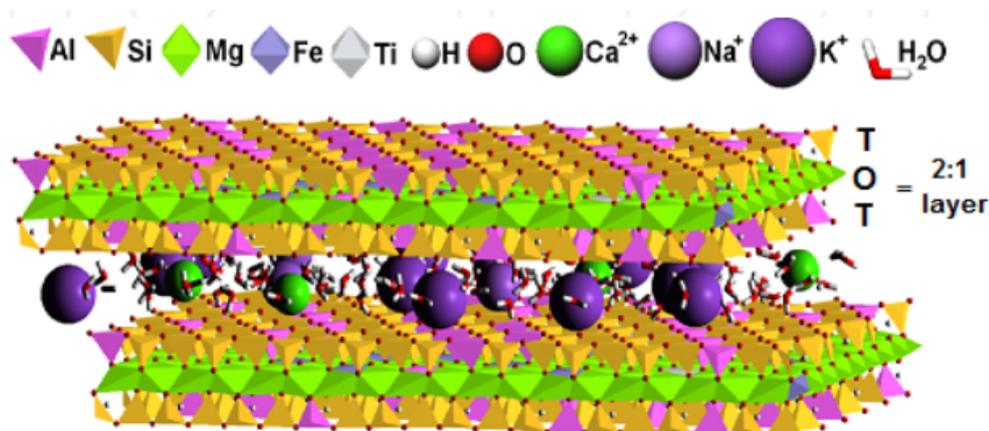


Figura 7 – Modelo de estrutura de vermiculita brasileira. Fonte: (VALÁŠKOVÁ; MARTYNKOVÁ, 2012)

A fórmula estrutural geral da vermiculita é:  $(\text{Al}^{3+}, \text{Si}^{4+})_4(\text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{2+/3+}, \text{Al}^{3+}) \text{O}_{10} (\text{OH})_2 (\text{Mg}^{2+}, \text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+, \text{K}^+) \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Onde:  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , são cátions trocáveis no espaço inter lamelar. A estrutura 2:1 da vermiculita é composta por folhas octaédricas (O) e tetraédricas (T). (VALÁŠKOVÁ; MARTYNKOVÁ, 2012)

Marcos e Rodriguez (2010) determinaram a composição química de várias vermiculitas comerciais. A fórmula geral pode deoar de acordo com as características de origem de cada uma. (figura 8)

	Sta. Olalla	Benahavis	Piauí	Goiás	China W	China G	Palabora	China E
SiO <sub>2</sub>	35.928	37.001	39.940	40.673	43.221	35.647	41.070	36.609
TiO <sub>2</sub>	0.329	2.493	1.125	0.790	1.013	1.161	1.248	1.159
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.777	14.089	9.265	11.514	11.870	10.996	9.962	13.912
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.030	0.035	0.062	0.014	0.162	0.389	0.023	0.028
FeO	3.270	7.619	6.695	9.585	4.283	4.626	7.852	14.924
MnO	0.135	0.119	0.044	0.082	0.008	0.037	0.028	0.117
MgO	24.133	21.851	25.475	18.047	24.270	21.813	23.297	14.748
CaO	0.294	0.128	0.204	0.034	0.401	0.916	0.180	1.172
Na <sub>2</sub> O	0.124	0.074	0.039	0.123	0.711	3.545	0.149	0.604
NiO	0.000	0.075	0.020	0.015	0.038	0.056	0.057	0.062
K <sub>2</sub> O	0.033	0.011	3.539	1.069	7.483	5.614	6.012	6.489
Total	80.052	83.494	86.407	81.944	93.458	84.800	89.879	89.823

Figura 8 - Composição química de vermiculitas comerciais. Vermiculita de Goiás obtida da mina de Catalão-GO da Brasil Minérios. Fonte: (MARCOS; RODRÍGUEZ, 2010)

De acordo com Valášková e Martynková (2012), a camada de carga (X) meia unidade de célula (p.f.u.), é a carga líquida negativa por camada, expressa como um número positivo

( $\text{eq}/(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}$ ). A carga líquida negativa da camada decorre da substituição de  $\text{Al}^{3+}$  por  $\text{Si}^{4+}$  dentro dos tetraedros e substituição de cátions de carga mais baixa em octaedros e da presença de vazios. A carga negativa da camada é contrabalançada pela espécie intercalar carregada positivamente (cátions e água). Por exemplo, as esmectitas são filossilicatos 2:1 com uma carga total de camada (negativa) entre 0,2 e 0,6 p.f.u. A folha octaédrica tanto pode ser ocupado predominantemente por cátions trivalentes (esmectites dioctaédrica) quanto por cátions divalentes (esmectites trioctaédrica). Já as vermiculitas são geralmente trioctaédrica e são denominadas com base na carga negativa da camada, que é entre 0,6 a 0,9 p.f.u. A espessura da unidade estrutural (camada 2:1 e espaço interlamelar) é de cerca de 1,4 nm, dependendo da água interlamelar e os cátions entre camadas.

Bailey (1966) e Lagaly (1982) apud Valášková e Martynková (2012), descreveram um método para determinar a carga da camada com base na medição de espaçamentos basais após a troca com cátions alquilamônio de diferentes comprimentos de cadeia.

A identificação de vermiculitas trioctaédrica e dioctaédrica baseia-se na posição de reflexão (060) em seus padrões de difratogramas de Raio X (DRX). Bayle (1980) identificou vermiculita dioctaédrica onde obteve valor de espaço interlamelar  $d(060)$  entre 0,149 nm e 0,150 nm, enquanto vermiculita trioctaédrica  $d(060)$  entre 0,151 nm e 0,153 nm. (VALÁŠKOVÁ; MARTYNKOVÁ, 2012)

Marcos e Rodriguez (2010) estudaram vermiculitas expandidas comerciais determinando suas CTCs aplicando espectroscopia Mössbauer, dados da composição química e software para cálculo de cargas negativas de cátions. Com teor de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  em cada camada (tetraédrica e octaédrica) foi possível prever o déficit de carga negativa e, assim, estimar a CTC máxima. Com tais métodos, conseguiram identificar quantidades de folhas tetraédricas ou octaédricas na célula unitária para classificar os tipos de vermiculita estudados. (MARCOS; RODRÍGUEZ, 2010)

De forma geral, a CTC de vermiculitas varia entre os 120 e 200 cmol/ kg (vermiculitas secas ao ar) ou 140 e 240 cmol/ kg (vermiculitas desidratadas). Densidade das cargas nas extremidades de cristais depende do pH da dispersão e surge da adsorção ou dissociação de prótons. Em meio ácido o excesso de prótons cria cargas positivas nas bordas, a densidade diminui com o

aumento do pH. Cargas negativas são produzidas pela dissociação de silanol e grupos aluminol. (MALANDRINO *et al.*, 2006; VALÁŠKOVÁ; MARTYNKOVÁ, 2012)

Pode ser observada na tabela 4 que a capacidade de troca catiônica da vermiculita é a maior entre os argilominerais.

Tabela 4 – CTC de alguns argilominerais.  
Fonte: (AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002; PERALTA, 2009)

	meq/100g
Caulinita	3-15
Haloisita.2H <sub>2</sub> O	5-10
Haloisita.4H <sub>2</sub> O	40-50
Montmorilonita	70-120
Vermiculita	130-210
Ilita	10-40
Micas (biotita, moscovita)	acima de 5
Clorita	10-40
Sepiolita, Paligorsquita	20-30

CTCs de vermiculitas com e sem pré-tratamentos descritas por Węgrzyn *et al.*, (2013), apresentaram valores de 91,2-273,0 cmol [+] / kg após 5 h de experimento, 136,5-451,2 cmol [+] /kg após 24 h e 1.467-6.123 cmol [+] /kg após 48 h. Ou seja, quanto maior o tempo de contato, maior retenção pelo argilomineral.

Os argilominerais do tipo 2:1 como montmorilonita e vermiculita apresentam CTC, área superficial maiores que as do tipo 1:1, pois aquelas possuem reações de troca, não somente superficiais, como também entre as camadas, o que favorece uma capacidade de adsorção catiônica mais acentuada (ABATE, 2003). Além da propriedade de expansão quando aquecida se restringir a somente argilominerais tipo 2:1, o que aumentaria em vários casos a capacidade de adsorção ou troca catiônica.

Aguiar *et al.*, (2002) defini área superficial específica como a área da superfície externa das partículas por unidade de massa.

No caso da vermiculita, um argilomineral, a área específica é avaliada, em geral, através das informações obtidas a partir das isotermas de adsorção-dessorção na temperatura do nitrogênio (N<sub>2</sub>) líquido. Dessa forma, é possível acompanhar as modificações texturais

ocorridas nos sólidos com o equacionamento adequado dado. (AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002)

Os dois modelos clássicos utilizados no cálculo da área específica são: o modelo BET (Brunauer, Emmett e Teller), desenvolvido para multicamadas; e o modelo Langmuir, desenvolvido para monocamadas ou para adsorção química. Além destes modelos, costuma-se também empregar o modelo BJH (Barrett, Joyner e Halenda). Este modelo é comumente empregado para o levantamento do tamanho médio e da distribuição de tamanho de poros com a área específica. (AGUIAR; NOVAES; GUARINO, 2002)

Como relatado por Essington (2005) apud Apollaro et al. (2013), vermiculitas são expansíveis e as suas superfícies internas são acessíveis às moléculas de água e de outros íons e moléculas presentes na solução. A superfície específica das vermiculitas é em torno de 600-800 m<sup>2</sup> /g. Essa faixa é atribuída para vermiculitas expandidas por aquecimento rápido em torno de 800-1000°C, que adquirem aspecto de cortiça, altamente absorvente e inerte. Por conta disso, muito usada para estancar derramamentos químicos perigosos, tanto orgânicos quanto inorgânicos.

Na literatura, há descrição de dois tipos de expansão, a térmica já mencionada e por ataque ácido ou oxidante forte. Quando tratada assim, as folhas/ camadas de sua estrutura também se expandem, mas tomando morfologia diferenciada dependendo do reagente químico usado, resultando em lixiviação dos cátions interlamelares, fragmentação da estrutura e aumento de sua área superficial específica. (HASHIM; AMIN; EL-GAMAL, 2015)

Na figura 9 abaixo pode ser vistas as imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) de vermiculita termoexpandida, não expandida, tratada com ácido clorídrico, e com peróxido de hidrogênio. Percebe-se um aumento das distâncias entre as camadas de acordo com tratamento dado.

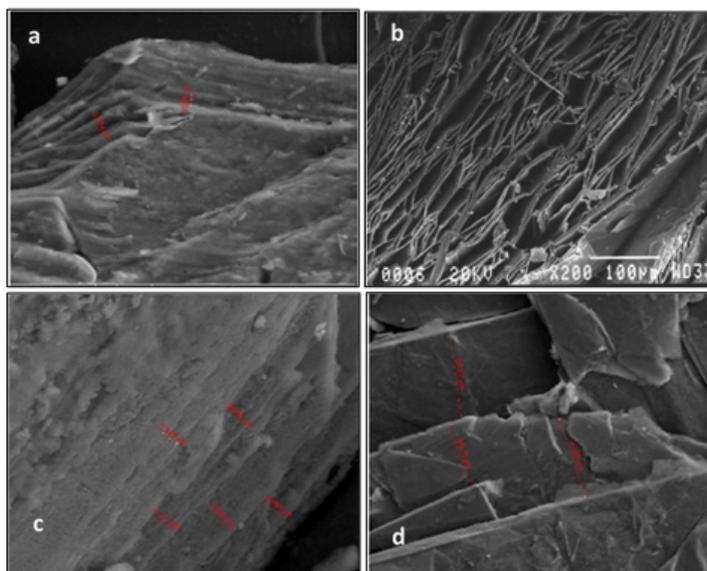


Figura 9 - a) vermiculita não expandida; b) vermiculita aquecida a 1000°C por 1 min; c) vermiculita tratada com HCl; d) vermiculita tratada com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Fontes: (HASHEM; AMIN; EL-GAMAL, 2015; MARCOS; RODRÍGUEZ, 2016)

## 2.6 POSSÍVEL PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA UTILIZANDO VERMICULITA

Apesar da relevância do assunto, em comparação com outros temas, não são muitos estudos envolvendo a interação de íons metálicos com vermiculita, para fins de tratamento de efluentes, águas residuárias e, principalmente, de água para abastecimento público. Trabalhos utilizando vermiculita e águas naturais são ainda mais escassos. (INGLEZAKIS *et al.*, 2016)

A fim de remover metais de soluções sintéticas, Malandrino *et al.*, (2006) e Abollino *et al.*, (2008) investigaram por meio de método contínuo em coluna (remoção simples) interação dos íons metálicos Cd<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup> com montmorillonita e vermiculita bruta, onde mostraram que a adsorção em ambos os minerais de argila diminuiu com a redução do pH e na presença de ligantes orgânicos que formam complexos estáveis. A capacidade total de adsorção da vermiculita foi muito mais elevada e seguiu a ordem de afinidade: Pb<sup>2+</sup> < Cu<sup>2+</sup> < Cd<sup>2+</sup> < Zn<sup>2+</sup> < Ni<sup>2+</sup> < Mn<sup>2+</sup> para vermiculita. Da Fonseca *et al.*, (2005) observaram o melhor desempenho para o níquel, tal como representado pela sua capacidade de troca, que deu

valores 0,59, 0,76, 0,84 e 0,93 mmol.g<sup>-1</sup> para Pb<sup>2+</sup><Co<sup>2+</sup><Cu<sup>2+</sup><Ni<sup>2+</sup>, respectivamente. El Bayaa et al. (2009) verificaram comportamento de sorção de cobre e cromo em vermiculita bruta; constataram maior afinidade para Cr(III), com capacidade de remoção para o Cr (III) (46,948 mg/g) maior do que o Cu (II) (43,668 mg/g). Mostraram também que a competição coexiste para cátions de metais pesados Cr (III), Cu (II), Ni (II) e Co (II) para os mesmos sítios de adsorção da vermiculita e que quando um metal trivalente foi adicionado à solução, substituiu competitivamente íons divalentes que tinham sido previamente adsorvidos na vermiculita, resultando na dessorção desses íons na solução. Inglezakis *et al.*, (2010) pesquisaram remoção simultânea de ferro e manganês em água subterrânea em modo batelada e verificaram maior eficiência utilizando vermiculita bruta pré ativada com solução de sódio (Na<sup>+</sup>), onde obtiveram 65-100% de remoção. Remoção de íons de metais pesados (Cr<sup>3+</sup>, Pb<sup>2+</sup> e Zn<sup>2+</sup>) em soluções sintéticas foi estudado por Sis e Uysal (2014), onde utilizaram vermiculita bruta em teste em batelada. Avaliaram que a precipitação na forma de hidróxido interferiram negativamente na adsorção dos cátions na vermiculita. E a ordem de afinidade de adsorção foi de Pb > Cr > Zn, em pH mais alcalino. Inglezakis *et al.*, (2016), conduziram experimentos em batelada e em coluna de leito fixo utilizando vermiculita bruta e clinoptilolita (zeólita) onde compararam a remoção separadamente de Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, e Cr<sup>3+</sup> a partir de soluções aquosas sintéticas, nas mesmas condições experimentais. A vermiculita apresentou melhor desempenho para todos os metais, com concentrações iniciais de 0,01 mol.L<sup>-1</sup> nas soluções, apresentando selectividade de Cr<sup>3+</sup>>Zn<sup>2+</sup>>Mn<sup>2+</sup>. A capacidade máxima de troca variou de 34,2-43,6 mg/g em banho infinito, ou seja, com a vermiculita ou zeólita por até 20 dias em contato com os íons dos metais.

Vermiculita termicamente expandida foi objeto de estudos de alguns autores: Inglezakis *et al.*, (2012) investigaram remoção de ferro e manganês em amostras de água subterrânea pré-tratada por aeração; no presente estudo, a vermiculita é utilizada em circuito de fluxo aberto em leito fixo e sistema de leito fixo de circuito fechado (com reciclagem da fase líquida). Os dois sistemas apresentaram níveis de remoção mais elevados para ferro do que para manganês. Após 24 h de tratamento, 2 g de vermiculita/100 ml de água tratada, os níveis de remoção de Fe e Mn atingiram 100% e 75%, respectivamente para o teste de circuito fechado. Węgrzyn *et al.*, (2013), utilizaram 3 amostras de vermiculita: vermiculita bruta (sem nenhum pré-tratamento), termoexpandida e tratadas com ácido. Em modo batelada, semi-batelada e coluna estudaram

capacidade de adsorção de ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ ) em soluções sintéticas. Todas amostras se mostraram eficientes, mas o modo semi-batelada com vermiculita termoexpandida se mostrou mais eficiente; em 2 horas de tratamento, obteve-se capacidade de adsorção de 45 mg  $\text{Fe}^{3+}/\text{g}$ . Marcos e Rodríguez (2016) focaram em investigar a eficiência de dois tipos de vermiculita termoexpandida ( $1000^\circ\text{C}$  em 1min) na remoção em batelada de solução sintética de níquel ( $\text{Ni}^{2+}$ ); a vermiculita-China obteve maior capacidade de adsorção: 3,13 mol/g de  $\text{Ni}^{2+}$  após 72h de contato. Já a vermiculita-Piauí, brasileira, foi de 2,91 mol/g de  $\text{Ni}^{2+}$ .

### 3 CAPÍTULO II – DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

#### 3.1 MATERIAL E MÉTODOS

##### 3.1.1 Área de Estudo

A área de estudo desse trabalho localiza-se nos setores Tiradentes e Independência Mansões no município de Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil. Nesses setores estão localizados os sistemas, de mesmo nome, de captação e reunião da água subterrânea de poços tubulares profundos da Companhia de Saneamento e Abastecimento de Goiás (Saneago), empresa pública do Governo do Estado de Goiás. Essas águas são reunidas em grandes reservatórios chamados caixas de reunião. Na figura 10, a localização de cada sistema. Em cada sistema, faz-se somente o tratamento de cloração e fluoretação e depois vai para distribuição.

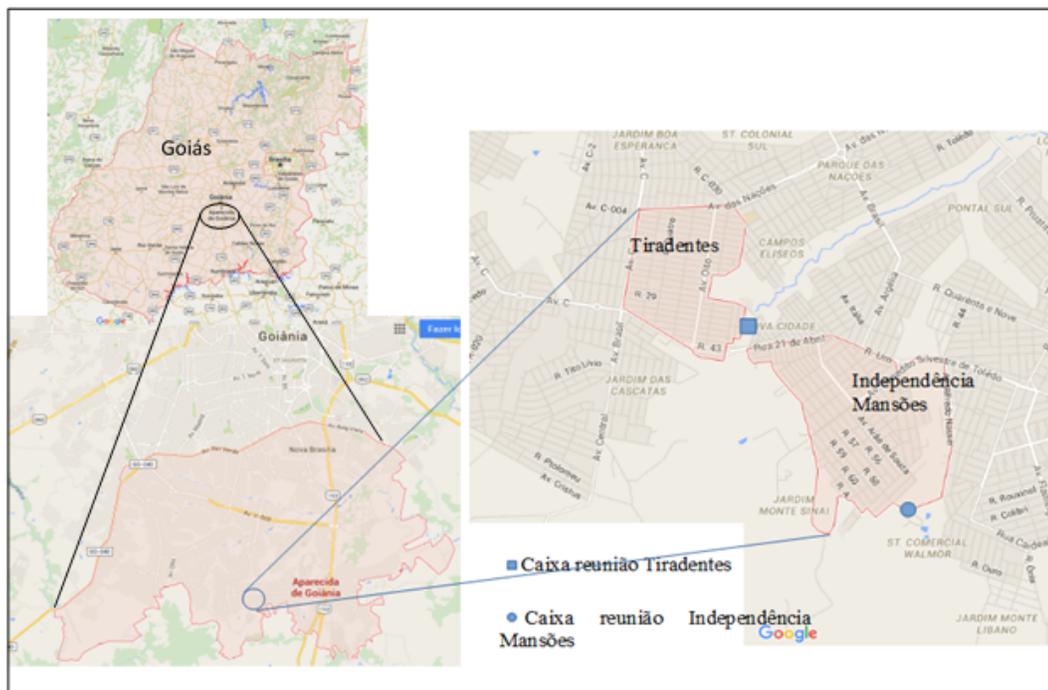


Figura 10 - Localização da área de estudo. Caixas de reunião de vários poços ● Caixa de reunião sistema Independência Mansões. ■ Caixa de reunião sistema Tiradentes. Fonte: Google maps (Map data ©2015 Google)

Os sistemas de poços da área estudada estão apontados na ampliação da figura 11 e localizados na figura 13. Esses fazem margem à ocupação urbana em área circunvizinha à Serra das Areias. Estão distribuídos em região de altitude entre 795 a 860 metros. A geologia da área caracteriza-se por rochas metamórficas recobertas por solos espessos e com predominância do grupo de aquífero, que segundo a classificação de reservatórios subterrâneos de águas, domínio aquífero fraturado das Serra das Areias (MORETON, 1994).

Segundo Rodrigues *et al.*, (2005), os poços estão instalados nas bordas de falha e ou drenagens, onde o fluxo subterrâneo mais profundo é mais próximo à superfície, e a geologia predominante é de micaxisto e quartzo-xisto, figura 12. A caixa de reunião de cada sistema fica próxima aos poços.

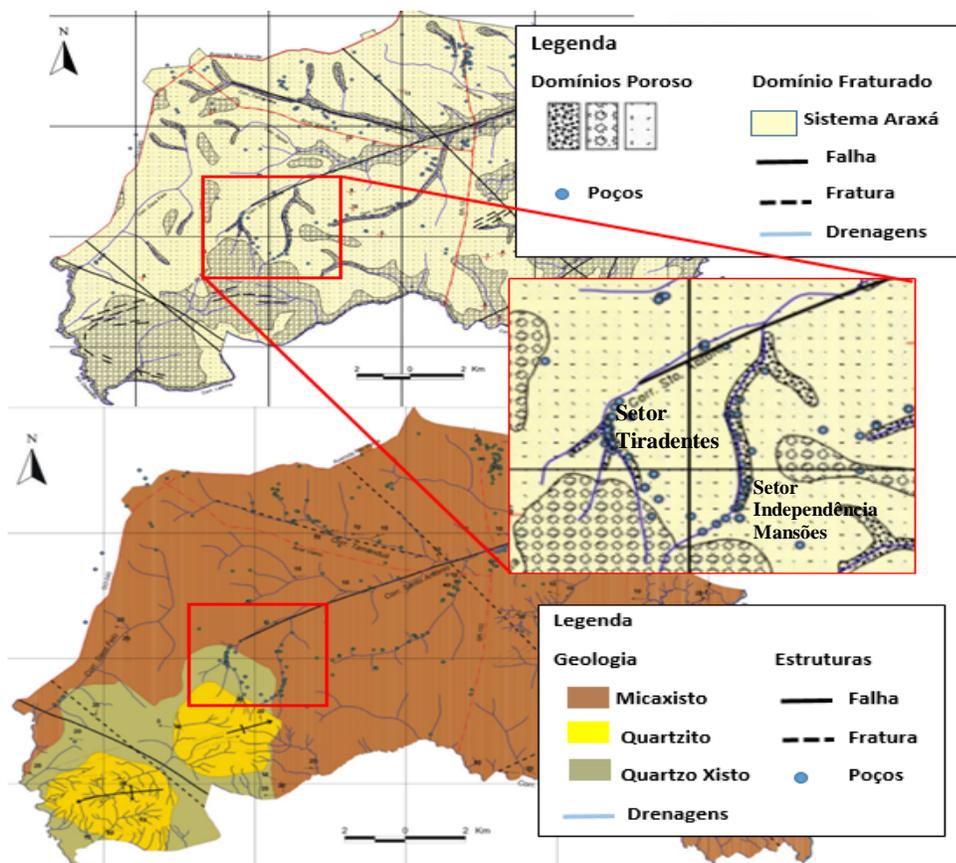


Figura 11– Influência da geologia e hidrogeologia na área de estudo. Fonte: (RODRIGUES *et al.*, 2005) modificado

A maioria dos poços marcados na figura 11 (ampliação quadrado vermelho), estão ao longo de drenagem (córrego Santo Antônio) e falhas.

Na figura 12 quanto ao perfil das rochas e minerais do Grupo Araxá, definido como Formação Araxá (Barbosa, 1955 apud LACERDA FILHO, 1999). Constituídas basicamente por xistos, micaxistos na área de ocorrência para o Estado de Goiás, subdividindo-o nas unidades A e B, onde a primeira representada por quartzitos, micaxistos com granada, turmalina e/ou cordierita, e rochas feldspáticas, e a unidade B, por lentes de calcários micáceos marmorizados com intercalações de quartzitos.

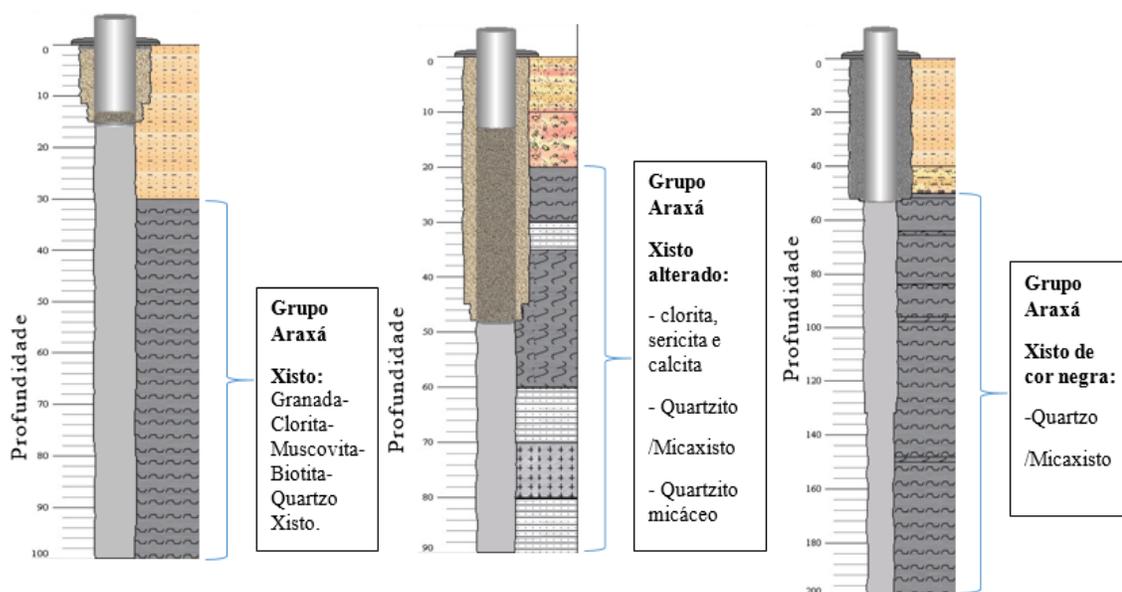


Figura 12 - Características do perfil geológico dos poços da área de estudo. Fonte: SIAGAS (modificado)

Na figura 13, localizações dos poços da área de estudo em área de ocupação urbana.

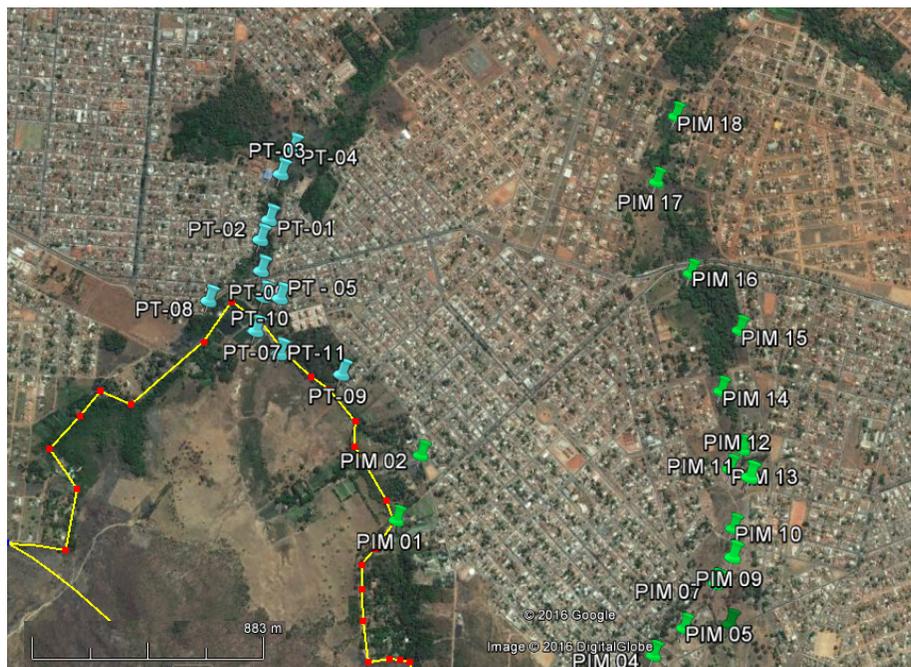


Figura 13 - Poços da área de estudo localizados em ocupação urbana. Em azul, poços do sistema Tiradentes; em verde, poços do sistema Independência Mansões. Fonte: Google Earth©2016 e Saneago

Na perspectiva de obter mais informações e noções dos aspectos físico-químicos das águas na área de estudo, foi avaliado pelo banco de dados da Saneago alguns parâmetros de uma série de análises químicas feitas pela empresa no período de 2009 a 2014. Os parâmetros que julgou-se importantes para nortear a pesquisa foram discutidos e desdobrados por meio de gráficos, como: ferro, manganês, dureza, alcalinidade e outros.

### 3.1.2 Amostragem das águas dos poços

Dados físico-químicos das águas subterrâneas da área de estudo foram levantados na Saneago do período de 2009 a 2014 (anexo A). Os parâmetros importantes para qualidade da água nortearam a pesquisa, sendo principalmente o ferro, manganês, dureza, alcalinidade.

Nos trabalhos de campo, foi observado que em cada sistema da Saneago existe pontos de coleta individual de cada poço que podem ser vistos na figura 14.



Figura 14 - Pontos de coleta individual dos poços no sistema Independência Mansões. Os pontos se localizam ao lado da caixa de reunião, ao fundo à direita da imagem. Fonte: próprio autor.

O planejamento de amostragem da água subterrânea considerou o levantamento preliminar de dados dos poços, principalmente no que se refere ao histórico da Saneago de análises químicas das águas subterrâneas, ainda, a característica da formação geológica do aquífero e sua influência na qualidade da água na área de estudo, em consonância com o interesse da Saneago na priorização da região de poços os quais seriam para tratamento da água para abastecimento público, considerando a demanda por água da população circunvizinha aos dois sistemas de captação.

As coletas para fins de caracterização da água da área de estudo dependiam do funcionamento de cada poço, pois, como são sistemas reais de captação e distribuição da Saneago, as bombas são automáticas e poderiam estar em manutenção, desligadas por alto nível do reservatório, etc. Portanto, principalmente para fins de caracterização, a princípio a escolha de quais poços coletar limitou-se ao funcionamento do poço no dia e hora da coleta. Posteriormente, para testes rotineiros de remoção coletou-se sempre nos mesmos poços. Observou-se que a água bombeada de cada poço é levada a sistemas únicos de armazenamento (caixa de reunião).

### 3.1.2.1 1ª fase da parte experimental: etapa de remoção em batelada

A coleta se deu em duas etapas. Na primeira etapa, para início da 1ª fase experimental, as coletas foram feitas em julho, agosto e outubro de 2015, e em janeiro de 2016. A Saneago coletou paralelamente amostras para caracterizar parâmetros para pesquisa nesse período. As normas de coleta foram adotadas segundo instruções normativas da empresa.

Para fins de testes de remoção no laboratório do IFG, foram coletadas um volume maior somente águas dos poços 1 e 8 do sistema Tiradentes (TIR1) e (TIR8) e caixa de reunião dos dois sistemas (IND e TIR), conforme identificações na tabela 5. As amostras para caracterização de ferro e manganês foram acidificadas com ácido nítrico P.A. nas proporções de 1:1 em  $\text{pH} < 2$ , de acordo com norma de preservação de amostras da Agencia de Proteção Ambiental Americana (USEPA) e da Associação Americana de Saúde Pública (APHA) (EATON, 2005; USEPA, 2005).

Para todas as amostras, foi adotado o seguinte procedimento de coleta: com a bomba do poço já ligada há mais de 20 minutos, a coleta foi realizada em torneiras próxima da entrada do reservatório. Adaptou-se na entrada da torneira uma mangueira limpa como na figura 15, a qual foi introduzida logo abaixo da boca do frasco de coleta, aguardou o mesmo encher até o transbordamento, de modo que não houvesse turbilhamento; fechou-se com tampa de rosca e etiquetou. Foram usados frascos novos de polietileno (PE) de 1 litro e 20 litros.

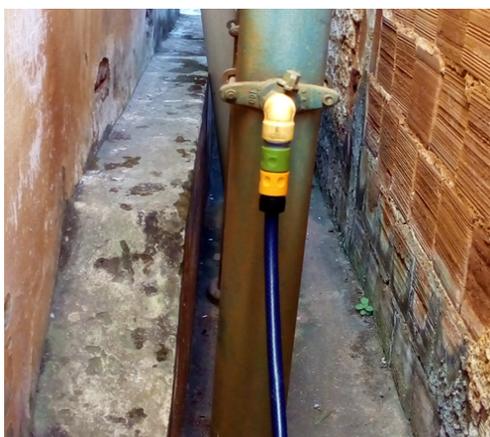


Figura 15 – Coleta de água no poço 8, sistema Tiradentes

### **3.1.2.2 2ª fase da parte experimental: testes em campo de remoção em coluna de leito fixo**

Durante a 2ª fase experimental, as coletas foram feitas em quatro momentos no mês de julho de 2016 concomitantemente com testes em campo de remoção diretamente no poço, através de filtro pré-preparado de coluna de leito fixo com vermiculita.

Foram coletadas também amostras de 1 (um) litro em frasco de vidro borossilicato 3.3 de tampa azul antigota, enchendo cuidadosamente até transbordar; fechou, etiquetou e armazenou sob refrigeração em caixa de gelo. Essas amostras foram levadas para o laboratório de análise de águas da Saneago no mesmo dia da coleta, para caracterizar cálcio, magnésio, carbono orgânico total (TOC), sólidos totais dissolvidos (STD) e dureza.

Para coleta das amostras de monitoramento dos íons de ferro e manganês, nessa fase de experimento de filtração no próprio local do poço foram usados tubos novos falcon de polietileno de 20 mililitros com tampa de rosca. Todas essas coletas foram feitas em dez replicatas, sendo que metade foi acidificada com ácido nítrico conforme procedimento descrito na primeira fase.

As amostras que passaram pelo filtro e amostras da água bruta foram coletadas enchendo cuidadosamente o tubo até o máximo, tampou e armazenou em gelo. Todas as amostras foram quantificadas no mesmo dia de coleta.

As coletas realizadas nas duas fases (1ª e 2ª) estão apresentadas na tabela 5. As amostras com identificação são as que foram utilizadas para testes de tratamento da água em batelada; as demais foram utilizadas somente para caracterização físico-química e ou teste em coluna de leito fixo.

Tabela 5 - Poços amostrados na área de estudo.

Local	Poços (nº)	Identificação	Quantidade de amostra	Número de coletas	Objetivo	Período
Cx. reunião Ind. Mansões	15,14,12,11,9,7,5	IND	40 litros	1	Caracterização e testes de remoção	Estiagem
Cx. reunião Tiradentes	3,9,10,13	TIR	40 litros	1	Caracterização e testes de remoção	Estiagem
Sistema Ind. Mansões	11	-	1 litro	3	Caracterização	Estiagem
Sistema Ind. Mansões	5	-	1 litro	1	Caracterização	Estiagem
Sistema Ind. Mansões	7	-	1 litro	1	Caracterização	Estiagem
Sistema Ind. Mansões	9	-	1 litro	1	Caracterização	Estiagem
Sistema Ind. Mansões	10	-	1 litro	1	Caracterização	Estiagem
Sistema Ind. Mansões	14	-	1 litro	1	Caracterização	Estiagem
Sistema Tiradentes	1	TIR1	40 litros	3	Caracterização e testes de remoção	Estiagem e Chuvoso
Sistema Tiradentes	5	-	1 litro	3	Caracterização	Estiagem e Chuvoso
Sistema Tiradentes	3	-	1 litro	2	Caracterização	Estiagem e Chuvoso
Sistema Tiradentes	8	TIR8	40 litros	3	Caracterização e testes de remoção	Estiagem e Chuvoso
Sistema Tiradentes	9	-	1 litro	2	Caracterização	Estiagem e Chuvoso
Sistema Ind. Mansões	11	-	-	1	Teste filtro em coluna/ monitoramento dos metais	Estiagem
Sistema Tiradentes	8	-	-	3	Teste filtro em coluna/ caracterização e monitoramento dos metais	Estiagem

### 3.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A presente pesquisa foi desenvolvida nos Laboratórios de Química e de Solos do Instituto Federal de Goiás-IFG, Câmpus Goiânia-GO, nos sistemas de captação de águas subterrâneas Tiradentes e Independência Mansões em Aparecida de Goiânia-GO da Saneago, no Laboratório de Análises de Água da ETA-Negrão de Lima, também da empresa Saneago e no Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – CRTI da Universidade Federal de Goiás-UFG, em Goiânia-GO.

As etapas experimentais realizadas que nortearam esse estudo estão descritas no fluxograma apresentado na Figura 16. A etapa de remoção em batelada se deu na 1ª fase da parte experimental e a etapa de remoção em coluna de leito fixo se deu na 2ª fase da parte experimental.

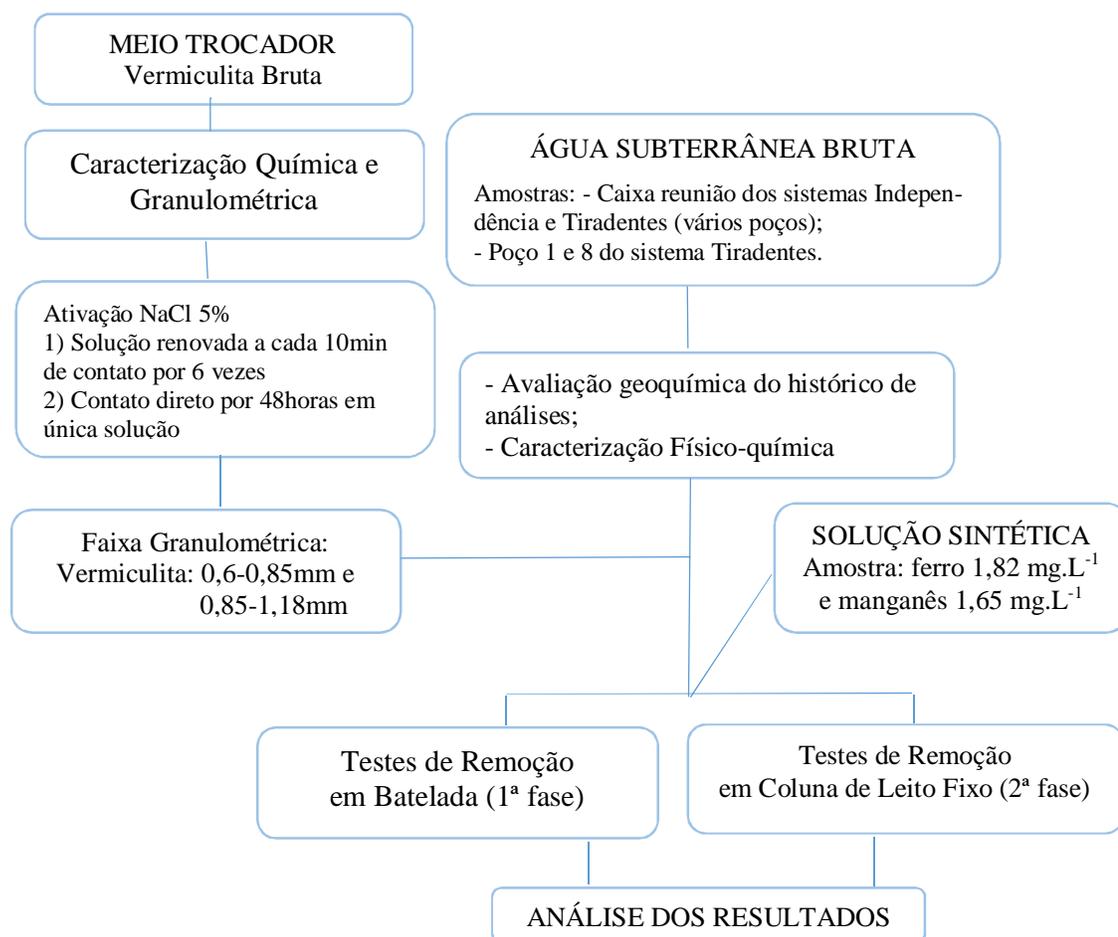


Figura 16 - Fluxograma das etapas da parte experimental

### 3.2.1 Caracterização das águas dos poços da área de estudo

A caracterização das águas desse trabalho foi realizada na 1ª e 2ª fase experimental com dois objetivos: 1) verificar a hidrogeoquímica dos poços e 2) acompanhar os processos de tratamento. Para tal, algumas análises foram feitas pela parceira Saneago. Outras análises foram feitas nessa pesquisa para monitorar o processo em campo e em bancada no laboratório, encontram-se na tabela 6. Mediu-se oxigênio dissolvido (OD) com equipamento marca Lutron, modelo DO-5519, portátil. Foi calibrado ao ar livre. O pH foi medido usando equipamento portátil marca ÍonLab, calibrado em 2 pontos de calibração, em solução tampão de pH 4,0 e 7,0. A condutividade foi medida usando equipamento de bancada, marca Tecnopon, modelo MCA-150, calibrado em um ponto.

Tabela 6 - Parâmetros analíticos e métodos realizados por essa pesquisa nas amostras de água bruta e tratada.

Parâmetro	Método	Unidade
pH	Potenciométrico	NA
Temperatura	Sensor	°C
Condutividade	Célula de Condutividade	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
Ferro dissolvido	Espectrometria de Absorção Atômica (AAS)	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
Manganês dissolvido	Espectrometria de Absorção Atômica (AAS)	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

#### Quantificação do Fe e Mn

As análises quantitativas dos íons ferro (Fe) e manganês (Mn) em todas amostras de água bruta e tratada foram feitas em espectrofotômetro de absorção atômica (AAS), marca Perkin Elmer, modelo AA200. A equação da curva de calibração das análises de Fe e Mn e o limite de detecção do equipamento (LDE) para ferro e manganês estão na tabela 7. Observou-se o limite de quantificação nas condições recomendadas do equipamento para cada metal e seu comprimento de onda, a fim de fazer as soluções padrões para compor a curva de calibração.

O LDE foi determinado fazendo 10 leituras independentes de água deionizada, considerando essa como sendo matriz sem analito, estimando-se o limite de detecção como sendo igual ao desvio padrão dessas leituras multiplicado por 3 (três). (THOMPSON *et al*: IUPAC, 2002)

Tabela 7 - Limite detecção do equipamento para Fe e Mn e equações das curvas de calibração

<b>LDE (Fe)</b>	0,001
<b>LDE (Mn)</b>	0,001
<b>Curva calibração (Fe)</b>	$y = 0,0248x - 0,003$ $R^2 = 0,9991$
<b>Curva calibração (Mn)</b>	$y = 0,1186x - 0,0018$ $R^2 = 0,9996$

Antes da leitura das amostras, fez-se a filtração das amostras em papel analítico faixa preta através de suporte para seringa.

Os parâmetros analisados pela Saneago estão na tabela 8, os quais alguns foram realizados na 1ª fase da parte experimental e outros na 2ª fase.

Tabela 8 - Parâmetros analíticos realizados pela Saneago na água subterrânea. Os parâmetros marcados com asterisco foram realizados na 2ª fase da parte experimental. O restante, na 1ª fase.

Parâmetro	Máximo Permitido		Unidade	Referência
	Conama 396/2008	Portaria MS 2914/2011		
Fluoreto	1,5	1,5	mg.L <sup>-1</sup> F	SMEWW 4500 F- C SMEWW 4110 B
Turbidez	NR	1,0	uT	SMEWW 2130 B
Cor Aparente	NR	15	uH	SMEWW 2120 E
Cor verdadeira	NR	NR	uH	SMEWW 2120 E
pH	NR	6 a 9,5	-	SMEWW 4500 B
Alcalinidade Total	NR	NR	mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	NR	NR	mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
Alcalinidade CO <sub>3</sub>	NR	NR	mg.L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
Ferro total	0,3	0,3	mg.L <sup>-1</sup> Fe	SMEWW 3500 Fe B
Manganês	0,1	0,1	mg.L <sup>-1</sup> Mn	SMEWW 3500-Mn B
Alumínio	0,2	0,2	mg.L <sup>-1</sup> Al	SMEWW 3500 Al B
Sulfato	250	250	mg.L <sup>-1</sup> S-SO <sub>4</sub>	USEPA 8051 SMEWW 4110 B
Matéria Orgânica	NR	NR	mg.L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	SMEWW 4500-O B
Cloretos	250	250	mg.L <sup>-1</sup> Cl	SMEWW 4500-Cl- B SMEWW 4110 B
Gás carbônico	NR	NR	mg.L <sup>-1</sup> CO <sub>2</sub>	SMEWW 4500-CO2 B

Tabela 8 - Parâmetros analíticos realizados pela Saneago na água subterrânea. Os parâmetros marcados com asterisco foram realizados na 2ª fase da parte experimental. O restante, na 1ª fase.

Parâmetro	Máximo Permitido		Unidade	Referência
	Conama 396/2008	Portaria MS 2914/2011		
Amônia/Nitrogênio Amoniacal	NR	1,5	mg.L <sup>-1</sup> N- NH <sub>3</sub>	SMEWW 4500-NH3 D SMEWW 4110 B
Nitrato	10	10	mg.L <sup>-1</sup> N- NO <sub>3</sub>	SMEWW 4500 NO3- D SMEWW 4110 B
Nitrito	1,0	1,0	mg.L <sup>-1</sup> N- NO <sub>2</sub>	USEPA8507 SMEWW 4110 B
Condutividade	NR	NR	µS/cm	SMEWW 2510 B
Cálcio*	NR	NR	mg.L <sup>-1</sup> Ca	SMEWW03500-Ca B SMEWW 4110 B
Magnésio*	NR	NR	mg.L <sup>-1</sup> Mg	SMEWW 3500-Mg B SMEWW 4110 B
TOC*	NR	NR	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 5310 D
Dureza Total*	NR	500	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 2340 C
Sólidos Totais Dis- solvidos*	1000	1000	mg.L <sup>-1</sup>	SMEWW 2510 B

Legenda: NR- Não Recomendado; TOC: Carbono Orgânico Total. Os métodos determinados para os parâmetros de referência seguem as recomendações do “*STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTERWATER- SMEWW*” e “*United States Environmental Protection Agency -USEPA*”. Fonte: Saneago

### 3.2.2 Caracterização e preparação da vermiculita

Foi usada uma vermiculita termo-expandida comercial como meio de troca iônica, marca Brasil Minérios, tipo Vermifloc Fina, cedida pelos laboratórios de química do Instituto Federal de Goiás-IFG, campus Goiânia.

Essa foi submetida a análise granulométrica pesando-se 1 (um) quilograma de vermiculita bruta empregando as peneiras granulométricas de (0,18; 0,25; 0,435; 0,6; 0,85; 1,18; 1,4 e 2) mm, marca Granutest. Utilizou-se um agitador eletromagnético para peneiras, marca Tamis.

Nos experimentos foram usadas as frações: 0,6-0,85mm e 0,85-1,18mm (tabela 9).

A vermiculita fracionada foi ativada por dois métodos: na fase de testes em batelada (método 1), vermiculita foi imersa em solução de cloreto de sódio (NaCl) 5% por 10 minutos; e renovando a solução, repetiu esse procedimento por seis vezes.

Na 2ª fase experimental, para realizar teste contínuo em coluna de leito fixo (método 2), ativou-se a vermiculita em solução única de cloreto de sódio 5% imersa por 48 horas seguidas. Depois dos procedimentos de ativação, separou-se a vermiculita em uma peneira e lavou-se com excesso de água deionizada para eliminar cloretos (Cl<sup>-</sup>) e íons sódio (Na<sup>+</sup>) em excesso. Em seguida, a vermiculita foi levada para estufa de secagem microprocessada, marca Lucadena, por 12 horas em temperatura de 60 °C. Na sequência, a vermiculita ativada foi armazenada em dessecador, sendo essa denominada vermiculita-sódio (Verm-Na). Nos testes foram utilizadas vermiculita ativada e não ativada. Identificou-se a vermiculita não ativada e não fracionada (bruta) como Verm-Br.

A caracterização química foi realizada por fluorescência de raios-X (FRX) tanto na vermiculita não ativada quanto na vermiculita-Na, foram realizadas em um espectrômetro *WDS Bruker S8 Tiger*, equipado com tubo de Rh. A calibração foi realizada com o pacote *GeoQuant M* da *Bruker* composto por padrões de rochas e minerais naturais. Essas análises foram feitas no CRTI/UFG.

### **3.2.3 Testes de remoção em modo batelada: 1ª fase experimental**

#### **3.2.3.1 Preparo da solução sintética e das águas de estudo**

Uma solução sintética preparada a partir de uma solução padrão para absorção atômica, marca Specsol, pH 6, de concentração de ferro (Fe<sup>2+</sup>) de 1,82 mg.L<sup>-1</sup> e manganês (Mn<sup>2+</sup>) de 1,65 mg.L<sup>-1</sup> foi utilizada para teste preliminar de remoção simultânea. As concentrações foram determinadas por espectrometria de absorção atômica.

Decidiu denominar *águas de estudo* todas as amostras de água subterrânea bruta que foram submetidas a testes de remoção em batelada. Sendo identificadas pelo sistema oriundo e número do poço, conforme tabela 9.

Para os testes de remoção simultânea em batelada foram realizados os métodos descritos na tabela 9. Todos os testes em batelada foram realizados com volume de 1 litro de amostra e em triplicata. Nos experimentos, duas formas de vermiculitas foram utilizadas: vermiculita ativada com sódio (Verm-Na) e vermiculita não ativada/não fracionada (Verm-Br).

### **3.2.3.2 Remoção de íons Fe e Mn nas amostras em estudo**

A amostra foi transferida para um béquer de vidro de dois litros, utilizou agitador mecânico com hélice de aço inox, marca Gehaka, modelo AM20 e seguiu condições experimentais descritas na tabela 9. Mediu-se o pH antes e depois dos experimentos. Para acompanhar o processo, foram coletadas alíquotas de dez mililitros fazendo dupla filtração em papel analítico faixa preta com suporte em seringa, em períodos de 15 em 15 minutos para determinação de Fe e Mn por espectrometria de absorção atômica, de modo a monitorar o teor de Fe e Mn até o equilíbrio, ou seja, o momento onde não há mais alteração na concentração dos metais na mistura água (amostra)/vermiculita. Para esses testes foi utilizada somente vermiculita ativada pelo método 1.

Tabela 9- Condições experimentais para todos testes em batelada. O tempo de contato considerado foi aquele necessário para atingir valor de concentração para ferro e manganês permitido pela legislação. pH<sub>0</sub> : pH no início.

Tipo de amostra	Origem	Tipo de Ensaio	Conc. inicial (mg.L <sup>-1</sup> )		pH <sub>0</sub>	Condições experimentais
			Fe	Mn		
Solução sintética	—	Preliminar/ Remoção simultânea/ batelada	1,82	1,65	6,00	Agitação: 5min Verm-Br: 1g/1,54mgFe e 1g/0,1mgMn Tempo de contato: Fe: 15min/ Mn: 24h
Água de estudo TIR	Caixa reunião sistema Tiradentes	Preliminar/ Remoção simples/batelada	—	0,25	6,49	Agitação: 5min Verm-Br: 1g/0,03mgMn Tempo de contato: 15min
Água de estudo IND	Caixa reunião sistema Ind. Man-sões	Preliminar/ Remoção simples/ batelada	—	0,52	6,49	Agitação: 5min Verm-Br: 1g/0,03mgMn Tempo de contato: 15min
Água de estudo TIR8	Poço nº 8 do sistema Tiradentes	Remoção simultânea/ batelada	3,18	0,238	7,01	Agitação: 10min Verm-Na: 1g/0,318mgFe e 0,024mgMn Ø = 0,60 – 0,85 mm Tempo de contato: 15min
Água de estudo 1 TIR1	Poço nº 1 do sistema Tiradentes	Remoção simultânea/ batelada	3,25	0,249	6,60	Agitação: 10min Verm-Na: 1g/ 0,650mgFe e 0,05mgMn Ø = 0,60 – 0,85 mm Tempo de contato: Fe: 60min /Mn:75min
Água de estudo 2 TIR1	Poço nº 1 do sistema Tiradentes	Remoção simultânea/ batelada	3,25	0,249	6,60	Agitação: 10min Verm-Na: 1g/ 0,650mgFe e 0,05mgMn Ø = 0,85 – 1,18 mm; Tempo de contato: Fe: 15min /Mn:75min

### **Água de estudo para testes preliminares**

Testes preliminares foram realizados em amostras de água da caixa de reuniões dos dois sistemas. Identificadas como TIR do sistema Tiradentes e IND do sistema Independência Mansões.

### **Água de estudo para testes de remoção**

Ensaio de remoção simultânea foram realizados nas amostras águas de estudo 1 e 2 (TIR1) e TIR8, conforme tabela 9, pois esses poços sempre tiveram excesso de ferro e ou manganês, ora constatado visualmente pela coloração avermelhada, ora relatado pelos operadores do sistema na Saneago.

#### **3.2.4 Testes de remoção em modo contínuo (coluna de leito fixo): 2ª fase experimental**

##### **3.2.4.1 Preparo da coluna com meio trocador e ensaio na coluna de leito fixo**

Em uma balança semi analítica, marca Aaker, pesou uma coluna tipo cartucho vazia, tarou-se a balança. Preencheu essa coluna com vermiculita ativada (Verm-Na), seca, de faixa granulométrica 0,85-1,18mm e em seguida, pesou-se a massa correspondente e anotou-se o valor. Colocou-se lã de rocha no topo para evitar colmatção do leito e fechou com tampa de rosca. Esse cartucho foi colocado no suporte-camisa ilustrado na figura 17, e assim ficou pronto para filtragem. Nesse suporte a água flui de baixo para cima na coluna.

Para esses ensaios, foi realizada filtração ascendente em coluna de leito fixo com fluxo aberto em 1 (um) poço de cada sistema da área de estudo, cujo os quais sempre estavam com problemas de ferro e manganês. Montou o sistema da figura 17 no ponto de coleta do poço próximo ao reservatório do sistema, adaptando uma mangueira no ponto. Com a torneira do ponto aberta há mais de 20 minutos passando água pela mangueira, conectou-se essa no filtro. No início (tempo=0), e em um período de 15 em 15 minutos, coletou 10 amostras que passava

pelo filtro. Sendo 5 acidificadas e outras 5 se mantiveram em pH natural, as quais foram conservadas em gelo até o laboratório.

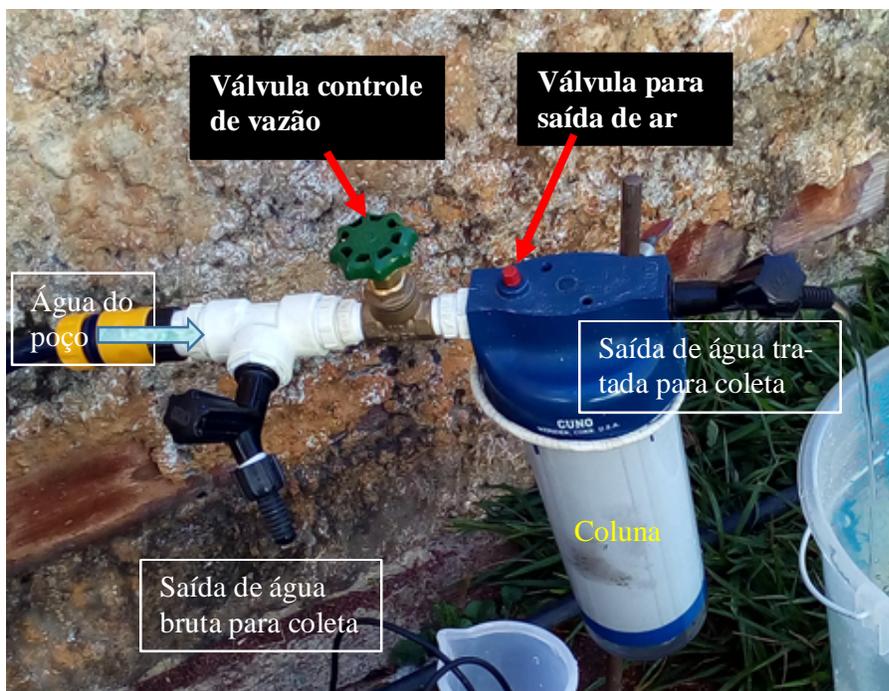


Figura 17- Sistema montado no local do poço para ensaio em coluna de leito fixo

A descrição das propriedades da coluna se encontra na tabela 10.

Tabela 10 - propriedades físicas da coluna utilizada

Propriedades Físicas		
Diâmetro da coluna	(cm)	7
Altura do leito	(cm)	25,4
Volume da coluna vazia	cm <sup>3</sup>	977
Massa de vermiculita na coluna	(g)	101,7
Fração granulométrica	mm	0,85-1,18
Densidade de Empacotamento	(g/cm <sup>3</sup> )	0,1

Na tabela 11 estão as condições experimentais dos ensaios em coluna de leito fixo.

Tabela 11 – Esquema para os ensaios contínuos. Em cada sistema realizou ciclos de filtração com tipo de ensaio: remoção simultânea. Controle feito: Condutividade/Vazão/ pH/ Temperatura e teor de Fe e Mn.

<b>Sequência experimental</b>	<b>Local</b>	<b>Tempo de ensaio</b>	<b>Condições experimentais</b>
1º ciclo de troca iônica/Filtração	Poço nº 8 do sistema Tiradentes	2 horas e 30 minutos	Massa leito: 101,7g; Verm-Na: Ø = 0,85 –1,18mm; medidas: 25,4 x7 cm (AxD); <b>Coluna ativada método 2</b>
2º ciclo de troca iônica/ Filtração	1ª etapa Poço nº 11 do sistema Ind. Mansões	3 horas e 30 minutos	Massa leito: 101,7g; Verm-Na: Ø = 0,85 –1,18mm; medidas: 25,4 x7 cm (AxD); <b>Coluna reativada método 2</b>
	2ª etapa Poço nº 8 do sistema Tiradentes	2 horas e 45 minutos	Massa leito: 101,7g; Verm-Na: Ø = 0,85 –1,18mm; medidas: 25,4 x7 cm (AxD); <b>Coluna não reativada</b>
3º ciclo de troca iônica/Filtração	Poço nº 8 do sistema Tiradentes	4 horas e 15 minutos	Massa leito: 101,7g; Verm-Na: Ø = 0,85 –1,18mm; medidas: 25,4 x7 cm (AxD); <b>Coluna reativada método 1</b>

### 3.2.5 Análises Estatísticas

A fim de verificar se as diferenças estatísticas são significativas entre os testes de remoção dos elementos estudados pelo tratamento por troca iônica em batelada e em coluna de leito fixo utilizou-se a ferramenta de análise de dados do software Excel 2013. As comparações dos dados foram feitas avaliando-se os p-valor obtidos. Para p-valor menor que  $\alpha=0,05$  a hipótese de igualdade entre os resultados comparados é rejeitada com intervalo de confiança de 95%. (PIRES *et al.*, 2013)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS DOS POÇOS

#### 4.1.1 Avaliação dos dados hidroquímicos da área de estudo

Como parte dos objetivos de verificar as características hidrogeoquímicas da área de estudo, avaliou-se uma série de análises físico-químicas feitas pela Saneago no período de 2009 a 2014 (anexo A).

Na figura 18 estão representados alguns parâmetros escolhidos para relacioná-los com as características geológicas de vinte e dois poços que abrange os dois sistemas da área de estudo. Em pelo menos 50% dos poços, os teores de ferro e manganês estão sempre acima do limite de potabilidade. Visualmente, acima da linha horizontal vermelha nos gráficos.

A dureza é a variável ligada a quantidade de cálcio e magnésio na água, que por sua vez pode estar ligada a quantidade de sólidos totais dissolvidos (STD). Sendo assim, quanto maior STD na água de estudo mais quantidade de íons (cátions) possíveis de prejudicar o processo de troca iônica pela competição nos sítios ativos da vermiculita. Nesse sentido, as águas subterrâneas na área de estudo se mostraram, a princípio, não interferentes para os testes, pois os valores médios são considerados baixos em comparação com os limites para potabilidade. Conforme referenciados na tabela 8.

A alcalinidade total dos poços está na forma de bicarbonato, uma vez que as medidas de alcalinidade por carbonato deram zero, ou seja, os cátions na hidrodinâmica do sistema podem estar em equilíbrio como espécies químicas bicarbonatadas.

A matéria orgânica nos poços em questão é bem reduzida, caso contrário, poderia interferir no processo de remoção, uma vez que matéria orgânica dissolvida em água pode complexar os metais alvo de remoção desse estudo, dificultando a troca iônica no argilomineral. Mandrino *et al.*, (2006) estudaram e mostraram a interferência de ligantes orgânicos na remoção de metais em água por argilominerais. Abate (2003) relatou adsorção de metais pesados em MOD (matéria orgânica dissolvida) dificultando processo de remoção desses metais em argilomineral.

Outros parâmetros realizados pela Saneago no mesmo período, não relatados aqui, podem ser observados no anexo A. Ressalta-se também que o pH tem baixa variação nos dois sistemas, com média de 7,14 e desvio padrão de 0,22. O que é fator favorável para os testes propostos nesse trabalho. A primeira vista, a característica hidrogeoquímica avaliada do sistema, compatível com a geologia local e seus processos de intemperismo, se mostrou favorável para uso de argilomineral como trocador de cátions.

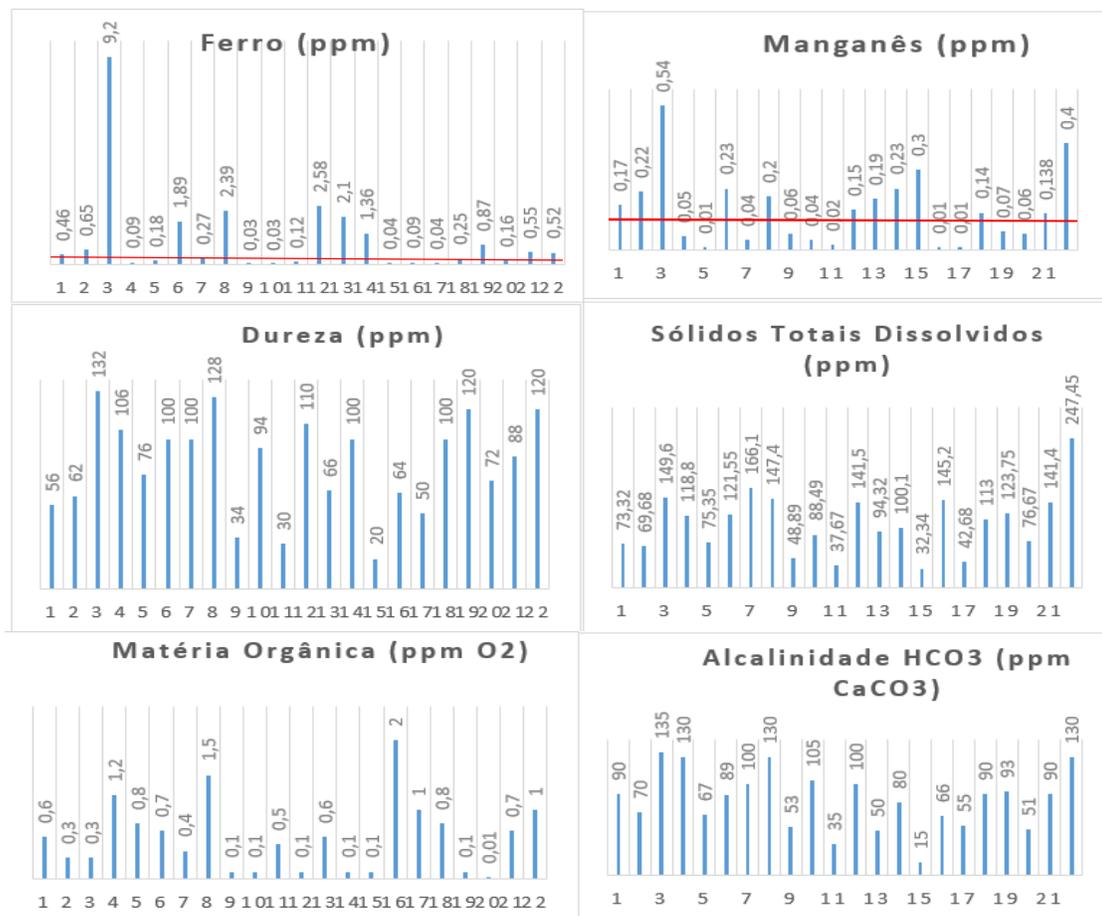


Figura 18 - Série histórica de análises físico-químicas de alguns poços da área de estudo, de 2009 a 2014. No eixo x são os poços. Linha horizontal vermelha indica limite de potabilidade, acima dessa linha estão poços acima do limite permitido pela legislação. Dados cedidos pela Saneago para essa pesquisa.

#### 4.1.2 Caracterização da água na 1ª fase experimental

Nessa fase, coletou-se águas de estudo somente para testes de remoção em batelada, conforme denominação na tabela 9. Na tabela 12 a seguir estão os resultados das análises durante essa fase. O período predominante foi o de estiagem.

Percebe-se na tabela 12 que entre os principais parâmetros de interesse, ferro e manganês, sempre estiveram acima do limite permitido para esses metais em muitos poços. Há baixa variação no pH, média de 6,9 e desvio padrão de 0,2. A temperatura teve média de 24,8 e desvio padrão de 1,3.

Tabela 12 - Caracterização da água bruta realizada pelo autor durante amostragem na 1ª fase da pesquisa. Em negrito, teores acima do limite de potabilidade (0,3ppm para Fe e 0,1ppm para Mn). Em asterisco, amostras acidificadas em locais onde coletou somente para caracterização dos metais. Os teores de Fe e Mn são as médias das medidas e seus desvios padrão.

Local	Poços (n°)	Data coleta	Período	Temp (°C)	pH	Mn (ppm)	Fe (ppm)
Cx. reunião Ind. Mansões	15,14,12, 11,9,7,5	22/07/2015	Estiagem	23,7	6,8	<b>0,520 ± 0,011</b>	0,047 ± 0,014
Cx. reunião Tiradentes	10,9,13	22/07/2015	Estiagem	23,3	6,5	<b>0,251 ± 0,002</b>	0,053 ± 0,007
Sistema Ind. Mansões	11	22/07/2015	Estiagem	23,9	6,9	<b>0,303 ± 0,003</b>	0,013 ± 0,001
Cx. reunião Ind. Mansões	15,14,12, 11,9,7,5	14/08/2015	Estiagem	25,2	7,4	0,085 ± 0,002	0,024 ± 0,003
Cx. reunião Tiradentes	3,9,10	14/08/2015	Estiagem	24,2	6,6	0,045 ± 0,001	0,206 ± 0,004
Sistema Ind. Mansões*	11	14/08/2015	Estiagem	---	---	<b>0,265 ± 0,005</b>	<b>2,320 ± 0,023</b>
Sistema Tiradentes*	8	14/08/2015	Estiagem	---	---	<b>0,242 ± 0,008</b>	0,275 ± 0,012
Sistema Tiradentes*	1	14/08/2015	Estiagem	---	---	<b>0,493 ± 0,021</b>	0,138 ± 0,004
Sistema Tiradentes*	5	14/08/2015	Estiagem	---	---	0,030 ± 0,005	0,208 ± 0,003
Sistema Tiradentes*	3	08/10/2015	Estiagem	---	---	0,007 ± 0,002	0,066 ± 0,007
Sistema Tiradentes*	5	08/10/2015	Estiagem	---	---	0,007 ± 0,001	<b>0,535 ± 0,035</b>
Sistema Tiradentes	8	08/10/2015	Estiagem	26,2	7,0	<b>0,192 ± 0,002</b>	<b>6,500 ± 0,035</b>
Sistema Tiradentes*	9	08/10/2015	Estiagem	---	---	0,008 ± 0,001	<b>0,611 ± 0,025</b>
Sistema Tiradentes*	1	08/10/2015	Estiagem	---	---	<b>0,261 ± 0,024</b>	0,281 ± 0,008

Tabela 12 - Caracterização da água bruta realizada pelo autor durante amostragem na 1ª fase da pesquisa. Em negrito, teores acima do limite de potabilidade (0,3ppm para Fe e 0,1ppm para Mn). Em asterisco, amostras acidificadas em locais onde coletou somente para caracterização dos metais. Os teores de Fe e Mn são as médias das medidas e seus desvios padrão.

Local	Poços (n°)	Data coleta	Período	Temp (°C)	pH	Mn (ppm)	Fe (ppm)
Sistema Ind. Mansões*	5	08/10/2015	Estiagem	---	---	0,006 ± 0,001	0,058 ± 0,010
Sistema Ind. Mansões*	7	08/10/2015	Estiagem	---	---	0,014 ± 0,004	0,068 ± 0,009
Sistema Ind. Mansões*	9	08/10/2015	Estiagem	---	---	0,013 ± 0,002	0,069 ± 0,016
Sistema Ind. Mansões*	10	08/10/2015	Estiagem	---	---	<b>0,146 ± 0,003</b>	0,059 ± 0,012
Sistema Ind. Mansões	11	08/10/2015	Estiagem	27,5	6,8	<b>0,214 ± 0,002</b>	<b>1,728 ± 0,024</b>
Sistema Ind. Mansões*	14	08/10/2015	Estiagem	---	---	0,009 ± 0,001	0,081 ± 0,008
Sistema Tira-dentes	8	05/01/2016	Chuvoso	24,6	7,0	<b>0,238 ± 0,015</b>	<b>3,180 ± 0,063</b>
Sistema Tira-dentes	1	05/01/2016	Chuvoso	24,9	7,2	<b>0,249 ± 0,022</b>	<b>3,250 ± 0,031</b>
Sistema Tira-dentes*	3	05/01/2016	Chuvoso	---	---	0,003 ± 0,001	0,048 ± 0,001
Sistema Tira-dentes*	5	05/01/2016	Chuvoso	---	---	0,005 ± 0,001	0,056 ± 0,001
Sistema Tira-dentes*	9	05/01/2016	Chuvoso	---	---	0,005 ± 0,001	0,076 ± 0,001

Na tabela 13, na sequência, estão os parâmetros analisados pela Saneago durante a 1ª fase experimental. Nota-se que a característica das águas mostram-se aparentemente favoráveis aos tratamentos propostos, haja vista que teores como STD, condutividade, dureza total, alcalinidade total, matéria orgânica estão bem abaixo do limite permitido para potabilidade, bem como ânions nitrato, nitrito, sulfato, cloretos, os quais poderiam contribuir para formação de complexos estáveis caso estivessem em teor maior, prejudicando o processo de troca iônica, como relatam Malandrino *et al.*, (2006) e Tertre *et al.*, (2010), tais autores descrevem interferência da força iônica nos processos de troca, ou seja, do número de íons variados interagindo e medindo forças na superfície do meio de troca iônica.

Tabela 13 – Caracterização da água bruta realizada pela Saneago durante amostragem na 1ª fase da pesquisa. Em negrito, teores acima do limite de potabilidade de acordo com portaria MS 2914 de 2011.

Local	Sistema Tiradentes	Sistema Tiradentes	Sistema Independência Mansões	Sistema Independência Mansões
Poços (nº)	1	1	129	129
Data	24/05/2015	25/05/2015	24/07/2015	29/07/2015
Período	Estiagem	Estiagem	Estiagem	Estiagem
pH	7,42	7,5	7,08	7,55
Turbidez uT	5,5	2,8	1,5	1,7
Cor Aparente uH	14,6	9,8	2,1	3,4
Condutividade (µS/cm)	499	485,0	253,0	257,0
Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (ppm)	247,45	266,75	139,15	141,4
Dureza Total (ppm)	120	60,0	102,0	88,0
Alcalinidade Total (ppm CaCO <sub>3</sub> )	130,0	117,0	93,0	90,0
Alcalinidade HCO <sub>3</sub> (ppm CaCO <sub>3</sub> )	130,0	117,0	93,0	90,0
Alcalinidade CO <sub>3</sub> (ppm CaCO <sub>3</sub> )	0,0	0,0	0,0	0,0
Cloretos (ppm)	23,5	23,0	5,0	8,5
Fluoreto (ppm)	0,066	0,066	0,12	<0,01
Sulfato (ppm)	51	36,0	6,0	4,0
Amônia/Nitrogênio Amoniacal (ppm)	0,0168	ND	ND	ND
Nitrato (ppm)	3,0	4,2	1,1	1,2
Nitrito (ppm)	0,058	0,277	0,036	0,033
Gás carbônico (ppm)	10,03	7,51	15,70	5,15
Sulfeto de hidrogênio (ppm)	<0,01	0,01	0,01	<0,01
Matéria Orgânica (ppm O <sub>2</sub> )	1,0	1,3	0,2	0,70
Ferro (ppm)	<b>0,52</b>	<b>0,41</b>	0,21	<b>0,55</b>
Manganês (ppm)	<b>0,4</b>	<b>0,38</b>	<b>0,113</b>	<b>0,138</b>

Legenda: ND = Não detectado

#### 4.1.3 Caracterização da água na 2ª fase experimental

Nessa fase, em parceria, a Saneago colaborou com algumas análises na água bruta descritas na tabela 14 em asterisco. Nesse trabalho, foram feitas análises físico-químicas de controle dos experimentos em campo na água bruta e tratada nessa fase. Na tabela 14 estão os resultados da água bruta. Observa-se que os teores de ferro e manganês mais uma vez estão acima do limite permitido em poços reincidentes, os quais foram escolhidos para teste contínuo de filtração em leito fixo. Os valores dos parâmetros feitos pela Saneago são das médias em triplicata. Os valores realizados na própria pesquisa são da média de várias medidas feitas durante o experimento de filtração em cada ciclo.

Tabela 14 - Resultados da caracterização da água bruta realizada pelo autor e pela Saneago durante amostragem na 2ª fase da pesquisa. Em negrito, teores acima do limite de potabilidade. Em asterisco, análises feitas pela Saneago

Local	Sistema Tiradentes	Sistema Independência Mansões	Sistema Tiradentes	Sistema Tiradentes	Média
Poços (nº)	8	11	8	8	
Data	08/07/2016	11/07/2016	28/07/2016	29/07/2016	
Tratamento	1º ciclo		2º ciclo	3º ciclo	
Período	Estiagem	Estiagem	Estiagem	Estiagem	
T (°C)	26,4 ± 0,00	26,20 ± 0,35	25,87 ± 0,12	26,60 ± 0,17	
pH	7,19 ± 0,02	7,33 ± 0,03	6,92 ± 0,02	6,80 ± 0,10	
Manganês (ppm)	<b>0,222 ± 0,007</b>	0,054 ± 0,001	<b>0,252 ± 0,005</b>	<b>0,275 ± 0,026</b>	
Ferro (ppm)	<b>0,760 ± 0,022</b>	<b>0,583 ± 0,033</b>	<b>1,621 ± 0,055</b>	<b>2,295 ± 0,098</b>	
Condutividade (µS/cm)	170,5	266,6	167,50 ± 0,87	165,46 ± 1,58	
Cálcio (ppm)*	17,897 ± 0,462	--	--	20,037 ± 1,605	
Magnésio (ppm)*	7,453 ± 0,566	--	--	105,870 ± 9,387	
Dureza Total (ppm)*	75,33 ± 1,15	--	--	486,00 ± 42,76	
STD (ppm)*	125,76 ± 1,37	--	--	151,43 ± 2,71	
TOC (ppm)*	0,28 ± 0,05	--	--	0,07 ± 0,02	

Legenda: (--) = Não realizado; T: temperatura da água; STD: Sólidos Totais Dissolvidos; TOC: Carbono Orgânico Total.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA VERMICULITA

Na tabela 15 estão os resultados da composição química obtidos por fluorescência de raios-X das vermiculitas não ativada e ativada pelo método 1. Marcos e Rodriguez (2010) e Kashif Uddin (2017) analisaram e descreveram composição química de vermiculitas brutas, as quais se mostraram semelhantes a usada nesta pesquisa.

Na vermiculita ativada observa-se maior porcentagem de óxido de sódio (5,51%), o que indica inserção de íons sódio (Na<sup>+</sup>) na estrutura lamelar da vermiculita durante a ativação, e uma significativa queda do teor de Perda ao Fogo. O que pode levar a considerar maior quantidade de matéria carbonácea não fazendo mais parte da estrutura do mineral depois da ativação, concentrando o material mineral e possíveis sítios trocadores. Kashif Uddin (2017) considerou essa hipótese em análise química de vários argilominerais.

Não observou na literatura análise química de vermiculitas ativadas.

Tabela 15 - Composição química da vermiculita ativada e não ativada

Unidade (%m)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
<b>Limite de Detecção</b>	<b>0,4</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>	--
<b>Amostra</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>MgO</b>	<b>CaO</b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>SO<sub>3</sub></b>	<b>LOI</b>
<b>Verm-Br (0,85-1,18mm)</b>	37,33	0,97	10,95	6,97	0,06	24,09	0,38	<b>0,13</b>	0,16	0,02	<0,05	17,85
<b>Verm-Na (0,85-1,18mm)</b>	41,17	1,09	11,94	7,89	0,06	23,67	0,48	<b>5,51</b>	0,17	0,02	<0,05	7,2

Legenda: (%m) = porcentagem em massa; LOI: Perda ao fogo (conteúdo de voláteis).

A análise granulométrica mostrada na tabela 16 revelou que mais de 50% da massa da vermiculita bruta constitui da faixa de tamanho utilizada nesse trabalho, 0,6 a 1,18mm. Um indício favorável para futuros tratamentos em grande escala, onde pode ser viável a separação para uso em grande quantidade.

Tabela 16 - Análise granulométrica da vermiculita bruta

Peneira (mm)	2,00	1,40	1,18	0,85	0,60	0,425	0,25	0,18	0,18F
<b>Vermiculita retida (g)</b>	7,84	142,56	150,58	<b>245,25</b>	<b>274,84</b>	84,87	44,47	14,27	28,08
<b>% material</b>	0,78	14,26	15,06	24,53	27,48	8,49	4,45	1,43	2,81

Legenda: F: material que ficou ao fundo, que passou na última peneira

### 4.3 TESTES EM MODO BATELADA: 1ª FASE EXPERIMENTAL

Nos testes de remoção em batelada buscou-se sempre atingir as concentrações de Fe e Mn na fase líquida abaixo do limite de potabilidade para atender a portaria do ministério da saúde a fim de obter o objetivo fim desse trabalho: propor uma forma alternativa de tratamento das águas para abastecimento público.

Os resultados dos valores das médias de todos os testes em batelada se encontram na tabela 17.

Tabela 17 - Resultados dos testes de remoção de Fe e Mn em batelada utilizando vermiculitas bruta e ativada pelo método 1. Os valores de concentrações de Fe e Mn são as médias e desvios padrão. O tempo de contato vermiculita /amostra considerado foi aquele necessário para obter concentrações de Fe abaixo de 0,3ppm e de Mn abaixo de 0,1ppm na fase líquida.

Água de estudo	Mn		Fe		pH <sub>0</sub> - pH <sub>f</sub>		Tempo de Contato (minutos)	% remoção	q (mg/g)	Granulometria vermiculita
	[ ] <sub>0</sub>	[ ] <sub>f</sub>	[ ] <sub>0</sub>	[ ] <sub>f</sub>						
Sintética	1,650 ±0,019	0,260 ±0,025	1,820 ±0,034	<LD	6,05	7,01	Mn: 1440 Fe: 15	Mn:84,24% Fe: 100%	Mn:0,30 Fe:1,17	Bruta (0,18-2mm)
TIR	0,250 ±0,002	0,069 ±0,002	<LD	—	6,49	7,5	15	80,8%	Mn:0,03	Bruta (0,18-2mm)
IND	0,520 ±0,011	0,083 ±0,001	<LD	—	6,49	7,5	15	84,03%	Mn:0,027	Bruta (0,18-2mm)
TIR8	0,238 ±0,015	<LD	3,18 ±0,063	0,189 ±0,051	7,01	7,41	Mn: 15 Fe: 15	Mn: 100% Fe: 94,06 %	Mn:0,02 Fe:0,30	Ativada (0,6-0,85)
1 TIR1	0,249 ±0,022	0,098 ±0,001	3,25 ±0,031	0,224 ±0,001	6,6	7,02	Mn: 75 Fe: 60	Mn:60,64% Fe: 93 %	Mn:0,03 Fe:0,56	Ativada (0,6-0,85)
2 TIR1	0,249 ±0,022	0,102 ±0,001	3,25 ±0,031	0,141 ±0,001	6,6	6,98	Mn: 75 Fe: 15	Mn:59,03% Fe: 95,75 %	Mn:0,02 Fe:0,64	Ativada (0,85-1,18)

Legenda: (—) Não Realizado; [ ]<sub>0</sub>= Concentração inicial; [ ]<sub>f</sub>= Concentração no final; pH<sub>0</sub> = pH no início; pH<sub>f</sub> = pH no final. q=capacidade de remoção de acordo com tempo de contato descrito.

Para os resultados descritos na tabela 17, foi considerado o tempo de contato mínimo necessário para atingir pelo menos 0,3 mg.L<sup>-1</sup> de Fe e 0,1 mg.L<sup>-1</sup> de Mn de concentração na fase líquida. Correspondente ao atendimento da portaria de potabilidade da água para consumo humano. Desse modo, não sendo objeto de preocupação prioritária a capacidade máxima de retenção em tempo muito prolongado em chamado banho infinito. Como realizado por Malandrino *et al.*, (2006), Inglezakis (2010) (2012) e Wergrzn *et al.*, (2013).

Nos experimentos em batelada, percebeu-se que a porcentagem de remoção obtida para atender legislação tendeu a ficar no mínimo 80% para ferro e em torno de 60% para manganês. Isso, devido à semelhança nos valores de concentração das amostras. Às vezes, dependendo do tempo, chegando a 100% ou próximo, quando era variada a massa de vermiculita usada e ou a faixa granulométrica, de acordo com condições experimentais de cada experimento descritas na tabela 9.

A capacidade de remoção de Fe e Mn foi calculada a partir da equação 9 (FOLZKE, 2013):

$$q = (C_0 - C)/M, \quad (9)$$

onde  $C_0$  é a concentração inicial dos íons metálicos na fase líquida;  $q$  é a concentração de íons metálicos retidos na fase sólida (mg/g);  $C$  é a concentração ao final do tempo de contato pré-estabelecido e  $M$  é a massa total de vermiculita em cada béquer.

#### **4.3.1 Remoção de íons Fe e Mn em solução sintética**

A capacidade de remoção simultânea observada para o teste preliminar da amostra sintética nas condições descritas foi de 1,47 mg/g para Fe e Mn, em um tempo considerado relativamente longo de 24 horas de contato. Ou seja, para cada grama de vermiculita usada reteve-se 1,47 miligramas dos dois metais em solução. Considerando o tempo gasto, o uso da vermiculita bruta: sem pré-tratamento e fracionamento granulométrico, o resultado preliminar foi considerado suficiente para nortear as rotas que se seguiram na pesquisa.

#### **4.3.2 Remoção simultânea de íons Fe e Mn nas águas de estudo**

Outros testes de remoção preliminares agora em duas amostras de águas de estudo (TIR e IND) coletadas na caixa de reunião dos dois sistemas (tabela 9), onde foram feitos testes somente de remoção de manganês, pois o teor de ferro quantificado estava bem abaixo do limite de  $0,3 \text{ mg L}^{-1}$  de ferro, conforme resultado na tabela 12. Foi usado o fator de proporção de 1g vermiculita para 0,03 mg por litro de Mn na amostra. Essa proporção de vermiculita é referência a um estudo técnico de Pereira *et al.*, (2009), como seu melhor resultado para remoção de ferro e manganês em água para abastecimento.

A capacidade de remoção obtida foi correspondente à atender o limite de potabilidade ( $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Foi obtido um valor de 0,03 mg/g para a amostra TIR e 0,027 mg/g para a amostra IND para um tempo de quinze minutos. A análise de variância ANOVA-Fator Único, que considera amostras independentes entre si, foi feita por meio de análise de dados do Excel 2013 baseada na razão da variância entre amostras pela variância dentro das amostras. Em relação às capacidades de remoção  $q$  (mg/g) ao longo dos dois experimentos de remoção de manganês (TIR e IND), o p-valor obtido foi de  $1,28 \cdot 10^{-5}$ . Considerando nível de significância adotado

$\alpha = 0,05$ , foi rejeitada a hipótese  $H_0$ , ou seja, a probabilidade da hipótese nula do teste ser verdadeira.

Os demais testes em batelada foram feitos com vermiculita ativada (Verm-Na). Podem ser observados na figura 19 – gráficos da depleção da concentração do metal na fase líquida na amostra segundo o tempo de contato – e resultados na tabela 17.

Em quase todos os testes, nos primeiros 15 minutos foram retidos pela vermiculita em torno de 80% do ferro e manganês. Com maior resistência para o manganês. Em geral, necessitando maior tempo para ser removido para atingir o limite de potabilidade. Essa dificuldade dos íons metálicos na interação com argilominerais é relatada na literatura como sendo uma relação carga (valência) pelo raio iônico do metal. Em geral, para processo de troca iônica, a preferência da camada negativa do argilomineral é por íons com maior carga e menor raio iônico. Maior carga para compensar a carga negativa. Segundo Lee (1999) apud Shinzato (2007) as medidas de mobilidade ou condutividade iônica em soluções aquosas revelam que, quanto maior o raio do íon hidratado, menor é a sua mobilidade.

El-Bayaa *et al.*, (2009); Sis e Uysal (2014); Sen Gupta e Bhattacharyya (2011); Silva *et al.*, (2004) e Nunes (2005) discutem o comportamento de adsorção/troca preferencial sendo explicada pelo menor raio iônico competindo mais rápido para sítios de troca do que os de maior raio iônico. Oliveira (2011) considera também a energia de hidratação um fator importante no processo, pois como o cátion metálico tem que perder parte de sua água de hidratação para interagir com a camada negativa do argilomineral, cátions com menor energia de hidratação é preferido.

Segundo Shinzato (2007), o raio iônico hidratado do  $Mn^{2+}$  é 0,438nm e do  $Fe^{3+}$  é 0,428nm. O que poderia explicar a preferência da vermiculita pelo ferro seria sua maior carga.

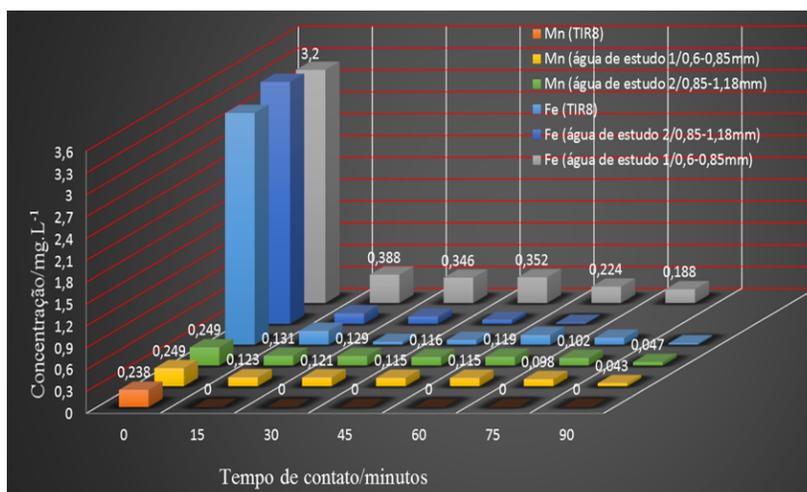


Figura 19 – Resultado dos testes de remoção simultânea em batelada nas águas de estudo 1, 2 e TIR8. Depleção da concentração do metal na fase líquida. Mn: íons manganês; Fe: íons ferro.

Na tentativa de testar as rotas experimentais para estimá-las em experimentos de filtração em coluna, procurou-se verificar a relação massa de vermiculita e menor tempo de remoção máxima. Ou seja, nos primeiros minutos, qual experimento foi capaz de remover mais ferro e manganês por grama de vermiculita usada.

De acordo com dados da tabela 18 para (q), o melhor resultado para ambos os íons, como remoção simultânea, durante todo o experimento foi para a amostra água de estudo 2, que nos 90 minutos de tratamento, obteve-se uma capacidade de remoção (q) para os dois íons de 0,70 mg/g para esse teste. Ainda, nos primeiros 15 minutos de contato, o melhor resultado para remoção de ferro e manganês se deu também com a amostra água de estudo 2, com 0,66 mg/g.

Tabela 18 - Resultados das capacidades de remoção (q) obtidas durante o tempo de experimento nos testes de remoção simultânea em batelada. Em negrito, melhor resultado obtido.

Tempo (minutos)	Água de estudo TIR8 q(mg.g <sup>-1</sup> )		Água de estudo 1 q(mg.g <sup>-1</sup> )		Água de estudo 2 q(mg.g <sup>-1</sup> )	
	Fe	Mn	Fe	Mn	Fe	Mn
15	0,2991	0,0238	0,5624	0,0252	<b>0,6358</b>	<b>0,0236</b>
30	0,3141	0,0238	0,5708	0,0256	0,6444	0,024
45	0,3116	0,0238	0,5696	0,0268	0,6532	0,0266
60	0,3049	0,0238	0,5952	0,0268	0,6616	0,026
75	0,3085	0,0238	0,6024	0,0302	0,663	0,0294
90	0,3161	0,0238	0,634	0,0412	<b>0,6632</b>	<b>0,0404</b>

Também pode ser analisado nas curvas dos gráficos na figura 20. Somente para remoção de ferro, esse teste foi 53% maior que o teste com a água de estudo TIR8 e 13% maior que a água de estudo 1. Para manganês, a média das remoções é bastante semelhante, mas o experimento na amostra água de estudo 1 teve maior remoção durante o tempo, como pode ser visto na figura 20.

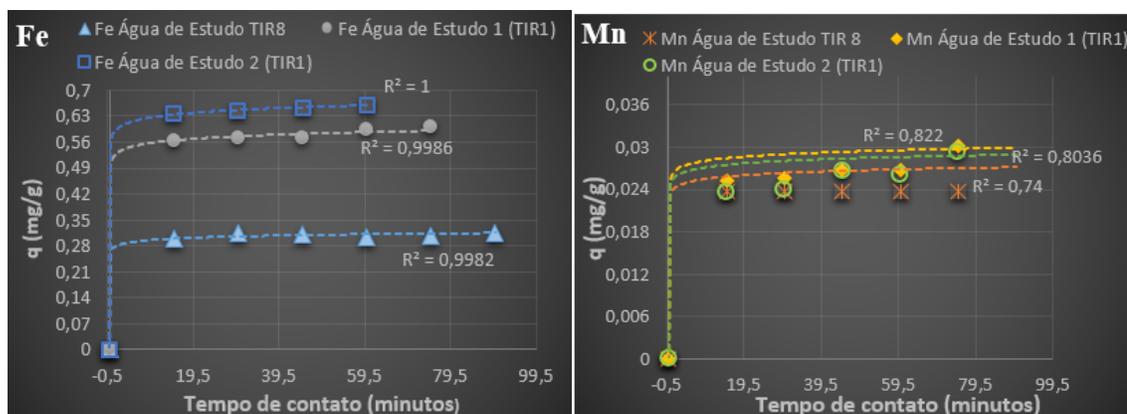


Figura 20 - Capacidade de remoção dos testes de batelada nas águas de estudo

Na figura 20 se encontram as capacidades de remoção máximas ( $q$ ) versus tempo de contato. Foi inserida uma linha de tendência logarítmica, a qual se ajustou com os dados dos testes. Para todos os seis experimentos de Fe e Mn os dados seguiram essa tendência. Quanto maior  $R^2$ , maior tendência de remoção com o tempo. Foi feita análise de variância ANOVA pelo Excel em relação à capacidade de remoção ( $q$ ) de acordo com tabela 18, de modo que o p-valor entre os 3 experimentos de remoção de ferro foi de 0,01; e para o conjunto de 3 experimentos para remoção de manganês, o p-valor foi de  $6,37 \cdot 10^{-7}$ , admitindo um nível de significância  $\alpha = 0,05$  para os métodos. Sendo os valores de p-valor menores que o nível de significância, para o método é razoável admitir a influência do tamanho da partícula na capacidade de remoção. Pois nos ensaios com remoção de ferro, a fração de Verm-Na (0,85-1,18mm) teve melhor resultado, demonstrado na curva com  $R^2=1$ . Já para manganês a fração de Verm-Na (0,6-0,85mm) teve melhor resultado, com  $R^2=0,82$ , mesmo com as concentrações iônicas dos metais sendo diferentes entre os testes. Pode se observar na figura 20 as curvas com os  $R^2$ .

Esses resultados sugerem que a fração de vermiculita 0,85-1,18mm é mais eficiente para remoção de ferro. E também maior capacidade de remoção simultânea nos primeiros minutos e

ao longo do tempo. Já a vermiculita de fração 0,6-0,85mm tem maior capacidade de remoção de manganês ao longo do tempo.

Węgrzyn *et al.*, (2013), obtiveram capacidade de remoção de 21 mg/g, para ferro com vermiculita expandida como seu melhor resultado em modo batelada em remoção simples, de um só íon metálico. Porém, com solução de concentração inicial de 100 mg.L<sup>-1</sup> em 120 minutos de contato. Nesse mesmo trabalho, com solução de concentração 6,72 mg.L<sup>-1</sup>, obtiveram 2,5 mg/g de capacidade de remoção para Fe. Sen Gupta e Bhattacharyya (2011) verificaram adsorção de manganês em montmorilonita e bentonita brasileira, a taxa de adsorção variou de 0,52-4,97 mg/g e 1,57-10,1 mg/g, respectivamente, em soluções com concentração de 50 mg.L<sup>-1</sup>. Concentrações bem superior que em águas naturais subterrâneas. Kashif Uddin (2017) relata vários trabalhos de remoção de manganês por argilominerais. Dentre os 14 argilominerais descritos, Sathyanarayana e Sheshaiah (2011) obtiveram maiores taxas de adsorção, com 149,25 mg/g para caulinita e 94,34 mg/g para bentonita. Porém partindo de solução sintética a 1000 mg.L<sup>-1</sup>.

Vários autores descrevem a influência da força iônica na retenção de cátions metálicos por argilominerais em amostras naturais ou sintéticas. Abolino *et al.*, (2008); Alexandre-Franco *et al.*, (2011); Malandrino *et al.*, (2006); El-Bayaa, Badawy e AIKhalik (2009); Hashem, Amin e El-Gamal (2015); Tertre, Prêt e Ferrage (2010); Węgrzyn *et al.*, (2013); e Valášková e Martynková (2012), dentre outros, discutem a influência da força iônica e tempo de contato da solução de amostra com o adsorvente/ trocador nos processos de adsorção e troca iônica de vários argilominerais. Há uma interpretação no sentido de: como nesses processos envolve interações fortes com os sítios dos argilominerais, há uma espécie de deslocamento do equilíbrio pelo efeito da concentração quando um íon se sobressai mais intensamente que outros, ou mesmo quando são únicos na solução. Assim, genericamente de acordo com a concentração do cátion em solução, em certa proporção, um mesmo argilomineral pode reter por grama mais ou menos cátions. É claro considerando outras influências no meio, como pH, tempo de contato, temperatura, outros íons e espécies químicas.

Sis e Uysal (2014) investigaram remoção em batelada por vermiculita em zinco, cromo e chumbo em soluções sintéticas separadas de várias concentrações: 20, 30, 50, 80, 120, 200, 300 e 500 mg.L<sup>-1</sup> em pH diferentes e em tempo de 24 horas de contato. Demonstraram com os resultados que a capacidade de remoção de metal por grama de vermiculita (mg/g) se eleva

proporcionalmente com o aumento da concentração na solução, ou seja, a força iônica do meio e também em pH a partir de 7 influem diretamente na concentração do cátion na fase sólida. Na menor concentração de 20 mg.L<sup>-1</sup> e em pH 7 obteve-se 2,5 mg/g para zinco, 2,3 mg/g para cromo e 2,4 mg/g para chumbo.

Dentre os poucos estudos realizados com águas naturais para remoção simultânea de ferro e manganês por argilomineral e, possivelmente, em baixas concentrações de metais, destaca-se o trabalho de Inglezakis *et al.*, (2010). No presente estudo, clinoptilolita (zeólita natural) e vermiculita são usados para a remoção simultânea em amostras de água subterrânea a partir concentração de Fe a 1,5 mg.L<sup>-1</sup> e Mn a 0,5 mg.L<sup>-1</sup>, a pH 7,1, com vermiculita faixa de tamanho 0,85-1mm, em modo batelada. Seu melhor resultado de remoção de ferro para vermiculita foi de 0,132 mg/g em 2 horas de contato e para manganês foi de 0,034 mg/g. Resultados para clinoptilolita foram mais inferiores. Inglezakis *et al.*, (2016) obtiveram resultados bem mais elevados em modo batelada para cromo, manganês e zinco, usando vermiculita e zeólita, partindo de concentrações de 0,01 mol/L. Apesar de serem concentrações mais baixas, o método de remoção foi simples (um íon metálico em cada solução) e em banho infinito, por 20 dias de contato, substituindo por soluções novas a cada 3 dias. A vermiculita removeu maior quantidades em todos os casos. O que sugere que a força iônica do meio, também aqui, influenciou fortemente na maior retenção dos metais pela vermiculita e zeólita, dessa vez em teste por período prolongado.

Por esse viés, os resultados das capacidades de remoção obtidas com os testes em batelada nesse trabalho são plausíveis por se tratarem de amostras naturais e com concentrações menores, sendo os ensaios conduzidos a um menor tempo de remoção.

#### **4.4 TESTES EM MODO CONTÍNUO (LEITO FIXO)**

O objetivo de conduzir os experimentos em batelada de forma a obter em menor tempo maior capacidade máxima de remoção (q) é de relevância para experimentos em coluna de leito fixo, onde a troca catiônica tem de ocorrer mais célere quando os cátions metálicos percolam pelo leito, pois o tempo que esses levam ao entrar na coluna e sair são de alguns segundos. Portanto, quando o cátion encontrar o meio trocador e ocasionalmente não houver a troca, encontrará no caminho possibilidades de ocorrer tais trocas antes de sair do leito. Wegrzyn *et al.*,

(2013) evidenciaram esse efeito com vermiculita na remoção de  $\text{Fe}^{3+}$  em sistema semi-batelada, onde a amostra recirculou na coluna e aumentou a capacidade de remoção  $q$  (mg/g) em relação ao modo batelada por eles testados.

O desafio é encontrar melhor modelo experimental que se ajuste à amostra real de estudo: a água subterrânea. Cujas qual durante seu fluxo a própria hidroquímica pode alterar-se em pouco espaço de tempo.

Com objetivo de experimentar tal modelo, foi montado sistema de leito fixo no local do poço onde a filtração foi realizada por ciclos. Esses ciclos obedeceram à saturação dinâmica ou total da coluna. Saturação dinâmica foi entendida quando o leito mantém a capacidade de remoção por certo tempo e depois essa retenção cai se mantendo constante, não saturando totalmente a coluna, porém, sendo inadequada para os fins propostos. Que seria manter uma retenção mínima constante dos cátions durante um período maior de tempo obedecendo o limite de potabilidade da legislação para ferro e manganês.

Na tabela 19 estão os resultados das variáveis que foram medidas durante o tempo de experimento de acordo com as condições experimentais propostas. Os valores são as médias das medidas durante o tempo de cada ciclo. O 2º ciclo tem duas etapas, pois na primeira etapa a coluna não saturou, portanto a utilizou na segunda etapa dando continuidade no teste.

Tabela 19 - Resultados das variáveis medidas durante os ciclos de tratamento em coluna de leito fixo. Tempo é relativo à filtração durante o processo. Temperatura relativa à água bruta e da água tratada durante o processo.

Sequência experimental		Cond. (µS/cm)	Tempo (horas)	Vazão (L/min)	pH	Temp. (°C)	Condições experimentais
1º ciclo de troca iônica / Filtração	água bruta	170,5	2h:30	4,0	7,17	26,4	Verm-Na (0,85-1,18mm) Coluna ativada: método 2 (NaCl 5%/48h) Saturação total da coluna
	água tratada	171,5 ± 3,1		2,8 ± 0,5	6,9 ± 0,1	26,4 ± 0,5	
2º ciclo de troca iônica / Filtração	1ª etapa água bruta	266,6	3h:30	1,0	7,33	26,0	Verm-Na (0,85-1,18mm) Coluna Reativada: método 2 (NaCl 5%/48h) Coluna NÃO saturou
	água tratada	269,50 ± 12,97		0,52 ± 0,47	6,97 ± 0,29	27,2 ± 0,6	
2ª etapa / Filtração	2ª etapa água bruta	167,5 ± 0,87	2h:45	4,00 ± 0,00	6,9 ± 0,1	25,6 ± 0,5	Verm-Na (0,85-1,18mm) Continuação do ciclo Saturação dinâmica da coluna
	água tratada	169,65 ± 1,39		1,97 ± 0,12	6,8 ± 0,1	26,2 ± 0,3	
3º ciclo de troca iônica / Filtração	água bruta	165,46 ± 1,58	4h:15	4,96 ± 0,23	6,88 ± 0,08	26,3 ± 0,2	Verm-Na (0,85-1,18mm) Coluna Reativada: método 1 (NaCl 5%/ 10 minutos em 6 etapas) Saturação dinâmica da coluna
	água tratada	164,76 ± 0,94		1,49 ± 0,13	6,87 ± 0,13	26,5 ± 0,3	

**Legenda: Cond.: condutividade. Temp.: temperatura**

#### 4.4.1 Remoção de íons Fe e Mn presentes na água do poço – Primeiro ciclo de troca iônica/Filtração em leito fixo

Nesse ciclo, a coluna saturou totalmente em 135 minutos ao final do experimento. Na figura 21 estão os gráficos desse ciclo.

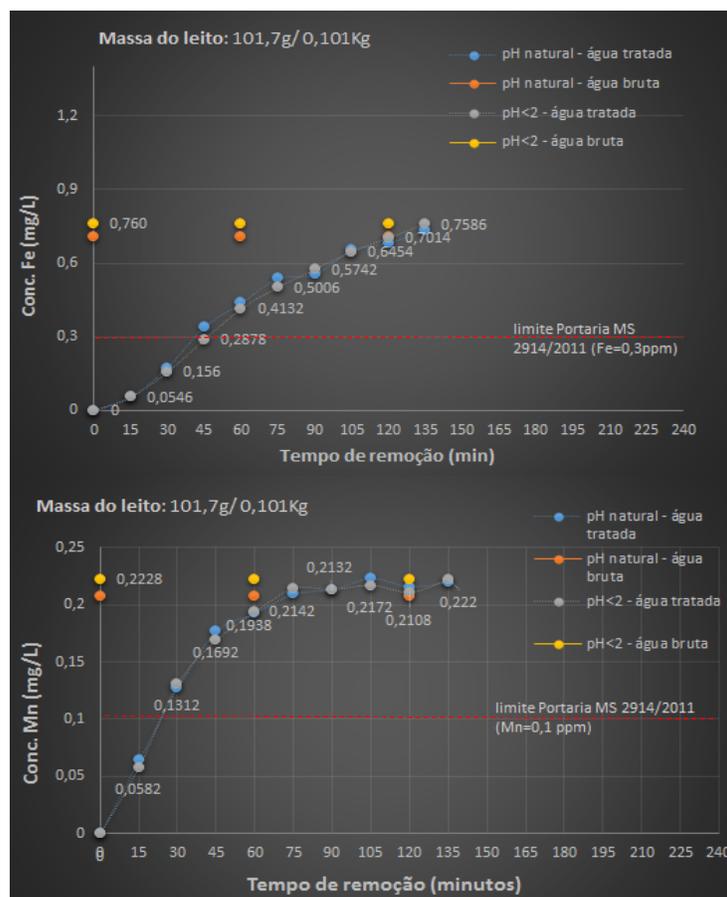


Figura 21 - Concentração dos íons na fase líquida durante o tempo de filtração no 1º ciclo de tratamento

Cada ponto corresponde ao valor da média de cinco amostras, sendo, cinco acidificadas e cinco em condições naturais, para confirmar a depleção de ferro nas amostras sem preservação/acidificação, o que influenciaria nos resultados. Notou-se em teste de comparação das médias entre os dois tipos de amostras, Teste T- em par para médias – feito no Excel 2013, com nível de significância  $\alpha=0,05$ , que o p-valor para ferro para o par de amostras (acidificada e natural) foi de 0,78 e para manganês foi de 0,91, sendo maior que o nível de significância. Resultado esperado justificando a necessidade de preservação das amostras em meio ácido. Portanto, para todos os ciclos, considerou-se na discussão dos resultados os valores obtidos das amostras acidificadas, consideradas mais confiáveis. Utilizando os valores das amostras naturais somente para comparação visual em alguns gráficos.

Na figura 21, no gráfico nota-se a saturação da coluna por ferro perto de 120 minutos e por manganês perto de 75 minutos. A concentrações dos íons na água bruta coincidem com as concentrações na água de saída, que passa pela coluna.

Em 45 minutos foi possível manter a concentração de ferro na água tratada abaixo do limite da legislação ( $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Para o manganês em até 21 minutos a água do poço ficou abaixo do limite ( $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ ) desejado.

Percebeu-se nesse ciclo que para manter a concentração de ferro em  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$  e de manganês em  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  na água de saída nos tempos referidos acima foi necessário um mínimo de 60% de remoção para Fe e cerca de 54% para Mn. Na figura 22 pode ser observado a porcentagem de remoção pelo tempo de filtração.

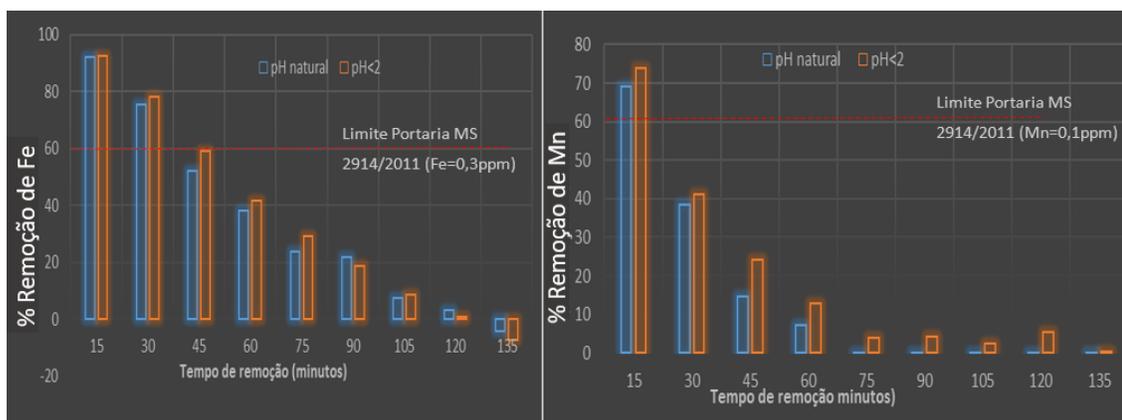


Figura 22 - Porcentagem de remoção pelo tempo total do ensaio no 1º ciclo de troca iônica

Na figura 23 abaixo pode-se relacionar a porcentagem de remoção durante o tempo com o fator de remoção ( $C/C_0$ ) e a capacidade de remoção  $q$  ( $\text{mg/g}$ ). O fator de remoção ideal em uma coluna de leito fixo tem que se aproximar de zero e se manter para obter uma remoção ótima; isso em uma situação ideal, para que ao longo do período a porcentagem de remoção seja máxima na coluna. Já o  $q$  dado em  $\text{mg/g}$  acompanha a porcentagem de remoção. Quanto maior o valor de  $q$  em uma mesma condição experimental, maior será a remoção. Cujo valor deverá se manter durante a filtração a um valor médio de acordo com as outras variáveis, como características físico químicas da água a tratar, concentração inicial do ferro ou manganês em água, concentração desejada dos metais na água tratada, vazão, massa do leito, dentre outros.

Nesse sentido, a capacidade de remoção é dependente principalmente da concentração dos metais durante o experimento.

Quanto mais o valor de  $C/C_0$  se aproximar de 1 (um) e quanto mais o valor de  $q$  (mg/g) se aproximar de zero, indicam saturação completa da coluna.

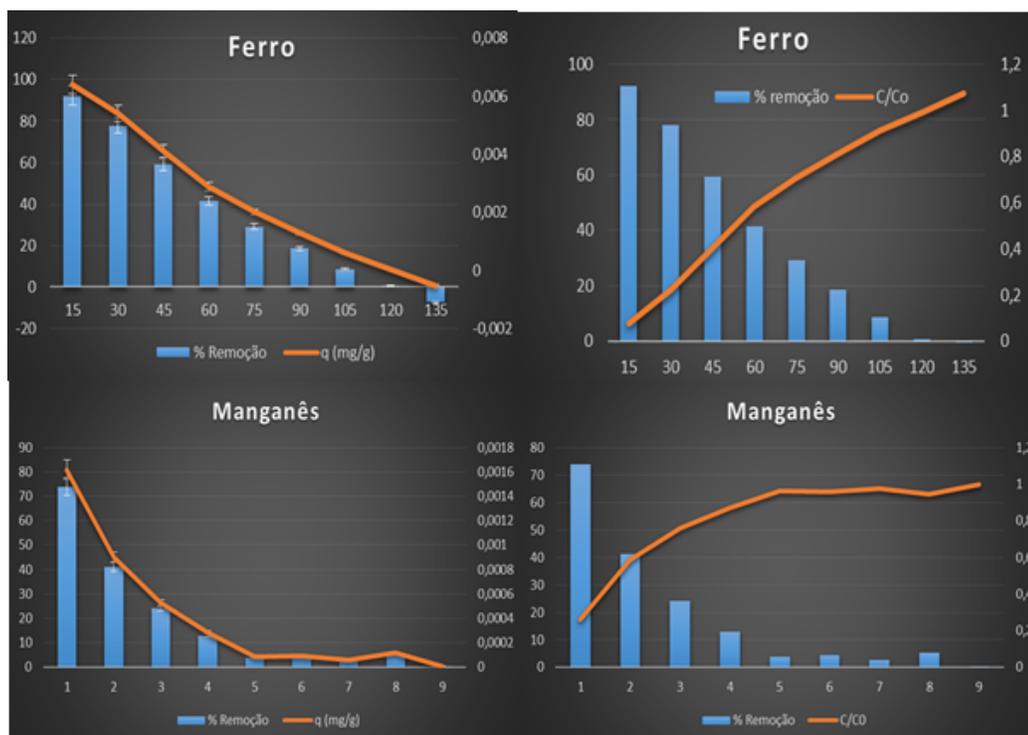


Figura 23 - Porcentagem de remoção pelo tempo de filtração em relação a capacidade de remoção ( $q$ ), à esquerda, e o fator de remoção ( $C/C_0$ ), à direita, para Fe e Mn durante no 1º ciclo de troca iônica

Outra forma de interpretar a capacidade de remoção foi ajustando os dados a uma função: a expressão do gráfico na figura 24. As interpretações são válidas somente para com as condições experimentais realizadas e das propriedades físicas da coluna. Se alterar a massa do leito ou granulometria do leito ou vazão de entrada, por exemplo, os dados de ( $q$ ) e  $C/C_0$  terão que ser reajustados para a nova condição.

Como no sistema em batelada, os dados de filtração em coluna para capacidade de remoção se ajustaram de modo que obtendo o  $R^2$  tem-se condições de avaliar o processo de troca iônica na coluna e podendo ser otimizado de acordo com as condições experimentais.

Considerando as condições experimentais desse 1º ciclo de tratamento, a equação da curva de ferro mostra que a capacidade de remoção ficou na média de  $q=0,0027$  mg/g durante o experimento. No entanto era necessário se manter entre  $0,0046 - 0,0069$  mg/g no tempo do experimento, para que durante o período sempre estivesse concentração de ferro na água tratada abaixo de  $0,3$  mg.L<sup>-1</sup>. A mesma lógica foi evidenciada na equação da curva para o manganês. Todavia para manter a concentração de Mn abaixo de  $0,1$  mg.L<sup>-1</sup>, a capacidade de retenção seria  $q=0,0016$  mg/g ao longo do experimento.

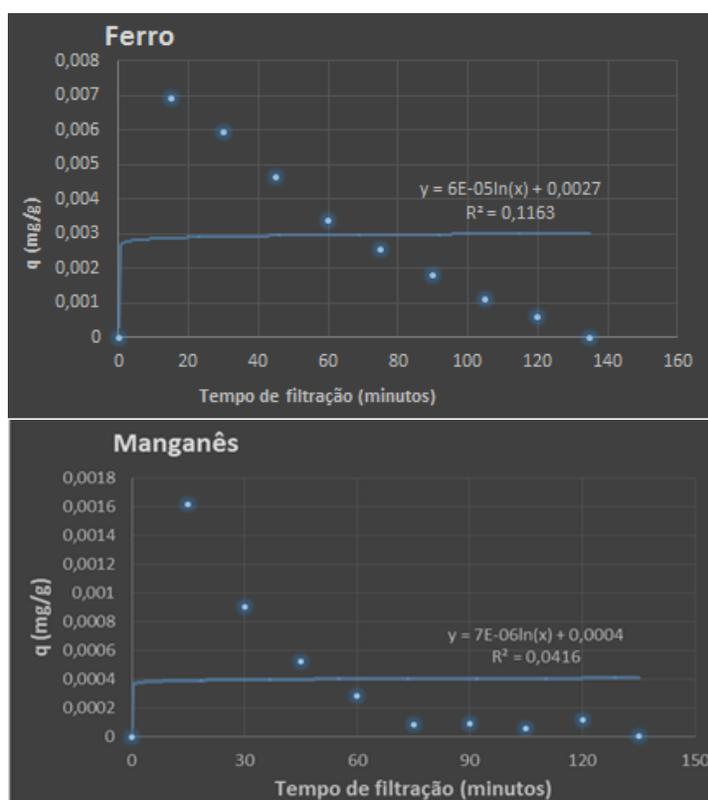


Figura 24 - Capacidade de remoção  $q$  (mg/g) pelo tempo no 1º ciclo de troca iônica

#### 4.4.2 Remoção de íons Fe e Mn presentes na água do poço – Segundo ciclo de troca iônica/Filtração em leito fixo

Esse ciclo teve duas etapas de experimento, pois a coluna não saturou na primeira etapa no primeiro poço, sendo reusada no teste em outro poço (segunda etapa) com mesmas condições

de coluna descritas na tabela 18. Ao final da segunda etapa, a coluna sofreu saturação dinâmica na remoção de ferro e ficou totalmente saturada para manganês em 330 minutos. Na figura 25 está o gráfico onde nota-se a saturação dinâmica da coluna por ferro entre 315-360 minutos e por manganês perto de 290-360 minutos, chegando a saturação total para esse metal. Cada ponto no gráfico é o valor da média das cinco amostras.

Na primeira etapa, a vazão estava baixa na saída do poço ( $0,52 \pm 0,47$  L/min) e a concentração da água bruta para ferro não estava tão alta ( $0,58 \pm 0,03$  ppm), por isso foi possível manter a água filtrada abaixo do limite permitido para esse metal (linha vermelha tracejada na figura 25) até 215 minutos. Onde começa a segunda etapa do ciclo em outro poço. Nos primeiros 15 minutos, a água que passa pelo filtro fica acima do limite máximo para ferro e manganês. Tal evidência é por conta da maior concentração da água bruta tanto para ferro como manganês nessa segunda etapa, como pode ser observado no gráfico da figura 25.

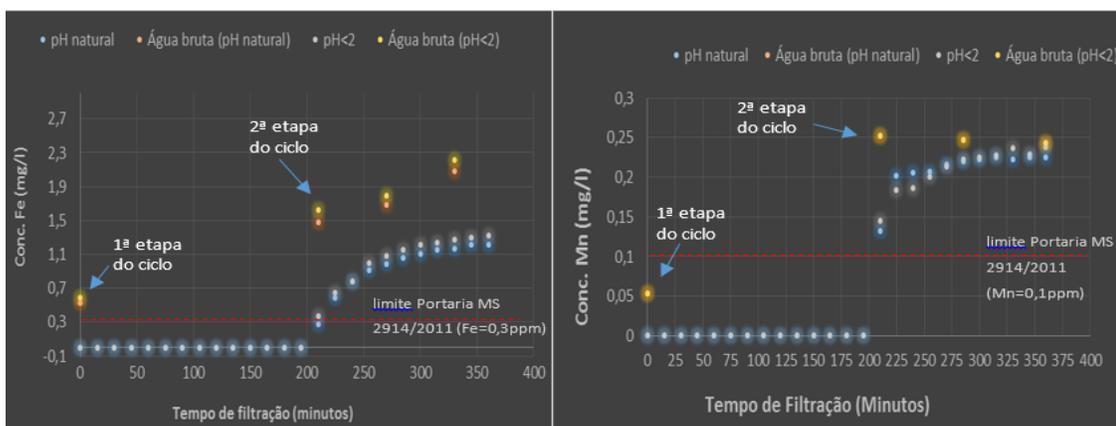


Figura 25 - Concentração dos íons na fase líquida durante o tempo de filtração no 2º ciclo de tratamento

Nesse ciclo, para manter a concentração de ferro em  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$  e de manganês em  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  na água de saída foi necessário um mínimo de 80% de remoção para Fe e cerca de 60% para Mn. Na figura 26 pode ser observado a porcentagem de remoção pelo tempo de filtração, onde a linha vermelha indica as porcentagens de remoção de acordo com os limites máximos permitidos para cada íon metálico.

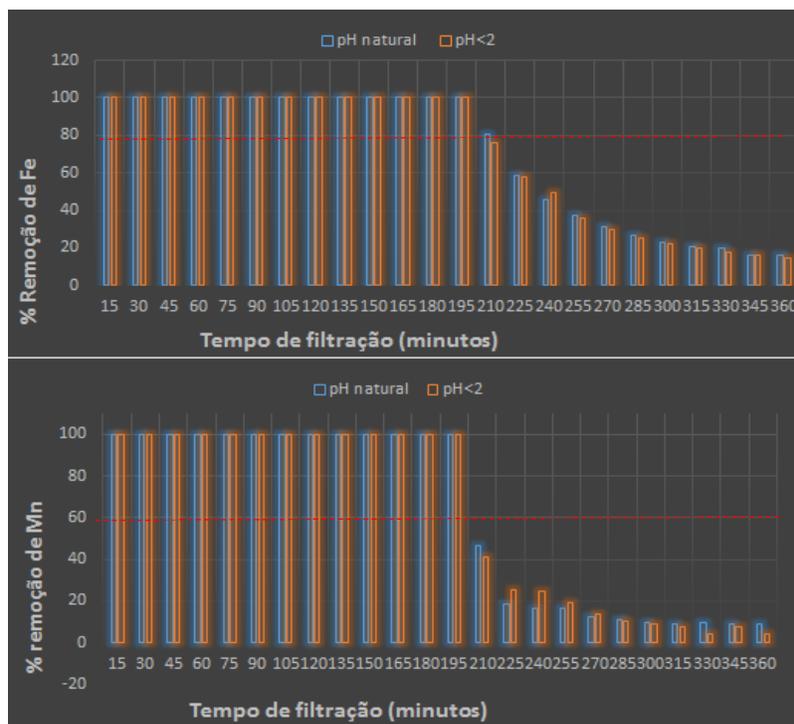


Figura 26 - Porcentagem de remoção pelo tempo total do ensaio no 2º ciclo.

Pelos gráficos da figura 27 observa-se a relação do percentual de remoção durante o tempo com o fator de remoção ( $C/C_0$ ) e a capacidade de remoção  $q$  (mg/g).

Quanto mais o valor de  $C/C_0$  se aproximar de 1 (um) e quanto mais o valor de  $q$  (mg/g) se aproximar de zero, indicam saturação completa da coluna. A remoção de ferro pela coluna se deu de forma proporcional ao ( $q$ ) e ao fator de remoção ( $C/C_0$ ). O comportamento da remoção de manganês não foi tão proporcional, mostrando oscilações.

Sugere-se que pode ter sido influência da saturação dinâmica para esse metal na coluna, já que passou mais tempo nessa condição comparando com o ferro. Como nos argilominerais podem ter sítios de adsorção, principalmente nas bordas das camadas, pode estar ocorrendo adsorção/ dessorção. A princípio, há processo de troca catiônica interlamelar, com a saturação desse, adsorções ocorrem em certo limite até a um estado de equilíbrio. No caso do leito fixo, continua recebendo a água com cátions. Assim, provavelmente, fazendo com que o equilíbrio adsorção/ dessorção seja deslocado causando as oscilações na fase líquida denunciado pelo gráfico  $C/C_0$  do manganês.

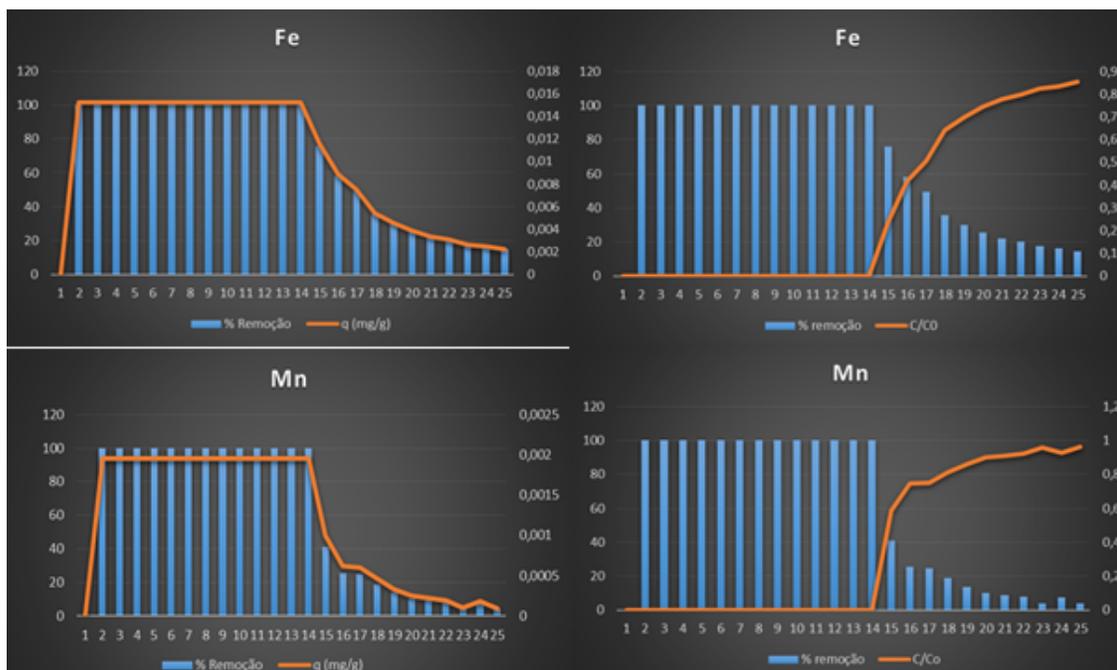


Figura 27 - Porcentagem de remoção pelo tempo de filtração em relação a capacidade de remoção ( $q$ ), à esquerda, e o fator de remoção ( $C/C_0$ ), à direita, para Fe e Mn durante 2º ciclo de tratamento

Uma outra maneira de visualizar e prever a capacidade de remoção foi ajustando os dados a uma função: a expressão do gráfico na figura 28.

Considerando as condições experimentais desse ciclo, a equação da curva de ferro mostra que a capacidade de remoção média ficou em  $q=0,0049$  mg/g durante o experimento. No entanto era necessário manter a média em 0,011 mg/g em todo tempo de experimento do ciclo. Apesar que na primeira etapa foi necessário apenas 0,006 mg/g, porque nessa etapa a concentração média da água bruta foi menor. E quando iniciou a segunda etapa, a coluna recebeu uma água com concentração de íons Fe e Mn 3 e 5 vezes maior, respectivamente, e com vazão 4 vezes maior que a etapa anterior. E a capacidade de remoção ( $q$ ) aumentou, mas não suficiente para a nova condição experimental.

O mesmo sentido pode ser interpretado para a curva do manganês. Todavia, para manter a concentração de Mn na água tratada abaixo de  $0,1$  mg.L<sup>-1</sup>, a capacidade de retenção deveria ser  $q=0,0014$  mg/g a partir de 215 minutos até o final do ciclo. Pode ser observado as oscilações nas capacidades de retenção da vermiculita para esse metal após os 300 minutos.

Mesmo representando uma situação atípica, não muito real de um poço tubular profundo, quando a vazão e concentrações dos metais aumentam drasticamente, a expressão logarítmica do gráfico se mostrou razoável em descrever a condição incomum.

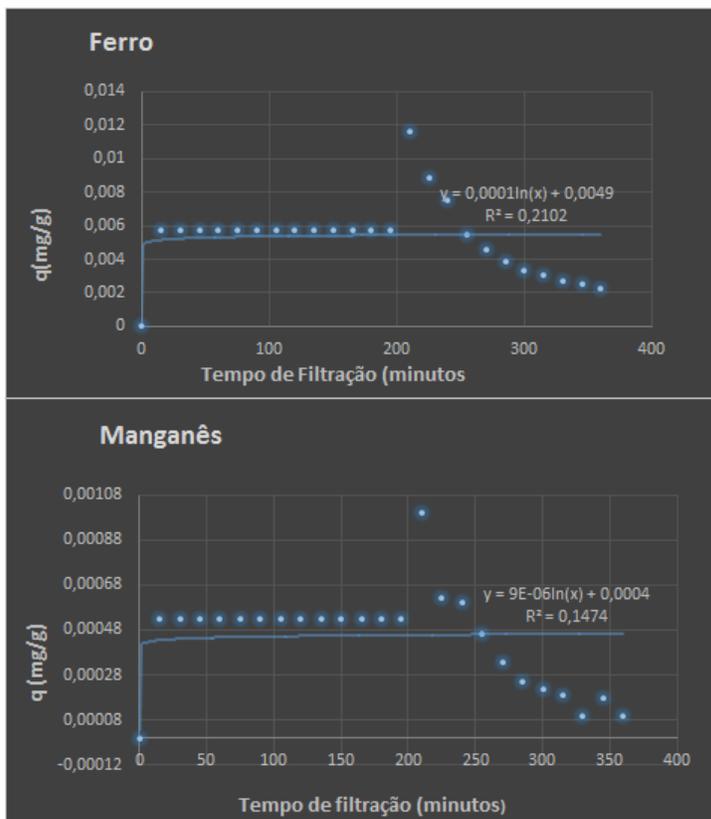


Figura 28 - Capacidade de remoção  $q$  (mg/g) pelo tempo de filtração em minutos no 2º ciclo de troca iônica

#### 4.4.3 Remoção de íons Fe e Mn presentes na água do poço – Terceiro ciclo de troca iônica/Filtração em leito fixo

Neste terceiro e último ciclo, a coluna entrou em saturação dinâmica para o ferro em 195 minutos. Em 30 minutos, a água de saída se manteve de acordo com a legislação. Na figura 29 pode ser visto os gráficos de Fe e Mn. Quando não houve capacidade maior da vermiculita reter ferro, a concentração desse íon na fase líquida ficou estável até os 240 minutos, mesmo a concentração da água bruta estar bem mais elevada. Essa condição não é totalmente rejeitada

em um possível sistema de tratamento, pois a coluna ainda está removendo ferro. Porém, para os propósitos desse trabalho é imprescindível ter as variáveis que possam controlar esse processo e permitir um maior tempo de tratamento da água subterrânea à luz da legislação sobre potabilidade da água para consumo humano.

Para o gráfico do manganês, o comportamento foi semelhante ao dos outros ciclos, com mais oscilações ao longo do processo. Somente por 15 minutos a água filtrada ficou abaixo do permitido pela legislação para esse metal. Por volta de 210 minutos de tratamento a coluna mostra sinais de saturação dinâmica para Mn. Interessante observar que em 60 minutos, a coluna parece estar saturando por completo (concentração da água bruta quase coincidindo com água de saída da coluna). Contudo, mesmo com a concentração de Mn na água bruta aumentando significativamente durante o controle do processo, a coluna aumentou sua capacidade de remoção proporcionalmente. Poderia razoavelmente ser influência da força iônica do meio impondo a vermiculita ao processo de troca iônica, como já discutido nesse trabalho.

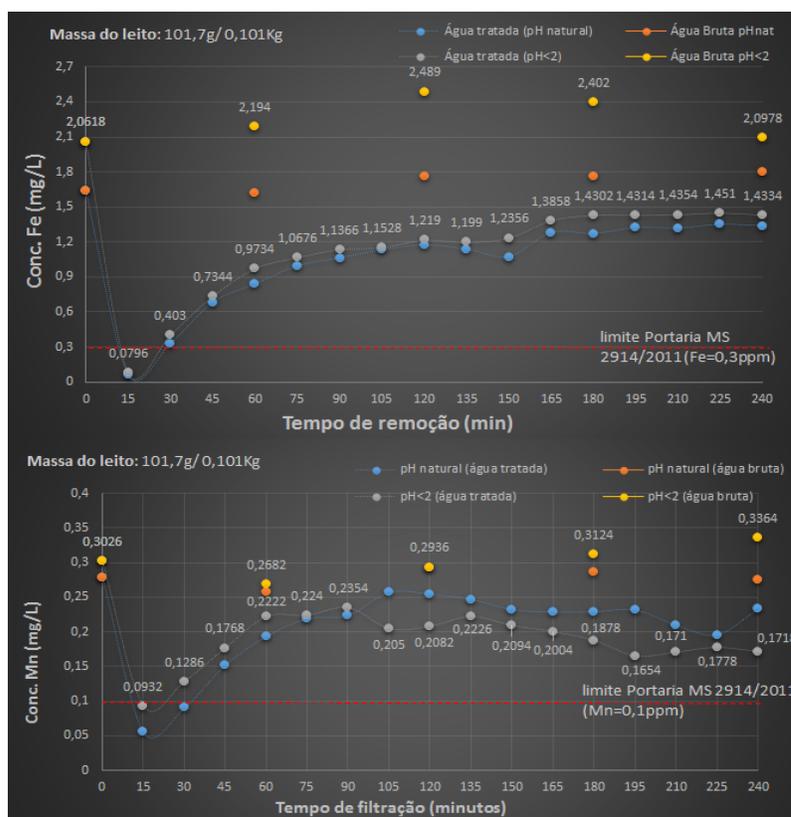


Figura 29 - Concentração dos íons na fase líquida durante o tempo de filtração no 3º ciclo de tratamento

Nesse ciclo, para preservar a concentração de ferro em  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$  e de manganês em  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$  na água de saída foi necessário um mínimo de 80% de remoção para Fe e cerca de 66% para Mn. Na figura 30 pode ser observada a porcentagem de remoção pelo tempo de filtração.

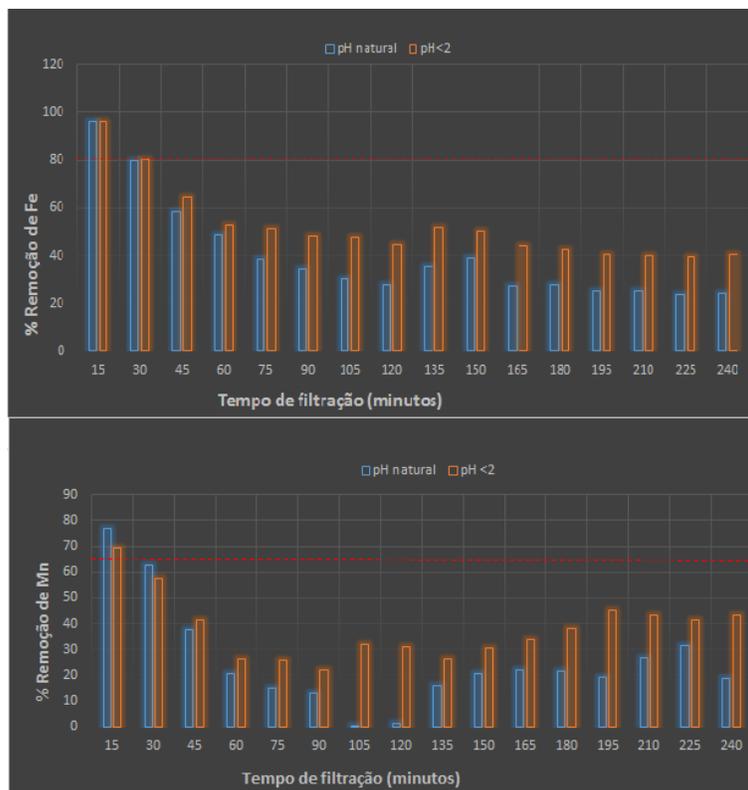


Figura 30 - Porcentagem de remoção pelo tempo total de ensaio no 3º ciclo

Na figura 31 pode-se relacionar a porcentagem de remoção durante o tempo com o fator de remoção ( $C/C_0$ ) e a capacidade de remoção  $q$  ( $\text{mg/g}$ ). Mais uma vez, a retenção de manganês oscilou durante o ciclo, nota-se o fator de remoção  $C/C_0$  chegando a quase 0,9, próximo à saturação da coluna por manganês.

Apesar do ferro ter a preferência pela vermiculita, nota-se que no momento da queda da remoção para o ferro na metade do ciclo, a remoção para o manganês aumenta significativa-

mente, onde tinha perto de 25% de remoção sobe numa constante até cerca de 45%. Tal observação pode ser explicada pelo efeito da força iônica quando a concentração de Fe na água bruta, nesse período, cai e a concentração de manganês aumenta no período. Causando uma resposta de maior remoção da vermiculita em face da maior concentração do íon Mn no meio.

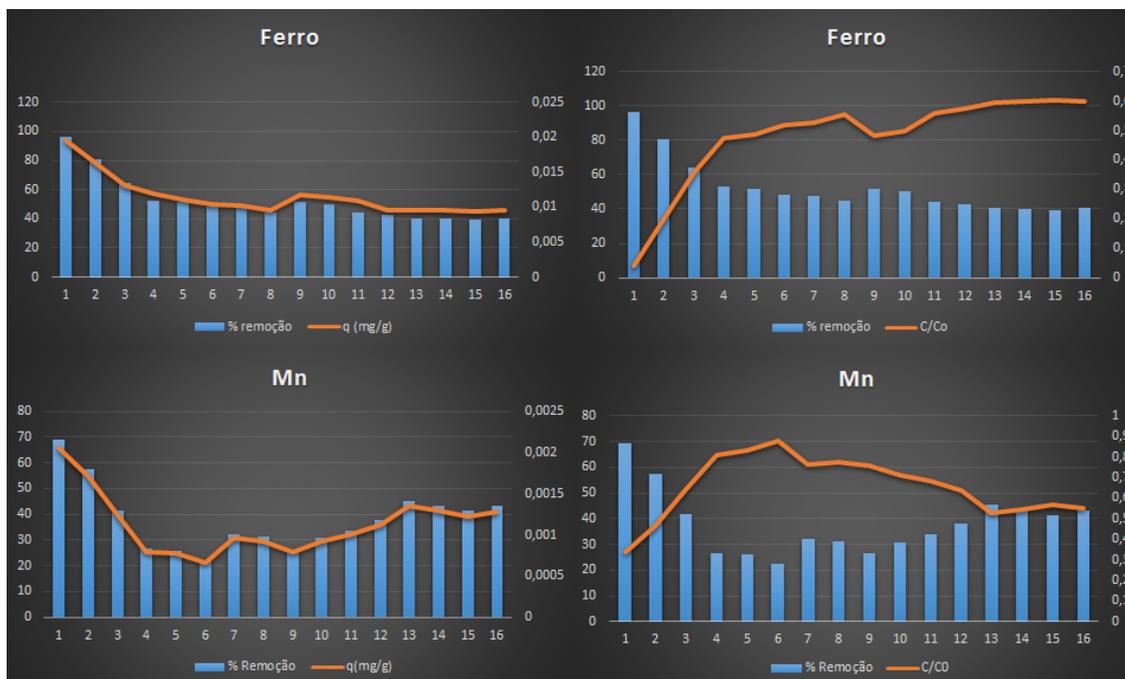


Figura 31 - Porcentagem de remoção pelo tempo de filtração em relação a capacidade de remoção (q), à esquerda, e o fator de remoção (C/Co), à direita, para Fe e Mn para o 3º ciclo de filtração

Novamente, adicionou linha de tendência logarítmica nos dados de capacidade de remoção (q) deste ciclo expresso no gráfico da figura 32.

Considerando as condições experimentais desse ciclo, a equação da curva de ferro mostra que a capacidade de remoção média ficou em  $q=0,0106$  mg/g durante o experimento. No entanto era necessário manter a média em 0,018 mg/g em todo ciclo para cumprir a legislação de potabilidade de água para ferro.

O mesmo sentido se observa para a curva do manganês. Contudo, para sustentar a concentração de Mn na água filtrada abaixo de  $0,1$  mg.L<sup>-1</sup>, a capacidade de retenção deveria ser

$q=0,002$  mg/g após os 30 minutos até o final do ciclo. Pode ser observado as oscilações nas capacidades de retenção da vermiculita para esse metal pouco antes dos 100 minutos.

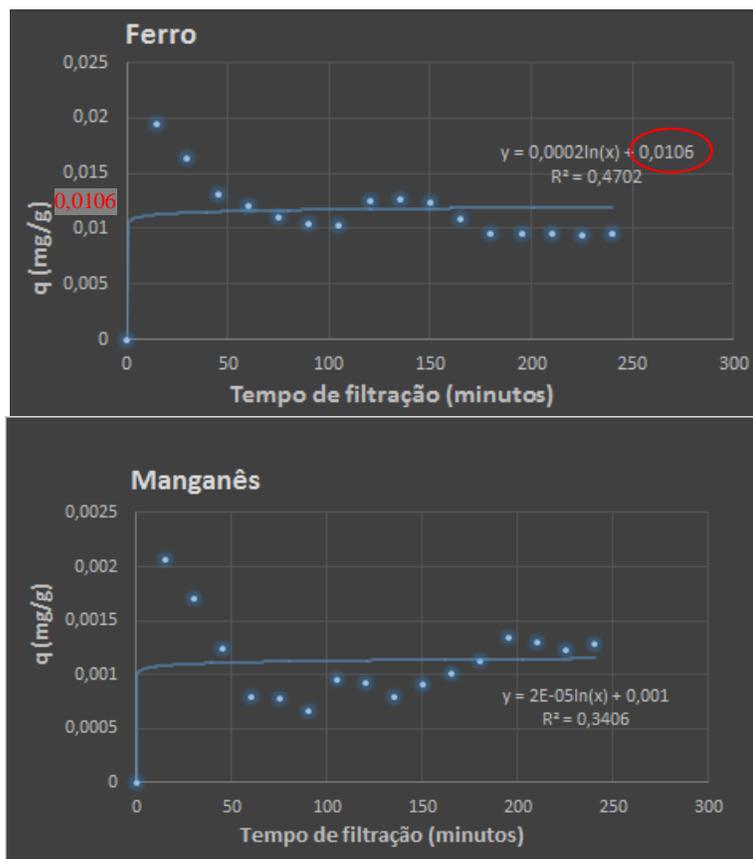


Figura 32 - Capacidade de remoção  $q$  (mg/g) pelo tempo de filtração em minutos no 3º ciclo de filtração

#### 4.4.4 Avaliação do Processo de Troca Iônica/ Remoção de íons Fe e Mn em coluna de leito fixo

De acordo com os resultados da caracterização da água bruta na 2ª fase experimental e dos resultados da tabela 19 (variáveis realizadas nos ciclos de tratamentos), a água não apresentou interferentes aparentes, observáveis, cujos os quais poderiam influenciar no processo de troca iônica. Dos parâmetros realizados considerados importantes, STD, TOC, Dureza, condutividade, pH, temperatura, estão dentro do esperado da realidade dos parâmetros já discutidos

no histórico de análises da Saneago. Somente a dureza no terceiro ciclo ficou alta, por conta de cálcio e magnésio. Mas como a condutividade alterou minimamente durante a filtração e a coluna não demonstrou dados conflitantes dos outros parâmetros, são causas a serem investigadas mais profundamente. Em todos os ciclos durante os processos de filtração, o pH, temperatura e condutividade apresentaram baixa oscilação. Bem como TOC e STD.

Essas condições verificadas na água subterrânea são consideradas ótimas, principalmente a temperatura quase que constante e pH pouco oscilante. Doula (2006) estudou zeólitas para remoção de metais em água potável e com misturas dessa com amostras sintéticas. Os resultados mostraram significativo aumento na eficiência da remoção em menor dureza e condutividade. Inglezakis *et al.*, (2012) pesquisaram remoção de ferro e manganês usando vermiculita e zeólita em água natural e água dura. Verificaram a influência da condutividade, STD em coluna fechada de leito fixo (recirculação da amostra na coluna). Os resultados com pré-tratamento para água dura foram mais eficientes, pois reduzindo drasticamente a condutividade, retirou cátions em excesso do meio, facilitando a troca catiônica.

Desde que a condutividade apresentou nenhuma ou quase nenhuma diferença entre a água bruta e água filtrada e também na água tratada durante a filtração nos ciclos, considera-se que o fenômeno majoritário ocorrido na coluna é o de troca iônica. É o que concluíram Inglezakis *et al.*, (2012) em testes de remoção simultânea de Fe e Mn com vermiculita em amostras de água pré-tratadas, com controle de condutividade e outros parâmetros. Haja vista que evidenciou as remoções dos cátions e não evidenciou significativa alteração da condutividade.

Dessa forma, conduz a uma razoável interpretação de substituição de outro cátion na vermiculita ativada. Sendo assim, também um processo estequiométrico, pois os íons Fe e Mn retidos pela vermiculita-Na foram trocados por outros cátions, no caso por íons sódio ( $\text{Na}^+$ ), que foram para fase líquida.

Inglezakis *et al.*, (2016) aplicaram escala logarítmica para analisar curva de ruptura de remoção em coluna de leito fixo de zinco, manganês e cromo usando vermiculita e zeólita. Os resultados mostraram que o modelo simplificado foi útil para determinar o ponto onde a coluna perde capacidade de remoção e estimar o período para isso. Evidenciaram que a vermiculita teve um desempenho muito melhor em remoção contínua em um período mais longo do que a zeólita. O que propiciou para vermiculita maior rendimento de remoção para todos os metais.

Wegrzyn *et al.*, (2013), fizeram estudo de remoção em solução sintética de  $\text{Fe}^{3+}$  com vermiculita expandida em coluna de leito fixo. Em concentração inicial de  $56 \text{ mg.L}^{-1}$  e vazão de  $2,6 \text{ ml/min}$  obteve-se saturação máxima de  $18 \text{ mg/g}$  de capacidade de remoção. Concluíram com os resultados que o processo de adsorção ocorre em preferência da troca catiônica, e portanto sugeriram que a formação de complexos de esfera interna e externa, bem como precipitados na superfície podem contribuir no mecanismo de adsorção.

Os dois grupos de autores, com seus estudos, afirmaram que a eficiência de remoção dos metais pesquisados pode ser aumentada combinando os modos coluna e semi-batelada. O que levou a interpretação nesse sentido também para esse trabalho. Principalmente no terceiro ciclo de filtração, com vermiculita ativada pelo método 1. A saturação dinâmica, onde a coluna mantém uma certa capacidade de remoção poderia ser considerado um modo semi-contínuo do ponto de vista de abrandamento da água vinda do poço para ser recebida por outro filtro, enquanto não saturasse por completo.

Na tabela 20, encontra-se as capacidades de remoção máxima ( $q_{\text{max}}$ ) obtidas em cada tempo de experimento de cada ciclo. Comparando a  $q_{\text{max}}$  em cada ciclo, ela aumenta conforme a concentração inicial aumenta de cada ciclo. Indicando influência da força iônica do meio. Embora no 3º ciclo a coluna não saturou, e conforme o comportamento do gráfico para esse ciclo, a saturação ainda ia prolongar-se. Indicando uma capacidade de remoção  $q_{\text{max}}$  bem mais elevada do que a apresentada na tabela 19. Sugerindo ao final, que o 3º ciclo mostrou melhor rendimento de remoção total.

Tabela 20 - Capacidades máximas de remoção ( $q_{\text{max}}$ ) obtidas para Fe e Mn em coluna de leito fixo durante o tempo de cada ciclo

		$q_{\text{max}}$ ( $\text{mg.g}^{-1}$ )	Concentração média dos íons na fase lí- quida ( $\text{mg.L}^{-1}$ )	Condição da coluna
<b>1º Ciclo</b>	<b>Fe</b>	1,14	0,76	saturada
	<b>Mn</b>	0,16	0,22	saturada
<b>2º Ciclo</b>	<b>Fe</b>	3,16	$1,55 \pm 0,48$	quase saturada
	<b>Mn</b>	0,17	$0,20 \pm 0,07$	saturada
<b>3º Ciclo</b>	<b>Fe</b>	4,17	$2,25 \pm 0,15$	não saturada
	<b>Mn</b>	0,38	$0,30 \pm 0,02$	não saturada

Em análise de variância ANOVA realizada no Excel dos dados de  $(q_m)$  médio do conjunto dos três ciclos para remoção de ferro, o p-valor foi de  $1,19 \cdot 10^{-13}$ ; e para o conjunto de dados  $(q)$  dos três ciclos para remoção de manganês, o p-valor foi de  $1,35 \cdot 10^{-08}$ , admitindo um nível de significância  $\alpha = 0,05$  para as análises. Sendo os valores de p-valor menores que o nível de significância, é razoável admitir a influência do método de ativação sobre a capacidade de remoção da vermiculita, contudo deve se considerar também a influência da força iônica, pois o  $q_{max}$  aumenta conforme a concentração inicial de cada ciclo também aumenta.

A abordagem no tratamento dos dados foi motivada, do ponto de vista prático, pela interpretação das capacidades de remoção  $(q)$  em cada ciclo ajustadas à função logarítmica realizada no Excel para obter pela equação da curva o  $(q)$  médio como forma de controle em possível filtro com vermiculita. Se o  $(q_m)$  médio aumentar em relação ao  $(q_{id})$  ideal para a condição experimental dada, o  $R^2$  indicaria pela equação da curva, de modo que o controle teria que ser  $(q_m)$  médio =  $(q_{id})$  ideal, sendo uma constante durante o processo. Na figura 33 abaixo pode ser analisado gráfico de uma função logarítmica aplicada com os dados de uma remoção ideal, onde o  $q_m$  coincide com o  $q_{id}$  durante todo o tratamento.

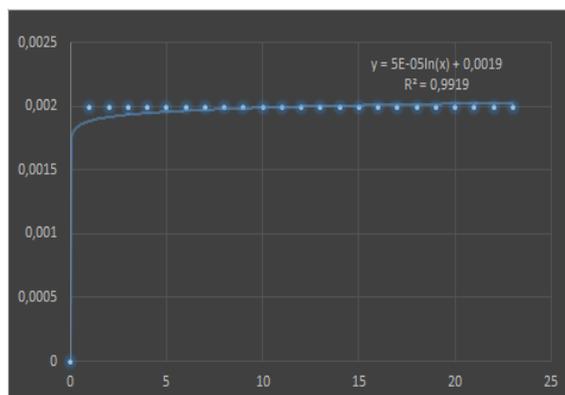


Figura 33 - Função logarítmica de uma remoção ideal de íon metálico usando vermiculita em coluna leito fixo

Os gráficos da figura 34 mostra situação da capacidade de remoção no terceiro ciclo com o gráfico extrapolado. Essa situação aproximada levou em conta a mesma condição experimental de tratamento do ciclo: vazão, concentração inicial de Fe e porcentagem mínima de remoção para atender legislação para ferro ( $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Mas com uma massa de leito de

1000 gramas. Comparando o gráfico da capacidade de remoção no terceiro ciclo com o gráfico extrapolado desse ciclo, percebe-se que uma massa maior permitiu o tratamento em maior tempo, em que o  $q_m$  obedece a função do gráfico real, à esquerda, onde na situação real para obter o tratamento, de forma a atender a legislação para ferro, durante o tempo de experimento realizado o  $q_m$  teria que se manter em 0,018. Sendo o  $R^2$  indicativo da melhor curva.

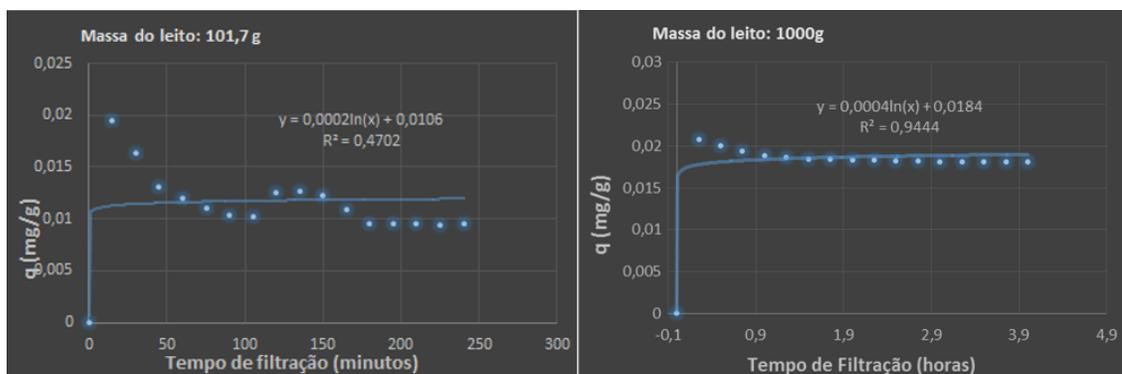


Figura 34 - Comparação visual do gráfico ( $q$ ) do terceiro ciclo de tratamento para ferro. À esquerda, a condição real do terceiro ciclo. À direita, o gráfico extrapolado desse ciclo.

#### 4.4.4.1 Aspecto técnico operacional de possível implantação de sistema de troca iônica

Para uma nova proposta ser viabilizada, outras variáveis técnico-operacionais teriam que ser avaliadas, todavia pode-se citar algumas vantagens, em face do tratamento convencional, que os resultados desse trabalho sugerem para um possível processo de tratamento mais sustentável via uso de vermiculita como meio filtrante/ trocador. Em comparação com uma ETA convencional, a proposta de filtração direta em coluna com vermiculita teriam os custos de instalação e operacionais bem reduzidos.

Como exposto em revisão do tema, o tratamento mais convencional pode demandar as operações: pré-oxidação e ou aeração, floculação, decantação e filtração.

Os ganhos seriam: 1) ambientais, pois reduziria uso de reagentes químicos oxidantes, coagulante ou floculante, reagentes de correção de pH. Que leva a produção de resíduo: lodo. Maior remoção da dureza e outros metais pesados, como descrito na revisão desse estudo, caso ocorram na água de captação; 2) ambientais e processos, pois reduziria as etapas que levam maior tempo final para disponibilizar a água tratada para distribuição, consumindo menos energia em equipamentos; 3) custos gerais, pois reduziria custos operacionais e de pessoal para

operar onde um número de processo é reduzido; custos com reagentes e energia; 4) de espaço, sistema ocuparia menor espaço, considerado uma ETA supercompacta.

As desvantagens para o processo de troca iônica sugerido seriam: 1) a aplicação seria restrita, a priori, para águas de captação de melhor qualidade: baixa turbidez, dureza, STD, TOC, etc; 2) efluente gerado pelas águas de lavagem e de reativação da coluna (concentradas em ferro, manganês, sódio e outros metais), apesar de ser geradas por um tempo mais prolongado e do sódio poder ser regenerado e reutilizado; e 3) Geração de resíduo sólido de vermiculita não mais regenerada, mas podendo ser reutilizada para outros fins de acordo com a aplicação final requerida.

#### **4.4.4.2 Sugestões para a reutilização da vermiculita saturada (não regenerada)**

De acordo com suas aplicações mais comuns para uso da vermiculita expandida, após análise química adequada, poderia ser usada para praticamente todos os fins relatados nesse trabalho, como: agricultura, com restrições se conter metais pesados, caso contrário, por ter ferro e manganês, possivelmente cálcio, potássio, magnésio, pode ser usada como matriz de micro e macro nutrientes por sua alta CTC; na construção civil, sem restrições, para uso em concreto leve; na indústria de lubrificante e freio, com restrições se a vermiculita conter altas concentrações de metais pesados. Assim, a Saneago poderia beneficiar a vermiculita em desuso para os interessados desses setores.

#### **4.4.4.3 Proposta de implantação de sistema piloto de filtros de troca iônica na empresa parceira**

Para uso de vermiculita como filtrante conforme características das águas dos sistemas de captação estudados, sugere-se duas faixas de granulometria: 0,6-0,85 mm e 0,85-1,18 mm com uma faixa no leito com caulinita para maior remoção de manganês especificamente. Apesar da caulinita não ser objeto de estudo desse trabalho, sabe-se pela literatura que ela tem alta capacidade de retenção de manganês. E também que em Goiás tem certa abundância desse argilomineral na região de Silvânia-Goiás.

Os resultados desse trabalho em consonância com outros estudos citados na discussão, sugerem-se um sistema com dois filtros: um em operação alocando a água tratada em reservatório, quando esse apresentar água de saída no limite de potabilidade para ferro e manganês, abre-se válvula para o segundo filtro, onde esse por sua vez recebe a água do primeiro filtro acima do limite para Fe e Mn, e mantém operando até o limite de potabilidade para os metais (aqui o primeiro filtro opera abrandando a água, pois ainda possui significativa capacidade de remoção, enquanto o segundo filtro completa o tratamento). Os dois filtros mantem operação até o primeiro saturar-se quase por completo, e então onde passa-se por reativação no seu leito. Enquanto isso o segundo mantém operação até o limite adequado, quando então abre-se a válvula para o primeiro filtro recém reativado que tinha quase saturado por completo. E assim alternam-se as reativações nos filtros para melhor aproveitamento da remoção do leito nos dois filtros. E ainda prolonga o tempo para nova reativação e garante sempre que a água tratada esteja dentro dos parâmetros de potabilidade para ferro e manganês.

Esse procedimento pode ser viabilizado em teste piloto em escala maior, calculando as reativações de acordo com tempo adequado de filtração. A proposta é para os filtros receberem a água direto do poço em fluxo ascendente, próximo ao reservatório de água tratada. Recomenda-se filtros construídos em polietileno de alta densidade com fibra de vidro reforçada com plástico/polímero (PRF) para evitar corrosão.

## 5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho apresentado foi mostrado que a vermiculita têm um grande potencial em remover íons metálicos Fe e Mn de água subterrânea. Os pré-tratamentos realizados na vermiculita, tais como o método de ativação, escolha da granulometria se mostraram benéficos para o processo de remoção, no entanto, há que se investigar suas características mais peculiares. Mais estudos são necessários para avaliar a influência do tratamento com o tipo de vermiculita usada e da característica da água a tratar. Como, caracterizar a vermiculita por: difração de raio-X, área superficial específica, capacidade de troca catiônica máxima (CTC). Em seguida foi avaliado em itens as principais considerações acerca desse estudo:

Testes preliminares, por batelada, em amostra sintética em solução de ferro (Fe) e manganês (Mn) sugerem fator de remoção simultânea  $q = 1,47 \text{ mg.g}^{-1}$  (relação m/m, massa de íons trocada pela massa de vermiculita no leito) para os íons de Fe e Mn, num tempo considerado relativamente longo de 24 horas de contato;

Observou-se uma capacidade de remoção de  $q = 0,03 \text{ mg.g}^{-1}$  para íons de manganês na amostra de água, neste caso, concentração do Fe estava dentro limite portaria. A capacidade de remoção observada foi a correspondente para atender o limite de potabilidade para o Mn de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ . Resultados de  $0,03 \text{ mg.g}^{-1}$  para a amostra TIR e  $0,027 \text{ mg.g}^{-1}$  para a amostra IND para um tempo de quinze minutos;

Em quase todos os testes em batelada, nos primeiros quinze minutos, na vermiculita foram retidos em torno de 80% do ferro e manganês. Com maior resistência para o manganês. Em geral, necessitando maior tempo para ser removido para atingir o limite de potabilidade de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ . O melhor resultado em remoção simultânea ficou na faixa de  $0,66$  a  $0,70 \text{ mg.g}^{-1}$  com tempo mínimo de 15 minutos para remover íons de Fe e 90 minutos para remover Mn;

Considera-se na discussão do processo de troca-iônica os raios iônicos hidratados do  $\text{Mn}^{2+}$  de  $0,438 \text{ nm}$  (nanômetros) e do  $\text{Fe}^{3+}$  de  $0,428 \text{ nm}$  e suas respectivas cargas iônicas Mn(II) e Fe(III), que poderiam explicar a preferência da vermiculita pelos íons Fe(III) devido a sua maior carga;

Nos testes e rotas experimentais, procurou-se verificar a relação da massa de vermiculita e tempo de remoção da troca-iônica considerado e não controlado por processo de adsorção, que necessariamente também acontece;

Nos testes de coluna de leito fixo com vermiculita, observa-se que foi capaz de remover mais ferro e manganês por grama de vermiculita usada. Valores de capacidade de remoção calculados a partir da  $q = (C_0 - C)/M$ , para o melhor resultado foi de  $4,55 \text{ mg.g}^{-1}$  para Fe e Mn, com concentrações de água bruta a  $2,25 \text{ mg.L}^{-1}$  para Fe e  $0,30 \text{ mg.L}^{-1}$  para Mn, com vazão média do leito de  $1,55 \text{ L.min}^{-1}$ .

Resultados sugerem que a fração granulométrica de vermiculita na faixa de 0,85-1,18 mm mostra-se mais eficiente para remoção de ferro e manganês de forma mais rápida e ao longo do tempo;

Já a vermiculita de fração 0,6-0,85mm tem capacidade de remoção maior ao longo do tempo para manganês;

Genericamente de acordo com a concentração do cátion em solução, em certa proporção, um mesmo argilomineral pode reter por grama mais ou menos cátions, isso considerando outras influências no meio, como pH, tempo de contato, temperatura, outros íons e espécies químicas;

Os resultados das capacidades de remoção obtidas com os testes em batelada (bancada de laboratório) nesse trabalho são plausíveis por se tratarem de amostras naturais e com concentrações menores, sendo os ensaios conduzidos a um menor tempo de remoção. Em 45 minutos de tratamento, foi possível diminuir a concentração de ferro na água tratada para o limite, ou mesmo, abaixo da legislação de  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ . Para os íons de manganês, o tempo de remoção foi de até 21 minutos, para amostra de água do poço alcançar o limite permitido de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ , atendendo a portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

As interpretações são válidas nas condições experimentais realizadas e das propriedades físicas de retenção por adsorção e químicas de troca-iônica;

Alterações na massa do leito, levam a reajustes para a nova condição;

Ainda a vazão do sistema de tratamento deve ser considerada nas especificações do tratamento de remoção em leito fixo com vermiculita, recomenda-se um sistema com retrolavagem (ativação), com filtros recebendo a água direto do poço seguida de válvula de controle para

ferro e manganês nos limites permitidos de 0,3 e 0,1 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente. Ainda, considerar sistema para atuar de acordo com a demanda de vazão máxima requerida;

Quanto à disposição final da vermiculita, sugestões para a regeneração e reutilização desta são recomendadas ao invés do descarte;

Nessa pesquisa foi possível experimentar nas condições reais dos poços de água subterrânea os parâmetros controláveis e possíveis para buscar na pesquisa em escala de bancada (1ª fase) e contínua (2ª fase) compreensão do processo de troca-iônica em meio mineral da vermiculita, fracionada segundo granulometrias específicas e condicionamento de ativação com solução de água e sal de cloreto de sódio comercial;

Quanto ao custo operacional real, recomenda-se o desdobramento desta pesquisa em outros trabalhos de comparação de tecnologias tanto convencional quanto aos modelos propostos nesta pesquisa e teste piloto em escala maior em conjunto com a empresa parceira Saneago.

**REFERÊNCIAS**

A. AKL, M.; YOUSEF., A. M.; ABDELNASSER., S. Removal of Iron and Manganese in Water Samples Using Activated Carbon Derived from Local Agro-Residues. **Journal of Chemical Engineering & Process Technology**, v. 4, n. 4, 2013.

ABATE, G. **Propriedades de complexação e adsorção de partículas de interesse ambiental na presença e ausência de ácido húmico. 1. Adsorção de Cd(II) e Pb(II) em vermiculita. 2. Adsorção de atrazina e metabólicos em solo.** 2003. 173f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química - Universidade de São Paulo/USP, São Paulo.

ABOLLINO, O. *et al.*, Interaction of metal ions with montmorillonite and vermiculite. **Applied Clay Science**, v. 38, n. 3–4, p. 227–236, 2008.

AGUIAR, M. R. M. P. DE; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. S. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, v. 25, n. 6b, p. 1145–1154, 2002.

AHMAD, M. **Iron and Manganese removal from groundwater.** University of Oslo, 2012.

ALEXANDRE-FRANCO, M.; ALBARRÁN-LISO, A.; GÓMEZ-SERRANO, V. An Identification Study Of Vermiculites And Micas: Adsorption Of Metal Ions In Aqueous Solution. **Fuel Processing Technology**. v. 92, n. 2, p. 200-205, 2011.

ALVES, D. N. B. **Remoção de Ferro em Água de Irrigação Através de Filtragem em Areia e Zeólita.** 2008. 129f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras/UFLA, Lavras.

ANA. **CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL 2013.** Relatório Técnico. 368p. Brasília/DF, 2013

APOLLARO, C. *et al.*, The standard thermodynamic properties of vermiculites and prediction of their occurrence during water-rock interaction. **Applied Geochemistry**, v. 35, p. 264–278, 2013.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Técnicas de abastecimento e tratamento de água.** 3<sup>a</sup> ed. São Paulo/SP: CETESB, 1987.

BARLOKOVÁ, D.; ILAVSKÝ, J. Removal of Iron and Manganese from Water Using Filtration by Natural Materials. **Polish J. of Environ. Stud.**, v. 19, n. 6, p. 1117–1122, 2010.

BENEDICTO, L. C.; ANDRADE, I. V. DE. **Avaliação Do Uso De Orto – Polifosfato Como Complexante De Manganês Em Água De Poço Tubular.** (ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Ed.) 23<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais.** Campo Grande/MS: 2005

BOUCHARD, M. F. *et al.*, Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese from drinking water. **Environmental Health Perspectives**, v. 119, n. 1, p. 138–143, 2011.

BRASIL. **Portaria nº 2914/2011 Procedimentos De Controle E De Vigilância Da Qualidade Da Água Para Consumo Humano E Seu Padrão De Potabilidade**. Brasília/DF. MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS), 2011. Disponível em: <[www.saude.gov.br/bvs](http://www.saude.gov.br/bvs)>

BRASIL. DNPM/MME. **Sumário Mineral-2015**. Brasília/DF: 2016. Disponível em: <[www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br)>.

BRASIL/MMA. **Águas Subterrâneas - Um Recurso a Ser Conhecido E Protegido**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente/MMA, 2007. Disponível em: <[www.mma.gov.br/recursos\\_hidricos](http://www.mma.gov.br/recursos_hidricos)>.

BRIEF, A. N. D. W. C. F. S.-T. Iron and manganese removal. **Water & sewage works**. 1998.

BRITISH GEOLOGICAL SURVEY. **Water Quality Fact Sheet: Manganese** British Geological Survey. Reino Unido. 2003. Disponível em: <<https://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=1275>>.

CARRARO, N. M. DA S. R.; LOPES, L. M. **SERRA DA AREIA E ENTORNO: COMPARTIMENTOS MORFOPEDOLÓGICOS, USO/OCUPAÇÃO DA TERRA E IMPACTOS AMBIENTAIS**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology. **Anais**. Goiânia-GO: 2006

CELTA BRASIL. **Oxidação do Manganês na zeólita**. 2002. Disponível em: <<http://www.celtabrasil.com.br/noticias/oxidacao-do-manganes-na-zeolita>>. Acesso em: 24 set. 2016.

CHATURVEDI, S.; DAVE, P. N. Removal of iron for safe drinking water. **Desalination**, v. 303, p. 1–11, 2012.

CHIEKO SHINZATO, M. **ESTUDO EXPERIMENTAL DE RETENÇÃO DE ÍONS METÁLICOS EM VERMICULITA**. 1995. 105f. Dissertação (Mestrado em Mineralogia e Petrologia) Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo/USP, São Paulo.

CHUNG, S. E; Cheong, Hae Kwan; Ha, Eun Hee; Kim, Boong Nyun; Ha, Mina; Kim, Yangho; Hong, Yun Chul; Park, Hyesook,; Oh, Se Young, Maternal blood manganese and early neurodevelopment: The mothers and childrens environmental health (MOCEH) study. **Environmental Health Perspectives**, v. 123, n. 7, p. 717–722, 2015.

CIVARDI, J.; TOMPECK, M. Iron and Manganese Removal Handbook. In: AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (Ed.). **Iron and Manganese Removal Handbook**. Second ed. American Water Works Association, 2015. p. 35–46.

COELHO, A. C. V.; SANTOS, P. DE S.; SANTOS, H. DE S. ARGILAS ESPECIAIS: ARGILAS QUIMICAMENTE MODIFICADAS – UMA REVISÃO. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1282–1294, 2007.

DA FONSECA, M G.; DE OLIVEIRA, M M.; ARAKAKI, L. N H; ESPINOLA, J. G P; AIROLDI, C. Natural Vermiculite As An Exchanger Support For Heavy Cations In Aqueous Solution. **Journal of Colloid and Interface Science**. V. 285, p. 50-55, 2005.

DELKASH, M.; EBRAZI BAKHSHAYESH, B.; KAZEMIAN, H. Using zeolitic adsorbents to cleanup special wastewater streams: A review. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 214, p. 224–241, 2015.

DI BERNARDO, L. **Métodos e técnicas de tratamento de Água**. Rio de Janeiro: ABES, 1993.

DOULA, M. K. Removal Of  $Mn^{2+}$  Ions From Drinking Water By Using Clinoptilolite And A Clinoptilolite-Fe Oxide System. **Water Research**. v. 40, n. 17, p. 3167-3176, 2006.

EATON, A. D. *et al.* **APHA – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th ed ed. Washington, D.C.: APHA- American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association & WEF - Water Environment Federation., 2005.

EL-BAYAA, A. A.; BADAWY, N.; AIKHALIK, E. A. Effect of ionic strength on the adsorption of copper and chromium ions by vermiculite pure clay mineral. **Journal of Hazardous Materials**, v. 170, n. 2–3, p. 1204–1209, 2009.

EL-HABAACK, G.H; Ebtehad, A.S; Gameh, M.A; Abdel-Moneim, M.M **IRON REMOVAL FROM THE GROUNDWATER IN THE NEW VALLEY , WESTERN DESERT , EGYPT**. THE SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE GEOLOGY OF AFRICA. **Anais**. Assiut/Egypt: 2013

ELLIS, D.; BOUCHARD, C.; LANTAGNE, G. Removal of iron and manganese from groundwater by oxidation and microfiltration. **Desalination**, v. 130, n. 3, p. 255–264, 2000.

EPA. **Manganese Compounds**. 2010. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/0471238961.1301140716091901.a01.pub2>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

EUROPEAN COMMISSION. **Synthesis Report on the Quality of Drinking Water in the EU examining the Member States' reports for the period 2008-2010 under Directive 98/83/EC**. Brussels, 2014.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL-FILHO, J. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 2ª ed. Fortaleza-CE: CPRM, LABHID-UFPE, 2000.

FERNANDES, M. V. S.; SILVA, L. R. D. Síntese e caracterização de vermiculita mesoporosa obtida por modificação com sais complexos de alumínio e lantânio. **Cerâmica**, v. 60, p. 205–

210, 2014.

FIGUEIREDO, R. DOS S. **Estudo da adsorção de manganês em batelada e coluna de leito fixo utilizando zeólita sintética**. 2014. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto.

FILHO, D. G. N.; PEREIRA, A. G. **Remoção De Ferro Em Águas De Abastecimento , Seguidos De Filtração Direta-Condicionantes e Resultados**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. 1997

FILHO, G. D. S. **ESTUDO DA ADSORÇÃO DE ÍONS METÁLICOS EM CAULINITA PARA ÁGUA DE REUSO**. 2015. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES/USP, São Paulo.

FOLZKE, C. T. **Estudo da Remoção de Alumínio de Água para Abastecimento Utilizando Quitosana**. 2013. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Florianópolis.

FRANÇA, S. C. A.; ARRUDA, G. M. **Utilização da Vermiculita como Adsorvente de Metais Pesados**. Anais das VIII Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales. **Anais**. San Juan/AR: 2006

FRANCISCHETTI, J. **Remoção de Metais Pesados em Efluentes Líquidos Através da Filtração Adsorptiva**. 2004. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina /UFSC, Florianópolis.

FRISBIE, S. H. *et al.*, World health organization discontinues its drinking-water guideline for Manganese. **Environmental Health Perspectives**, v. 120, n. 6, p. 775–778, 2012.

GROSCHEIN, G. E. *et al.*, **Occurrence and Distribution of Iron, Manganese, and Selected Trace Elements in Ground Water in the Glacial Aquifer System of the Northern United States**. Reston/Virginia/US: U.S. Geological Survey, 2009.

HASHEM, F. S.; AMIN, M. S.; EL-GAMAL, S. M. A. Chemical activation of vermiculite to produce highly efficient material for Pb<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup> removal. **Applied Clay Science**, v. 115, p. 189–200, 2015.

HASSOUNA, M. E.; SHABAN, M.; NASSIF, F. Removal of Iron and Manganese Ions From Groundwater Using Kaolin Sub Micro Powder and its Modified Forms. **International Journal of Bioassays**, p. 3137–3145, 2014.

HAYNES, E. N. *et al.*, Manganese exposure and neurocognitive outcomes in rural school-age children: The communities actively researching exposure study (Ohio, USA). **Environmental Health Perspectives**, v. 123, n. 10, p. 1066–1071, 2015.

HUO, X. *et al.*, The effect of interlayer cations on the expansion of vermiculite. **Powder Technology**, v. 224, p. 241–246, 2012.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000. Fornecido em meio eletrônico**:[\[www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/\]](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/). Rio de Janeiro/RJ: IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2002.

INGLEZAKIS, V. J. *et al.*, Removal of iron and manganese from underground water by use of natural minerals in batch mode treatment. **Desalination and Water Treatment**, v. 18, n. 1–3, p. 341–346, 2010.

INGLEZAKIS, V. J. *et al.*, Treatment of underground water in open flow and closed-loop fixed bed systems by utilizing the natural minerals clinoptilolite and vermiculite. **Desalination and Water Treatment**, v. 39, n. 1–3, p. 215–227, 2012.

INGLEZAKIS, V. J. *et al.*, Experimental studies and modeling of clinoptilolite and vermiculite fixed beds for  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ , and  $Cr^{3+}$  removal. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, n. June, p. 11610–11622, 2016.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **As águas subterrâneas do Estado de São Paulo**. São Paulo/SP, 2009. Disponível em: <[www.igeologico.sp.gov.br](http://www.igeologico.sp.gov.br)>.

ISAEVA, M.; CASTRO, N. M. **Water Treatment for the Removal of Iron and Manganese**. Skövde, 2011.

KASHIF UDDIN, M. A review on the adsorption of heavy metals by clay minerals, with special focus on the past decade. **Chemical Engineering Journal**, v. 308, n. 1, p. 438–462, 2017.

LACERDA FILHO, J. V. DE. Geologia e recursos minerais do estado de Mato Grosso. **CPRM-Ministerio de Minas e Energia**, p. 200, 1999.

LAND, B. **Iron and Manganese in Household Drinking Water**. 1999. Disponível em: <<http://www.fs.fed.us/eng/pubs/html/99711308/99711308.html>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

LEAL, M. J. C. **Remoção De Matéria Húmica Aquática, Ferro E Manganês De Águas Para Abastecimento Por Meio De Coagulação, Floculação, Sedimentação E Filtração Com Membranas**. 2013. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC, Florianópolis.

LISIANE., S. N. L. *et al.*, **OBTENÇÃO DE ARGILAS QUIMICAMENTE MODIFICADAS - ORGANOVERMICULITA**. 56º Congresso Brasileiro de Cerâmica 1º Congresso Latino-Americano de Cerâmica IX Brazilian Symposium on Glass and Related Materials. **Anais**. Curitiba/PR: 2012

MACIEL, N. M. **Remoção De Ferro E Manganês Em Águas De Abastecimento, Atraves De Reatores Granulares De Fluxo Ascendente: Aplicação Em Poços Profundos**. 1999. 211f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UNICAMP, Campinas.

MALANDRINO, M. *et al.*, Adsorption of heavy metals on vermiculite: Influence of pH and organic ligands. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 299, n. 2, p. 537–546, 2006.

MARCOS, C.; RODRÍGUEZ, I. Expansion behaviour of commercial vermiculites at 1000 °C. **Applied Clay Science**, v. 48, n. 3, p. 492–498, 2010.

MARCOS, C.; RODRÍGUEZ, I. Thermoexfoliated commercial vermiculites for Ni<sup>2+</sup> removal. **Applied Clay Science**, v. 132–133, p. 685–693, 2016.

MEDEIROS, R. L. C. D. DE; GREATI, V. R.; LIMA, R. R. C. **EFICIÊNCIA DE ARGILAS NO ABRANDAMENTO DE ÁGUA PARA REUSO**. XII simpósio de recursos hídricos do nordeste. **Anais**. Natal/RN: 2014

MEIRA, J. M. L. “**Argilas: O Que São, Suas Propriedades E Classificações**” **Comunicações Técnicas**. Visa Consultores, 2001. Disponível em: <[www.visaconsultores.com/pdf/VISA\\_com09.pdf](http://www.visaconsultores.com/pdf/VISA_com09.pdf)>

MELLO, I. S. *et al.*, Revisão Sobre Argilominerais E Suas Modificações Estruturais Com Ênfase Em Aplicações Tecnológicas E Adsorção - Uma Pesquisa Inovadora Em Universidades. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 9, n. 1, p. 141–152, 2011.

MORETON, L. C. (Org.). Goiânia: folha SE.22-X-B-IV: estado de Goiás. Brasília: CPRM, 1994. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Escala 1:100.000.

MORUZZI, R. B.; REALI, M. A. P. Oxidação E Remoção De Ferro E Manganês Em Águas Para Fins De Abastecimento Público Ou Industrial – Uma Abordagem Geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 29–43, 2012.

MOYOSORE, J. O. *et al.*, Iron and Manganese Levels of Groundwater in Selected Areas in Ibadan and Feasible Engineering Solutions. **European Scientific Journal**, v. 10, n. 11, p. 137–153, 2014.

NARCISO, M. G.; GOMES, L. P. Qualidade da água subterrânea para abastecimento público na Serra das Areias , Aparecida de Goiânia - GO. **Sanare**, v. 21, n. 21, p. 4–18, 2004.

NATURALTEC. **Remoção de Ferro e Manganês**. Disponível em: <<http://www.naturaltec.com.br/Filtro-Ferro-Manganes-Inox.htm>>. Acesso em: 24 set. 2014.

NAVARRO, G. R. B.; ZANARDO, A. Petrografia E Geoquímica Das Rochas Metaultramáficas Da Região De Mairipotaba , Cromínia E Pontalina , Goiás. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 35, n. 4, p. 483–492, 2005.

NEW HAMPSHIRE/US. **Iron and / or Manganese in Drinking Water (Environmental Fact Sheet)**. Concord, 2013. Disponível em: <[www.des.nh.gov](http://www.des.nh.gov)>.

NOGUERA, C.; FRITZ, B.; CLÉMENT, A. Simulation of the nucleation and growth of clay minerals coupled with cation exchange. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 75, n. 12, p.

3402–3418, 2011.

NUNES, W. A. G. DE A. **A Troca Catiônica sob Abordagem Termodinâmica: Fatores Intervenientes e as Equações de Ação de Massas**. 69f. Comunicações Técnicas: Embrapa, documento 71. Dourados/MS, 2005.

OLIVEIRA, D. A.; SCHMIDT, G.; FREITAS, D. M. DE. Avaliação do teor de ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no plano diretor de Palmas-TO. **Forjando el Ambiente que Compartimos**. p. 1–15, 2010.

OLIVEIRA, S. A. **Estudo De Adsorção De Metais Pesados Em Zeólitas Para Fins De Uso Em Barreira Reativa**. 2011. 251f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro/ UFRJ, Rio de Janeiro.

PATIL, D. S.; CHAVAN, S. M.; OUBAGARANADIN, J. U. K. A review of technologies for manganese removal from wastewaters. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 4, n. 1, p. 468–487, 2016.

PERALTA, M. M. C. **Tratamento Químico De Uma Vermiculita Visando Seu Uso Em Compósitos De Polipropileno**. 2009. 64f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEREIRA, C. P. P. *et al.*, **Água de Poço: Utilização de Troca Iônica para Remoção de Ferro e Manganês na Água**. Goiânia-GO: Instituto Federal de Goiás/IFG, 2009.

PIRES, V. G. R. “**Avaliação Da Pré-Oxidação E Da Clarificação Em Escala De Bancada Na Remoção De Arsênio E Manganês Em Águas De Abastecimento**”. 2013. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Instituto de Ciências Exatas e Biológicas- Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP, Ouro Preto.

PRIANTI JUNIOR, N. G. *et al.*, **REMOÇÃO E CONTROLE DE FERRO E MANGANÊS EM ÁGUAS PARA CONSUMO HUMANO Tema I: Abastecimento de Água**. Santo André/SP: Semasa, 2004. Disponível em: <servicos.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/PDF/35Assemmae032.pdf>

PRIANTI JUNIOR, N. G.; AROUCA, J.; CARMO, F. H. **Minimização de problemas com ferro e manganês na água de abastecimento de Jacareí – SP- Um estudo de aplicação do orto polifosfato**. XXVI Assembléia Nacional da ASSEMAE. Anais. Vitória: ASSEMAE, 1998

QUEIROZ, J. P. L. **Remoção de Manganês de Águas e Efluentes por Precipitação**. 2013. 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos) Departamento de Engenharia de Materiais - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

RAMOS, M. H. C. **Remoção de Cor, Ferro e Manganês de Água com Matéria Orgânica Dissolvida por Pré-Oxidação com Dióxido de Cloro, Coagulação e Filtração**. 2010. 129f.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias - Universidade De Ribeirão Preto/UNAERP, Ribeirão Preto.

REINHOLDT, M. X. *et al.*, Morphological properties of vermiculite particles in size-selected fractions obtained by sonication. **Applied Clay Science**, v. 77–78, p. 18–32, 2013.

REIS, E. **Vermiculita no Brasil - Situação atual**. Relatório Técnico. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CTMineral, 2001.

RODRIGUES, A. P. *et al.*, **Caracterização do Meio Físico, dos Recursos Minerais e Hídricos do Município de Aparecida de Goiânia/GO**. Relatório Técnico. Goiânia-GO: Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, 2005. 106 p

ROTENBERG, B. *et al.*, On the driving force of cation exchange in clays: Insights from combined microcalorimetry experiments and molecular simulation. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 73, n. 14, p. 4034–4044, 2009.

SANTOS, J. M. M. DOS. **Índice de qualidade de água subterrânea aplicado em área de Aquíferos cristalinos com uso agrícola: bacia do rio São Domingos – RJ**. 2009. 189f. Tese (Doutorado em Geologia) Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro.

SATHYANARAYANA, B.; SESHIAH, K. Kinetics And Equilibrium Studies On The Sorption Of Manganese(II) And Nickel(II) Onto Kaolinite And Bentonite. **E-Journal of Chemistry**, v. 8, n. 1, p. 373-385, 2011.

SATTERFIELD, Z. **Well Maintenance and Groundwater Protection**. 2015. Disponível em: <[www.nesc.wvu.edu/techbrief.cfm](http://www.nesc.wvu.edu/techbrief.cfm)>.

SEN GUPTA, S.; BHATTACHARYYA, K. G. Kinetics of adsorption of metal ions on inorganic materials: A review. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 162, n. 1–2, p. 39–58, 2011.

SHINZATO, M. C. Remoção de metais pesados em solução por zeólitas naturais: Revisão crítica. **Revista do Instituto Geológico**, v. 27–28, n. 1/2, p. 65–78, 2007.

SILVA, L. A.; MARTINS, C. R.; ANDRADE, J. B. Por Que Todos Os Nitratos São Solúveis? **Química Nova**. v. 27, n. 6, p. 1016-1020, 2004.

SIS, H; UYSAL, T. Removal of heavy metal ions from aqueous medium using Kuluncak (Malatya) vermiculites and effect of precipitation on removal. **Applied Clay Science**. v. 95, p. 1-8, 2014.

SNATURAL. **Modelos filtros comerciais Zeolita Ferro-Manganes.pdf**. Disponível em: <[http://www.snatural.com.br/PDF\\_arquivos/Filtracao-Zeolitos-Ferro-Manganes-3.pdf](http://www.snatural.com.br/PDF_arquivos/Filtracao-Zeolitos-Ferro-Manganes-3.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2015.

TERTRE, E. *et al.*, Ion-exchange reactions on clay minerals coupled with advection/dispersion processes. Application to  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  exchange on vermiculite: Reactive-transport modeling, batch and stirred flow-through reactor experiments. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 112, p. 1–19, 2013.

TERTRE, E.; PRÊT, D.; FERRAGE, E. Influence of the ionic strength and solid/solution ratio on  $\text{Ca(II)}$ -for- $\text{Na}^+$  exchange on montmorillonite. Part 1: Chemical measurements, thermodynamic modeling and potential implications for trace elements geochemistry. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 353, n. 1, p. 248–256, 2010.

THOMPSON, M.; ELLISON, S. L. R.; WOOD, R. Harmonized guidelines for single-laboratory validation of methods of analysis (IUPAC Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, v. 74, n. 5, p. 835–855, 2002.

UNESCO/ONU. **World's Groundwater resources are Suffering from poor Governance. unesCo natural sciences sector news. Paris, UNESCO.** Paris/FR, 2012.

UNIVERSITY OF MARYLAND MEDICAL CENTER (UMMC). **Manganese.** Disponível em: <<https://umm.edu/health/medical/altmed/supplement/manganese>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

USEPA. **Field Sampling Manual.** New Jersey: U. S. Environmental Protection Agency (USEPA), 2005.

VALÁŠKOVÁ, M.; MARTYNKOVÁ, G. S. Vermiculite: Structural Properties and Examples of the Use. In: **Clay Minerals in Nature - Their Characterization, Modification and Application.** [s.l.] InTech, 2012. p. 210–238.

VULPASU, E.; RACOVITEANU, G. Evaluation of the Groundwater Quality in Constanta County, Seaside Area. **Energy Procedia**, v. 85, n. November 2015, p. 612–619, 2016.

WATER RESEARCH FOUNDATION (WRF) AND EPA. **Legacy of Manganese Accumulation in Water Systems.** Denver/US, 2015. Disponível em: <<http://www.waterrf.org/PublicReportLibrary/4314.pdf>>.

WATER STEWARDSHIP. **Iron & Manganese in Groundwater.** British Columbia/Canadá, 2007.

WEGRZYN, A. *et al.*, Adsorbents for iron removal obtained from vermiculite. **Acta Geodynamica et Geromaterialia**, v. 10, n. 3, p. 353–361, 2013.

WWAP/ONU-UNESCO. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World.** Paris/FR, 2015.

WWAP/UNESCO. **Encarando os Desafios - Estudos de Caso e Indicadores.** Paris/FR: UNESCO/ONU, 2015.

**ANEXO A – SÉRIE HISTÓRICA DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE ALGUNS POÇOS DA ÁREA DE ESTUDO REALIZADOS PELA SANEAGO NO PERÍODO DE 2009 A 2014.**

 <b>SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.</b>		<b>ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA</b>				
<b>01</b>		<b>DADOS GERAIS DA AMOSTRA</b>			<b>N.º 22.704/2010</b>	
Interessado: P-GNA/NORONHA						
Município: AP. GYN – GO						
Local: JD. TIRADENTES						
Ponto de Referência: SAÍDA DO POÇO						
Data da Coleta: 06/10/2010				Chuvras: -		
Hora da Coleta: 10:00				Data de Entrada no Laboratório: 06/10/2010		
Temperatura Ambiente Local: 30 °C			Hora de Entrada no Laboratório: 15:30			
Temperatura da Água no Local: 26 °C			Responsável pela Coleta: NILTON			
<b>02</b>		<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA</b>				
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
			IT07.0521	CONAMA396/08	PORT.518/04	
2.1	Flúor	0,118	1,0	1,5	0,6 a 1,0	mg/L F
2.2	Turbidez	12,6	3	NR	1	uT
2.3	Cor Aparente	25,1	15	NR	15	uH
2.4	pH	7,6	5,0 a 9,5	NR	6 a 9,5	-
2.5	Alcalinidade Total	60,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.6	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	60,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Dureza Total	80,0	150	NR	500	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Matéria Orgânica	1,7	3,0	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.10	Cloretos	11,0	100	250	250	mg/L Cl
2.11	Ferro total	2,76	1,0	0,3	0,3	mg/L Fe
2.12	Ferro solúvel	0,25	0,3	0,3	0,3	mg/L Fe
2.13	Sólidos Totais Dissolvidos	89,43	500	1000	1000	mg/L
2.14	Nitrato	<0,01	10	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.15	Nitrato	0,014	1	1	1	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.16	Nitrogênio Amoniacal	<0,01	1,5	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Odor	-	4	NR	Não objetável	N.L.O.
2.18	Condutividade	162,6	NR	NR	NR	µS/cm
2.19	Manganês	0,70	0,1	0,1	0,1	mg/L Mn
2.20	Sulfato	13,0	50	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>
2.21	Sulfeto	-	0,05	NR	0,05	mg/L S
2.21	Gás Carbônico	-	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.22	Alumínio	-	-	0,2	0,2	mg/L Al
2.23		-				
<b>03</b>		<b>EXAME BACTERIOLÓGICO</b>				
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE	
3.1	Índice de Coliforme Total	-	100	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL
3.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.3	Índice de Escherichia Coli	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
<b>CONCLUSÃO:</b> "Os valores dos parâmetros de água bruta subterrânea são analisados com base na resolução CONAMA 396/08, Portaria n° 518/04 e instrução normativa IN07.0521 da SANEAGO, apresentando as características dentro dos padrões dos critérios adotados, não exigindo tratamento avançado."						
<b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.						
<b>Notas:</b> Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.						
<b>Legenda:</b> N.M.P. = Número Mais Provável      N.O.L.= Nivel Limiar de Odor						
<b>Responsável Pela Análise:</b>  JAQUELINE FAGUNDES		<b>Responsável Técnico:</b> 		<b>Local e Data:</b>  <div align="right"><b>GOIÂNIA, 13/10/2010.</b></div>		

0629F (00)

27/05/2010

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE					
01	DADOS GERAIS DA AMOSTRA				N.º 14.387/2010		
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP/E-GHI							
Município: AP DE GOIÂNIA – GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: PFSH 104 IND. MANSÕES							
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO							
Data da Coleta: 26/06/2010			Chuvvas: -				
Hora da Coleta: 08:00			Data de Entrada no Laboratório: 28/06/2010				
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 09:45				
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável Pela Coleta: RODOLFO				
02	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA						
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório Rede		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Fluor	0,12	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	0,51	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	0,6	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	8,16	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	53,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	53,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	0,03	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	34,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	0,1	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	0,5	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	0,74	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	48,89	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrito	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	88,9	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,06	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
03	EXAME BACTERIOLÓGICO						
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./ mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
<b>MÉTODO A = (QUALITATIVO)</b>		<b>MÉTODO B = (QUANTITATIVO)</b>		<b>&lt;1,1(água tratada) &lt;1,8 (subterrânea)</b>			
<b>CONCLUSÃO:</b> Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
<b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.							
<b>Notas:</b>							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
Legenda: NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= N° Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia							
* Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
 JAGUELINE FERNANDES  ALINE VEIRA		 RODOLFO		GOIÂNIA, 30/06/2010.			

 <b>SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.</b>		<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE</b>					
<b>01</b>	<b>DADOS GERAIS DA AMOSTRA</b>			<b>N.º 06.251/2009</b>			
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP / E-GHI							
Município: AP. DE GOIÂNIA - GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: P. SM. 13 SEV 2. 165 - JD. TIRADENTES							
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO							
Data da Coleta: 29/03/2009			Chuvras: -				
Hora da Coleta: 19:00			Data de Entrada no Laboratório: 31/03/2009				
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 10:51				
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável Pela Coleta: MAURO BATISTA				
<b>02</b>	<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA</b>						
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório (Rede)		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Flúor	0,15	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	9,36	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	14,9	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	7,10	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	90,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	90,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	0,46	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	56,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	0,6	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	0,5	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	14,51	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	73,32	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrito	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	133,3	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,17	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
<b>03</b>	<b>EXAME BACTERIOLÓGICO</b>						
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P./100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P./100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P./100mL	
<b>MÉTODO A = (QUALITATIVO)</b>		<b>MÉTODO B = (QUANTITATIVO)</b>		<b>&lt;1,1(água tratada) &lt;1,8 (subterrânea)</b>			
<b>CONCLUSÃO:</b> Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
<b>Notas:</b>							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
<b>Legenda:</b> NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= Nº Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia							
* Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
JAQUELINE FAGUNDES				GOIÂNIA, 01/04/2009			

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE					
01	DADOS GERAIS DA AMOSTRA				N.º 06.252/2009		
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP / E-GHI							
Município: AP. DE GOIÂNIA - GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: JD. TIRADENTES PSM 23							
Ponto de Referência: ROTATÓRIA DA PRAÇA CENTRAL							
Data da Coleta: 29/03/2009			Chuvos: -				
Hora da Coleta: 21:00			Data de Entrada no Laboratório: 31/03/2009				
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 10:51				
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável Pela Coleta: MAURO BATISTA				
02	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA						
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório/Rede		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Flúor	0,15	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	10,0	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	19,2	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	7,58	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	70,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	70,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	0,65	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	62,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	0,3	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	0,5	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	3,57	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	69,68	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrito	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	126,7	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,22	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
03	EXAME BACTERIOLÓGICO						
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P./100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P./100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P./100mL	
MÉTODO A = (QUALITATIVO)		MÉTODO B = (QUANTITATIVO)		<1,1(água tratada)	<1,8(subterrânea)		
CONCLUSÃO: Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria N.º 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
Notas:							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria N.º 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
Legenda: NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= N.º Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia							
* Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
JAQUELINE FAGUNDES				GOIÂNIA, 01/04/2009			

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE					
01		DADOS GERAIS DA AMOSTRA			N.º 07.234/2009		
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP / E-GHI							
Município: APARECIDA DE GOIÂNIA - GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: P.6 – JD. TIRADENTES (ANTES)							
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO							
Data da Coleta: 14/04/2009			Chuvvas: -				
Hora da Coleta: 09:45			Data de Entrada no Laboratório: 14/04/2009				
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 10:29				
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável Pela Coleta: RODOLFO MENDONÇA				
02		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA					
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório / Rede		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Flúor	0,10	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	93,4	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	145,1	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	6,76	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	135,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	135,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,00	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	9,20	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	132,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	0,3	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	8,0	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	43,43	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	149,60	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrito	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	272,0	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,54	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
03		EXAME BACTERIOLÓGICO					
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./ mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
MÉTODO A = (QUALITATIVO)		MÉTODO B = (QUANTITATIVO)		<1,1(água tratada)	<1,8 (subterrânea)		
CONCLUSÃO: Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria N.º 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
Notas:							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria N.º 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
Legenda: NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= N.º Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia							
* Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
JAQUELINE FAGUNDES				GOIÂNIA, 16/04/2009			

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE					
01	DADOS GERAIS DA AMOSTRA			N.º 07.747/2009			
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP / E-GHI							
Município: AP. DE GOIÂNIA - GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: P. 6 (CHEGADA RESERVATÓRIO) JD. TIRADENTES							
Ponto de Referência: RESERVATÓRIO							
Data da Coleta: 20/04/2009			Chuvvas: -				
Hora da Coleta: 15:40			Data de Entrada no Laboratório: 20/04/2009				
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 16:21				
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável Pela Coleta: RODOLFO				
02	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA						
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório / Rede		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Flúor	0,10	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	4,77	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	12,5	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	6,84	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	137,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	137,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	0,41	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	138,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	0,3	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	7,0	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	44,07	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	164,45	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrito	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	299,0	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,49	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
03	EXAME BACTERIOLÓGICO						
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./ mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
MÉTODO A = (QUALITATIVO)		MÉTODO B = (QUANTITATIVO)		<1,1(água tratada)	<1,8 (subterrânea)		
<b>CONCLUSÃO:</b> Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria N.º 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
<b>Notas:</b>							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria N.º 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
Legenda: NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= N.º Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia							
* Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
JAQUELINE FAGUNDES				GOIÂNIA, 23/04/2009			

 <b>SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.</b>		<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE</b>					
<b>01</b>	<b>DADOS GERAIS DA AMOSTRA</b>				<b>N.º 12.328/2009</b>		
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP/E-GHI							
Município: APARECIDA DE GOIÂNIA – GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: PT.12 SISTEMA INDEPENDÊNCIA MANSÕES							
Ponto de Referência: BOCA DE POÇO							
Data da Coleta: 27/06/2009			Chuvvas: -				
Hora da Coleta: 12:00			Data de Entrada no Laboratório: 29/06/2009				
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 09:49				
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável Pela Coleta: MAURO BATISTA				
<b>02</b>	<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA</b>						
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório/Rede		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Fluór	0,14	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	2,05	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	5,6	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	7,20	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	130,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	130,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,00	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	0,09	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	106,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	1,2	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	3,0	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	16,65	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	118,80	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrito	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	216,0	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,05	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
<b>03</b>	<b>EXAME BACTERIOLÓGICO</b>						
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
<b>MÉTODO A = (QUALITATIVO)</b>		<b>MÉTODO B = (QUANTITATIVO)</b>		<b>&lt;1,1(água tratada) &lt;1,8 (subterrânea)</b>			
<b>CONCLUSÃO:</b> Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria N.º 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
<b>Notas:</b>							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria N.º 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
Legenda: NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= N.º Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia * Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
JAQUELINE FAGUNDES				GOIÂNIA, 01/07/2009.			

 <b>SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.</b>		<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE</b>					
<b>01</b>	<b>DADOS GERAIS DA AMOSTRA</b>				<b>N.º 13.331/2009</b>		
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP/E-GHI							
Município: APARECIDA DE GOIÂNIA – GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: IND. MANSÕES							
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO 14							
Data da Coleta: 09/07/2009			Chuvvas: -				
Hora da Coleta: 15:00			Data de Entrada no Laboratório: 10/07/2009				
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 14:12				
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável Pela Coleta: LUIS FERNANDO				
<b>02</b>	<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA</b>						
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório / Rede		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Flúor	0,08	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	0,58	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	3,1	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	7,90	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	77,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	67,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	10,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	0,18	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	76,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	0,8	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	0,5	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	1,97	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	75,35	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrito	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	137,0	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,01	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
<b>03</b>	<b>EXAME BACTERIOLÓGICO</b>						
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./ mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
<b>MÉTODO A = (QUALITATIVO)</b>		<b>MÉTODO B = (QUANTITATIVO)</b>		<b>&lt;1,1(água tratada) &lt;1,8 (subterrânea)</b>			
<b>CONCLUSÃO:</b> Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
<b>Notas:</b>							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
<b>Legenda:</b> NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= N° Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia * Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
JAQUELINE FAGUNDES		DJANIR DO E. SANTO		GOIÂNIA, 14/07/2009.			

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE					
01	DADOS GERAIS DA AMOSTRA				N.º 13.746/2009		
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP/E-GHI							
Município: APARECIDA DE GOIÂNIA – GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: INDEP. MANSÕES P – 10							
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO 10							
Data da Coleta: 15/07/2009			Chuvvas: -				
Hora da Coleta: 09:00			Data de Entrada no Laboratório: 16/07/2009				
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 11:11				
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável Pela Coleta: LUIS FERNANDO				
02	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA						
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório / Rede		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Flúor	0,11	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	29,4	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	110,5	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	7,19	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	89,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	89,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,00	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	1,89	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	100,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	0,7	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	10,5	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	16,12	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	121,55	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrato	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	221,0	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,23	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
03	EXAME BACTERIOLÓGICO						
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./ mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
<b>MÉTODO A = (QUALITATIVO)</b>		<b>MÉTODO B = (QUANTITATIVO)</b>		<1,1(água tratada) <1,8 (subterrânea)			
<b>CONCLUSÃO:</b> Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
<b>Notas:</b>							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
<b>Legenda:</b> NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= Nº Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia * Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
JAQUELINE FAGUNDES		DJANIR DO E. SANTO		GOIÂNIA, 20/07/2009.			

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA				
01		DADOS GERAIS DA AMOSTRA			N.º 21.730/2010	
Interessado: SUESP/EGHI						
Município APARECIDA DE GOIÂNIA – GO						
Local: INDEPENDÊNCIA MANSÕES						
Ponto de Referência: POÇO - 13						
Data da Coleta: 23/09/2010			Chuvvas: -			
Hora da Coleta: 13:00			Data de Entrada no Laboratório: 23/09/2010			
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 16:35			
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável pela Coleta: JOSÉ PAULO			
02		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA				
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
			IT07.0521	CONAMA396/08	PORT.518/04	
2.1	Flúor	0,13	1,0	1,5	0,6 a 1,0	mg/L F
2.2	Turbidez	1,5	3	NR	1	uT
2.3	Cor Aparente	7,9	15	NR	15	uH
2.4	pH	7,17	5,0 a 9,5	NR	6 a 9,5	-
2.5	Alcalinidade Total	90,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.6	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	90,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Dureza Total	100,0	150	NR	500	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Matéria Orgânica	0,8	3,0	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.10	Cloretos	15,0	100	250	250	mg/L Cl
2.11	Ferro total	0,25	1,0	0,3	0,3	mg/L Fe
2.12	Ferro solúvel	0,10	0,3	0,3	0,3	mg/L Fe
2.13	Sólidos Totais Dissolvidos	113,0	500	1000	1000	mg/L
2.14	Nitrato	0,11	10	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.15	Nitrato	0,016	1	1	1	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.16	Nitrogênio Amoniacal	0,02	1,5	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Odor	-	4	NR	Não objetável	N.L.O.
2.18	Condutividade	226,0	NR	NR	NR	µS/cm
2.19	Mangansês	0,14	0,1	0,1	0,1	mg/L Mn
2.20	Sulfato	5,0	50	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>
2.21	Sulfeto	-	0,05	NR	0,05	mg/L S
2.21	Gás Carbônico	-	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.22	Alumínio	-	-	0,2	0,2	mg/L Al
2.23		-				
03		EXAME BACTERIOLÓGICO				
PARÂMETRO		RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
3.1	Índice de Coliforme Total	-	100	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL
3.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.3	Índice de Escherichia Coli	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
<b>CONCLUSÃO:</b> "Os valores dos parâmetros de água bruta subterrânea são analisados com base na resolução CONAMA 396/08, Portaria n° 518/04 e instrução normativa da SANEAGO, apresentando: <b>MANGANÊS</b> , fora dos padrões dos critérios adotados. "						
<b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.						
<b>Notas:</b> Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.						
<b>Legenda:</b> N.M.P. = Número Mais Provável N.O.L. = Nível Limiar de Odor						
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:		
 JAQUELINE FAGUNDES		 JOSÉ PAULO		GOIÂNIA, 27/09/2010.		

0629F (00)

27/05/2010

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA				
01	DADOS GERAIS DA AMOSTRA			N.º 22.704/2010		
Interessado: P-GNA/NORONHA						
Município: AP. GYN – GO						
Local: JD. TIRADENTES						
Ponto de Referência: SAÍDA DO POÇO						
Data da Coleta: 06/10/2010			Chuvras: -			
Hora da Coleta: 10:00			Data de Entrada no Laboratório: 06/10/2010			
Temperatura Ambiente Local: 30 °C		Hora de Entrada no Laboratório: 15:30				
Temperatura da Água no Local: 26 °C		Responsável pela Coleta: NILTON				
02	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA					
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
			IT07.0521	CONAMA396/08	PORT.518/04	
2.1	Flúor	0,118	1,0	1,5	0,6 a 1,0	mg/L F
2.2	Turbidez	12,6	3	NR	1	uT
2.3	Cor Aparente	25,1	15	NR	15	uH
2.4	pH	7,6	5,0 a 9,5	NR	6 a 9,5	-
2.5	Alcalinidade Total	60,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.6	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	60,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Dureza Total	80,0	150	NR	500	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Matéria Orgânica	1,7	3,0	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.10	Cloreto	11,0	100	250	250	mg/L Cl
2.11	Ferro total	2,76	1,0	0,3	0,3	mg/L Fe
2.12	Ferro solúvel	0,25	0,3	0,3	0,3	mg/L Fe
2.13	Sólidos Totais Dissolvidos	89,43	500	1000	1000	mg/L
2.14	Nitrato	<0,01	10	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.15	Nitrato	0,014	1	1	1	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.16	Nitrogênio Amoniacal	<0,01	1,5	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Odor	-	4	NR	Não objetável	N.L.O.
2.18	Condutividade	162,6	NR	NR	NR	µS/cm
2.19	Manganês	0,70	0,1	0,1	0,1	mg/L Mn
2.20	Sulfato	13,0	50	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>
2.21	Sulfeto	-	0,05	NR	0,05	mg/L S
2.21	Gás Carbônico	-	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.22	Alumínio	-	-	0,2	0,2	mg/L Al
2.23		-				
03	EXAME BACTERIOLÓGICO					
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE	
3.1	Índice de Coliforme Total	-	100	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL
3.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.3	Índice de Escherichia Coli	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
<b>CONCLUSÃO:</b> "Os valores dos parâmetros de água bruta subterrânea são analisados com base na resolução CONAMA 396/08, Portaria n° 518/04 e instrução normativa IN07.0521 da SANEAGO, apresentando as características dentro dos padrões dos critérios adotados, não exigindo tratamento avançado.".						
<b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.						
<b>Notas:</b> Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.						
<b>Legenda:</b> N.M.P. = Número Mais Provável N.O.L. = Nível Limiar de Odor						
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:		
 JAQUELINE RODRIGUES		 NILTON		GOIÂNIA, 13/10/2010.		

0629F (00)

27/05/2010

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA				
01	DADOS GERAIS DA AMOSTRA				N.º 17.312/2010	
Interessado: SUESP/EGHI						
Município APARECIDA DE GOIÂNIA – GO						
Local: SETOR INDEPENDÊNCIA DAS MANSÕES P-10						
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO						
Data da Coleta: 03/08/2010			Chuvvas:-			
Hora da Coleta: 11:00			Data de Entrada no Laboratório: 04/08/2010			
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 08:30			
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável pela Coleta: LUIS FERNANDO			
02	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA					
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
			IT07.0521	CONAMA396/08	PORT.518/04	
2.1	Flúor	0,11	1,0	1,5	0,6 a 1,0	mg/L F
2.2	Turbidez	0,8	3	NR	1	uT
2.3	Cor Aparente	2,3	15	NR	15	uH
2.4	pH	7,42	5,0 a 9,5	NR	6 a 9,5	-
2.5	Alcalinidade Total	80,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.6	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	80,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Dureza Total	100,0	150	NR	500	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Matéria Orgânica	0,1	3,0	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.10	Cloretos	7,5	100	250	250	mg/L Cl
2.11	Ferro total	1,36	1,0	0,3	0,3	mg/L Fe
2.12	Ferro solúvel	0,30	0,3	0,3	0,3	mg/L Fe
2.13	Sólidos Totais Dissolvidos	100,1	500	1000	1000	mg/L
2.14	Nitrato	0,07	10	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.15	Nitrito	0,066	1	1	1	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.16	Nitrogênio Amoniacal	0,02	1,5	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Odor	-	4	NR	Não objetável	N.L.O.
2.18	Condutividade	182,00	NR	NR	NR	µS/cm
2.19	Manganês	0,23	0,1	0,1	0,1	mg/L Mn
2.20	Sulfato	30,0	50	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>
2.21	Sulfeto	-	0,05	NR	0,05	mg/L S
2.21	Gás Carbônico	6,47	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.22	Alumínio	-	-	0,2	0,2	mg/L Al
2.23		-				
03	EXAME BACTERIOLÓGICO					
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE	
3.1	Índice de Coliforme Total	-	100	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL
3.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.3	Índice de Escherichia Coli	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
<p><b>CONCLUSÃO:</b> "Os valores dos parâmetros de água bruta subterrânea são analisados com base na resolução CONAMA 396/08, Portaria n.º 518/04 e instrução normativa IN07.0521 da SANEAGO, apresentando as características dentro dos padrões dos critérios adotados, não exigindo tratamento avançado."</p> <p><b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.</p> <p><b>Notas:</b> Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.</p> <p><b>Legenda:</b> N.M.P. = Número Mais Provável      N.O.L. = Nível Limiar de Odor</p>						
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:		
 JAQUELINE RODRIGUES		 DJALMINO DE SÁ		GOIÂNIA, 06/08/2010		

0629F (00)

27/05/2010

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA				
01		DADOS GERAIS DA AMOSTRA				N.º 18.305/2010
Interessado: SUESP/EGHI						
Município APARECIDA DE GOIÂNIA - GO						
Local: SETOR INDEP. MANSÕES						
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO 05						
Data da Coleta: 13/08/2010				Chuvvas: -		
Hora da Coleta: 17:00				Data de Entrada no Laboratório: 16/08/2010		
Temperatura Ambiente Local: - °C		-		Hora de Entrada no Laboratório: 08:15		
Temperatura da Água no Local: - °C		-		Responsável pela Coleta: LUIS FERNANDO		
02		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA				
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
			IT07.0521	CONAMA396/08	PORT.518/04	
2.1	Flúor	0,04	1,0	1,5	0,6 a 1,0	mg/L F
2.2	Turbidez	0,5	3	NR	1	uT
2.3	Cor Aparente	2,2	15	NR	15	uH
2.4	pH	7,25	5,0 a 9,5	NR	6 a 9,5	-
2.5	Alcalinidade Total	15,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.6	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	15,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Dureza Total	20,0	150	NR	500	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Matéria Orgânica	0,1	3,0	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.10	Cloretos	3,0	100	250	250	mg/L Cl
2.11	Ferro total	0,04	1,0	0,3	0,3	mg/L Fe
2.12	Ferro solúvel	0,04	0,3	0,3	0,3	mg/L Fe
2.13	Sólidos Totais Dissolvidos	32,34	500	1000	1000	mg/L
2.14	Nitrato	1,63	10	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.15	Nitrato	0,003	1	1	1	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.16	Nitrogênio Amoniacal	0,01	1,5	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Odor	-	4	NR	Não objetável	N.L.O.
2.18	Condutividade	58,8	NR	NR	NR	µS/cm
2.19	Manganês	0,3	0,1	0,1	0,1	mg/L Mn
2.20	Sulfato	0,1	50	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>
2.21	Sulfeto	-	0,05	NR	0,05	mg/L S
2.21	Gás Carbônico	1,92	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.22	Alumínio	-	-	0,2	0,2	mg/L Al
2.23	-	-	-	-	-	-
03		EXAME BACTERIOLÓGICO				
PARÂMETRO		RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
3.1	Índice de Coliforme Total	-	100	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL
3.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.3	Índice de Escherichia Coli	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
<b>CONCLUSÃO:</b> "Os valores dos parâmetros de água bruta subterrânea são analisados com base na resolução CONAMA 396/08, Portaria n.º 518/04 e instrução normativa IN07.0521 da SANEAGO, apresentando as características dentro dos padrões dos critérios adotados, não exigindo tratamento avançado."						
<b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.						
<b>Notas:</b> Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.						
<b>Legenda:</b> N.M.P. = Número Mais Provável      N.O.L. = Nivel Limiar de Odor						
<b>Responsável Pela Análise:</b>  JAQUELINE FERNANDES		<b>Responsável Técnico:</b>  JALINE VIEIRA		<b>Local e Data:</b>  GOIÂNIA, 18/08/2010.		

0629F (00)

27/05/2010

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE					
01		DADOS GERAIS DA AMOSTRA			N.º 14.387/2010		
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP/E-GHI							
Município: AP DE GOIÂNIA - GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: PFSH 104 IND. MANSÕES							
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO							
Data da Coleta: 26/06/2010				Chuvvas: -			
Hora da Coleta: 08:00				Data de Entrada no Laboratório: 28/06/2010			
Temperatura Ambiente Local: - °C				Hora de Entrada no Laboratório: 09:45			
Temperatura da Água no Local: - °C				Responsável Pela Coleta: RODOLFO			
02		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA					
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório (Rede)		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Fluor	0,12	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	0,51	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	0,6	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	8,16	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	53,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	53,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	0,03	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	34,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	0,1	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	0,5	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	0,74	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	48,89	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrito	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	88,9	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,06	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	-	-	-	Virtualmente Ausente	mg/L
03		EXAME BACTERIOLÓGICO					
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./ mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
<b>MÉTODO A = (QUALITATIVO)</b>		<b>MÉTODO B = (QUANTITATIVO)</b>		<b>&lt;1,1(água tratada) &lt;1,8 (subterrânea)</b>			
<b>CONCLUSÃO:</b> Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
<b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.							
<b>Notas:</b>							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
<b>Legenda:</b> NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= Nº Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia							
* Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
 JAQUELINE RODRIGUES		 AIRINE V. PEREIRA		 RODOLFO			
				GOIÂNIA, 30/06/2010.			

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE					
01	DADOS GERAIS DA AMOSTRA			N.º 14.912/2010			
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP/E-GHI							
Município: APARECIDA DE GOIÂNIA – GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: P10 SISTEMA TIRADENTES							
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO							
Data da Coleta: 03/07/2010			Chuvvas: -				
Hora da Coleta: 11:00			Data de Entrada no Laboratório: 05/07/2010				
Temperatura Ambiente Local: 22 °C			Hora de Entrada no Laboratório: 08:00				
Temperatura da Água no Local: 20 °C			Responsável Pela Coleta: SEBASTIÃO R. MOURA				
02	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA						
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório / Rede		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Fluór	0,13	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	0,5	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	2,8	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	6,7	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	105,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	105,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	0,03	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	94,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	0,1	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	5,0	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	42,52	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	88,49	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrato	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	160,9	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,04	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
03	EXAME BACTERIOLÓGICO						
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./ mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
MÉTODO A = (QUALITATIVO)		MÉTODO B = (QUANTITATIVO)		<1,1(água tratada)	<1,8 (subterrânea)		
CONCLUSÃO: Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
OBSERVAÇÃO: COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.							
Notas:							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
Legenda: NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= Nº Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia							
* Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
 JAQUELINE RODRIGUES		 SEBASTIÃO R. MOURA		GOIÂNIA, 05/07/2010.			

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA				
01	DADOS GERAIS DA AMOSTRA				N.º 16.008/2010	
Interessado: SUESP/EGHI						
Município APARECIDA DE GOIÂNIA – GO						
Local: P-FSH 145 INDEPENDÊNCIA MANSÕES						
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO						
Data da Coleta: 19/07/2010			Chuvras:-			
Hora da Coleta: 08:00			Data de Entrada no Laboratório: 19/07/2010			
Temperatura Ambiente Local: 20 °C			Hora de Entrada no Laboratório: 11:10			
Temperatura da Água no Local: 22 °C			Responsável pela Coleta: SEBASTIÃO R. MOURA			
02	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA					
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
			IT07.0521	CONAMA396/08	PORT.518/04	
2.1	Flúor	0,08	1,0	1,5	0,6 a 1,0	mg/L F
2.2	Turbidez	0,61	3	NR	1	uT
2.3	Cor Aparente	1,5	15	NR	15	uH
2.4	pH	6,12	5,0 a 9,5	NR	6 a 9,5	-
2.5	Alcalinidade Total	35,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.6	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	35,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Dureza Total	30,0	150	NR	500	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Matéria Orgânica	0,5	3,0	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.10	Cloretos	1,5	100	250	250	mg/L Cl
2.11	Ferro total	0,12	1,0	0,3	0,3	mg/L Fe
2.12	Ferro solúvel	-	0,3	0,3	0,3	mg/L Fe
2.13	Sólidos Totais Dissolvidos	37,67	500	1000	1000	mg/L
2.14	Nitrato	-	10	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.15	Nitrato	-	1	1	1	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.16	Nitrogênio Amoniacal	-	1,5	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Odor	-	4	NR	Não objetável	N.L.O.
2.18	Condutividade	68,5	NR	NR	NR	µS/cm
2.19	Manganês	0,02	0,1	0,1	0,1	mg/L Mn
2.20	Sulfato	-	50	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>
2.21	Sulfeto	-	0,05	NR	0,05	mg/L S
2.21	Gás Carbônico	56,44	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.22	Alumínio	0,001	-	0,2	0,2	mg/L Al
2.23						
03	EXAME BACTERIOLÓGICO					
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE	
3.1	Índice de Coliforme Total	-	100	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL
3.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.3	Índice de Escherichia Coli	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
<p><b>CONCLUSÃO:</b> "Os valores dos parâmetros de água bruta subterrânea são analisados com base na resolução CONAMA 396/08, Portaria n° 518/04 e instrução normativa IN07.0521 da SANEAGO, apresentando as características dentro dos padrões dos critérios adotados, não exigindo tratamento avançado."</p> <p><b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.</p> <p><b>Notas:</b> Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.</p> <p><b>Legenda:</b> N.M.P. = Número Mais Provável      N.O.L. = Nível Limiar de Odor</p>						
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:		
 JAQUELINE FIGUEIREDO		 SEBASTIÃO R. MOURA		GOIÂNIA, 23/07/2010		

0629F (00)

27/05/2010

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA				
01	DADOS GERAIS DA AMOSTRA				N.º 16.795/2010	
Interessado: SUESP/EGHI						
Município APARECIDA DE GOIÂNIA – GO						
Local: POÇO -11 JARDIM TIRADENTES						
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO						
Data da Coleta: 27/07/2010			Chuvras:-			
Hora da Coleta: 12:00			Data de Entrada no Laboratório: 27/07/2010			
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 16:28			
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável pela Coleta: LUIS FERNANDO			
02	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA					
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
			IT07.0521	CONAMA396/08	PORT.518/04	
2.1	Fúor	0,11	1,0	1,5	0,6 a 1,0	mg/L F
2.2	Turbidez	14,5	3	NR	1	uT
2.3	Cor Aparente	55,2	15	NR	15	uH
2.4	pH	6,75	5,0 a 9,5	NR	6 a 9,5	-
2.5	Alcalinidade Total	100,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.6	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	100,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Dureza Total	110,0	150	NR	500	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Matéria Orgânica	0,1	3,0	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.10	Cloretos	21,5	100	250	250	mg/L Cl
2.11	Ferro total	2,58	1,0	0,3	0,3	mg/L Fe
2.12	Ferro solúvel	-	0,3	0,3	0,3	mg/L Fe
2.13	Sólidos Totais Dissolvidos	141,9	500	1000	1000	mg/L
2.14	Nitrato	-	10	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.15	Nitrito	-	1	1	1	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.16	Nitrogênio Amoniacal	-	1,5	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Odor	-	4	NR	Não objetável	N.L.O.
2.18	Condutividade	258,0	NR	NR	NR	µS/cm
2.19	Manganês	0,15	0,1	0,1	0,1	mg/L Mn
2.20	Sulfato	-	50	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>
2.21	Sulfeto	-	0,05	NR	0,05	mg/L S
2.21	Gás Carbônico	40,5	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.22	Alumínio	-	-	0,2	0,2	mg/L Al
2.23						
03	EXAME BACTERIOLÓGICO					
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE	
3.1	Índice de Coliforme Total	-	100	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL
3.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.3	Índice de Escherichia Coli	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
<b>CONCLUSÃO:</b> "Os valores dos parâmetros de água bruta subterrânea são analisados com base na resolução CONAMA 396/08, Portaria n° 518/04 e instrução normativa IN07.0521 da SANEAGO, apresentando as características dentro dos padrões dos critérios adotados, não exigindo tratamento avançado."						
<b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.						
<b>Notas:</b> Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.						
<b>Legenda:</b> N.M.P. = Número Mais Provável      N.O.L.= Nivel Limiar de Odor						
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:		
 JAQUELINE FIGUEIREDO		 LUIS FERNANDO		GOIÂNIA, 03/08/2010		

0629F (00)

27/05/2010

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE					
01		DADOS GERAIS DA AMOSTRA			N.º 13.235/2010		
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP/E-GHI							
Município: AP DE GOIÂNIA - GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: P3 JD. TIRADENTES							
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO							
Data da Coleta: 11/06/2010				Chuvvas: -			
Hora da Coleta: 10:30				Data de Entrada no Laboratório: 11/06/2010			
Temperatura Ambiente Local: - °C				Hora de Entrada no Laboratório: 14:34			
Temperatura da Água no Local: - °C				Responsável Pela Coleta: RODOLFO			
02		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA					
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório Rede		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Flúor	0,09	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	1,3	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	2,5	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	6,58	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	100,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	100,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	0,27	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	100,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	0,4	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	15,0	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	50,99	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	166,1	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrato	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	302,0	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,04	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
03		EXAME BACTERIOLÓGICO					
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./ mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P/100mL	
MÉTODO A = (QUALITATIVO)		MÉTODO B = (QUANTITATIVO)		<1,1(água tratada)	<1,8 (subterrânea)		
CONCLUSÃO: Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
OBSERVAÇÃO: COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.							
Notas:							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
Legenda: NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= Nº Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia							
* Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
 JAQUELINE FAGUNDES		 RODOLFO R. SANTO		GOIÂNIA, 16/06/2010.			

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA PARA FINS DE POTABILIDADE					
01		DADOS GERAIS DA AMOSTRA			N.º 13.824/2010		
Natureza da Amostra: ( ) Água Tratada ( X ) Água Subterrânea							
Interessado: SUESP/E-GHI							
Município: AP DE GOIÂNIA - GO							
Tipo de Abastecimento: ( X ) Coletivo ( ) Individual							
Local: P7 JD. TIRADENTES							
Ponto de Referência: BOCA DO POÇO							
Data da Coleta: 18/06/2010			Chuvvas: -				
Hora da Coleta: 12:00			Data de Entrada no Laboratório: 19/06/2010				
Temperatura Ambiente Local: 25 °C			Hora de Entrada no Laboratório: 14:00				
Temperatura da Água no Local: 22 °C			Responsável Pela Coleta: SEBASTIÃO R. MOURA				
02		ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA					
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR PERMITIDO				UNIDADE
			Saída da ETA		Reservatório Rede		
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
2.1	Cloro Residual	-	0,5	2,0	0,2	2,0	mg/L Cl
2.2	*Fluór	0,10	0,6	0,8	0,6	0,8	mg/L F
2.3	Turbidez	31,0	-	1,0	-	5,0	uT
2.4	Cor Aparente	108,6	-	15,0	-	15,0	uH
2.5	pH	7,11	6,0	9,5	6,0	9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	130,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	130,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Ferro Total	2,39	-	0,3	-	0,3	mg/L Fe
2.10	Alumínio	-	-	0,2	-	0,2	mg/L Al
2.11	Dureza Total	128,0	-	500,0	-	500,0	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.12	Matéria Orgânica (Oxigênio Consumido)	1,5	NR	NR	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.13	Cloretos	6,0	-	250,0	-	250,0	mg/L Cl
2.14	Gás Carbônico	20,96	NR	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	147,4	-	1000	-	1000	mg/L
2.16	Nitrato	-	-	10,0	-	10,0	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Nitrato	-	-	-	-	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Amônia	-	-	-	-	1,5	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.18	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	268,0	NR	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	Manganês	0,20	-	0,1	-	0,1	mg/L Mn
2.23	Sulfato	-	-	250,0	-	250,0	mg/L SO <sub>4</sub>
2.24	Surfactantes	-	-	-	-	0,5	mg/L
2.25	Óleos e Graxas	-	Virtualmente Ausente				mg/L
03		EXAME BACTERIOLÓGICO					
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE		
		Método A	Método B				
3.1	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	500,0	500,0	500,0	U.F.C./ mL	
3.2	Índice de Coliforme Total	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P./100mL	
3.3	Índice de Coliforme Termotolerante	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P./100mL	
3.4	Índice de Escherichia coli	-	A	< 1,1	< 1,8	N.M.P./100mL	
MÉTODO A = (QUALITATIVO)		MÉTODO B = (QUANTITATIVO)		<1,1(água tratada)	<1,8 (subterrânea)		
CONCLUSÃO: Os Parâmetros são Analisados de acordo com a Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os Padrões de Potabilidade da Água.							
OBSERVAÇÃO: COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.							
Notas:							
1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.							
2) Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer às exigências da Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério da Saúde, que define os Padrões de Potabilidade de Água.							
Legenda: NR = Não há Recomendação (parâmetro de monitoramento) N.M.P.= Nº Mais Provável U.F.C.= Unidade Formadora de Colônia							
* Valor segundo critério da temperatura média local A = ausente ; P = presente							
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:			
 JAQUELINE RODRIGUES		 SEBASTIÃO R. MOURA		GOIÂNIA, 24/06/2010.			

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA				
01	DADOS GERAIS DA AMOSTRA				N.º 17.291/2011	
Interessado: SUESP/E-GHI						
Município: APARECIDA DE GOIÂNIA - GO						
Local: BOCA DO POÇO 08						
Ponto de Referência: JARDIM TIRADENTES						
Data da Coleta: 31/07/2011			Chuvas: -			
Hora da Coleta: 10:00			Data de Entrada no Laboratório: 01/08/2011			
Temperatura Ambiente Local: -		°C	Hora de Entrada no Laboratório: 08:02			
Temperatura da Água no Local: -		°C	Responsável pela Coleta: PAULO ALMEIDA			
02	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA					
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
			IN07.0521	CONAMA396/08	PORT.518/04	
2.1	Fúor	0,12	1,0	1,5	0,6 a 1,0	mg/L F
2.2	Turbidez	12,7	3	NR	1	uT
2.3	Cor Aparente	48,2	15	NR	15	uH
2.4	pH	6,76	5,0 a 9,5	NR	6 a 9,5	-
2.5	Alcalinidade Total	50,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.6	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	50,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Dureza Total	66,0	150	NR	500	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	Matéria Orgânica	0,6	3,0	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.10	Cloretos	3,5	100	250	250	mg/L Cl
2.11	Ferro Total	2,10	1,0	0,3	0,3	mg/L Fe
2.12	Ferro Solúvel	1,30	0,3	0,3	0,3	mg/L Fe
2.13	Sólidos Totais Dissolvidos	94,32	500	1000	1000	mg/L
2.14	Nitrato	0,01	10	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.15	Nitrito	0,003	1	1	1	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.16	Nitrogênio Amoniacal	0,05	1,5	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.17	Odor	-	4	NR	Não objetável	N.L.O.
2.18	Condutividade	171,5	NR	NR	NR	µS/cm
2.19	Manganês	0,19	0,1	0,1	0,1	mg/L Mn
2.20	Sulfato	22,0	50	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>
2.21	Sulfeto	-	0,05	NR	0,05	mg/L S
2.21	Gás Carbônico	21,16	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.22	Alumínio	-	-	0,2	0,2	mg/L Al
2.23	Magnésio	-	NR	NR	NR	NR
2.24	Cálcio	-	NR	NR	NR	NR
2.25	Cor Verdadeira	-	-	75,0	75,0	NR
03	EXAME BACTERIOLÓGICO					
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE	
3.1	Índice de Coliforme Total	-	100	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL
3.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.3	Índice de Escherichia Coli	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
<p><b>CONCLUSÃO:</b> "Os valores dos parâmetros de água bruta subterrânea são analisados com base na resolução CONAMA 396/08, Portaria n.º 518/04 e instrução normativa IN07.0521 da SANEAGO, apresentando as características dentro dos padrões dos critérios adotados, não exigindo tratamento avançado."</p> <p>Obs.: Não foi realizada análise de sulfeto. Motivo: a amostra para análise de sulfeto não foi retirada de acordo com o procedimento.</p> <p><b>*COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO.</b></p>						
<b>Notas:</b>						
Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise.						
<p><b>Legenda:</b> N.M.P. = Número Mais Provável      N.O.L. = Nível Limiar de Odor</p>						
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:		
 KEYLE BORGES		 DJALMINO R. BERTO		GOIÂNIA, 05/08/2011.		

0629F (00)

27/05/2010

 <b>SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.</b>		<b>ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA</b>				
<b>01</b>		<b>DADOS GERAIS DA AMOSTRA</b>			<b>N.º 18.535/2012</b>	
Interessado: SUESP/E-GHI			Município: APARECIDA DE GOIÂNIA			
Local: APARECIDA DE GOIÂNIA / IND. MANSÕES			Ponto de Referência: RUA JOAQUIM MARQUES - SAÍDA DO POÇO			
Data da Coleta: 18/08/2012			Chuvras: -			
Hora da Coleta: 08:00			Data de Entrada no Laboratório: 20/08/2012			
Temperatura Ambiente Local: -		°C	Hora de Entrada no Laboratório: 11:05			
Temperatura da Água no Local: -		°C	Responsável pela Coleta: JOSÉ PAULO			
<b>02</b>		<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA</b>				
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
			IN07.0521	CONAMA396/08	PORT. 2914/2011	
2.1	Florescência	0,056	1,0	1,5	0,6 a 1,0	mg/L F
2.2	Turbidez	0,36	3,0	NR	1,0	uT
2.3	Cor Aparente	1,8	15	NR	15	uH
2.4	Cor verdadeira	1,2	NR	NR	NR	uH
2.5	pH	7,49	5,0 a 9,5	NR	6 a 9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	66,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	66,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	** Ferro total	0,09	** 2,4	0,3	** 2,4	mg/L Fe
2.10	Dureza Total	64,0	150	NR	500	mg/L
2.11	Matéria Orgânica	2,0	3,0	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.12	Cloretos	11,0	100	250	250	mg/L Cl
2.13	Gás carbônico	4,33	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.14	Ferro solúvel	0,02	0,3	0,3	0,3	mg/L Fe
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	145,2	500	1000	1000	mg/L
2.16	Nitrato	9,2	10	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.17	Nitrito	0,006	1,0	1,0	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Nitrogênio Amoniacal	<0,01	1,5	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.19	Cálcio	-	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	264,0	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	** Manganês	<0,01	** 0,4	0,1	** 0,4	mg/L Mn
2.23	Sulfato	1,0	50	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>
2.24	Odor	-	6,0	NR	6,0	intensidade
2.25	Sulfeto	0,03	0,05	NR	0,05	mg/L S
<b>03</b>		<b>EXAME BACTERIOLÓGICO</b>				
PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE	
3.1	Índice de Coliforme Total	-	100	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL
3.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.3	Índice de Escherichia Coli	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.4	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	NR	NR	500,0	U.F.C./mL
<b>CONCLUSÃO:</b>						
<p>* "Os valores dos parâmetros de água bruta subterrânea são analisados com base na resolução CONAMA 396/08, Portaria n° 2914/2011 e instrução normativa IN07.0521 da SANEAGO, apresentando as características dentro dos padrões dos critérios adotados, não exigindo tratamento avançado."</p>						
<p><b>Notas:</b> 1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise</p> <p>2) A coleta das amostras devem ser realizada de acordo com Instrução de Trabalho (IT07.0101).</p> <p>3) ** De acordo com Art. 39º, § 4º da Portaria Nº 2.914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde, Para os parâmetros ferro e manganês são permitidos valores superiores ao VMPs estabelecidos no Anexo X desta Portaria, desde que sejam observados os seguintes critérios:  I - os elementos ferro e manganês estejam complexados com produtos químicos comprovadamente de baixo risco à saúde, conforme preconizado no art. 13 desta Portaria e nas normas da ABNT;  II - os VMPs dos demais parâmetros do padrão de potabilidade não sejam violados; e  III - as concentrações de ferro e manganês não ultrapassem 2,4 e 0,4 mg/L, respectivamente.</p> <p>4) <b>Legenda:</b> N.M.P. = Número Mais Provável NR: não recomendado</p>						
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:		
 <b>KEYLE BORGES</b>		 <b>JOSÉ PAULO</b>		<b>GOIÂNIA, 22/08/2012</b>		
0629F(01) = FR04.0629.01		30/07/2012		Pag 01 de 01		

 <b>SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.</b>		<b>ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA</b>				
<b>01</b>		<b>DADOS GERAIS DA AMOSTRA</b>			<b>N.º 19093/2012</b>	
Interessado: SUESP/E-GHI			Município: APARECIDA DE GOIÂNIA - GO			
Local: APARECIDA DE GOIÂNIA (Caixa de Reunião - Independência Mansões)			Ponto de Referência: SAÍDA DO POÇO - PGB 21			
Data da Coleta: 22/08/2012			Chuvas: -			
Hora da Coleta: 16:00			Data de Entrada no Laboratório: 27/08/2012			
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 09:10			
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável pela Coleta: JOSÉ PAULO			
<b>02</b>		<b>ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA</b>				
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
			IN07.0521	CONAMA396/08	PORT. 2914/2011	
2.1	Fluor	0,04	1,0	1,5	0,6 a 1,0	mg/L F
2.2	Turbidez	0,77	3,0	NR	1,0	uT
2.3	Cor Aparente	1,8	15	NR	15	uH
2.4	Cor verdadeira	0,1	NR	NR	NR	uH
2.5	pH	6,47	5,0 a 9,5	NR	6 a 9,5	-
2.6	Alcalinidade Total	55,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	55,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>
2.9	** Ferro total	0,04	** 2,4	0,3	** 2,4	mg/L Fe
2.10	Dureza Total	50,0	150	NR	500	mg/L
2.11	Matéria Orgânica	1,0	3,0	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>
2.12	Cloretos	0,5	100	250	250	mg/L Cl
2.13	Gás carbônico	37,83	NR	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>
2.14	Ferro solúvel	<0,01	0,3	0,3	0,3	mg/L Fe
2.15	Sólidos Totais Dissolvidos	42,68	500	1000	1000	mg/L
2.16	Nitrato	0,1	10	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>
2.17	Nitrito	0,002	1,0	1,0	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>
2.18	Nitrogênio Amoniacal	<0,01	1,5	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>
2.19	Cálcio	-	NR	NR	NR	mg/L Ca
2.20	Magnésio	-	NR	NR	NR	mg/L Mg
2.21	Condutividade	77,6	NR	NR	NR	µS/cm
2.22	** Manganês	<0,01	** 0,4	0,1	** 0,4	mg/L Mn
2.23	Sulfato	1,0	50	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>
2.24	Odor	-	6,0	NR	6,0	intensidade
2.25	Sulfeto	0,03	0,05	NR	0,05	mg/L S
<b>03</b>		<b>EXAME BACTERIOLÓGICO</b>				
PARÂMETRO		RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO			UNIDADE
3.1	Índice de Coliforme Total	-	100	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL
3.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.3	Índice de Escherichia Coli	-	20	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL
3.4	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	NR	NR	500,0	U.F.C./ mL
<b>CONCLUSÃO:</b>						
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Os valores dos parâmetros de água bruta subterrânea são analisados com base na resolução CONAMA 396/08, Portaria n° 2914/2011 e instrução normativa IN07.0521 da SANEAGO, apresentando as características dentro dos padrões dos critérios adotados, não exigindo tratamento avançado.*.</li> </ul>						
<b>Notas:</b> 1) Os métodos utilizados para a determinação dos parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" da APHA/AWWA e os resultados devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise						
2) A coleta das amostras devem ser realizada de acordo com Instrução de Trabalho (IT07.0101).						
3) ** De acordo com Art. 39º, § 4º da Portaria Nº 2.914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde, Para os parâmetros ferro e manganês são permitidos valores superiores ao VMPs estabelecidos no Anexo X desta Portaria, desde que sejam observados os seguintes critérios: I - os elementos ferro e manganês estejam complexados com produtos químicos comprovadamente de baixo risco à saúde, conforme preconizado no art. 13 desta Portaria e nas normas da ABNT; II - os VMPs dos demais parâmetros do padrão de potabilidade não sejam violados; e III - as concentrações de ferro e manganês não ultrapassem 2,4 e 0,4 mg/L, respectivamente.						
4) <b>Legenda:</b> N.M.P. = Número Mais Provável NR: não recomendado						
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:		
 KEYLE BORGES		 DJANIR DO E. SANTO		GOIÂNIA, 29/08/2012		
0629F(01) = FR04.0629.01		30/07/2012		Pag 01 de 01		

SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.		RELATÓRIO DE ENSAIO ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA				
01	<b>NOME E ENDEREÇO DO LABORATÓRIO:</b> SUPERVISÃO DE LABORATÓRIO DE ÁGUA (P-SLA) - AV. VEREADOR JOSÉ MONTEIRO, Nº 1.953, SETOR NEGRÃO DE LIMA, GOIÂNIA - GO, CEP: 74.650.300.					
02	<b>DADOS GERAIS DA AMOSTRA</b>				N.º Protocolo: 29.530/2014.	
Interessado/ Nome do cliente: E- GHI/SUESP						
Endereço Cliente/Local: POÇO 01 SISTEMA INDEPENDÊNCIA MANSÕES						
Município: APARECIDA DE GOIÂNIA - GO						
Ponto de Referência/Local de amostragem: BOCA DO POÇO						
Data da Coleta: 11/12/2014			Chuvvas no dia ( X ) sim ( ) não		Chuva no dia anterior ( X ) sim ( ) não	
Hora da Coleta: 10:00			Data de Entrada no Laboratório: 11/12/2014			
Temperatura Ambiente Local: - °C			Hora de Entrada no Laboratório: 14:50			
Temperatura da Água no Local: - °C			Responsável pela Coleta: MAURO BATISTA			
<b>3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA</b>						
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO		UNIDADE	MÉTODO
			CONAMA 396/08	PORT. 2914/2011		
3.1	Fluoreto	0,13	1,5	1,5	mg/L F	SMEWW 4500 F C SMEWW 4110 B
3.2	Turbidez	14,1	NR	1,0	uT	SMEWW 2130 B
3.3	Cor Aparente	45,2	NR	15	uH	SMEWW 2120 E
3.4	Cor verdadeira	-	NR	NR	uH	SMEWW 2120 E
3.5	pH	7,33	NR	6 a 9,5	-	SMEWW 4500 B
3.6	Alcalinidade Total	93,0	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
3.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	93,0	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
3.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
3.9	Alcalinidade OH	-	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
3.10	Ferro total	0,87	0,3	0,3	mg/L Fe	SMEWW 3500 Fe B
3.11	Alumínio	-	0,2	0,2	mg/L Al	SMEWW 3500 Al B
3.12	Dureza Total	120,0	NR	500	mg/L	SMEWW 2340 C
3.13	Matéria Orgânica	<0,1	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>	SMEWW 4500-O B
3.14	Cloretos	3,5	250	250	mg/L Cl	SMEWW 4500-Cl B SMEWW 4110 B
3.15	Gás carbônico	8,83	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>	SMEWW 4500-CO <sub>2</sub> B
3.16	Ferro solúvel	0,04	NR	NR	mg/L Fe	SMEWW 3500 Fe B
3.17	Sólidos Dissolvidos Totais	123,75	1000	1000	mg/L	SMEWW 2510 B
3.18	Fósforo total	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4500-P B
3.19	Nitrato	0,1	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>	SMEWW 4500 NO <sub>3</sub> D SMEWW 4110 B
3.20	Nitrito	0,033	1,0	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>	USEPA8507 SMEWW 4110 B
3.21	Amônia/Nitrogênio Amoniacoal	0,0082	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>	SMEWW 4500-NH <sub>3</sub> D SMEWW 4110 B
3.22	Cálcio	24,930	NR	NR	mg/L Ca	SMEWW03500-Ca B SMEWW 4110 B
3.23	Magnésio	6,6907	NR	NR	mg/L Mg	SMEWW 3500-Mg B SMEWW 4110 B
3.24	Condutividade	225,0	NR	NR	µS/cm	SMEWW 2510 B
3.25	Manganês	0,07	0,1	0,1	mg/L Mn	SMEWW 3500-Mn B
3.26	Sulfato	15,0	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>	USEPA 8051 SMEWW 4110 B
3.27	Surfactantes	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 5540 C
3.28	Óleos e graxas	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 5520 D
3.29	Odor	-	NR	6,0	intensidade	SMEWW 2170 B
3.30	Sulfeto de hidrogênio	0,03	NR	0,1	mg/L S	USEPA 8131 SMEWW 4110 B
3.31	TOC	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 5310 D
3.32	COD	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 5310 D
3.33	Clorito	-	NR	1,0	mg/L	SMEWW 4110 B
3.34	Bromato	-	NR	0,01	mg/L	SMEWW 4110 B
3.35	Brometo	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4110 B

FR04.0629	03	19/11/14	PR08.0015
-----------	----	----------	-----------

3.36	P-fosfato	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4110 B
3.37	Lítio	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4110 B
3.38	Sódio	-	200	200	mg/L	SMEWW 4110 B
3.39	Potássio	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4110 B
3.40	Ortofosfato	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4500-P B
04	<b>EXAME BACTERIOLÓGICO</b>					
	PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO		UNIDADE	MÉTODO
			CONAMA 396/08	PORT. 2914/2011		
4.1	Índice de Coliforme Total	-	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL	SMEWW 9222 B
4.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL	SMEWW 9221
4.3	Índice de Escherichia Coli	-	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL	SMEWW 9221 F
4.4	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	NR	500,0	U.F.C./ mL	SMEWW 9215 B
05	<b>LEGENDA:</b> N.M.P. = Número Mais Provável      ND = Não detectado      (-) Não Realizado NR = Não Recomendado      A: Ausente      P: Presente      UFC: Unidade Formadora de Colônia					
06	<b>CONCLUSÃO:</b> Os Parâmetros Analisados : TURBIDEZ, COR APARENTE E FERRO TOTAL NÃO OBEDECEM aos critérios da Resolução CONAMA 396/2008 e Portaria nº 2914/2011.					
07	<b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO; COORDENADAS UTM WGS 84 22K 0679547 8138980.					
<b>Notas:</b> 1) Os resultados se referem somente aos itens ensaiados e devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise; 2) Os métodos determinados para os parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER- SMEWW" e "United States Environmental Protection Agency -USEPA"; 3) A coleta das amostras é realizada de acordo com Instrução de Trabalho (IT07.0101 ou IT07.0742 e IT07.0744) e FR04.5149 (Orientação de Coleta por terceiros); 4) Onde necessário incluir normas, especificações, procedimentos bem como desvios, adições ou exclusões de especificações para auxiliar na interpretação dos resultados do ensaio estes devem ser incluídos no campo de Observação (item 7); 5) Quando necessário adicionar fotos, diagramas e esboço de amostragem estes serão anexados ao relatório.						
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:		
 Valdir C. C. Filho.		 LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE ÁGUA		GOIÂNIA, 15 DE DEZEMBRO DE 2014.		

=====

FR04.0629	03	19/11/14	PR08.0015
-----------	----	----------	-----------

 <b>SANEAMENTO DE GOIÁS S.A.</b>		<b>RELATÓRIO DE ENSAIO</b> <b>ANÁLISE FÍSICO - QUÍMICA E EXAME BACTERIOLÓGICO DE</b> <b>ÁGUA BRUTA SUBTERRÂNEA</b>				
01	<b>NOME E ENDEREÇO DO LABORATÓRIO:</b> SUPERVISÃO DE LABORATÓRIO DE ÁGUA (P-SLA) - AV. VEREADOR JOSÉ MONTEIRO, Nº 1.953, SETOR NEGRÃO DE LIMA, GOIÂNIA - GO, CEP: 74.650.300.					
02	<b>DADOS GERAIS DA AMOSTRA</b>			N.º <i>Protocolo</i> : 29.403/2014.		
Interessado/ <i>Nome do cliente</i> : E- GHI/SUESP						
<i>Endereço Cliente/Local</i> : SISTEMA TIRADENTES – PGB 77						
Município: APARECIDA DE GOIÂNIA - GO						
Ponto de Referência/ <i>Local de amostragem</i> : BOCA DO POÇO						
Data da Coleta: 10/12/2014		Chuvu no dia ( X ) sim ( ) não		Chuva no dia anterior ( X ) sim ( ) não		
Hora da Coleta: 09:00		Data de Entrada no Laboratório: 10/12/2014				
Temperatura Ambiente Local: - °C		Hora de Entrada no Laboratório: 14:20				
Temperatura da Água no Local: - °C		Responsável pela Coleta: MAURO BATISTA				
<b>3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA</b>						
ITEM	ANÁLISE	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO		UNIDADE	MÉTODO
			CONAMA 396/08	PORT. 2914/2011		
3.1	Fluoreto	0,085	1,5	1,5	mg/L F	SMEWW 4500 F C SMEWW 4110 B
3.2	Turbidez	0,91	NR	1,0	uT	SMEWW 2130 B
3.3	Cor Aparente	2,9	NR	15	uH	SMEWW 2120 E
3.4	Cor verdadeira	-	NR	NR	uH	SMEWW 2120 E
3.5	pH	7,15	NR	6 a 9,5	-	SMEWW 4500 B
3.6	Alcalinidade Total	51,0	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
3.7	Alcalinidade HCO <sub>3</sub>	51,0	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
3.8	Alcalinidade CO <sub>3</sub>	0,0	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
3.9	Alcalinidade OH	-	NR	NR	mg/L CaCO <sub>3</sub>	SMEWW 2320 B
3.10	Ferro total	0,16	0,3	0,3	mg/L Fe	SMEWW 3500 Fe B
3.11	Alumínio	-	0,2	0,2	mg/L Al	SMEWW 3500 Al B
3.12	Dureza Total	72,0	NR	500	mg/L	SMEWW 2340 C
3.13	Matéria Orgânica	<0,01	NR	NR	mg/L O <sub>2</sub>	SMEWW 4500-O B
3.14	Cloretos	22,0	250	250	mg/L Cl	SMEWW 4500-Cl B SMEWW 4110 B
3.15	Gás carbônico	7,33	NR	NR	mg/L CO <sub>2</sub>	SMEWW 4500-CO <sub>2</sub> B
3.16	Ferro solúvel	0,09	NR	NR	mg/L Fe	SMEWW 3500 Fe B
3.17	Sólidos Dissolvidos Totais	76,67	1000	1000	mg/L	SMEWW 2510 B
3.18	Fósforo total	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4500-P B
3.19	Nitrato	2,0	10	10	mg/L N-NO <sub>3</sub>	SMEWW 4500 NO <sub>3</sub> D SMEWW 4110 B
3.20	Nitrito	0,018	1,0	1,0	mg/L N-NO <sub>2</sub>	USEPA8507 SMEWW 4110 B
3.21	Amônia/Nitrogênio Amoniacal	0,1600	NR	1,5	mg/L N-NH <sub>3</sub>	SMEWW 4500-NH <sub>3</sub> D SMEWW 4110 B
3.22	Cálcio	-	NR	NR	mg/L Ca	SMEWW03500-Ca B SMEWW 4110 B
3.23	Magnésio	-	NR	NR	mg/L Mg	SMEWW 3500-Mg B SMEWW 4110 B
3.24	Condutividade	139,4	NR	NR	µS/cm	SMEWW 2510 B
3.25	Manganês	0,06	0,1	0,1	mg/L Mn	SMEWW 3500-Mn B
3.26	Sulfato	3,0	250	250	mg/L S-SO <sub>4</sub>	USEPA 8051 SMEWW 4110 B
3.27	Surfactantes	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 5540 C
3.28	Óleos e graxas	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 5520 D
3.29	Odor	-	NR	6,0	intensidade	SMEWW 2170 B
3.30	Sulfeto de hidrogênio	0,01	NR	0,1	mg/L S	USEPA 8131 SMEWW 4110 B
3.31	TOC	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 5310 D
3.32	COD	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 5310 D
3.33	Clorito	-	NR	1,0	mg/L	SMEWW 4110 B
3.34	Bromato	-	NR	0,01	mg/L	SMEWW 4110 B
3.35	Brometo	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4110 B

FR04.0629	03	19/11/14	PR08.0015
-----------	----	----------	-----------

3.36	P-fosfato	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4110 B
3.37	Lítio	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4110 B
3.38	Sódio	-	200	200	mg/L	SMEWW 4110 B
3.39	Potássio	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4110 B
3.40	Ortofosfato	-	NR	NR	mg/L	SMEWW 4500-P B
04	<b>EXAME BACTERIOLÓGICO</b>					
	PARÂMETRO	RESULTADO	VALOR MÁXIMO PERMITIDO		UNIDADE	MÉTODO
			CONAMA 396/08	PORT. 2914/2011		
4.1	Índice de Coliforme Total	-	NR	Presença em até 5% das amostras	N.M. P 100 mL	SMEWW 9222 B
4.2	Índice de Coliforme Termotolerantes	-	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL	SMEWW 9221
4.3	Índice de Escherichia Coli	-	AUSENTE	AUSENTE	N.M. P 100 mL	SMEWW 9221 F
4.4	Contagem de Bactérias Heterotróficas	-	NR	500,0	U.F.C./ mL	SMEWW 9215 B
05	<b>LEGENDA:</b> N.M.P. = Número Mais Provável      ND = Não detectado      (-) Não Realizado NR = Não Recomendado      A: Ausente      P: Presente      UFC: Unidade Formadora de Colônia					
06	<b>CONCLUSÃO:</b> Os Parâmetros Analisados : OBEDECEM aos critérios da Resolução CONAMA 396/2008 e Portaria nº 2914/2011.					
07	<b>OBSERVAÇÃO:</b> COLETA REALIZADA PELO INTERESSADO; COORDENADAS UTM WGS 84 22K 0679120 8139788.					
<b>Notas:</b> 1) Os resultados se referem somente aos itens ensaiados e devem ser interpretados como representando parte da composição da amostra no momento da análise; 2) Os métodos determinados para os parâmetros de referência seguem as recomendações do "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTERWATER- SMEWW" e "United States Environmental Protection Agency -USEPA"; 3) A coleta das amostras é realizada de acordo com Instrução de Trabalho (IT07.0101 ou IT07.0742 e IT07.0744) e FR04.5149 (Orientação de Coleta por terceiros); 4) Onde necessário incluir normas, especificações, procedimentos bem como desvios, adições ou exclusões de especificações para auxiliar na interpretação dos resultados do ensaio estes devem ser incluídos no campo de Observação (item 7); 5) Quando necessário adicionar fotos, diagramas e esboço de amostragem estes serão anexados ao relatório.						
Responsável Pela Análise:		Responsável Técnico:		Local e Data:		
 Valdeon C. C. Filho		 Valdeon C. C. Filho		GOIÂNIA, 15 DE DEZEMBRO DE 2014.		

=====

FR04.0629	03	19/11/14	PR08.0015
-----------	----	----------	-----------

## **Resumo do Currículo Lattes**

**Endereço para acessar** <http://lattes.cnpq.br/4477994511425352>

Possui graduação em Química pela Universidade Federal de Goiás (2006). Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis pelo Instituto Federal de Goiás. Atualmente é técnico laboratório de química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. Orienta estagiários de nível superior das áreas de Química e Engenharia Ambiental no âmbito do ensino e pesquisa. Tem experiência na área de Ciências Ambientais, com ênfase em tratamento sustentável de águas subterrâneas. Apresenta grande afinidade a áreas interdependentes referentes às questões ambientais no que se diz respeito não só a química envolvida no contexto ambiental, mas também a inserção do homem como agente modificador e transformador desse contexto. Atua em pesquisa aplicada na área de energias limpas e renováveis.